



STABILISAATORITE MÕJU PÄEVALILLEVÕIDE SÄILIVUSELE

Magistritöö

Autor: Evelyn Lumi

Juhendaja: Katrin Laos, keemia ja biotehnoloogia instituut, kaasprofessor

Õppekava: Toidutehnoloogia ja - arendus

Tallinn 2023



THE EFFECT OF STABILIZERS ON THE SHELF LIFE OF SUNFLOWER SEED BUTTER

Master thesis

Author: Evelyn Lumi

Supervisor: Katrin Laos, Department of Chemistry and Biotechnology, associate professor

Study programme: Food technology and Development

Tallinn 2023

Autorideklaratsioon

Kinnitan, et olen koostanud antud lõputöö iseseisvalt ning seda ei ole kellegi teise poolt varem kaitsmisele esitatud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on töös viidatud.

Autor: Evelyn Lumi

24.05.2023

Töö vastab bakalaureusetööle/magistritööle esitatavatele nõuetele.

Juhendaja: Katrin Laos

24.05.2023

Töö on lubatud kaitsmisele.

Kaitsmiskomisjoni esimees: Toomas Paalme

24.05.2023

Sisukord

Sisukord	4
Annotatsioon	6
Abstract	7
Lühendite loetelu.....	8
Sissejuhatus	9
1. Kirjanduse ülevaade.....	10
1.1. Päevalill ja selle seemned	10
1.1.1. Päevalilleaseemne koostis	12
1.1.2. Rasvad/rasvhapped.....	13
1.1.3. Valgud	14
1.1.4. Bioaktiivsed ühendid.....	15
1.2. Suspensioonid.....	16
1.3. Võided.....	18
1.4. Päevalillevõide säilivus.....	19
1.4.1. Oksüdatsioon	21
1.5. Stabilisaatorid	22
1.5.1. Töös kasutatud stabilisaatorite tüübid.....	23
1.5.2. Mono- ja diglütseriidid (MDG).....	24
1.5.3. Hüdrogeenitud õlid	25
1.5.4. Letsitiin.....	26
2. Töö eesmärk.....	29
3. Eksperimentaalosa.....	30
3.1 Materjalid ja meetodid	30
3.1.1. Materjalid.....	30
3.1.2. Meetodid	30
3.2. Tulemused ja arutelu	33
3.2.1. Õli eraldumine	34
3.2.2. Happearv.....	36
3.2.3. Peroksiidarv	38
3.2.4. Tekstuuri analüüs	40

3.2.5.	Vee aktiivsus.....	44
3.2.6.	Sensoorne analüüs.....	45
3.2.7.	Korrelatsioonid.....	46
	Kokkuvõte	48
	Tänuavaldused	49
	Kasutatud allikad	50
	Lisa 1 - sensoorse analüüsi hindamisleht.....	55
	Lisa 2 - fotospektromeetriga mõõdetud värvi muutused	56
	Lisa 3 - 1.5% ja 2.5% stabilisaatorite päevalillevõide sensorsete omadustega joonised.....	57

Annotatsioon

Taimsed määrded ja võided toodetakse peamiselt pähklitest ja õliseemnetest. Päevalillevõie on allergeenivaba alternatiiv maapähklivõietele. Üheks suuremaks probleemiks selliste toodete juures on õli eraldumine võide pinnale. See aga ei ole tarbijatele alati vastuvõetav ja võib mõjutada toote säilivust. Õli eraldumise vältimiseks lisavad tootjad seemne- ja pähklivõidele erinevaid emulgaatoreid ja stabilisaatoreid.

Antud töös uuriti, varasemalt autori poolt välja töötatud päevalillevõide säilivust, kasutades erinevaid stabilisaatoreid. Selleks valmistati päevalillevõide proovid ilma stabilisaatorita ja nelja erineva stabilisaatoriga kontsentratsioonidel 1.5, 2.0, ja 2.5% ning hoiti toatemperatuuril 5 kuud. Uuringus kasutatud stabilisaatoriteks olid täielikult hüdrogeenitud palmiõli, rapsiõli, rapsi-päevalilleõli segu ja letsitiin. Uuriti proovide füüsikalise-keemilisi ja sensoorseid omadusi.

Käesolev töö näitas, et palmiõli stabilisaatoriga töödeldud võided hoidsid õli kõige rohkem kinni (õli eraldumine ligikaudu 0%), samas olid neil tekstuurianalüsaatoriga mõõdetud määrimisomadused kõige madalamad. Kõige rohkem õli eraldus letsitiiniga proovides (maksimaalselt 16–17%), kuid võrreldes teiste proovidega oli neil madalaim peroksiidisisaldus (10 meq O₂/kg õli kohta) mõõtmistulemuste lõpuks. Maksimaalne peroksiidiarvu tõus viienda kuu lõpuks oli rapsiõli stabilisaatoriga proovis kontsentratsioonil 1,5%, mis ületas 40 meq O₂/kg õli kohta ja palmiõli stabilisaatoriga kontsentratsioonil 2%, ulatudes peaaegu 50 meq O₂/kg õli kohta. Sensoorses paneelis osalejad ei hinnanud ühtegi proovi mõõtmistulemuste lõpus rääsunuks.

Antud töö tulemused näitavad, et parimate stabiliseerimisomadustega oli palmiõli stabilisaator ja 2.5% rapsiõliga stabilisaator.

Abstract

Vegetable spreads and butters are mainly produced from nuts and oilseeds. Sunflower butter is an allergen-free alternative to peanut butter. One of the biggest problems with such products is the oil separation on the surface of the butter. However, this is not always acceptable to consumers and may affect the shelf life of the product. To prevent oil separation, manufacturers add various emulsifiers and stabilizers to seed and nut butters.

This study examined the shelf life of previously developed sunflower butter by the author, using different stabilizers. For this, sunflower butter samples were prepared without stabilizer and with four different stabilizers at concentrations of 1.5, 2.0, and 2.5% and kept at room temperature for 5 months. The stabilizers used in the study were fully hydrogenated palm oil, rapeseed oil, rapeseed-sunflower oil mixture and lecithin. The physio-chemical and sensory properties of the samples were investigated.

The present work showed that butters treated with palm oil stabilizer had the highest oil retention (approximately 0% oil release) while having the lowest spreadability properties as measured by a texture analyzer. The samples with lecithin released the most oil (maximum 16-17%), but compared to the other samples, they had the lowest peroxide content (10 meq O₂/kg oil) at the end of the measurement results. The maximum increase in peroxide value at the end of the fifth month was in the sample with rapeseed oil stabilizer at a concentration of 1.5%, exceeding 40 meq O₂/kg oil and with palm oil stabilizer at a concentration of 2%, reaching almost 50 meq O₂/kg oil. None of the samples were evaluated by the sensory panelists to be rancid at the end of the measurement results.

The results of this work show that the palm oil stabilizer and the stabilizer with 2.5% rapeseed oil had the best stabilization properties.

Lühendite loetelu

HA – happearv

KP – kontrollproov

L - letsitiin

PA – peroksiidarv

PÕ – täielikult hüdrogeenitud palmiõli stabilisaator

RPÕ – täielikult hüdrogeenitud rapsi-päevalilleseemneõli stabilisaator

ND - pole määratud (ingl *non-determined*)

MDG - Mono- ja diglütseriidid

Sissejuhatus

Päevalillevõie on röstitud ja jahvatatud päevalilleaseemnetest valmistatud määre. Sellel on maapähklivõidega sarnane konsistents ja maitse, kuid on pähklivaba ning seetõttu sobiv alternatiiv inimestele, kellel on maapähkliallergia või kes eelistavad pähkleid vältida. Päevalilleaseemnevõide tarbimise eeliseks on küllaldane toiteväärtus: valgu ja tervislike rasvade sisaldus, vitamiinide ja mineraalainete rohkus ning väiksem risk allergeenide tekkeks (võrreldes näiteks pähklivõietega). Päevalillevõiet saab kasutada mitmesugustes retseptides, nende hulgas nii smuutides, küpsetistes kui ka puu- ja köögiviljade dipikastmetes ja ka niisama saiale määrimiseks. Kui seda kasutada maapähklivõide alternatiivina, siis peab kindlasti tootmisprotsess suutma jäljendada viimase sarnast maitset, värvi ja tekstuuri, et tarbija saaks kergesti eelistada ühte teisele.

Nii nagu enamustel õliseemne- ja pähklivõietel, on ka päevalillevõide puhul toiduainetööstuses peamiseks väljakutseks õlisuspensioonide füüsikalise-keemiline ja oksüdatiivne stabiilsus. Seemnetuum sisaldab rohkelt polüküllastamata rasvhappeid, mis peale pikemaajalist ladustamist võivad oksüdeeruda, põhjustades tarbijale mittevastuvõetavat rääsunud maitset ja lõhna. Õli eraldumine on enamasti iseloomulik naturaalse õlivõiete puhul, kuhu ei lisata stabilisaatoreid (nt hüdrogeenitud õli), mis pidurdaks või takistaks õli kerkimist toote pinnale, jättes põhja tihedama ja paksema massi. Selline õli eraldumine võib mõjutada võide tekstuuri, määritavust ja toiteväärtust ning muutuda tarbijale sensorsete omaduste poolest vastuvõetamatuks.

Et vältida õli eraldumist, kasutatakse toiduainetööstuses stabilisaatoreid ja emulgaatoreid, mis on osaliselt või täielikult hüdrogeenitud looduslikud lipiidid (nt puuvillaseemnetest, rapsiseemnetest, linaseemnetest, palmiõlist valmistatud mono- ja diglütseriidid sh ka letsitiin). Võide valmistamisel, enne seemnete peenestamist koosneb pidev faas süsivesikutest, valkudest ja muudest rasvavabadest komponentidest. Rasvarakud on kinni rasvavabade komponentide pidevfaasi struktuuris, moodustades disperseeritud faasi. Kui seemned on peenestatud võideks ja rasvarakud purunenud, muutub rasv pidevaks faasiks ja rasvavabad koostisosad moodustavad väikeste osakestena omakorda disperseeritud faasi. Peale võide valmistamist hakkab pidevfaas ehk õlifaas rasvavabadest osakestest eralduma, kuna on madalama tihedusega. Nagu eelpool mainitud, on see protsess, mida toiduainetööstused soovivad vältida ning mistõttu lisataksegi stabilisaatoritena loetletud lipiide. Need stabilisaatorid erinevad naturaalsest seemneõlist, kuna neil on toatemperatuuril kristalne struktuur. Seemnevõide jahutamisel lisatud stabilisaator kristalliseerub kogu toote ulatuses, lukustades seemneõli toote maatriksisse, takistades nii selle eraldumist. Ilma stabilisaatorit lisamata eraldub õli üldiselt koheselt.

Kuna päevalilleaseemnete kohta on suhteliselt vähe uurimustöid võrreldes maapähklivõietega, siis oli töö eesmärk uurida kuidas mõjutavad maapähklivõietes kasutatavad stabilisaatorid ja emulgaatorid päevalilleaseemnevõide stabiilsust. On teada, et stabilisaatorite toime sõltub ka seemnest (nt. kultiveerimisest ja koostisest (nt rasva ja valgu määr)). Kuna töö on kirjutatud koostöös AS Letofin'ga, siis töös kasutatud seemned on toodetud ja tarnitud AS Letofini poolt, kes hakkab päevalillevõiet tootma nendest samadest seemnetest.

1. Kirjanduse ülevaade

1.1. Päevalill ja selle seemned

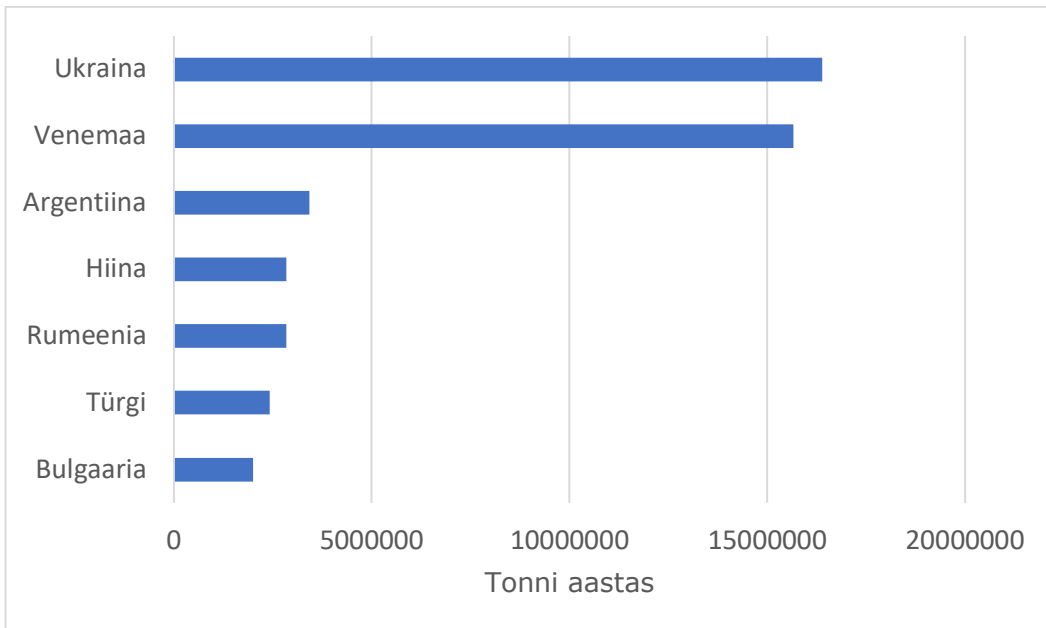
Kultiveeritud päevalill on üks 67 liigist perekonnast *Helianthus*. See on kaheiduleheline taim ja kuulub *Compositae* (*Asteraceae*) perekonda, olles tüüpiline liitlill. Õisik ehk päevalillepea koosneb olenevalt kultiveerimistehnikast 700–8000 õiest. Tuntud on diploidsed, tetraploidsed ja heksaploidsed liigid. Kultiveeritud päevalill sisaldab 34 kromosoomi ($2n = 34$) (González Pérez, 2003).

Päevalill (*Helianthus annuus* L.) on üks väheseid põllukultuure, mis pärineb Põhja-Ameerikast (enamik kultuure pärineb algselt kas Aasiast või Lõuna- ja Kesk-Ameerikast). Tõenäoliselt olid Lääne-Ameerika „põlishõimud“ need, kes kodustasid metsiku vilja (u 1000 eKr) ja kandsid selle seejärel Põhja-Ameerikast itta ja lõunasse. Arvatavasti toodi päevalill Euroopasse esmakordselt Hispaania kaudu, levides Euroopas edasi, kuni jõudis Venemaale, kus see võeti hästi vastu ja hakati kasvatama ja arendama. Kõrgetasemelise õli eraldamine Venemaal algas 1860. aastal, mille tulemusena saavutati õli sisaldus seemnes 28%-lt peaaegu 50%-le (Putnam jt, 1990).

Päevalilliseemneid kasutatakse nii loomasöödana kui ka inimeste toidumenüüs. Õliseemneid kasutatakse enamasti taimeõlide allikana. Ülemaailmselt on päevalilliseemned rapsi-, soja- ja puuvillaseemnete kõrval üks enim toodetud õliseemneid (Mirpoor jt, 2021).

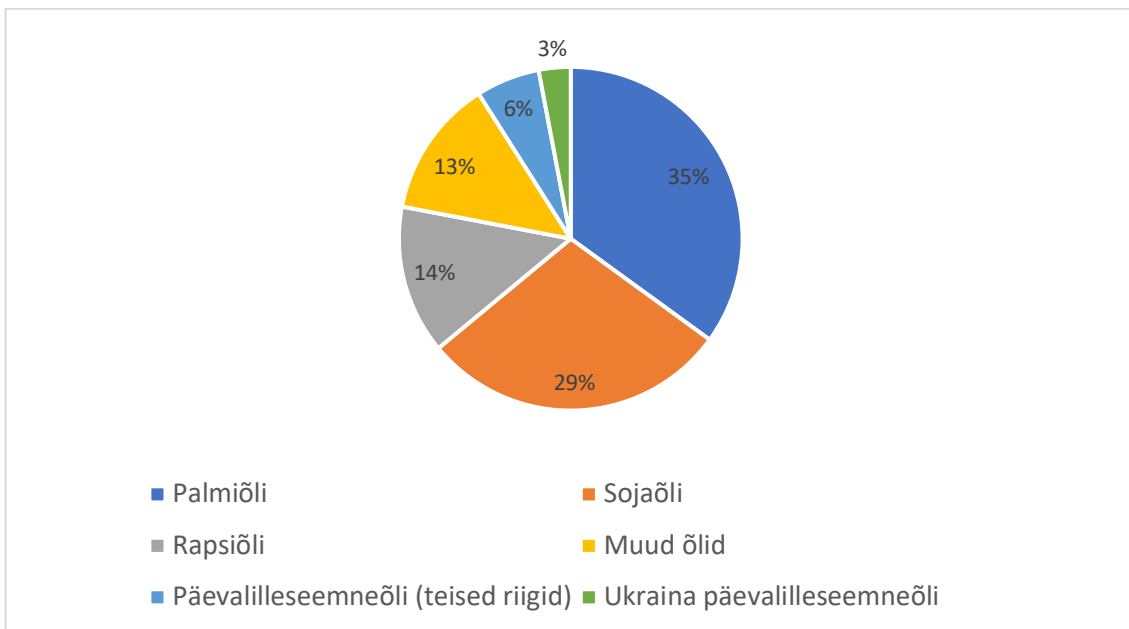
Tänapäeval kasvatatakse peamiselt kahte liiki päevalilliseemneid: õliseemnete tootmiseks ja mitteõliseemnete jaoks mõeldud päevalilliseemneid. Mitteõliseemnete tootmiseks mõeldud päevalilliseemned on tuntud ka kui kondiitritoodete tüüpi seemned. Vähem kui 10% kogutoodangust koosneb kondiitritüüpi sortidest, mida tarbitakse suupistetena ja kasutatakse lemmikloomatoitudes. Olgugi, et seeme on pärit subtroopilistest võõnditest, on see tänu selektiivsele aretusele väga kohanemisvõimeline, eriti parasvöötme piirkondades. Päevalill on kohastunud paljude mullastikutingimustega, kuid kasvab kõige paremini hästi kuivendatud, suure vettapidava võimega muldadel, millel on peaaegu neutraalne pH (6,5-7,5) (González Pérez, 2003).

FAOSTAT 2021 kohaselt on suurimad päevalilliseemnete tootjad (joonis 1) maailmas Ukraina (16000000 tonni aastas) ja Venemaa (15000000 tonni aastas), järgnevad Argentiina, Hiina, Rumeenia, Türgi ja Bulgaaria. Kokku toodetakse päevalilliseemneid maailmas umbes 60 miljonit tonni aastas, millest 73% toodetakse Euroopas (FAO, 2023).



Joonis 1. Suurimad päevaliliseemnete tootjad (2021)(koostatud FAO, 2023 andmete põhjal)

1985. aastal oli päevaliliseemned arvestuses juba neljas suurem õlitaim tonnaažist (sojaubade, puuvillaseemnete ja maapähklite järel) ja neljas peamine allikas toiduõlile (pärast sojaube, puuvillaseemneid ja rapsiseemneid), mis on püsinud siiani (joonis 2).



Joonis 2. Taimsete õlide toodangu jaotuvus (2020/21) (Ben jt, 2022)

Tootmist pärsvivad ilmastikumuutused, näiteks pikad kuumad suved ja vähene sademete hulk. Lisaks on Venemaa sõda Ukraina vastu toonud kaasa päevalille kasvupinna vähenemise. Hinnanguliselt jääb Euroopas Ukraina-Vene sõja tõttu päevalilleseemne toodang alla viie aasta keskmise (Ben jt, 2022).

1.1.1. Päevalilleseemne koostis

Päevalilleseemned koosnevad tuumadest ja kestadest. Kestad moodustavad 21–30% seemnete massist ja neid peetakse üldiselt kõrvalsaaduseks.

Peamised päevalilleseemne koostisosad on õli ja valgud. Seemnete tuumad sisaldavad umbes 20–40% valke ja 47–65% lipiide. Päevalilleõli hädusust seostatakse tavaliselt vaha olemasoluga, mida leidub peamiselt kestades (83 %). Umbes 87–99% päevalille seemnete lämmastikust on valguline-lämmastik. Ülejäänud 13% pärineb peptiididest, aminohapetest või muudest lämmastikku sisaldavatest ühenditest. Ka süsivesikud on päevalilleseemnete oluline komponent. Kestad koosnevad suures osas ligniinist, pentosaanidest ja tselluloosmaterjalist. Päevalilleseemned sisaldavad ka suures koguses mineraalaineid. Siiski on nad sageli fütiinhappega kompleksis ja seetõttu ei ole bioloogiliselt kergesti kättesaadavad (Rosa jt, 2009).

Antud väärtused sõltuvad suuresti päevalillesordist. Tabelis 1 on võrreldud omavahel kahe erineva sordi kooritud ja koorimata seemneid, kus näeme, et seemne valgu ja õli sisaldus võivad olla mõjutatud ka niiskussisaldusest (Petraru jt, 2021).

Tabel 1. Päevalilleseemnete keemiline koostis 100 g kohta Embrapa sort 1 ja sort 2 (Rosa jt, 2009)

Sort	1		2	
	Seemned	Kooritud seemned	Seemned	Kooritud seemned
Niiskus	6,74	2,48	5,65	3,07
Valgusisaldus (lämmastik x 5,3)	18,23	19,66	14,73	17,65
Tuhk	3,88	4,33	2,97	3,23
Õli	36,14	46,81	44,08	51,91
Toorkiud	11,35	10,28	10,68	ND

ND – pole määratud (ingl *non-determined*)

Võrreldes teiste toitainetega on niiskusesisaldus seemnete puhul kõige olulisem just putukate nakatumise ja haiguste ennetamise tegur. Lisaks mõjutab niiskusesisaldus päevalilleseemnete füüsikalisi omadusi. Kirjanduses leiduvad niiskusväärtused jäävad tervete ja kooritud seemnete puhul vahemikku 2,5–6,32% ja 3–3,2%. Kestades on niiskussisaldus kõrgem võrreldes tuumaga. Tuumade madalat niiskussisaldust võib seletada kõrgema õlisisaldusega, kuna need kaks vedelikku ei segune (Petraru jt, 2021).

1.1.2. Rasvad/rasvhapped

Päevalilleõli pole mitte ainult üks kõige olulisemaid taimeõlised inimeste toidulaua, aga ka üks parimaid, kvaliteetsemaid taimeõlised oma rasvhappelise koostise poolest (Akkaya, 2018). Võrreldes teiste liikidega on seemned rikkad toorrasva poolest, mis tõenäoliselt tuleneb õlisisalduse suurendamiseks kasutatavatest aretustehnikatest (indutseeritud mutatsioon, hübriidisatsioon, molekulaarne aretus). Seemnete rasvasisaldus varieerub vastavalt seemnesordile ja erineb kirjanduses vahemike poolest. Eelnevalt mainitud allika põhjal näiteks 47-65% aga samas võib jääda ka vahemikku 37-54% (Petraru jt, 2021).

Lipiidid on päevalilleseemne põhikomponent, millest triglütseriidid moodustavad peamise lipiidide klassi. Standardtüüpi päevalilleõli sisaldab umbes 15% küllastunud ja 85% küllastumata rasvhappeid. Umbes 14-43% ja 44-75% küllastumata rasvhapetest on vastavalt oleiinhape (C-18:1) ja linoolhape (C-18:2). Need kaks hapet moodustavad ligikaudu 90% päevalilleõli rasvhapete kogusisaldusest. Ülejäänud 8–10% moodustavad palmitiinhape ja steariinhape (vastavalt C-16:0 ja C-18:0) (Awatif & Shaker, 2014).

Polüküllastamata rasvhapete kogus on ligikaudu 31%, mida saab nimetada märkimisväärselt suureks koguseks, võrreldes muude õliseemnetega: safloorseemned (28%), seesamiseemned (25%), linaseemned (22%), puuvillaseemned (18%), maapähklid (13%) ja soja (vastavalt 3,5%) (Guo jt, 2017).

Päevalilleõli liigitatakse oleiinhappesisalduse põhjal kolmeks: standardse- (14–39%), keskmise- (43–72%) ja kõrge oleiinhappesisaldusega (75–91%) õliks (Grompone, 2020).

Kui oleiinhappe tase päevalilleõlis on suurem, on linoolhappe tase väiksem ja vastupidi. Tabelis 2 on näidatud, kuidas rasvhappeline koostis sõltub oleiinhappe protsentuaalsest sisaldusest seemnes. Vastavalt kirjandusele jääb linoolhappe sisaldus 55–70% vahemikku, oleiinhappe sisaldus 20–25% vahemikku. Oleiinhape on monoküllastumata oomega-9 rasvhape, mis on võimeline alandama triatsüülgütseriidide ja madala tihedusega lipoproteiinide kolesterooli taset, suurendades kõrge tihedusega lipoproteiini (HDL) kolesterooli taset. Suurema oleiinhappesisaldusega päevalilleõlil on kõrgem oksüdatsioonistabiilsus, mis on soovitatav praadimisel, puhastamisel ja ladustamisel võrreldes madalama oleiinisaldusega õlidega (Guo jt, 2017).

Tabel 2. Päevalilleõli rasvhappeline koostis (Akkaya, 2018)

Rasvhapped	Päevalilleõli (%) (standardne oleiinhappesisaldus)	Päevalilleõli (%) (keskmise oleiinhappesisaldus)	Päevalilleõli (%) (kõrge oleiinhappesisaldus)
Palmitiinhape	5,0–7,6	4,0–5,5	2,6–5,0
Steariinhape	2,7–6,5	2,1–5,0	2,9–6,2
Oleiinhape	14,0–39,4	43,1–71,8	75,0–90,7
Linoolhape	48,3–74,0	18,7–45,3	2,1–17,0
Linoleenhape	0–0,3	0–0,5	0–0,3

Linoolhape, kuulub ω -6 rasvhapete perekonda, millel on kaks kaksiksidet positsioonides 9 ja 12. Linoolhape on polüküllastumata asendamatu rasvhape, mida leidub enamasti ainult taimeõlides. Seda kasutatakse prostaglandiinide ja rakumembraanide biosünteesis (Guo jt, 2017).

Küllastunud rasvhapped on vabade radikaalide rünnakule vastupidavamad kui küllastumata rasvhapped. Päevalilleõli sisaldab ligikaudu 70% linoolhapet, mis muudab selle vastuvõtlikuks lipiidide oksüdatsioonile. Lisaks põhjustab rasvhapete kaksiksidemete asend ja arv erineva koostisega aldehüüdide tootmist, näiteks linoolhape annab 9- ja 13-hüdroperoksiidi, mis laguneb heksanaaliks (Ghorbani Gorji jt, 2019).

1.1.3. Valgud

Funktsionaalsete omaduste poolest sarnanevad päevaliliseemne valgud soja ja teiste kaunviljade valkude omadustega. Päevaliliseemned koosnevad ligikaudu 20% valgust, mis on oluliseks väevli- ja lämmastikuühendite allikaks, toetades seemne kasvu pärast idanemist (Guo jt, 2017). Võrreldes teiste õliseemnetega on päevaliliseemned suhteliselt rikkad väevlit sisaldavate aminohapete poolest (Žilić jt, 2010). Need väevlirikad valgud on antioksüdantse toimega, toetades inimese metaboolseid protsesse, sealhulgas lihas- ja skeletirakkude arengut ja insuliini tootmist (Žilić jt, 2010).

Tabelis 3 on ära toodud näide võimalikust päevaliliseemne aminohappelisest koostisest. Võrdluseks on võetud töötlemata ja töödeldud seeme.

Tabel 3. Töötlemata ja röstitud päevalilleaseemnete aminohappelised profiilid (g/16g N) (González Pérez, 2003)

Aminohapped	Töötlemata päevalilleaseemned	Röstitud päevalilleaseemned
Lüsiin	4,91	5,57
Histidiin	2,49	5,24
Arginiin	6,97	7,31
Aspartaathape	10,33	12,44
Treoniin	2,52	3,01
Seriin	4,04	4,23
Glutamaathape	13,98	14,83
Proliin	3,13	2,53
Glütsiin	4,13	3,85
Alaniin	4,10	2,77
Tsüsteiin	1,48	0,89
Valiin	4,39	4,12
Metioniin	1,22	0,79
Isoleutsiin	4,02	1,94
Leutsiin	6,70	7,09
Türosiin	3,00	3,32
Fenüülalaniin	5,05	5,15
Trüptofaan	ND	ND

ND – pole määratud (ingl *non-determined*)

Päevalilleaseemnel on hästi tasakaalustatud aminohapete spekter, olles glutamiini/glutamiinhape, asparagiini/asparagiinhape, arginiini ja tsüsteiini väärtuslikuks allikaks (Guo jt, 2017). Päevalillevalk sisaldab vähe lüsiini. Vastavalt kirjandusele on lüsiini, treoniini, tsüstiini ja metioniini keskmine sisaldus kaheteistkümnese päevalille genotüübis keskmiselt vastavalt 3,72, 3,65, 1,63 ja 2,33 g/16 gN. Vastavalt kirjandusele on glutamiinhape kõrgeima kontsentratsiooniga aminohape (19,18 g/16 gN) (González Pérez, 2003).

1.1.4. Bioaktiivsed ühendid

Taimeriigis on hulgaliselt fütokemikaale, mille hulgas on kõige rikkalikumalt esindatud fenoolsed ühendid. Fenoolsetel ühenditel on oluline roll pigmentatsioon, kasv, paljunemine, patogeeniresistentsus ja paljude muude funktsioonide tarvis. Peamised fenooli alamklassid õliseemnetes on fenoolhapped (hüdroksüülitud bensoe- ja kaneelhappe derivaadid), kumariin, flavonoidid, tanniinid ja ligniini rühma ühendid (Taha jt, 2012).

Söödavad seemned ja idud on heaks antioksüdantide allikaks, sealhulgas flavonoidid, fenoolhapped, mikroelemendid ja vitamiinid. Viimastel aastakümnetel on leitud päevalilleaseemnetest erinevaid flavonoide, mis on andnud oma panuse farmaatsia arengusse. Flavoonid ja favonoolid on kõige sagedamini esinevad favonoidstruktuuritüübid *Asteraceae* sugukonnas. Nendele fenoolsetele ühenditele omistatakse suur hulk bioloogilisi kasutegureid, näiteks antibakteriaalne, viirusevastane, põletikuvastane, allergiavastane, tromboosivastane ja veresooni laiendav (Guo jt, 2017).

Paljud uuringud näitavad päevalilleaseemnete polüfenoolide suurt antioksüdantset potentsiaali (nt kofeiin-, kloro-, kafeolükviin-, sinaap-, feruliin-, gallus-, kumar-, ja protokatehhapped, glükosiid, glükopüranosiid, ja tsünariin), mis jäävad õliks töötlemisel alles. Seevastu fenoolsed ühendid võivad vähendada päevalilleaseemne valkude kvaliteeti, pärssides seedimist, põhjustades toidu soovimatut pruunistumist ja struktuurimuutusi ning muutes valkude funktsionaalseid omadusi ja käitumist erinevates toidumaatriksites (Guo jt, 2017).

Kloro- ja kofeiinhapped on väidetavalt vajalikud enterobakterite, *Staphylococcus aureuse* pärssimiseks, *Bacillus subtilis* ja *Pseudomonas aeruginosa* ning muude toidu kaudu levivate patogeenide inhibeerimiseks (Taha jt, 2012).

E-vitamiin ja teised tokoferoolid on olulised päevalilleõli komponendid. Tokoferoolid on looduslikud rasvlahustuvad antioksüdantsed vitamiinid, mis on elujõulised nii *in vivo* kui ka *in vitro*. Kuigi tokoferool on keha normaalseks toimimiseks hädavajalik, ei saa inimkeha seda iseseisvalt sünteesida, seetõttu tuleb see eraldi dieeti lisada. Kultiveeritud päevalilleaseemnetes leidub mõõdukas koguses tokoferoole, peamiselt just alfa-tokoferooli. Vastavalt kirjandusele on tokoferoolide sisaldus olenevalt sordist väga erinev, 389–1873 mg/kg, mis sõltub asukohast, hübriidist ja päikese hulgast ning intensiivsusest. Päevalilleaseemnetes leidub E-vitamiini võrreldes (37,8 mg/100 g) linaseemnete, seesamiseemnete ja sojaga rohkem (need kõik sisaldavad vähem kui 3 mg/100 g) ja enam isegi maapähkliga võrreldes (10,1 mg/100 g) (Guo jt, 2017).

Päevalilleaseemned sisaldavad ka kõrgeid niatsiini ning A-, B- ja C-vitamiini kontsentratsioone. Lisaks on nad rikkad mineraalainete, eriti kaltsiumi, raua, magneesiumi, fosfori, kaaliumi, seleeni ja tsingi, samuti kolesterooli alandavate fütosteroolide poolest (Guo jt, 2017).

1.2. Suspensioonid

Suspensioonid on disperssed süsteemid (pihussüsteemid), mida defineeritakse kui süsteeme, mis koosnevad kahest või enamast heterogeenselt või homogeenselt materjalist, kus tahked osakesed (dispersne süsteem) on segatud vedelikuga (dispersioonikeskkond). Nad on ebapüsivad ja ebaühtlased segude süsteemid. Pihuseid liigitatakse osakeste mõõtmete alusel: kolloidsüsteemiks, mille osakeste läbimõõt on 1 ... 100 nm (10^{-7} – 10^{-9} m) ning jämepehusteks, kus osakeste mõõtmed on suuremad kui 100 nm. Vastavalt kaubanduslike toidususpensioonide üldistele füüsikalistele omadustele liigitakse neid viide rühma (tabel 4) (Martínez-Padilla, L. P., 2005).

Tabel 4. Toidususpensioonide liigitamine (Martínez-Padilla, L. P., 2005)

Grupp	Iseloomustus	Levinumad toiduained
I	Lahjad kolloidsed suspensioonid	Puuviljamahlad, piim
II	Keskmise kontsentratsiooniga kolloidsed suspensioonid	Viljalihaga puuviljatooted: püreed, kastmed
III	Kontsentreeritud kolloidsed suspensioonid	Tärklisekastmed, juurviljamäärded
IV	Jämedad osakesed veetaolises vedelikus	Juurviljasupid, puuviljad siirupis
V	Jämedad osakesed viskoosses vedelikus	Kastmed: seemnetega sinep, mehhikopärased kastmed seemnetega; kreemised supid, pastatooted kastmetes, liha kastmetes (kanaraguu, lihapallid); jogurt puuviljadega; seemnetega puuviljahoidised

Suspensioon on jämepehkus, mis moodustub tahke lahustumatu aine pihustumisel vedelikus. Kuna suspensioonid sarnanevad oma reoloogiliste omaduste tõttu toidumaatriksis toiduemulsioonidele (deformeeruvad osakesed vedelik-vedelik keskkonnas), vahtudele (gaas vedelikus) ja kolloidsuspensioonidele, uuritakse neid kõiki sageli samaaegselt koos. Paljud toidud on kolloidsed suspensioonid, milles pidevaks faasiks on vesifaas (Martínez-Padilla, L. P., 2005).

Suspensioonide omadusi mõjutavad nii dispersiooni keskkonna kui ka disperssete faaside keemilised ja füüsikalised omadused ning omakorda nendevahelised vastasmõjud, mis segudes tekivad. Väga oluline füüsikaline omadus, mis mõjutab suspensioonide käitumist, on osakeste suuruse jaotus, määrates osakeste settimisomadused ning ka reoloogilised omadused (nt. voolavus ja deformatsioon). Kõik suspensioonid, sealhulgas jämedad emulsioonid, on olemuselt termodünaamiliselt ebastabiilsed. Läbi osakeste juhusliku liikumise ajas nad liituvad, mille tulemusel väheneb eripinna pindala ja pinnaenergia. See füüsikaline omadus mõjutab eriti neid segusid, kus osakeste esialgne suurus on väga väike, nagu näiteks kolloidsed osakesed (vähem kui 1 mikron). Osakeste suurus suurenevad loomulikult aja jooksul, välja arvatud juhul, kui neile rakendada takistusi, et nad ei oleks võimelised kokku puutuma ega kleepuma omavahel. See kehtib nii vedelik/vedelik, kui ka tahke/vedelik suspensioonide kohta. Osakeste kokkupõrke sagedus sõltub vastavalt suurusele, kontsentratsioonile, dispersioonikeskkonna viskoossusele ja temperatuurile. Kui osakesed ei ole hästi stabiliseeritud, siis nad aja jooksul alati agregeeruvad. Samuti raskemad osakesed settivad aja jooksul gravitatsiooni toimele (Hiemenz, 1997).

Osakeste puhul on kaks põhilist interaktsiooni vormi – külgetõmme või tõukumine. Kas kaks teineteisele lähenevat osakest ühinevad või mitte, sõltub sellest, milline on potentsiaalne energiabarjäär nende vahel. See potentsiaalne energiabarjäär tekib tõukejõudude ja elektrostaatiliste külgetõmbejõudude vaheliste suuruste erinevuste tagajärjel. Kui külgetõmbejõud domineerivad, siis osakesed kleepuvad; kui tõukejõud on tugevam, siis jäävad osakesed hõljuma üksteisest eraldi. Tõmbejõud (nimetatakse van der Waalsi jõududeks) tõmbavad osakesed kokku isegi täiesti mittepolaarsetes süsteemides, rakendudes isegi kaugetel vahemaadel. Tõmbejõudude suurusjärgud suurenevad kui vesiikuli polaarsus väheneb (Hiemenz, 1997).

Selleks, et säilitada suspensiooni kõrgeim stabiilsuse aste, tuleb külgetõmbejõudu hoida võimalikult madalal. Selleks aga peab olema piisavalt jõudu, mis seda takistab (Hiemenz, 1997).

Maapähklivõid on kirjeldatud võidetaolise dispersioonina või väga kontsentreeritud suspensioonina, kus väikesed (kuid mitte kolloidsed) tahked sfäärilised maapähkliosakesed on disperseeritud õli pidevas faasis. Sellised võided ei oma loomulikku struktureeritud rasvakristallide võrgustikku, vaid nende stabiilsus tuleneb disperseeritud osakeste tihedast pakkimisest pidevas faasis. Umbes 50/50 maapähklivõie tahkete osakeste/lipiidide kogus annab tulemuseks suspensiooni, mis sarnaneb tihedalt fraktsioonidena pakitud suspensioonidele. Hinnanguliselt on stabiliseerimata fraktsioonide „100% maapähklivõie“ mahuosa 0.6, samas, kui monodispersete sfääride juhuslikuks tihedaks pakkimisfraktsiooniks peetakse tavaliselt ~0,64. Kuigi see süsteem ei ole tihedalt pakitud, avaldab osakeste ja osakeste vastasmõju maapähklivõie reoloogilistele omadustele siiski suurt mõju; see võib olla põhjustatud ummistumisest, mis ühtlasi aitab kaasa nii stabiliseerimata kui ka stabiliseeritud maapähklivõie tahkele iseloomule (Tanti jt, 2016).

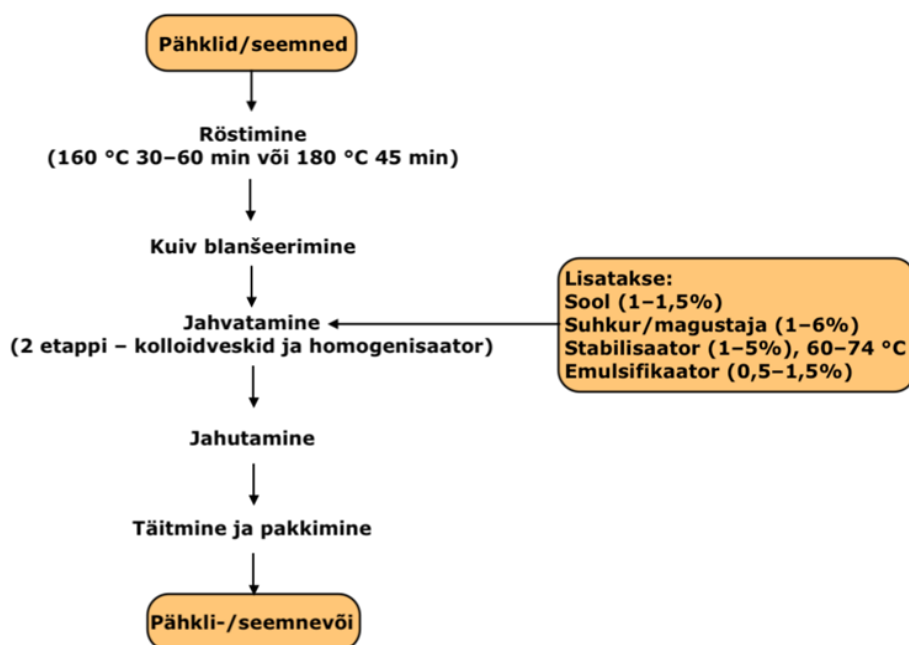
1.3. Võided

Päevalille (*Helianthus annuus*) seemnevõie võeti esmakordselt kasutusele 1980. aastate alguses. Siiski ebaõnnestus toode toiduainete turul just päevalilleseemne kiulise väliskihi tõttu, mis vale röstimistehnikaga säilitab tootes liigse niiskuse. Lisaks oli tulemuseks tarbijale vastuvõetamatu tekstuur ja välimus, sealhulgas roheline värvus ja mõrkjas röstitud maitse. Lisaks leiti, et röstimisel ja stabilisaatori kontsentratsioonil on oluline mõju võide kõvadusele ja õli eraldumisele (Lima & Guraya, 2005).

Päevalillevõie on toitev suupiste, mis on valmistatud kooritud, blanšeeritud ja röstitud seemnetest. Sageli lisatakse tootele teksturi ja maitse parandamiseks soola, magustajaid ning säilivusaja pikendamiseks ka stabilisaatoreid ja emulgaatoreid (Lima & Guraya, 2005).

Seemnevõided jaotatakse vastavalt rasvasisaldusele: margariin (min 80% rasva); kõrge rasvasisaldusega võided (62-80%); vähendatud rasvasisaldusega võided (40-62%); madala rasvasisaldusega võided (alla 20%). Traditsiooniliselt toodetakse maapähkli- ja seemnevõideid toorettest, tervetest ja/või tükeldatud maapähklitest või seemnetest, röstimise ja blanšeerimisega, millele järgneb peenestamine ja/või homogeniseerimine ning säilivusaja pikendamiseks jahutamine (joonis 3) (Ningtyas, 2023).

Saadud tootele võib lisada soola, magustajaid ja stabilisaatoreid, mis üldiselt parandavad valmistoote sensoorseid ja kvaliteediomadusi. Stabilisaatorid koosnevad tavaliselt kõrge sulamistemperatuuriga rasvakomponentidest, mis lisatakse peenestamisetapis või siis, kui toodet hoitakse kõrgel temperatuuril (USA patendid nr 3 129 102; 3 671 267) (Baker jt, 1966).



Joonis 3. Pähkli-/seemnevõide valmistamise skeem (Ningtyas, 2023)

Taimsete võiete tekstuursed omadused sõltuvad pähkli- või seemne sordist, töötlemistingimustest ja täiendavate koostisosade lisamisest. Taimne võie peab säilitama optimaalse tugevuse, ühtlase struktuuri ja määratavuse, et tagada piisav nakkuv-kleepuv tekstuur. Taimsetel võietel on suur tõenäosus oksüdeeruda, millest sõltub antud toodete säilivusaeg (Ningtyas, 2023).

1.4. Päevalillevõide säilivus

Päevalillevõie on oma olemuselt kontsentreeritud suspensioon. Seemnevõie säilivusaega võivad mõjutada sellised tegurid nagu mikroobne saastumine, lipiidide oksüdatsioon ja tekstuuri muutused. Mikroobne saastumine võib olla seotud bakterite ja/või seentega ning võib põhjustada riknemist või muutuda toiduohutuse seisukohast probleemseks, kui kaasatud on patogeenid. Kuna seemnetel on kõrge lipiidide sisaldus ja kui toodet hoitakse rääsumist soodustavates tingimustes ning pole sobivaid antioksidante, võib õli olla vastuvõtlik oksüdeerumisele. Olenevalt jahvatatud seemnete osakeste suurusest võib toimuda graanulite eraldumine ning suuremad ja raskemad

osakesed võivad vajuda anuma põhja, samas kui väiksemad ja kergemad osakesed koos õliga võivad kerkida ülemistesse kihtidesse. (joonis 4) (Chien & Pascall, 2021).



Joonis 4. Õli eraldumine võidest (Fric, 2017)

See võib põhjustada alumiste tahkete kihtide kõvenemist ja raskendada toote anumast väljavõtmist ja halvendada määratavust, näiteks pagaritoodetele. Kui õli, mis kerkib seemnevõide ülaossa, puutub kokku anuma ülaosas oleva õhuga, võib see oksüdeeruda, põhjustada rääsumist ja lühendada toote säilivusaega (Chien & Pascall, 2021).

Lipiidide kvaliteedi halvenemine on iseloomulik rasvarikastele toitudele nagu taimeõli, seapekk või võipõhised tooted (näiteks pähklimäärde, küpsised, suupisted, margariin, kastmed). Suur küllastamata rasvhapete kogus tootes muudab õli seemnevõides ladustamise ajal vastuvõtlikuks oksüdeerumisele. Töödeldud suure õlisisalduse ja polüküllastumata rasvhapetega õliseemnetel suureneb aga veelgi nende vastuvõtlikkus lipiidide kvaliteedi halvenemisele, mõjutades neid röstimisest tuleneva termilise stressiga (Mureşan jt, 2016).

Seetõttu on lipiidide oksüdatsioon peamine põhjus kõrvalmaitsete ja rääsumise tekkimisel. Lipiidide oksüdatsioon vähendab ka toote toiteväärtust ja võivad tekitada toksilisi ühendeid, ning on seetõttu toidu kvaliteedi hindamisel oluline küsimus (Chien, 2015).

Seemnevõide riknemise ja säilivusaja lühendamise vähendamiseks tuleks võtta toote valmistamisel kasutusele lisameetmeid. Rääsumise korral saab seda minimaliseerida sobivate antioksüdantide abil, eriti seetõttu, kuna paljud tarbijad säilitavad seemnevõidet tavaliselt toatemperatuuril. Et vähendada seemnevõis sisalduva õli eraldumise võimalust, tuleks tootele lisada sobivat stabilisaatorit või emulgaatorit (Chien & Pascall, 2021).

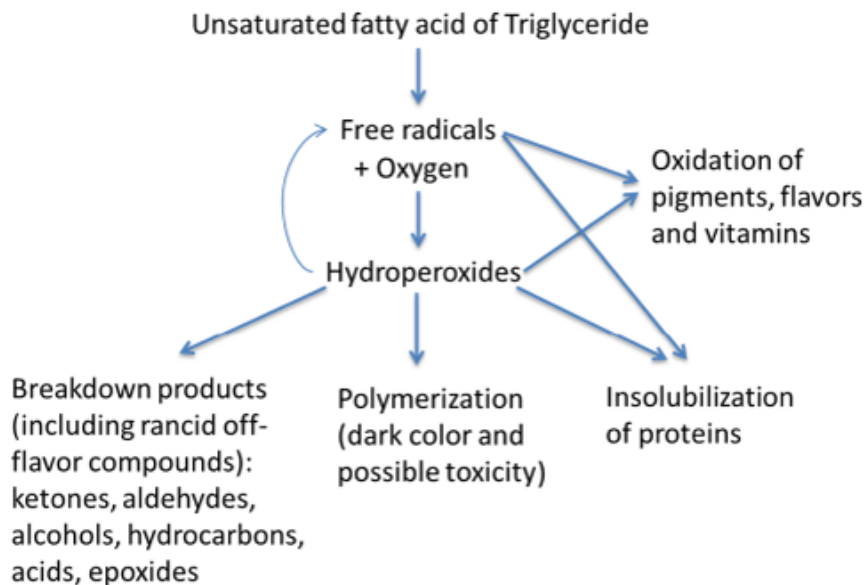
1.4.1. Oksüdatsioon

Õlide oksüdatiivne stabiilsus tähendab töötlemise ja ladustamise ajal vastupidavust oksüdatsioonile. Seda saab väljendada kui aega, mis kulub oksüdatsiooni kriitilise punkti saavutamiseks, väljendatuna sensoorse muutuse või oksüdatiivse protsessi järsu kiirenemisena. Oksüdatiivse stabiilsuse määramine on oluline õli kvaliteedi ja säilivusaja jaoks, sest oksüdatsiooni käigus tekivad madala molekulmassiga kõrvalmaitseühendid. Kõrvalmaitseühendid muudavad õli vähem vastuvõetavaks või vastuvõetamatuks tarbijatele või mittersobilikuks tööstuslikuks kasutamiseks toidu koostisosana. Õlide oksüdatsiooni tulemusel hävitatakse ka asendamatud rasvhapped ning toodetakse mürgiseid ühendeid ja oksüdeeritud polümeere (Choe & Min, 2006).

Toiduõlis sisalduvad triatsüülgütseroolid oksüdeeruvad töötlemise ja ladustamise ajal sõltuvalt hapniku tüübist autooksidatsiooni ja/või foto-oksidatsiooni toimetel. Seda määratletakse kui lipiidide spontaanset reaktsiooni õhuhapnikuga vabade radikaalide ahelreaktsiooni kaudu (Choe & Min, 2006).

Primaarsed oksüdatsiooniproduktid, nagu lipiidide hüperperoksiidid, on madalamatel temperatuuridel ja metallide puudumisel suhteliselt stabiilsed. Kuid metallide juuresolekul või kõrgel temperatuuril võivad need kergesti laguneda ja moodustada seejärel madalmolekulaarsedprodukte nagu aldehüüde, ketoone, happeid, estreid, alkohole ja lühikese ahelaga süsivesinikke. Enamik hüdroperoksiidide lagunemissaadusi põhjustab oksüdeeritud toiduõli kõrvalmaitset (Choe & Min, 2006).

Joonisel 5 on näidatud lipiidide oksüdatsiooni üldine mehhanism, mis koosneb kolmest faasist: vabade radikaalide moodustumine; vabade radikaalide ahelreaktsioon; lõpus moodustunud stabiilsed mitteradikaalsed ühendid.



Joonis 5. Lipiidide oksüdatsiooni lihtsustatud skeem (Sochr jt, 2014)

Sekundaarsed oksüdatsiooniproduktid tekivad kohe pärast hüdroperoksiidi moodustumist oliivi- ja rapsiõlis. Päevalille- ja saflooriõlides, tekivad sekundaarsed oksüdatsiooniproduktid siis, kui hüperperoksiidide kontsentratsioon on märgatav (Guillén & Cabo, 2002).

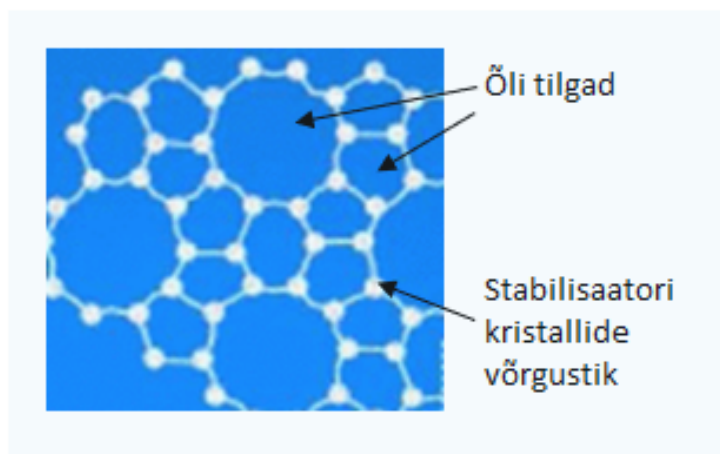
1.5. Stabilisaatorid

Füüsikalise stabiilsuse alla kuuluvad omadused alates välimusest, värvist kuni viskoossuse säilitamiseni. Paljud stabiilsusparameetrid toiduainetööstuses sõltuvad näiteks võiete puhul vähemalt osaliselt, kui mitte täielikult, suspensioonide stabiilsusest – suspensioonide võimest jääda algsesse olekusse (McClements & Jafari, 2018).

Nii nagu emulsioonid, on ka suspensioonid termodünaamiliselt ebastabiilsed ja kipuvad seetõttu aja jooksul füüsikalise-keemiliste mehhanismide mõjude tõttu aja jooksul lagunema, sealhulgas leiab aset ka gravitatsiooniline eraldumine, flokulatsioon, osakeste ühinemine, Ostwaldi küpsemine ja faaside eraldumine (McClements & Jafari, 2018).

Seetõttu lisatakse säilivusaja pikendamiseks suspensioonidesse stabilisaatoreid, nagu näiteks emulgaatoreid, tekstuuri modifikaatoreid ja mahuaineid (McClements & Jafari, 2018).

Stabilisaatorid vähendavad kahe erineva faasi vahelist tiheduste erinevust (õli ja tahke faasi). Stabilisaatorid on osaliselt või täielikult hüdrogeenitud taimeõlid, taimeõlide mono-, di- või triglütseriidid või nende kombinatsioonid. Need kristalliseeruvad madalal temperatuuril, moodustades võrgustiku, mis suudab õli endasse kinni püüda ja mida kasutatakse stabiliseeritud maapähklivõide valmistamisel (joonis 6). Tekkinud struktuur annab maapähklivõidele ka viskoelastsuse (Woodroof, 1983).



Joonis 6. Õli-stabilisaatori segu, kus stabilisaatori kristallivõrgustik stabiliseerib õlitilgad süsteemi

Emulgaatori lisamine maapähklivõidele vähendab kleepuvust, nii et see ei kleepu suulae külge. Sobivate emulgaatorite hulka kuuluvad letsitiin ja rasvhapete mono- ja diglütseriidid, näiteks sojaoa mono- ja diglütseriidid (Gorrepati jt, 2015).

Suuremat õlikogust sisaldavad tooted on vähem kleepuvad (väiksem nakkejõud) ja rohkem määratavamad (kõrgem adhesioonivõime) kui seda on väiksema õlisisaldusega proovid. Nii näiteks on pekaanipähklitele omane kõrge õlisisaldus (65%-75%), mis annab pekaanipähklivõidele vedelama tekstuuri, aga sel kipub olema ka suurem õlialdus. Selle tulemusena on ülioluline säilitada kogu tahke aine õlis, et saavutada vastuvõetav võie (McClements & Jafari, 2018).

Erinevat tüüpi õlid mõjutavad ka toodete määrimisomadusi. Näiteks originaalis ei kristalliseeru pähklivõide looduslik õli toatemperatuuril. Võides kasutatakse selleks ühtlaselt segatud hüdrokeenitud taimeõlisid, mis kristalliseeruvad toatemperatuuril. Üldisel viiakse hüdrokeenitud õli segamisprotsess läbi selle sulamispunktist kõrgemal temperatuuril, et tagada hüdrokeenitud õli täielikum hajumine (McClements & Jafari, 2018).

Seega on sobiva stabilisaatori valik üks olulisemaid otsuseid suspensioonitoodete valmistamisel.

Maapähklivõietes kasutatavad kaubanduslikud stabilisaatorid koosnevad tahketest glütseriididest, mis on suspendeeritud vedelas glütseriidvesiikulis, mis aitavad vältida maapähklivõides õli eraldumist ülejäänud koostisosadest pärast toote valmimist ja pakendamist. Lisatud stabilisaatorid moodustavad umbes 1,5% kuni umbes 3,0% maapähklivõide lõpptootest (McClements & Jafari, 2018).

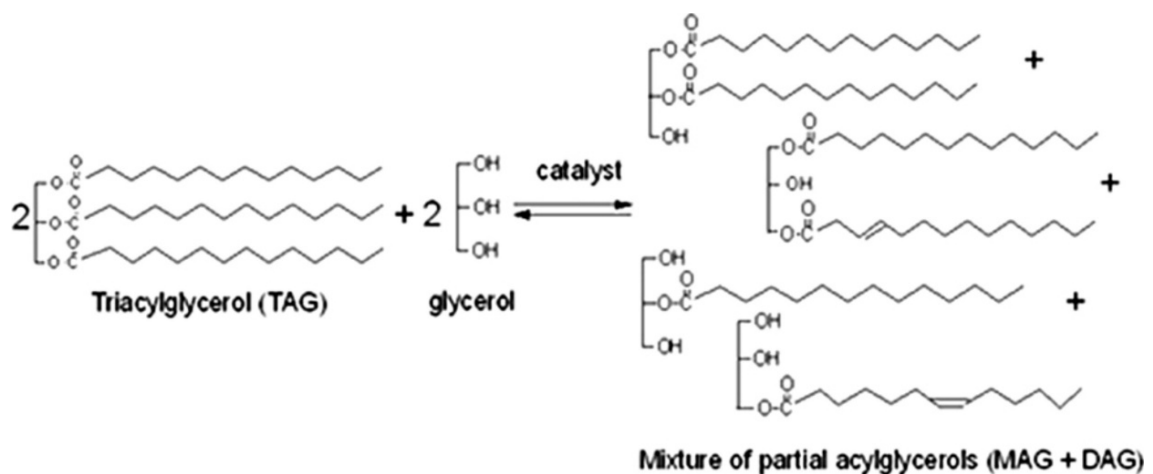
1.5.1. Töös kasutatud stabilisaatorite tüübid

Rasvad ja õlid on peamiselt triatsüülgütseriidid, mis on glütserooli ja kolme rasvhappe estrid. Rasvade kõvaduse ja funktsionaalsed omadused määrab nende rasvhappeline koostis, rasvhapete paigutus glütserooli selgroos ja triglütseriidide polümorfsed kristallvormid. Kõige levinumad rasvhapped tahkete rasvade hulgas on lauriin-, palmitiin-, oleiin- ja steariinrasvhapped, mis formuleeruvad triglütseriididest ja tahkenevad ümbritseval temperatuuril. Tahkete rasvade või õlide kristalliseerumisomadused määrab üks või mitu neljast omadusest: 1) palmitiinrasvhappe sisaldus, 2) palmitiin- ja steariinrasvhapete jaotus ja asend triglütseriidimolekulis, 3) hüdrokeenimisaste, ja 4) randomiseerimise aste. Toiduainetesse, mida soovitakse säilitada tahketena toatemperatuuril võimalikult kaua, lisatakse kindla rasvhapete profiiliga triglütseriide, mis annavad sobiva sulamistemperatuuri ja rasvasisaldusega tahke toote. Soovitud tahke struktuuri ja sulamistemperatuuri saamiseks on vaja muuta looduslikke rasvu ja õlisid erinevate tehnikate abil, sealhulgas hüdrokeenimine ja destilleerimine (Tang, 2019).

1.5.2. Mono- ja diglütseriidid (MDG)

MDG-d ja nende derivaadid moodustavad umbes 70% toidutööstuses toodetavatest emulgaatoritest ja stabilisaatoritest maailmas, mis teeb neist kõige olulisema kasutuses oleva emulgaatorite grupi (Norn, 2015).

Toiduainetes kasutatavaid mono- ja diglütseriide saadakse keemilise protsessiga, kus loodusliku päritoluga triglütseriidid esterdatakse ümber glütserooliga (glütserooli), kasutades anorgaanilist katalüsaatorit ja kõrget temperatuuri (200 – 260°C) (joonis 7). Reaktsiooni käigus eraldatakse glütserooli molekulil asuvad rasvhapped mono-, di- ja triglütseriididest koosnevaks reaktsiooniseguks. Monoglütseriidi on võimalik kontseentreerida destilleerimisega, et saada tooteid, mille monoglütseriidide kontsentratsioon on tavaliselt vahemikus 90 kuni 95 massiprotsenti või isegi suurem (Barfod & Sparsø, 2007).



Joonis 7. Glütserooli, kus triglütseriid reageerib glütserooliga katalüsaatori juuresolekul, moodustade mono- ja diglütseriidide segu (Naik jt, 2014)

Glütserooli teel toodetud mono-diglütseriidid sisaldavad 40% kuni maksimaalselt 60% monoglütseriide, ülejäänud osa moodustavad diglütseriidid ja triglütseriidid. Kõrge diglütseriidi sisaldusega tooteid saab valmistada glütserooli teel, kasutades 6–8 osa glütseroolist (rasva 100 osa). See suhe annab segu, mis sisaldab 15% monoglütseriide, 50% diglütseriide ja 35% triglütseriide (Loi jt, 2019).

Tabelis 5 on näidatud rasva glütseroolisist saadud rasvafaasi segu, arvutatud erinevatel glütserooli kontsentratsioonidel.

Tabel 5. Glütserolüüsi tasakaaluliste segude koostis (Krog & Sparsø, 2004)

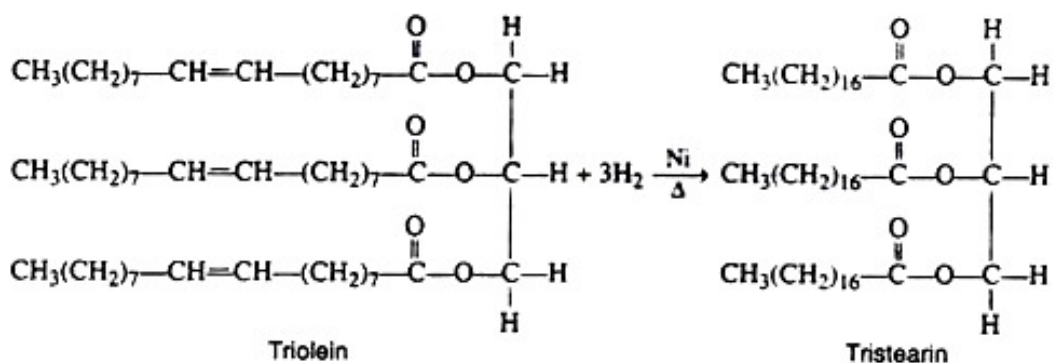
Triglütseriidile lisatud glütserooli hulk (%)	Tasakaaluline segu		
	Triglütseriidid (%)	Diglütseriidid (%)	Monoglütseriidid (%)
0	100	-	-
7	35	50	15
14	15	45	40
16	11	43	46
20	8	39	53
24	5	35	60

Välimuselt võivad monoglütseriidid olla valged või pruunikad. Struktuurilt helbed, pulbri või väikeste pärlite vormis, sõltuvalt viimistlusmehhanismist. Monoglütseriidid on vees lahustumatud, aga võivad moodustada stabiilseid hüdraatdispersioone (Loi jt, 2019).

Rasvhapete tüübid mõjutavad mono- ja diglütseriidide sulamiskäitumist, kusjuures küllastunud rasvhapetest koosnevatel mono- ja diglütseriididel on tavaliselt kõrgem sulamistemperatuur kui sama süsinikuarvuga küllastumata versioonil (Loi jt, 2019).

1.5.3. Hüdrogeenitud õlid

Hüdrogeenimist on vedelatest õlidest kõvade toorainete tootmiseks kasutatud alates 20. sajandi algusest. See hõlmab katalüsaatori olemasolul (nagu nikkel) molekulaarse vesiniku lisamist küllastumata rasvhapete kaksiksidemele, mille tulemusel väheneb rasvhapete küllastumatus ja seega suureneb rasvhapete sulamistemperatuur, mis omakorda tõstab oksüdatsiooni stabiilsust (joonis 8). Paljud hüdrogeenitud õlid võivad toimida tahke rasvana. Olenevalt kasutatud tingimustest, algõlidest ja küllastusastmest või isomerisatsioonist hüdrogeenimisprotsessis, saab toota laia funktsionaalsusega rasvu ja õlisid.

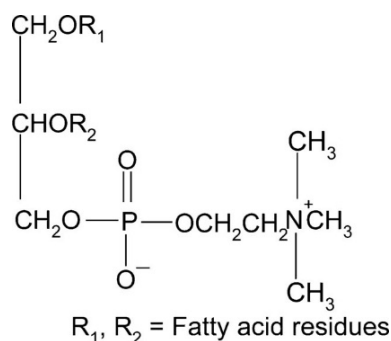


Joonis 8. Trioleeni hüdrogeenimine tristeariiniks (Meghna, 2016)

Hüdrogeenimine võib olla kas osaline või täielik hüdrogeenimine. Kui täielik hüdrogeenimine muudab taimeõlid täielikult küllastunud rasvadeks, siis osaliselt hüdrogeenitud taimeõlid on osaliselt küllastunud. Küllastumata õlide hüdrogeenimisaste määrab õli lõplikku käitumist tootes. Osaline hüdrogeenimine annab toiduainetööstuses suure paindlikkuse mitmesuguste füüsikaliste omadustega toatemperatuuril tahkete rasvade ja õlide kasutamisel. Geomeetriline isomerisatsioon osalise hüdrogeenimise käigus tekitab aga transrasvu, mida üha enam toiduainetööstuses püütakse vältida, kuna seda seostatakse kardiovaskulaarse terviseriskiga. Täielikult hüdrogeenitud rasvad ja õlid ei sisalda transrasvu, seega ei omastata neile sama terviseriski (Tang, 2019).

1.5.4. Letsitiin

Letsitiin ei ole ühtlane standardmaterjal, vaid looduslik segu pindaktiivsetest komponentidest, mis aitab kaasa üldisele emulgeerimisvõimele. Teaduslikus kirjanduses tuntakse letsitiini sageli kui koliini sisaldavat fosfolipiidi (joonis 9). Kaubanduslikus mõttes on letsitiin alati seotud fosfolipiidide seguga (üheskoos mõne muu komponendiga). (Norn, 2015).



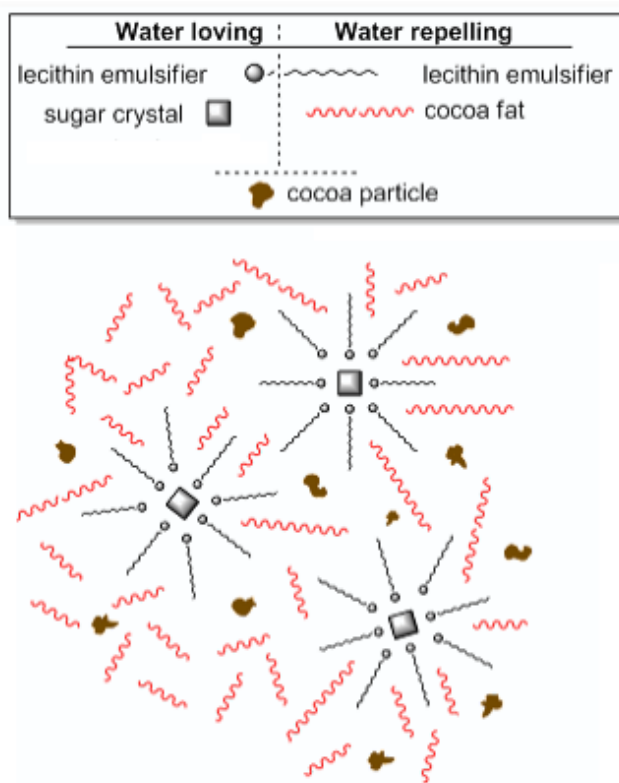
Joonis 9. Letsitiini struktuur (Pekdemir jt, 2005)

Fosfolipiide leidub kõikides eluvormides. Ainuke toormaterjal, mis on sobilik tööstusliku letsitiini saamiseks, on õliseemned ja munakollane. Taimses toormaterjalis on madal fosfolipiidide tase (maksimaalselt 2,5%) võrreldes loomse toormaterjaliga (munakollases 17%). Selle, kust letsitiin on pärit, määrab ära fosfolipiidide rasvhapete kompositsioon. Taimset letsitiini toodetakse taimeõli rafineerimisprotsessi kõrvalsaadusena. Taimeõlide stabiliseerimiseks settimise vastu ja ka edasiste rafineerimisetappide võimaldamiseks tuleb eemaldada fosfo- ja glükolipiidid (Norn, 2015).

Letsitiini koostis ei ole alati ühesugune, vaid sõltub toormaterjali päritolust. Näiteks sojaletsitiini puhul oleneb see soja sordist, geograafilisest paiknemisest, ilmastikust, säilitustingimustest ning töötlemisprotsessidest. Kuna letsitiini mitmesugused koostisosad (fosfolipiidid) aitavad lõpprakenduse funktsionaalsusele kaasa erineval viisil, on mõistlik letsitiini lõpptooteid standardiseerida erinevate toorkvaliteedi segude abil, et tagada ühtlane koostis ja seeläbi selle funktsionaalsus. Samuti võib fosfolipiidide sisaldus erineda, mida peab seetõttu samuti kohandama (Norn, 2015).

Lisaks lahtikeetmise protsessi teel saadud letsitiinile on veel teisigi meetodeid, tehnoloogiaid, kuidas letsitiini toota, nagu näiteks ensümaatiline modifitseerimine, keemiline modifitseerimine, lahusti ekstraheerimine. Kõik eelmainitud meetodid aitavad standardseid toiduletsitiine toota. Iga töötlemisprotsessi eesmärk on kohandada letsitiin täitma konkreetseid rakendusi toidumaatriksis, andes talle tehnilised või füsioloogilised omadused, mida looduslik letsitiin ei oma. Seetõttu on oluline teada toote konkreetseid erinevusi ja omadusi, et valida vastav kvaliteet, mis sobib kõige paremini lõpprakenduse nõuetele (Norn, 2015).

Letsitiini niisutav ja emulgeeriv toime tuleneb polaarsete lipiidide sisaldusest ja eelkõige fosfolipiidide kogusest. Et tagada letsitiini kvaliteet ehk puhtus, maitse ja toime, ei tohi see sisaldada lisandeid. Kuna letsitiin on amfiifiline aine, sisaldab ta ka vähesel määral vett (Norn, 2015, pp. 45-48). Nagu kõikidel amfiifilsetel ühenditel, letsitiin/fosfolipiidid, omavad nad pindaktiivseid omadusi, mis on oluline selleks, et neid saaks kasutada emulgaatoritena. Näiteks on šokolaad dispersioon, mis koosneb rasvases (pidevas) faasis jaotunud tahketest ainetest. See sisaldab väikseid kakaosakesi (keskmine läbimõõt ca 0,016 mm) ja suhkruosakesi, mis on nii väikesed, et meie ei tunne seda suus. Suhkur on hüdrofiilne (vett armastav) ja rasv tõrjub seda. Letsitiini oluline funktsioon on ehitada suhkruosakeste ümber kaitsekihid, et need ei eralduks rasvfaasist ega annaks teralist tekstuuri (joonis 10) (Norn, 2015).



Joonis 10. Skemaatiline joonis šokolaadi mikrostruktuurist (Fooladi, 2009)

Erinevatel fosfolipiididel on erinevad emulgeerimisomadused, seetõttu määrab ka letsitiini fosfolipiidide muster ära, millist emulsiooni tüüpi ta hakkab toidumaatriksis moodustama. Siiski

enamikes taolistes rasvarikastes võietes ei kasutata letsitiini kui ainukest emulgaatorit, vaid kui kaasemulgaatorit ning peamiselt just koos mono-diglütseriididega (ja osaliselt ka vadakuga) (Norn, 2015).

Mõned näited letsitiini kasutusest ja funktsionaalsusest vesi-õlis emulsioonides: lehttaigna margariinis annab letsitiin elastse venivuse nii, et katkematud rasvakiled jäävad alles ka siis, kui saia õhukesteks kihtideks rullida. Letsitiin kui eraldusaine: eraldusained on preparaadid, mis takistavad pagaritoodete ja kondiitritoodete kleepumist vormide külge tootmise käigus. Siin aitab letsitiini kasutamine säilitada pinnale vabaneva aine homogeensust ja parandada realiseerimisomadusi (Norn, 2015).

2. Töö eesmärk

Lähtudes AS Letofin'i, kui töö tellija vajadustest, seati töö eesmärgiks uurida nelja erineva stabilisaatori mõju päevalilleseemnevõide säilivusele, kolmes erinevas kontsentratsioonis, kasutades järgnevaid meetodeid, määrati: õli eraldumist, vabu rasvhappeid, peroksiidarve ,värvust, vee aktiivsust ja tekstuuri ning anti hinnang sensorsetele omadustele nagu: maitse, tekstuur, visuaalne välimus, lõhn.

3. Eksperimentaalosa

3.1 Materjalid ja meetodid

3.1.1. Materjalid

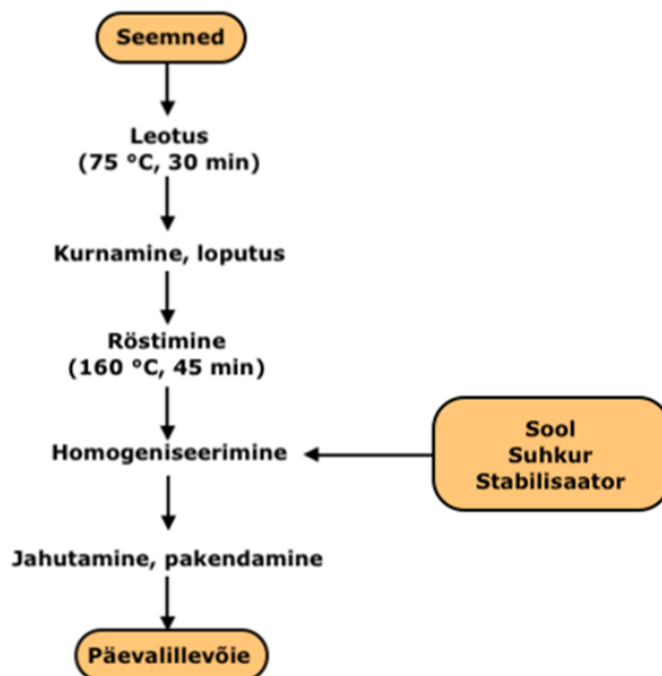
Päevalilleaseemned saadi AS Letofinilt, pruun rafineerimata roosuhkur (AS Nordic Sugar)) ja meresool (OÜ Meira) osteti kohalikust toidupoest. Stabilisaatorid saadi AS Letofinilt. Tööstuslikest stabilisaatoritest kasutati : 1) täielikult hüdrogeenitud palmiõli (mono-diglütseriidide segu pulbri kujul); 2) täielikult hüdrogeenitud rapsiõli (mono-diglütseriidide segu pulbri kujul); 3) täielikult hüdrogeenitud rapsi-päevalilleaseemneõli (monoglütseriidide segu pulbri kujul); 4) Letsitiin (viskoosne geel).

Kasutatud reaktiivid olid analüütilise puhtusega: metanool (metanool $\geq 99,9\%$ Honeywell/Reidel-de Haen), NaOH (Lach:ner), etanool ($\geq 99,8\%$ Honeywell/Riedel-de Haen i), heksaan (heksaan 100% Lach:ner), kloroform (100% Lach:ner), $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (Keemiakaubandus AS)

3.1.2. Meetodid

Päevalillevõide valmistamine

Töös kasutatud tehnoloogiline skeem, mille põhjal valmistati võided, on ära toodud joonisel 11.



Joonis 11. Päevalillevõide valmistamise skeem

Päevalilleseemned leotati 75°C vees, 45 minutit, seejärel kurnati ja röstiti ahjus 45 min 160°C juures. Röstitud seemned homogeniseeriti seadmega PREMIER CHOCOLATE REFINER - 8LBS (Diamond Custom Machines Corporation), mille käigus lisati sool, suhkur ja stabilisaator (1.5%, 2% ja 2.5%) Kogu segu jahvatati umbes 1.5 tundi. Valmis pähklivõie jaotati 250 g purkidesse ja 50 ml tsentrifuugitopsidesse (24 g).

Kokku valmistati 13 erinevat proovi , millest üks oli kontrollproov, ilma stabilisaatorita.

Proovide säilitamine

Proovid säilitati kinniselt, toatemperatuuril ja pimedas kuni analüüsimiseni. Analüüsid viidi läbi korra kuus, kokku viis kuud.

Õli eraldamine päevalillevõidest happe- ja peroksiidaru määramiseks

Päevalilleseemnevõidele lisati heksaani vahekorras 1:2 ja segu hoiti, aeg-ajalt segades, kaks tundi tõmbekapi all toatemperatuuril. Seejärel segu tsentrifuugiti (25°C, 4000 rpm, 10 min) ning tsentrifugaat eraldati sademest. Tsentrifugaadis olev heksaan ja õli eraldati vaakumrotatsioonaurutiga (Buchi R-300 Rotavapor) temperatuuril 40°C ja rõhul 264 mbar .

Happearvu määramine

Võidest eraldatud õli (W=2,00 g) lahustati värskelt neutraliseeritud 96% kuuma etanooli (70°C) ja indikaatorlahuse fenoolftaleiini segus (5ml). Seejärel kuumutati segu vesivannil 75°C juures 15 minutit ja lahust tiitriti 0.1N NaOH lahusega, kuni heleroosa värvuse tekkeni. Happearv arvutati välja valemiga 1.

$$\text{Happearv} = \frac{56.1 \times V \times N}{W} \quad (1)$$

kus

N – kasutatud leelise lahuse molaarsus;

V – tiitrimiseks kulutatud 0,1M NaOH ruumala ml

56,1 – koefitsient, 1 ml 0,1M NaOH lahust sisaldab 5,61 mg NaOH

W – rasva kaalutis g

Peroksiidaru määramine

Õli kaaluti W=3,00 g 250ml koonilisse kolbi, lisati juurde 10 ml kloroform-äädikhappe (2:3) segu ja rasv lahustati segades. Seejärel lisati 1 ml küllastunud KI lahust. Proov asetati 5 minutiks pimedasse. Peale seismist lisati 20 ml destilleeritud vett, segati ja proov kaaluti. Seejärel tiitriti vabanenud jood

0,01N Na₂S₂O₃ lahusega, kuni helekollase värvuseni. Seejärel lisati 1 ml 1.5% tärklise lahust ja tiitriti värvitu lahuse tekkeni. Proov kaaluti ja tulemusest lahutati 1 ml (tärklise kaalutis). Samuti viidi läbi ka tühiproov (ilma rasvata). Peroksiidarv arvutati välja valemiga 2.

$$PA \text{ (meq/1kg)} = \frac{(V_s - V_b) \times F \times 10}{W} \quad (2)$$

kus

F - Na₂Cr₂O₃ lahuse koefitsent

V_s - proovi triitrimiseks kulunud titrandi maht (ml)

V_b - tühiproovi tiitrimiseks kulunud titrandi maht (ml)

W – öli kaalutis (g)

Vee aktiivsus

Vee aktiivsuse määramiseks kasutati mõõtemeetrit AQUA LAB X3 (Mettler Toledo, USA). Mõõtmised viidi läbi toatemperatuuril.

Tekstuuri analüüs

Proovianum (kõrgus 40 mm, läbimõõt 34 mm) täideti ääreni prooviga, mis asetati tekstuuri analüsaatori TA-XT2i (Stable Micro Systems, UK) koonuselise mõõtepea alla. Proovide kõvadus (maksimaalne piigi tipp, N), kleepuvus (maksimaalne negatiivne piigi tipp, N) ja määritavus (piigi pindala, Ns) registreeriti mõõtepea liikumiskiirusel 2 mm/s 20 mm sügavusele.

Sensoorne analüüs

Kirjeldavas sensoorses paneelis osales 5 inimest. Panelistid läbisid kõik koos ühe treeningseisiooni, kus valiti kõige olulisemad võide hindamisparameetrid (välimus, lõhn, maitse, tekstuur), mis korreleerusid antud töös määratud päevalillevõide füüsikalise-keemiliste analüüsidega.

Kirjeldava analüüsi aluseks võeti referentsid, kasutades 10 punktilist tootespetsiifilist tekstuur-skaalat.

Tekstuuri referentsiks olid kohalikust poest hangitud Maapähkinävoi smooth, Nuts About Nature, Intersnack BV ja soolase maitse referentsiks valiti Kranži crunchy, Nutty OÜ

Sensoorse analüüsi hindamisleht on toodud lisa 1.

Värvi analüüs

Päevalillevõide värvust mõõdeti spektrofotomeetriga CM-700d (Konica Minolta). Värvuse mõõtmiseks asetati põhjalikult segatud proov läbipaistvatesse proovitopsidesse (kõrgus 40 mm, läbimõõt 34 mm) ja kaeti valge paberiga. Värvus määrati $L^*a^*b^*$ koordinaatidega. Tähed L^* , a^* ja b^* tähistavad kõiki kolme väärtust, mida CIELAB-i värviruum kasutab objektiivse värvi mõõtmiseks ja värvierinevuste arvutamiseks. L^* tähistab heledust mustast valgeni skaalal nullist 100-ni, samas kui a^* ja b^* tähistavad värvilisust ilma konkreetsete numbriliste piiranguteta. Negatiivne a^* vastab rohelisele, positiivne a^* vastab punasele, negatiivne b^* vastab sinisele ja positiivne b^* vastab kollasele.

Statistiline analüüs

Kõiki analüüse viidi läbi kolmes paralleelis. Tulemusi töödeldi tabelarvutusprogrammi *Microsoft Excel*-iga: arvutati välja proovide keskmine ning standardhälve.

3.2. Tulemused ja arutelu

Esmalt tuli välja töötada ja arendada päevalilleseemnetest sarnane toode nagu seda on maapähklivõie, nii maitset, tekstuurilt, värvuselt ja säilivusest. Antud töös kasutatud päevalillevõie valmistati proovide jaoks ette TalTechis, selleks kasutati ja järgiti kirjanduses leiduvaid maapähklivõiete valmistamistehnoloogiaid. Seda eelkõige selle tõttu, et pähklivõided on olnud turul juba pikemat aega, väga populaarsed ja testitud erinevate valmistamismeetoditega, et saavutada parimad tulemused tarbija jaoks. Retsept valiti soolase-magusa maitseline ja kreemjas, kuna AS Letofini soov oli just sellega esimesena turule tulla. Võttes aluseks turul leiduvad maapähklivõiete populaarseimad maitse ja tekstuuri, töötas vastava retsepti päevalilleseemnetega kliendi jaoks välja töö teostaja isiklikult.

Peale tootearendust, tuli hakata katsetama valitud stabilisaatoreid ja seejärel hinnata nende mõju võide säilivusele. Sarnaselt varasemalt kirjanduses maapähklivõiete säilivuse hindamiseks, on ka antud töös läbi viidud vastavad analüüsid: vee aktiivsus, tekstuur, värvus, õli eraldumine, happearv, peroksiidarv ja sensorika.

Igat stabilisaatorit kasutati kontsentratsioonides 1.5%, 2% ja 2.5% .

Päevalillevõide valmistamisel kasutati nelja tüüpi stabilisaatoreid: hüdrokeenitud palmiõli (PÕ); hüdrokeenitud rapsi-/päevalilleseemneõli segu (RPÕ); hüdrokeenitud rapsiõli (RÕ) ja letsitiini (L), lisaks kontrollproov (KP). Üldiselt kasutatakse stabilisaatoreid eelkõige, et kontrollida õli migratsiooni tootes ja vähendada seeläbi oksüdatsiooni protsessi (räasumist), et pikendada säilivust. Sellega seoses tuleb aga arvestada lisatavate stabilisaatorite kogustega, mis mõjutavad toote sensoorseid omadusi. Liigne stabilisaator põhjustab raskesti määratavat, kõvemat võide struktuuri, vastupidiselt ebapiisava stabilisaatori tulemuseks on soovimatu õli eraldumine.

3.2.1. Õli eraldumine

Õli hoidmisvõime näitab rasvakristallmaatriksi omadusi hoida vedelat õli struktuuri sees.

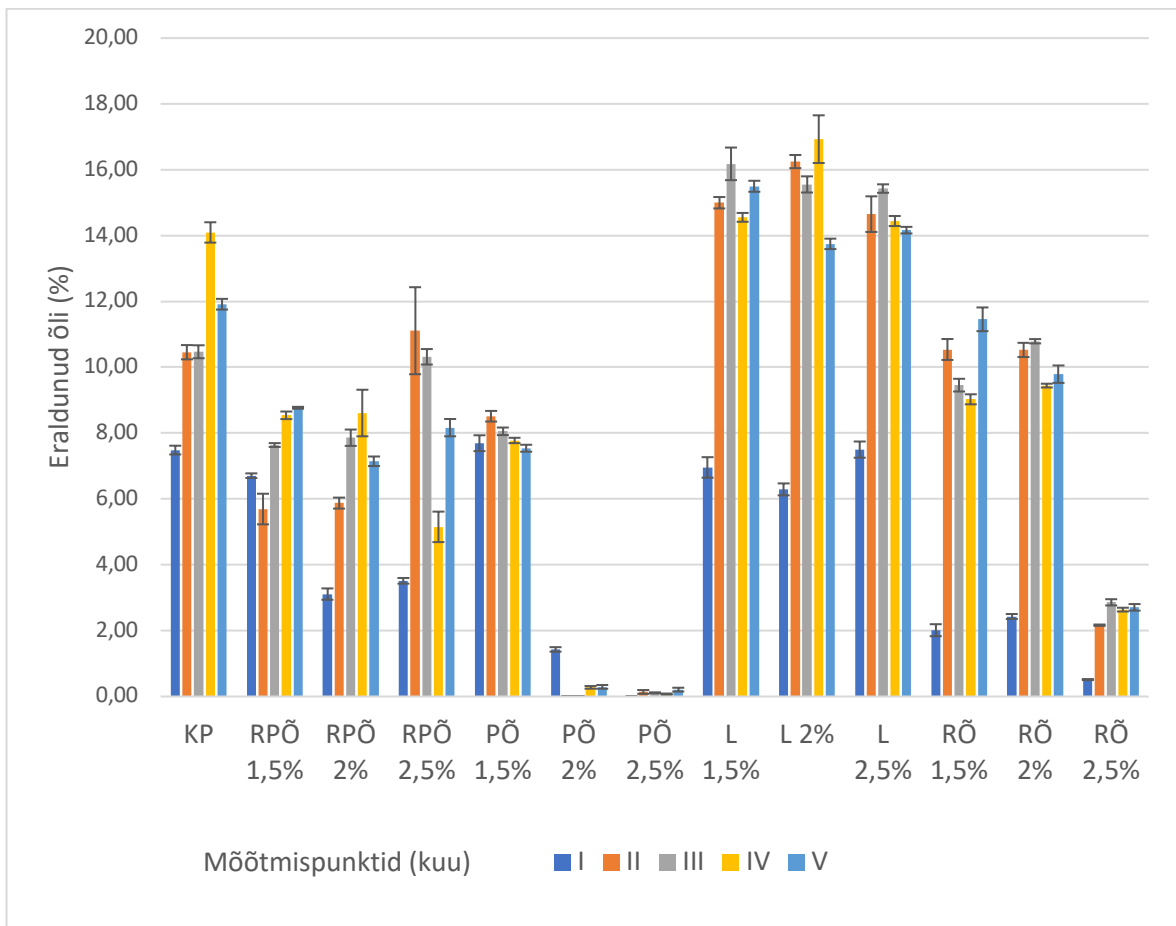
Proovide õli eraldumist hinnati tsentrifugimise meetodil, simuleerimaks õli eraldumist päevalilleseemnevõidest. Tsentrifugaaljõud destabiliseerib päevalillevõide maatriksi, tekitades pinnale õlikihi. Õli ja tahkete osakeste faasi tiheduste erinevuse tõttu kipub kergem õlifaas migreeruma toote pinnale, eelkõige kui toodet hoitakse kõrgema temperatuuri juures. Selle tulemusel moodustub kaks eraldi kihti:

- 1) vaba õlikiht, mis on vastuvõtlik autooksüdatsioonile ja annab tootele rääsunud lõhna;
- 2) kuiv tihke kiht, jääb purgi põhja raskemate osakeste gravitatsiooni tõttu. Tekkinud kiht ei ole üldiselt liiga kõva, et tarbijal poleks mugav ühtlaselt hajutada õli tootesse tagasi.

Antud meetodiga on võimalik ennustada toote säilivusaega võimaliku õlieraldumise määra järgi erinevates ajapunktides.

Vaba õli tsentrifugitakse võidest välja suure tsentrifugaaljõuga ja seda käsitletakse maksimaalse õli kogusena, mis on ladustamise ajal võimeline eralduma. Üldiselt on see ka kogus, mida on vaja päevalillevõides stabiliseerida. Antud õlikogus erineb toote kogu õlisisaldusest, kuna suurem õlikogus on juba stabiliseeritud absorbeerides tootes olevatele osakeste pinnale või on jätkuvalt seotud rakkudega võide sees.

Joonise 12 põhjal võib väita, et õli eraldumise määr oli väikseim kõikide proovide korral esimesel kuul võrreldes ülejäänud nelja kuuga. See tähendab, et suurem õli eraldumine toimus ära teise kuu jooksul, järgnevatel kuudel jäävad tulemused suhteliselt sarnastele väärtustele pidama. Kõige enam eraldus õli tootest, kus kasutati stabilisaatorina letsitiini (maksimum ligikaudu 16%) ja kõige vähem eraldus õli palmiõlist stabilisaatoriga tehtud proovide korral (õli eraldus keskeltläbi alla 1%).



Joonis 12. Stabilisaatorite ja nende kontsentratsioonide mõju päevalillevõide õli eraldumisele 5 säilivuskuu jooksul. Hüdrogeenitud palmiõli (PÕ); hüdrogeenitud rapsi-/päevaliliseemneõli segu (RPÕ); hüdrogeenitud rapsiõli (RÕ) ja letsitiini (L), lisaks kontrollproov (KP).

Kirjanduse põhjal, Huang jt (2020) leidsid, et naturaalse maapähklivõide õli eraldumine oli 25°C juures 12,19% ja stabiliseeritud võidel 10,38%. Katsed olid tehtud 24 nädalat peale võide valmistamist ja stabilisaatori lisamist. Stabilisaatorina kasutati riisikliide vaha (2%). (Huang jt, 2020) Need tulemused ühtivad antud töö tulemustega naturaalse võide osas ja stabiliseeritud võide puhul on sarnased tulemused rapsiõlist stabilisaatori kontsentratsioonide 1.5% ja 2% korral.

Uuringus, kus võrreldi omavahel erinevatest maapähklitest valmistatud maapähklivõidet ja stabiliseeritud võidet (stabilisaator: rapsi-puuvillaõli ja sojaubade õli segu), saadi naturaalse võide õli kao väärtuseks 25°C juures 16 nädalal 15-19% ja stabiliseeritud võide puhul jäi see alla 3% (Mohd Rozalli jt, 2016).

Alla 3% jäid antus töös kõik palmiõli stabilisaatoriga valmistatud proovid ja samuti 2.5% rapsi-päevaliliseemneõli stabilisaatoriga tehtud katsed.

Aryana jt (2003) uuringus leiti, et palmiõliga stabiliseeritud maapähklivõidel ei olnud nii head õli kinnihoidmise omadused võrreldes tööstusliku kontroll prooviga (Fix-X™). Põhjus võib olla selles, et Aryana jt kasutasid hüdrogeenitud palmiõli asemel tavalist palmiõli, juhtides tähelepanu sellele, et

hüdrogeenimata palmiõlil on kõrgem vabade rasvhapete sisaldus, mis soodustab oksüdatsiooni, vähendades ladustamise ajal oksüdatiivset stabiilsust.

Shahidi-Noghabi jt (2019) uuringus leiti, et monoglütseriidid ei avaldanud samuti positiivset mõju kreekapähklivõide stabiilsusele, sarnaselt antud töö leidudega, kuid huvitav on see, et letsitiini sisaldavad proovid vähendasid õli eraldumist järk-järgult. Tulemuste põhjal järeldati, et letsitiin kontsentratsioonis 1,5% (30 päeva mõõdetuna) võib anda nende võidele kõige paremad tulemused. Need erinevused letsitiiniga, võivad tuleneda sellest, et nemad kasutasid kreekapähkleid (mitte päevalilleaseemneid) võide valmistamiseks, kus letsitiini emulgeerivad omadused toimusid paremini. Samuti oli ka erinevusi tehnoloogia osas, kus võide valmistamisel ei lisatud soola ega suhkrut.

Francisco jt (2018) uuringus testiti maapähklivõides stabilisaatorit, mis koosnes destilleeritud monoglütseriididest (hüdrogeenitud rapsi-puuvillaseemne õli). Peale 12 nädalat tulemused näitasid, et stabiliseeriva aine olemasolu 1% juures vähendab või isegi viib nulli lähedale õli eraldumise määra. Kui võrrelda omavahel destilleeritud monoglütseriidide segusid, siis Francisco jt (2018) tulemused ei kattu antud töös mõõdetud tulemustega, kus vastava stabilisaatori segu ei hoidnud õli hästi kinni (õli kadu keskmiselt 8% massist). Selline erinevus võib olla tingitud sellest, et antud töös kasutati monoglütseriidide segu, mis oli valmistatud rapsi- ja päevalilleaseemnetest, mitte aga rapsi- ja puuvillaseemnetest (Lustre jt, 2006).

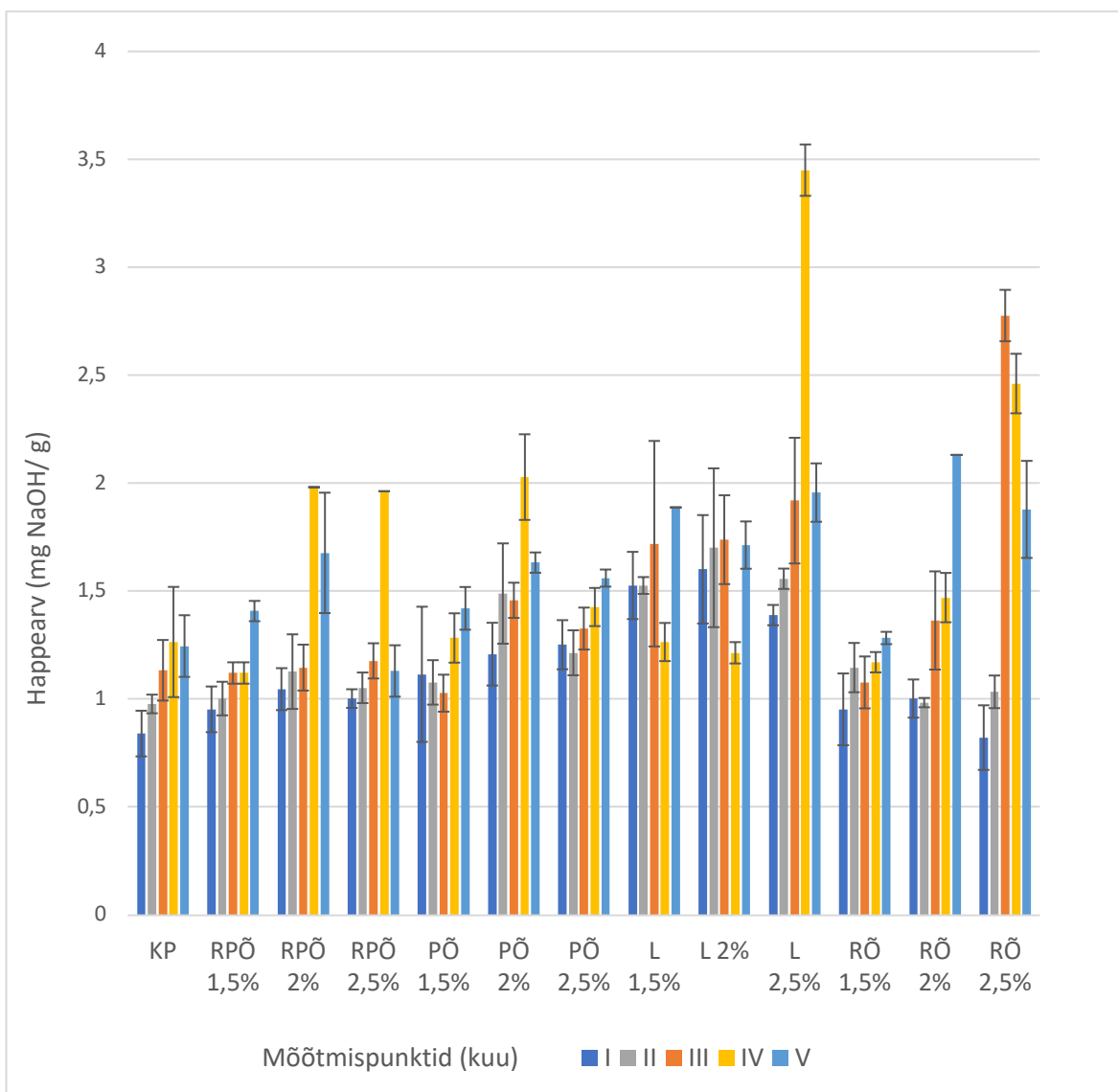
3.2.2. Happearv

Happearvu (HA) defineeritakse kui NaOH või KOH kogust mg-des, mida vajatakse 1g rasva/õli vabade rasvhapete neutraliseerimiseks. See on rääsumise suhteline mõõt, kuna vabad rasvhapped moodustavad enamasti triglütseriidide lagunemisel niiskuse, temperatuuri või lipolüütilise ensüümi lipaasi toimel.

Vabade rasvhapete kogus on õlide puhul oluline kvaliteedi näitaja. Vabade rasvhapete kogus määrab ära õlide oksüdatiivse stabiilsuse ning vastavat väärtust kasutatakse õlide säilivusaja määramise juures. Mida kõrgem on polüküllastamata rasvhapete arv, seda oksüdatiivselt ebastabiilsem õli on. Hapniku molekul interakteerub polüküllastumata rasvhapetega, moodustades hüdroksüperoksiidi, mis käivitab autooksidatsioonireaktsiooni. Pikkade vabade rasvhapete lagunemissaadused on aldehüüdid, ketoonid, alkoholid ja orgaanilised happed, mis annavad iseloomuliku rääsunud maitse ja lõhna.

Kõrge happesisaldus näitab vabanenud vabade rasvhapete kõrget taset õlis/võis, samas kui madal tase näitab vabanenud vabade rasvhapete madalamat taset ja on seetõttu ka kvaliteetsem toode. Näiteks kirjanduse andmete järgi on vabade rasvhapete (FFA) sisaldus toorõlis maksimaalselt kuni 5%. Pärast rafineerimist aga 0,05-0,10% (Verhoeff & van Duijn, 2013). Oliiviõlide happearv on piiritletud vastavalt nende klassifikatsioonile. Maksimaalne lubatud vabade rasvhapete sisaldus extra virgin oliiviõlis on 0,8%, virgin oliiviõlis aga 2,0% ning rafineeritud oliiviõlides on see lubatud kuni 0,3% (Wiesman, 2009). Kuna happearv pole sama, mis FFA (%), siis tuleb vabade rasvhapete tulemuse saamiseks happearv korrutada 1,42-ga ($HA/40 = FFA/28,2$). (Tech, 29)

Joonisel (joonis 13) on toodud antud töös mõõdetud happearvud ajas.



Joonis 13. Stabilisaatorite ja nende kontsentratsioonide mõju päevalillevõide õli happearvule 5 säilivuskuu jooksul. Hüdrogeenitud palmiõli (PÕ); hüdrogeenitud rapsi-/päevaliliseemneõli segu (RPÕ); hüdrogeenitud rapsiõli (RÕ) ja letsitiini (L), lisaks kontrollproov (KP).

Antud töö mõõtmised näitavad, et kõikides proovides happearvud tõusid ajas. Põhjuseks võib pidada seisnud võide kokkupuudet õhuga ajaliselt kauem võrreldes esimeste proovidega, mille tulemusena tõusis oksüdatsiooni aste ja seeläbi vabade rasvhapete kogused. Samuti toimusid ka füüsikalised muutused, nagu loomulik osakeste settimine, stabiliseerivate jõudude nõrgenemine aja jooksul, mis mõjutas osalise õlikihi eraldumist pinnale, ning seeläbi puutus vabanenud õli paremini õhuga kokku. See tulemus ühtib ka kirjandusega, kus mõõdeti erinevate õlide HA-sid, erinevatel temperatuuridel ja saadi tulemuseks, et õlide HA tõuseb säilivusaja jooksul ja seda ka külmkapis (Bukola jt, 2015).

Keskeltläbi jäid kontrollproovi ja stabilisaatoriga töödeldud proovide happearvud alla 2 mg NaOH/g. Osade emulgaatorite puhul (rapsi-päevalilleõli ja letsitiiniga proovid) olid happearvude väärtused

juba esimestel kuudel kõrgemad kui teistel. Sellest tulenevalt võiks edaspidi uurida ka stabilisaatorite happearve enne kasutamist. Otseselt aga ei saa väita, et kõikidel proovidel, millel oli madal happearv alguses, oli see ka madalam lõpus. Näiteks 2.5% rapsiõli stabilisaatoriga proovis oli esialgu happearv alla 1 mg NaOH/g, jäädes 5 kuu pärast 2 mg NaOH/g lähedale ja 2.5% letsitiiniga proovis olid vastavad näidud 1.5 mg NaOH/g ja 2 mg NaOH/g. Samas säilivuse kohapealt, kui võtta arvesse sensoorseid hinnaguid, mis teostati antud töö raames, siis maitse ja lõhn püüsid mõõtmistulemuste jooksul ühtlased ja seeläbi otsest kvaliteedi langust ei hinnatud.

Võib täheldada, et väiksema stabilisaatori kontsentratsiooniga proovidel on ka väiksemad HA, mis sarnanevad naturaalse proovide väärtustega. Võib eeldada, et kuna stabilisaatorid sisaldavad ka vabu rasvhappeid, siis mida rohkem stabilisaatoreid, seda suurem ka happearv.

P.B. Ayoola ja A. Adeyeye (2010) artikli (Ayoola & Adeyeye, 2010) kohaselt saadi naturaalse maapähklivõide happearvuks 2,52 mg KOH/g. Antud töö happearvud naturaalse (kontrollproov) võide osas on P.B. Ayoola ja A. Adeyeye (2010) tulemusest madalamad terve mõõtmistulemuste vältel, jäädes alla 1.5 mg NaOH/g. Erinevus võib olla tingitud erinevast toormaterjalist ja tehnoloogiast.

Tawfik, M jt (1997) tehtud katses mõõdeti päevalilleõli happearvu temperatuuridel 24 ja 37, intervalliga 0, 20, 60 päeva ning saadi tulemused vastavalt 1.78, 1.80, 1.89 ja 1.83, 1.92 mg KOH/g (Tawfik & Huyghebaert, 1999).

3.2.3. Peroksiidarv

Peroksiidarv (PA) on üks peamisi meetodeid, mida kasutatakse taimeõlide oksüdatsioonistme määramiseks (Roselló-Soto jt, 2019).

Rasvhapete rääsumisel tekivad kõigepealt nn. primaarsed oksüdatsiooniproduktid, milleks on peroksiidid, hüperperoksiidid ja hüdroksühapped. Hüperperoksiidid lagunevad omakorda ja tekivad mitmed lenduvad ühendid (aldehüüdid, ketoonid ja alkoholid), mis annavad õlile ebameeldiva lõhna ja ka maitse. Peroksiidarv näitab õlides oksüdeerumisprotsesside tulemusena tekkinud hüperperoksiidide hulka ning on üks olulisemaid toiduõli kvaliteedi näitajaid. Peroksiidarv väljendab rääsumise astet. Mida suurem on peroksiidarv, seda ebakvaliteetsem õli. Õlid, mille peroksiidarv on tunduvalt alla 10 mekv/kg, loetakse värskeks.

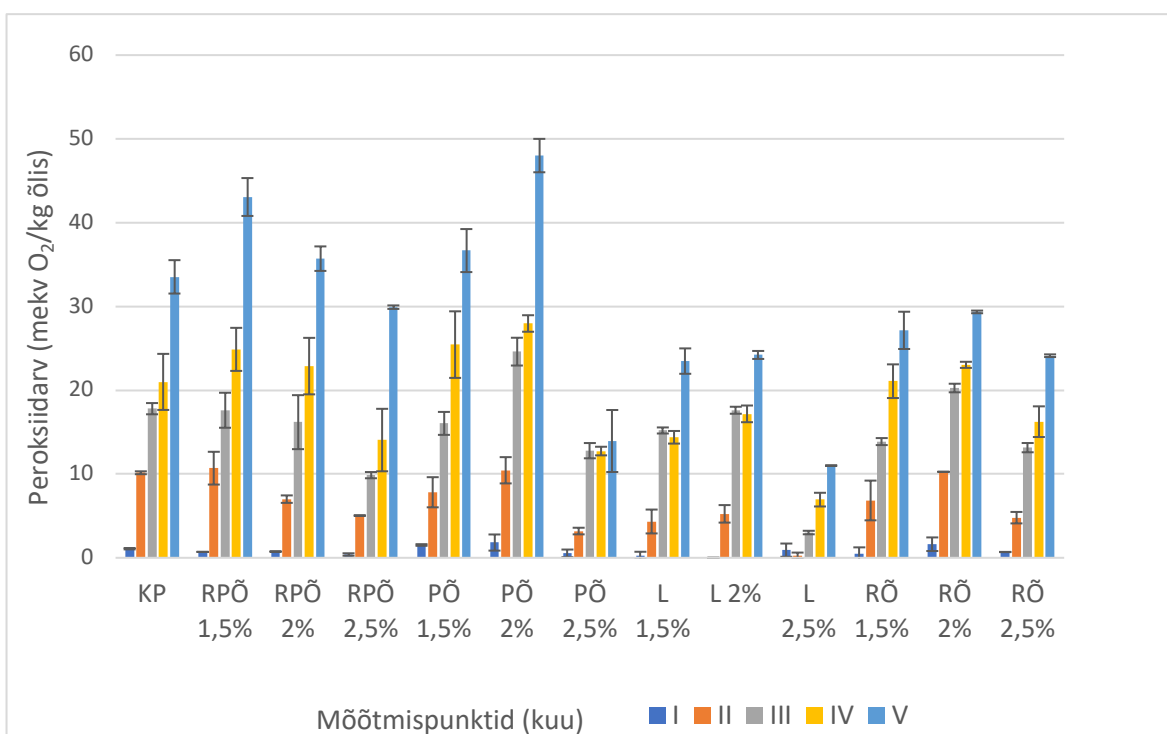
Peroksiidarv iseloomustab õlis selliste ainete sisaldust, mis oksüdeerivad kaaliumjodiidi. Peroksiidarv näitab hüperperoksiidide (R-O-O-H, kus kaks hapniku aatomit on omavahel seotud kovalentse sidemega) kontsentratsiooni õlis ja on väljendatud "aktiivse hapniku sisaldusena" (mekv/kg) õlis (Sully meetod).

Peroksiidide kontsentratsioon näitab oksüdatsiooni varajast staadiumi lipiidide lagunemise ajal. Autooksidatsioonireaktsioonist tulenevad komponendid on seotud PA-ga. On loogiline, et selle algstaadiumis, kui happearvud tõusevad, tõstab autooksidatsioon PA väärtusi. Hiljem, kui peroksiidid hakkavad lagunema aldehüüdideks ja ketoonideks hakkab PA vähenema. Seega võib

tootel esineda madalamad PA väärtused, mis on mõõdetud näiteks säilivusaja hilisematel perioodidel (Talbot, 2011).

Õlid, mille PA on tunduvalt alla 10 mekv/kg, loetakse värskeks. Kui PA tõuseb vahemikku 20–40 mekv/kg, hakkab tekkima rääsunud maitse ja märgatav rääsumine. Kuid selliste arvude tõlgendamisel on vaja arvesse võtta konkreetset õli või rasva (Hasegawa, 1987). Üldreegel on, et rääsumise vältimiseks ei tohiks PV olla üle 10–20 meq/kg rasva kohta. (Connell, 1975).

Joonis 14 väljendab töös mõõdetud proovide peroksiidarve, mis näitab, et need on ajas tõusvas joones. Esimese kuu lõpus on kõikide proovide näitajad madalad, jäädes keskmiselt alla 0–0.9 meq O₂/kg juurde. Teise kuu lõpus toimus kõikides proovides järsk tõus, va 2,5% letsitiiniga proovis, kus tõusu ei toimunud. Tõus jätkub kolmandal ja neljandal kuul, va palmiõli stabilisaatoriga 2.5% proovis, kus kolmandal kuul on küll tõus, aga jääb samaks neljandal kuul, kuid tõuseb taas järgmisel kuul. Esimesel ja teisel kuul jäid proovid alla 10 meq O₂/kg ja neljandal alla 20 meq O₂/kg, mis on soovituslikus vahemikus. Viiendal kuul tõusid enamuste proovide väärtused üle 20 meq O₂/kg, va palmiõli stabilisaatoriga 2.5% proovis, mis jäi selle piiri peale. Samas aga kõige kõrgem tõus toimus palmiõliga stabilisaatoril (2%), mille väärtuseks mõõdeti 48 meq O₂/kg. Letsitiin 2.5%, jäi ainukesena märkimisväärselt alla 20 meq O₂/kg, olles pigem 10 meq O₂/kg piiril. Letsitiini madalat peroksiidiarvu võib seostada tema heade antioksidantsete omadustega. (Pan jt, 2013).



Joonis 14. Stabilisaatorite ja nende kontsentratsioonide mõju päevalillevõide õli peroksiidiarvule 5 säilivuskuu jooksul. Hüdrogeenitud palmiõli (PÕ); hüdrogeenitud rapsi-/päevaliliseemneõli segu (RPÕ); hüdrogeenitud rapsiõli (RÕ) ja letsitiini (L), lisaks kontrollproov (KP).

Rapsi-päevalilleõli stabilisaatoriga töödeldud võietes ei jäänud peroksiidid ühelgi kontsentratsioonil mõõdetuna viiendal kuul alla 30 meq O₂/kg, kus maksimaalne tõus oli 1.5%-ga proovis, mille väärtus ulatus üle 40 meq O₂/kg.

Muresan jt (2010) uuringus, mõõdeti päevalilleaseemnetest tehtud halvaas pärast 4 kuud säilitamist peroksiidide väärtuseks 46.75 meq O₂/Kg. Värskest kooritud päevalilleaseemnete PA oli 4,14 meq O₂/kg rasva kohta. Sarnased peroksiidi väärtused märgiti ka Crapiste jt (1999) poolt tehtud töös: pressitud päevalilleõli puhul 2,45–3,92 mekv O₂/Kg ja ekstraheeritud õli puhul 3,36 mekv/Kg. Kooritud päevalilleaseemned, mida hoiti 4 kuud toatemperatuuril vabas õhus, oli PV 89,47 meq O₂/kg rasva kohta. Riveros jt (2010) leidsid, et maapähklivõie on lipiidide oksüdatsiooniprotsessidele vastupidavam, võrreldes teiste maapähklitoodetega. Pärast röstimisprotsessi, kui tootest eraldub niiskus, moodustuvad väikesed tühimikud, mis hoiavad õhku sees. On tõenäoline, et hapnik nendes tühimikes kiirendab lipiidide oksüdatsiooni protsessi. Kui röstitud maapähklid on maapähklivõide saamiseks peeneks jahvatatud, siis õhuga täidetud tühimikud hävitatakse ning maapähklivõie hoiab vähem õhku kinni võrreldes röstitud tuumadega.

Mohd Rozalli jt (2016) kohaselt jäid 25°C juures mõõdetud naturaalsest maapähklivõide PA väärtused teisel nädalal natuke alla 10 mekv O₂/Kg ja 16 nädalaks oli maksimaalne väärtus tõusnud juba 75 mekv O₂/Kg. Erinevad maapähklisordid võivad ladustamise ajal avaldada PA-le erinevat mõju. Riveros jt (2010) näitasid, et kõrge oleiinhappesisaldusega (78,5% oleiinhape) maapähklist valmistatud võidel oli palju madalam PA või kõrgem oksüdatiivne stabiilsus kui tavalistest (45,8% oleiinhapet) maapähklitest valmistatud võidel. Umbes viie kuu möödudes mõõdeti tulemused 23°C juures vastavalt 2 mekv O₂/Kg ja 10 mekv O₂/Kg.

3.2.4. Tekstuuri analüüs

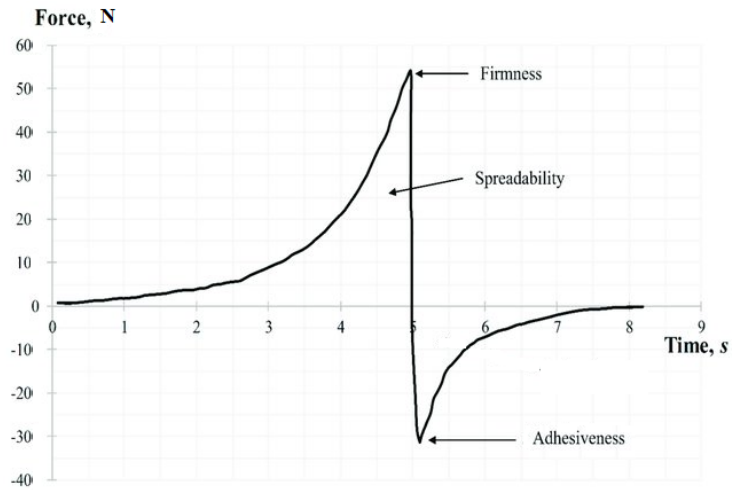
Antud meetodil parameetrite tuvastamise eesmärk oli kindlaks teha, kuidas erinevad stabilisaatorid mõjutavad võiete tekstuuri ja kas töös kasutatud päevalillevõide proovide kõvadus, kleepuvus ja määritavus muutuvad aja jooksul ja kui palju. Vastavad muutused antud parameetrites saab kasutada indikaatorina proovide säilivusaja hindamisel.

Testi ajal (koonuselise mõõtepea liikumisel allapoole) voolab proov koonuse ümber, 45° nurga all. Koonuse kergem eraldumine proovist näitab, et proovil on kõrge määritavus (pindala üle nulli) (joonis 15: firmness – tugevus; spreadability – määritavus; adhesivness – kleepuvus).

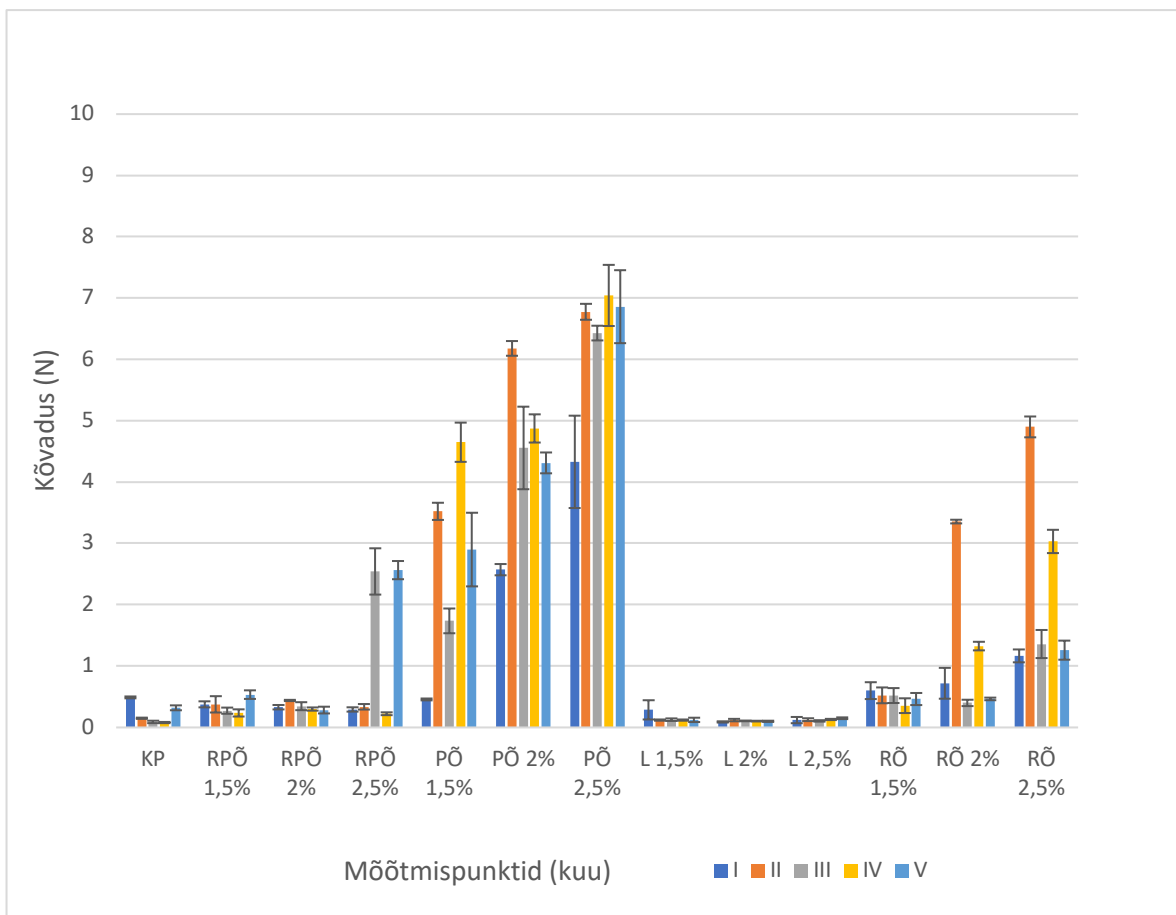
Positiivse osa tipp graafikul aga näitab proovi kõvadust. Mida kõrgem on väärtus, seda tugevam on proovi konsistents, mis omakorda mõjutab negatiivselt määrivust. Koonuse liikumine tagasi proovist (üles liikumine) annab infot toote kleepuvuse kohta.

Naturaalsed võided on osade tarbijarühmade seas populaarsed, kuna ei sisalda stabilisaatorit, need ei ole liiga kõvad ja voolavad kergemini võrreldes stabiliseeritud kaubanduslike päevalillevõietega, kuid ei hoi õli struktuuris.

Uuritud päevalillevõide kõvadused on esitatud joonisel 16 ja see näitab, et kõikide (va palmiõlist stabilisaatorite ja rapsiõlist stabilisaatorite) proovide väärtused jäävad üldiselt samaks ja kõvaduse poolest madalaks peale viie kuu möödumist.



Joonis 15 Tüüpiline tekstuuri analüüsi graafik võiete määramisel



Joonis 16. Stabilisaatorite ja nende kontsentratsioonide mõju päevalillevõide kõvadusele 5 säilivuskoo jooksul. Hüdrogeenitud palmiõli (PÕ); hüdrogeenitud rapsi-/päevaliliseemneõli segu (RPÕ); hüdrogeenitud rapsiõli (RÕ) ja letsitiini (L), lisaks kontrollproov (KP).

Rapsi-päevalilleõli stabilisaatori segu on natuke kõvem kui letsitiiniga proov, mis on kontrollprooviga sarnaselt kõige madalamad. Mainitud tulemused graafikul olid rapsi-päevalilleõli stabilisaatoriga proovidel 1.5%, 2%, 2.5% alguses: 0.5/0.3/3 N ja lõpus: 3/4/7 N ja letsitiinil alguses: 0.3/ 0.09/ 0.1 N ja lõpus 0.1/0.1/0.2 N. Mis näitab, et olulisi muudatusi ajas ei toimunud va rapsi-päevalilleõli stabilisaatoriga 2.5% proovis, kus oli kolmandal ja viiendal kuul märgatavad tõusud graafikul. See võis tuleneda stabilisaatori kristalliseerumise omadustest tootes aja jooksul.

Palmiõli stabilisaatoriga töödeldud proovides hakkas kõvadus tõusma nii ajas kui kontsentratsioonis, mis on põhjustatud ilmselt sellest, et palmiõli tekitatud kristallstruktuur on võrreldes teistega väga tugev. Palmiõli enda sulamistemperatuur jääb vahemikku 30°C - 40° (*About Palm Oil*, 2011). Palmiõli stabilisaatoriga proovidel 2% ja 2.5% olid väärtused skaalal vastavalt alguses mõõdetuna üle 2N (lõpus üle 4N) ja üle 4N (lõpus üle 6N) ja 1.5% proov jäi alla 1N (lõpus 2N). Rapsiõli stabilisaatoriga võiete kõvadus tõusis sarnaselt palmiõli stabilisaatoriga võietele ajas ja stabilisaatori mahu tõstmisega, kuid ei mõjutanud tekstuuri nii märkimisväärselt kui seda tegi palmiõlist stabilisaator. Rapsiõli stabilisaatoriga võietel jäid 1.5% proovidel näitajad algusest lõpuni mõõdetuna alla 1.5N, kuid 2.5% oli alguses üle 1N, tõustes vahepeal üle 4N aga lõpus langes tagasi 1N juurde. Sarnast tõusu ja langust võis näha graafikult ka rapsi-päevalilleõli stabilisaatori 2.5% proovi juures kolmandal ja viiendal kuul.

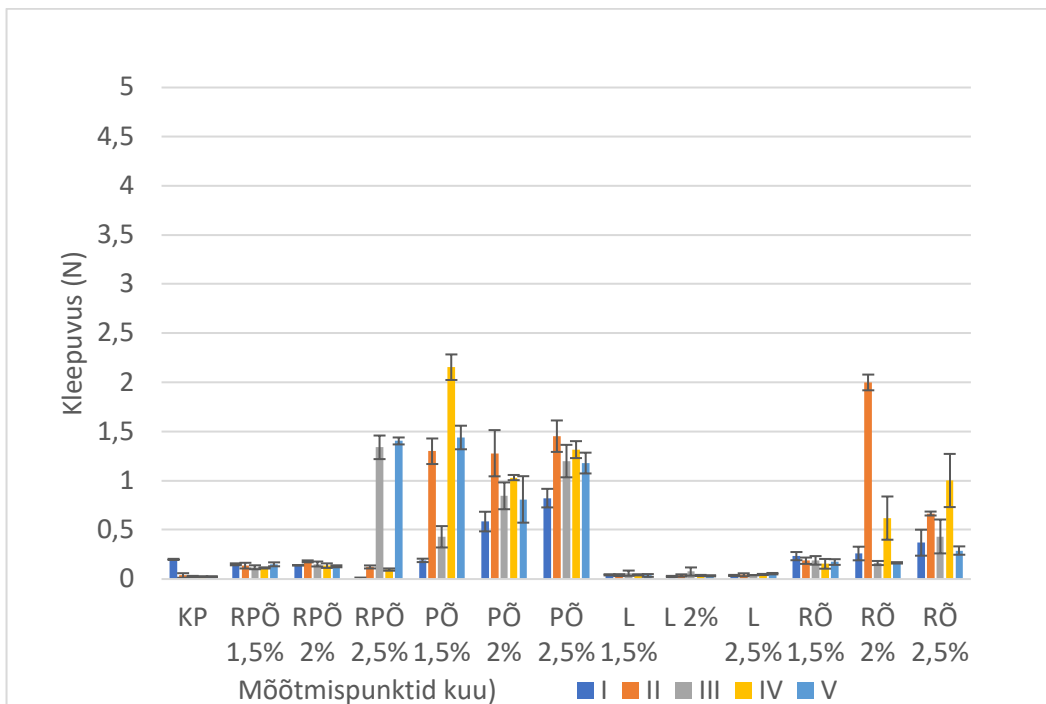
Lima ja Guraya (2005) kohaselt suurenes kõvadus päevalillevõides lineaarselt, nii palmiõli kui puuvilla-rapsiõli stabilisaatori kogustega

Antud töö mõõtmiste põhjal ei saa väita, et see muutus oli sarnane rapsi-päevalille stabilisaatori segus, küll aga oli seda palmiõliga.

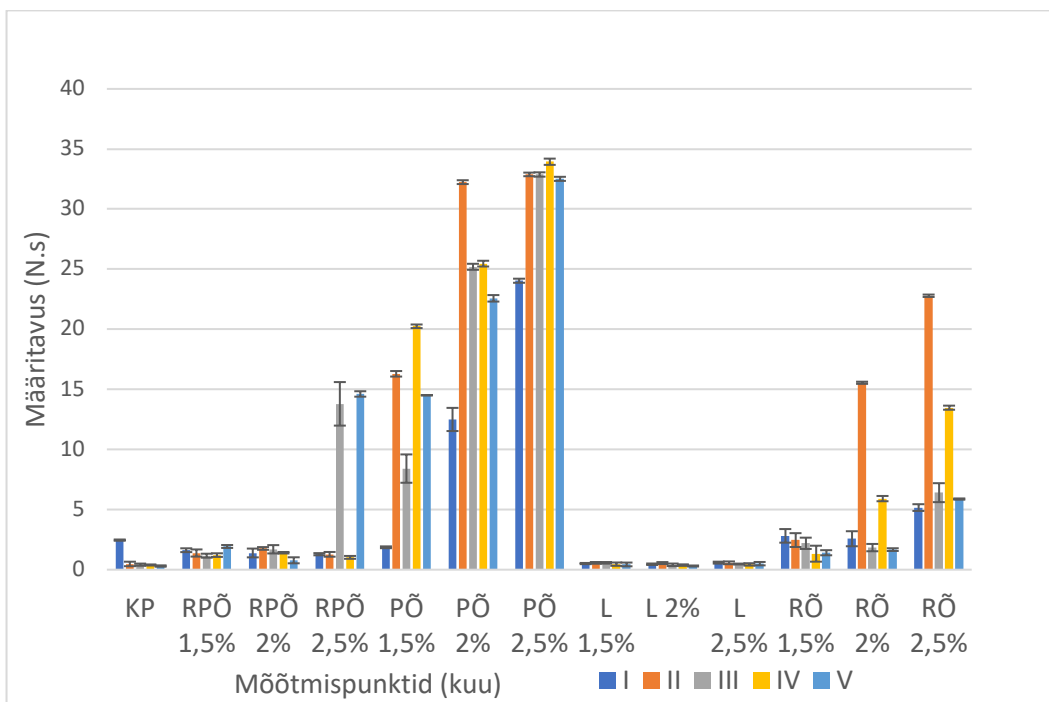
Joonis 17 näitab stabilisaatorite mõju seemnevõi kleepuvusele. Jooniselt on näha, et palmiõli stabilisaatoritega proovidel oli kõige kõrgem nakkuvuse tase. Ka rapsiõlist stabilisaatoriga proovid olid võrreldes teiste proovidega suurema nakkuvusega, mis on tingitud ilmselt sellest, et tahkest materjalist on raskem mõõtepead eemaldada, mistõttu ka kleepuvuse väärtused on suuremad. Samas ei andnud rapsiõlist stabilisaator tootele nii tugevat struktuuri kui palmiõlist stabilisaator. Tulemustest on näha ka, et letsitiinil ja kontrollproovil on need tasemed kõige madalamad.

Säilivusaja jooksul olid mõningased tõusud proovides ei ole nõ püsivad või lineaarsed st et üks kuu võis täheldada tõusu ja teisel kuul langust. Näitena võib tuua palmiõli stabilisaator 1.5% ja rapsiõli stabilisaator 2% ja 2.5%, kus rapsiõli stabilisaator 2% teisel kuul oli kleepuvus 2N (alguses ja lõpus jäi alla 0.5N) ja 2.5% neljandal kuul oli 1N (alguses ja lõpus jäi alla 0.5N).

Stabilisaatorite mõjude tulemused seemnevõide proovidele määratavusele on toodud joonisel (joonis 18). Mida kõrgem on määratavuse väärtus, seda rohkem tööd on määramiseks vaja teha. Samas kui väärtus on liiga madal, hakkab see tootelt ära voolama.



Joonis 17. Stabilisaatorite ja nende kontsentratsioonide mõju päevalillevõide kleepuvusele 5 säilivuskuu jooksul. Hüdrogeenitud palmiõli (PÕ); hüdrogeenitud rapsi-/päevalilleaseemneõli segu (RPÕ); hüdrogeenitud rapsiõli (RÕ) ja letsitiini(L), kontrollproov (KP)



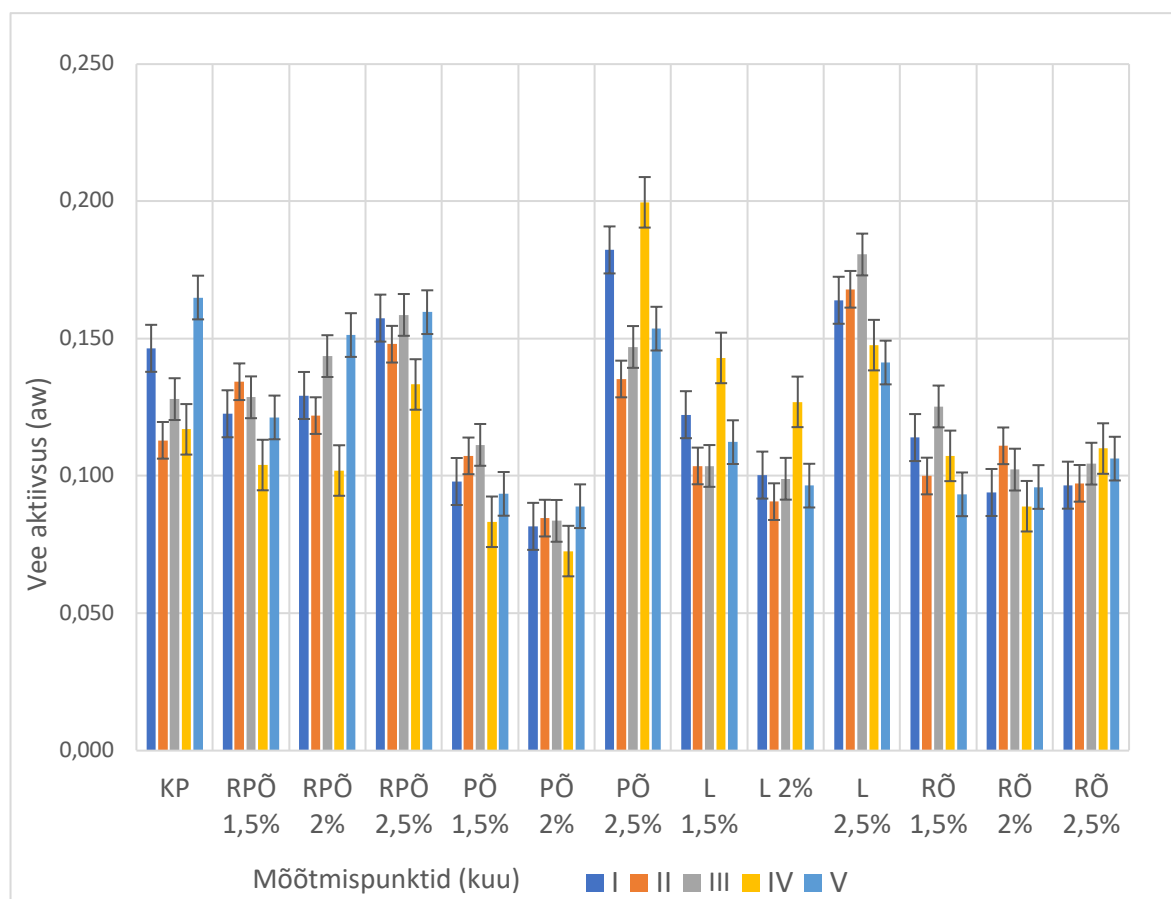
Joonis 18. Stabilisaatorite ja nende kontsentratsioonide mõju päevalillevõide määritavusele 5 säilivuskuu jooksul. Hüdrogeenitud palmiõli (PÕ); hüdrogeenitud rapsi-/päevalilleaseemneõli segu (RPÕ); hüdrogeenitud rapsiõli (RÕ) ja letsitiini (L), kontrollproov (KP).

Palmiõli stabilisaatori puhul on jooniselt näha, et 2% ja 2.5% on oluline mõju määratavusele, mis erinevad oluliselt teistest proovidest, sh ka palmiõli 1.5% proovist. Letsitiiniga proovil ja kontrollproovil olid kõige väiksemad mõjud määratavusele, jäädes skaalal nulli lähedale.

3.2.5. Vee aktiivsus

Maapähklivõi vee aktiivsus on tavaliselt 0,35 või alla selle, mis välistab riknemise ja patogeensete mikroorganismide kasvu (He jt. 2013).

Joonis (joonis 19) kirjeldab antud töös mõõdetud proovide vee aktiivsust, mis indikeerib, et kõikide proovide mõõdetud näitajad jäävad alla 0.2 aw, mis näitab, et sellel vee aktiivsusel mikroorganismid ei kasva. Peab aga meeles pidama, et hoolimata madalast vee aktiivsusest, ei tähenda see, et toiduaine on puutumatu teistele reaktsioonidele. Madala veeaktiivsuse juures toimuvad teised protsessid, nagu lipiidide oksüdatsioon, mis mõjutab omakorda toiduaine säilivust ja vastuvõetavust.



Joonis 19. Stabilisaatorite ja nende kontsentratsioonide mõju päevalillevõide vee aktiivsusele 5 säilivuskuu jooksul. Hüdrogeenitud palmiõli (PÕ); hüdrogeenitud rapsi-/päevaliliseemneõli segu (RPÕ); hüdrogeenitud rapsiõli (RÕ) ja letsitiini (L), lisaks kontrollproov (KP).

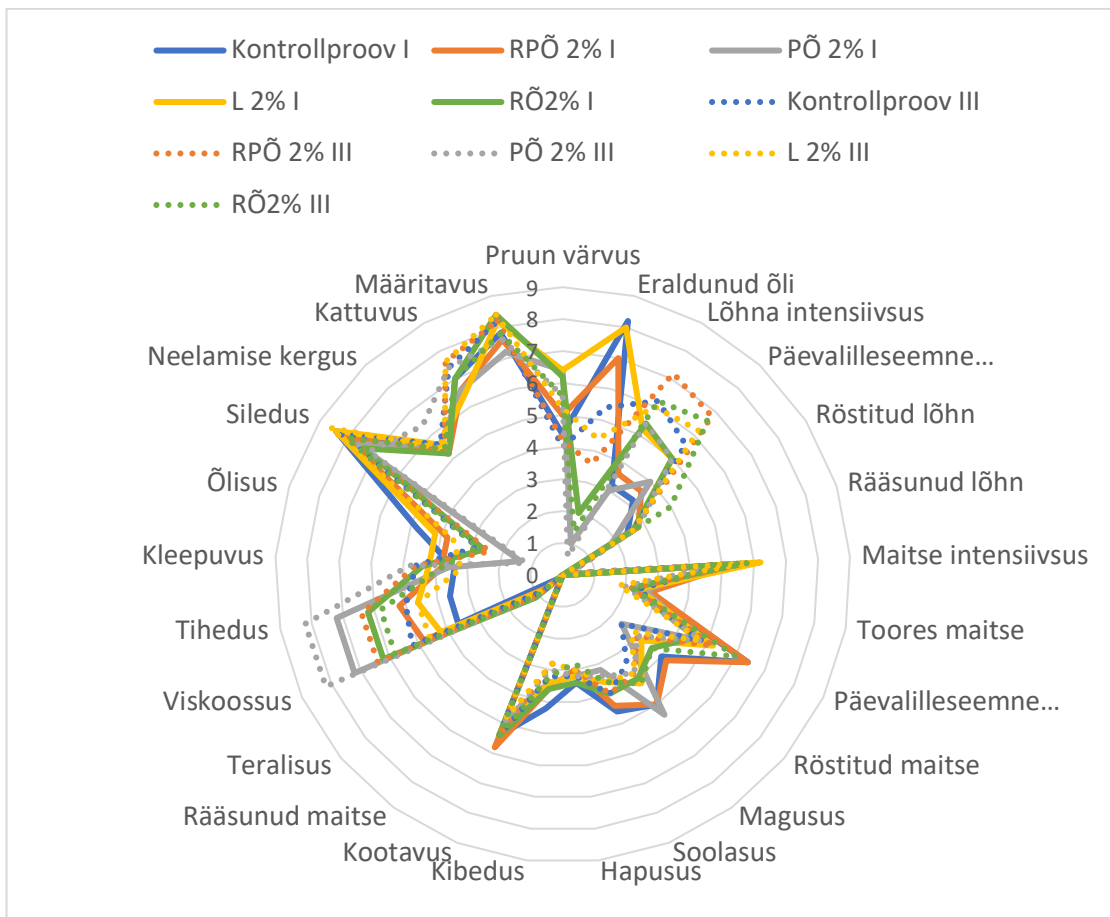
3.2.6. Sensoorne analüüs

Fotospektromeetriga mõõdetud värvi muutused on toodud lisas 2, mis näitab, et säilivusaja jooksul ei toimunud muutusi. Sarnaselt mõõtmistulemustele leidsid ka panelistid, et värv püsis kõikidel toodetel ühtlane.

Tsentrifuugiga mõõdetud õli eraldumine oli kõige suurem letsitiiniga proovides. See sarnanes panelistide hinnanguga, kuigi nende kohaselt visuaalsel vaatlusel, et 1.5% ja 2% letsitiiniga proovides oli mõnevõrra vähem õli, mis kahanes ajas. Rääsunud maitset ja lõhna ei tuvastatud üheski töös esinenud proovis. Samuti tuli välja, et kontrollproovis ja 2% ning 2.5% RPÕ proovides tõusis säilituskatse lõpu poole esile intensiivsem päevalilleaseemne lõhn, mida alguses ei olnud. Nende proovide peroksiidide väärtused ületasid viiendal kuul 30 meq/kg piiri, mis vastavalt kirjandusele viitab, et tegemist ei ole enam värske õliga (Gilbraith jt, 2021). Samas, ei saa väita, et rääsunud lõhn oleks mõjutanud maitset. Panelistide arvates jäid esialgsed hinnangud maitsetele (päevalilleaseemne enda loomulik maitse, kibedus, mõrudus) kogu katsete vältel samaks. Samuti jäid nad madalamaks võrreldes referentsiga. Küll aga leiti rapsiõlist stabilisaatori 2.5% proovis säilituskatse lõpu poole päevalilleaseemne maitse esilekerkimist ning tõusma hakkas ka tooreseemne lõhn. Kleepuvust ja siledust hinnati proovides üldiselt sarnaste väärtustega nii omavahel, kontrollprooviga, kui ka referentsiga. Letsitiiniga proovid olid kõige väiksema kleepuvusega ja kõige rohkem oli kleepuvust suus tunda palmiõlist stabilisaatoritega proovides. Mida rohkem letsitiini proovis oli, seda väiksem hinnang kleepuvusele tuli. Näiteks kujunes viienda kuu lõpuks vastav hinnang kleepuvusele järgnevalt: referentsi väärtus 4, letsitiin 1.5% - 3.6/ 2% - 3.2/ 2.5% - 2.8. Põhjus, miks päevalillevõie kleepub on tingitud sellest, et mass sisaldab tahkeid osakesi (seemnetükid, suhkur, sool), mis on õlisse suspendeeritud. Kui me võiet sööme, siis tahked osakesed puutuvad kokku süljega ning hüdratiseeruvad ja agregeeruvad, tõstes toote viskoossust (mass ei voola vaid muutub tahkeks) ja seetõttu tunneme me seda kleepuvana. Kui aga lisada letsitiini, siis see on amfiifiline toode, st. üks ots on hüdrofiilne ja teine lipofiilne. Letsitiini molekulid liiguvad osakeste pinnale ja kaitsevad seda agregeerumise ja hüdratiseerumise eest. (Prakash jt, 2022). Määritavuse osas leiti, et kõik proovid (sh kontrollproov ja referents) on kergelt määritavad ja erisusi välja ei tulnud. Mõõtmistulemused aga näitasid, et palmõli stabilisaatoriga proovides on antud väärtused keskmiselt kõrgemad

Joonisel 21. on markeeritud 2% stabilisaatoritega päevalillevõiete sensoorsed muutused alates kolmandast säilituskuust kuni viienda säilituskuuni võrreldes kontrollprooviga.

On näha, et palmiõlist emulgaatoriga on püsinud tihedus ja viskoossus algusest saadik kõrge ja mida aeg edasi, seda kõrgemaks see väärtus tõuseb. Samas on panelistid hinnanud rääsunud lõhna ja maitset muutumatuks ja suhteliselt madalale tasemele, samuti õli eraldumine on peamiselt nulli lähedal



Joonis 20. 2% stabilisaatorite mõju päevalillevõide sensorsetele omadustele kolmandal (pidevjoon) ja viiendal (punktirjoon) säilivuskuul. 1.5% ja 2.5% stabilisaatorite sisaldusega päevalillevõide sensorsete omadustega joonised on toodud lisas 3.

3.2.7. Korrelatsioonid

Tabelis (tabel 6) on esitatud korrelatsioonid nende parameetrite vahel, mille näitaja ületas 0.65 (tumedamalt märgitud). Värvu osas, võib öelda, et mida heledam proov, seda punasem, mis võib olla seotud röstimisega. Õlisus ja tekstuuri kõvaduse korrelatsioon ($r=-0,66$) näitab, et mida õlisem proov, seda pehmem. Viskoossus ja tihedus on üksteisega väga lähedalt seotud ($r=0,99$). Ehk, mida viskoossem, seda tihedam proov on. Õlisus ja viskoossuse seos sensoorselt hinnatuna andis tulemuse, et mida õlisem, seda väiksema viskoossusega toode on.

Tekstuuri määratavuse ja kõvaduse korral, tuleb väga selgelt välja, et nad on üksteisega tugevalt seotud ($r=1,0$). Mida kõvem toode, seda rohkem peab vaeva nägema määrimisega ja pehmem toote puhul on seda ka oluliselt lihtsam määrada. Sensorset hinnatud õli eraldumise ja tekstuuri määratavuse ja kõvaduse korral, saab öelda, et kui õli on vähem eraldunud, siis tekstuur on kõvem ja määrada raskem. Lõhna intensiivsus kasvab või kahaneb vastavalt, kui tugev on päevalille enda loomulik lõhn tootes, ehk lõhna puhul on määravaks just nimelt seemnete aroom, mitte muud lisatud komponendid või ka röstimine (eeldusel, et toodet üle ei röstita).

Tabel 6. Erinevate mõõdetud parameetrite vahelised korrelatsiooni koefitsiendid

	Õlisus (%)	L	a	Tekstuuri kõvadus	Tekstuuri kleepuvus	Tekstuuri määratavus	Eraldunud õli	Eraldunud lõhna intensiivsus	Päevalille-seemne lõhn	Toores maitse	Soolasus	Hapusus	Sensoorne viskoossus	Sensoorne tihedus	Sensoorne kleepuvus	Sensoorne õlisus	Sensoorne siledus
L	-0.21																
a	0.20	-0.72															
Tekstuuri kõvadus	-0.66	0.16	-0.40														
Tekstuuri kleepuvus	0.45	-0.13	0.33	-0.84													
Tekstuuri määratavus	-0.66	0.14	-0.37	1.00	-0.83												
Eraldunud õli(sensoorne)	0.75	-0.22	0.38	-0.73	0.64	-0.72											
Lõhna intensiivsus	0.31	0.01	0.05	-0.28	0.11	-0.29	0.01										
Päevalilleseemne lõhn	0.30	-0.01	0.08	-0.24	0.09	-0.26	0.01	0.87									
Toores maitse	0.10	-0.03	0.06	-0.17	0.13	-0.14	0.30	-0.26	-0.38								
Soolasus	0.17	0.21	-0.09	-0.29	0.10	-0.29	0.36	-0.03	-0.19	0.65							
Hapusus	0.11	0.10	0.07	-0.19	0.10	-0.17	0.16	-0.06	-0.31	0.60	0.66						
Sensoorne viskoossus	-0.83	0.17	-0.30	0.78	-0.56	0.79	-0.84	-0.09	-0.17	-0.21	-0.29	-0.13					
Sensoorne tihedus	-0.85	0.14	-0.29	0.78	-0.57	0.79	-0.83	-0.15	-0.22	-0.16	-0.30	-0.12	0.99				
Sensoorne kleepuvus	-0.13	0.35	-0.03	0.06	-0.14	0.04	-0.06	0.15	0.00	-0.01	-0.33	0.42	0.08	0.08			
Sensoorne õlisus	0.81	-0.22	0.33	-0.78	0.62	-0.79	0.89	0.02	0.09	0.19	0.32	0.11	-0.94	-0.92	-0.16		
Sensoorne siledus	0.75	-0.25	0.31	-0.65	0.44	-0.66	0.70	0.25	0.41	0.03	0.15	-0.06	-0.87	-0.86	-0.24	0.76	
Sensoorne määratavus	0.58	-0.26	0.24	-0.51	0.27	-0.53	0.36	0.42	0.57	-0.32	-0.11	-0.35	-0.56	-0.58	-0.21	0.48	0.69

Kokkuvõte

Magistritöö raames uuriti stabilisaatorite (hüdrogeenitud palmiõli (PÕ); hüdrogeenitud rapsi-/päevalilleaseemneõli segu (RPÕ); hüdrogeenitud rapsiõli (RÕ) ja letsitiini (L), lisaks kontrollproov (KP)) mõju päevalillevõide säilivusele, selleks mõõdeti õli eraldumist, happearvu, peroksiidarvu, kleepuvust, määritavust, kõvadust, vee aktiivsust, värvi ning eraldi viidi läbi ka sensoorne analüüs.

Antud tööst selgus, et kõige paremate õli stabiliseerimisomadustega oli palmiõlist valmistatud stabilisaator kontsentratsioonidel 2% ja 2.5% ning rapsiõlist stabilisaator kontsentratsiooniga 2.5%. Samuti on need proovid tekstuuri mõttes kõige vähem õlisema maitsega. Töös osalenud panelistide arvates ei mõjutanud emulgaatorite lisamine nende proovide tekstuuri selliselt, et oleks olnud tunda erinevust kõvaduse ja määritavuse osas. Mõõtmistulemused aga selgelt eristasid palmiõlist emulgaatori väärtused selles osas teistest kõrgemaks. Letsitiin ei osutunud päevalillevõides kuigi heaks õli eraldumise taksitajaks, kuid peroksiidide mõõtmistulemustest lähtudes võib väita, et tal on head antioksidantsed omadused, kuna peroksiidarvu väärtus on madal ning aitab vähendada suus kleepuvuse ja nakkuvuse tunnet.

Vee aktiivsus jäi alla mikrobioloogilise ohu määra kogu mõõtmisaja jooksul ning värv ajas ei muutunud. See tähendab, et ei emulgaatorid ega säilivusaeg ei mõjuta toote värvust ning välja töötatud tehnoloogiaga on võimalik saavutada ja säilitada maapähklivõile visuaalselt sarnane toode.

Sensoorsed tulemused näitasid, et lõhnas ja maitstes säilivus ja jooksul olulisi muutusi ei olnud, mida kinnitab ka peroksiidide mõõtmistulemused, kus on näha, et arvud ajas tõusevad, oksüdatsiooni protsessid käivad, kuid ei lange ehk sekundaarseid oksüdatsiooni produkte ei ole veel hakanud tekkima. Viie kuu mõõtmistulemuste ja sensoorsete analüüside põhjal võib väita, et antud toidumaatriksis ei teki õlile oksüdeerimisest põhjustatud omaseid kõrvalmaitseid ja lõhnasid ning töös kasutatud stabilisaatorid suudavad kõik hoida päevalillevõiet rääsumise vastu, selliselt, et ta oleks tarbija poolt heaks kiidetud ja vastuvõetav.

Tänuavaldused

Täna siiralt oma juhendajat Katrin Laos't, kes oli lahkesti nõus minu juhendajaks olema ning nõustas ja aitas välja töötada kogu protsessi otsust lõpuni, nii, et lõpptulemus oleks praktiliselt rakendatav ka AS Letofini ärihuvides.

Tänuõnad lähevad AS Letofin meeskonnale Enn Pajupuu, Jevgenija Martõnova, Dmitri Eivin ja Mark Eivin, kellega mul oli võimalus ja au koostööd teha.

Erilised ja suured tänud seonsoorses paneelis osalejatele Önnela Lihula, Anna Angerjas, Atefeh Asadi, Katrin Laos, kes olid nõus oma aega panustama ja maitsemeeli testimise päevalillevõide peal.

Lisaks tänan kogu TalTechi touduosakonna õppejõusid ja tudengeid, kes olid alati valmis väljatöötatud tooteid degusteerima ja oma hinnanguid jagama.

Kasutatud allikad

- About Palm Oil*. (2011). PalmOilWorld.org. https://www.palmoilworld.org/about_palmoil.html
- Akkaya, M. (2018). Fatty acid compositions of sunflowers (*Helianthus annuus* L.) grown in east Mediterranean region. *Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse*, XCV, 239–247.
- Aryana, K. j, Resurreccion, A. v. a., Chinnan, M. s., & Beuchat, L. r. (2003). Functionality of Palm Oil as a Stabilizer in Peanut Butter. *Journal of Food Science*, 68(4), 1301–1307. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2003.tb09643.x>
- Awatif, I. I., & Shaker, M. A. (2014). Quality Characteristics of High-Oleic Sunflower Oil Extracted from Some Hybrids Cultivated under Egyptian Conditions. *Helia*, 37(60), 113–126. <https://doi.org/10.1515/helia-2014-0010>
- Ayoola, B., & Adeyeye, A. (2010). Effect of Heating on the Chemical Composition and Physico—Chemical Properties of *Arachis hypogea* (Groundnut) Seed Flour and Oil. *Pakistan Journal of Nutrition*, 9. <https://doi.org/10.3923/pjn.2010.751.754>
- Baker, J. S., Township, G., & Dasher, D. F. (1966). *PEANUT BUTTEER STABILIZER SUSPENSION* (Patent Nr 3245803). https://drive.google.com/file/d/1zxMxogPp7nIUtw2xWZKzisEilQQEmVGg/view?usp=drive_web&usp=embed_facebook
- Barfod, N. M., & Sparsø, F. V. (2007). 5- Structure and function of emulsifiers and their role in microstructure formation in complex foods. D. J. McClements (Toim), *Understanding and Controlling the Microstructure of Complex Foods* (lk 113–152). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1533/9781845693671.1.113>
- Ben, A. W., Claverie, M., Lemoine, G., Ronchetti, G., Sedano, S. F., Cerrani, I., Nisini, S. L., & Panarello, L. (2022, september 12). *JRC MARS Bulletin—Global outlook—Crop monitoring European neighbourhood—Ukraine—September 2022*. JRC Publications Repository. <https://doi.org/10.2760/945262>
- Bukola, C., Gabriel, A., Patience, A., Omoniyi, A., & Olalekan. (2015). *Effects of Different Storage Temperature on the Physicochemical Properties of Cooking Oils Available in Nigeria Markets*.
- Chien, Y.-H. (2015). *Shelf life extension of seed butter made with sesame, sunflower and pumpkin seeds*. Ohio State University.
- Chien, Y.-H., & Pascall, M. A. (2021). Development of Seed Butter Made with Pumpkin, Sesame, and Sunflower Seeds and the Influence of Natural Antimicrobials and Stabilizers on Its Shelf Life. *International Journal of Food Science*, 2021, 6630636. <https://doi.org/10.1155/2021/6630636>
- Choe, E., & Min, D. B. (2006). Mechanisms and Factors for Edible Oil Oxidation. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 5(4), 169–186. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2006.00009.x>

- Connell, J. J. (1975). *Control of Fish Quality*. Fishing News.
- FAO. (2023). FAOSTAT. <https://www.fao.org/faostat/en/#home>
- Fooladi, E. (2009, märts 15). *Chocolate part 1:3—Why it seizes with just a little water, ...and what to do about it*. <http://www.fooducation.org/2009/02/chocolate-part-1-why-it-seizes-with.html>
- Fric, A. (2017, detsember 4). *Just keep stirring: What Finding Dory and Whole Foods have in common with the rule of law*. <https://www.agathon.ca/2017/12/04/just-keep-stirring/>
- Ghorbani Gorji, S., Calingacion, M., Smyth, H. E., & Fitzgerald, M. (2019). Comprehensive profiling of lipid oxidation volatile compounds during storage of mayonnaise. *Journal of Food Science and Technology*, 56(9), 4076–4090. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03876-6>
- Gilbraith, W. E., Carter, J. C., Adams, K. L., Booksh, K. S., & Ottaway, J. M. (2021). Improving Prediction of Peroxide Value of Edible Oils Using Regularized Regression Models. *Molecules*, 26(23), 7281. <https://doi.org/10.3390/molecules26237281>
- González Pérez, S. (2003). *Physico-chemical and functional properties of sunflower proteins* [Wageningen University]. <https://mail.google.com/mail/u/0/?tab=rm&ogbl#inbox/FMfcgzGsmNMhhvskNDWVGIXjFPhCTBKk?projector=1&messagePartId=0.16>
- Gorrepati, K., Balasubramanian, S., & Chandra, P. (2015). Plant based butters. *Journal of Food Science and Technology*, 52(7), 3965–3976. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1572-7>
- Grompone, M. A. (2020). Sunflower and High-Oleic Sunflower Oils. *Bailey's Industrial Oil and Fat Products* (lk 1–54). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/047167849X.bio017.pub2>
- Guillén, M. D., & Cabo, N. (2002). Fourier transform infrared spectra data versus peroxide and anisidine values to determine oxidative stability of edible oils. *Food Chemistry*, 77(4), 503–510. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(01\)00371-5](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(01)00371-5)
- Guo, S., Ge, Y., & Jom, K. N. (2017). A review of phytochemistry, metabolite changes, and medicinal uses of the common sunflower seed and sprouts (*Helianthus annuus* L.). *Chemistry Central Journal*. <https://mail.google.com/mail/u/0/?tab=rm&ogbl#inbox/FMfcgzGsmNMhhvskNDWVGIXjFPhCTBKk?projector=1&messagePartId=0.4>
- Hasegawa, H. (Toim). (1987). *Laboratory manual on analytical methods and procedures for fish and fish products*. Marine Fisheries Research Department, Southeast Asian Fisheries Development Center. <http://hdl.handle.net/20.500.12066/5343>
- He, Y., Li, Y., Salazar, J. K., Yang, J., Tortorello, M. L., & Zhang, W. (2013). Increased Water Activity Reduces the Thermal Resistance of *Salmonella enterica* in Peanut Butter. *Applied and Environmental Microbiology*, 79(15), 4763–4767. <https://doi.org/10.1128/AEM.01028-13>
- Hiemenz, P. C. (1997). *Principles of Colloid and Surface Chemistry* (3. tr). CRC Press. https://drive.google.com/file/d/1AQtzUV81uEGRco18hjf0WmHx5oUQSzd_/view?usp=drive_web&usp=embed_facebook

- Huang, Z., Guo, B., Deng, C., Luo, S., Liu, C., & Hu, X. (2020). Stabilization of peanut butter by rice bran wax. *Journal of Food Science*, 85(6), 1793–1798. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15176>
- Krog, N. J., & Sparsø, F. V. (2004). Food emulsifiers: Their chemical and physical properties. *Food Emulsions, Ed.4*, 45–91.
- Lima, I., & Guraya, H. (2005). Optimization Analysis of Sunflower Butter. *Journal of Food Science*, 70, s365–s370. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.tb11457.x>
- Loi, C. C., Eyres, G. T., & Birch, E. J. (2019). Effect of mono- and diglycerides on physical properties and stability of a protein-stabilised oil-in-water emulsion. *Journal of Food Engineering*, 240, 56–64. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.07.016>
- Lustre, A. O., Fransisco, M. L. L., Palomar, L. S., & Resurreccion, A. v. a. (2006). *Peanut butter and spreads*.
- Martínez-Padilla, L. P. (2005). Food Suspensions. *Encyclopedia of Life Support (Kd ii)*. UNESCO Publishing. https://drive.google.com/file/d/1dsCLi-RwLZBG5bKvKJNlggtkIC6pcXSw/view?usp=drive_web&usp=embed_facebook
- McClements, D. J., & Jafari, S. M. (2018). Improving emulsion formation, stability and performance using mixed emulsifiers: A review. *Advances in Colloid and Interface Science*, 251, 55–79. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2017.12.001>
- Meghna, G. (2016, oktober 20). Lipids: Definition, Classification an Functions | Biochemistry. *Zoology Notes*. <https://www.notesonzooology.com/lipids/lipids-definition-classification-an-functions-biochemistry/3510>
- Mirpoor, S. F., Giosafatto, C. V. L., & Porta, R. (2021). Biorefining of seed oil cakes as industrial co-streams for production of innovative bioplastics. A review. *Trends in Food Science & Technology*, 109, 259–270. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.014>
- Mohd Rozalli, N. H., Chin, N. L., Yusof, Y. A., & Mahyudin, N. (2016). Quality changes of stabilizer-free natural peanut butter during storage. *Journal of Food Science and Technology*, 53(1), 694–702. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-2006-x>
- Mureşan, V., Danthine, S., Mureşan, A. E., Racołta, E., Blecker, C., Muste, S., Socaciu, C., & Baeten, V. (2016). In situ analysis of lipid oxidation in oilseed-based food products using near-infrared spectroscopy and chemometrics: The sunflower kernel paste (tahini) example. *Talanta*, 155, 336–346. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2016.04.019>
- Muresan, V., Muste, S., Racołta, E., Semeniuc, C. A., Man, S., Birou(Pop), A., & Chircu, C. (2010). Determination of Peroxide Value in Sunflower Halva using a Spectrophotometric Method. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Agriculture*, 67(2). <https://doi.org/10.15835/buasvmcn-agr:5116>
- Naik, M. K., Naik, S. N., & Mohanty, S. (2014). Enzymatic glycerolysis for conversion of sunflower oil to food based emulsifiers. *Catalysis Today*, 237, 145–149. <https://doi.org/10.1016/j.cattod.2013.11.005>

- Ningtyas, D. W. (2023). Plant-based butter like spreads. S. Prakash, B. R. Bhandari, & C. Gaiani (Toim), *Engineering Plant-Based Food Systems* (lk 151–166). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-89842-3.00013-0>
- Norn, V. (2015). *Emulsifiers in Food Technology, 2nd Edition* | Wiley. <https://www.wiley.com/en-us/Emulsifiers+in+Food+Technology%2C+2nd+Edition-p-9780470670637>
- Pan, Y., Tikekar, R. V., & Nitin, N. (2013). Effect of antioxidant properties of lecithin emulsifier on oxidative stability of encapsulated bioactive compounds. *International Journal of Pharmaceutics*, 450(1), 129–137. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2013.04.038>
- Pekdemir, T., Çopur, M., & Kingsley, U. (2005). Emulsification of Crude Oil–Water Systems Using Biosurfactants. *Process Safety and Environmental Protection - PROCESS SAF ENVIRON PROT*, 83, 38–46. <https://doi.org/10.1205/psep.03176>
- Petruaru, A., Ursachi, F., & Amariei, S. (2021). Nutritional Characteristics Assessment of Sunflower Seeds, Oil and Cake. Perspective of Using Sunflower Oilcakes as a Functional Ingredient. *Plants*, 10(11), 2487. <https://doi.org/10.3390/plants10112487>
- Prakash, S., Bhandari, B., & Gaiani, C. (2022). *Engineering Plant-Based Food Systems*. Academic Press.
- Putnam, D. H., Oplinger, E. S., Hicks, D. R., Durgan, B. R., Noetzel, D. M., Meronuck, R. A., Doll, J. D., & Schulte, E. E. (1990). *Sunflower*. <https://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/sunflower.html>
- Riveros, C. G., Mestrallet, M. G., Gayol, M. F., Quiroga, P. R., Nepote, V., & Grosso, N. R. (2010). Effect of storage on chemical and sensory profiles of peanut pastes prepared with high-oleic and normal peanuts. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(15), 2694–2699. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4142>
- Rosa, P. M., Antoniassi, R., Freitas, S. C., Bizzo, H. R., Zanotto, D. L., Oliveira, M. F., & Antoniassi, V. B. R. (2009). Chemical composition of Brazilian sunflower varieties. *Helia*, 32(50), 145–155. <https://doi.org/doi:10.2298/hel0950145r>
- Shahidi-Noghabi, M., Naji-Tabasi, S., & Sarraf, M. (2019). Effect of emulsifier on rheological, textural and microstructure properties of walnut butter. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13(1), 785–792. <https://doi.org/10.1007/s11694-018-9991-1>
- Sochr, J., Cinkova, K., & Svorc, L. (2014). Degradation Markers in Nutritional Products a Review. *Austin J Anal Pharm Chem*, 1(1).
- Sunflower oil production makes up 9 percent of all vegetable oil produced globally.* (2022, juuni 2). <http://www.ers.usda.gov/data-products/chart-gallery/gallery/chart-detail/?chartId=104023>
- Žilić, S., Barać, M., Pešić, M., Crevar, M., Stanojević, S., Nišavić, A., Saratlić, G., & Tolimir, M. (2010). Characterization of sunflower seed and kernel proteins. *HELIA*, 33(52), 103–114. <https://doi.org/10.2298/HEL1052103Z>
- Taha, F. S., Wagdy, S. M., Hassanein, M. M. M., & Hamed, S. F. (2012). Evaluation of the biological activity of sunflower hull extracts. *Grasas y Aceites*, 63(2), 184–192. <https://doi.org/10.3989/gya.072111>

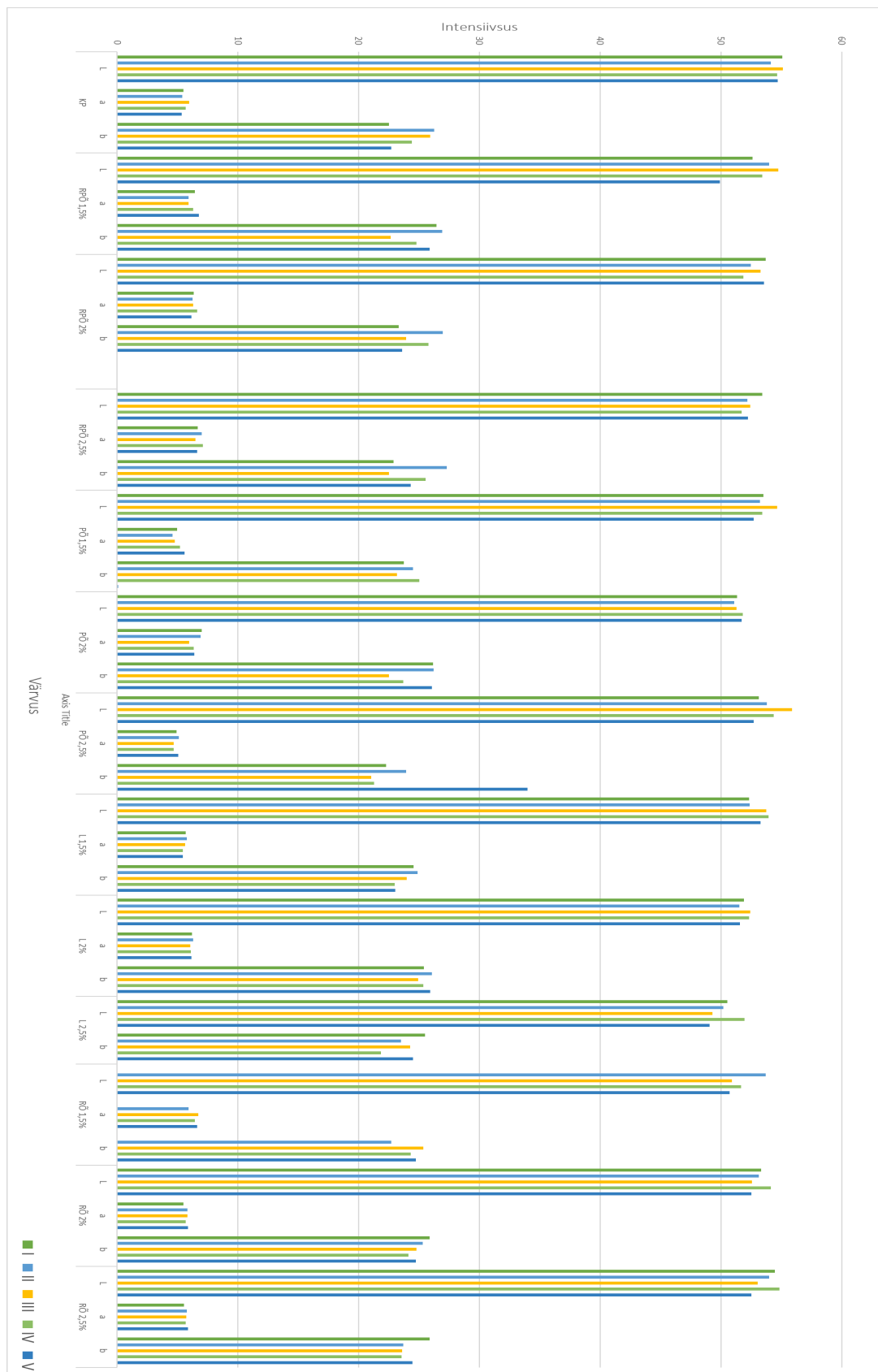
- Talbot, G. (2011). The stability and shelf life of fats and oils. *Food and Beverage Stability and Shelf Life* (lk 683–715). Elsevier. <https://doi.org/10.1533/9780857092540.3.683>
- Tang, D. (2019). Hardstock Triglycerides. L. Melton, F. Shahidi, & P. Varelis (Toim), *Encyclopedia of Food Chemistry* (lk 128–131). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.21592-8>
- Tanti, R., Barbut, S., & Marangoni, A. G. (2016). Oil stabilization of natural peanut butter using food grade polymers. *Food Hydrocolloids*, 61, 399–408. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.05.034>
- Tawfik, M., & Huyghebaert, A. (1999). Interaction of packaging materials and vegetable oils: Oil stability. *Food Chemistry*, 64(4), 451–459. [https://doi.org/10.1016/s0308-8146\(97\)00202-1](https://doi.org/10.1016/s0308-8146(97)00202-1)
- Verhoeff, M., & van Duijn, G. (2013). Quality and Food Safety Assurance and Control. *Edible Oil Processing* (lk 251–266). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781118535202.ch9>
- Wiesman, Z. (2009). Desert Olive Oil Cultivation. *Desert Olive Oil Cultivation*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374257-5.X0001-2>

Lisa 1 - sensoorse analüüsi hindamisleht

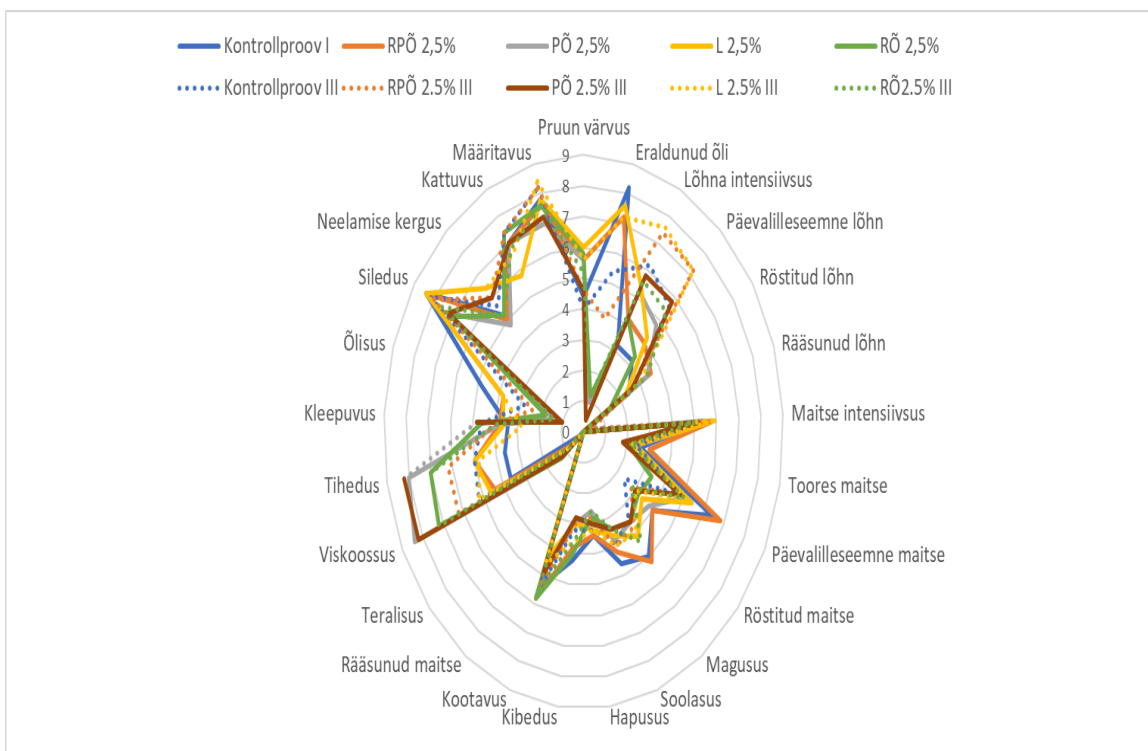
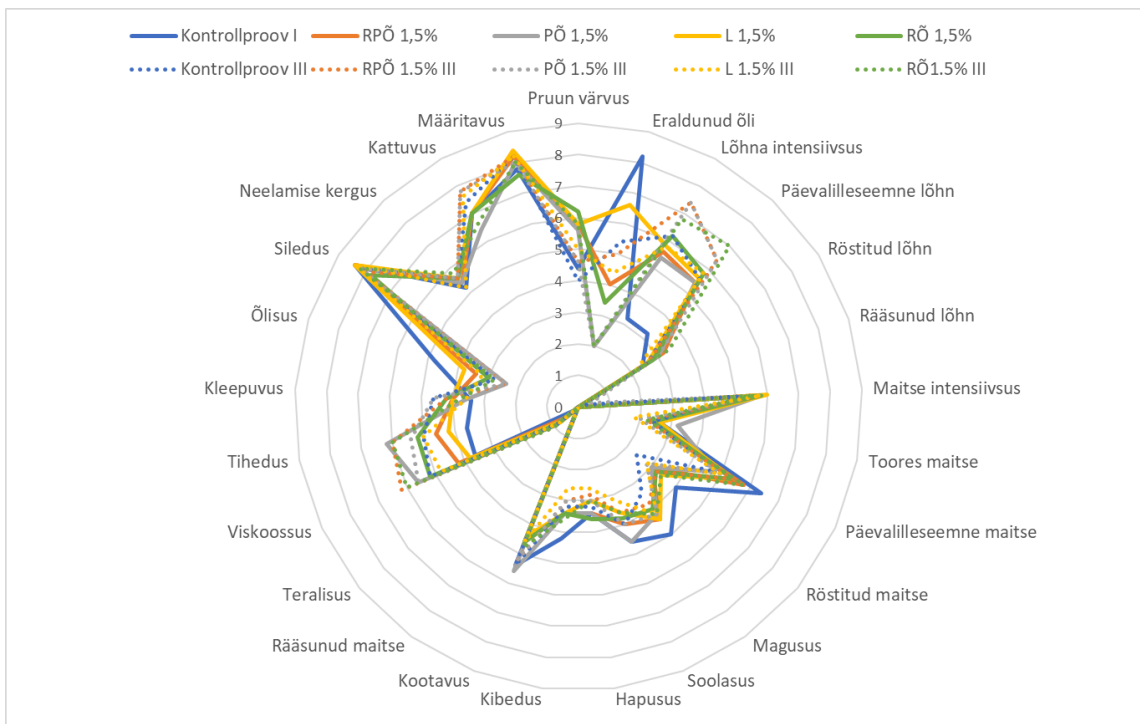
APPERANCE (reference: peanut butter crunchy-salty)	
• Brown color 5	
• Oiliness 2	
ODOR (reference: peanut butter crunchy-salty)	
• Overall intensity 8	
• Raw material 8	
• Roasted 4	
• Rancid 0	
FLAVOR (reference: peanut butter crunchy-salty)	
• Overall intensity 6	
• Green 2	
• Raw material (sunflower seeds) 5	
• Roasted 4	
• Sweet 2	
• Salty 8	
• Sour 4	
• Bitter 5	

• Astringent 6	
• Rancid 0	
TEXTURE (reference: peanut butter smooth)	
• Graininess 1	
• Viscosity 6	
• Density 6	
• Adhesiveness 4	
• Oiliness 2	
• Smooth 8	
• Ease of swallow(0- hard;10-easy) 5	
• Mouthcoating 7	
• Spreadability 8	

Lisa 2 - fotospektromeetriga mõõdetud värvi muutused



Lisa 3 - 1.5% ja 2.5% stabilisaatorite sisaldusega päevalillevõide sensorsete omadustega joonised



Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina Evelyn Lumi

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

STABILISAATORI MÕJU PÄEVALILLEVÕIDE SÄILIVUSELE

mille juhendaja on Katrin Laos

1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

24.05.2023

¹ Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal vastavalt üliõpilase taotlusele lõputööle juurdepääsupiirangu kehtestamiseks, mis on allkirjastatud teaduskonna dekaani poolt, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil. Kui lõputöö on loonud üks või enam isikut oma ühise loomingulise tegevusega ning lõputöö kaas- või ühisautor(id) ei ole andnud lõputööd kaitsvale üliõpilasele kindlaksmääratud tähtjaks nõusolekut lõputöö reprodutseerimiseks ja avalikustamiseks vastavalt lihtlitsentsi punktidele 1.1. ja 1.2, siis lihtlitsents nimetatud tähtaja jooksul ei kehti.

