

LATVIJAS UNIVERSTĀTE
BIOLOĢIJAS FAKULTĀTE
MIKROBIOLOĢIJAS UN BIOTEHNOLOĢIJAS KATEDRA

AUGU EKSTRAKTU UN ĒTERISKO EĻĻU SATUROŠU
AUGĻU UN DĀRZEŅU TĪRĪŠANAS LĪDZEKĻU SASTĀVA
IZSTRĀDE

Maģistra darbs

Autors: Katrīna Vīmere

Stud. apl. Nr. kh09022

Darba vadītājs: Dr. biol., asoc. prof. Vizma Nikolajeva

RĪGA 2021

KOPSAVILKUMS

Augļu un dārzeņu virsmas ir piesārņotas ar mikroorganismiem un pesticīdu atliekvielām. Mērķis bija izstrādāt augu ekstraktu un ēterisko eļļu saturošu augļu un dārzeņu tīrīšanas līdzekļa sastāvu. Tika noskaidrota 10 augu ekstraktu un 11 ēterisko eļļu antimikrobiālā aktivitāte. No 8 augļu un dārzeņu virsmu uzsējumiem tika iegūta aina par virsmu mikrobiomu. Tika izveidoti tīrīšanas līdzekļu sastāvi un pārbaudīta to antimikrobiālā aktivitāte, kā arī novērtēta spēja notīrīt gurķa virsmu.

Starp visām pētāmajām komponentēm ugunspuķes un bērza ekstraktiem un kanēļa, piparmētras, citronzāles un 4 zagļu ēteriskajām eļļām piemita vislielākā antimikrobiālā aktivitāte. Uz augļu un dārzeņu virsmas sastopamas gan baktērijas, gan sēnes. Tīrīšanas līdzeklis bija efektīvs pret kokiem, bet ne pret sēnēm. Pētījums jāturpina, uzlabojot līdzekļa sastāvu.

Atslēgvārdi: augļu un dārzeņu tīrīšanas līdzekļi, augu ekstrakti, ēteriskās eļļas, antimikrobiālā aktivitāte, augļu un dārzeņu virsmas mikrobioms, agara difūzija, minimālā inhibējošā koncentrācija

SUMMARY

Formulation development of fruit and vegetable cleaners containing plant extracts and essential oils

Fruit and vegetable surfaces are contaminated with microorganisms and pesticide residues. The aim of this study was to develop fruit and vegetable cleaners formulation containing plant extracts and essential oils. Antimicrobial activity of 10 plant extracts and 11 essential oils was evaluated. Fruit and vegetable surface microbiome obtained from 8 fruits and vegetables was described. The cleaner formulations were developed and their antimicrobial activity and efficiency to clean the surface of a cucumber was evaluated.

Among all the tested components extracts of fireweed and birch and essential oils of cinnamon, peppermint, lemongrass and 4 Thieves showed the highest antimicrobial activity. Bacteria and fungi were found on the surface of fruits and vegetables. The cleaner was effective against cocci but not against fungi. The research must be continued to improve the formulation.

Keywords: fruit and vegetable cleaners, plant extracts, essential oils, antimicrobial activity, microbiome of fruit and vegetable surfaces, agar diffusion, minimal inhibitory concentration

SATURS

IEVADS	6
1. LITERATŪRAS APSKATS.....	7
1.1. Augļu un dārzeņu piesārņojuma problēmas	7
1.2. Augļu un dārzeņu virsmas mikrobioms.....	8
1.3. Augu sintezētās vielas	11
1.4. Pētījumā izmantoto augu ekstraktu un ēterisko eļļu raksturojums.....	13
1.5.1. Augu ekstrakti.....	17
1.5.2. Ēteriskās eļļas	20
1.5. Svaigu augļu un dārzeņu attīrīšanas metodes.....	22
1.6. Augļu un dārzeņu tīrīšanas līdzekļu apskats un to sastāvdaļu raksturojums.....	26
2. MATERIĀLI UN METODEDES	30
2.1. Izmantotie materiāli un iekārtas	30
2.1.1. Ekstrakti un ēteriskās eļļas	30
2.1.2. Augļi un dārzeņi	32
2.1.3. Mikroorganismu celmi un barotnes	32
2.1.4. Reaģenti, piederumi un iekārtas	33
2.2. Izmantotās metodes	34
2.2.1. Agara difūzijas metode antimikrobiālās aktivitātes novērtēšanai	34
2.2.2. Minimālās inhibējošās un minimālās baktericīdās vai fungicīdās koncentrācijas noteikšana	35
2.2.3. Tīrīšanas līdzekļu pagatavošana	35
2.2.4. Noslaucījumu uzsējumi no augļu un dārzeņu virsmas	36
2.2.6. Tīrīšanas līdzekļu efektivitātes noteikšana	37
3. REZULTĀTI UN DISKUSIJA.....	38
3.1. Ar agara difūzijas metodi novērtētā ekstraktu un ēterisko antimikrobiālā aktivitāte.....	38

3.2. MIC un MBC / MFC	41
3.3. Augļu noslaucījumu rezultāti	45
3.4. Tīrīšanas līdzekļu antimikrobiālā aktivitāte	48
3.5. Tīrīšanas līdzekļa efektivitāte.....	50
4. SECINĀJUMI.....	53
5. PATEICĪBAS.....	54
6. LITERATŪRAS SARAKSTS.....	55

IEVADS

Augļi un dārzeņi ir veselīga uztura nozīmīga sastāvdaļa, jo ir avots barības vielām, kā arī vitamīniem un minerālvielām, kas nepieciešamas cilvēka ķermeņa vajadzību nodrošināšanai. Pasaules Veselības organizācija rekomendē dienā uzņemt uzturā vismaz 400 g augļu un dārzeņu, lai samazinātu hronisko saslimšanu, kā vēzis, diabēts, aptaukošanās un kardiovaskulārās slimības, attīstības risku. Turklāt iesaka augļus un dārzeņus uzņemt neapstrādātā veidā, lai uzņemtu vielas, kas var samazināties vai pat izzust ēdiena apstrādes laikā (Bhilwadikar 2019).

Lai apmierinātu pieaugošo cilvēku pieprasījumu pēc augļiem un dārzeņiem, lauksaimniecības zemēs pastiprināti tiek pielietoti pesticīdi, kas nonāk arī uz augļu un dārzeņu virsmām un cilvēkiem ir potenciāli toksiski (Bhilwadikar 2019). Uz augļu un dārzeņu virsmām var atrasties arī dažādi nepatogēni un patogēni mikroorganismi. Ar augiem saistītos nepatogēnos mikroorganismus uzņemot uzturā, var attīstīties alerģijas (Leff and Fierer 2013), bet patogēnie antibiotiku rezistentie mikroorganismi var nodot antibiotiku rezistences gēnus, kad mikroorganisms nonāk zarnu traktā un mijiedarbojas ar tur esošo mikrofloru (Kharousi 2016). Patogēnie mikroorganismi (piemēram, *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*, *Clostridium botulinum* u.c.) var arī izraisīt plašus slimības uzliesmojumus (Gutiérrez del Rio et al. 2018).

Tā kā liela daļa pesticīdu ir hidrofobi (Bhilwadikar 2019) un mikroorganismi piesaistās pie augļu un dārzeņu apvalku dabiskajiem vaskiem, kas arī atgrūž ūdeni (Ukuku and Fett 2002), tad mazgāšana ar ūdeni var nebūt pietiekami efektīvs veids, lai atbrīvotos no toksiskajiem savienojumiem un mikroorganismiem, kas atrodas uz augļu un dārzeņu virsmas. Laba alternatīva ir dažādi saimniecības līdzekļi, kas ir salīdzinoši lēti, viegli pieejami, efektīvi un pārtikas droši (Bhilwadikar 2019). Šobrīd Eiropas Savienībā netiek ražots neviens augļu un dārzeņu tīrīšanas līdzeklis mitro salvešu formā.

Darba mērķis ir izstrādāt augu izcelsmes (tai skaitā augu ekstraktu un ēterisko eļļu) saturošu augļu un dārzeņu tīrīšanas līdzekļa sastāvu, ko varētu izmantot mitro salvešu un izsmidzināma līdzekļa pagatavošanai.

Darba uzdevumi:

1. Apkopot informāciju par augu ekstraktu un ēterisko eļļu ķīmisko sastāvu un antimikrobiālo potenciālu.
2. Novērtēt augu ekstraktu un ēterisko eļļu antimikrobiālo aktivitāti pret *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Candida albicans* un *Aspergillus niger*.
3. Izveidot augļu un dārzeņu tīrīšanas līdzekļa sastāvu un novērtēt tā tīrīšanas efektivitāti.

1. LITERATŪRAS APSKATS

1.1. Augļu un dārzeņu piesārņojuma problēmas

Augļi un dārzeņi ir veselīga uztura nozīmīga sastāvdaļa, jo ir avots barības vielām, kā arī vitamīniem un minerālvielām, kas nepieciešamas cilvēka ķermeņa vajadzību nodrošināšanai. Pasaules Veselības organizācija rekomendē dienā uzņemt uzturā vismaz 400 g augļu un dārzeņu, lai samazinātu hronisko saslimšanu, kā vēzis, diabēts, aptaukošanās un kardiovaskulārās slimības, attīstības risku. Turklāt iesaka augļus un dārzeņus uzņemt neapstrādātā veidā, lai uzņemtu vielas, kas var samazināties vai pat izzust ēdiena apstrādes laikā. Svaigu augļu un dārzeņu uzņemšanai uzturā kļūstot izplatītākai, palielinās arī iespēja saslimt, inficējoties vai saindējoties ar patogēniem mikroorganismiem un toksiskiem savienojumiem (pārskats Bhilwadikar 2019).

Pasaulē katru gadu saslimst apmēram 48 miljoni cilvēku, un kopumā klasificētas vairāk nekā 250 ar pārtiku saistītas saslimšanas. Tās galvenokārt izraisa infekciozi mikroorganismi un toksiskas vielas. Visizplatītākās saslimšanas izraisa *Salmonella* spp., norovīrusi, *Staphylococcus aureus*, *Shigella* spp. un *Campylobacter* spp., *Bacillus cereus*, bet ar smagāku gaitu izplatītākās ir *Clostridium botulinum* un *Clostridium perfringens*, patogēnie *E. coli* O157:H7 un O104:H4, *Listeria* spp. un *Vibrio* spp. (pārskats Gutiérrez del Rio et al. 2018; pārskats Bhilwadikar 2019).

Palielinātais pieprasījums pēc pārtikas ražošanas ir pastiprinājis arī pesticīdu lietošanu lauksaimniecības zemēs. Tā rezultātā kaitīgie savienojumi nonāk augsnē, ūdenī, gaisā, kā arī uz graudu un augļu, dārzeņu virsmām. Daži no pesticīdiem satur vielas, kas ir vērstas uz kaitēkļu, baktēriju, sēņu un nezāļu iznīcināšanu, bet to pastiprinātas lietošanas dēļ tie uzkrājas uz augļu un dārzeņu virsmas, kas potenciāli var būt toksiski cilvēkiem. Visplašāk lietotie pesticīdi pieder organofosfātu un karbamātu grupām. Tie ietekmē kaitēkļu nervu sistēmu, paralizējot un visbeidzot nogalinot savu upuri. Papildus spējai cīnīties ar kukaiņiem, šīs vielas var cilvēkiem inaktivēt acetilholīnesterāzes, kā rezultātā uzkrājas acetilholīns, kas izraisa krampju lēkmes un pat nāvi. Tāpat liela daļa pesticīdu ir kancerogēni un genotoksiski (pārskats Bhilwadikar 2019).

Maksimālais atlieku līmenis (MAL) ir indekss, kas norāda, kāds ir maksimālais atļautais pesticīdu atlieku līmenis, kas ir cilvēkam nekaitīgs. 2018. gadā Eiropā no 91 tūkst. augļu un dārzeņu paraugu 95.5% MAL bija zem pieļaujamās normas, bet ~2,7% pārsniedza pieļaujamo normu. Ja salīdzina ar datiem no 2017. gada, kad šis skaitlis bija 2.5%, tad ir novērojams neliels pieaugums. Vispiesārņotākie augļi un dārzeņi bija vīnogas, paprika, banāni, baklažāni un brokoļi, kam visbiežāk konstatēja MAL virs pieļaujamās normas (European Food Safety Authority, 2020). Pētījumā, ko veica biedrība “Ekodizaina kompetences centrs” par Latvijā audzēto augļu un dārzeņu

piesārņojumu ar pesticīdvielām, tika konstatēts, ka vairāk nekā puse no Latvijā audzēto ābolu un kartupeļu satur pesticīdu atliekvielu. Lai arī MAL netika pārkāpts nevienā gadījumā, tomēr dažos gadījumos tika atrasts pat trīs dažādu pesticīdu atliekvielu “kokteilis”. Tas rada bažas, jo MAL aprēķina katram pesticīdam atsevišķi, neņemot vērā potenciālo pesticīdu savstarpējo mijiedarbību uz cilvēka organismu (Ekodizaina kompetences centrs 2019).

Augļi un dārzeņi ir pakļauti liela dabīgās piesārņošanas riskam no augsnes, kukaiņiem, putniem, ūdens un citiem avotiem augšanas, ražas novākšanas, uzglabāšanas, transportēšanas laikā (pārskats Bhilwadikar 2019).

1.2. Augļu un dārzeņu virsmas mikrobioms

Ir zināms, ka uz augļu un dārzeņu virsmām normāli ir sastopams liels daudzums dažādu baktēriju (Leff and Fierer 2013; Kharousi et al. 2016) rauga un pelējuma sēņu (Abdelfattah et al. 2016). Mikroorganismu spēju vairoties ietekmē gan temperatūra, gan mitrums, gan pH. Līdz ar to dažādos klimata apstākļos augu augiem šis mikrobioms var atšķirties. Tāpat ļoti lielu ietekmi atstāj augļu un dārzeņu augšanas veids. Piemēram, jo tie auguši tuvāk augsnei, jo vairāk būs sastopamas tieši augsnē dzīvojošās mikroorganismu sugas, kas ir aukstumizturīgākas un, produkciju ilgstoši glabājot aukstumā, uz šo augļu vai dārzeņu virsmas būs sastopamas tieši aukstumizturīgās baktērijas (pārskats Leff and Fierer 2013).

Izmantojot 16S rRNS gēnu pirosekvenēšanu, Leff and Fierer (2013) parādīja, ka uz augļu un dārzeņu virsmas atrodas atšķirīga tipa baktērijas, no kurām izplatītākās pieder Actinobacteria, Bacteroidetes, Firmicutes, Proteobacteria un Saccharibacteria tipiem. Spinātu, salātu un tomātu virsmas mikrobioms lielākoties sastāv no gammaproteobaktērijām. Uz ābolu virsmas savukārt atrodas galvenokārt alfavroteobaktērijas. Enterobacteriaceae, kas pieder gammaproteobaktēriju klasei, bija sastopami (>3%) gandrīz uz visiem pētītajiem augļiem un dārzeņiem, bet it sevišķi uz tomātu, piparu, zemeņu, diedzētu asnu un lapu dārzeņu virsmām, mazāk uz āboliem un persikiem. Detalizētāka informācija pieejama 1. tabulā. Pētījumā tika salīdzināti arī bioloģiskie produkti ar nebioloģiskajiem un tika secināts, ka uz bioloģiskajiem produktiem ir mazāks Enterobacteriaceae daudzums, kas liecina, ka mikrobiomu varētu ietekmēt audzēšanas apstākļi.

Al-Kharousi et al. (2016) savukārt pētīja Omānā nopērkamus vietējos un importētos augļus un dārzeņus. Tur tika secināts, ka aerobo baktēriju skaits lielāks ir uz dārzeņiem, ko skaidro ar to, ka dārzeņi lielākoties tiek audzēti tuvāk augsnei un var piesārņoties ar augsnes baktērijām. Arī šajā pētījumā tika konstatēts, ka lielākā daļa baktēriju pieder Enterobacteriaceae dzimtai. Šai dzimtai pieder arī daudzi iespējamie patogēni (*Salmonella* sp., *E. coli*, *Klebsiella pneumoniae*,

Enterobacter sp., *Pseudocitrobacter* sp., *Pantoea* sp. u.c.), kas bieži ir antibiotiku rezistenti. Šādiem mikroorganismiem nonākot cilvēka zarnu traktā, antibiotikas rezistences gēnus iespējams nodot ne tikai normālās mikrofloras, bet arī patogēnajām baktērijām (Singh and Mathur 2005 cit. pēc Kharousi 2016). Tāpat uz augļu un dārzeņu virsmas var atrasties citiem tipiem, kārtām un dzimtām piederīgie mikroorganismi, kā *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus* un *Clostridium botulinum* (Firmicutes tips), *Campylobacter* spp. (epsilonproteobaktēriju klase), *Yersinia enterocolitica* (Enterobacterales kārta, Yersiniaceae dzimta) u.c. Tā kā augļi un dārzeņi bieži tiek uzņemti uzturā neapstrādāti, šie patogēni var izraisīt plašus slimības uzliesmojumus (pārskats Beuchat 2002; pārskats Gutiérrez del Rio et al. 2018). Ar augiem saistītie nepatogēnie mikroorganismi var izraisīt mazāk tiešu ietekmi uz cilvēka veselību. Tos uzņemot uzturā, var attīstīties alerģijas, kad mikroorganisms nonāk zarnu traktā un mijiedarbojas ar tur esošo mikrofloru (Hanski et al. 2012 cit. pēc Leff and Fierer 2013). Vispārīgi ņemot, uz augļu un dārzeņu virsmas sastopamie mikroorganismi ietekmē arī produktu bojāšanos (Gram et al. 2002 cit. pēc Leff and Fierer 2013).

Abdelfattah et al. (2016) pētīja sēņu daudzveidību ābolos. Lielākā daļa (69.3%) atrasto sēņu piederēja Ascomycota tipam (Dothideomycetes, Eurotiomycetes, Sordariomycetes, Saccharomycetes, Leotiomycetes), kam sekoja Basidiomycota (29.5% - Tremellomycetes, Ustilaginomycetes) un neidentificētas sēnes (0.8%). Zemā koncentrācijā (0.2%) tika konstatētas arī Glomeromycota un Chytridiomycota. Sīkāks apkopojums apskatāms 2. tabulā. Pētījuma ietvaros arī tika novērotas atšķirības starp bioloģiski audzētiem āboliem un nebioloģiski audzētiem āboliem, kur pirmajiem vairāk bija sastopamas Ascomycota, bet otrajiem – Basidiomycota tipa sēnes, kas arī norāda uz audzēšanas apstākļu ietekmi uz augļu un dārzeņu mikrobiomu. Ir pierādīts, ka arī augu lapu, kātu, ziedu un augļu virsmas struktūra ietekmē to, kāds mikrobioms būs sastopams uz augļa (Shade et al. 2013 cit. pēc Abdelfattah et al. 2016).

Uz augļu un dārzeņu virsmas bieži sastopamo baktēriju taksonomiskā piederība pēc Leff and Fierer (2013).

Table 1

Common bacteria found on fruit and vegetable surfaces classified in taxonomic units by Leff and Fierer (2013).

Tips	Klase	Ģints ($\geq 1.5\%$)	Produkti
Actinobacteria	Actinobacteria	Microbacteriaceae	persiki, āboli, pipari
		Micrococcaceae	sēnes, pipari
		Nocardioaceae	āboli
Bacteroidetes	Flavobacteria	Flavobacteriaceae	diedzēti asni, sēnes, persiki
	Sphingobacteria	Sphingobacteriaceae	sēnes, dziedzēti asni
Firmicutes	Bacilli	Bacillaceae	vīnogas, zemenes
		Exiguobacteraceae	lapu dārzeņi
		Leuconostocaceae	salāti, tomāti
Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Rhizobiaceae	sēnes
		Acetobacteraceae	vīnogas
		Sphingomonadaceae	āboli, persiki, zemenes
	Betaproteobacteria	Comamonadaceae	diedzēti lucernas graudi, persiki, pipari
		Oxalobacteraceae	salāti, dziedzēti lucernas graudi, pipari, āboli, persiki, vīnogas
	Gammaproteobacteria	Shewanellaceae	tomāti
		<u>Enterobacteriaceae</u>	diedzēti asni, lapu dārzeņi, tomāti, pipari, zemenes (ļoti daudz), āboli, persiki (mazāk)
		Moraxellaceae	diedzēti lucernas graudi, tomāti, āboli, lapu dārzeņi
		Pseudomonadaceae	sēnes, lapu dārzeņi
		Vibrionaceae	āboli
Xanthomonadaceae		salāti	
	neklasificēti	diedzēti asni, lapu dārzeņi,	
Saccharibacteria (TM7)	TM7-3	neklasificēti	persiki
Citas neklasificētas baktērijas			diedzēti lucernas graudi, sēnes, lapu dārzeņi, tomāti, vīnogas, āboli

Uz ābolu virsmas atrodamo sēņu taksonomiskā piederība un sastopamības biežums (%) [Abdelfattah et al. (2016)].

Table 2

Fungi found on apple surface classified in taxonomic units and incidence rate (%) [Abdelfattah et al. (2016)].

Tips	Klase	Ģints ($\geq 1.5\%$)
Ascomycota	Dothideomycetes (42.6%)	Alternaria (6.6%)
		Mycosphaerella (6.3%)
		Cladosporium (5.1%)
		Didymella (4.7%)
		Aureobasidium (3.3%)
	Eurotiomycetes (10.6%)	Penicillium (8%) Aspergillus (1.5%)
	Sordariomycetes (6.1%)	Acremonium (3.1%)
Saccharomycetes (4.2%)	Candida (1.5%)	
Leotiomycetes (2.4%)	-	
Basidiomycota (29.5%)	Tremellomycetes (13.5%)	Cryptococcus (9.2%) Trichosporon (2.6%)
	Agaricomycetes (7.4%)	-
	Ustilaginomycetes (2.1%)	-
	Malasseziomycetes (nezināms)	Malassezia (4.6%)
Glomeromycota (0.2%)	-	-
Chytridiomycota (0.2%)	-	-
Neidentificētas sēnes (0.8%)	-	-

1.3. Augu sintezētās vielas

Augi sintezētās organiskās vielas var iedalīt divās grupās. Pirmā grupa ir primārās vielas, kas radušās fotosintēzē un augu bioķīmiskajos procesos, izmantojot minerālvielas un ūdeni, un kuras nepieciešamas augu dzīvības procesiem (ogļhidrāti, olbaltumvielas, lipīdi, vitamīni, minerālvielas, augu hormoni, enzīmi). Otrā grupa ir sekundārās vielas jeb metabolīti (Rubine un Eniņa 2004, 11. lpp.), kas iesaistīti auga ķīmiskajās aizsardzības sistēmās, kas radušās miljonu gadu laikā, cīnoties pret saviem dažādajiem ienaidniekiem un nav nepieciešamas auga dzīvības procesiem (pārskats Bassole and Juliani 2012).

Augi nespēj pārvietoties, lai izvairītos no nelabvēlīgiem vides apstākļiem, augēdājiem un mikrobiālām infekcijām, tāpēc tiem ir izveidojušās fizikālas un ķīmiskas aizsardzības sistēmas. Fizikālā aizsardzība ir, piemēram, ērkšķi vai dzeloņi, lai atvairītu augēdājus, un miza vai vaska kutikulas, lai atvairītu mikroorganismus. Ķīmiskā aizsardzība iekļauj augēdājiem toksisku savienojumu (cianīdu, alkaloīdu, fenolu) ražošanu, kā arī kukaiņu pievilinošu vielu (piemēram, ārpusziestu nektāru) izdalīšanu, kas var tālāk uzbrukt augēdājiem (pārskats Moles et al. 2013).

Augu galvenos sekundāros metabolītus iedala terpenoīdos, fenolos un alkaloīdos (Mehr 2012 cit pēc. Kabera et al. 2014). Terpēnoīdi sastāv no 5-C izoterpenoīda vienībām, fenolie savienojumi veidojas šikimīnskābes metabolajā ceļā, bet slāpekļa un sēra saturoši savienojumi lielākoties tiek sintezēti no aminoskābēm (pārskats Zaynab et al. 2018).

Terpenoīdi ir liela sekundāro metabolītu grupa. Tos tālāk iedala monoterpēnos, seskviterpēnos, diterpēnos, triterpēnos, politerpēnos u.c. Monoterpēni un seskviterpēni lielākoties ir ēterisko eļļu sastāvā, diterpēni lielākoties augu sveķos, bet triterpēnus lielākoties sastāda saponīni. Daudziem no tiem piemīt antimikrobiālas un pretvīrusu īpašības. Tos plaši izmanto kā garšvielas, smaržas. Gaistošie terpenoīdi augos nodrošina komunikāciju starp blakus esošiem augiem, apputeksnētājiem un rada brīdinājumu signālus potenciālajiem augēdājiem (pārskats Kabera et al. 2014).

Fenoli arī ir viena no lielākajām sekundāro metabolītu grupām. Tie sastāv no benzēna gredzena ar vismaz vienu hidroksilgrupu. Lai arī lielākā daļa ēterisko eļļu pieder terpēnoīdiem, daži pieder arī fenoliem. Piemēram, timols no *Thymus* spp. Daudzi vienkāršie fenoli dod garšu (eigenols no *Syzygium aromaticum*). Visus fenolus sauc par fenilpropanoīdiem, jo tie veidojas no fenilalanīna. Iedala vienkāršajos fenolos, kvinonos, ksantonos, kumarīnos, flavonoīdos, tannīnos, lignīnos, lignānos u.c. Fenoliem piemīt antiseptiska, baktericīda, fungicīda, pretparazītu, nomierinošas u.c. īpašības. No vienkāršajiem fenoliem nozīmīgākie ir kanēļskābes atvasinājumi (rozmarīnskābe, kafijskābe, kumarīnskābe, kurkumīns u.c.) un benzoīnskābes atvasinājumi (salicilskābe, vanilīns u.c.), kam piemīt antioksidantu īpašības. Nozīmīga grupa ir flavonoīdi (dažādi polifenoli, kā tannīni, fenilpropēni), kas piedod krāsu, kā arī ir spēcīgi antioksidanti (Aldred 2009, p. 149-166).

Alkaloīdi ir nozīmīgi auga aizsardzībā. Tos sintezē ne tikai augi, bet arī sēnes. Daudzus alkaloīdus izmanto medicīnā (piemēram, atropīnu u.c.). Alkaloīdus iedala dažādi, bet izplatītākais un precīzākais ir pēc biosintēzes veida. Tie ir īstie alkaloīdi, protoalkaloīdi un pseidoalkaloīdi. Īstie alkaloīdi ir bāziski, satur vienu vai vairākus slāpekļa atomus heterocikliskā gredzenā (gredzens satur dažādu elementu molekulas), tiek sintezēti no aminoskābēm. Protoalkaloīdi arī tiek sintezēti

no aminoskābēm, bet slāpekļa atoms nav heterociklisks. Tiem pieder efedrīns, muskarīns u.c. Pseudoalkaloīdi savukārt netiek sintezēti no aminoskābēm. Piemēram, kofeīns, teofilīns veidojas no purīna bāzes. Alkaloīdi ir ķīmiski ļoti aktīvi un var dot ievērojamus efektus – vai nu terapeitiskus vai letālus – zemās devās (Aldred 2009, p. 175–180).

Lielākā daļa augu sekundāro metabolītu atrodas piesaistīti pie cukuriem un kļūst par glikozīdiem. Cukuri galvenokārt ir monosaharīdi, kā glikoze, bet var būt arī sarežģītāki. Cukuri pievienojas pie aglikona. Šāda savienība lielākoties ir neaktīva un to aktivē hidrolīze, atdalot cukuru (glikonu) no ne-cukura struktūras (aglikona). To parasti paveic specializētas baktērijas cilvēku zarnu traktā (Aldred 2009, p. 181–185). Saponīni pieder glikozīdiem. Tie ir atrodami gandrīz visos augos, kā arī jūraszvaigznēs un jūrasgurķos (Guo et al. 2018 cit. pēc Farias et al. 2021). Tie sastāv no hidrofoha triterpēnu vai steroīda aglikona (saukta par sapogenīnu) un vienu vai vairāk hidrofilām cukura molekulām. Aglikona daļa var būt ļoti dažāda no auga uz augu. Piemēram, kvinoja (*Quinoa* sp.) visbiežāk satur olenolīnskābi, kvillaja (*Quillaja* sp.) – kvallijskābi u.c. (pārskats Güçlü-Üstündağ and Mazza 2007).

Vairākos pētījumos ir apskatīta dažādu ēterisko eļļu, to atsevišķu sastāvdaļu, antibiotiku un citu vielu kombinācijas. Mijiedarbības var novest pie antagonistiska, papildinoša vai sinerģiska efekta. Interesantu sinerģisku efektu var novērot, kombinējot ēteriskās eļļas ar antibiotikām ļoti zemā koncentrācijā. To skaidro ar gaistošo vielu, kas ir ēterisko eļļu sastāvā, spēju uzlabot antibiotiku iekļūšanu cauri baktēriju membrānām un/vai ietekmēt efluksa sūkņu darbību, kas ir galvenais rezistences mehānisms Gram-negatīvām baktērijām (Soulaïmani et al. 2021). Tāpat dažādos pētījumos ir apskatīta augu ekstraktu un ēterisko eļļu mijiedarbība. Piemēram, Huang et al. (2021) novēroja, ka kanēļa ēteriskās eļļas sastāvā esošām vielām cinamaldehīdam un kanēļskābei piemīt sinerģiska iedarbība pret *Salmonella pullorum*. Bassolé and Juliani (2012) apskata rakstā ir minēti vēl daudzi piemēri sinerģijai, papildinošam efektam un antagonismam. Piemēram, mentolam un ģeraniolam piemīt sinerģisks efekts pret *S. aureus* (Galluci et al. 2009 cit. pēc Bassolé and Juliani 2012), bet cinamaldehīdam ar eigenolu – papildinošs efekts pret *Staphylococcus* sp. (Moleyer and Narasimham 1992 cit. pēc Bassolé and Juliani 2012) u.c.

1.4. Pētījumā izmantoto augu ekstraktu un ēterisko eļļu raksturojums

Augu ekstrakti galvenokārt satur flavonoīdus glikozīdu formā. Tas varētu būt viens no iemesliem, kāpēc augu ekstrakti var neuzrādīt savu pilno antimikrobiālo potenciālu. Tādā gadījumā antimikrobiālo efektivitāti var uzrādīt citi savienojumi, nevis flavonoīdi (Rauha et al. 2000). Lai arī tannīni ir zināmi ar savu antimikrobiālo iedarbību, daži mikroorganismi, kā, piemēram *Candida*

spp., spēj izmantot tannīnus kā oglekļa avotu (Scalbert 1991, Irobi et al. 1994 cit pēc Rauha et al. 2000). Informācija par pētījumā izmantoto augu sastāvā esošo sekundāro metabolītu fitoķīmisko sastāvu no literatūras datiem atrodama 3. tabulā.

3. tabula

Augu ekstraktu sekundāro metabolītu fitoķīmiskais sastāvs.

Table 3

Phytochemical profile of plant extracts' secondary metabolites.

Nosaukums (L.): auga daļa	Sekundāro metabolītu sastāvs	Literatūras atsauces
Purva bērzs (<i>Betula pubescens</i>): lapas	Terpēni: oleanolīnskābe, betulīns, betulīnskābe Fenoli: platifillozīds, <i>p</i> -kumarīnskābe, ferulīnskābe; flavonoīdi: kampferols, miricetīns, rutīns u.c.; katehīni, lignāni, daži steroīdi un citas vielas	Rastogi et al. 2015
Lielā ceļteka (<i>Plantago major</i>): laksti	Terpēni: loliolīds, ursolīnskābe, oleanolīnskābe, sitosterola skābe Fenoli: kafijskābes atvasinājumi, iridoīdie glikozīdi; flavonoīdi: luteolīns, apigenīns, baikaleīns, hispidulīns, plantaginīns Alkaloidi: indikaīns, platagonīns	Adom et al. 2017
Lielā dzērvene (<i>Vaccinium oxycoccus</i>): augļi	Terpēni: ursolīnskābe Fenoli: proantocianidīni, benzoīnskābe, <i>p</i> -kumarīnskābe, hlorogenīnskābe, kafijskābe, kvercetīni, hidroksikanēļskābes, rezveratrols, antocianīni, gallskābe, miricetīns, katehīni	Jurikova et al. 2019
Islandes ķērpis (<i>Cetraria islandica</i>): laponis	Fenoli: usnīnskābe, barbatīnskābe, salazīnskābe pulvinīnskābes atvasinājumi: vulpinīnskābe	Zhao et al. 2021
Irbene (<i>Viburnum opulus</i>): augļi	Terpēni: iridoīdi un to glikozīdi (viburtinozīds, luzonozīds), triterpenoīdi (pomalīnskābe) Fenoli: gallskābe, hlorogēnskābe, (+)-katehīns, kafijskābe, kumarīnskābe, ferulīnskābe, kvercetīns, antocianīni (piedod sarkano krāsu), β -karotēns	Kajszyk et al. 2020
Kliņģerīte (<i>Calendula officinalis</i>): ziedi	Terpēni: sitosteroli, oleanīnskābes saponīni, loliolīds α -tujēns, pinēni, sabinēns, limonēns, 1,8-cineols u.c. Fenoli: kvercetīns, rutīns, skopoletīns, α -tokoferols, karotenoīdi	Muley et al. 2009
Kumelīte (<i>Matricaria recutita</i>): ziedi	Terpēni: seskviterpēni (piedod eļļai zilu krāsu), farnezols, (E)- β - farnezēns, hamazulēns, α -bisabolols, pinēni Fenoli: kumarīni (herniarīns, umbelliferons), apigenīns, hlorogēnskābe, kafijskābe, kvercetīns, rutīns, naringenīns	Singh et al. 2011
Plūškoks (<i>Sambucus nigra</i>): augļi un ziedi	Terpēni: iridoīdie monoterpēni, fitosteroli, seskviterpēni Fenoli: antocianīni (cianidīn-3-glikozīds, cianidīn-3- sambubiozīds), hlorogenīnskābe, kvercetīni, rutīns, kampferols	Młynarczyk et al. 2018
Strutene (<i>Chelidonium majus</i>): laksti	Fenoli: gallskābe, hlorogēnīnskābe, karotenīdi, flavonoīdi (rutīns, kvercetīns, luteolīns, hiperozīds), ksantīni Alkaloidi: stilopīns, helidonīns	Arora and Sharma 2013
Ugunspuķe (<i>Chamaenerion angustifolium</i>): ziedi	Terpēni: triterpenoīdskābes Fenoli: flavonoīdi (kampferols, kvercetīns, miricetīns), no kuriem lielākā daļa ir glikozīdu formā; fenolskābes un to atvasinājumi (ellagīnskābes, hlorogēnskābes, benzoīnskābes un trans- kanēļskābes), tannīni (oenoteīns B, oenoteīns A)	Granica et al. 2014

Tika izmantoti 10 dažādi augu ekstrakti: purva bērza (*Betula pubescens* syn *B. alba*) lapas, lielās ceļtekas (*Plantago major*) lapas, Islandes ķērpja (*Cetraria islandica*) laponi, purva dzērvenes (*Vaccinium oxycoccus*) augļi, parastās irbenes (*Viburnum opulus*) augļi, ārstniecības kliņģerītes (*Calendula officinalis*) ziedi, ārstniecības kumelītes (*Matricaria recutita* syn. *Chamomila recutita*) ziedi, melnā plūškoka (*Sambucus nigra*) ziedi un augļi, lielās strutenes (*Chelidonium majus*) laksti, un šaurlapu ugunspuķes (*Chamaenerion angustifolium* syn. *Epilobium angustifolium*) ziedi.

Ēteriskās eļļas ir sarežģīts gaistošo vielu maisījums ar eļļainu struktūru, ko ražo augi. Tie istabas temperatūrā lielākoties ir šķīdri, var būt dažādās krāsās. Tās tiek sintezētas visos augu orgānos, t.i., pumpuros, ziedos, lapās, kātos, zaros, sēklās, augļos, saknēs, koksne vai mizā, un tiek uzglabātas sekretorajās šūnās, dobumos, kanālos, epidermas šūnās vai dziedzeru trihomās (pārskats Bassole and Juliani 2012). Lielāko ēterisko eļļu antimikrobiālo aktivitāti uzrāda ar skābekli piesātinātie terpenoīdi (piemēram, alkoholi un fenoliskie terpēni), bet arī dažiem ogļūdeņražiem ir antimikrobiāls efekts. Mijiedarbības starp dažādajiem savienojumiem var būt antagoniskas, papildinošas vai sinerģiskas. Dažos pētījumos parādīts, ka visai ēteriskajai eļļai ir lielāka antibakteriālā aktivitāte, nekā to atsevišķo sastāvdaļu maisījumiem, norādot, ka arī mazākā koncentrācijā esošie savienojumi ir nozīmīgi sinerģiskajai aktivitātei, lai gan ir novēroti arī antagoniski un papildinoši efekti (pārskats Bassole and Juliani 2012). Ēterisko eļļu ķīmiskās vielas uzrāda savu antimikrobiālo aktivitāti, palielinot šūnu membrānu caurlaidību vai ietekmējot ar membrānu saistītās funkcijas (pārskats Singh et al. 2020).

Ēteriskās eļļas iegūst ar dažādām metodēm, piemēram, ar tvaika destilāciju, šķīdinātāju ekstrakciju, mehānisko spiešanu un kritiskā šķīduma ekstrakciju, ekstrakciju zem spiediena u.c. (pārskats Bassole and Juliani 2012). Ēterisko eļļu ķīmisko sastāvu lielākoties nosaka ar gāzes hromatogrāfiju apvienojumā ar masu spektrometriju (pārskats Singh et al. 2021).

Tika izmantoti 11 dažādas ēteriskās eļļas vai to maisījumi: apelsīna (*Citrus sinensis*) mizu, sarkano apelsīna (*Citrus sinas sinensis*) mizu, citrona (*Citrus limonum*) mizu, laima (*Citrus aurantifolia swingle*) mizu, mandarīna (*Citrus reticulata*) mizu, citronzāles (*Cymbopogon flexuosus*) lapu, 4 zagļu maisījuma (kanēļkoka – *Cinnamomum zeylanicum*, krustnagliņu – *Eugenia caryophyllata*, eikalipta – *Eucalyptus citriodora*, citrona – *Citrus limonum* un rozmarīna – *Rosmarinus officinalis*), kanēļa (*Cinnamomum cassiae*) mizu, melno piparu (*Piper nigrum*) augļu un tējaskoka (*Melaleuca alternifolia*) lapu. Informācija par ēterisko eļļu sastāvu no literatūras datiem atrodama 4. tabulā

Ēterisko eļļu fitoķīmiskais sastāvs.

Table 4

Phytochemical profile of essential oils.

Nosaukums	L.	Sastāvs	Literatūras atsauces
Apelsīns	<i>Citrus sinensis</i>	limonēns, β-pinēns, γ-terpinēns, mircēns, linalools, verbenons	Hosni et al. 2010, Raspo et al. 2020
Sarkanais apelsīns	<i>Citrus sinensis</i>	limonēns, β-mircēns, α-terpineols, α-pinēns	Murthy et al. 2012
Citrons	<i>Citrus limonum</i>	limonēns, β-pinēns, γ-terpinēns, α-pinēns, p-cimēns, ģeraniāls, mircēns, nerāls	Hosni et al. 2010, Raspo et al. 2020
Laims	<i>Citrus aurantifolia swingle</i>	limonēns, β-pinēns, γ-terpinēns, α-pinēns, β-mircēns, linalools, citrāls, nerāls, ģeraniols, terpinēn-4-ols	Shagun et al. 2020
Mandarīns	<i>Citrus reticulata</i>	limonēns, β-pinēns, γ-terpinēns, α-pinēns, p-cimēns, mircēns, linalools, linalacetāts	Hosni et al. 2010, Raspo et al. 2020
Citronzāle	<i>Cymbopogon flexuosus</i>	ģeraniāls, nerāls, ģeraniols, linalools	Adukwu et al. 2016
Četri zaļi (kanēļkoks, krustnagliņas, eikalipts, citrons, rozmarīns)	A. <i>Cinnamomum zeylanicum</i> ; B. <i>Eugenia caryophyllata</i> ; C. <i>Eucalyptus citriodora</i> ; D. <i>Citrus limonum</i> , E. <i>Rosmarinus officinalis</i>	A. cinamaldehyds, eigenols B. eigenols, eigenila acetāts, β-kariofilēns C. citronellāls, izopulegols D. skat. tabulā pie <i>Citrus limonum</i> E. 1,8-cineols, kampfors, α-pinēns, limonēns, kampfēns, linalools	Adarsh et al. 2020; Chaeb et al. 2007; Gbenou et al. 2012; Hussain et al. 2010
Kanēlis	<i>Cinnamomum cassiae</i>	cinamaldehyds, kanēļskābe, salicilaldehyds, α-pinēns, o-anisaldehyds	Huang et al. 2021
Melnie pipari	<i>Piper nigrum</i>	β-kariofilēns, limonēns, β-pinēns, α-pinēns, sabinēns, mircēns, α-fellandrēns, kuparēns, elemols	Menon and Padmakumari 2006
Piparmētra	<i>Menthae piperita</i>	mentols, mentons, mentilacetāts, β-pinēns, β-mircēns, 1,8-cineols, mentofurāns	Chraibi et al. 2021
Tējaskoks	<i>Melaleuca alternifolia</i>	terpinēn-4-ols, γ-terpinēns, α-terpinēns, 1,8-cineols, terpinolēns, p-cimēns, α-pinēns	Carson et al. 2006

1.5.1. Augu ekstrakti

Purva bērzs pieder bērzu (*Betulaceae*) dzimtai. Tie ir vasarzaļi koki, kas var sasniegt 30 m augstumu. Tiem miza ir līdz pamatam balta, gluda. Bērzi Latvijā ir plaši izplatīti, purva bērzs aug mitrās vietās, purvājos. No bērziem ievāc pumpurus, lapas, sulu, mizu, koksni un čagu jeb melno bērza piepi (Rubine un Eniņa 2004, 68. - 69. lpp.), kuru izvilkumi, novārījumi, ekstrakti, ēteriskās eļļas u.c. uzrāda pretvēža, pretiekaisuma, antioksidantu, pret diabētu, pretvīrusu, pretreimatisma īpašības (pārskats Rastogi et al. 2015). Pētījumā par dažādu bērzu auga daļu metanola ekstraktiem un novārījumiem, tika konstatēts, ka bērza lapām piemīt antimikrobiāla iedarbība pret *S. aureus* (inhibīcijas zona 12 mm), pret *P. aeruginosa* (11 mm), bet ne pret *E. coli* (Duric et al. 2013). Rauha et al. (2000) uzrādīja bērza lapu acetona ekstraktu iedarbību uz *S. aureus*, kā arī nedaudz pret *E. coli*, tomēr neuzrādīja nekādu efektu pret *C. albicans* un *A. niger*. Bērzu saturošus produktus lieto, lai ārstētu dažādus iekaisumus, tai skaitā urinārā trakta bakteriālās infekcijas, kas šķiet pamatoti, ņemot vērā dažādos pētījumu rezultātus (reviewed in Rastogi et al. 2015).

Lielā ceļteka ir daudzgadīgs ceļteku (*Plantaginaceae*) dzimtas lakstaugs. Bieži aug sausās pļavās, pagalmos, laukos, grāvmalās, gar takām. Ievāc lapas kopā ar ziednešiem augu ziedēšanas laikā (Rubine un Eniņa 2004, 80. lpp.). Ceļtecai piemīt brūču dziedējoši, pretčūlas, pret diabētu, pretcaurejas, pretiekaisuma, pretvēža, antioksidantu, pretvīrusa iedarbība (reviewed in Adom et al. 2017). Tās metanola ekstrakti ir uzrādījuši antimikrobiālo aktivitāti pret Gram-pozitīvajām *Lactobacillus* sp. (250 mg/mL), *S. aureus* (125 mg/mL), Gram-negatīvajām *P. aeruginosa* (125 mg/mL), *E. coli* (250 mg/mL), *Enterococcus* sp. (500 mg/mL) baktērijām (Razik et al. 2012). Shariffa et al. (2008) pētījumā ar metanola, etanola un ūdens ekstraktiem secināja, ka metanola un etanola ekstrakti ir efektīvi gan pret Gram-pozitīvajām (*S. aureus* – 100 - 200 mg/mL), gan Gram-negatīvajām baktērijām (*E. coli* – 200 mg/mL), bet ne pret raugiem (*C. albicans*). Savukārt ūdens ekstrakts nebija efektīvs pret nevienu no mikroorganismiem.

Islandes cetrārija jeb Islandes ķērpis ir daudzgadīgs parmēliju (*Parmeliaceae*) dzimtas augs. Tā ir plaši izplatīta nabadzīgā, smilšainā augsnē skujkoku un jauktos mežos. Ievāc lapoņus, tos noplūcot (Rubine un Eniņa 2004, 82. – 83. lpp.). Tas ir unikāls augs, jo ir simbiozes organisms ar mikobiontu (sēnēm) un fotobiontu (aļģēm vai cianobaktērijām). Fotobionts satur hlorofilu, kur notiek fotosintēze, savukārt mikobionts piegādā vielas un aizsargā fotobiontu. Šī interesantā savienība arī veido unikālus primāros un sekundāros metabolītus. Sekundārie metabolīti galvenokārt nāk no mikobionta. Islandes ķērpis uzrāda antoksidantu, pretvēža, pretvīrusu, pretiekaisuma īpašības (pārskats Zhao et al. 2021). Pēc Grujičić et al. (2014) pētījuma datiem

Islandes ķērpja metanola ekstrakti ir efektīvi pret *S. aureus* (MIC=1.25 mg/mL), *E. coli* (MIC=2.5 mg/mL), *C. albicans* (MIC=1.25 mg/mL), *A. flavus* (MIC=5 mg/mL), *B. cereus* (MIC=0.312 mg/mL) u.c.

Lielā jeb purva dzērvene pieder ēriku (Ericaceae) dzimtai. Tā izplatīta Eiropas, Āzijas un Ziemeļamerikas mežos. Dzērveņu ogām piemīt antioksidantu, pretiekaisuma, pretvīrusu, kardioprotektīva, pretvēža aktivitāte un bieži izmanto urinārā trakta slimību ārstēšanā (Jurikova et al. 2019). Rauha et al. (2000) pētījumā par dzērveņu ogu B ekstraktu novēroja bakteristisku efektu pret *E. coli* un *S. aureus*, bet nekādu efektu pret *C. albicans* un *A. niger*. Citā pētījumā tika izmantoti etanola, ūdens un etanola/ūdens dzērveņa ogu ekstrakti. Spēcīgāka ietekme uz mikroorganismiem tika novērota etanola ekstraktiem. Iedarbība uz Gram-pozitīvām baktērijām bija lielāka (0.78 – 6.25 mg/mL), nekā uz Gram-negatīvām baktērijām (6.25 – 12.5 mg/mL). Netika novērota iedarbība uz sēnēm (MIC un MBC > 50 mg/mL), izņemot etanola ekstraktam, bet tā bija ļoti vāja. To skaidro ar ekstraktā esošo mazo ursolīnskābes koncentrāciju, kas nebija citos ekstraktos (Stobnicka and Gniewosz 2017).

Parastā irbene ir 1,5 – 3 m augsts irbeņu (Viburnaceae) dzimtas krūms. Tā sastopama visā Latvijā. Aug krūmājos, mežos, upmalās, grāvmalās, ezermalās. Drogās ievāc irbenes mizu, augļus un lapas (Rubine un Eniņa 2004, 125. lpp.). Irbenes drogām piemīt pretdiabēta, pretaptaukošanās, pretiekaisuma, pretvēža, antioksidanta īpašības (pārskats Kajszcak et al. 2020). Irbenes augļu metanola ekstrakts uzrāda antimikrobiālu aktivitāti pret *S. aureus*, *B. cereus*, *E. coli*, *P. aeruginosa* u.c. mikroorganismiem koncentrācijā, sākot no 5 – 10%. Koncentrācijā 2% netika novērots nekāds antimikrobiāls efekts pret nevienu no pētītajiem mikroorganismiem (Sagdic et al. 2006). Česonienē et al. (2014) savukārt konstatēja irbenes augļu sulu un etanola ekstraktu (koncentrācija netika norādīta) antimikrobiālo iedarbību pret *S. aureus* (inhibīcijas zona 18.6 – 24.1 mm), *E. coli* (18.8 – 22.4 mm), *P. aeruginosa* (15.8 – 18.3 mm) u.c.

Ārstniecības kliņģerīte ir viengadīgs, 30 – 60 cm augsts asteru (Asteraceae) dzimtas lakstaugs. Kā drogu ievāc ziedus (Rubine un Eniņa 2004, 142. – 143. lpp.). Efstratiou et al. (2012) novēroja kliņģerītes etanola un metanola (300 mg/mL) antimikrobiālo aktivitāti pret *S. aureus* (inhibīcijas zona 18 – 28 mm), *E. coli* (9 – 22 mm), *P. aeruginosa* (10 – 12 mm), *C. albicans* (7 – 10 mm), *A. niger* (9 mm) u.c.

Ārstniecības jeb smaržīgā kumelīte pieder asteru (Asteraceae) dzimtai. Aug laukos un ceļmalās, nav bieži sastopama. Augu plaši kultivē. Kā drogu ievāc ziedu kurvīšus ar vai bez ziedu kātiem (Rubine un Eniņa 2004, 154. – 155. lpp.). Rauha et al. (2000) novēroja, ka metanola kumelītes ekstrakti uzrāda antimikrobiālu aktivitāti pret *E. coli*, kā arī nedaudz pret *S. aureus* un

C. albicans, bet ne pret *A. niger*. Lielā bioloģiski aktīvo vielu dažādība nosaka ziedu daudzveidīgu izmantošanu. Munir et al. (2014), izmantojot agara bedrīšu difūzijas metodi ar kumelīšu etanola un metanola ekstraktiem dažādās koncentrācijās, secināja, ka kumelīte ir antibakteriāls potenciāls (pie 20 µL/mL) pret *S. aureus* (13.6 – 15.6 mm) un *E. coli* (12 – 14.3 mm), kas norāda, ka kumelītes ekstrakts ir efektīvāks pret Gram-pozitīvām bakterijām. To pētījuma autori skaidro ar Gram-negatīvo baktēriju sarežģītāko membrānas uzbūvi. Tāpat šajā pētījumā metanola ekstrakti uzrādīja labāku antimikrobiālo potenciālu par etanola ekstraktiem, norādot uz to, ka šķīdinātājs ietekmē bioloģiski aktīvo vielu koncentrāciju.

Melnais plūškoks ir 2 – 6 m augsts kaprifoliju (Caprifoliaceae) dzimtas krūms. To audzē dārzos, parkos, vietām tas pārgājis savvaļā un aug krūmājos, vecu māju un parku apkārtnē. Ievāc plūškoka ziedus un augļus (Rubine un Eniņa 2004, 226. – 227. lpp.). Plūškoka ziediem un augļiem piemīt antioksidantu, pretiekaisuma, diurētiska, pretvīrusu, pretvēža, pret diabēta aktivitāte (pārskats Młynarczyk et al. 2018). Goud and Prasad (2020) pētījumā ar metanola plūškoka augļu ekstraktiem (netika norādīta koncentrācija) ar disku difūzijas metodi tika novērota antimikrobiāla aktivitāte pret *E. coli* (12 mm), bet ne pret *S. aureus*. Iemesli šai atšķirībai pētījumā netika apspriesti. Savukārt citā pētījumā ar 100x atšķaidītiem plūškoka augļu etanola ekstraktiem tika novērota iedarbība uz *S. aureus* (17 mm) un *P. aeruginosa* (9 mm). Kā kontrole tika izmantots ciprofloksacīns, kas pret *S. aureus* uzrādīja 22 mm zonu. Ņemot vērā, ka pētījumā tika izmantots 100x ekstrakta atšķaidījums, tad potenciāls šī auga izmantošanai pret mikroorganismiem ir ievērojams (Hearst et al. 2010).

Lielā strutene ir 30 – 100 cm augsts, daudzgadīgs magoņu (Papaveraceae) dzimtas lakstaugs. Augs ir plaši izplatīts. Aug ēnainās, grūžainās sētmalēs, dārzos, krūmos, mežos, trūdvielām bagātā augsnē kā nezāle. Ievāc lakstus (Rubine un Eniņa 2004, 274. lpp.). Strutenei piemīt pretvīrusu, pretvēža, pretiekaisuma u.c. īpašības (pārskats Arora and Sharma 2013). Interesantu pētījumu veica Čirić et al. (2008), kur tika salīdzināti dabā ievāktu lakstu un *in vitro* audzētu šī auga šūnu antimikrobiālā aktivitāte. Tika novērots, ka visi metanola ekstrakti uzrādīja ievērojamu antimikrobiālo aktivitāti pret *S. aureus* un *E. coli*, bet pret *C. albicans* tikai laboratorijā audzētajiem augiem (80 mg/mL). To skaidro ar alkaloīda helidonīna koncentrāciju, kas laboratorijas augos bija nedaudz lielākā koncentrācijā.

Šaurlapu ugunspuķe ir līdz 1,5 m augsts daudzgadīgs lakstaugs, kas pieder naktssveču (Onagraceae) dzimtai. Tā bieži sastopama sausos mežos, izcirtumos, izdegumos, mežmalās, vietām veido audzes. Drogās vāc lapas un ziedus, dažkārt arī saknes (Rubine un Eniņa 2004, 289. – 290. lpp.). Ugunspuķes saturošos preparātus lieto pie prostatas saslimšanām, kā arī tiem ir pretiekaisuma

un pretsāpju aktivitāte, antioksidantu, pretvīrusu, pretcaurejas aktivitāte. Battinelli et al. (2001) pierādīja, ka ugunspuķes etanola ekstraktiem piemīt efektivitāte gan pret Gram-pozitīvām (*S. aureus* - MIC=325 µg/mL, *B. subtilis* - MIC=325 µg/mL u.c.), gan Gram-negatīvām (*P. aeruginosa* – MIC=162 µg/mL u.c.) baktērijām, kā arī pret raugiem (*C. albicans* – MIC=325 µg/mL u.c.) un micēlijsēnēm (*Microsporium canis* – 10 µg/mL u.c.). Tas daļēji saskan ar Rauha et al. (2000), kur metanola ekstraktam antibakteriālu efektu novēroja pret *S. aureus* un *E. coli*, bet tikai daļēji pret raugu *C. albicans* un nekādu efektu pret micēlijsēni *A. niger*.

1.5.2. Ēteriskās eļļas

Apelsīns, citrons, laims, mandarīns, sarkanais apelsīns. Citrusa augļi ir vieni no izplatītākajiem audzētajiem augļiem pasaulē, pateicoties to vērtīgajām barības un fitoķīmiskajām vielām, kas uzlabo cilvēka veselību. Citrusi pieder rūtu (Rutaceae) dzimtai ar 40 dažādām citrusu sugām, kas aug tropu, subtropu un mērenajos klimata reģionos. Pateicoties dabīgajai vai mākslīgajai krustošanai, ir zināmi dažādi citrusu veidi un hibrīdi. Ēteriskajām eļļām piemīt antimikrobiāla, antioksidantu, pretvēža, antimutagēna u.c. aktivitāte (pārskats Singh et al. 2020).

Citronzāle ir plaši lietots graudzāļu (Poaceae syn. Gramineae) dzimtas garšaugš. Tas sastopams visā pasaulē, bet it sevišķi tropu un subtropu valstīs. Citronzālei piemīt antioksidantu, pretaptaukošanās, asinsspiedienu pazeminošas, antimikrobiāla, antimutagēna iedarbība (pārskats Olorunnisola et al. 2014).

4 zagļu ēteriskā eļļa. Ārstniecības rozmarīns ir līdz 2 m augsts panātru (Lamiaceae) dzimtas krūms. Tā dzimtene ir Vidusjūras reģions, kur tas savvaļā sastopams saulainās, sausās kalnu nogāzēs. Latvijā rozmarīnu var audzēt traukos, ko vasarā var izlikt dārzā (Rubine un Eniņa 2004, 249. – 250. lpp.). Rozmarīna eļļai piemīt antioksidantu, citotoksiska, antimutagēna, antimikrobiāla u.c. aktivitāte (pārskats Hussain et al. 2010). Smaržīgais nagliņkoks (krustnagliņas) ir 10 – 20 m augsts augs, kas pieder miršu (Myrtaceae) dzimtai. Auga dzimtene ir Dienvidaustrumu Āzija, tagad to plaši kultivē tropu apgabalos mitrā augsnē. Kā drogu ievāc nagliņkoka ziedpumpurus (tautā saukti par krustnagliņām) īsi pirms ziedēšanas (Rubine un Eniņa 2004, 198. – 199. lpp.). Tam piemīt antimikrobiāla, antimutagēna, pretiekaisuma, pretčūlas, prettrombu, pretparazītu u.c. aktivitāte (pārskats Singh et al. 2019). Citrona eikalipts pieder miršu (Myrtaceae) dzimtai un aug Austrālijā, Tasmānijā, Jaungvinejā, bet tos kultivē arī citos subtropu un tropu reģionos. Eikaliptam piemīt pretsāpju, antimikrobiāla, pretiekaisuma, pretinsektu u.c. aktivitāte (Nagpal et al. 2010).

Ceilonas kanēļkoks (*Cinnamomum zeylanicum*) ir līdz 10 m augsts, bet Kīnas kanēļkoks (*Cinnamomum cassia*) ir līdz 15 m augsts lauru (Lauraceae) dzimtas krūms vai koks. Ceilonas

kanēļkoks savvaļā sastopams Ceilonas salas un Indijas dienvidrietumu daļā. Tagad tos kultivē Šrilankā, Indijā, Javā, Sumatrā, Filipīnās, Brazīlijā, Austrumāfrikā, Vidusamerikā. Savukārt Ķīnas kanēļkoks aug Indoķīnā, Ķīnas dienvidos, bet kultivē arī citās Austrumāzijas valstīs. Mizu ievāc reizi 6 gados, lai augi pagūtu atjaunoties (Rubine un Eniņa 2004, 134 – 135. lpp.).

Melnais pipars pieder piparu (Piperaceae) dzimtai. Tas aug karstos un mitros reģionos, bet visvairāk to kultivē Vjetnamā, Indonēzijā, Indijā un Brazīlijā. Tam piemīt antimikrobiālas, antioksidantu, pretvēža, pretiekaisuma, pretsāpju u.c. aktivitāte (pārskats Takooree et al. 2019).

Spāņu piparmētra ir ārstniecības augs, kas pieder panātru (Lamiaceae) dzimtai. Tā ir vārpainās piparmētras (*M. spicata*) un krūzmētras (*M. aquatica*) hibrīds, kas aug tikai kultūrās (Rubine un Eniņa 2004, 223. – 224. lpp.). Tai piemīt antioksidantu, antimikrobiāla, pretiekaisuma, pretvēža, pret diabēta u.c. aktivitāte (pārskats Mahendran and Rahman 2020).

Tējaskoks ir līdz 7 m augsts koks, kas pieder miršu (Mrytaceae) dzimtai. Tam piemīt antimikrobiāla, pretiekaisuma, antioksidantu u.c. īpašības (pārskats Siddique et al. 2020).

Thielmann et al. (2019) izpētīja 179 ēterisko eļļu (no vairākiem ražotājiem) antimikrobiālo aktivitāti (MIC) pret *S. aureus* un *E. coli*. Ķīnas kanēļkoka zaru ēteriskā eļļa bija efektīva koncentrācijā 50 µg/mL pret abiem mikroorganismiem, laima eļļa mazāk efektīva (pret *S. aureus* 800 – 3200 µg/mL; pret *E. coli* – 800 – 6400 µg/mL), mandarīna eļļa (vienam no trīs ražotājiem) tikai pret *S. aureus* (6400 µg/mL), bet apelsīna un sarkanā apelsīna eļļa nebija efektīva pret *S. aureus*, tikai nedaudz pret *E. coli* (3200 µg/mL). Tējaskoka eļļa bija efektīva pret *S. aureus* (800 – 3200 µg/mL) un arī pret *E. coli* (1600 – 3200 µg/mL). Piparmētrai efektivitāte pret *S. aureus* ievērojami atšķīrās starp ražotājiem (200 – 3200 µg/mL), kā arī bija iedarbība uz *E. coli* (800 – 1600 µg/mL). Melnajam piparam nenovēroja nekādu efektu pret *S. aureus* un *E. coli*, izņemot viena ražotāja eļļai, kur pret *S. aureus* MIC bija 100 µg/mL. Rozmarīna ēteriskā eļļa neuzrādīja nekādu aktivitāti, savukārt krustnagliņu ēteriskā eļļa gan pret *S. aureus* (100 – 1600 µg/mL), gan *E. coli* (400 – 800 µg/mL). Kopumā tika secināts, ka ir ievērojamas atšķirības starp dažādu ražotāju viena un tā paša auga ēteriskajām eļļām, norādot, cik nozīmīgi ir noteikt ķīmisko sastāvu.

Hammer et al. (1999) pārbaudīja 52 ēterisko eļļu antimikrobiālo aktivitāti pret vairākiem mikroorganismiem koncentrācijās no 0.03 – 2% (v/v %) un tika noteikta MIC. Tika konstatēts, ka citrusa eļļām antimikrobiālā aktivitāte ir līdzīga. Pret *S. aureus* laima un citrona aktivitāte bija pie 2%, pret *E. coli* laimam 1%, bet citronam nenovēroja (>2%), pret *C. albicans* abiem 2%, bet pret Tējaskokam aktivitāte pret *S. aureus*, *E. coli* un *C. albicans* bija izteiktāka (0.5%, 0.5% un 0.25%, respektīvi), bet arī nenovēroja aktivitāti pret *P. aeruginosa* (>2%). Piparmētra bija aktīva pie 0.5% (*E. coli*, *C. albicans*), 1% (pret *S. aureus*). Melnā pipara eļļa nebija efektīva pret nevienu no

minētajiem mikroorganismiem (>2%). Savukārt rozmarīna eļļa un krustnagliņu eļļa iedarbojās uz mikroorganismiem pie ievērojami atšķirīgām koncentrācijām – pret *S. aureus* un *E. coli* 1% (rozmarīns) un 0.25% (krustnagliņas), pret *C. albicans* 1% (rozmarīns) un 0.12% (krustnagliņas). Neviena no eļļām pie 2% nebija efektīva pret *P. aeruginosa*.

Līdzīgā pētījumā Pawar and Thaker (2006) izpētīja 75 dažādu ēterisko eļļu iedarbību pret *A. niger* hīfu augšanu un sporu veidošanos ar agara disku difūzijas metodi, piesūcinot diskus ar 15 µL ēterisko eļļu. Visaugstāko spēju inhibēt hīfu veidošanos (40 mm) un sporu veidošanos (45 mm) uzrādīja Ķīnas kanēļkoka mizas ēteriskā eļļa, kam sekoja Ceilonas kanēļkoka lapu ekstrakts (30 un 35 mm). Labu efektu uzrādīja arī krustnagliņu ēteriskā eļļa (28 un 36 mm). Citrona ēteriskā eļļa un melno piparu ēteriskā eļļa salīdzinoši uzrādīja ļoti nelielu aktivitāti (7 un 7 mm), arī tējaskokam aktivitāte nebija ļoti ievērojama (7 un 13 mm), rozmarīna ēteriskā eļļa uzrādīja līdzīgus rezultātus (7 – 10 mm), savukārt piparmētrai nenovēroja nekādu aktivitāti. Uzskata, ka kanēļu ēteriskās eļļas uzrāda savu antifungālo iedarbību, pateicoties to galvenajām sastāvdaļām – kanēļaldehīdam un karvakrolam. Kumar et al. (2017), pētot ēterisko eļļu iedarbību uz *A. niger*, ieguva līdzīgus rezultātus. Krustnagliņu eļļa atšķaidījumu metodē 96-lauciņu platē uzrādīja labu fungicīdo aktivitāti, piparmētru eļļa – vidēju, bet melnā pipara eļļa bija lielākoties neefektīva. Interesanti, ka melnā pipara eļļa šī paša eksperimenta ietvaros veiktajā agara difūzijas metodē uzrādīja labāku aktivitāti. To varētu skaidrot ar to, ka ēterisko eļļu gaistošie savienojumi ir iedarbojušies uz agara plates virsmu papildus savai darbībai difūzijas ceļā. Savukārt atšķaidījumu metodē, kur tiek izmantota šķidrā barotne, ir iespējama tikai kontakta toksicitāte (Bouddine et al. 2012 cit. pēc Kumar et al. 2017).

1.5. Svaigu augļu un dārzeņu attīrīšanas metodes

Ņemot vērā svaigu augļu un dārzeņu piesārņojuma problēmas, ir nozīmīgi tos pirms lietošanas uzturā apstrādāt, lai izvairītos no nepatīkamām veselības problēmām.

Metodes tiek iedalītas piecās kategorijās: **mājsaimniecības, ķīmiskās, modernās, bioloģiskās un kombinētās metodes**. Efektivitāte ir atkarīga no daudziem faktoriem, kā dažādu mikroorganismu sugu antimikrobiālā jutība, augļu un dārzeņu uzbūve, īpašības. Tāpat pētījumi pierāda, ka baktērijas spēj iekļūt augļu un dārzeņu iekšpusē caur audu bojājumiem, mizas skrāpējumiem. Līdz ar to tādu dārzeņu kā salātu, kāpostu un spinātu attīrīšana var būt sarežģīta. Līdzīgi arī pesticīdu stabilitāte ir atkarīga no pH un temperatūras, pesticīdu atrašanās vietas, kurā auga attīstības stadijā tika izmantoti pesticīdi, pesticīdu īpašībām (šķīšanas spējām), augļa vai dārzeņa dabas, kā arī apstrādes ilguma. Piemēram, mainot optimālo pH (palielinot/samazinot), var

pesticīdu inaktivēt un samazināt tā pussabrukšanas laiku. Zinot pesticīda struktūru un īpašības, iespējams izvēlēties atbilstošu attīrīšanas metodi (pārskats Bhilwadikar et al. 2019).

Ļoti efektīvas ir **modernās attīrīšanas metodes**, kā elektrolizēts ūdens, ozons, ultraskaņa, pulsētā gaisma, ultravioletā gaisma, netermālā plazma, apstarošana, augsts hidrostatiskais spiediens, zemas intensitātes elektriskā strāva u.c., bet tās ir dārgas, jo nepieciešamas speciālas aparatūras, līdz ar to nav plaši pieejamas lielam cilvēku lokam. Interesantas un daudzsoļas ir arī **bioloģiskās metodes**, izmantojot bakteriofāgus kā dabīgos antimikrobiālos līdzekļus. Šie vīrusu fāgi ir specifiski pret noteiktu mērķa organismu un nav kaitīgi cilvēkiem. Tāpat var tikt izmantotas pienskābes baktērijas, kas iedarbojas uz citiem mikroorganismiem un pesticīdu atliekvielām, izdalot organiskās skābes, peroksīdus, polipeptīdus un bakteriocīnus. Tomēr arī šie līdzekļi vismaz šobrīd nav plaši pieejami un ir salīdzinoši dārgi (pārskats Bhilwadikar et al. 2019).

Kā galvenās **mājsaimniecības un ķīmiskās attīrīšanas metodes** var minēt mazgāšanu ar ūdeni, mizošanu, blanšēšanu, uzglabāšanu aukstumā, hloru, ūdeņraža saturošu līdzekļu, organisko skābju, nātrija hlorīda, bikarbonāta un hidroksīda, kalciju saturošu līdzekļu, kālija permanganāta, kā arī ēterisko eļļu pielietošana (pārskats Bhilwadikar et al. 2019).

Mazgāšana ar ūdeni nav pietiekami efektīvs veids, lai attīrītu augļus un dārzeņus no mikroorganismiem un pesticīdiem, jo augļu un dārzeņu virsma sastāv no daudzslāņu kutikulas – kutīna. Tas padara virsmas ūdens atgrūdošas – hidroforas. Pētījumi ar melonēm pierāda, ka baktēriju virsmas lādiņš un hidroforās mijiedarbības starp vaskoto epidermu un baktēriju ir viens no svarīgākajiem priekšnosacījumiem veiksmīgai baktēriju “noenkurošanai” uz augļu un dārzeņu virsmas (Ukuku and Fett 2002). Tomēr Kilonzo-Nthenge et al. (2006) pētījumā ar ūdens, komerciāla līdzekļa, 5% etiķa un 13% citrona šķīduma efektivitāti pret *Listeria innocua* inokulētiem salātiem, brokoļiem, āboliem un tomātiem tika secināts, ka ir nozīmīgi pirms apstrādes augļus un dārzeņus (izņemot brokoļus, kur nenovēroja atšķirību) vismaz 2 min noturēt aukstā ūdenī. Komerciāli pieejamais līdzeklis labāk notīrīja *L. innocua* no tomātu, bet ne no ābolu, brokoļu un salātu virsmas. Tomēr šajā pētījumā tika izmantoti svaigi inokulētas augļu un dārzeņu virsmas, kad *L. innocua* baktērijas vēl nebija paspējušas pietiekami spēcīgi pievienoties virsmām un tādējādi tās varēja vieglāk noskalot. To arī pierāda fakts, ka šajā pētījumā no ābolu un tomātu virsmas *L. innocua* bija nomazgāt vieglāk, visdrīzāk to gludās virsmas dēļ.

Organiskās skābes plaši izmanto kā pārtikas konservantus. Vienas no visplašāk lietotajām organiskajām skābēm ir pienskābe, citronskābe, ābolskābe, etiķskābe u.c. Tās koncentrācijās no 0.1 – 10% ir ne tikai efektīvas pret dažādiem mikroorganismiem, bet veiksmīgi neitralizē dažādu pesticīdu atliekvielas. Nātrija hlorīdu (vārāmo sāli) var efektīvi izmantot koncentrācijās 0.9 – 5%,

lai neitralizētu pesticīdu atliekvielas. Augstākas nātrija hlorīda koncentrācijas var izraisīt plazmolīzi, kas nonāvē mikroorganismus. Nātrija bikarbonāts (dzeramā soda) un nātrija hidroksīds tiek izmantoti, lai efektīvi neitralizētu pesticīdu atliekvielas, kas ir stabilas skābā pH vidē (pārskats Bhilwadikar et al. (2019). Pao et al. (2000) novērtēja ūdens un komerciāli pieejamu līdzekļu ar dažādu pH efektivitāti pret *E. coli* inokulētiem apelsīniem. Tika konstatēts, ka visefektīvākie mazgāšanas līdzekļi ir ar augstu pH (11.8), bet skābie tīrīšanas līdzekļi (pH 2.0) ir tikpat efektīvi, kā parasts krāna ūdens. Arī šajā gadījumā tika izmantoti svaigi inokulētas virsmas un var neparādīt patieso ainu ar mikroorganismiem, kas atradušies uz augļu un dārzeņu virsmas ilgstošu laika periodu. Chung (2018) apskatrakstā minēti vairāki piemēri ar dažādiem lipofiliem pesticīdiem, kas spēcīgi absorbējas augļu un dārzeņu vaska kārtiņā, līdz ar to, mazgājot augļus un dārzeņus, nepieciešams pielietot berzi, ar vienkāršu mērcēšanu nebūs līdzēts. Burkānus ir nomazgāt vieglāk par tomātiem, jo burkāni nesatur tik izteiktu vaska kārtiņu, kā tomāti. Šajā apskatrakstā arī secināts, ka mērcēšana skābos (piemēram, etiķskābes), bāziskos (piemēram, dzeramās sodas) un/vai sāls (piemēram, NaCl) šķīdumos samazina pesticīdu atliekvielu daudzumu efektīvāk, nekā tīrs ūdens.

Mizošana ir efektīvs veids, lai samazinātu pesticīdu koncentrāciju, kā arī samazina mikrobioloģisko piesārņojumu, bet ar mizošanu tiek zaudētas daudz vērtīgas vielas, kas atrodas mizā. Piemēram, flavonoīdi, karotenoīdi, fitoķīmiskas vielas un mikroelementi (pārskats Bhilwadikar et al. 2019). Ir ļoti nozīmīgi pirms lietošanas uzturā noņemt kāpostu, sīpolu u.c. līdzīgu dārzeņu ārējo mizu, tādējādi samazinot pesticīdu piesārņojumu pat par 99% (pārskats Chung 2018).

Blanšēšana, kas ir karsēšana 1 – 10 min, kam seko atvēsināšana, veicina enzīmu inaktivāciju un samazina mikrobiālo piesārņojumu, tādējādi palielinot produktu uzglabāšanas laiku. Arī pret dažiem pesticīdiem šī metode var būt pat 100% efektīva. Diemžēl ar šo metodi augstās temperatūras dēļ tiek zaudētas vērtīgās vielas. Piemēram, vitamīns C, ko bieži uzskata par “indikatoru” pārtikas apstrādē, jo tas ir nestabils pie paaugstinātām temperatūrām, kā arī labi šķīst ūdenī, blanšēšanas laikā samazinās pat par ~30% (pārskats Bhilwadikar et al. 2019). Ja blanšēšanu apvieno ar uzglabāšana aukstumā, kas ir visplašāk pielietotā metode, lai paātrinātu produktu uzglabāšanas laiku, tad pie īpaši zemām temperatūrām C vitamīna koncentrācija samazinās vēl vairāk. Līdzīga situācija ir ar folātiem, kam ir līdzīgas īpašības, kā C vitamīnam. Tas blanšēšanas laikā var samazināties pat par 70%. To skaidro ne tikai ar nestabilitāti pret augstām temperatūrām, bet arī tāpēc, ka daļa C vitamīna un folātu pāriet ūdens šķīdumā, kurā tie tiek blanšēti (Puupponen-Pimiä et al. 2003). Pie zemākām temperatūrām mikroorganismiem tiek samazināta metabolā aktivitāte un tie nespēj tik ātri vairoties. Tomēr šī metode nav efektīva pret pesticīdu atliekvielām, kas nestabilākas ir pie augstākām temperatūrām. Bieži izmanto zemas temperatūras apvienojumā

ar kontrolētu O₂ un CO₂ līmeni. No CO₂ veidojas oglekļskābe, kas rada zemu pH un iedarbojas pret dažādiem mikroorganismiem. Tajā pašā laikā psihotropie mikroorganismi, kā *Listeria monocytogenes* nereaģē uz aukstajām temperatūrām, tāpēc papildus tiek pievienota CO₂/nātrija laktāta atmosfēra, kas pret šiem mikroorganismiem iedarbojas. Tomēr šī īpašā atmosfēras nodrošināšana prasa speciālu iekārtu izmantošanu, kas ir dārgi un nav pieejams plašam cilvēku lokam (pārskats Bhilwadikar et al. 2019).

No hlora saturošiem līdzekļiem, visplašāk lietotie svaigu augļu un dārzeņu tīrīšanas līdzekļi ir nātrija hipohlorīts, hlora dioksīds, skābināts (ar citronskābi) nātrija hlorīts u.c. Tomēr liela daļa hlora saturošu līdzekļu reaģē ar organiskajiem un ķīmiskajiem savienojumiem, veidojot toksiskus galaproduktus, kā karcinogēnos trihalometānus un par pesticīdiem toksiskākus savienojumus. Turklāt hloru saturošo līdzekļu trūkums ir spēcīgā smarža un garša, kas saglabājas produktā, līdz ar to samazinot ēdiena pievilcību patērētāju acīs. Par spīti tam, šos līdzekļus plaši pielieto, jo tie ir lēti un salīdzinoši efektīvi līdzekļi. Salīdzinoši labs variants ir ūdenraža peroksīds (H₂O₂), kas koncentrācijās 1 – 5% ir bakteriostatisks, kā arī baktericīds līdzeklis un neveidojas toksiski blakusprodukti. Tāpat laba alternatīva ir peroksiacetātskābes šķīdums, kas tiek ražots no ūdenraža peroksīda un vai nu etiķskābes vai bezūdens etiķskābes katalizatora (piemēram, sērskābes) klātbūtnē. Arī tas sadalās nekaitīgos savienojumos: etiķskābē un skābeklī. Tas neietekmē pārtikas produktu garšu un smaržu, kā arī nesamazina vērtīgo vielu koncentrāciju. Tomēr tas ir dārgs dezinfektants, ja salīdzina ar hlora saturošiem līdzekļiem. Ar labiem rezultātiem pret mikroorganismiem izmanto arī kalcija saturošus līdzekļus, kā kalcija laktāts, kas, iespējams, savu efektu dod sava izteikti bāziskā pH dēļ (pH 12 – 13). Kālija permanganātu izmanto netieši – attīrot piesārņotu ūdeni -, jo tas reaģē ar augļu un dārzeņu organiskajiem savienojumiem (pārskats Bhilwadikar et al. 2019).

Kā interesanta alternatīva ir ēterisko eļļu pielietošana. Singh et al. (2002) pētīja ēterisko eļļu efektivitāti pret trīs dažādu *E. coli* celmu inokulētiem romiešu salātiem un burkāniem, kas sekojoši tika uzglabāti 24 h pie 4° C. Augļu tīrīšanai izmantoja ūdeni, hlora dioksīdu, ozona līdzekļiem un timiāna ēteriskās eļļas suspensiju. Tika secināts, ka timiāna eļļa koncentrācijā 0.1 mL/L bija tikpat efektīva, cik mazgāšana ar ūdeni, bet augstākās koncentrācijās (1 mL/L un 10 mL/L) bija novērojama statistiski novērojama atšķirība, turklāt ilgāks mazgāšanas laiks baktēriju skaitu samazināja tikai nedaudz. Kad tika pārbaudīta dažādu metožu kombinācijas, kā visefektīvākā tika atzīta timiāna eļļas/ozonēta ūdens/hlora dioksīda šķīduma secīga izmantošana. Salīdzinājumam: nemazgāti salāti – 7.93±0.17 (populācija: log₁₀ kvv/g), hlora dioksīda šķīdums (10.0 mg/L, 10 min) – 6.33±0.20, ozonēts ūdens (9.3 mg/L, 10 min) – 6.45±0.13, timiāna eļļa (1.0 mL/L, 5 min) –

6.32±0.20, ozonēts ūdens/hlora dioksīds – 5.72±0.15, timiāna eļļa/ozonēts ūdens/hlora dioksīds – 3.94±0.13. Šie rezultāti norāda, ka ēteriskās eļļas vienas pašas nedod pietiekami labu baktericīdo iedarbību, bet var uzlabot citu dezinfekcijas līdzekļu darbību. Pētījuma autori teoretizē, ka tas varētu būt ēterisko eļļu sastāvā esošo fenolo savienojumu dēļ, kas var palielināt šūnas membrānu caurlaidību, tādējādi palielinot citu dezinfekcijas līdzekļu efektivitāti.

1.6. Augļu un dārzeņu tīršanas līdzekļu apskats un to sastāvdaļu raksturojums

Pēc internetā pieejamās informācijas, iespējams iegādāties dažādus augļu un dārzeņu tīršanas līdzekļus. Tie ir izsmidzināmu - spreju (visbiežāk), koncentrētu šķīdumu, mitro salvešu un pulveru formā. Visi līdzekļi, izņemot mitrās salvetes, pēc lietošanas jānomazgā ar ūdeni. Lielākā daļa līdzekļu ražoti ASV, kam seko Kanāda un Lielbritānija. Eiropas Savienībā ražoto līdzekļu skaits ir salīdzinoši mazs uz kopējā tirgus produktu skaita. Dati par sastāvu iegūti no ražotāju mājaslapām. Apkopojums apskatāms 5. tabulā.

Līdzekļos izmantotas virsmaktīvās vielas, konservanti (tai skaitā antioksidanti), biezinātāji (sāls un ksantāna sveķi), mitrinātāji / mīkstinātāji (glicerīns, alveja), emulgatori un skābuma regulētāji.

Virsmaktīvās vielas. Liela daļa tīršanas līdzekļu satur kādu virsmaktīvo vielu. Tās ir vielas ar hidrofīlu un hidrofobu daļu, kas palielina hidrofobo molekulu šķīdību ūdens šķīdumos. Tādējādi tiek samazināts šķīdumu virsmas sprieguma spēks un tiek nodrošināta tīršanas funkcija. Izšķir sintētiskās un dabīgās virsmaktīvās vielas. Dabīgās virsmaktīvās vielas, kas iegūtas no augiem ir saponīni, cukura esterī, alkilpoliglikozīdi un alkanolamīni (pārskats Farias et al. 2021).

No saponīniem šeit izmantoti ziepju koka jeb kvilaijas (*Quillaja saponaria*), ziepjsaknes (*Saponaria officinalis*) un ziepju riekstu (*Sapindus mukorossi*) ekstrakti. No cukura esteriem: saharozes esterī. No alkilpoliglikozīdiem: decilglikozīds, laurilglikozīds (Plantaren), kaprililglikozīds, miristilglikozīds, kokoglikozīds. Sīkāk tālāk aprakstītas saponīnu izmantošanas iespējas.

Komerčiālie pieejamie augļu un dārzeņu tīrīšanas līdzekļi un to sastāvs.

Table 5

Commercially available fruit and vegetable cleaners and their ingredients.

Nr.	Nosaukums (<i>ražotājs - valsts</i>)	Mājaslapa	Sastāvs
1.	Fruit & Veggie mazgāšanas līdzeklis (<i>Eco Max - Kanāda</i>)	eco-max.com	decilglikozīds, citronskābe, kālija sorbāts, nātrija benzoāts
2.	Nature + technology Fruit & Vegetable mazgāšanas līdzeklis (<i>Attitude - Kanāda</i>)	attitudeliving.com	kaprililglikozīds, miristilglikozīds, nātrija citrāts, nātrija bikarbonāts, ksantāna sveķi
3.	Thieves mazgāšanas līdzeklis (<i>Young and Living - ASV</i>)	youngliving.com	decilglikozīds, citronskābe, nātrija citrāts, 6 – 18 ēteriskās eļļas, glicerīns
4.	Produce Magic mazgāšanas līdzeklis (<i>Vermont Soap - ASV</i>)	vermontsoap.com	pārziepojušās eļļas (kokosriekstu, olīvu un džodžoba), ēteriskās eļļas, rozmarīna ekstrakts, alveja
5.	Fruit & Veggie mazgāšanas līdzeklis (<i>Seal - Latvija</i>)	spodriba.lv	kālija citrāts, citronskābe, nātrija benzoāts, kālija sorbāts, glicerīns
6.	Salad, Fruit & Vegetable mazgāšanas līdzeklis (<i>Bentley Organic - Lielbritānija</i>)	bentleyorganic.com	ābolskābe, pienskābe, citronskābe, alvejas sula
7.	Balance ecological fruit and vegetable mazgāšanas līdzeklis (<i>Ringuva - Lietuva</i>)	ringuva.lt	nātrija bikarbonāts, etanols, ziepjusaknes ekstrakts
8.	Produce mazgāšanas līdzeklis (<i>Better Life - ASV</i>)	betterlifecleaning.ca	kokoglikozīds, kvilajās mizas ekstrakts, etiķskābe, citronskābe, jūras sāls, bazilika eļļa, citrona eļļa, glicerīns
9.	Fruit & Veggie mazgāšanas līdzeklis (<i>Allorganic - ASV</i>)	allorganicclean.com	ziepju riekstu ekstrakts, pienskābe, citronskābe, askorbīnskābe
10.	Fruity mitrās salvetes / mazgāšanas līdzeklis (<i>Fruity Wipes - ASV</i>)	fruitywipes.com	dzeramā soda, oleīnskābe, kālija hidrāts, cironskābe, glicerīns
11.	Fruit & Veggie mitrās salvetes / mazgāšanas līdzeklis / pulveris (<i>Eat Cleaner - ASV</i>)	eatcleaner.com	decilglikozīds, nātrija citrāts, citronskābe, jūras sāls, kalcija askorbāts, glicerīns
12.	Fruit n Veggie mitrās salvetes (<i>GoWipe - ASV</i>)	gowipeco.com	jūras sāls, citronskābe, greipfrūtu sēklu ekstrakts, citrona mizu ekstrakts, glicerīns
13.	Fruit + veggi mitrās salvetes / mazgāšanas līdzeklis (<i>Veggi Wash Fruit Too - Lielbritānija</i>)	veggiwash.co.uk	Plantaren, saharozes esteri, kokoglutamāts (no kokosriekstiem un kukurūzas), nātrija citrāts, glicerīns

Ziepjū koks jeb kvilajja (*Quillaja saponaria*) pieder ziepju koku (*Quillajaceae*) dzimtai. Tā ekstrakts Eiropas Savienības Pārtikas piedevu sarakstā (Komisijas Regula Nr. 1129/2011) tiek atzīts par drošu lietošanā, apzīmēts ar numuru E999. Pārtikā un dzērienos izmanto galvenokārt tā putošanas aktivitātes dēļ, bet tiem piemīt arī holesterīna pazeminoša, antibakteriāla, antifungāla un pretvīrusu aktivitāte. Galvenais iemesls šai aktivitātei tiek skaidrots ar aglikona afinitāti pret šūnas membrānas lipīdiem (eikariotu šūnām pret holesterīnu), kas savukārt izraisa izmaiņas membrānā.

Tā rezultātā mikroorganismu šūnā var ieplūst dažādas nevēlamas vielas, piemēram, antibiotikas (pārskats Güçlü-Üstündağ and Mazza 2007). Tomēr pētījumos ar multirezistentiem *E. coli*, kas izolēti no cilvēka urīna, tika konstatēts, ka kvilajās saponīni (6 - 12 µg/mL) palielina to augšanas spēju pat antibiotiku klātbūtnē. Iemesli šai parādībai tiek skaidroti ar to, ka saponīni palīdz pastiprināti *E. coli* uzņemt barības vielas no barotnes (Arabski et al. 2012). S. Sewlikar un D.H. D'Souza (2017) secināja, ka kvilajā spēj iedarboties baktericīdi uz *E. coli*, bet augstākās koncentrācijās (>0.25 - >1% atkarībā no ražotāja). Ar elektronu mikroskopu uzņemtajos attēlos tika secināts, ka kvilajās ekstrakts veido šūnas membrānā poras, kas veicina iekšējo vielu izplūšanu ārā, novedot pie šūnas nāves.

Mitra un Dungan (1997) novēroja, ka kvilajās ekstrakta spēja veidot micellas, kas norāda uz virsmaktīvo īpašību efektivitāti, ir atkarīga no šķīduma pH un sāls (NaCl) koncentrācijas. Palielinoties pH (no 3.0 – 8.8) palielinās arī micellu veidošanās efektivitāte. Savukārt palielinot sāls koncentrāciju (0 – 1 M NaCl šķīduma), ievērojami samazinās spēja veidot micellas.

Kvilajās ekstrakta saponīni ir efektīvi emulgatori, veidojot un stabilizējot eļļas/ūdens emulsijas ar maza izmēra eļļas lodītēm ($d < 2 \mu\text{m}$). Turklāt pierādīts, ka dažādi proteīni (Na-kazeināts, zirņu proteīns u.c.) un fosfolipīdi (lecitīns) zemās koncentrācijās (<0.5% w/w) kopā ar kvilajās ekstraktu (sākot no 0.5% w/w) uzlabo emulgējošās īpašības, ko skaidro ar mijiedarbībām starp saponīnu un proteīnu molekulām. Proteīna izmantošana lielākās koncentrācijās nemaina emulgējošās īpašības (Reichert et al. 2018).

Ziepjusakne (*Saponaria officinalis*) pieder neļķu (Caryophyllaceae) dzimtai. Sastopama galvenokārt Turcijā, bet aug arī citur Eirāzijā (Çam and Topuz 2018 cit. pēc Gonzalez and Sørensen 2020), tai skaitā Latvijā (Kļaviņš et al., interneta enciklopēdija "Latvijas Daba"). Gonzalez un Sørensen (2020) pētījumā tika secināts, ziepjusakne varētu tikt izmantota pārtikas rūpniecībā kā putotājs, jo tas nereaģē uz zemām sāls, cukura koncentrācijām, kā arī augstām temperatūrām, kas bieži tiek izmantotas pārtikas gatavošanas laikā. Tomēr šajā pētījumā netika apskatīta saponīnu iespējamā kaitīgā ietekme uz cilvēkiem, pagaidām neļaujot plašāk to izmantot arī augļu un dārzeņu tīrīšanas salvetēs, kas nav jānoskalo ar ūdeni. Ziepjū riekstu koks (*Sapindus mukorossi*) pieder ziepjkoku (Sapindaceae) dzimtai. Tas aug Āzijas subtropu reģionos. Hu et al. (2018) pārbaudīja dažādo ziepjū riekstu koka augļu sastāvu un konstatēja, ka to sastāvā vislielākajā koncentrācijā ir dažādi triterpenoīdu saponīni. Visām izolētajām vielām tika pārbaudīta to antimikrobiālā aktivitāte *in vitro* pret *C. albicans* un *Trichophyton rubrum*. Dažas no vielām uzrādīja vidēju aktivitāti pret šiem mikroorganismiem jau pie 8 µg/mL. Transmisijas elektronu mikroskopijas attēli parādīja, ka efektīvākās vielas izraisīja *C. albicans* membrānas bojājumus, novedot pie šūnu nāves.

Konservanti. Visbiežāk lietotie pārtikas, kosmētikas un saimniecības preču konservanti iedalās divos veidos: dabīgās un sintētiskās vielas. Dažas sintētiskās antimikrobiālās vielas, ko regulatorās iestādes ir atļāvušas lietot pārtikas jomā, ir drauds cilvēku veselībai. Piemēram, sulfīti (grupa ar sēru saturošām vielām, ko komerciāli izmanto kā pārtikas konservantus) tiek saistīti ar tiamīna (B1 vitamīna) noārdīšanu pārtikā, līdz ar to cilvēki uzņem nepietiekamu tā daudzumu, kas var novest pie B1 vitamīna trūkuma (Vally et al. 2009 cit. pēc Carocho et al. 2014).

Konservantus iedala trīs grupās: antimikrobiālie, antioksidanti un pretbrūnēšanas vielas. Kā galvenie tiek izmantoti antimikrobiālie konservanti, kas iznīcina un/vai neļauj vairoties produktos dažādiem mikroorganismiem (pārskats Carocho et al. 2014). Augļu un dārzeņu tīrīšanas līdzekļos izmantoti dažādi šīs grupas konservanti: etiķskābe (E260), pienskābe (E270), ābolskābe (E296), kā arī nātrija benzoāts (E211), kālija sorbāts (E202).

Produkti ir pakļauti oksidācijai, kā rezultātā samazinās to stabilitāte uzglabājot. Antioksidanti aizkavē oksidēšanos, ziedojot ūdeņraža atomu vai elektronu, kļūstot pašiem par radikāļiem. Tomēr to radikāļu forma ir stabila un tālāk nenotiek reakcijas. Tādā veidā tiek pagarināts produkta uzglabāšanas ilgums (Carocho and Ferreira 2013a cit. pēc Carocho et al. 2014). Augļu un tīrīšanas līdzekļos izmantotie antioksidanti ir kalcija askorbāts (E302), citronskābe (E330), nātrija citrāts (E331), kālija citrāts (E332).

Palielinoties izpratnei par sintētisko konservantu iedarbību uz cilvēku veselību un apkārtējo vidi, dabīgo konservantu pielietojuma iespējas pēdējos gados tiek pētītas arvien plašāk (pārskats Falleh et al. 2020). Kā dabīgos konservantus var izmantot arī augu ekstraktus un ēteriskās eļļas, kā arī no augiem atsevišķi izdalītas vielas, kas uzrādījušas antimikrobiālu potenciālu (piemēram, cinamaldehyda, timola, mentola saturošas eļļas). Tomēr pašlaik nav līdz galam izvērtēta ēterisko eļļu toksicitāte, lai tās pielietotu augstās koncentrācijās (pārskats Carocho et al. 2014).

2. MATERIĀLI UN METODEDES

2.1. Izmantotie materiāli un iekārtas

2.1.1. Ekstrakti un ēteriskās eļļas

Pētījumā tika izmantoti SIA “Rasa Botanics” (Latvija) ar ultraskaņas metodi iegūtie augu ūdens ekstrakti, filtrēti caur 0.22 μm poru diametra filtriem. Visi augi tika pagatavoti 13% koncentrācijā (w/v). Informācija par augu ekstraktu izmantotajiem augiem apkopota 6. tabulā.

6. tabula

Ekstraktos izmantotie augi un augu daļas.

Table 6

Plants and their parts used in extracts.

Nosaukums latviski	Nosaukums latīniski	Auga daļa
Šaurlapu ugunspuķe	<i>Epilobium angustifolium</i> syn. <i>Chamaenerion angustifolium</i>	ziedi un lapas
Islandes cetrārija	<i>Cetraria islandica</i>	laponis
Parastā irbene	<i>Viburnum opulus</i>	augļi
Purva bērzs	<i>Betula pubescens</i> syn. <i>Betula alba</i>	lapas
Lielā ceļteka	<i>Plantago major</i>	lapas
Lielā strutene	<i>Chelidonium majus</i>	laksti
Ārstniecības kumelīte	<i>Matricaria recutita</i> syn. <i>Chamomila recutita</i>	ziedi
Lielā dzērvene	<i>Vaccinium oxycoccos</i>	augļi
Ārstniecības kliņģerīte	<i>Calendula officinalis</i>	ziedi
Melnais plūškoks	<i>Sambucus nigra</i>	ziedi un augļi

Ēteriskās eļļas iegādātas SIA “Calendula” (Pērnavas ielā 5, Rīga) un SIA “Beauty Technology” (Avotu ielā 3, Rīga) veikalos. Informācija par pētījumā izmantoto ēterisko eļļu izcelsmi, auga daļu un iegūšanas veidu apkopota 7. tabulā.

7. tabula

Pētījumā izmantoto ēterisko eļļu izcelsmes valsts, izmantotā auga daļa un iegūšanas veids.

Table 7

Essential oils used in research and their origin, plant part and mode of extraction.

Nosaukums	Nosaukums latīniski	Izcelsmes valsts	Auga daļa	Iegūšanas veids
Apelsīns	<i>Citrus sinensis</i>	Brazīlija	augļu mizas	auksti spiesta
Sarkanais apelsīns	<i>Citrus sinas sinensis</i>	Brazīlija	augļu mizas	auksti spiesta
Citrons	<i>Citrus limonum</i>	Brazīlija	augļa mizas	auksti spiesta
Laims	<i>Citrus aurantifolia swingle</i>	Meksika	augļu mizas	tvaika destilācija
Mandarīns	<i>Citrus reticulata</i>	Brazīlija	augļu mizas	auksti spiesta
Citronzāle	<i>Cymbopogon flexuosus</i>	Indija	lapas	nav norādīts
Ķīnas kanēļkoks	<i>Cinnamomum cassiae</i>	Ķīna	miza	nav norādīts
Piparmētra	<i>Menthae piperita</i>	Ķīna	lapas	nav norādīts
Melnais pipars	<i>Piper nigrum</i>	Madagaskara	augļi	nav norādīts
Tējaskoks	<i>Melaleuca alternifolia</i>	Austrālija	lapas	tvaika destilācija
4 zagli (kanēļkoks, krustnagliņas, eikalipts, citrons, rozmarīns)	<i>Cinnamomum zeylanicum, Eugenia caryophyllata, Eucalyptus citriodora, Citrus limonum, Rosmarinus officinalis</i>	Lielbritānija	dažādi	nav norādīts

2.1.2. Augļi un dārzeņi

Lai izvēlētos, kurus augļus un dārzeņus izmantot tīrīšanas līdzekļa efektivitātes novērtēšanā, lielveikalā “Rimi” 2021. gada maijā tika iegādāti 8 dažādi augļi un dārzeņi (kas bija pieejami slēgtos vai daļēji slēgtos iepakojumos), apkopojums 8. tabulā.

8. tabula

Veikalā iegādātie augļi un dārzeņi.

Table 8

Fruits and vegetables purchased in shop.

Nosaukums	Izcelsmes valsts	Preču zīme / izplatītājs
Mini plūmju tomāti ‘Angelle’	Spānija	Rimi
Tomātu asorti (bio)	Latvija	Mežvidi
Grill paprika	Nīderlande	Rimi
Āboli ‘Idared’	Polija	nav; izplatītājs: Rimi
Gurķis, gludais garais	Latvija	Mārupe
Vīnogas ‘Crimson Seedless’	Čīle	nav; izplatītājs: Rimi
Gourmet Mix griezto salātu maisījums	Spānija	Rimi
Smalklapu spināti	Zviedrija	Rimi

2.1.3. Mikroorganismu celmi un barotnes

Mikroorganismu celmi iegūti no Latvijas Universitātes Latvijas Mikroorganismu kultūru kolekcijas: *Staphylococcus aureus* LMKK 334, *Escherichia coli* LMKK 332, *Pseudomonas aeruginosa* LMKK 331, *Candida albicans* LMKK 378, *Aspergillus niger* LMKK 324.

Iesala ekstrakta agara barotne (Sigma-Aldrich, ASV) rauga un pelējuma sēņu kultivēšanai, izolācijai un noteikšanai. Sastāv no peptona A (0.78 g/L), maltozes (12.75 g/L), dekstrīna (2.75 g/L), agara (15 g/L).

R2A agara barotne (Biolife, Itālija): heterotrofo organismu kultivēšanai. Sastāv no rauga ekstrakta (0.5 g/L), proteozes peptona (0.5 g/L), kazeīna peptons (0.5 g/L), glikozes (0.5 g/L), šķīstošā cietes (0.5 g/L), kālija difosfāta (0.3 g/L), magnija sulfāta (0.024 g/L), nātrija piruvāta (0.3 g/L), agara (14 g/L).

Iesala ekstrakta šķidrā barotne rauga un pelējuma sēņu kultivēšanai. Gatavota no iesala ekstrakta (SIA “Ilgezem”, Latvija), atšķaidot ar destilēto ūdeni līdz blīvumam $d=1,028$.

Millera-Hintona šķidrā barotne antibakteriālās aktivitātes noteikšanai (Biolife, Itālija). Sastāv no gaļas ekstrakta (3 g/L), kazeīna hidrolizāta (17,5 g/L), šķīstošās cietes (1,5 g/L).

2.1.4. Reaģenti, piederumi un iekārtas

Izmantotie reaģenti: DMSO (100%), nātrija hlorīda šķīdums 0.9%, sterils ūdens, 96% etanols. Izmantotie piederumi un iekārtas apkopoti 9. tabulā.

Komerčiālais tīrīšanas līdzeklis - Nature + technology Fruit & Vegetable wash (Attitude, Kanāda). Sastāvs: kaprililglikozīds, miristilglikozīds, nātrija citrāts, nātrija bikarbonāts, ksantāna sveķi.

Tīrīšanas līdzekļa pagatavošanā tika izmantoti:

- 1) kvilajās ekstrakts pulvera formā (>93.0% sausne, <4% citronskābe, <7.0% zudumi izžūstot) – (*Quillaja saponaria* Molina, Foamation PC QDP Ultra Organic; Ingredon, ASV);
- 2) augu glicerīns (86.5%) (SIA “Calendula”, Latvija);
- 3) Food Grade bezūdens citronskābe (Jungbunzlauer, Šveice);
- 3) jūras sāls.

9. tabula

Pētījumā izmantotie piederumi un iekārtas.

Table 9

Equipment used in research.

Nr.	Piederumi un iekārtas	Nr.	Piederumi un iekārtas
1.	96-lauciņu plates	13.	Stikla mēģenes
2.	Bakterioloģiskās cilpas	14.	Vates kociņi, sterili
3.	Ependorfa mēģenes, sterilas	15.	Automātiskās vienkanāla pipetes Finnpipette (10 μL, 200 μL, 1000 μL)
4.	Lakmusa papīrs	16.	Densitometrs DEN-1B (Biosan, Latvija)
5.	Lineāls	17.	Termostats (BINDER, Vācija) – 37° C
6.	Maisiņi, sterili	18.	Termostats (BINDER, Vācija) – 25° C
7.	Metāla cilindrs (d=7 mm)	19.	Laminārās plūsmas skapis
8.	Petri plates, sterilas (90 mm)	20.	Ledusskapis
9.	Pipešu uzgaļi	21.	Mehāniskie laboratorijas svāri „SARTORIUS”
10.	Preparējamā adata	22.	Mikroskops
11.	Priekšmetstikliņi	23.	Maisītājs Micro-Spin (Biosan, Latvija)
12.	Spirta lampiņa		

2.2. Izmantotās metodes

2.2.1. Agara difūzijas metode antimikrobiālās aktivitātes novērtēšanai

Lai izvēlētos potentākos augu ekstraktus un ēteriskās eļļas padziļinātiem pētījumiem, tika izvēlēta agara bedrīšu difūzijas metode (Perez et al. 1990). Šī metode darba ietvaros tika izmantota vairākkārt. Sākotnēji, lai novērtētu tīru augu ekstraktu un atšķaidītu ēterisko eļļu antimikrobiālo aktivitāti, kā arī darba noslēgumā, lai pārbaudītu iespējamo tīrīšanas līdzekļu antimikrobiālo aktivitāti, netieši novērtējot potenciālo mikrobioloģisko stabilitāti produkta uzglabāšanas laikā.

Šīs metodes ietvaros, pētot augu ekstraktu un ēterisko eļļu antimikrobiālo potenciālu, tika izlaists posms, ievietojot inokulētās plates pie 4° C uz vismaz stundu, jo, lai arī tas veicinātu vielu difūziju pa agara matriksu un palēninātu mikroorganismu augšanu, daļa pētāmo vielu pie tik zemas temperatūras var izgulsnēties un neuzrādīt savu potenciālu (Martini and Eloff 1998 cit. pēc Valgas et al. 2007). Savukārt tīrīšanas līdzekļa antimikrobiālās efektivitātes novērtēšanas testā šis solis tika veikts, jo papildus pievienotajām vielām, kā kvillaja ekstraktam, kas ir arī dabisks emulgators (Reichert et al. 2018), vajadzētu uzlabot vielu šķīdību.

Darba etapi:

1. Tika sagatavota 1 – 2 (*S. aureus*, *E. coli*, *P. aeruginosa*) vai 2 – 3 (*C. albicans*, *A. niger*) diennaktis veca mikroorganismu suspensija sterilā fizioloģiskajā šķīdumā, tās blīvums tika noteikts ar densitometru 0.45 – 0.65 McFarlanda vienībās.

2. Sagatavotā suspensija tika vienmērīgi izkliedēta pa Petrī plates agarizēto barotnes virsmu (baktērijām - R2A agars, sēnēm - iesala ekstrakta agars), lieko suspensiju atsūcot ar pipeti.

3. Kad barotnes virsma nožuvusi (~5 min), ar sterilu metāla cilindru (d=7 mm) agarā tika izveidotas apaļas bedrītes.

4. Katrā bedrītē tika iepildīts 70 µL pētāmā šķidruma.

5. Petrī plates tika inkubētas pie 37° C (*S. aureus*, *E. coli*, *P. aeruginosa*, *C. albicans*) 1 – 2 dienas vai 25° C (*A. niger*) 2 – 3 dienas.

6. Rezultāti tika nolasīti, mērot inhibīcijas zonas diametru, kas parādās kā sterila zona ap bedrīti.

Eksperimenti tika veikti divos atkārtojumos.

2.2.2. Minimālās inhibējošās un minimālās baktericīdās vai fungicīdās koncentrācijas noteikšana

1. 96-lauciņu platēs tika iepildīts 100 μL Millera-Hintona (baktērijām) un iesala ekstrakta (sēnēm) šķidrās barotnes.

2. Lauciņā tika iepildīts 100 μL pētāmā komponenta, kas rūpīgi tika samaisīts ar barotni un 100 μL tika pārņemts nākamajā lauciņā, iegūstot 2x atšķaidījumu. No pēdējā lauciņa tika izņemti 100 μL , lai visos lauciņos būtu vienāds tilpums.

3. Tika sagatavota mikroorganismu suspensija kā agara difūzijas metodē, to atšķaida 100x, lai iegūtu $\sim 10^6$ kvv/mL (kvv – kolonijveidojošo vienību skaits). 100 μL baktēriju suspensijas pievieno lauciņos.

4. Kā pozitīvo kontroli izmantoja lauciņus ar barotni un mikroorganismu suspensiju, kā negatīvo kontroli izmantoja lauciņus tikai ar barotni. DMSO ietekmes novērtēšanai (ēterisko eļļu gadījumā) tika sagatavoti lauciņi ar barotni un gala koncentrāciju 12.5% DMSO.

5. Par minimālo inhibējošo koncentrāciju (MIC) tika uzskatīta mazākā ekstrakta vai ēteriskās eļļas koncentrācija, kas, vizuāli novērtējot lauciņus (krāsa, nogulsnes, caurspīdīgums), kavēja mikroorganismu augšanu. Ja rezultātu nolasīšana tika apgrūtināta pētāmā šķidruma krāsas vai konsistences dēļ, tika veikts uzsējums, kā aprakstīts zemāk.

6. Par minimālo baktericīdo / fungicīdo koncentrāciju (MBC/MFC) tika uzskatīta mazākā ekstrakta vai ēteriskās eļļas koncentrācija, kas pilnībā kavēja mikroorganismu augšanu. To noteica, uzsējot uz Petri platēm 4 μL no lauciņos esošajiem šķidrumiem un pēc inkubācijas novērtējot, vai ir izaugušas mikroorganismu kolonijas.

7. Rezultāts tika izteikts % (v/v).

Eksperimenti tika veikti divos atkārtojumos.

2.2.3. Tīrīšanas līdzekļu pagatavošana

Pamatojoties uz iepriekš iegūtajiem rezultātiem, tika pagatavoti 9 iespējamie tīrīšanas līdzekļu sastāvi, kas apkopoti 10. tabulā. Visos sastāvos kopējās sastāvdaļas ar vienādu koncentrāciju bija destilēts ūdens, kvilajais ekstrakts (0.5%, v/v), jūras sāls (1.5% v/v), glicerīns (1% v/v). pH tika mērīts ar lakmusa papīru un regulēts ar citronskābi, lai sasniegtu $\text{pH} = \sim 5$, kas ir ādas normāls pH.

Dažādi tīrīšanas līdzekļu sastāvu varianti.

Various formulations of cleaners.

Sastāva nosaukums	Atšķirīgās sastāvdaļas
A	ugunspuķes ekstrakts (4%), kanēļa ēteriskā eļļa (1%)
B	ugunspuķes ekstrakts (4%), citronzāles (0.7%) un piparmētru (0.3%) ēteriskās eļļas
C	ugunspuķes ekstrakts (4%), 4 zagļu ēteriskā eļļa (1%)
D	ugunspuķes ekstrakts (4%), bērza lapu ekstrakts (4%), kanēļa ēteriskā eļļa (1%)
E	ugunspuķes ekstrakts (4%), bērza lapu ekstrakts (4%), citronzāles (0.7%) un piparmētru (0.3%) ēteriskās eļļas
F	ugunspuķes ekstrakts (4%), bērza lapu ekstrakts (4%), 4 zagļu ēteriskā eļļa (1%)
G	kanēļa ēteriskā eļļa (1%)
H	Citronzāles (0.7%) un piparmētru ēteriskās (0.3%) eļļas
I	4 zagļu ēteriskā eļļa (1%)

2.2.4. Noslaucījumu uzsējumi no augļu un dārzeņu virsmas

1. Ar sterilā ūdenī samitrinātu vates kociņu tika noņemts noslaucījums no augļa virsmas (~2 cm²), ko tālāk ievietoja ependorfa mēģenē ar sterilu ūdeni.

2. Ependorfi tika vorteksēti un uz Petrī platēm ar R2A un iesala ekstrakta agara barotnēm tika uzsēti 40 μL noslaucījuma šķidrums.

3. Agara plates inkubēja 5 dienas pie 37°C (R2A) vai 25°C (iesala ekstrakta).

4. Izaugušās mikroorganismu kolonijas tika tālāk analizētas un pēc iespējas identificētas, pagatavojot natīvos preparātus ar pilienu sterila ūdens uz priekšmetstikliņa un novērtējot mikroskopiski.

Ekspiments tika veikts divos atkārtojumos.

2.2.6. Tīrīšanas līdzekļu efektivitātes noteikšana

1. Izvēlēto augļu un dārzeņu virsmas noslaucījumi tika veikti, kā aprakstīts iepriekš.
2. Auglis / dārzeņis tika ievietots sterilā maisiņā un apsmidzināts ar 1 mL izveidoto tīrīšanas līdzekli / sterilu ūdeni / komerciāli pieejamu līdzekli.
3. Ar rokām caur maisiņu līdzeklis tika izberzēts pa augļa / dārzeņa virsmu 30 sekundes.
4. Maisiņā tika pievienoti 2 mL sterila ūdens, lai iegūtu noskalojumu, no kura 40 μ L tika uzsēti uz Petrī platēm ar R2A un iesala agara barotnēm, un 5 dienas inkubēti pie 37° C.
5. Augļiem ļāva dabīgi nožūt uz sterilas virsmas un tad atkārtoti tika paņemti noslaucījumi (~2 cm²), ko uzsēja kā iepriekš aprakstīts.
6. Izaugušās mikroorganismu kolonijas tika tālāk analizētas un pēc iespējas identificētas natīvā preparātā.
7. Mikroorganismu koloniju daudzums, kas izauga uz barotnēm, tika vizuāli novērtēts skalā no 1 – 3, kur 1 – maz, 2 – vidēji daudz, 3 – daudz. Tālāk izteikts ar koeficientu Kb (Koeficients, baktēriju - R2A agara Petri platei) un Ks (Koeficients, sēņu - iesala ekstrakta agara platei), kas ir vidējais aritmētiskais (atsevišķo vērtējumu summa tiek dalīta ar atkārtojumu skaitu).
Eksperiments tika veikts trīs atkārtojumos ar duplikātiem, lai samazinātu cilvēcisko faktoru, izmantojot atšķirīgu piespiediena spēku un laiku, tīrot augļus / dārzeņus.

3. REZULTĀTI UN DISKUSIJA

3.1. Ar agara difūzijas metodi novērtētā ekstraktu un ēterisko antimikrobiālā aktivitāte

Tika noteikta 10 dažādu augu ekstraktu un 11 dažādu ēterisko eļļu antimikrobiālā aktivitāte pret izvēlētajiem mikroorganismiem.

Tika konstatēts, ka ugunspuķes ekstrakts ar šo metodi uzrāda visplašākā spektra antimikrobiālo aktivitāti pret trim mikroorganismiem: *S. aureus* (inhibīcijas zona 15 mm), *P. aeruginosa* (9 – 13 mm) un *E. coli* (9 mm). Irbenes, bērza un kumelītes ekstrakti bija efektīvi pret *S. aureus* (10 mm). Islandes ķērpja ekstrakts bija efektīvs pret *A. niger*. Pret *C. albicans* efektīvs nebija neviens no ekstraktiem. Pārējie ekstrakti (ceļteka, strutene, dzērvene un kliņģerīte) neuzrādīja antimikrobiālo aktivitāti pret nevienu no testētajiem mikroorganismiem. Rezultāti apkopoti 11. tabulā.

11. tabula

Augu ekstraktu antimikrobiālā aktivitāte, izteikta kā inhibīcijas zona (mm).

Table 11

Antimicrobial activity of plant extracts, measured in inhibition zone (mm).

Augu ekstrakts	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>P. aeruginosa</i>	<i>A. niger</i>	<i>C. albicans</i>
Ugunspuķe	15,0 ± 0,0	9,0 ± 0,0	11,0 ± 2,0	-	-
Islandes ķērpis	*	-	-	*	-
Irbene	10,0 ± 0,0	-	-	-	-
Bērzs	*	-	-	-	-
Ceļteka	-	-	-	-	-
Strutene	-	-	-	-	-
Kumelīte	*	-	-	-	-
Dzērvene	-	-	-	-	-
Kliņģerīte	-	-	-	-	-
Plūškoks	-	-	-	-	-

* - norāda uz daļēju inhibīciju ar miglainu, bet ne sterilu zonu; - - antimikrobiālā aktivitāte netika novērota

Ēteriskās eļļas sākotnēji tika atšķaidītas sterilā ūdenī, iegūstot 10% koncentrācijas. Rezultātā neviena no ēteriskajām eļļām neuzrādīja antimikrobiālo aktivitāti pret nevienu no pētāmajiem mikroorganismiem, izņemot melno piparu eļļu, kas vienā no atkārtojumiem pret *S. aureus* uzrādīja

inhibīcijas zonu 15 mm. Eksperiments tika atkārtots ar ēteriskajām eļļām, kas atšķaidītas ar DMSO (rezultāti apkopoti 12. tabulā), jo ēteriskās eļļas ir hidrofobas un viskozas, un ar ūdeni nesajaucas. DMSO tiek uzskatīts par “universālu šķīdinātāju”, kas spēj izšķīdināt gan polārus, gan nepolārus savienojumus (Golus et al. 2016).

12. tabula

Ēterisko eļļu antimikrobiālā aktivitāte, izteikta kā inhibīcijas zona (mm).

Table 12

Animicrobial activity of essential oils, measured in inhibition zone (mm)

Ēteriskā eļļa ar DMSO (5%)	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>P. aeruginosa</i>	<i>A. niger</i>	<i>C. albicans</i>
Laims	-	-	-	-	-
Melnie pipari	-	-	-	-	-
4 zagļi	-	11,0 ± 0,0	-	21,0 ± 2,0	#
Piparmētra	-	9,0 ± 0,0	-	#	#
Kanēlis	29,0 ± 2,0	27,0 ± 2,0	11,0 ± 0,0	#	#
Sarkanais apelsīns	-	-	-	#	#
Mandarīns	-	-	-	23,0 ± 2,0	23,0 ± 2,0
Citrons	-	-	-	-	9,0 ± 0,0
Citronzāle	-	9,0 ± 0,0	-	-	-
Apelsīns	-	-	-	-	9,0 ± 0,0
Tējaskoks	-	-	-	-	-

- apšaubāms rezultāts; - - antimikrobiālā aktivitāte netika novērota

Pret *C. albicans* četru ēterisko eļļu (4 zagļu, piparmētras, kanēļa un sarkanā apelsīna) un pret *A. niger* trīs ēterisko eļļu (piparmētras, kanēļa un sarkanā apelsīna) rezultāti bija apšaubāmi, jo platēs nekonstatēja mikroorganismu augšanu iespējamās izsēšanas kļūdas dēļ vai arī ēterisko eļļu lielās aktivitātes dēļ. Tika pieņemts lēmums eksperimentu neatkārtot, bet tā vietā veikt MIC/MBC novērtēšanu tālākos eksperimentos, pamatojoties uz šīs apakšnodaļas beigās minētajiem apsvērumiem.

Ēteriskās eļļas uzrādīja plaša spektra iedarbību pret visiem pieciem pētītajiem mikroorganismiem. Visplašākā iedarbība tika novērota kanēlim, kas uzrādīja aktivitāti pret vismaz trim mikroorganismiem (*S. aureus*, *E. coli* un *P. aeruginosa*). Četras no 11 ēteriskajām eļļām (4

zagļi, piparmētra, kanēlis un citronzāle) uzrādīja aktivitāti pret *E. coli*, bet tikai viena ēteriskā eļļa (iepriekš minētais kanēlis) uzrādīja aktivitāti pret *S. aureus* un *P. aeruginosa*. Pret *A. niger* efektīvas bija vismaz divas ēteriskās eļļas (4 zagļu un mandarīnu), bet vismaz 3 ēteriskās eļļas (mandarīnu, citrona un apelsīna) bija efektīvas pret *C. albicans*.

Ugunspuķes efektivitāte pret *S. aureus*, *E. coli* un *P. aeruginosa* ir atrodama arī citos pētījumos (Battineli et al. 2001, Bartfay et al. 2012, Rauha et al. 2000), bet bija sagaidāma arī aktivitāte pret *C. albicans* (Battineli et al. 2001), tomēr tas daļēji saskan ar Rauha et al. (2000) pētījumu, kurā ugunspuķe uzrādīja ļoti nelielu antimikrobiālo aktivitāti pret *C. albicans*. Tā kā bioloģiski aktīvo vielu, tai skaitā ar antimikrobiālu darbību, daudzums ievērojami atšķiras no auga uz augu (Menon and Padmakumari 2005; Hosni et al. 2010), tad ir iespējams nenovērot aktivitāti pret šo mikroorganismu. Pēc literatūras datiem *A. niger* ir rezistents pret ugunspuķes ekstraktu (Rauha et al. 2000), kas sakrīt ar šī darba ietvaros iegūto rezultātu.

Pētījumos ar irbenes metanola (Sagdic et al. 2006) un etanola (Česonienė et al. 2014) ekstraktiem tika novērota aktivitāte pret *S. aureus*, kas sakrīt ar šī pētījuma rezultātiem. Tomēr tika sagaidīts, ka irbene būs efektīva arī pret *E. coli* un *P. aeruginosa*, kā tas tika konstatēts augstākminētajos pētījumos.

Ēterisko eļļu ūdens atšķaidījumos melnā pipara eļļa vienā no atkārtojumiem uzrādīja inhibīcijas zonu, ko varētu skaidrot ar to, ka ēterisko eļļu gaistošie savienojumi ir iedarbojušies uz agara plates virsmu papildus savai darbībai difūzijas ceļā (Bouddine et al. 2012 cit. pēc Kumar et al. 2017). Šāds rezultāts tika novērots tikai vienā atkārtojumā, ko varētu skaidrot ar to, ka starp ienestajiem paraugiem var būt atšķirības ēteriskās eļļas un ūdens attiecībā, jo ēteriskā eļļa ar ūdeni nesajaucās viendabīgā maisījumā. Ja tiktu turpināti eksperimenti ar ēteriskajām eļļām, izmantojot agara difūzijas metodi, būtu nepieciešams eksperimentu atkārtot vismaz trīs reizes.

DMSO atšķaidīto ēterisko eļļu vājā ietekme pret *S. aureus* saskan ar citiem pētījumiem, ka ēteriskās eļļas ir efektīvākas pret raugiem, nevis baktērijām (Hammerschmidt et al. 1993, Hili et al. 1997).

Rezultāti daļēji sakrīt ar literatūras datiem. Tas skaidrojams ar to, ka šīs metodes rezultāti ir atkarīgi no daudziem faktoriem: bedrītē pievienotā pētāmā šķidrums daudzuma, mikroorganismu suspensijas blīvuma, difūzijas fāzes ilguma un temperatūras pirms inkubācijas, agara barotnes biežuma, barotnes sastāva, inkubācijas temperatūras u.c. (pārskats Eloff 2019). Lai rezultātus būtu iespējams salīdzināt ar citu pētījumu rezultātiem, būtu jāņem vērā visi šie faktori, kas ir praktiski neiespējami.

Jāņem vērā arī fizioloģiskās īpašības. Tā kā agars satur ūdeni, kas ir polārs savienojums, nepolārie savienojumi nespēj pa to pārvietoties tik labi, cik polārie savienojumi. Daudzos gadījumos savienojumi ar vislielāko antimikrobiālo aktivitāti ir tieši nepolāri. Agara difūzijas metode ir piemērota pētījumiem ar atsevišķām vielām ar zināmu polaritāti, bet ne augu ekstraktiem un ēteriskajām eļļām, kas satur plaša spektra bioloģiski aktīvas vielas ar dažādām polaritātēm (pārskats Eloff 2019). Turklāt ēteriskās eļļas ir ne tikai hidrofobas, bet satur arī gaistošus savienojumus, kas var izgarot inkubācijas laikā (Tan and Lim 2015 cit pēc. Golus et al. 2016), kā rezultātā nav iespējams novērtēt visu ēterisko eļļu antimikrobiālās aktivitātes potenciālu.

Diska difūzijas metode arī nebūtu bijusi piemērota, jo diskiem izmantotais filtra papīrs satur celulozi, kura hidroksilgrupas padara diska virsmu hidrofīlu. Tādējādi, ja pētāmie augu šķīdumi būtu katjoniski, tie uzkrātos uz disku virsmas un nepārvietotos pa agara matricu, un neuzrādītu iespējamo antimikrobiālo potenciālu (Burgess et al. 1999 cit. pēc Valgas et al. 2007).

3.2. MIC un MBC / MFC

Pamatojoties uz 3.1. apakšnodaļā minēto par metodes nepilnībām, tika veikti papildus eksperimenti ar šķidro barotni MIC un MBC/MFC noteikšanai visiem 10 ekstraktiem un 11 ēteriskajām eļļām. Augstākā testētā ekstraktu koncentrācija bija 3.25%. Rezultāti apkopoti 13. tabulā.

Pret *S. aureus* aktivitāti uzrādīja ugunspuķes (MIC 0.20%, MBC 0.41%), bērza (MIC 1.63%, MBC 3.25%) dzērvenes un irbenes (MIC 3.25%) ekstrakti. Pret *P. aeruginosa* aktīvi bija ugunspuķes un dzērvenes (3.25%) ekstrakti. Pret *C. albicans* iedarbojās ugunspuķes, bērza, ceļmallapas, kumelītes un plūškoka (MIC 3.25%) ekstrakti. Pret *E. coli* un *A. niger* aktīvs nebija neviens no ekstraktiem. Rezultātu nolasīšana MIC vērtībai apgrūtināja tas, ka ekstrakti bija krāsaini un duļķaini, līdz ar to, iespējams, kāds no ekstraktiem uzrādīja antimikrobiālo aktivitāti, bet to vizuāli nebija iespējams noteikt. Līdz ar to lielākā uzmanība tika pievērsta MBC/MFC vērtībai, kuru bija iespējams apstiprināt ar uzsēšanas metodi.

13. tabula

Ekstraktu MIC un MBC / MFC (% , v/v). Augstākā testētā augu ekstraktu koncentrācija bija 3.25% (v/v). Rezultāts tika aprēķināts kā vidējā vērtība no diviem atkārtojumiem. Ekstraktu MIC un MBC / MFC, kas neuzrādīja antimikrobiālo aktivitāti, ir apzīmētas ar >3.25. Iezīmēti varianti, kuros konstatēta antimikrobiālā aktivitāte.

Table 13

MIC and MBC / MFC of extracts (% , v/v). The highest tested plant extracts concentration was 3.25% (v/v). The result was calculated as an average between two replicates. MIC and MBC / MFC without antimicrobial activity are shown as >3.25. The samples with antimicrobial activity are marked.

Augu ekstrakts	<i>S. aureus</i>		<i>E. coli</i>		<i>P. aeruginosa</i>		<i>A. niger</i>		<i>C. albicans</i>	
	MIC	MBC	MIC	MBC	MIC	MBC	MIC	MFC	MIC	MFC
Ugunspuķe	0.20	0.41	>3.25	>3.25	3.25	>3.25	>3.25	>3.25	3.25	>3.25
Islandes ķērpis	>3.25	>3.25	>3.25	>3.25	>3.25	>3.25	>3.25	>3.25	>3.25	>3.25
Irbene	3.25	>3.25	>3.25	>3.25	>3.25	>3.25	>3.25	>3.25	>3.25	>3.25
Bērzs	1.63	3.25	>3.25	>3.25	>3.25	>3.25	>3.25	>3.25	3.25	>3.25
Ceļteka	>3.25	>3.25	>3.25	>3.25	>3.25	>3.25	>3.25	>3.25	3.25	>3.25
Strutene	>3.25	>3.25	>3.25	>3.25	>3.25	>3.25	>3.25	>3.25	>3.25	>3.25
Kumelīte	>3.25	>3.25	>3.25	>3.25	>3.25	>3.25	>3.25	>3.25	3.25	>3.25
Dzērvēne	3.25	>3.25	>3.25	>3.25	3.25	>3.25	>3.25	>3.25	>3.25	>3.25
Kliņģerīte	>3.25	>3.25	>3.25	>3.25	>3.25	>3.25	>3.25	>3.25	>3.25	>3.25
Plūškoks	>3.25	>3.25	>3.25	>3.25	>3.25	>3.25	>3.25	>3.25	3.25	>3.25

Augstākā testētā ēterisko eļļu koncentrācija bija 12.5% (v/v) un maksimālā šķīdinātāja (DMSO) koncentrācija arī bija 12.5%. Šķīdinātājs augstākajā koncentrācijā neuzrādīja nekādu antimikrobiālu aktivitāti pret nevienu no pētītajiem mikroorganismiem. Visspēcīgāko antimikrobiālo iedarbību ēteriskās eļļas uzrādīja pret *C. albicans* (MIC 0.012 – 0.39%; MFC 0.012 – 0.78%), bet visvājāko – pret *P. aeruginosa* (MIC 1.56 – 6.25%; MBC – 3.13 – 6.25%).

Pret *S. aureus* visefektīvākās bija 4 zagļu (MIC - 0.006%, MBC – 0.013%) > kanēļa (MIC/MBC - 0.013%) > citronzāles (MIC – 0.013%; MBC – 0.025%) > piparmētras un tējaskoka (MIC - 0.2%; MBC – 0.39%) ēteriskās eļļas. Pret *E. coli* vislielāko antimikrobiālo aktivitāti uzrādīja kanēļa (MIC/MBC - 0.013%) > piparmētras (MIC – 0.05%; MBC – 0.1%) > 4 zagļu (MIC/MBC – 0.39%) > citronzāles (MIC – 0.39%; MBC – 0.78%) ēteriskās eļļas. Pret *P. aeruginosa* tikai kanēļa ēteriskā eļļa uzrādīja aktivitāti zem 2% (MIC – 1.56%), pārējām ēteriskajām eļļām MIC un MBC bija virs 3%.

Pret *A. niger* visas ēteriskās eļļas MIC uzrādīja zem 1% koncentrācijas. Vienādu aktivitāti uzrādīja jau iepriekš izceltās ēteriskās eļļas: 4 zagļu, piparmētras, kanēļa un citronzāles ar MIC/MFC – 0.006%. Visvājāko aktivitāti uzrādīja melno piparu ēteriskā eļļa (MIC – 0.78%, MFC – 1.56%). Savukārt pret *C. albicans*, līdztekus 4 zagļu, piparmētras un kanēļa ēteriskajām eļļām, vislielāko efektu uzrādīja arī mandarīna ēteriskā eļļa (MIC/MFC – 0.012%). Citronzāles ēteriskajai eļļai arī bija laba aktivitāte (MIC/MFC – 0.025%). Vismazākā aktivitāte bija tējaskoka eļļai (MIC – 0.39%; MFC – 0.78%). Apkopojums apskatāms 14. tabulā.

14. tabula

Ēterisko eļļu MIC un MBC / MFC (% , v/v). Augstākā testētā ēterisko eļļu koncentrācija bija 12.5% (v/v). Rezultāts tika aprēķināts kā vidējā vērtība no diviem atkārtojumiem. Iezīmētas ēteriskās eļļas, kas uzrādīja vislielāko antimikrobiālo aktivitāti.

Table 14

MIC and MBC / MFC of essential oils (% , v/v). The highest tested essential oil concentration was 12.5% (v/v). The result was calculated as an average between two replicates. The essential oils with the highest antimicrobial activity are marked.

Ēteriskā eļļa ar	<i>S. aureus</i>		<i>E. coli</i>		<i>P. aeruginosa</i>		<i>A. niger</i>		<i>C. albicans</i>	
	MIC	MBC	MIC	MBC	MIC	MBC	MIC	MFC	MIC	MFC
Laims	0.78	0.78	3.13	3.13	3.13	6.25	0.39	0.78	0.20	0.39
Melnie pipari	0.39	0.78	3.13	3.13	6.25	6.25	0.78	1.56	0.10	0.20
4 zagļi	0.006	0.013	0.39	0.39	3.13	6.25	0.006	0.006	0.012	0.012
Piparmētra	0.2	0.39	0.05	0.1	6.25	6.25	0.006	0.006	0.012	0.012
Kanēlis	0.013	0.013	0.013	0.013	1.56	3.13	0.006	0.006	0.012	0.012
Sark. apelsīns	0.39	0.78	3.13	6.25	3.13	3.13	0.012	0.012	0.10	0.20
Mandarīns	0.78	0.78	3.13	3.13	6.25	6.25	0.05	0.10	0.012	0.012
Citrons	0.39	0.78	6.25	6.25	6.25	6.25	0.024	0.024	0.10	0.20
Citronzāle	0.013	0.025	0.39	0.78	3.13	6.25	0.006	0.006	0.025	0.025
Apelsīns	0.39	0.78	3.13	3.13	6.25	6.25	0.05	0.10	0.025	0.05
Tējaskoks	0.2	0.39	1.56	3.13	3.13	6.25	0.024	0.05	0.39	0.78

Melnā pipara ēteriskajai eļļai MIC/MBC antimikrobiālais efekts bija vājāks, nekā lielākai daļai citu ēterisko eļļu, bet agara difūzijas metodē ūdens ēterisko eļļu atšķaidījumiem tikai melnais pipars uzrādīja inhibīcijas zonu. Šādu pašu rezultātu ieguva arī Kumar et al. (2017), kur melnā pipara eļļa agara difūzijas metodē uzrādīja antimikrobiālu iedarbību pret *A. niger*, bet šķidrās barotnes eksperimentos (MIC noteikšanai) efektu nenovēroja. Kā jau iepriekš tika minēts, to

skaidroja ar to, ka ēterisko eļļu gaistošie savienojumi ir iedarbojušies uz agara plates virsmu papildus savai darbībai difūzijas ceļā, bet papildinot - atšķaidījumu metodē, kur tiek izmantota šķidrā barotne, ir iespējama tikai kontakta toksicitāte (Bouddine et al. 2012 cit. pēc Kumar et al. 2017).

Ievērojamās MIC / MBC vērtību atšķirības starp dažādiem pētījumiem ir iespējamās dažādu iemeslu dēļ. Pirmkārt, tās ir izmantotās dažādās jutības aktivitātes noteikšanas metodes un atšķirīgās definīcijas par antimikrobiālo aktivitāti. Liela daļa pētījumu fokusējas uz nelielu skaitu ēterisko eļļu aktivitāti pret vienu vai vairāk mikroorganismiem (Cox et al. 2000; Adukwu et al. 2016 u.c.), bet tikai dažās publikācijās ir novērtēta daudzu ēterisko eļļu antimikrobiālā aktivitāte, izmantojot vienu metodi (Thielmann et al. 2019; Pawar and Thaker 2006; Hammer et al. 1999; Seenivasan et al. 2006; Golus et al. 2016).

Kā jau minēts iepriekš, ēteriskās eļļas ir hidrofobas un, izmantojot šķidro barotni vai nepiemērotu šķīdinātāju, iespējama ūdens – eļļas fāžu veidošanās, kā rezultātā nav iespējams novērtēt pilnīgu antimikrobiālo aktivitāti, jo baktērijām ir lielāka iespēja “izbēgt” no ēterisko eļļu iedarbības (Golus et al. 2016). Ir pierādīts, ka DMSO samazina dažu ēterisko eļļu antimikrobiālās aktivitātes potenciālu šķidrās barotnes atšķaidījumu pētījumos. To skaidro ar eļļas nostāšanos starp ūdens fāzi un DMSO, attālinot eļļu no iedarbības uz mikroorganismu šūnām. Kad netiek izmantots DMSO, eļļa spēj izšķīst mikroorganisma lipīdu membrānā, kur var efektīvāk ietekmēt šūnas metabolismu un līdz ar to veicināt mikroorganisma bojāeju (Hili et al. 1997). Otrkārt, ir novērotas ievērojamas atšķirības arī starp dažādu ražotāju vienu un to pašu augu ēterisko eļļu iedarbību uz mikroorganismiem (Thielmann et al. 2019), kas apgrūtinā daudzu publikāciju salīdzināšanu savā starpā. Šīs atšķirības var veidoties gan no ražotāja ekstraktu un ēteriskās eļļas iegūšanas veida, gan arī auga ģints, sugas, augšanas apstākļiem, auga ievākšanas laika, uzglabāšanas apstākļiem un citiem iemesliem (Menon and Padmakumari 2005; Hosni et al. 2010).

Ekstraktu gadījumā nozīmīgs ir šķīdinātājs, jo daudzos gadījumos ir pierādīts, ka vielas ar augstāko antimikrobiālo potenciālu ir tieši nepolāriem savienojumiem, un tādi polāri šķīdinātāji kā ūdens, kas izmantots arī šī darba ietvaros pētāmo ekstraktu iegūšanā, nespēj no augiem izdalīt antimikrobiālas vielas pietiekami lielā koncentrācijā (pārskats Eloff et al. 2019). To pierāda arī pētījumi, kur izmantotas dažādas viena ekstrakta iegūšanas metodes, izmantojot atšķirīgus šķīdinātājus, norādot uz ūdens ekstraktu trūkumiem antimikrobiālās aktivitātes novērtēšanai (Eloff 1998; Shariffa et al. 2008). Ar to varētu izskaidrot, kāpēc nevienā no eksperimentiem strutenes lakstu un klinģerītes ziedu ekstrakti neuzrādīja antimikrobiālo aktivitāti pret nevienu no mikroorganismiem.

Pastāv arī sinerģiska un antagoniska iedarbība starp dažādajām augu ekstraktu un ēterisko eļļu sastāvā esošajām vielām (Huang et al. 2021). Līdz ar to, lai būtu labāk iespējams salīdzināt datus, būtu nepieciešams identificēt bioloģiski aktīvās vielas un to koncentrāciju ēteriskajā eļļā. Šī darba ietvaros tas netika veikts, jo tas nebija nozīmīgi darbā uzstādītajam mērķim, izstrādājot augļu un dārzeņu tīrīšanas līdzekli.

Lai būtu iespējams novērtēt augu ekstraktu antimikrobiālo potenciālu precīzāk, pētījums jāturpina, izmantojot augu ekstraktus, kas iegūti ar etanolu, metanolu vai acetonu, jo, piemēram, acetonā izšķīst daudzi hidrofilī un lipofīli savienojumi, tas labi sajaucas ar ūdeni, ir gaistošs, tam ir zema toksicitāte (Eloff 1998). Tāpat turpmākajiem pētījumiem jāizmanto kāda modificēta metode, piemēram, Golus et al. (2016) ieteiktā atšķaidījumu metode 96-lauciņu platēs, šķidrajai barotnei pievienojot augu ekstraktus un ēteriskās eļļas, kas sajauktas ar agaru, lai nepieļautu nostāšanos ūdens/eļļas fāzēm un neļautu izgarot gaistošajiem savienojumiem.

3.3. Augļu noslaucījumu rezultāti

Uz augļiem un dārzeņiem bija sastopamas gan baktērijas, gan dažādas sēnes. Apkopojums apskatāms 15. tabulā.

No baktērijām visizplatītākie bija dažādi koki, *Bacillus* spp. un citas nūjiņveida baktērijas, *Pseudomonas* spp. No sēnēm izplatītākās bija *Penicillium* spp., rauga sēnes un *Alternaria* spp. No mikroorganismiem vistīrākais produkts bija vīnogas, kur netika atrasta neviena sēne, tikai koki un *Bacillus* spp. Ļoti daudz mikroorganismu tika atrasts uz salātiem vakuumā, kam uz iepakojuma rakstīts “mazgāti, gatavi lietošanai”. Salātu maisījumā tika izaudzētas *Bacillus* spp. un citas nūjiņveida baktērijas, nedaudz koki, kā arī *Alternaria* sp. un rauga sēnes. Uz spinātiem arī atradās *Bacillus* spp. un citas nūjiņveida baktērijas, kā arī rauga sēnes, bet atšķirīgas bija citas sēnes – *Cladosporium* spp. un *Mucor* spp. Vislielākā mikroorganismu daudzveidība tika atrasta uz gurķu virsmas, kur tika izaudzēti koki, *Bacillus* spp., dažādas sēnes (*Geotrichum* spp., *Penicillium* spp., *Acremonium* spp. un neidentificēta sēne). Uz paprikas tika atrastas no citiem produktiem atšķirīgas sēnes – *Fusarium* sp. un *Aspergillus* sp. Dažas no atrastajām sēnēm apskatāmas 1. attēlā.

Uz dažādu augļu un dārzeņu virsmas atrastie mikroorganismi.

Table 15

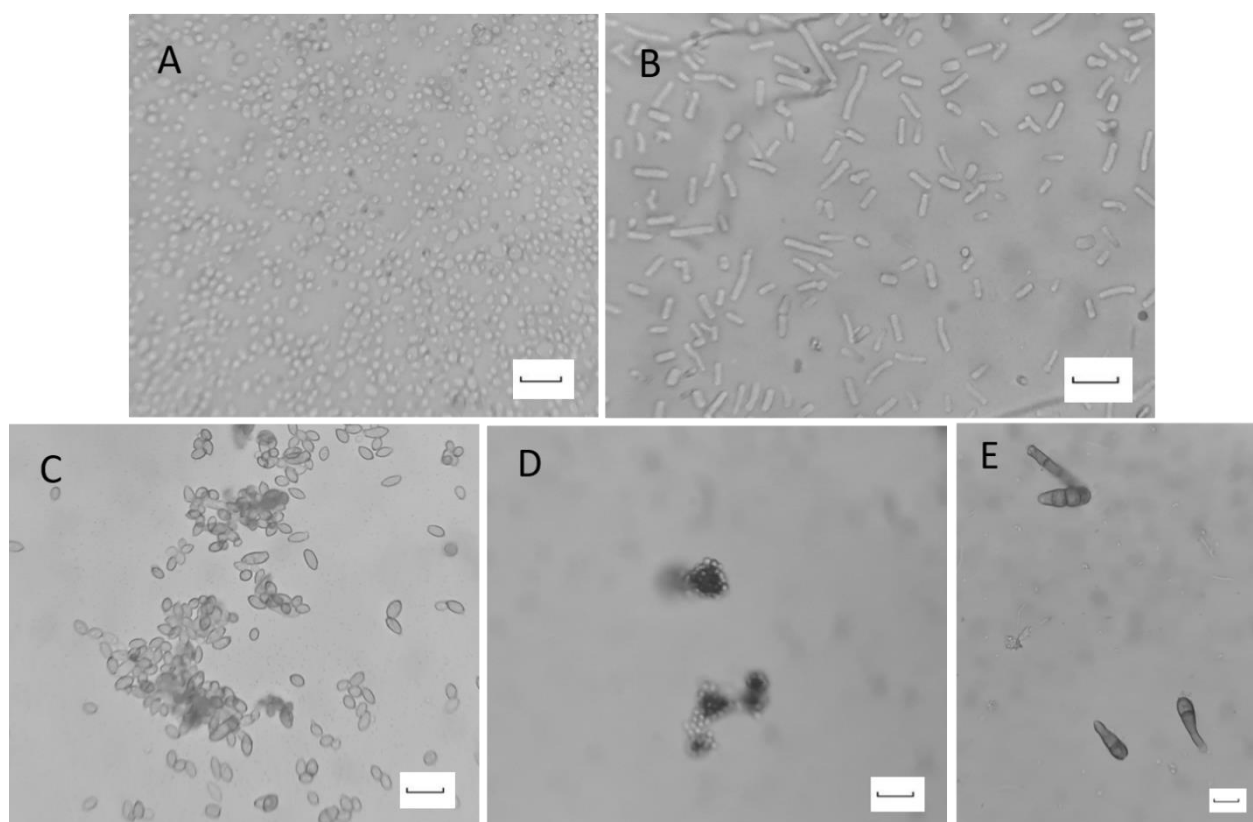
Microorganisms found on fruit and vegetable surfaces.

Produkts	Atrastie mikroorganismi
Plūmju tomāti	<i>Bacillus</i> spp., koki, <i>Penicillium</i> spp., <i>Cladosporium</i> spp.
Tomāti	<i>Pseudomonas</i> spp. un citas nūjiņveida baktērijas, <i>Penicillium</i> spp.
Paprika	<i>Pseudomonas</i> spp., koki, <i>Fusarium</i> spp., <i>Aspergillus</i> spp., <i>Cladosporium</i> spp.
Āboli	<i>Pseudomonas</i> spp. un citas nūjiņveida baktērijas, <i>Alternaria</i> spp., rauga sēnes
Gurķi	Koki, <i>Bacillus</i> spp., <i>Geotrichum</i> spp., <i>Penicillium</i> spp., <i>Acremonium</i> spp., neidentificēta sēne
Vīnogas	Koki, <i>Bacillus</i> spp.
Salātu maisījums	Nedaudz koki, nedaudz <i>Bacillus</i> spp. un citas nūjiņveida baktērijas, <i>Alternaria</i> sp., rauga sēnes
Spināti	<i>Bacillus</i> spp. un citas nūjiņveida baktērijas, <i>Penicillium</i> spp., <i>Cladosporium</i> spp., <i>Mucor</i> spp., rauga sēnes

Gurķa un iepakoto salātu lielā mikroorganismu daudzveidība var būt izskaidrojama ne tikai augšanas apstākļu dēļ, jo aug tuvāk pie zemes un var piesārņoties ar augsnes mikroorganismiem (Leff and Fierer 2013), bet arī savas uzbūves dēļ. Gurķa mizas struktūra ir gluda, bet tai ir ieloces, kur mikroorganismi var spēcīgāk piestiprināties un vairoties (Shade et al. 2013 cit. pēc Abdelfattah et al. 2016). Arī salātu virsma gluda, bet ar daudz ielocēm un atšķirībā no gurķa tiem ir ļoti plašs virsmas laukums, kas saskaras ar ārējo vidi, tai skaitā ar augsnes baktērijām, ūdeni, gaisu, putnu izkārnījumiem u.c. faktoriem (Leff and Fierer 2013).

Vīnogu mazā mikroorganismu daudzveidība nav pārsteidzoša, zinot, ka vīnogas starp augļiem un dārzeņiem ir vispiesārņotākie produkti ar pesticīdatliekvielām (European Food Safety Authority, 2020). Rezultātā ķīmiskās vielas, ar ko apstrādas vīnogas, var būt iedarbojušās uz produkta virsmas esošo mikrobiomu, tomēr zinātniskajā literatūrā ir maz pētījumu, kas apstiprinātu vai noliegtu šo hipotēzi, lai arī ir pierādīts, ka pesticīdi var ietekmēt mikroorganismu dzīvotspēju (Moorman 1989).

Uz produktu virsmu esošās nūjiņas lielā mērā visdrīzāk pieder Enterobacteriaceae dzimtai, jo pēc literatūras datiem tās lielā daudzumā sastopamas gan uz lapu dārzeņiem, gan tomātiem, gan āboliem, gan ogām (Leff and Fierer 2013; Al-Kharousi et al. 2016). Lai arī ir pieejami neskaitāmi pētījumi par augļu un dārzeņu virsmas mikrobiomu, daudzos gadījumos, kā arī šī darba ietvaros, ir veikta mikroorganismu kultivēšana, kas nedod tik precīzus rezultātus par mikrobioma daudzveidību (tai skaitā nespēj noteikt vīrusu klātbūtni), cik tas būtu ar genomiskajām metodēm (Leff and Fierer 2013). Turpmākajos pētījumos būtu jāapsver genomisko metožu pielietojums, lai identificētu uz augļiem un dārzeņiem sastopamos mikroorganismus. Sīkāka izpēte dotu iespēju izveidot plašākas iedarbības tīrīšanas līdzekli, kā arī novērtēt iespējamo patogēnu klātbūtni uz augļu un dārzeņu virsmas.



1. attēls. Uz augļu un dārzeņu virsmas dažādu atrasto mikroorganismu mikroskopijas attēli. A – rauga sēnes, B – *Geotrichum* sp., C – *Cladosporium* sp., D – *Penicillium* sp., E – *Alternaria* sp. Mēroga lineāla izmērs: 10 µm.

3.4. Tīrīšanas līdzekļu antimikrobiālā aktivitāte

Tīrīšanas līdzekļu variantu antimikrobiālā aktivitāte pret *S. aureus*, *E. coli*, *P. aeruginosa* un *C. albicans* apskatāma 16. tabulā. Pārbaudot dažādu tīrīšanas līdzekļu antimikrobiālo aktivitāti, tika konstatēts, ka visi līdzekļi, kuru sastāvā bija kanēļa ēteriskā eļļa, uzrādīja efektivitāti pret visvairāk mikroorganismiem.

Vislielākā iedarbība pret *C. albicans* bija (A) sastāvam: ugunspuķes ekstraktam + kanēļa ēteriskajai eļļai (58 ± 5 mm), bet pievienojot klāt bērzu ekstraktu (D), efekts samazinājās (49 ± 4 mm). Vēl mazāks efekts bija tīrīšanas līdzeklī, kura sastāvā (G) nebija ne ugunspuķes, ne bērza ekstrakti, bet tikai kanēļa eļļa (27 ± 1). Nelielu efektu varēja novērot arī (B) sastāvam: ugunspuķes ekstraktam kombinācijā ar citronzāles/piparmētru ēterisko eļļu (10 ± 1 mm). Tomēr nekādu efektu nenovēroja kombinācijai ugunspuķe + 4 zagļu ēteriskā eļļa (C), ugunspuķe + bērzs + citronzāles/piparmētras ēteriskā eļļa (E), ugunspuķe + bērzs + 4 zagļu ēteriskā eļļa (F), citronzāles/piparmētras ēteriskajai eļļai (H) un 4 zagļu ēteriskajai eļļai (I).

Pret *E. coli* un *A. niger* aktivitāti varēja novērot tikai visiem trim sastāviem, kas saturēja kanēļa ēterisko eļļu (A, D, G), turklāt ugunspuķes un ugunspuķes + bērza ekstrakta kombinācijām (A, D) bija nedaudz lielāka antimikrobiālā aktivitāte pret *E. coli*, bet kanēļa ēteriskajai eļļai (G) – pret *A. niger*. Attiecīgi ekstraktu saturošiem sastāviem pret *E. coli* inhibīcijas zona bija 17 ± 0 mm, bet kanēlim – 13 ± 0 mm. Savukārt pret *A. niger* kanēļa ēteriskajās eļļas sastāvam inhibīcijas zona bija 48 ± 1 mm, bet ekstraktu saturošiem sastāviem – 42 ± 3 mm.

Pret *S. aureus* lielākā daļa līdzekļu uzrādīja aktivitāti, no kuriem atkal lielāko efektivitāti uzrādīja kanēļa ēteriskās eļļas saturoši līdzekļu varianti (16 ± 1 mm). Pret *P. aeruginosa* daļēju inhibīciju uzrādīja tikai kanēļa ēterisko eļļu saturošais līdzeklis bez ekstraktiem (G). Tālākiem eksperimentiem tika izvēlēts tieši šis sastāvs, jo citi nespēja uzrādīt antimikrobiālo aktivitāti pret *P. aeruginosa*.

Dažādu tīrīšanas līdzekļa sastāvu antimikrobiālā aktivitāte, mērīta kā inhibīcijas zona (mm)

Table 16

Antimicrobial activity of different cleaners formulations, measured in inhibition zone (mm)

Sastāva nosaukums	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>P. aeruginosa</i>	<i>A. niger</i>	<i>C. albicans</i>
A	16±1	17±0	-	42±3	58±5
B	*	-	-	-	10±1
C	*	-	-	-	-
D	16±1	17±0	-	42±3	49±4
E	9±0	-	-	-	-
F	9±0	-	-	-	-
G	16±1	13±0	*	48±1	27±1
H	-	-	-	-	-
I	-	-	-	-	-

*- norāda uz daļēju inhibīciju

4 zaļļu un citronzāles/piparmētras kombinācijas ar un bez ekstraktiem neuzrādīja pietiekami lielu antimikrobiālo aktivitāti, ko varētu skaidrot ar ēterisko eļļu spēju sajaukties ar ūdeni. Lai arī kvilajās ekstrakti ir dabīgs emulgators (Reichert et al. 2018), tomēr šo ēterisko eļļu gadījumā šķīdumā tika novēroti lieli eļļas pilienu nosēdumi, norādot uz to, ka ēteriskās eļļas nav pietiekami labi emulgējušās. Kanēļa ēteriskās eļļas gadījumā vizuāli novērtējot, tik lielu eļļas pilienu nebija. Ņemot vērā nātrija hlorīda un pH ietekmi uz kvilajās ekstrakta spēju veidot micellas (Mitra un Dungan 1997), iespējams, sastāvā pievienotais jūras sāls un izmantotais pH nebija optimāls ēterisko eļļu emulgēšanai un nebija iespējams novērtēt pilnu antimikrobiālo potenciālu.

Interesanti ir rezultāti ar *C. albicans*, kur ugunspuķes ekstrakts kombinācijā ar kanēļa ēterisko eļļu uzrādīja lielāku antimikrobiālo aktivitāti, salīdzinot ar kanēļa ēterisko eļļu bez ekstraktiem. Šajā gadījumā ir novērojams sinerģisks vai papildinošs efekts (nav skaidri nosakāms, jo nav datu par sastāvu bez ēteriskās eļļas klātbūtnes). To varētu skaidrot ar to, ka ugunspuķes ekstrakta sastāvā pēc literatūras datiem ir trans-kanēļskābes (Granica et al. 2014), bet kanēļa ēteriskajā eļļā – cinamaldehyds (Huang et al. 2021). Tieši Huang et al. (2021) novēroja, ka cinamaldehyds kopā ar kanēļskābi uzrādīja sinerģisku efektu pret *Salmonella pullorum*. Tā kā *Salmonella* ir Gram-negatīva baktērija, tad arī rezultāti ar Gram-negatīvo *E. coli* var tikt izskaidroti šī paša iemesla dēļ

to membrānas struktūras līdzību dēļ. Tomēr turpmākajos pētījumos būtu nepieciešams noteikt ekstraktu un ēterisko eļļu fitoķīmisko sastāvu, lai apstiprinātu vai noliegtu šīs teorijas pamatotību. Tāpat nevar izslēgt citu sastāvdaļu ietekmi uz šo efektu. Piemēram, Angienda and Hill (2011) novēroja, ka nātrija hlorīds (1.2%) pie zema pH kopā ar ēteriskajām eļļām bija efektīvāki pret *E. coli*, ja salīdzina ar vienkāršu ēterisko eļļu antimikrobiālo aktivitāti. Tāpat nav izslēgta kvilajās ekstrakta mijiedarbība ar kādu no šīs kombinācijas sastāvdaļām, jo pierādīts, ka kvilajās augam arī piemīt antimikrobiāla iedarbība, veidojot šūnu membrānā poras, kas veicina iekšējo vielu izplūšanu ārā, novedot pie šūnas nāves (Sewlikar and D'Souza 2017). Rezultāti ir intriģējoši un pētījums jāturpina, novērtējot dažādo sastāvdaļu iedarbību atsevišķi un arī savā starpā, kā arī novērtējot pH ietekmi. Tāpat sāls vietā, iespējams, jāizmanto cits biezinātājs, kas neietekmētu ne emulgatora īpašības, ne antimikrobiālo iedarbību.

3.5. Tīrīšanas līdzekļa efektivitāte

Tīrīšanas līdzekļa, ūdens un komerciāla līdzekļa efektivitātes salīdzinājums apskatāms 17. tabulā. Berze nepieciešama, jo pētījumos pierādīts, ka dažādi tīrīšanas līdzekļi nav pietiekami efektīvi pret mikroorganismiem, kas atradušies uz augļu un dārzeņu virsmas ilgāku laika posmu, ja netiek pielietota mehāniska berze (Pao et al. 2007).

Uz gurķa sastopamie mikroorganismi pirms tīrīšanas bija tikai koki, *Bacillus* spp. un citas nūjiņveida baktērijas. Apstrādājot gurķi ar sterilu ūdeni, tā skalojumā konstatēja nūjiņveida baktērijas, bet noslaucījumā pēc apstrādes – nūjiņveida baktērijas un kokus. Ar komerciāli pieejamo līdzekli skalojumā tika atrasti koki, *Bacillus* spp. un citas nūjiņveida baktērijas, kā arī vairākas sēnes: *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp. un neidentificēta sēne. Noslaucījumā pēc apstrādes – *Bacillus* spp. un citas nūjiņveida baktērijas un kokus. Savukārt ar līdzekļa variantu G skalojumā tika konstatēti koki (tai skaitā stafilokoki), *Bacillus* spp. un citas nūjiņveida baktērijas, bet noslaucījumā pēc apstrādes – *Bacillus* spp. un citas nūjiņveida baktērijas, kā arī neidentificētu sēni. Novērtējot vizuāli pēc mikroorganismu koloniju daudzuma skalā 1 (maz) – 3 (daudz), tika novērtēta līdzekļa efektivitāte. Komerciālais līdzeklis, tīrīšanas līdzeklis G un sterils ūdens skalojumos uzrādīja līdzīgu aktivitāti pret baktērijām ($K_b = 2.6, 2.8$ un 3 , respektīvi), bet uz sēņu platēm izaugušo mikroorganismu daudzums tika novērtēts attiecīgi $K_s = 1.67, 1.75$ un 2 . Noslaucījumā pēc apstrādes tika konstatēts, ka vismazāk mikroorganismu izauga komerciāla līdzekļa iesala ekstrakta agara platēs ($K_s = 1.67$), kam sekoja līdzekļa variants ($K_s = 1.83$), bet visvairāk koloniju izauga ūdens apstrādes noslaucījumos ($K_s = 2.33$). Uz R2A agara augošo

mikroorganismu daudzums visos pēcapstrādes noslaucījuma uzņēmumos tika novērtēts ar 3 (ļoti daudz).

17. tabula

Pirmsapstrādes noslaucījumu un līdzekļa varianta / sterila ūdens / komerciāla līdzekļa skalojumu un pēcapstrādes noslaucījumu uzņēmumu sastopamie mikroorganismi uz gurķa virsmas un to daudzums, kas izteikts ar Kb (vidējais uz R2A agara plates izaugušo mikroorganismu daudzums) un Ks (vidējais uz iesala ekstrakta agara plates izaugušo mikroorganismu daudzums). (n) = atkārtojumu skaits.

Table 17

Subcultured microorganisms and their amount calculated as Kb (average amount of microorganisms grown on R2A agar Petri dish) and Ks (average amount of microorganisms grown on malt extract agar Petri dish) found on the surface of cucumber before washing, in rinsing liquid and after washing of formulation variant / sterile water / commercial cleanser. (n) = number of replicates.

Izmantotais līdzeklis	Uzņēmuma veids	Sastopamie mikroorganismi	Kb (n)	Ks (n)
PIRMS APSTRĀDES	Noslaucījums	Koki, <i>Bacillus</i> spp. un citas nūjiņveida baktērijas	3 (18)	2.11 (18)
Līdzekļa variants (G)	Skalojums	Koki (tai skaitā stafilokoki), <i>Bacillus</i> spp. un citas nūjiņveida baktērijas	2.8 (5)	1.75 (4)
Līdzekļa variants (G)	Noslaucījums pēc apstrādes	<i>Bacillus</i> spp. un citas nūjiņveida baktērijas, neidentificēta sēne	3 (6)	1.83 (6)
Sterils ūdens	Skalojums	Nūjiņveida baktērijas	3 (6)	2 (6)
Sterils ūdens	Noslaucījums pēc apstrādes	Nūjiņveida baktērijas, koki	3 (6)	2.33 (6)
Komerčiāls līdzeklis	Skalojums	Koki, <i>Bacillus</i> spp. un citas nūjiņveida baktērijas, <i>Aspergillus</i> spp., <i>Penicillium</i> spp., neidentificēta sēne	2.6 (5)	1.67 (6)
Komerčiāls līdzeklis	Noslaucījums pēc apstrādes	Koki, <i>Bacillus</i> spp. un citas nūjiņveida baktērijas	3 (6)	1.67 (6)

Skalojumos uzsēto mikroorganismu daudzveidība atšķīrās starp visiem līdzekļiem: ūdens skalojumos dominēja nūjiņveida baktērijas, līdzekļa variantā – koki (tai skaitā stafilokoki), kam sekoja nūjiņveida baktērijas (tai skaitā *Bacillus* spp.), bet komerciālā līdzekļa gadījumā – ne tikai koki, nūjiņveida baktērijas (tai skaitā *Bacillus* spp), bet arī vairākas sēnes. Pēcāpstrādes noslaucījumos ar ūdeni tika atrastas nūjiņveida baktērijas un koki, bet ar tīrīšanas līdzekļa variantu tika atrastas nūjiņveida baktērijas (tai skaitā *Bacillus* spp.) un sēne, bet koki netika konstatēti. Kopumā ar ūdeni pēcāpstrādes noslaucījumos tika konstatēts lielāks skaits mikroorganismu, ja salīdzina ar komerciālo un pagatavoto tīrīšanas līdzekli, norādot, ka ūdens viens pats nav pietiekami efektīvs augļu un dārzeņu virsmas tīrīšanas līdzeklis.

Skalojumos iegūtie rezultāti norāda, ka komerciālais līdzeklis ir efektīvs pret sēnēm, veicinot to atdalīšanos no gurķa virsmas, turklāt efektīvi, jo pēcāpstrādes noslaucījumos vairs netika konstatēta neviena sēne. Visticamāk šo efektu devušas pievienotas virsmaktīvās vielas, kam ir spēja šķīdināt augļu virsmas esošo vaska kārtiņu (Farias et al. 2021). Pēcāpstrādes iegūtie rezultāti norāda, ka izgatavotais tīrīšanas līdzekļa variants ir efektīvs pret kokiem, jo tie vairs netika atrasti uz gurķa virsmas. To varētu skaidrot ar kanēļa ēteriskās eļļas klātbūtni, kas varētu būt iedarbojusies baktericīdi, pamatojoties uz zinātniskās literatūras (Thielmann et al. 2019) un šī eksperimenta datiem par kanēļa ēteriskās eļļas antimikrobiālo aktivitāti pret mikroorganismiem, tai skaitā pret koku *S. aureus*.

Pētījums jāturpina, uzlabojot tīrīšanas līdzekļa virsmaktīvās spējas, lai no augļu un dārzeņu virsmas būtu iespējams notīrīt arī sēnes, kā to paveica komerciāli pieejamais līdzeklis.

4. SECINĀJUMI

1. Ugunspuķes un bērza ekstraktiem un kanēļa, piparmētras, citronzāles un 4 zagļu ēteriskajām eļļām piemita vislielākā antimikrobiālā aktivitāte, salīdzinot ar citiem ekstraktiem un ēteriskajām eļļām.

2. Nekādu antimikrobiālo aktivitāti nenovēroja strutenes lakstu un kliņģerītes ziedu ekstraktiem.

3. Ēteriskās eļļas uzrādīja lielāku antimikrobiālo aktivitāti pret sēnēm, nevis baktērijām.

4. Uz augļu un dārzeņu virsmas sastopamas gan baktērijas (*Bacillus* spp., *Pseudomonas* spp. un citas nūjiņveida baktērijas, koki), gan sēnes (visvairāk *Penicillium* spp., *Cladosporium* spp., *Alternaria* spp., rauga sēnes).

5. Uz gurķa virsmas varēja novērot lielāko mikroorganismu daudzveidību, ko varētu skaidrot ar gurķa mizas struktūru. Uz vīnogu virsmas varēja novērot vismazāko mikroorganismu daudzveidību, ko varētu skaidrot ar ķimikāliju lietošanu, apstrādājot vīnogas.

6. Ugunspuķes ekstrakta un kanēļa ēteriskās eļļas saturošais tīrīšanas līdzeklis pret *C. albicans* uzrādīja vairāk nekā divas reizes lielāku antimikrobiālo aktivitāti, nekā tīrīšanas līdzeklis tikai ar kanēļa ēterisko eļļu, norādot par iespējamu sinerģiju vai papildinošu efektu.

7. Pagatavotais tīrīšanas līdzeklis bija efektīvs pret kokiem, bet ne pret sēnēm. Pētījums jāturpina, uzlabojot tīrīšanas līdzekļa sastāvu.

5. PATEICĪBAS

Vēlos izteikt pateicību darba vadītājam Dr.biol., asoc. prof. Vizmai Nikolajevai par veltīto laiku un profesionālajiem ieteikumiem darba izstrādes laikā. Pateicos arī saviem darba devējiem SIA “Centrālā Laboratorija” par iespēju izmantot laboratorijas Mikrobioloģijas nodaļas aparatūras un piederumus saistībā ar stingrajiem ierobežojumiem koronavīrusa pandēmijas laikā, kad nebija iespējams izstrādāt maģistra darba praktisko daļu Latvijas Universitātes Akadēmiskā centra laboratorijās. Izsaku pateicību arī Dr.geogr. Zigmāram Rendeniekam, kas mani informēja par alternatīvu zinātnisko datubāžu esamību ārpus LU abonēto resursu datubāzēm, atvieglojot zinātniskās informācijas apkopošanu.

Vislielākā pateicība manam vīram un bērniem par izturību un pacietību darba izstrādes laikā.

6. LITERATŪRAS SARAKSTS

Abdelfattah A., Wisniewski M., Droby S., and Schena L. 2016. Spatial and compositional variation in the fungal communities of organic and conventionally grown apple fruit at the consumer point-of-purchase. – *Horticulture Research*, 3: 16047.

Adarsh A., Chettiyar B., Kantesh B.M., and Raghu N. 2020. Phytochemical Screening and Antimicrobial Activity of “Cinnamon zeylanicum”. – *International Journal of Pharmaceutical Research and Innovation*, 13: 22-23.

Adom M.B., Taher M., Mutalibisin M.F., Amri M.S., Kudos M.B.A., Sulaiman M.W.A.W., Sengupta P., Susanti D. 2017. Chemical constituents and medical benefits of *Plantago major*. - & *Pharmacotherapy*, 96: 348–360.

Adukwu E.C., Bowles M., Edwards-Jones V., Bone H. 2016. Antimicrobial activity, cytotoxicity and chemical analysis of lemongrass essential oil (*Cymbopogon flexuosus*) and pure citral. – *Applied Microbiology and Biotechnology*, 100 (22): 9619–9627.

Aldred E.M. 2009. *Pharmacology: A Handbook for Complementary Healthcare Professionals*. Philadelphia: Elsevier Limited, 362 p.

Al-Khaousi Z.S., Guizani N., Al-Sadi A.M., Al-Bulushi I.M. and Shaharoon B. 2016. Hiding in Fresh Fruits and Vegetables: Opportunistic Pathogens May Cross Geographical Barriers. – *International Journal of Microbiology*, 2016: 4292417.

Angienda P.O. and Hill D.J. 2011. The Effect of Sodium Chloride and pH on the Antimicrobial Effectiveness of Essential Oils Against Pathogenic and Food Spoilage Bacteria. – *International Scholarly and Scientific Research & Innovation*, 5(9): 572-577.

Arabski M., Węgierek-Ciuk A., Czerwonka G., Lankoff A., and Kaca W. 2012. Effects of Saponins against Clinical *E. coli* Strains and Eukaryotic Cell Line. – *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, 2012: 286216.

Arora D. and Sharma A. 2013. A review on phytochemical and pharmacological potential of genus *Chelidonium*. – *Pharmacognosy Journal*, 5(4): 184–190.

Bartfay W.J., Bartfay E. and Johnson J.G. 2012. Gram-Negative and Gram-Positive Antibacterial Properties of the Whole Plant Extract of Willow Herb (*Epilobium angustifolium*). – *Biological Research for Nursing*, 14(1): 85–89.

Basole I.H.N. and Juliani H.R. 2012. Essential Oils in Combination and Their Antimicrobial Properties. – *Molecules*, 17(4): 3989–4006.

Battineli L., Tita B., Evandri M.G., Mazzanti G. 2001. Antimicrobial activity of *Epilobium* spp. extracts. – *Il Farmaco*, 56(5-7): 345–348.

Beuchat L.R. 2002. Ecological factors influencing survival and growth of human pathogens on raw fruits and vegetables. – *Microbes and Infection*, 4(4): 413-423.

Bhilwadikar T., Pounraj S., Manivannan S., Rastogi N.K. and Negi P.S. 2019. Decontamination of Microorganisms and Pesticides from Fresh Fruits and Vegetables: A Comprehensive Review from Common Household Processes to Modern Techniques. – *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(4): 1003–1038.

Burt S. 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. – *International Journal of Food Microbiology*, 94(3): 223–253.

Carocho M., Barreiro M.F., Morales P., and Ferreira I.C.F.R. 2014. Adding Molecules to Food, Pros and Cons: A Review on Synthetic and Natural Food Additives. – *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13(4): 377-399.

Carson C.F., Hammer K.A, and Riley T.V. 2006. *Melaleuca alternifolia* (Tea Tree) Oil: a Review of Antimicrobial and Other Medicinal Properties. – *Clinical Microbiology Reviews*, 19(1): 50-62.

Chaeb K., Zmantar T., Ksouri R., Hajlaoui H., Mahdouani K., Abdelly C., and Bakhrouf A. 2007. Antioxidant properties of the essential oil of *Eugenia caryophyllata* and its antifungal activity against a large number of clinical *Candida* species. – *Mycoses*, 50(5): 403-406.

Chraibi M., Fadil M., Farah A., Lebrazi S. and Fikri-Benbrahim. 2021. Antimicrobial combined action of *Mentha pulegium*, *Ormenis mixta* and *Mentha piperita* essential oils against *S. aureus*, *E. coli* and *C. tropicalis*: Application of mixture design methodology. – *LWT*, 145(1): 111352.

Chung S.W. 2018. How effective are common household preparations on removing pesticide residues from fruit and vegetables? A review. - *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(8): 2857–2870.

Ćirić A., Vinterhalter B., Šavikin-Fodulović K., Soković M., and Vinterhalter D. 2008. Chemical analysis and antimicrobial activity of methanol extracts of celandine (*Chelidonium majus* L.) Plants growing in nature and cultured *in vitro*. – *Arch. Biol. Sci.*, 60(1): 7-8.

Cox S.D., Mann C.M., Markham J.L., Bell H.C., Gustafson J.R., Warmington J.R. and Wyllie S.G. 2000. The mode of antimicrobial action of the essential oil of *Melaleuca alternifolia* (tea tree oil). – *Journal of Applied Microbiology*, 88(1): 170–175.

Česonienė L., Daubaras R. Kraujalytė V. Venskutonis P.R. and Šarkinas A. 2014. Antimicrobial activity of *Viburnum opulus* fruit juices and extracts. – *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*, 9(2): 129–132.

Deng W., Liu K., Cao S., Sun J., Zhong B. and Chun J. 2020. Chemical Composition, Antimicrobial, Antioxidant, and Antiproliferative Properties of Grapefruit Essential Oil Prepared by Molecular Distillation. – *Molecules*, 25(1): 217.

Dietrich D.M. and Lamar R.T. 1990. Selective Medium for Isolating *Phanerochaete chrysosporium* from Soil. – *Applied and Environmental Microbiology*, 56(10): 3088-3092.

Duric K., Kovac-Besovic E., Niksic H. and Sofic E. 2013. Antibacterial Activity of Methanolic Extracts, Decoction and Isolated Triterpene Products From Different Parts of Birch, *Betula pendula*, Roth. – *Journal of Plant Studies*, 2(2): 61–70.

Efstratios E., Hussain A.I., Nigam P.S., Moore J.E., Ayub M.A., and Rao J.R. 2012. Antimicrobial activity of *Calendula officinalis* petal extracts against fungi, as well as Gram-negative and Gram-positive clinical pathogens. – *Complementary Therapies in Clinical Practice*, 18(3): 173–176.

Ekodizaina kompetences centrs 2019. Latvijā audzētajos ābolos un kartupeļos atrod pesticīdu atliekvielas. <https://ekomarkejums.lv/wp-content/uploads/2019/02/>

Eloff J.N. 1998. Which extractant should be used for the screening and isolation of antimicrobial components from plants? – *Journal of Ethnopharmacology*, 60(1): 1–8.

Eloff J.N. 2019. Avoiding pitfalls in determining antimicrobial activity of plant extracts and publishing the results. – *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 19(1): 106.

European Food Safety Authority, Medina-Pastor P. and Triacchini G. 2020. The 2018 European Union report on pesticide residues in food. – *EFSA Journal*, 18(4): e06057.

Falleh H., Jemaa M.B., Saada M. and Ksouri R. 2020. Essential oils: A promising eco-friendly food preservative. – *Food Chemistry*, 330: 127268.

Farias C.B.B., Almeida F.C.B., Silva I.A., Souza T.C., Meira H.M., Soares da Silva F.S., Luna J.M., Santos V.A., Converti A., Banat I.M., Sarubbo L.A. 2021. Production of green surfactants: Market prospects. – *Electronical Journal of Biotechnology*, 51: 28–39.

Gbenou J.D., Ahounou J.F., Akakpo H.B., Laleye A., Yayi E. Gbaguidi F., Baba-Moussa L., Darboux R., Dansou P., Moudachirou M., Kotchoni S.O. 2012. Phytochemical composition of *Cymbopogon citratus* and *Eucalyptus citriodora* essential oils and their anti-inflammatory and analgesic properties on Wistar rats. – *Molecular Biology Reports*, 40(2): 1127-1134.

Golus J., Sawicki R., Widelski J. and Ginalska G. 2016. The agar microdilution method – a new method for antimicrobial susceptibility testing for essential oils and plant extracts. – *Journal of Applied Microbiology*, 121(5): 1291–1299.

Gonzalez P.J. and Sörensen P.M. Characterization of saponin foam from *Saponaria officinalis* for food applications. – *Food Hydrocolloids*, 101: 105541.

Goud N.S. and Prasad G. 2020. Antioxidant, antimicrobial activity and total phenol and flavonoids analysis of *sambucus nigra* (elderberry). – *International Journal of Current Pharmaceutical Research*, 12 (1): 35-37.

Granica S., Piwowarski J.P., Czerwińska and Kiss A.K. Phytochemistry, pharmacology and traditional uses of different *Epilobium* species (Onagraceae): A review. – *Journal of Ethnopharmacology*, 156: 316–346.

Grujičić D., Stošić I., Kosanić M., Stanojković T., Ranković B., and Milošević-Djordjević O. 2014. Evaluation of in vitro antioxidant, antimicrobial, genotoxic and anticancer activities of lichen *Cetraria islandica*. – *Cytotechnology*, 66(5): 803–813.

Güçlü-Üstündağ Ö. and Mazza G. 2007. Saponins: Properties, Applications and Processing. – *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 47(3): 231-258.

Gutiérrez del Rio I., Fernández J. and Lombó F. 2018. Plant nutraceuticals as antimicrobial agents in food preservation: terpenoids, polyphenols and thiols. – *International Journal of Antimicrobial Agents*, 52(3): 309-315.

Hammer K.A., Carson C.F., Riley T.V. 1999. Antimicrobial activity of essential oils and other plant extracts. – *Journal of Applied Microbiology*, 86(6): 985–990.

Hammerschmidt F., Clark A., Soliman F., El-Kashoury E.S., Abd El-Kawy M., El-Fishawy A. 1993. Chemical Composition and Antimicrobial Activity of Essential Oils of *Jasonia candicans* and *J. montana*. – *Plant Medica*, 59(1): 68–70.

Hearst C., McCollum G., Nelson D., Ballard L.M., Millar B.C., Goldsmith C.E., Rooney P.J., Loughrey A., Moore J.E., and Rao J.R. 2010. Antibacterial activity of elder (*Sambucus nigra* L.) flower or berry against hospital pathogens. – *Journal of Medicinal Plants Research*, 4(17): 1808-1809.

Hili P., Evans C.S. and Veness R.G. 1997. Antimicrobial action of essential oils: the effect of dimethylsulphoxide on the activity of cinnamon oil. – *Letters in Applied Microbiology*, 24(4): 269–275.

Hosni K., Zahed N., Chrif R., Abid I., Medfei W., Kallel M., Brahim N.B., Sebei H. 2010. Composition of peel essential oils from four selected Tunisian Citrus species: Evidence for the genotypic influence. – *Food Chemistry* 123(4): 1098–1104.

Hu Q., Chen Y.Y., Jiao Q.Y., Khan A., Li F., Han D.F., Cao G.D, and Lou H.X. 2018. Triterpenoid saponins from the pulp of *Sapindus mukorossi* and their antifungal activities. – *Phytochemistry*, 147: 1-8.

Huang Z., Pang D., Liao S., Zou Y., Zhou P., Li E., Wang W. 2021. Synergistic effects of cinnamaldehyde and cinnamic acid in cinnamon essential oil against *S. pullorum*. – *Industrial Crops and Products*, 162: 113296.

Hussain A.I., Anwar F., Chatha S.A.S., Jabbar A., Mahboob S., and Nigam P.S. 2010. *Rosmarinus officinalis* essential oil: antiproliferative, antioxidant and antibacterial activities. – *Brazilian Journal of Microbiology*, 41(4): 1070-1078.

Jain S., Arora P., and Popli H. 2020. A comprehensive review on *Citrus aurantifolia* essential oil: its phytochemistry and pharmacological aspects. – *Brazilian Journal of Natural Sciences*, 3(2): 354.

Juliano C., Demurtas C. and Piu L. 2008. In vitro study on the anticandidal activity of *Melaleuca alternifolia* (tea tree) essential oil combined with chitosan. – *Flavour and Fragrance Journal*, 23(4): 227–231.

Kajszczak D., Zakłos-Szyda M. and Podśędek A. 2020. *Viburnum opulus* L.—A Review of Phytochemistry and Biological Effects. – *Nutrients*, 12(11): 3398.

Kļaviņš A. et al. Ārstniecības ziepju sakne. Internetenciklopēdija “Latvijas Daba”. <https://www.latvijasdaba.lv/augi/saponaria-officinalis-l/>

Kolonzo-Nthenge A., Chen F.C., and Godwin S.L. 2006. Efficacy of home washing methods in controlling surface microbial contamination on fresh produce. – *Journal of Food protection*, 69(2): 330–334.

Komisijas Regula Nr. 1129/2011. Eiropas Savienības atļauto pārtikas piedevu saraksts 2011. Eiropas Savienības Oficiālais Vēstnesis, L 295/1. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LV/TXT/?uri=celex%3A32011R1129>

Kumar P., Mishra S., Kumar A., Kumar S., and Prasad C.S. 2017. In vivo and in vitro control activity of plant essential oils against three strains of *Aspergillus niger*. – *Environ Sci Pollut Res*, 24: 21948-21959.

Leff J.W., Fierer N. 2013. Bacterial Communities Associated with the Surfaces of Fresh Fruits and Vegetables. – *PloS ONE*, 8(3): e59310

Mahendran G. and Rahman L.U. 2020. Ethnomedicinal, phytochemical and pharmacological updates on Peppermint (*Mentha × piperita* L.)-A review. – *Phytother Res.*, 34(9): 2088-2139.

Menon A.N. and Padmakumari K.P. 2005. Studies on Essential Oil Composition of Cultivars of Black Pepper (*Piper nigrum* L.). – *Journal of Essential Oil Research*, 17(2): 153–155.

Mitra S. and Dungan S.R. 1997. Micellar Properties of Quillaja Saponin. 1. Effects of Temperature, Salt, and pH on Solution Properties. – *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(5): 1587–1595.

Młynarczyk K., Walkowiak-Tomczak D., and Łysiak G.P. 2018. Bioactive properties of *Sambucus nigra* L. as a functional ingredient for food and pharmaceutical industry. – *Journal of Functional Foods*, 40: 377-390.

Moles, A. T., Peco, B., Wallis, I. R., Foley, W. J., Poore, A. G. B., Seabloom, E. W., ... Hui, F. K. C. 2013. Correlations between physical and chemical defences in plants: tradeoffs, syndromes, or just many different ways to skin a herbivorous cat? – *New Phytologist*, 198(1): 252–263.

Moorman T.B. 1989. A Review of Pesticide Effects on Microorganisms and Microbial Processes Related to Soil Fertility. – *Journal of Production Agriculture*, 2(1): 14-23.

Muley B.P., Khadabadi S.S., and Banarese N.B. 2009. Phytochemical Constituents and Pharmacological Activities of *Calendula officinalis* Linn (Asteraceae): A Review. – *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 8(5): 455-465.

Munir N., Iqbal A.S., Altaf I., Bashir R., Sharif N, Saleem F., and Naz S. 2014. Evaluation of antioxidant and antimicrobial potential of two endangered plant species *atropa belladonna* and *matricaria chamomilla*. – *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 11(5): 111-117.

Murthy K.N., Jayaprakasha G.K. and Patil B.S. 2012. D-limonene rich volatile oil from blood oranges inhibits angiogenesis, metastasis and cell death in human colon cancer cells. – *Life Sciences*, 91(11-12): 429–439.

Nagpal N., Shah G., Arora N., Shri R., and Arya Y. 2010. Phytochemical and pharmacological aspects of *Eucalyptus* genus. – *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 1 (12): 28-36.

Olorunnisola S.K., Asiyebi H.T., Hamed A.M., and Simsek S. 2014. Biological properties of lemongrass: An overview. – *International Food Research Journal*, 21(2): 455-462.

Pao S., David C.L., and Kelsey F.D. 2000. Efficacy of Alkaline Washing for the Decontamination of Orange Fruit Surfaces Inoculated with *Escherichia coli*. – *Journal of Food protection*, 63(7): 961–964.

Pao S., Kelsey D.F., Khalid M.F., and Ettinger M.R. 2007. Using Aqueous Chlorine Dioxide To Prevent Contamination of Tomatoes with *Salmonella enterica* and *Erwinia carotovora* during Fruit Washing. – *Journal of Food Protection*, 70(3): 629–634.

Pawar V.C. and Thaker V.S. 2006. In vitro efficacy of 75 essential oils against *Aspergillus niger*. – *Mycoses*, 49(4): 316-323.

Perez C., Pauli M., Bazevque P. 1990. An antibiotic assay by the agar well diffusion method. *Acta Biologicae et Medicine Experimentalis*, 15: 113-115.

Puupponen-Pimiä R., Häkkinen S.T., Aarni M., Suortti T., Lampi A.M., Euroola M., Piironen V., Nuutila A.M. and Oksman-Caldentey K.M. 2003. Blanching and long-term freezing affect various bioactive compounds of vegetables in different ways. – *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83(14): 1389–1402.

Raspo M.A., Vignola M.B., Andreatta A.E., Juliani H.R. 2020. Antioxidant and antimicrobial activities of citrus essential oils from Argentina and the United States. – *Food Bioscience*, 36: 100651.

Rastogi S., Pandey M.M. and Rawat A.K.S. 2015. Medicinal plants of the genus *Betula*—Traditional uses and a phytochemical–pharmacological review. – *Journal of Ethnopharmacology*, 159: 62-83.

Rauha J.P., Remes S., Heinonen M., Hopia A., Kahkonen M., Kujala T., ... Vuorela P. 2000. Antimicrobial effects of Finnish plant extracts containing flavonoids and other phenolic compounds. – *International Journal of Food Microbiology*, 56(1): 3–12.

Razik B.M.A. Hasan H.A., Murtadha M.K. 2012. The Study of Antibacterial Activity of *Plantago Major* and *Ceratonia Siliqua*. – *The Iraqi Postgraduate Medical Journal*, 11(1): 130–135.

Reichert C.L., Salminen H., Bönisch G.B., Schäfer C., and Weiss J. 2018. Concentration effect of Quillaja saponin – Co-surfactant mixtures on emulsifying properties. – *Journal of Colloid and Interface Science*, 519: 71-80.

Rubine H. un Eniņa V. 2004. *Ārstniecības augi*. Rīga: Apgāds Zvaigzne ABC, 344 lpp.

Sagdic O., Aksoy A., Ozkan G. 2006. Evaluation of the antibacterial and antioxidant potentials of cranberry (*gilaburu, viburnum opulus l.*) Fruit extract. – *Acta Alimentaria*, 35(4): 487–492.

Seenivasan P., Manickkam J. and Ignacimuthu S. 2006. In vitro antibacterial activity of some plant essential oils. – BMC Complementary and Alternative Medicine, 6(1): 39.

Sharifa A.A., Neoh Y.L., Iswadi M.I., Khairul O., Halim A.M., Jamaludin M., Azman M.A.B. and Hing H.L. 2008. Effects of Methanol, Ethanol and Aqueous Extract of *Plantago major* on Gram Positive Bacteria, Gram Negative Bacteria and Yeast. – Annals of Microscopy, 8(Spec Iss 2): 38-42.

Siddique S., Parveen Z., Bareen F.E., and Mazhar S. 2020. Chemical composition, antibacterial and antioxidant activities of essential oils from leaves of three *Melaleuca* species of Pakistani flora. – Arabian Journal of Chemistry, 13(1): 67-74.

Singh B., Pal Singh J., Kaur A., and Singh N. 2020. Phenolic composition, antioxidant potential and health benefits of citrus peel. – Food Research International, 132: 109114.

Singh J., Baghotia A., and Goel S.P. 2019. *Eugenia caryophyllata* Thunberg (Family Myrtaceae): A Review. – International Journal of Research in Pharmaceutical and Biomedical Sciences, 3(4): 1469-1475.

Singh N., Singh R.K., Bhunia A.K., and Stroshine R.L. 2002. Efficacy of Chlorine Dioxide, Ozone, and Thyme Essential Oil or a Sequential Washing in Killing *Escherichia coli* O157:H7 on Lettuce and Baby Carrots. – LWT - Food Science and Technology, 35(8): 720–729.

Singh O., Khanam Z., Misra N., and Srivastava M.K. 2011. Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.): An overview. – Pharmacognosy Review, 5(9): 82-95.

Soulaimani B., Hidar N.E., Fakir S.B.E., Mezrioui N., Hassani L. and Abbad A. 2021. Combined antibacterial activity of essential oils extracted from *Lavandula maroccana* (Murb.), *Thymus pallidus* Batt. and *Rosmarinus officinalis* L. against antibiotic-resistant Gram-negative bacteria. – European Journal of Integrative Medicine, 43: 101312.

Stonbicka A. and Gniewosz M. 2017. Antimicrobial protection of minced pork meat with the use of Swamp Cranberry (*Vaccinium oxycoccos* L.) fruit and pomace extracts. – Journal of Food Science and Technology, 55(1): 62–71.

Takooree H., Aumeeruddy M.Z., Rengasamy K.R.R., Venugopala K.N., Jeewon R., Zengin G., and Mahoomodally M. 2019. A systematic review on black pepper (*Piper nigrum* L.): from folk uses to pharmacological applications. – Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 59: sup1, S210-S243.

Thielmann J., Muranyi P., and Kazman P. 2019. Screening essential oils for their antimicrobial activities against the foodborne pathogenic bacteria *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. – Heliyon, 5(6): E01860.

Ukuku D.O. and Fett W.F. 2002. Relationship of Cell Surface Charge and Hydrophobicity to Strength of Attachment of Bacteria to Cantaloupe Rind. – *Journal of Food Protection*, 65(7): 1093–1099.

Valgas C., Souza S.M., Smania E.F.A. and Smania Jr. A. 2007. Screening methods to determine antibacterial activity of natural products. – *Brazilian Journal of Microbiology*, 38(2): 369–380.

Zaynab M., Fatima M., Abbas S., Sharif Y., Umair M., Zafar M.H., Bahadar K. 2018. Role of secondary metabolites in plant defense against pathogens. - *Microbial pathogenesis*, 124: 198-202.

Zhang X., Guo L., Jiang H., Ji Q. 2018. In Vitro Evaluation of Antioxidant and Antimicrobial Activities of *Melaleuca alternifolia* Essential Oil. – *BioMed Research International*, 2018: 2396109.

Zhao Y., Wang M., and Xu B. 2021. A comprehensive review on secondary metabolites and health-promoting effects of edible lichen. – *Journal of Functional Foods*, 80: 104283.

Maģistra darbs „Augu ekstraktu un ēterisko eļļu saturošu augļu un dārzeņu tīrīšanas līdzekļu sastāva izstrāde” izstrādāts LU Bioloģijas fakultātē.

Ar savu parakstu apliecinu, ka pētījums veikts patstāvīgi, izmantoti tikai tajā norādītie informācijas avoti un iesniegtā darba elektroniskā kopija atbilst izdrukai.

Autors: Katrīna Vīmere 04.06.2021.

Rekomendēju darbu aizstāvēšanai

Vadītājs: Dr. biol., asoc. prof. Vizma Nikolajeva 04.06.2021.

Recenzents: Dr. biol. Anete Boroduške

Darbs iesniegts LU Bioloģijas fakultātē 04.06.2021.

Lietvede:

Darbs aizstāvēts maģistra gala pārbaudījuma komisijas sēdē

10.06.2021. prot. Nr. _____ vērtējums ____

Komisijas sekretārs/e: