

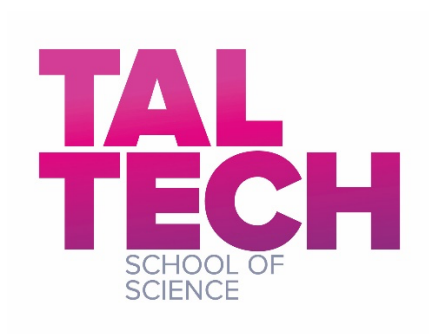
**Toiduainete viskoossuse uurimine düsfaagia patsientide toitumise
reguleerimise eesmärgil**

Bakalaureusetöö

Üliõpilane: Jekaterina Veškova

Juhendaja: Katrin Laos, Tallinna Tehnikaülikool, dotsent

Õppekava: Rakenduskeemia, toidu- ja geenitehnoloogia



Investigation of food viscosity for dietary control in dysphagia patients

Bachelor thesis

Student: Jekaterina Veškova

Supervisor: Katrin Laos, Tallinn University of Technology, Associate professor

Study program: Applied chemistry, food and gene technology

Tallinn 2022

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: Jekaterina Veškova
(allkirjastatud digitaalselt)

Töö vastab bakalaureusetööle esitatavatele nõuetele.
Juhendaja: Katrin Laos, dotsent
(allkirjastatud digitaalselt)

Töö on lubatud kaitsmisele.
Kaitsmiskomisjoni esimees: Vello Tõugu, dotsent
[allkiri ja kuupäev]

Sisukord

Autorideklaratsioon	3
Sisukord	4
Lühendite loetelu	5
Sissejuhatus	6
1. Kirjanduse ülevaade	7
1.1. Viskoossus	7
1.1.1. Dünaamiline ja kinemaatiline viskoossus.....	7
1.1.2. Newtoni ja mitte-Newtoni vedelikud.....	8
1.1.3. Viskoossuse mõõtmine	8
1.2. Neelamishäire ehk düsfaagia	10
1.2.1. Düsfaagia avaldumine.....	11
1.2.2. Neelamishäire teraapia	11
1.3. Düsfaagiale orienteeritud toodete klassifitseerimine	13
1.3.1. Rahvusvahelise düsfaagia dieedi standardiseerimise algatus.....	14
1.4. Düsfaagia haigete toidud	16
1.4.1. Paksendavate ainete kasutamine toiduainetes	16
1.5. Nutilis clear ja Nutilis powder	19
2. Eksperimentaalne osa	22
2.1. Materjalid	22
2.2. Meetodid	22
2.2.1. Proovide ettevalmistamine.....	22
2.2.2. Viskoossuse määramine.....	23
2.3. Andmete analüüs	23
3. Tulemused ja arutelu	24
3.1. Nutilis Clear ja Nutilis Powder viskoossused	24
3.2. Toiduainete viskoossused	29
3.3. Järeldused	35
Kokkuvõte	37
Summary	38
Kasutatud kirjandus	39

Lühendite loetelu

ASTM – Ameerika Testimise ja Materjalide Ühing (American Society for Testing and Materials)

ASHA – Ameerika kõnekeeke kuulmise assotsiatsioon (American Speech-Language-Hearing Association)

NDD - Rahvusvaheline Düsfaagia Dieet (National Dysphagia Diet)

IDDSI – Rahvusvahelise Düsfaagia Dieedi Standardiseerimise Algatusrühm (International Dysphagia Diet Standardisation Initiative)

Sissejuhatus

Düsfaagia on neelamisraskustega seotud haigus. See mõjutab erinevaid vanuserühmi ning kogu maailma inimestest 8–15% kannatavad selle haiguse all. Siiski on häire esinemissagedus kõrgem eakatel inimestel, moodustades umbes 30–40% (Schmidt et al., 2021). Düsfaagia on erinevate haiguste sümptom ja selle põhjuseid on erinevaid, näiteks närvisüsteemihäigused, vähk, insult, jm. See mõjutab nii inimese elukvaliteeti kui ka terviseiga seotud aspekte, põhjustades alatoitumist ja vedelikupuudust ning lisaks võib tekitada uusi haiguseseisundeid, näiteks kopsupõletikku.

Düsfaagia korral ei suuda inimene tarbida kas liiga paksu või liiga vedela konsistentsiga toitu ning patsient peab pidama spetsiaalset dieeti, mille on koostanud ja määranud raviarst. Põhiliseks haiguse raviks on just dieedist kinnipidamine. Düsfaagia haigusega patsientidel peab olema tagatud täisväärtuslik toitumine, et kompenseerida toitainete saamine ning vajaliku tekstuuri saavutamiseks kasutatakse toidupaksendajad (Rahuoja et al., 2020), mis jaotatakse kummi- ja tärklisepõhisteks (Raheem et al., 2021). Tänapäeval on kasutusel mitmeid erinevaid kaubanduslikke paksendajad, mille omadusi on ka põhjalikult uuritud. Siiski ei ole leitud ideaalset paksendajat, millel oleksid ühtaegu suurepärased nii reoloogilised kui ka sensoorsed omadused (Schmidt et al., 2021). Ka haiglates kasutatakse kaubanduslikke paksendajad, millele tootjad on andnud ligikaudseid viskoossuse väärtuseid ja see on väga oluline düsfaagia puhul (Nutricia, 2017).

Käesoleva lõputöö eesmärgiks on kaardistada Eesti turul olevad vedelad ja püreestatud toidutoodete viskoossused, määrates nende toiduainete viskoossused erinevatel nihkekiirustel ning klassifitseerida tooted vastavalt NDD (Rahvusvaheline Düsfaagia Dieet) klassifikatsioonile. Lisaks uurida kahe kaubandusliku paksendaja Nutilis Powder ja Nutilis Clear viskoossuseid sõltuvalt kontsentratsioonist, ajast ja temperatuurist.

1. Kirjanduse ülevaade

1.1. Viskoossus

Viskoossuseks nimetatakse vedeliku või gaasi vastupidavust kuju muutumisele või naaberosade liikumist üksteise suhtes. Viskoossust võib pidada molekulide vaheliseks sisehõõrdumiseks; selline hõõrdumine takistab kiiruste erinevuste tekkimist vedelikus. Nagu tahkete ainete vahelise hõõrdumise korral, tähendab suurem vedeliku viskoossus, et vedeliku voolamiseks on vaja rohkem energiat. Valades vedelikku mahutist välja, tekib anuma sein ja vedeliku molekulide vahel hõõrdumine ja molekulid kleepuvad suuremal või vähemal määral anuma pinnale. Samal ajal pinnast kaugemal olevad molekulid voolavad vabamalt. Neid mõjutab ainult nende omavaheline vastastikmõju. Viskoossus määrab voolu kiiruse erinevust või deformatsiooni molekulide vahel teatud kaugusel pinnast ja vedeliku-pinna piiril (Helmenstine, 2021).

Viskoossust mõjutavad mitmed tegurid. Nende hulka kuuluvad temperatuur, rõhk ja teiste molekulide juurde lisamine. Rõhu mõju vedelikele on üsna väike. Molekulide juurdelisamise mõju võib olla aga märkimisväärne. Näiteks suhkru lisamine veele muudab selle palju viskoossemaks. Kuid kõige rohkem mõjutab viskoossust temperatuur. Temperatuuri tõus vähendab vedeliku viskoossust, kuna soojus annab molekulidele piisavalt energiat molekulidevahelise külgetõmbe ületamiseks. Ka gaasidel on olemas viskoossus, kuid temperatuuri mõju on seal vastupidine. Gaasi temperatuuri tõus suurendab viskoossust. See on seotud sellega, et molekulidevaheline külgetõmme ei mängi gaasi viskoossuses olulist rolli, kuid temperatuuri tõus põhjustab molekulide vahel rohkem kokkupõrkeid (Bird et al., 1987).

1.1.1. Dünaamiline ja kinemaatiline viskoossus

Eristatakse kahte põhilist viskoossuse tüüpi - dünaamilist viskoossust (η , μ) ja kinemaatilist viskoossust (ν). Absoluutne ehk dünaamiline viskoossus mõõdab vedeliku voolamise takistust, samas kui kinemaatiline viskoossus on dünaamilise viskoossuse ja vedeliku tiheduse suhe. Valemit

$$\tau = \frac{dc}{dy} \mu = \mu \gamma \quad (1),$$

kus τ - nihkepinge vedelikus (N/m^2), μ – vedeliku dünaamiline viskoossus ($N s/m^2$), dc – ühikkiirus (m/s), dy - ühikkaugus kihtide vahel, $\gamma = \frac{dc}{dy}$ = nihkekiirus (s^{-1}) tuntakse Newtoni hõõrdeseadusena ning sellest saab väljendada dünaamilist viskoossust:

$$\mu = \tau \frac{dc}{dy} = \frac{\tau}{\gamma} \quad (2).$$

Kinemaatilist viskoossust saab väljendada järgmise valemiga:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (3),$$

kus ν – kinemaatiline viskoossus (m^2/s), μ -absoluutne ehk dünaamiline viskoossus ($N s/m^2$), ρ - tihedus (kg/m^3) (Engineering ToolBox, 2003).

Kuigi vastastikmõju on selge, on oluline meeles pidada, et kahel sama dünaamilise viskoossuse väärtusega vedelikul võib olla erinev tihedus ja seega erinevad kinemaatilise viskoossuse väärtused

ning dünaamilisel ja kinemaatilisel viskoossusel on erinevad ühikud. SI-süsteemis on dünaamilise viskoossuse ühik Pa·s ja kinemaatilise viskoossuse ühik $\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$. Praktikas kasutatakse väikese viskoossusega aine korral SI ühiku Pa·s asemel sageli tuhat korda väiksemat ühikut mPa·s (Inc RheoSense, 2021). Dünaamilise viskoossuse füüsikaline ühik sentimeeter-gramm-sekund ühikute süsteemis (cgs) on Jean Poiseuille' järgi nime saanud puaas (P). Seda väljendatakse sagedamini, eriti ASTM-i (ASTM - The American Society for Testing and Materials) standardites, kui sentipuaas (cP). $1 \text{ P} = 100 \text{ cP} = 1 \text{ g cm}^{-1} \text{ s}^{-1} = 0.1 \text{ Pa s}$. $1 \text{ cP} = 1 \text{ mPa s}$.

Kinemaatilise viskoossuse füüsikaline ühik on George Stokesi järgi nimetatud stookid (St). Mõnikord väljendatakse seda sentistookides (cSt või cSt); $1 \text{ St} = 100 \text{ cSt} = 1 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1} = 0,0001 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ (Martyr & Plint, 2012). Samas on kasutusel ka mõned vanad kinemaatilise viskoossuse ühikud: Suurbritannias Engleri kraad (°E), mis väljendab viskoossust vee suhtes ning Redwoodi sekund (RI), mis väljendab aega sekundites, mille jooksul 50 ml proovivedelikku voolab läbi Redwoodi viskosimeetri (Viscosity, 2005); Ameerika Ühendriikides Saybolti sekund (SSU), mis väljendab väljavooluaega, mis on vajalik selleks, et 60 ml naftasaadust voolaks läbi Saybolt Universal viskosimeetri kalibreeritud ava – kontrollitud temperatuuril ja vastavalt ASTM katsemeetoditele (Engineering ToolBox, 2003).

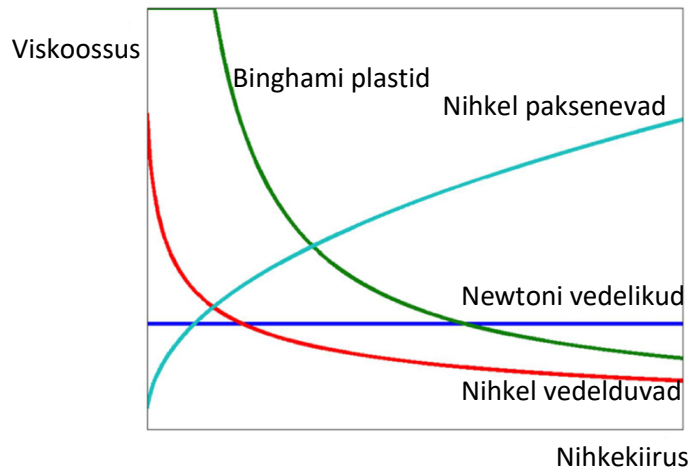
1.1.2. Newtoni ja mitte-Newtoni vedelikud

Newtoni vedelik on vedelik, mis allub Newtoni hõõrdeseadusele, kus viskoossus ei sõltu deformatsioonikiirusest (näiteks vesi, glütseriin, õlid). Mitte-Newtoni vedelik on selline vedelik, mis ei allu Newtoni hõõrdeseadusele. Sellist mitte-Newtoni vedelike käitumist nimetatakse viskoelastsuseks ja sel juhul on vedelikel nii elastsed kui viskoossed omadused. Mitte-Newtoni vedelike kõrvalekalle Newtoni vedelike käitumisest võib toimuda mitmel erineval viisil:

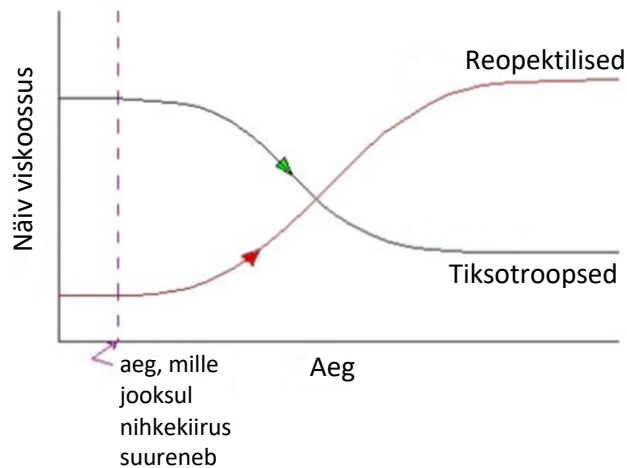
- Nihkel vedelduvates (*Shear-thinning*) vedelikes viskoossus väheneb nihkepinge suurenedes (Joonis 1). Enamus toiduained kuuluvad nihkel vedelduvate ainete alla.
- Nihkel paksenevates (*Shear-thickening*) vedelikes suureneb viskoossus nihkepinge suurenedes (Joonis 1). Ränidioksiidi osakeste suspensioon polüetüleenglükoolis, mida leidub kuulivestides ja mõnedes piduriklotsides, on näiteks nihkel paksendav vedelik.
- Tiksotroopses vedelikus väheneb viskoossus aja jooksul ühtlasel loksutamisel või segamisel (Joonis 2). Jogurt on tiksotroopse vedeliku näide.
- Reopektilises vedelikus viskoossus suureneb aja jooksul ühtlasel loksutamisel või segamisel (Joonis 2). Maisitärklise või vee segu on hea näide sellisest vedelikust.
- Binghami plastid käituvad tavaliselt tahkete ainetena, kuid voolavad suure pinge all viskoosse vedelikuna (Joonis 1). Majonees on näide Binghami plastist (Helmenstine, 2021).

1.1.3. Viskoossuse mõõtmine

Viskoossuse mõõtmise seadmed on viskosimeetrid ja reomeetrid. Tehniliselt on reomeeter eriline viskosimeetri tüüp. Viskoossuse väärtus on takistus vedeliku ja objekti pinna vahel. Need seadmed töötavad laminaarse voolu ning väikese Reynoldsi arvu korral. Reynoldsi arv on inertsiaalsete jõudude ja viskoossete jõudude suhe. Reynoldsi arv on dimensioonita arv, mida kasutatakse vedelike süsteemide kategoriseerimiseks, mille puhul viskoossuse mõju on oluline vedeliku kiiruste või voolumustri reguleerimisel.



Joonis 1. Newtoni ja mitte-Newtoni vedelike viskoossus sõltuvalt nihkekiirusest (Zhu et al., 2014)



Joonis 2. Reopektiliste ja tiksotroopsete vedelike viskoossus sõltuvalt ajast (Shahzad, 2015).

Vastavalt Reynoldsi arvule jagatakse vedelikke laminaarseteks või turbulentseteks. Matemaatiliselt väljendatakse Reynoldsi arvu (N_{Re}):

$$N_{Re} = \frac{\rho v d}{\mu} \quad (4),$$

kus ρ – tihedus, v – kiirus, d – diameeter, μ - viskoossus (Rehm et al., 2008).

Viskoossuse mõõtmiseks on kaks põhimeetodit: Objekt läbib paigalseisvat materjali või materjal voolab läbi või mööda liikumatu objekti. Mõlema meetodi puhul salvestatakse aeg, mis on vajalik protsessi läbiviimiseks ja mis mõõdab voolamistakistust. Kasutades ühte kahest meetodist võib eristada erinevat tüüpi viskosimeetreid:

- Kapillaar- ehk klaasviskosimeeter
- Pöörlev viskosimeeter
- Kukkuva kuuli ja langeva kolvi viskosimeeter
- Viskosimeetrid, mis mõõdavad Newtoni viskoossust

Mitte-Newtoni viskoossuse mõõtmiseks on olemas reomeetrid, mis teevad seda mitme parameetri abil. Reomeetrid jagunevad samuti erinevateks tüüpideks:

- Kapillaarreomeeter
- Dünaamiliselt pöörlev
- Pöördemomendil põhinev
- Võnkuv (SciMed, 2021)

Näiteks RheolabQC on pöörlev reomeeter, mis töötab Searle'i põhimõttel (Pilt 1). Searle'i põhimõte puudutab peamiselt mootori pöördemomendi seost testitava vedeliku dünaamilise viskoossusega (Anton Paar GmbH, 2016). Searle'i põhimõtet kasutatakse tavaliselt paljudes pöörlevates viskosimeetrites. Pöörlevatel viskosimeetritel on palju erineva kujuga mõõtesüsteeme, mis sobivad erinevates olukordades (Riyaz et al., 2018). See koosneb ülitäpsest kooderist ja kõrgdünaamilisest EC-mootorist, mida kasutatakse ka MCR-reomeetrite seerias.



Pilt 1. RheoLabQC viskosimeeter (Anton Paar, 2021)

Testi läbiviimisel saab valida kontrollitud nihkekiiruse ja kontrollitud nihkepinge vahel. Lisaks tavapärastele voolu- ja viskoossuskõveratele sobib RheolabQC ka emulsioonide ja dispersioonide segunemis- ja segamiskäitumise uurimiseks, kattekihtide vajumise ja tasanduskäitumise testimiseks ning geelide ja pastade voolavuspiiri määramiseks (Anton Paar GmbH, 2016).

1.2. Neelamishäire ehk düsfaagia

Düsfaagia ehk neelamishäire on termin neelamisraskuste kohta (Lahendus neelamishäirete korral, 2018). See on haigus, mis anatoomilise või füsioloogilise kahjustuse tõttu mõjutab suu, neelu ja/või söögitoru funktsiooni. Düsfagia tagajärjed võivad mõjutada elukvaliteeti, hüdratatsiooni, toitumist ja ravimite manustamist ning sellega võib kaasneda suurem risk edasistele meditsiinilistele tüsistustele (McGinnis et al., 2019).

Neelamine koosneb kolmest faasist. Esimene faas on ettevalmistus suus ja transpordifaas - selle faasi jooksul toimub toidu närimine, booluse (toidumass) moodustumine ja selle suunamine keele taha. Teine etapp on farüంగాalne faas, mille jooksul toimub iseeneslik neelamisreaktsioon ning toiduboolus liigub neelu kaudu edasi. Ning komas faas on söögitoru faas, kus toimub söögitoru tahtmatu peristaltika ning toiduboolus liigub läbi söögitoru. Düsfagiat klassifitseeritakse vastavalt nendele faasidele kaheks tüübiks – orofarüంగాalne ja söögitoru düsfagia. Orofarüంగాalse düsfagia korral tekivad raskused neelamise alustamisega ning selle põhjuseks on oraalne või neelufaasi kahjustused. Patsientidel on raskusi toidu transpordiga suust läbi neelu. Söögitoru

düsfaagia tekib söögitoru faasi häire tõttu. Patsientidel ilmnevad raskused neelamisel mitu sekundit pärast neelamise alustamist ning võib kaasneda tunne, et toit jääb kinni. Söögitoru düsfaagia võib jagada kaheks alamkateooriaks: funktsionaalsed ja mootorikahäired ning mehaanilised ja obstruktiivsed häired (Lecturio, 2020).

Neelamishäire peamised sümptomid:

- Valu neelamisel
- Võimetus neelata
- Ebamugavus-, tükitunne või valu kõripiirkonnas
- Süljevool
- Hääle muutused, kähedus
- Toidu kogunemine suhu (regurgitatsioon)
- Sagedased kõrvetised
- Toidu või maohape eraldumine kurku
- Kehakaalu langus
- Köhimine, lämbumine või oksendamine allaneelamisel
- Korduvad kopsupõletikud
- Vedeliku või toidu sattumine ninna
- Tahke või vedela toidu neelamise raskused (Gyawali & Louis, 2010)

1.2.1. Düsfaagia avaldumine

Düsfaagia võib põhjustada alatoitumist ning vedelikupuudust. Lisaks võib toidu või vedeliku sattumine hingamisteedesse põhjustada hingamisraskusi ja kopsupõletikku (Rahuoja et al., 2020). Düsfaagial on mitu erinevat põhjust ning kõige sagedamini esineb häire eakatel ja imikutel. Igasugused seisundid, mis nõrgendavad või kahjustavad neelamisel kasutatavaid lihaseid ja närve, võivad põhjustada düsfaagiat.

Põhilised düsfaagia tekkepõhjused on:

- Insult
- Peavigastus, trauma
- Pahaloomuline kasvaja
- Närvisüsteemi haigused, nagu Parkinsoni ja Alzheimeri tõbi
- Sclerosis multiplex
- Montoneuroni haigus

Lisaks esinevad raskused neelamisega neelamismehhanismi kõrvalekalletega sündinud inimestel. Imikutel, kes on sündinud avaga suuõõnes (suulaelõhe) ei suuda korralikult imeda ning see raskendab imetamist ja tavalisest lutipudelilist joomist (NIDCD, 2017).

1.2.2. Neelamishäire teraapia

Düsfaagiaga isikute tuvastamine ja neile seejärel põhjaliku orofarüngealse anatoomia ja füsioloogiaga seotud neelu kahjustuste diagnostika pakkumine võimaldab spetsialistidel välja töötada individuaalseid, patsiendi konkreetsetele eesmärkidele kohandatud raviplaane. Ameerika kõnekeele kuulmise assotsiatsioon (ASHA) on välja töötanud ravi eesmärgid, et suurendada ohutust ja tõhusust ning söötmismeetodeid ja -võtteid (McGinnis et al., 2019). Ajutised meetmed, nagu söötmine sondi kaudu ja parenteraalne toitmine (toitained viiakse otse vereringesse), võivad lahendada koheselt probleemi, kuid rehabilitatsiooni pikaajalised eesmärgid peavad keskenduma sellele, et aidata patsiendil taastada võime neelata piisavas koguses toitu ja jooki, et tagada piisav toitumine. Neelamishäirest taastumine ja edasine käsitus sõltub haiguse algpõhjusest. Ägeda

haiguse tõttu tekkinud neelamishäire korral paigaldatakse turvalise toitmise, vedelike ja ravimite manustamise tagamiseks nina-mao sond. Püsiva neelamishäire korral asendatakse nina-mao sond läbi kõhunaha makku rajatava sondiga ehk gastrostroomiga, mida paigaldatakse tavaliselt endoskoopiliselt (Rahuoja et al., 2020). Düsfaagia ravi peab olema suunatud piisavale, tasakaalustatud toitumisele ja hüdratatsioonile, et võimaldada võimalikult kiiresti naasta ohutu ja tõhusa suukaudse manustamise juurde, võttes arvesse patsientide eelistusi (McGinnis et al., 2019). Neelamisteraapia on kompleksne protsess. Logopeed planeerib teraapiat koostöös raviarsti, õe, toitmisõe, vajadusel füsioterapeudi ja/või tegevusterapeudi ning psühholoogiga.

Teraapia koosneb peamiselt:

- Neelamisfunktsiooni taastamisest, kus neelamistehnikate abil püütakse saavutada kontroll neelamise üle. Sooritatakse erinevaid harjutusi lihasjõu ja liigeste koordineerimise parandamiseks.
- Häire kompenseerimisest, kus erinevate võtete abil leitakse ohutuim ja efektiivseim viis toidu neelamiseks (Rahuoja et al., 2020).

Düsfaagia mõjutab peaaegu 580 miljonit inimest kogu maailmas ning see põhjustab toitainete puudust organismis. Kuna paljude arenenud riikide elanikkond vananeb, suureneb düsfaagia häirega patsientide arv pidevalt. Toidu tekstuuri ja vedeliku paksuse muutmine, ilma et see kahjustaks toiteväärtust, mängib düsfaagia ravimisel olulist rolli, et tagada patsientide toitumisvajaduste täitmine (Raheem et al., 2021).

Ühed uuringud näitavad, et booluse viskoelastsuse tasakaal on oluline neelamise hõlbustamiseks (Raheem et al., 2021). Boolus on pallitaoline toidu ja sülje segu, mis tekib suus närimisprotsessi käigus. Tavaliselt on sellel sama värvus kui söödaval toidul ja sülg annab sellele aluselise pH (Naidoo, 2017). Teistes uuringutes soovitatakse, et düsfaagia dieedi korral oleks toidu tekstuur pehme, sile, niiske, elastne ja kergesti neelata. On leitud, et viskoosete toidukomponentidega töötamisel tuleb teostada rohkem uuringuid reoloogiliste parameetrite kohta. Siiski puudub maailmas üldine mõistmine parameetritest, millega määrata düsfaagiahaigetele modifitseeritud tekstuuriga toitu. Vajalik oleks toidu viskoossuse ja tekstuuri klassifitseerimissüsteem, mis põhineks usaldusväärsetel empiirilistel andmetel, et tagada düsfaagia kontroll ja ravi (Raheem et al., 2021).

Vedelikud koosnevad kihtidest ja kihtide vaheline liikumine põhjustab kiiruse gradiendi, mida nimetatakse nihkeks. Nihkedeformatsiooni peetakse neelamisprotsessis domineerivaks (nihkeviskoossus, voolamispinge), kuigi võib vaadelda ka ekstensiooniviskoossust, eriti neelamisel. Nihkekiirused on neelamisprotsessi jooksul vahemikus 5 kuni 1000 s⁻¹ (Sukkar et al., 2018) ning enamik toiduaineid on mitte-Newtoni vedelikud ehk viskoossus muutub nihkekiiruse muutumisel. Samas antakse düsfaagia raviks mõeldud vedeliku viskoossuse väärtus nihkekiiruse 50 s⁻¹ juures, mis võib olla aga ekslik ja ohtlik, kuna see nihkekiirus enamikul juhtudel ei vasta reaalsele booluse manustamisele/neelamisele orofarüngeaalses faasis. Booluse kiirus seedetraktis on maksimaalne neelus ja sõltuvalt patsiendi tervislikust seisundist võib see ulatuda üle 30 m/s, mis neuroloogiliste patsientide ja eakate puhul dramaatiliselt väheneb. Suuõõnes liigub boolus nihkekiirusega kuni 50 s⁻¹, kuid neelamisel võib nihkekiirus mesofarünksis (neelu keskosa) ning sõltuvalt booluse viskoossusest olla üle 300 s⁻¹ ja hüpofarünksis (neelu alumine osa, mis ühendub söögitoruga) kuni 900 s⁻¹ (Gallegos et al., 2021). Seega ei tohiks düsfaagia korral arvestada ainult viskoosse osaga, vaid ka elastse osaga ja viskoossused tuleks määrata erinevatel nihkekiirustel. Üldiselt arvatakse, et

viskoossuste väärtuste määramine nihkekiirustel 1, 10, 30, 50 ja 100 s⁻¹ võimaldaks paksendatud vedelikke düsfaagia korral võrrelda (Schmidt et al., 2021).

Mitmed toidu- ja farmaatsiaettevõtted on toonud turule düsfaagia haigetele mõeldud tooteid, mida võib kokku võtta järgmiselt:

- 1) Vedelikele ja toiduainetele lisatavad paksendajad. Peamised ühendid, mida kasutatakse sobivate reoloogiliste omaduste saavutamiseks, on kummipõhised ja tärklisepõhised paksendajad. Kõige levinumad on karrageen (E407), modifitseeritud maisitärklis (E1442), ksantaankummi (E415), guarkummi (E412) ja tarakummi (E417). Muud ühendid hõlmavad kaltsiumtsitraati (E333) ja kaaliumkloriidi (E508), mida kasutatakse paksendajatena.
- 2) pudingu tekstuuriga toidulisandid;
- 3) Lüofiliseeritud või dehüdreeritud pulbritooted ning pastöriseeritud või steriliseeritud valmistoidud. Lisaks rekonstrueerimiseks sobilikud tooted, nii soovitud tekstuuriga kui ka soolaste ja magusate maitsetega nagu püreed või teraviljapudrud, kompotid ja pudingud.

Näiteid väljatöötatud paksendajatest düsfaagia raviks on Nutilis® (Nutricia, Milupa GmbH., Fulda, Saksamaa) ja Resource® (Resource, Nestlé Portugal S.A., Linda-a-Velha, Portugal). Mõlemad tooted on kergesti lahustuvad valged pulbrid, mis paksendavad koheselt selgeid vedelikke. Nutilis® koosneb maltodekstriinist, modifitseeritud maisitärklisest (E-1442), tarakummist, ksantaankummist ja guarkummist, samas kui Resource® sisaldab ainult modifitseeritud maisitärklis (E-1442). Mõlemal juhul esineb modifitseeritud tärklis hüdroksüpropüülditärklisfosfaadina (Schmidt et al., 2021).

1.3. Düsfaagiale orienteeritud toodete klassifitseerimine

Rahvusvaheline Düsfaagia Dieedi (NDD) organisatsioon koostas düsfaagiale orienteeritud toodete hindamiseks klassifikatsiooni, mis baseerub toodete viskoossuse määramisel nihkekiirusel 50 s⁻¹ (Tabel 1) (Casanovas, et al., 2011).

Tabel 1. Düsfaagiale orienteeritud toodete klassifitseerimine, vastavad viskoossuse väärtused ning toitude näited (Casanovas, A., et al., 2011 & Schmidt., et al., 2021).

Klass	Viskoossus (mPa*s)	Konsistentsi kirjeldus	Näited
Vesivedel (Thin)	1 – 50	Väga vedelad vedelikud	Vesi, kohv, tee, mahlad, karastusjoogid
Nektari tüüpi (Nectar-like)	51 - 350	Vedelik tilgub lusikalt, moodustades niidikujulise joa	Mango- või virsikumahl, joogijogurt
Mee tüüpi (Honey-like)	351 - 1750	Vedelik tilgub lusikalt, moodustades „V“	Mesi
Lusika-paksusega (Spoon-thick/Pudding)	>1750	Vedelik kukub lusikalt tükina	Avokaado kreem, kreemjad jogurtid

Seda on peetud kõige olulisemaks juhiseks düsfaagia haigete ravis. Siiski on seda palju ka kritiseeritud. Toiduainete klassifitseerimisel NDD järgi mõõdetakse viskoossust toidu allaneelamisel toimuva nihkekiirusega, mida peetakse etalonfaktoriks. Samas saab seda kasutada vaid võrdluse eesmärgil. Lisaks hõlmab NDD juhend nii sensoorse paneeliga määratletud subjektiivset terminoloogiat kui ka seadmetega määratlevaid objektiivseid termineid. NDD juhistes toodud neli toiduklassifikatsiooni on kliinilistes rakendustes ebamäärased ja ebapraktilised. Toidu reoloogilised omadused sõltuvad väga palju temperatuurist ja testide parameetritest (näiteks nihkekiirusest), kuid NDD ei ole klassifitseerimisel arvestanud ei temperatuuri ega erinevate nihkekiirustega. Samuti käsitlevad kasutatavad testid vaid viskoosseid omadusi, jättes arvestamata elastsed omadused. Veel üks NDD puudus, miks neid juhiseid kritiseeritakse, on piisava informatsiooni puudus viskoossusvahemike kliinilistest olulisustest. Samuti ei ole teavet konkreetsete toodete kohta ega ole esitatud põhjendusi selle kohta, et NDD kehtestatud viskoossusvahemikud sobiksid võrdselt paljudele vedelikele, mida tavaliselt paksendatakse (näiteks vesi, mahlad, piim, kohv). Mõned teadlased on nimetanud NDD termineid „varjatud määratlusteks“ ja usutakse, et seda juhiste ei saa reaalsetes rakendustes lihtsasti kasutada (Zargaraan et al., 2013).

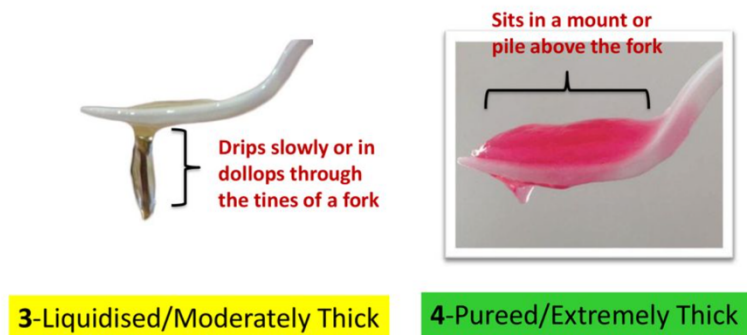
1.3.1. Rahvusvahelise düsfaagia dieedi standardiseerimise algatus

2012. aastal asutas rahvusvaheline mitmeprofilne professionaalne vabatahtlike rühm Rahvusvahelise Düsfagia Dieedi Standardiseerimise Algatusrühma (IDDSI). Selle globaalse algatuse eesmärk oli rahvusvahelise standardiseeritud terminoloogia väljatöötamine ja muudetud tekstuuriga toitude ja paksendatud vedelike määramine, mis on mõeldud düsfaagiaga patsientidele igas vanuses, kõikides hooldusasutustes ja kõikides kultuurides. Vastavalt IDDSI loodud struktuurile soovitati standardiseeritud toidu tekstuuri terminoloogiat rakendada kogu maailmas ning düsfaagia toidud tuleks liigitada kaheksaks tasemeks (0–7) (joonis 3). Struktuur sisaldab 5 joogi paksuse taset (vedel + 4 taset) ja 5 toidu tekstuuri taset (normaalne + 4 modifitseerimistaset). Toitude klassifitseerimiseks kasutatakse voolamistesti läbi süstla, kahvli survetesti jm. Süstla voolutestis klassifitseeritakse IDDSI tasemed 0 kuni 3 sõltuvalt voolukiirusest (IDDSI, 2019). Süstla voolutesti puhul täidetakse 10 ml süstal (skaala kõrgus 61,5 mm) uuritud vedelikuga ning fikseeritakse süstlas allesjäänud vedeliku kogus 10 sekundi läbimisel, seejärel klassifitseeritakse vedelik vastavalt allesjäänud kogusele süstlas: 0 ml – vesivedel (*thin*), 1 ml – minimaalselt paksendatud (*slightly thick*), 4 ml – vähepaksendatud (*mildly thick*), 8 ml – keskmiselt paksendatud (*moderately thick*).

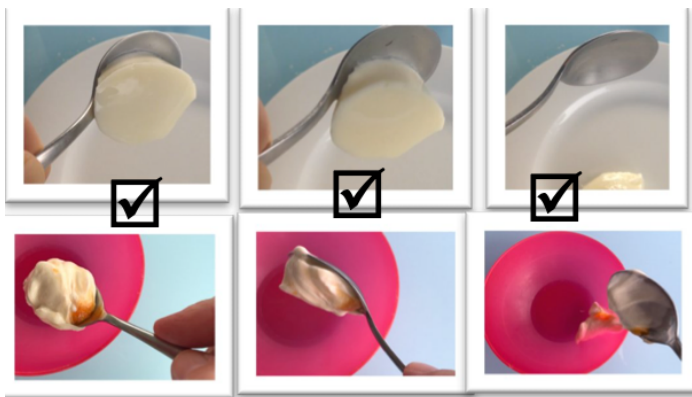


Joonis 4. IDDSI toitude klassifitseerimine (IDDSI, 2019)

Püreede, pehmete ja tahkete toitude testimismeetodite hulka kuuluvad: kahvlilt tilkumise test, lusika kallutamise test, kahvli või lusika survetest. Pakse jooke ja vedelaid toite (3. ja 4. tase) saab testida kahvlilt tilkumistestiga, hinnates, kas need voolavad läbi kahvli harude, ja võrrelda neid tasemete kirjeldustega (Joonis 4). Lusika kallutamise testi (4. ja 5. tase) kasutatakse proovi kleepuvuse (adhesioon) ja proovi kooshoidmisvõime (kohesioon) määramiseks. Toiduproov peab olema piisavalt kohesiivne, et hoida lusika peal vormi. Toode peab lusikalt maha kukkuma lusikat väga õrnalt kallutades või külje peale pöörates. Lusika peale võib jääda õhuke toiduproovi kiht, kuid lusikas peab olema läbi allesjäänud proovi nähtav (joonis 5). Toidu tugevuse või kõvaduse kontrollimiseks on kõige parem kasutada kahvli survetesti (joonis 6), et hinnata 4 – 7 taseme toitusid ja üleminekutoitusid.



Joonis 4. Kahvlilt tilkumise test (IDDSI Framework, 2019).



Joonis 5. Lusika kallutamise test (IDDSI Framework, 2019).



Joonis 6. Kahvli survetest (IDDSI Framework, 2019)

Testiga hinnatakse kuidas toit muutub, kui sellele rakendatakse kahvli harudega survet. Tavalise metallkahvli harude vahelised pilud on enamasti 4 mm ja sobib toiduainete osakeste suuruse mõõtmiseks (keskmine toiduproovi suurus 2-4 mm) tasemel 5 – peenestatud ja niiske ning toiduosakeste suurus 1,5 x 1,5 cm vastab tasemele 6 – pehme ja hammustamiseks vajaliku suurusega. Üldiselt kasutatakse survetestis kahvlit, kuid alternatiivina võib kasutada ka lusikat. Survetesti ajal rakendatakse toiduainele kahvliga sellist survet, mis muudab pöidla küüne märgatavalt valgeks. See rõhk vastab ~17 kPa. Seega 4-7 taseme toidud loetakse düsfaagia patsientide jaoks modifitseeritud konsistentsiga toiduaineteks (IDDSI Framework, 2019). Eesti Kliiniliste Logopeedide Selts kasutab samuti IDDSI klassifitseerimise skaalat.

1.4. Düsfaagia haigete toidud

Uuringud on näidanud, et düsfaagia patsiendid ei tarbi enamasti piisavalt kaloreid, vastavalt täiskasvanud patsientidega tehtud uuringutele jäi keskmine kalorite tarbimine 1800 kcal päevas. Sellised väärtused on madalamad kui normaalne keskmine kalorivajadus, mis on ligikaudu 2500 kcal päevas. Teadlased pakkusid välja energiavajaduseks 25 kcal/kg päevas düsfaagiaga eakatele, kellel on normaalne toitumisseisund või varajase alatoitumise oht, ja 35 kcal/kg päevas düsfaagiaga alatoidetud eakatele inimestele. Kõrge valgusisaldusega toidu tarbimine võib samuti mitte vastata individuaalsetele vajadustele, kuna valguvajadus erineb nende patsientide keskmisest tarbimisest. See toitumisvaegus on tingitud raskustest vajaliku tekstuuriga toidu kättesaamisega, mis on üldiselt reaalsus kõikide düsfaagiaga patsientide puhul. Soovitatav toidu tekstuur peab olema pehme, niiske, elastne ja kergesti neelata. Selliste modifitseeritud tekstuuriga vedelike saamiseks on vajalik paksendajate kasutamine, mis pikendab booluse läbimise aega suust söögitorru ja võimaldab neelu sattumisel neelamisel vastutavate lihaste pikemat reageerimist enne kõrri jõudmist. Toidu viskoossus on üks olulisematest neelamise mõjutajatest. Tasub mainida, et paksendaja tüüp ja kogus on väga olulised, kuna kui paksendatud vedelikud on siiski vedelad, võivad need enneaegselt neelu voolata. Seetõttu tuleks vältida kleepuvaid tekstuure ning vedelaid vedelikke, kuna need võivad põhjustada toidujääkide kogunemist neelu ja pärast allaneelamist vajada aspiratsiooni. Teiselt poolt võib liigne paksendamine põhjustada negatiivseid tagajärgi, kuna see võib jätta neelu jäägid, mis võivad põhjustada aspiratsiooni riski, vähendada maitseomadusi ja suurendada viskoossust, lisaks konsistentsi ja kohesiooni modifitseerimisele (Schmidt et al., 2021). Düsfaagia häirega patsientidel peab olema tagatud täisväärtuslik toitumine, seega on oluline üle vaadata ja välja mõelda uued toidu modifitseerimise strateegiad, mis kindlasti käsitleksid toidu toiteväärtust (Raheem et al., 2021).

1.4.1. Paksendavate ainete kasutamine toiduainetes

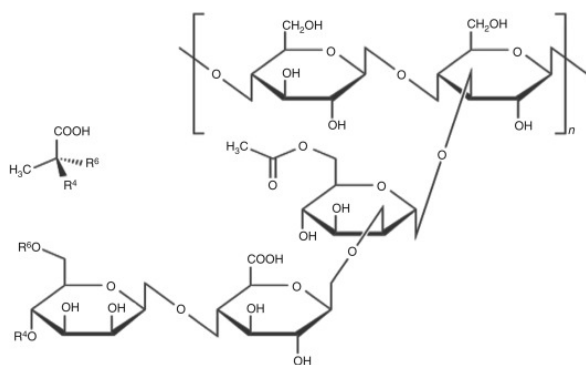
Toidukolloidid on mitmekomponendilised ja -faasilised süsteemid, mis hõlmavad vee, valkude, polüsahhariidide, lipiidide ja paljude teiste koostisosade keerulist segu ja mis mõjutavad toidu tekstuuri. Hüdrokolloide kasutatakse düsfaagia dieetides nende suure molekulmassi, lahustuvuse ja veega seondumise võime tõttu, mille tulemuseks on toidu ja vedelike paksenemine. Hüdrokolloide lisatakse toitule selleks, et saavutada soovitud tekstuuriomadused sobivate voolavusomadustega, sealhulgas suurenenud viskoossus, vee hoidmine, tugevus ja siledus. Mõned patsiendid peavad tööstuslikult valmistatud paksendajaid endiselt kalliks, lisaks ei leidu neid kauplustes, mis piirab nende kättesaamist ja toidu õige konsistentsi reguleerimist. Hooldajad ja

tervishoiutöötajad kasutavad patsientide toidus endiselt väga harva looduslikult tärklist sisaldavaid toite (Raheem et al., 2021).

Düsfaagia dieetides kasutatavad paksendajad võib jagada kaheks: tärkliisepõhised paksendajad ja kummipõhised paksendajad. Tärkliisepõhised paksendajad on kõige levinumad hüdrokolloidid, mida kasutatakse kaubanduslikes toiduainetes düsfaagia korral ja püree konsistentsiga toiduainetes. See võib olla tingitud sellest, et nad ei ole väga kallid ning on kergesti kättesaadavad (Schmidt et al., 2021).

Tärkliisepõhised paksendajad suurendavad neelamisjärgseid jääke, suurendades düsfaagiaga patsientidel aspiratsiooni riski. Eelgeelistatud tärklist on samuti laialdaselt uuritud ja kasutatud düsfaagiaga patsientidele müügilolevates toodetes (tavaliselt kontsentratsioonides 4–7%). Siiski näib, et sülje amülaasi toime vähendab paksenenud toidu viskoossust ja seetõttu peetakse seda potentsiaalselt ohtlikuks variandiks. Teiselt poolt on modifitseeritud tärkliised toidulisandid, mida patsiendid tavaliselt aktsepteerivad hästi ja mis ei muuda toidu maitset ega värvi. Kummipõhiseid paksendajaid kasutatakse tärkliise alternatiivina, soodustades viskoossuse ja nihkeomaduste suurenemist. Teatud tüüpi vedelike puhul soovitatakse kasutada kummil põhinevaid toidupaksendajaid, kuna need ei ole sülje amülaasi poolt lagundatavad ja tagavad toote stabiilse viskoossuse. Kliinilises praktikas sõltub amülaasi toime suurel määral paksendatud jookide omadustest, eriti pH-st. Sülje mõju viskoossusele on täielikult elimineeritud, kui paksendamisel kasutatakse apelsinimahla (happelse pH-ga 3,8) baasjoogina. Vedelikele, mille pH on 3,6 ja alla selle, sülje lisamine viskoossust oluliselt ei muutunud, kuid neutraalse pH-ga jookide (vesi, piim ja teatud tüüpi tee) viskoossus võib oluliselt muutuda (Schmidt et al., 2021).

Ksantaankumm on koos tärkliisega düsfaagia dieetides enim uuritud hüdrokolloid. See on kõrgmolekulaarne (keskmine molekulmass 6 miljonit Da) hetero-polüsahhariid, mille struktuuriks on 1,4- seotud β -D-glükaani jäägid ja trisahhariidi kõrvalahelad kahe mannoosimolekuliga ning glükuroonhape, mis on seotud D-glükoosiga (Joonis 7) (Schmidt et al., 2021; Lo et al., 2007).

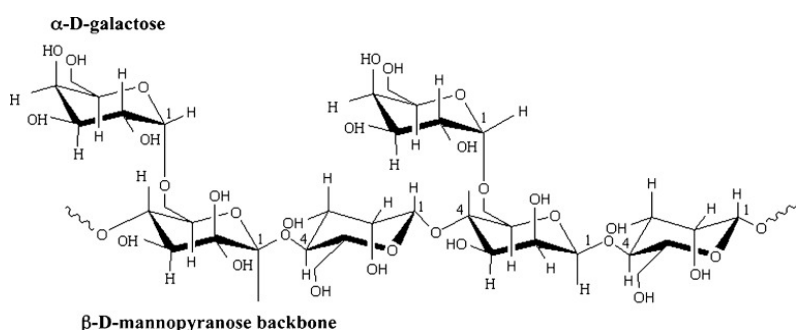


Joonis 7. Ksantaankummi struktuurivalem (Jindal, & Khattar, 2018).

Paksendajana on ksantaankummil toiduainetele mitmeid kasulikke omadusi, sealhulgas kõrge viskoossus madalatel nihkekiirustel ja madal viskoossus suurtel nihkekiirustel (Schmidt et al., 2021). Ksantaankummi jäik struktuur muudab viskoossuse stabiilseks laias pH (pH 1 – 13), temperatuuri (0 – 100°C) ja ioontugevuse vahemikus (kontsentratsioonid 0,01 – 0,1 M) (Lo, et al., 2007; Vega et al., 2015). Ksantaankummil on hea kokkusobivus enamiku kaubanduslike paksendajatega, sealhulgas tselluloosi derivaadid, tärkliis, pektiin, želatiin, dekstriin, alginaat ja karrageen. Ksantaankummi

viskoossus suureneb sünergiliselt galaktomannaaniga ehk vaadeldud viskoossus on suurem, kui üksikute kummide viskoossuste summa (Gowthaman et al., 1999). Lisaks on ksantaankummil märkimisväärne voolavuspiiri väärtus madalatel kontsentratsioonidel võrreldes teiste tööstuslike kummidega. See seletab ksantaankummi võimet stabiliseerida dispersioone, nagu emulsioone või suspensioone. Külmas ja kuumas vees on ta täielikult lahustuv (Lo et al., 2007).

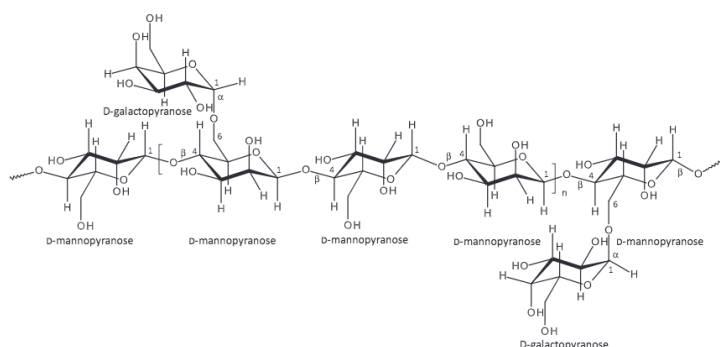
Guarkummi on vees lahustuv polüsahhariid, mis on saadud *Cyamopsis tetragonolobuse* seemnetest (Chadha, 2021). Galaktomannaanid asuvad guariseemne endospermis sisaldusega 35–45%. Guarkummi molekulide keskmine molekulmass jääb vahemikku 150 000–1 500 000 Da (1 Da = 1 g/mol), mis on üks kõrgematest väärtustest looduslikult esinevate veeslahustuvate polüsahhariidide seas. Guarimolekuli struktuur koosneb manno- ja galaktopüranosüül ühikutest. Mannosomonomeerid on seotud 1 → 4 glükosiidsidemega, samas kui galaktoosiühik on seotud 1 → 6 sidemega iga teise mannoosiühikuga (Joonis 8). Guarkummi vees lahustuva fraktsiooni tüüpiline koostis sisaldab 36,6% galaktoosanhüdriidi ja 63,1% mannoosi anhüdriidi. Võrreldes teiste taimsete kummidega, eristab guarkummi struktuuri uroonhappe puudumine. Seetõttu kujutab guarkummi endast mitteioonset vardakujulist polümeeri, mis koosneb tavaliselt 10 000 monomeeriühikust. Suhteliselt kõrge galaktoosi monomeeride sisaldus vähendab oluliselt guarpolüsahhariidahela paindlikkust ja suurendab jäikust. Guarkummi ei lahustu süsivesinikes, alkoholides, estrites ja üldiselt orgaanilistes lahustites. Külmas või kuumas vees moodustab guarkummi kõrge viskoossusega kolloidlahuseid. Erinevalt teistest hüdrokolloididest moodustab guarkummi väga viskoosseid lahuseid isegi külmas vees (Krstonošić et al., 2021). Guarkummi lahused saavutavad maksimaalse viskoossuse palju kiiremini, kui neid valmistatakse kõrgemal temperatuuridel. Kuid pikaajalist kuumust peetakse ka lagundavaks mõjuks. Guarkummi dispersiooni maksimaalse viskoossuse saavutamiseks on soovitatav temperatuurivahemik 25–40 °C. Guarkummi lahused on stabiilsed laias pH vahemikus (1,0–10,5). Selle põhjuseks on selle mitteioonne ja laenguta käitumine. pH ei mõjuta guarkummi lõplikku viskoossust, kuid hüdratatsioonikiirus varieerub pH muutumisel. Kiireim hüdratatsioon saavutatakse pH 8–9 juures, kuid kõige aeglasem hüdratatsioonikiirus on pH üle 10 ja alla 4. Guarkummi lahustel on võimalik saavutada kõrge viskoossust isegi väga madalatel kontsentratsioonidel. Enamiku toiduainete puhul soovitatakse lisada guarkummi kontsentratsiooniga alla 1%. Guarkummi lahuse viskoossus suureneb proportsionaalselt guarkummi kontsentratsiooni suurenemisega (Mudgil et al., 2014).



Joonis 8. Guarkummi struktuurivalem (Mudgil et al., 2014).

Tarakummi, mida nimetatakse ka Peruu jaanikauniks, on valge või beež pulber, mida saadakse Peruust pärit *Caesalpinia spinosata* seemne endospermi jahvatamisel, mida on suures osas kasvatatud Hiina Yunnani ja Sichuani provintsidel (Wu et al., 2015). Taarakummil on nagu

guarkummil kõrge molekulmass (1000 kDa = 1000 000 Da) (Vidaurre-Ruiz et al., 2019). Tarakummi koostises on galaktomannaan 77–78%, niiskus 14-15%, kiudained 2,5%, lämmastikuühendid 3–4%, mineraalid (tuhk) 1,5%, rasvaühendid 1% (Han, 2021). Tarakummi põhikomponent on galaktomannaani polüsahhariidid, mis koosnevad lineaarsest (1-4)-b-D-mannopüraanoosi ühikute põhiahelast, mis on ühendatud (1-6) sidemega D-galaktopüraanoosi ühikutega (Joonis 9). Tarakumm sarnaneb struktuuri ja funktsionaalsete omaduste poolest guarkummiga. Mannoosi ja galaktoosi suhe tarakummis on 3:1, samas kui guarkummis on see 2:1. Tarakummi ja guarkummi kasutatakse laialdaselt toiduainetööstuses, need annavad palju eeliseid laias valikus rasvavabade ja madala rasvasisaldusega toiduainete puhul, nagu näiteks külmutatud magustoidud ja salatikatmed. Sarnaselt guariga võib tarakumm saavutada vees kõrge viskoossuse mõne minutiga. Tarakumm võib toimida tõhusalt koos agari ja ksantaaniga, suurendades geeli tugevust. Tarakummi kohta on teostatud vähem spetsiifilisi teadusuuringuid, kuna seda peeti sageli kahe kummi seguks. Tarakummi on paljudes riikides määratud toidu lisandina ning see toimib peamiselt paksendaja ja stabilisaatorina. Temperatuuri mõju tarakummi lahuste viskoossusele kirjeldab Arrheniuse mudel. Kummi kontsentratsiooni suurendamine suurendab viskoossust ja pseudoplastilisust, samas kui temperatuuri tõus 20°C kuni 80°C vähendab viskoossust. Tarakummi viskoossus on stabiilne laias pH vahemikus (pH 3-11), kuid see sõltub soolade (CaCl₂ ja NaCl) ja sahharoosi olemasolust.



Joonis 9. Tarakummi struktuurivalem (Han, 2021).

Tarakummi võib madalates kontsentratsioonides avaldada elastsete omaduste asemel viskoosseid omadusi (Wu et al., 2015). Tarakummi 1% vesidispersiooni viskoossus on 2000–3600 cPs, samas kui 1% lahuse viskoossus on umbes 5500 cPs, kuna tarakummi annab toatemperatuuril vees disperseerimisel ainult umbes 50% viskoossuse. Viskoossust saab saavutada pärast 10-minutist kuumutamist temperatuurini 85 °C ja seejärel jahutamist (Han, 2021).

1.5. Nutilis clear ja Nutilis powder

Nutilis Clear ja Nutilis Powder on pulbriline toidu/vedeliku paksendaja neelamishäiretega patsientidele. Need paksendajad on sülje amülaasi suhtes resistentsed, mis tähendab, et toit ja jook säilitab oma soovitud paksuse ka söömise ajal ja muudab neelamise turvaliseks ja lihtsaks. Lisaks ei muuda Nutilis paksendajad toidu/joogi värvust, maitset ega lõhna ning see on laktoosi – ja gluteenivaba ning sobib taimetoitlastele. Saab kasutada vedeliku ja püreestatud toidu paksendamiseks, võib lisada nii kuumale kui külmale toidule/joogile, paksendatud toitu/jooki võib jahutada, külmutada ja uuesti soojendada. Nutilis Clear ja Nutilis Powder sobivad täiskasvanutele ja üle 3 aasta vanustele lastele (Nutricia, 2017). Nutilis Clear ja Nutilis Powder on väga sarnased

paksendajad, aga erinevad koostise poolest. Nutilis Clear sisaldab maltodekstriini, ksantaankummi, guarkummi (Nutilis Clear, 2020), aga Nutilis Powder sisaldab lisaks nendele koostisosadele veel tarakummi ja modifitseeritud maisitärklis (NutriMedical, 2021). Lisaks erinevad Nutilis paksendajad energia, toitainete ja mineraalainete sisalduse poolest (tabel 2 ja 3). Näiteks annab Nutilis Powder energia poolest rohkem kaloreid ning sisaldab rohkem süsivesikuid 100 g kohta kui Nutilis Clear. Samas Nutilis Clear sisaldab rohkem teisi toitaineid - valku ja kiudaineid. Lisaks sisaldab Nutilis Clear oluliselt rohkem naatriumi ning fosforit 100 g kohta.

Tabel 2. Nutilis Clear energia, toitainete ja mineraalainete sisaldus 100 g ja 1,25 g (möötelusika) kohta (Nutricia, 2020).

Toitumisalane teave	Ühik	100 g kohta	1,25 g kohta	Mineraalained	Ühik	100 g kohta	1,25 g kohta
Energiasisaldus	kcal	290	3,6	Na	mg	1500	18,8
Valgud	g	0,8	0,01	K	mg	40	0,5
Süsivesikud, millest suhkrud	g	57,6	0,72	Cl ⁻	mg	30	0,4
	g	10,9	0,14	Ca	mg	<20	<0,3
Rasvad	g	0	0	P	mg	50	0,6
Kiudained	g	28	0,35	Mg	mg	<20	<0,3

Tabel 3. Nutilis Powder energia, toitainete ja mineraalainete sisaldus 100 g ja 4 g (möötelusika) kohta (Nutricia, 2020).

Toitumisalane teave	Ühik	100g kohta	4g kohta	Mineraalained	Ühik	100g kohta	4g kohta
Energiasisaldus	kcal	352	14,1	Na	mg	<91	<3,6
Valgud	g	0,3	0,01	K	mg	<75	<3
Süsivesikud, millest suhkrud,	g	87,5	3,5	Cl ⁻	mg	<35	<1,4
	g	1,5	0,06	Ca	mg	<21	<0,8
laktoosi	g	<0,06	<0,002	P	mg	<17	<0,7
Rasvad, millest küllastunud rasvhapped	g	0,1	0,004	Mg	mg	<3,5	<0,1
	g	0,1	0,004				
Kiudained	g	5,8	0,2				

Nutilis Powder tootja poolt klassifitseeritakse paksendatud tooted kolmeks astmeks: 1.aste – siirup, viskoossusega 450 ± 200 mPa*s (2-3 möötelusikat 200 ml kohta); 2.aste – kaste, viskoossusega

1200 ± 400 mPa*s (3-5 mõõtelusikat 200 ml kohta või 1 mõõtelusikas 100 g püreestatud toidu kohta) ning 3. aste – puding, viskoossusega 3000± 1000 mPa*s (4-7 mõõtelusika 200 ml kohta või 1,5 mõõtelusikat 100 g püreestatud toidu kohta). Sõltuvalt toidust ja sellest, kas tegemist on joogi või püreestatud toiduga, lisatakse toidule/joogile vastav mõõtelusikate arv (NutriMedical, 2021). Nutrilis Clear puhul klassifitseeritakse tooted vastavalt IDDSI klassifikatsiooni neljaks grupiks (200 ml kohta): kergelt paksendatud (*Slightly thick*), keskmiselt paksendatud (*Mildly thick*), mõõdukalt paksendatud (*Moderately thick*), maksimaalselt paksendatud (*Extremely thick*). Paksendaja lisatakse vastavalt 1, 2, 3 ja 7 mõõtelusikat (Nutricia, 2018).

2. Eksperimentaalne osa

Käesolevas töös uuriti erinevate toiduainete viskoossuseid kahel erineval temperatuuril. Samuti uuriti haiglates kasutatavate paksendajate Nutilis Clear ja Nutilis Powder kontsentratsiooni mõju vesilahuste viskoossusele ning uuriti kuidas nende lahuste viskoossus muutub sõltuvalt temperatuurist ja ajast. Enamus viskoossuste määramisi viidi läbi 2019 sügisel magistrand Sandra Saveljevi poolt. Töö autor Jekaterina Veškova mõötis 2021 aasta sügisel 4 erineva toiduaine viskoossuseid kahel erineval temperatuuril, valmistas kolme erineva kontsentratsiooniga (2%, 5% ja 10%) Nutilis Clear ja Nutilis Powder vesilahused ning mõötis nende viskoossused sõltuvalt temperatuurist. Samuti analüüsis kõik Sandra Saveljevi poolt mõõdetud viskoossuste tulemused.

2.1. Materjalid

Antud töös uuriti 2021 aasta novembris kaubandusest ostetud 20% hapukoore (Tere AS, Eesti), 35% vahukoore (Tere AS, Eesti), virsiku-mangonektari (Orkla Eesti AS) ja ploominektari (Orkla Eesti AS) viskoossuseid. Nutilis Powder (Nutricia HCP, UK) ja Nutilis Clear (Nutricia HCP, UK) pulbrid saadi ITK Statsionaarse taastusravi keskuse kliinilise logopeedi Kadi Toom käest. Nutilis pulbrite koostised ja toitumisalane teave on toodud peatükis 1.5. Samuti analüüsiti varasemalt mõõdetud erinevate toiduainete viskoossuseid, mis saadi tootjafirmadelt – AS Salvestist (Õunakaste, PÖNN köögiviljapüree, veiselihaga, Presto tomatipüreesupp ürtidega, Köögiviljapüreesupp kanafileega, PÖNN köögiviljapüree veiselihaga, Presto tomatipüreesupp ürtidega, Presto köögiviljapüreesupp kanafileega, Smooshie pirni ja kiivi supersmuuti, Smooshie mustsõstra ja kookose supersmuuti, PÖNN maasika-smuuti, PÖNN porgandimehu, PÖNN ploomimehu, PÖNN mustikamehu, PÖNN mustika-õunapüree, PÖNN mangopüree hirsiga, PÖNN metsamarjapüree jogurtiga, PÖNN maasikapüree jogurtiga, PÖNN neljaviljapuder banaani ja mustikaga, PÖNN kana-pastaroog, PÖNN porgandi-kartulipüree, PÖNN aedvilja-nuudliroog kalkuniga), Orkla Eesti AS Põltsamaa tehastest (PAI tomati- köögiviljasmuuti, PAI ananassi-mangosmuuti, FELIX klassikaline majonees, FELIX Eesti kergeim majonees, PAI mustsõstra-õunasmuuti, PAI proteiinismuuti, PAI mustika-banaanismuuti, PAI kookose-ananassismuuti, PAI mango-apelsini, PAI mustika-banaani smuuti, PAI vaarika-mustika smuuti, PAI pirni-banaani smuuti, PAI vaarika-peedi-mustsõstra smuuti, PAI kiivi-mango smuuti, PAI apelsini-porgandi-ingveri smuuti, PAI mango-kibuvitsa smuuti, FELIX tomatiketšup, Põltsamaa tomatimah, Põltsamaa ploominektar, Põltsamaa virsiku-mangonektar, Põltsamaa õunamah) ja Tere AS-st (Emma kohupiimakreem rabarberikisselliga, Emma smuuti virsikutega, Emma kohupiimapkreem vaniljega, FIT! vanilje proteiinikohupiim, KREEKA jogurt, laktoosivaba, Pagarikohupiim 9%, Vanilli-kohupiimapasta, Kohvikoor 10%, Vahukoor 35%, Haps hapupiimajook, Hellus väherasvane keefir, Hapukoor 30%, Piim 2,5%, Hapukoor 20%, AB hapupiim, Vanillipuding, Keefir D-vitamiiniga, Piimakissell vaniljega, Natural maitsestatamata jogurt, Metsmaasika joogijogurt, Pirkka vaniljepuding, YOFIR mango-apelsini-avokaado, LaCrema mandariini-mee koorejogurt, LaCrema FIT! kakao proteiinipuding).

2.2. Meetodid

2.2.1. Proovide ettevalmistamine

Toiduainete viskoossuste määramiseks erinevatel temperatuuridel hoiti neid esmalt külmkapis 4±2 °C. Kui temperatuur oli saavutanud külmkapi temperatuuri, määrati toodete viskoossus. Seejärel

tõsteti tooted toatemperatuurile ja kui temperatuur saavutas 22 ± 2 °C, määrati toodete viskoossus. Valmistoitude puhul määrati viskoossus toatemperatuuril ning kuumutatuna 50 °C juures.

Nutilis Clear ja Nutilis Powder pulbritest valmistati 0,5%, 1%, 2%, 5%, 7%, 9%, 10% lahused. Selleks kaaluti pulber tehnilistel kaaludel täpsusega 0,01g keeduklaasi ning lisati vajalik kogus destilleeritud vett. Segu segati pulbri lahustumiseni ning analüüsiti.

2.2.2. Viskoossuse määramine

Viskoossused määrati viskosimeetriga RheolabQC (Anton Paar, Saksamaa) DG42 ning CC27 mõõtesüsteemi abil. Kõikidel toodetel mõõdeti viskoossus iga sekundi tagant nihkekiirustel 1 – 1000 s^{-1} analüüsitava temperatuuril.

Lisaks uuriti Nutilis Clear ja Nutilis Powder vesilahuste viskoossuse muutust iga sekundi tagant temperatuuril 6 – 75 °C nihkekiirusel 50 s^{-1} .

Samuti viidi Nutilis Clear ja Nutilis Powder vesilahustel läbi ajatest, kus uuriti viskoossuse muutust toatemperatuuril 10 sekundi tagant 1 tunni jooksul nihkekiirusel 50 s^{-1} .

2.3. Andmete analüüs

Viskoossuste määramisel viidi läbi kaks paralleeli. Andmete analüüs viidi läbi Microsoft Exceli programmi abil. Katseandmete põhjal võeti toiduainete viskoossuse keskmised väärtused nihkekiirusel 50 s^{-1} , 300 s^{-1} ja 900 s^{-1} . Nutilis pulbrite temperatuuritesti puhul võeti viskoossuse väärtused iga 5 °C tagant. Nutilis pulbrite ajatesti korral võeti viskoossuse keskmised väärtused iga 10 minuti tagant.

3. Tulemused ja arutelu

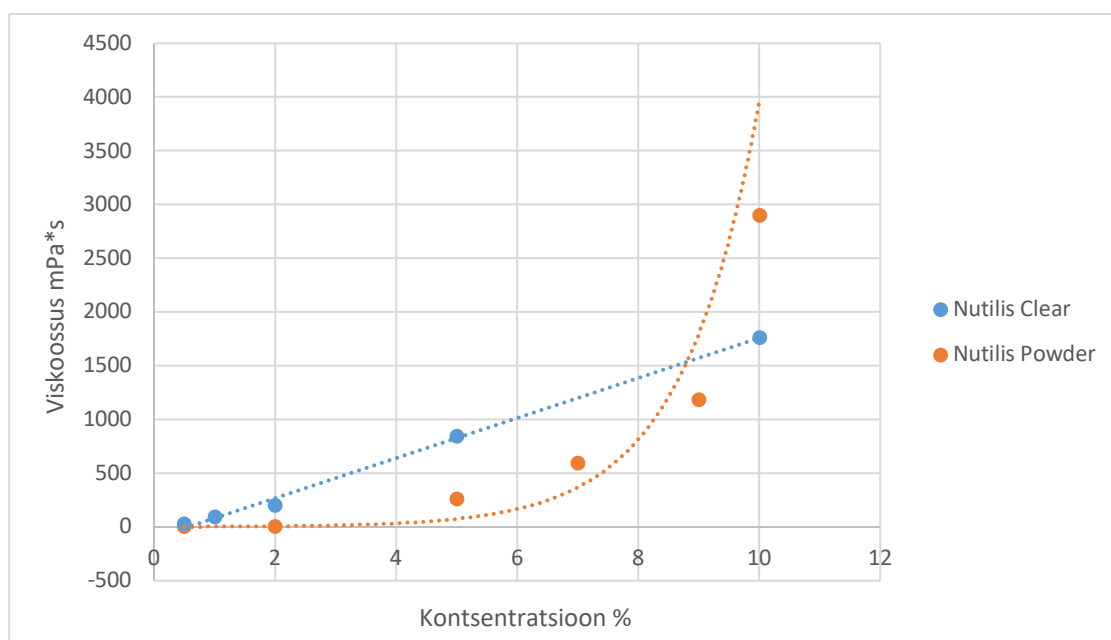
Ekspérimentaalse töö eesmärgiks oli määrata erinevate toiduainete ja Nutilis paksendajate viskoossus sõltuvalt temperatuurist, nihkekiirusest ja kontsentratsioonist ning klassifitseerida toiduained vastavalt Ameerika dieediassotsiatsiooni klassifitseerimise süsteemile, mida kasutatakse düsfaagia patsientide ravis.

Antud töös analüüsi kahe kaubandusliku paksendaja (Nutilis Powder ja Nutilis Clear) viskoossus ning 21 Orkla Eesti AS, 18 Salvest AS ja 24 Tere AS toodete viskoossus.

3.1. Nutilis Clear ja Nutilis Powder viskoossused

Viskoossuse sõltuvus pulbrite kontsentratsioonist

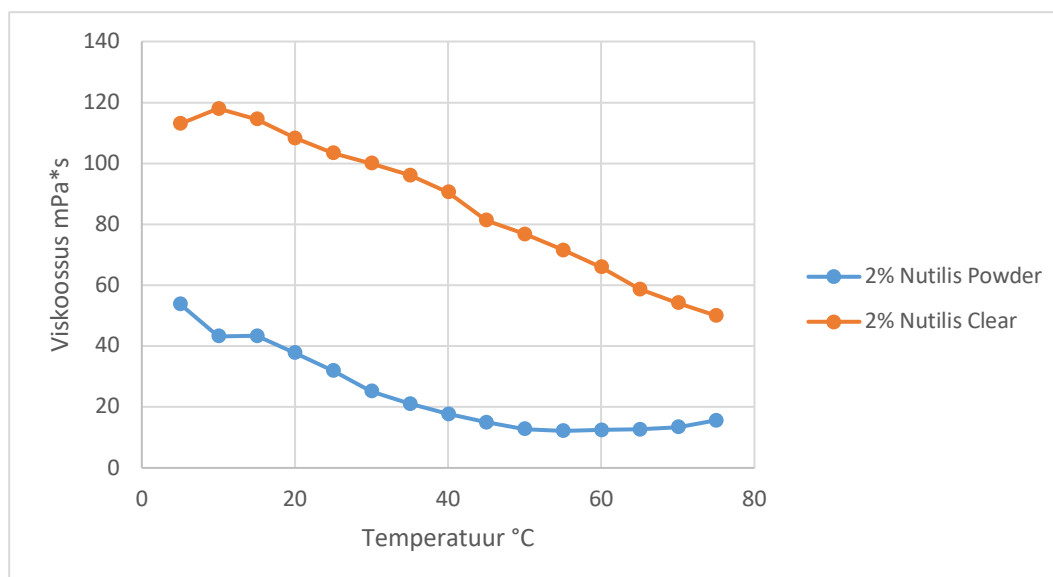
Joonisel 10 on esitatud Nutilis Clear ja Nutilis Powder vesilahuste viskoossuste sõltuvus kontsentratsioonist nihkekiirusel 50 s^{-1} . Graafikult on näha, et mõlemate paksendajate viskoossus kontsentratsiooni suurendamisega kasvab. Nutilis Clear viskoossuse väärtus suureneb lineaarselt ning Nutilis Powder viskoossuse väärtus eksponentsiaalselt. Selle põhjuseks on Nutilis pulbrite erinev koostis. Madala kontsentratsiooni juures annavad kõrgema viskoossuse kummipõhised paksendajad (guarkummi, ksantaankummi) (Park, 2014), mida Nutilis Clear segu sisaldab ilmselt rohkem, võrreldes tärklisepõhiste paksendajatega, mida sisaldab ilmselt rohkem Nutilis Powder. Samuti on teada, et tärklisepõhised paksendajad käituvad mitte-Newtoni vedelikena (Dewar & Joyce, 2006) ja võivad aja jooksul enam pakseneda (Stetzer, 2018) ning suuremate kontsentratsioonide juures annavad suurema viskoossusega lahuseid.



Joonis 10. Nutilis Clear ja Nutilis Powder vesilahuste viskoossuse sõltuvus kontsentratsioonist nihkekiirusel 50 s^{-1} .

Viskoossuse sõltuvus temperatuurist

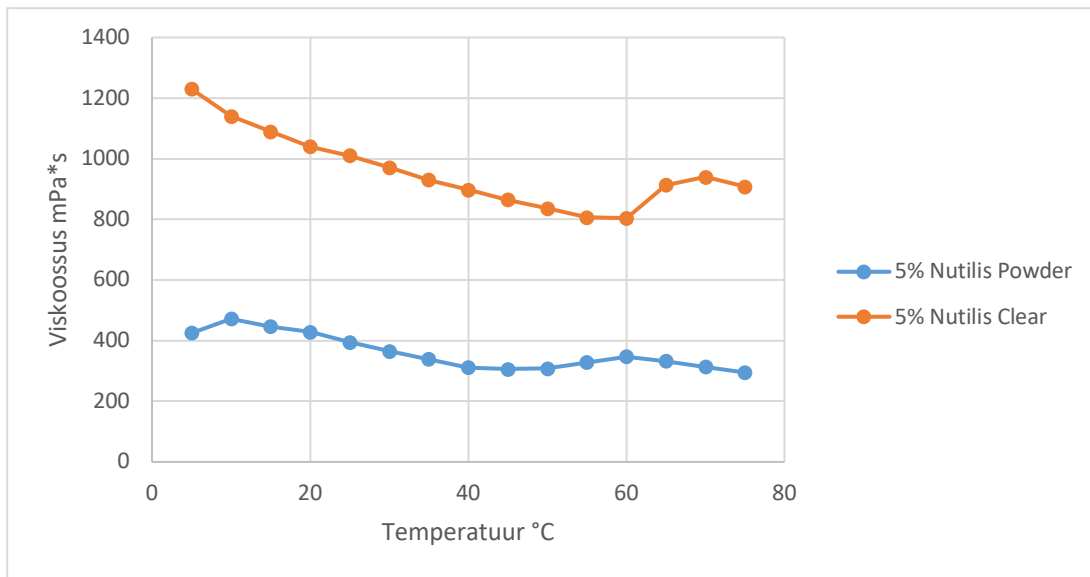
Jooniselt 11 on toodud 2% Nutilis Powder ja Nutilis Clear vesilahuste viskoossus sõltuvalt temperatuurist. Nagu näha, väheneb mõlema paksendaja viskoossus temperatuuri tõusuga, mis vastab kirjandusele. Kõikide Nutilis paksendajate (tärglisel põhinev paksendaja, tarakummi, guarkummi) v.a ksantaankummi, viskoossus väheneb kõrgematel temperatuuridel (Hadde et al., 2021). Ksantaankummi annab stabiilse kõrge viskoossuse kõrgematel temperatuuridel (Lo, et al., 2007), samas mõned paksendajad on küll kõrgetel temperatuuridel stabiilsed, kuid pikaajaline kuumutamine võib põhjustada viskoossuse vähenemist. Jooniselt on näha, et 2% Nutilis Clear annab viskoossema lahuse kui 2% Nutilis Powder ning temperatuuri tõustes langeb viskoossus lineaarselt 115 mPas-lt 6°C juures 52 mPas-ni 75°C juures. Nutilis Powder-i puhul on viskoossus madalam ning see langeb polünoomiselt 54 mPas-lt 6°C juures 12 mPas-ni 70°C juures. Temperatuuril üle 70 °C hakkab aga viskoossus kasvama. See on ilmselt tingitud Nutilis Powderi koostisosadest, mida Nutilis Clearis ei ole - tarakummist ja modifitseeritud tärglisest. Tarakummi saavutab oma maksimaalse viskoossuse pärast 10-minutist kuumutamist temperatuurini 85 °C ja seejärel jahutamist (Han, 2021). Lisaks hakkab temperatuuril üle 70°C ilmselt geelistuma ka modifitseeritud tärglis, mis seletab viskoossuse tõusu.



Joonis 11. 2% Nutilis Powder ja Nutilis Clear vesilahuste viskoossuse sõltuvus temperatuurist.

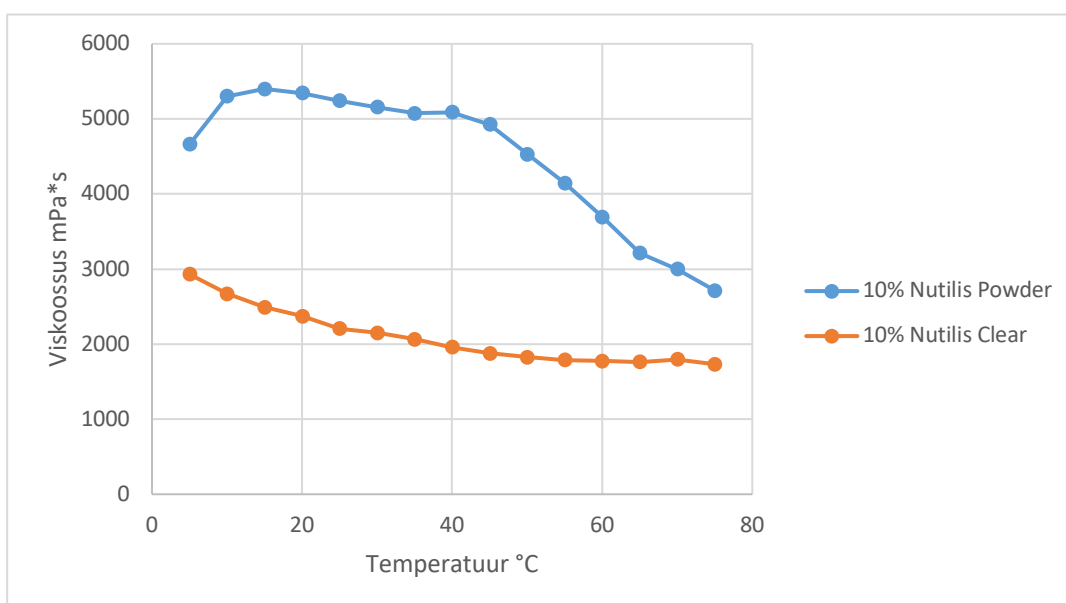
Joonisel 12 on toodud 5% Nutilis Powder ja Nutilis Clear vesilahuste viskoossuste sõltuvus temperatuurist. Ka siin on näha, et 5% Nutilis paksendajatel toimub temperatuuri tõustes viskoossuse langus, aga mitte nii ühtlaselt ja stabiilselt kui 2% suspensioonide puhul. Sarnaselt 2% lahuste puhul on 5% Nutilis Clear viskoossus on kõrgem kui 5% Nutilis Powderil. 5% Nutilis Clear puhul viskoossus langeb pidevalt ja stabiilselt 1230 mPas-lt 804 mPas-ni temperatuuri vahemikus 5-60 °C ning hakkab kasvama 60-70 °C vahemikus 804 mPas-lt 939,5 mPas-ni ning seejärel jälle langeb kuni 908 mPas-ni. Ka selle viskoossuse tõusu põhjuseks on ilmselt maltodekstriini geelistumine, mida on võrreldes 2% seguga rohkem ja seetõttu ka graafikult viskoossuse muutusena näha. 5% Nutilis Powder puhul 5-10 °C vahemikus viskoossus veidi suureneb 425 mPas-lt 472 mPas-ni, seejärel 10-45 °C langeb 472 mPas-lt 306 mPas-ni, 45-60 °C kasvab 306 mPas-lt 347 mPas-ni ning lõpus hakkab langema kuni 295 mPas-ni. Viskoossuse tõus 5-10 °C vahemikus võib olla tingitud lahustumata koostisosadest (nt. guarkummi), mis hakkab temperatuuri tõustes

lahustumata. Viskoossuse tõus 50 – 60 °C juures on aga ilmselt jällegi tingitud tärglisepõhise paksendaja geelistumisest.



Joonis 12. 5% Nutilis Powder ja Nutilis Clear vesilahuste viskoossuse sõltuvus temperatuurist.

Joonisel 13 on näha, et kontsentratsioonil 10% on hoopis Nutilis Powder vesilahus saavutanud kõrgema viskoossuse väärtuse, kui 10% Nutilis Clear vesilahus. 10% Nutilis Powder paksendaja puhul temperatuuri tõstmisega 5 - 15°C viskoossus suureneb 4660 mPas-lt 5400 mPas-ni ning seejärel langeb pidevalt kuni 2715 mPas-ni, vähendes peaaegu 2 korda esialgselt väärtusest. Ka siin võib esialgne viskoossuse tõus olla tingitud lahustumata koostisosade lahustumisest. Edasine langus on iseloomulik, kuna tärglisel põhinevate paksendajate viskoossus temperatuuri tõusuga langeb. Huvitaval kombel ei ole 10% Nutilis Powderi lahuste korral näha viskoossuste tõusu 60-70 °C juures, mis viitaks tärglise geelistumisele, küll on aga väike tõus näha 40 °C juures. 10% Nutilis Clear viskoossus samuti langeb 2930 mPas-lt 1732 mPas-ni, aga viskoossuse langus ei toimu nii järsult kui Nutilis Powder-i korral.

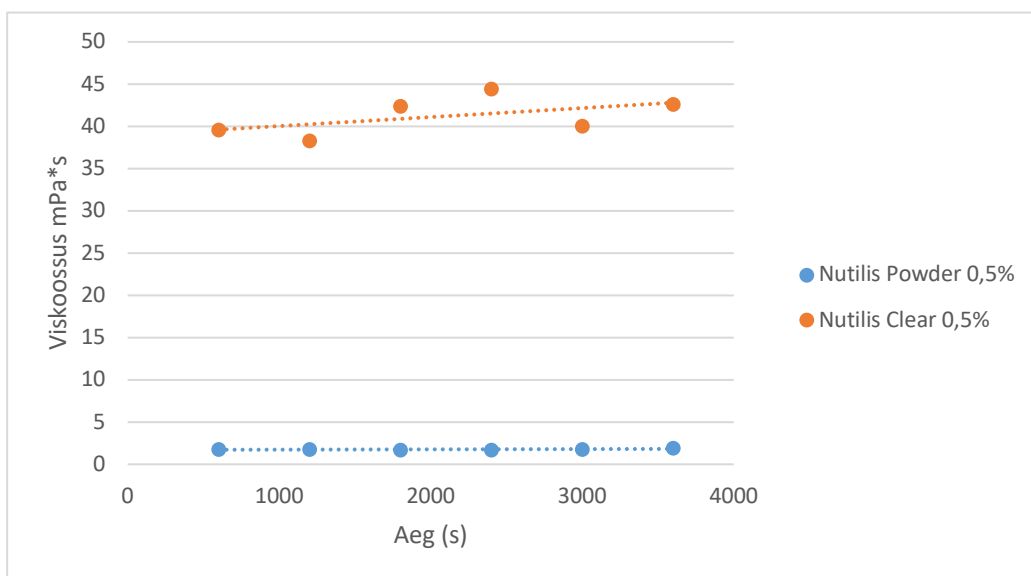


Joonis 13. 10% Nutilis Powder ja Nutilis Clear viskoossuse sõltuvus temperatuurist.

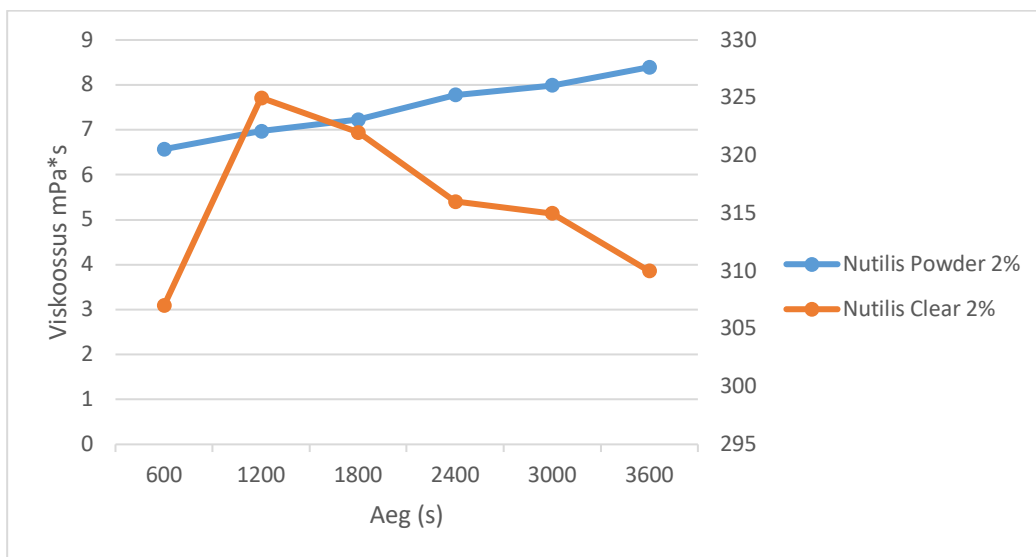
Viskoossuse sõltuvus ajast

Joonisel 14 on esitatud 0,5% Nutilis paksendajate vesilahuste viskoossuse sõltuvus ajast nihkekiirusel 50 s^{-1} . 0,5% Nutilis Powderi vesilahus annab väga madala viskoossuse väärtuse (1,8 mPas) ning tunni aja jooksul viskoossus peaaegu ei muutu. 0,5% Nutilis Clear vesilahus annab suurema viskoossuse (40 mPas) ning selle paksendaja puhul viskoossus tunni aja jooksul tõuseb väärtuseni 42 mPas, mis on aga väga väike tõus. Tõusu põhjuseks võib olla kummipõhise paksendaja täielik lahustuvus aja jooksul.

Joonisel 15 on toodud 2% Nutilis paksendajate vesilahuste viskoossuse sõltuvus ajast. 2% Nutilis Powder-i paksendaja viskoossus suureneb pidevalt ja stabiilselt aja jooksul 6,6 mPas-lt 8,4 mPas-ni tunni aja pärast. 2% Nutilis Clear paksendaja viskoossus aja jooksul praktiliselt ei muutu (ca 1,5 mPas).

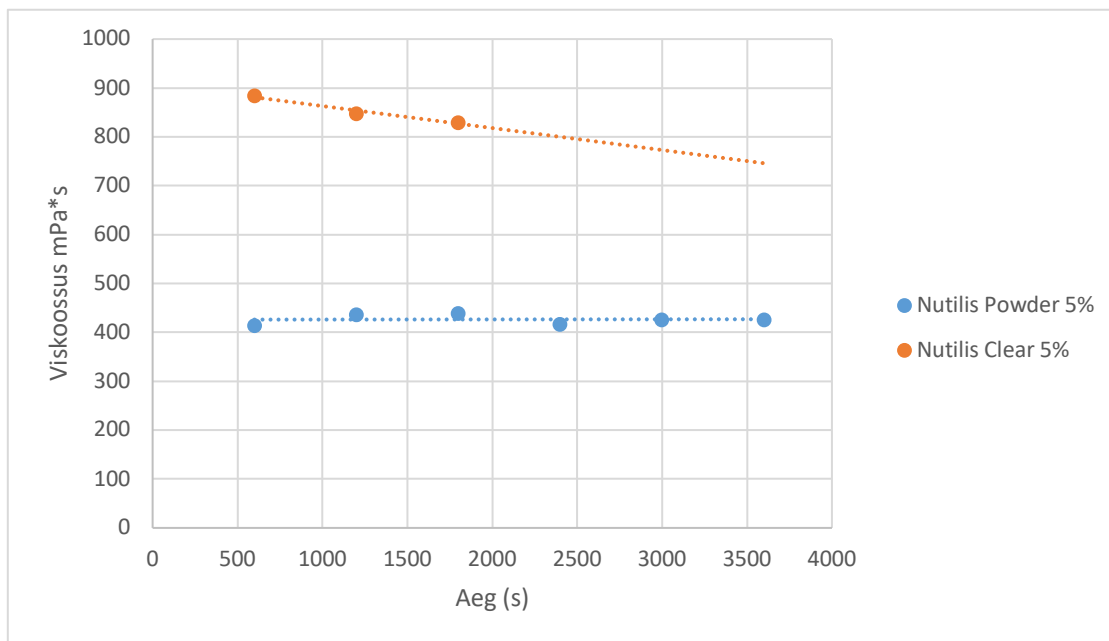


Joonis 14. 0,5% Nutilis Clear ja Nutilis Powder vesilahuste viskoossuse sõltuvus ajast.



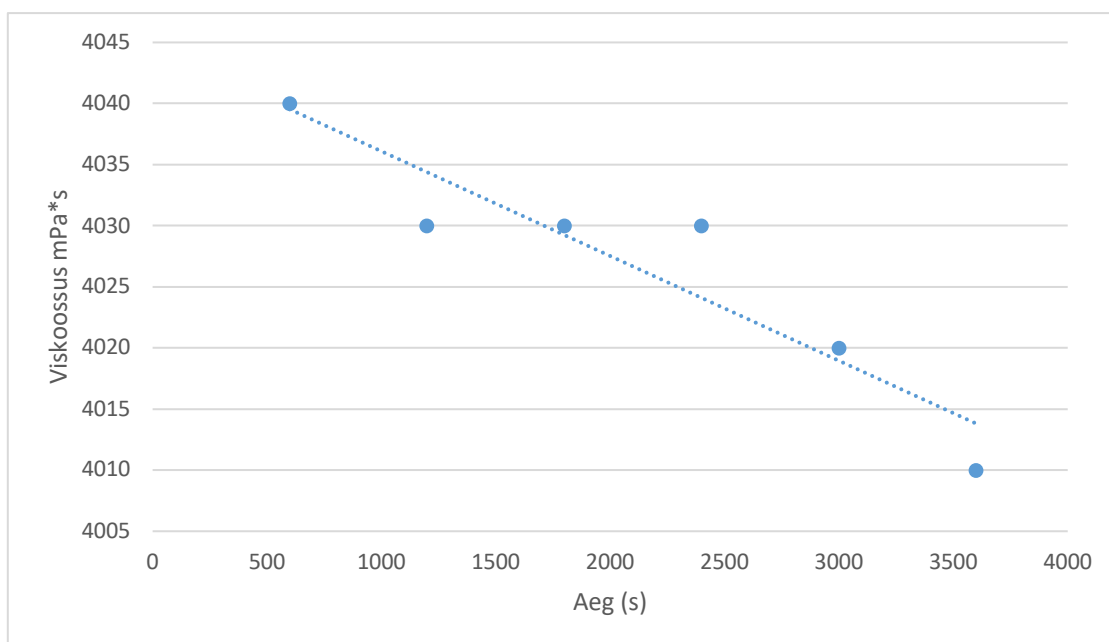
Joonis 15. 2% Nutilis Powder ja Nutilis Clear vesilahuse viskoossuse sõltuvus ajast. Vasakpoolne y-telg vastab Nutilis Powder viskoossuste väärtustele ja parempoolne Nutilis Clear viskoossustele.

Joonisel 16 on esitatud 5% Nutilis paksendajate vesilahuste viskoossuse sõltuvus ajast. 5% Nutilis Clear paksendajaga teostati ajatest ainult vahemikus 10 – 30 minutit. Nende andmete põhjal võib järeldada, et 30 minuti jooksul väheneb 5% Nutilis Clear paksendaja viskoossus 884 mPas-lt 830 mPas-ni, kuna kummipõhised paksendajad kaotavad oma stabiilsust aja jooksul. 5% Nutilis Powder paksendaja viskoossus on aja jooksul stabiilne (ca 430 mPas).



Joonis 16. 5% Nutilis Powder ja Nutilis Clear vesilahuste viskoossuse sõltuvus ajast.

Joonisel 17 on esitatud 10% Nutilis Powder-i paksendaja sõltuvus ajast. Siin on näha, et alguses 10% paksendaja vesilahuse viskoossus aja jooksul veidi väheneb, langedes 4040 mPas-lt 4010 mPas, mis on aga nii kõrgete viskoossuse väärtuste puhul väga väike langus.



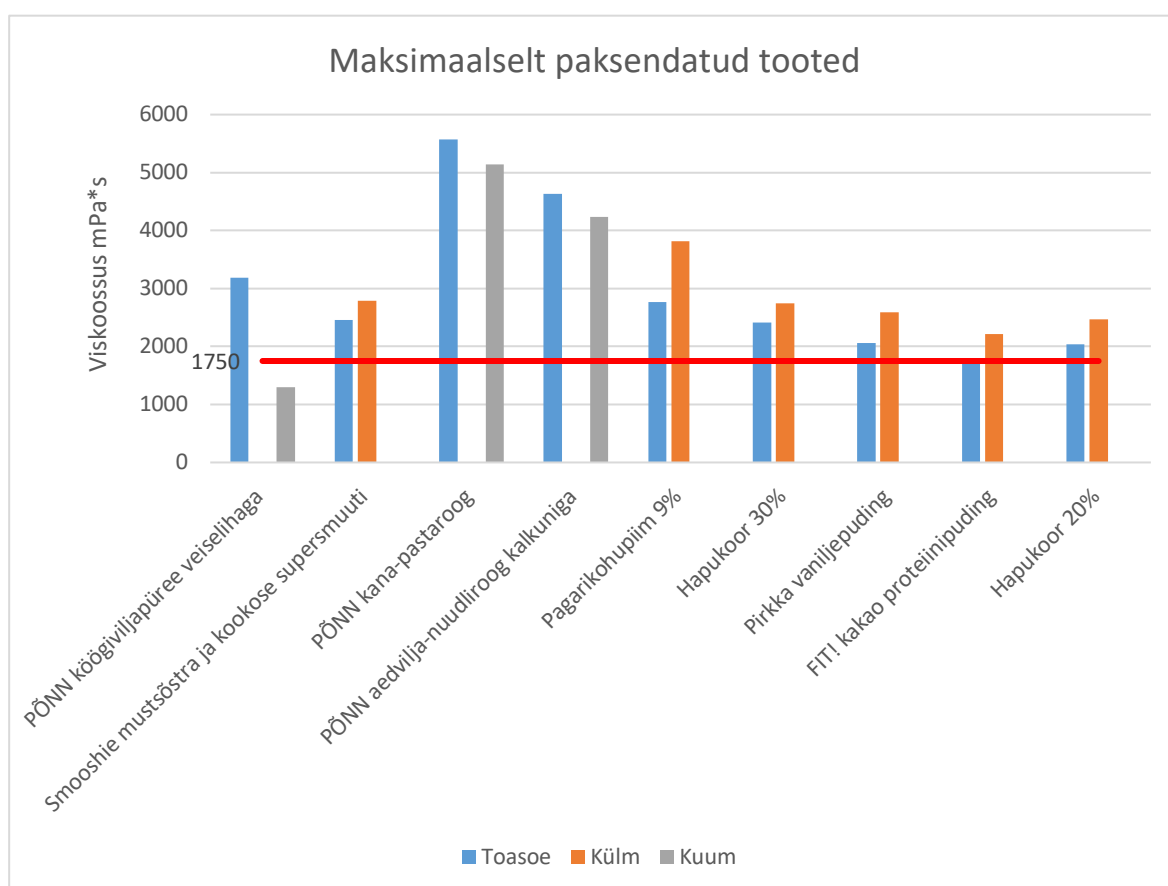
Joonis 17. 10% Nutilis Powder vesilahuse viskoossuse sõltuvus ajast.

3.2. Toiduainete viskoossused

Salvest AS, Orkla Eesti AS ja Tere AS tooted klassifitseeriti viskoossuse järgi nelja kategooriasse: *thin* ehk madala viskoossusega tooted (1 – 51 mPa*s), *nectar-like* ehk vähe paksendatud tooted (51 – 350 mPa*s), *honey-like* ehk keskmiselt paksendatud tooted (350 – 1750 mPa*s) ja *spoon-thick* ehk maksimaalselt paksendatud tooted (<1750 mPa*s) (Casanovas et al., 2011). Viskoossus mõõdeti nihkekiirustel 50 s⁻¹, 300 s⁻¹ ja 900 s⁻¹ toatemperatuuril, külmana ja kuumana. Diagrammidel on võetud kokku maksimaalselt paksendatud, keskmiselt paksendatud, vähe paksendatud ja madala viskoossusega tooted erinevatel nihkekiirustel.

Viskoossused nihkekiirusel 50 s⁻¹

Joonisel 18 on esitatud diagramm maksimaalselt paksendatud toodetega, mis on saavutanud viskoossuse väärtuse suurem kui 1750 mPa*s nihkekiirusel 50 s⁻¹ vähemalt ühel temperatuuril. On näha, et maksimaalse viskoossusega kategooria tooted on põhiliselt valmisroad, pudingud, hapukoored, smuuti ja pagarikohupiim. PÕNN köögiviljapüree veiselihaga nihkekiirusel 50 s⁻¹ toatemperatuuril kuulub *spoon-thick* kategooriasse, aga kuumana – *honey-like* kategooriasse ehk viskoossus toatemperatuuril on oluliselt kõrgem kui toodet on kuumutatud. Teiste toodete puhul võib täheldada, et viskoossus on suurem külmal toodetel, kui toatemperatuuril olevatel toodetel.

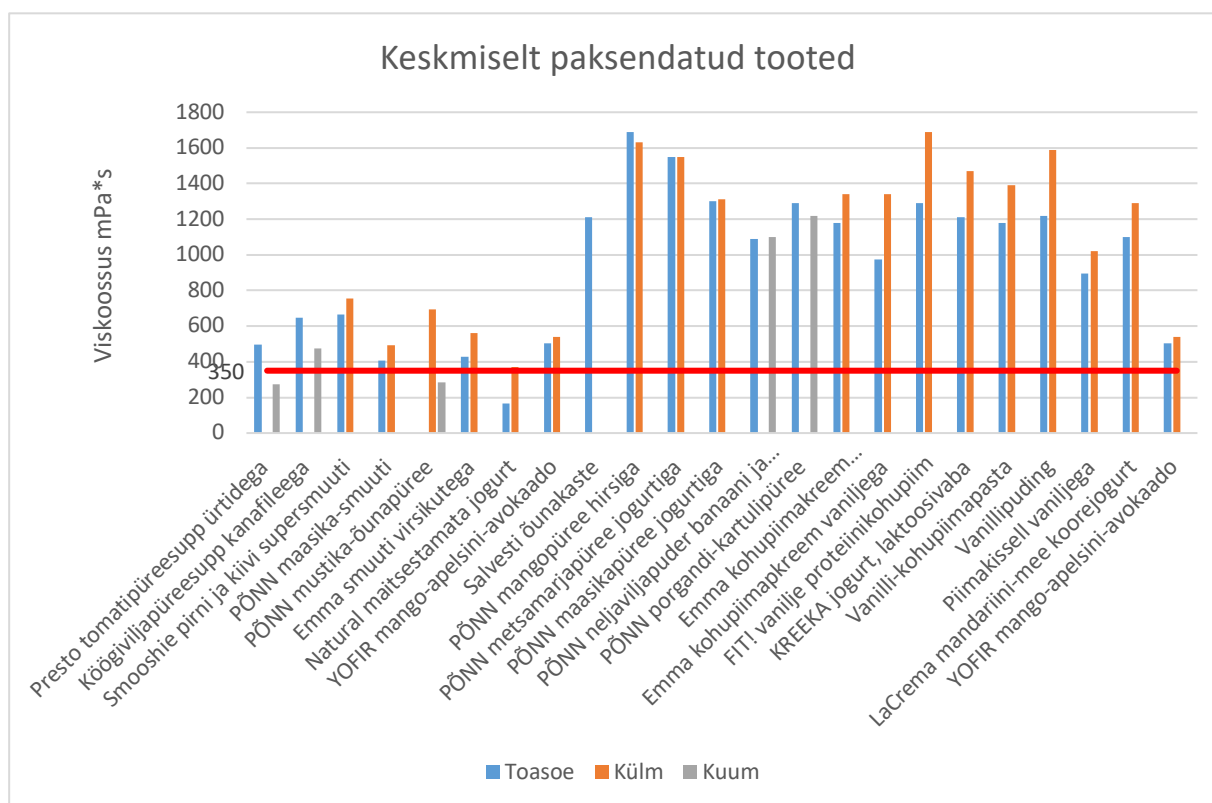


Joonis 18. Maksimaalselt paksendatud (viskoossus >1750 mPa*s) toodete viskoossus toatemperatuuril, külmana ja kuumana nihkekiirusel 50 s⁻¹.

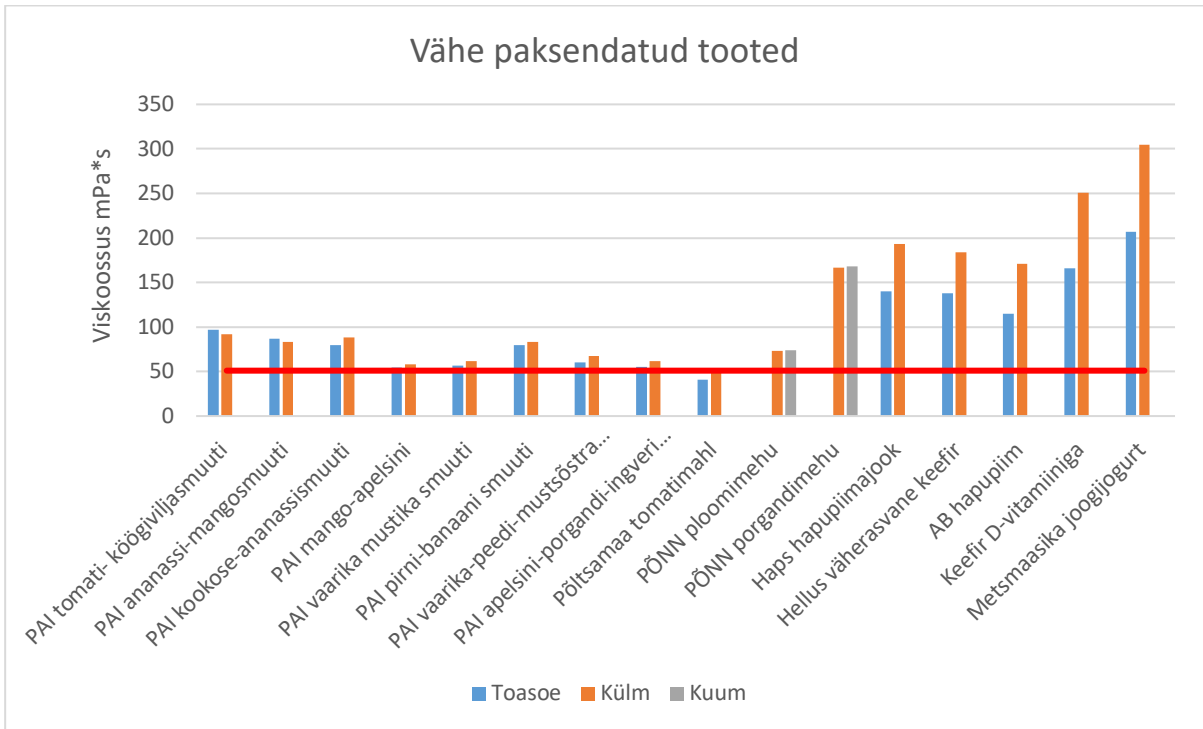
Joonisel 19 on esitatud diagramm keskmiselt paksendatud toodetega, mis on saavutanud viskoossuse vahemikus 350 – 1750 mPa*s nihkekiirusel 50 s⁻¹. Sellesse kategooriasse kuulub kõige rohkem tooteid. Need on põhiliselt erinevad smuutid, mõned valmissupid, püreed, jogurtid, pudingud, kohupiimad ja teised. Siin on jällegi näha, et sellistel toodetel nagu Presto tomatipüreesupp ürtidega, köögiviljapüreesupp kanafileega, PÕNN mustika-õunapüree ja Natural maitsestatamata jogurt temperatuuri tõstes viskoossus väheneb ning toiduained kuumana või toatemperatuuril kuuluvad juba teise kategooriasse.

Joonisel 20 on esitatud vähe paksendatud tooted, mis on saavutanud viskoossuse vahemikus 51 – 351 mPa*s nihkekiirusel 50 s⁻¹. Sellesse kategooriasse kuuluvad põhiliselt smuutid, keefirid, jogurt, hapupiimajook ja tomatimahl. Üldiselt on näha, et smuutid on madala viskoossusega kui piimatooted. Samas aga temperatuuri tõustes nende toodete viskoossuse väärtused ühtlustuvad, mis on oluline aspekt düsfaagia dieedi korral.

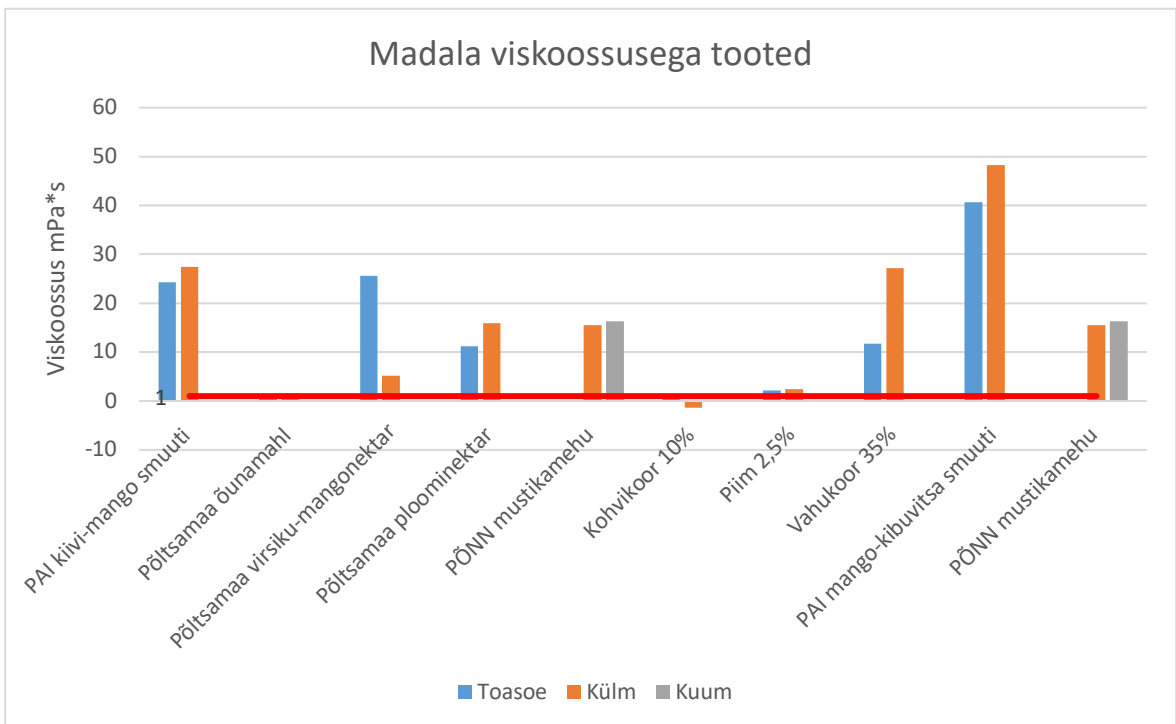
Joonisel 21 on toodud kõik tooted, mis on väga madala viskoossusega nii külmana kui ka kuumana ja toatemperatuuril. Nendel toodetel on viskoossus vahemikus 1 – 51 mPa*s nihkekiirusel 50 s⁻¹. Siia kuuluvad mahlad, nektarid, smuutid, piim ja vahukoor.



Joonis 19. Keskmiselt paksendatud (viskoossus vahemikus 350 – 1750 mPa*s) toodete viskoossus toatemperatuuril, külmana ja kuumana nihkekiirusel 50 s⁻¹.



Joonis 20. Vähe paksendatud (viskoossus vahemikus 51 – 350 mPa*s) toodete viskoossus toatemperatuuril, külmana ja kuumana nihkekiirusel 50 s⁻¹.

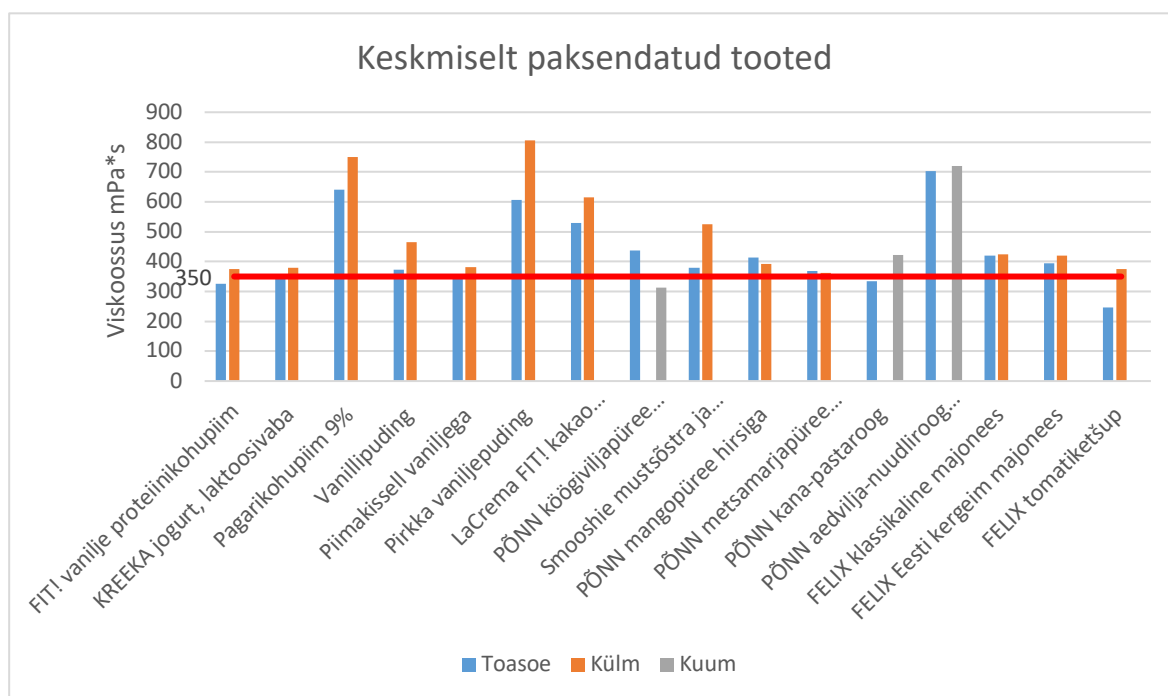


Joonis 21. Madala viskoossusega (viskoossus vahemikus 1 - 51 mPa*s) tooted toatemperatuuril, külmana ja kuumana nihkekiirusel 50 s⁻¹.

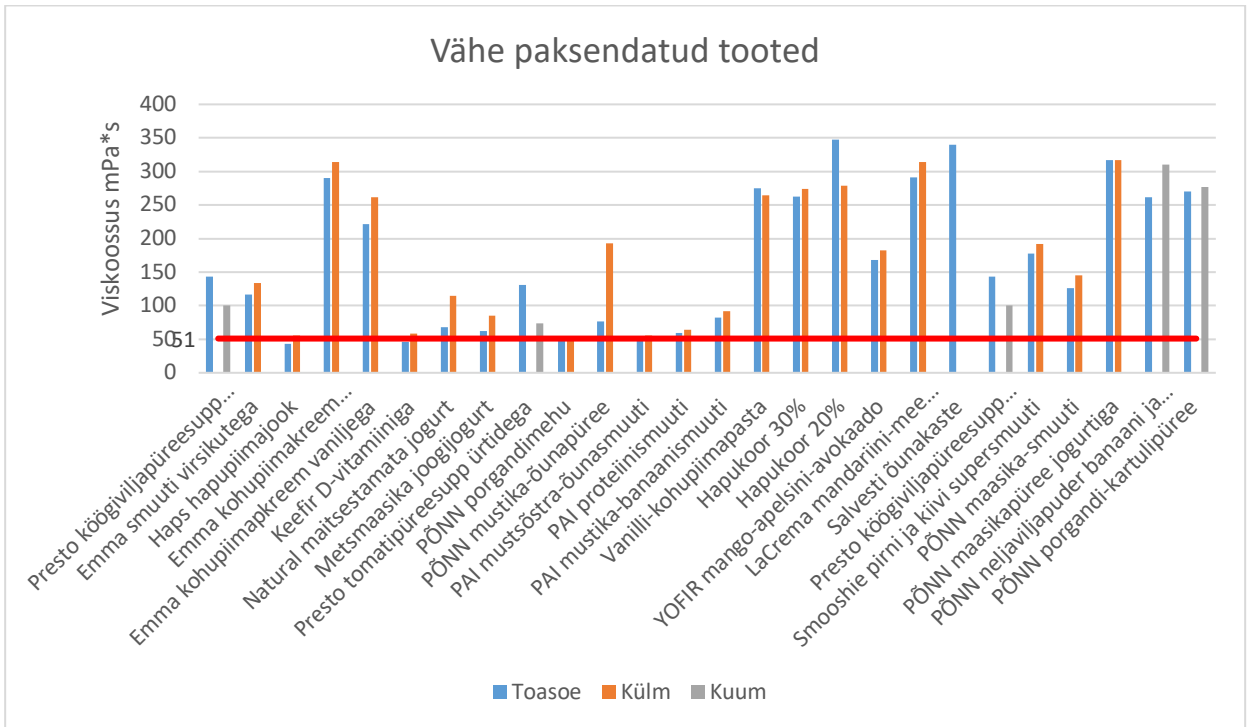
Viskoossused nihkekiirusel 300 s⁻¹

Nihkekiiruse 300 s⁻¹ ei omanud ükski toode maksimaalset viskoossuse väärtust ning joonisel 22 on esitatud keskmiselt paksendatud tooted, mis on saavutanud viskoossuse vahemikus 350 – 1750 mPa*s. Siin on ka näha, et mõned tooted temperatuuri tõstes kuuluvad juba teise kategooriasse ning viskoossus väheneb. Erandiks on PÕNN kana-pastaroog, mille viskoossus kuumutamisel suureneb võrreldes toatemperatuuriga, vastavalt 422 mPa*s ja 334 mPa*s. See vahe ei ole suur, kuid oluline valmisroa valimisel düsfaagia dieedis.

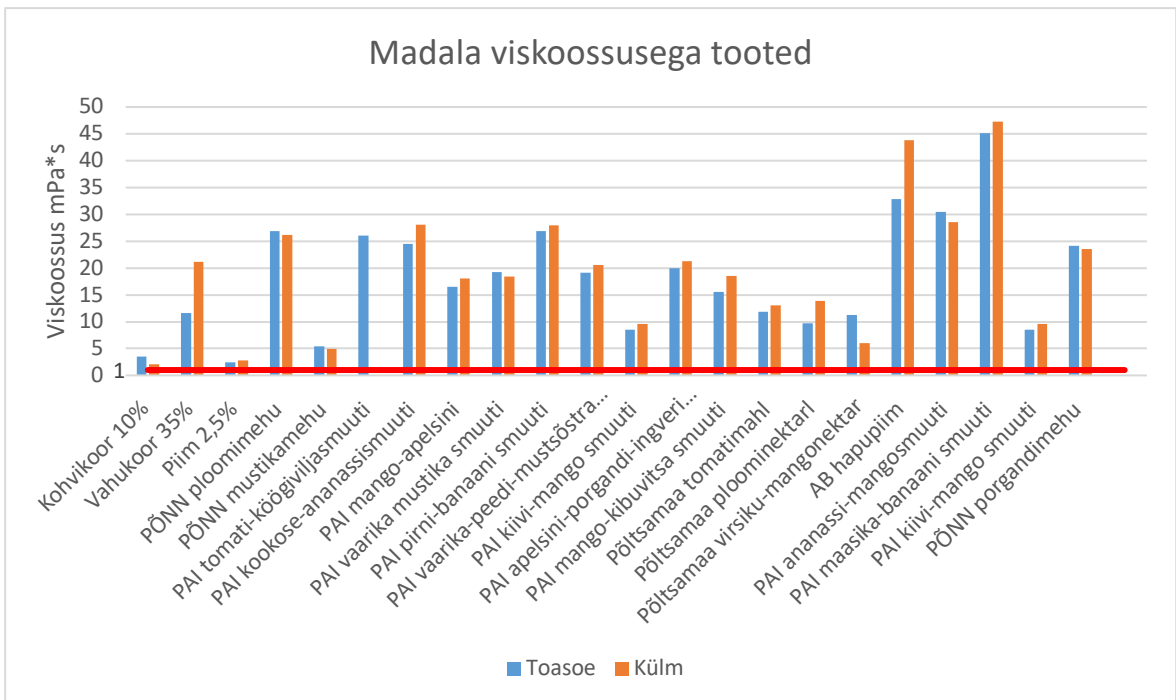
Joonistel 23 ja 24 on toodud vähe paksendatud tooted, mis on saavutanud viskoossuse vahemikus 51 – 350 mPa*s ning madala viskoossusega tooted, mis on saavutanud minimaalse viskoossuse väärtust vahemikus 1 – 51 mPa*s. Nihkekiirusel 300 s⁻¹ on kõige rohkem vähe paksendatud tooteid. Madala viskoossusega tooteid on samuti palju ning rohkem kui nihkekiirusel 50 s⁻¹. Siia kuuluvad üldiselt smuutid, valmisroad, mõned piimatooted, püreesupid. Madala viskoossusega toodete kategooriasse nihkekiirusel 300 s⁻¹ lisandusid rohkem smuutisid võrreldes nihkekiirusel 50 s⁻¹, sellel nihkekiirusel kuulusid nad kõrgemasse kategooriasse, nüüd juba kõige madalama viskoossusega kategooriasse.



Joonis 22. Keskmiselt paksendatud (viskoossus vahemikus 350 – 1750 mPa*s) toodete viskoossus toatemperatuuril, külmana ja kuumana nihkekiirusel 300 s⁻¹.



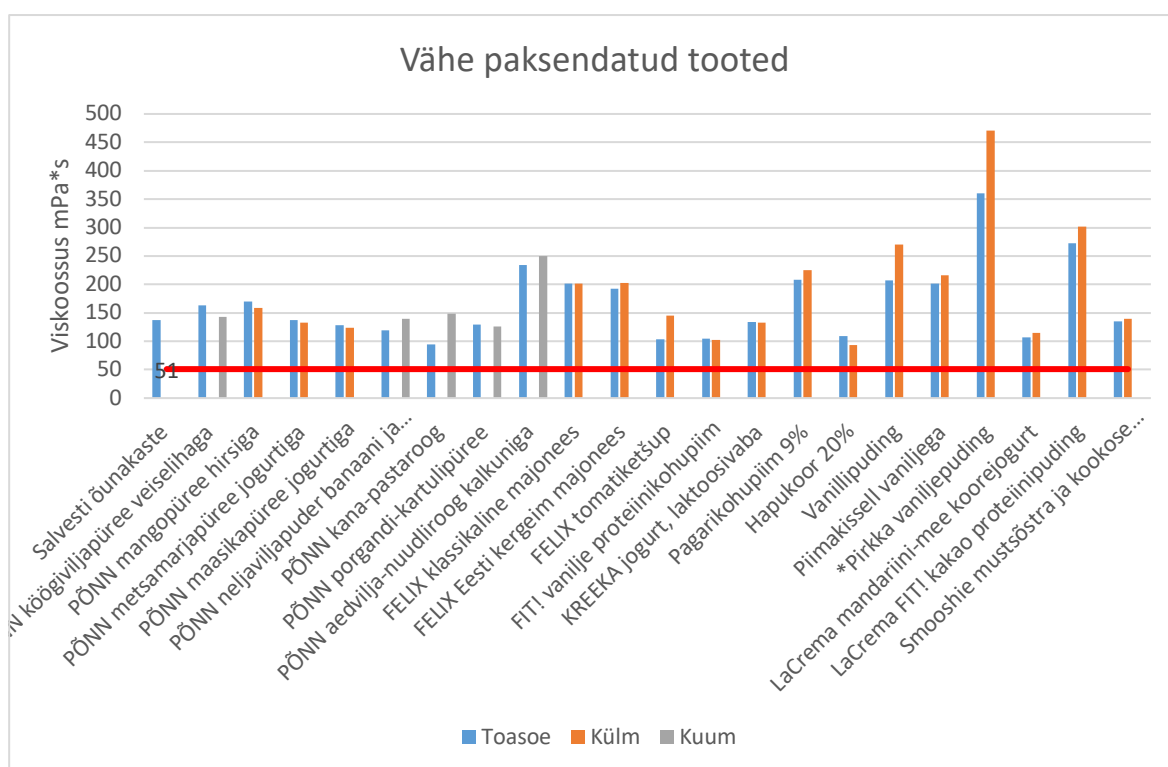
Joonis 23. Vähe paksendatud (viskoossus vahemikus 51 – 350 mPa*s) toodete viskoossus toatemperatuuril, külmana ja kuumana nihkekiirusel 300 s⁻¹.



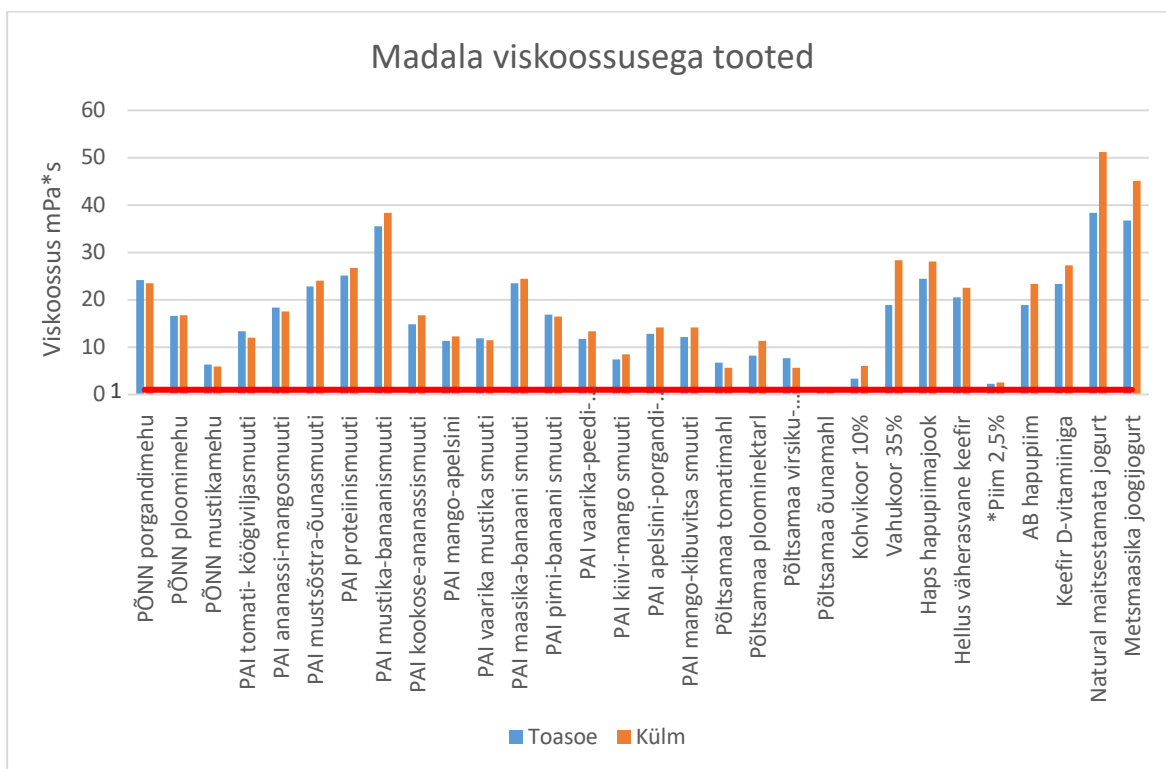
Joonis 24. Madala viskoossusega (viskoossus vahemikus 1 – 51 mPa*s) toodete viskoossus toatemperatuuril ja külmana nihkekiirusel 300 s⁻¹.

Viskoossused nihkekiirusel 900 s⁻¹

Nihkekiirusel 900 s⁻¹ ei ole nii maksimaalselt paksendatud tooteid kui ka keskmiselt paksendatud tooteid. Erandiks on üks toode – Pirkka vaniljepuding, mis on ainuke toode, mis kuulub keskmiselt paksendatud toodete kategooriasse. See toode on esitatud joonisel 25 koos vähe paksendatud toodetega. Nihkekiiruse suurendamisel kõikide toodete viskoossused vähenevad. Tooted jagunesid vähe paksendatud kategooriasse (Joonis 25) ning madala viskoossusega toodete kategooriasse (Joonis 26). Nihkekiirusel 900 s⁻¹ on kõige rohkem minimaalse viskoossusega tooteid võrreldes teiste nihkekiirustega. Pääaegu kõik smuutid, mis olid vähe paksendatud ja keskmiselt paksendatud toodete kategoorias, langesid nüüd madala viskoossusega toodete kategooriasse. Vähe paksendatud kategooriasse jäid pudingud, valmistoidud, jogurtid, majoneesid ja ketšup.



Joonis 25. Vähe paksendatud (viskoossus vahemikus 51 – 350 mPa*s) toodete viskoossus toatemperatuuril, külmana ja kuumana nihkekiirusel 900 s⁻¹.



Joonis 26. Madala viskoossusega (viskoossus vahemikus 1 – 51 mPa*s) toodete viskoossus toatemperatuuril ja külmana nihkekiirusel 900 s⁻¹.

3.3. Järeldused

Nutilis Clear ja Nutilis Powder paksendajate vesilahuste viskoossused nihkekiirusel 50 s⁻¹ suurenevad kontsentratsiooni suurenemisel, erinevus on selles, et Nutilis Clear viskoossus suureneb lineaarselt, aga Nutilis Powder viskoossus eksponentsiaalselt.

Nutilis Clear ja Nutilis Powder vesilahuste viskoossused nihkekiirusel 50 s⁻¹ üldiselt langevad temperatuuri tõstmisega 6 kraadist 75 kraadini. Kontsentratsioonidel 2% ja 5% olid Nutilis Clear vesilahuste viskoossused kõrgemad võrreldes Nutilis Powderi vesilahustega samadel kontsentratsioonidel. 10% Nutilis Powderi vesilahus omas aga kõrgemaid viskoossuse väärtuseid kui Nutilis Clear. Kõige stabiilsema ehk kõige vähem muutuva viskoossusega oli 5% Nutilis Powder ja 5% Nutilis Clear. Paksendajate viskoossuste väärtused küll muutusid, aga mitte nii järsult kui teiste kontsentratsioonide puhul.

Nutilis Clear ja Nutilis Powder käituvad ajas väga erinevalt. Tunni aja jooksul oli kõige stabiilsema viskoossusega 0,5% Nutilis Powder ja 5% Nutilis Powder. 2% Nutilis Powderi viskoossus ajas kergelt kasvas ja 10% veidi langes. Nutilis Clear vesilahuste viskoossus ajas kontsentratsioonil 0,5% veidi kasvas, 2% oli stabiilne ning kontsentratsioonil 5% viskoossus veidi langes.

Tere AS, AS Salvesti ja Orkla Eesti AS tooted klassifitseeriti ja jaotati vastavalt viskoossusele nelja kategooriasse. Tuleb märkida, et mõnedel toodetel on väga erinev viskoossuse väärtus külmana ja kuumana. See tähendab, et toode võib külmana kuuluda ühte klassifikatsiooni, kuid kuumana teise. Seega võib järeldada, et temperatuur mõjutab viskoossust nii, et üldjuhul temperatuuri tõustes

viskoossus väheneb. See on väga oluline aspekt valides düsfaagia raviks sobilikke tooteid. Düsfaagia dieedi korral on eriti tähtis kui mõni roog või toode süüakse kuumana, aga selles seisundis viskoossus ei vasta vajalikule väärtusele. Kõige suuremad viskoossuse väärtused saavutati nihkekiirusel 50 s^{-1} , kus esines maksimaalselt paksendatud toodete kategooria, nihkekiirustel 300 s^{-1} ning 900 s^{-1} sellesse klassi kuuluvaid tooteid ei esinenud. Võib järeldada, et nihkekiiruse suurenemisel viskoossus langeb. Seda on näha kui tooted, mis olid nihkekiirusel 50 s^{-1} keskmiselt või vähe paksendatud toodete kategoorias, kuuluvad kõrgema nihkekiiruse korral madala viskoossusega toodete kategooriasse. Nihkekiirusel 300 s^{-1} esines kõige rohkem keskmiselt ja vähe paksendatud tooteid ning puuduvad maksimaalselt paksendatud tooted. Nihkekiirusel 900 s^{-1} valitsevad madala viskoossusega tooted ning pole maksimaalselt ja keskmiselt paksendatud tooteid. Maksimaalselt paksendatud toodete hulka kuuluvad peamiselt erinevad valmisroad, hapukoor, majonees, ketšup, kohupiimad, mõned pudingud, kohupiimakreemid.

Keskmiselt ja vähe paksendatud toodete hulka kuuluvad pudingud, mõned smuutid, erinevad köögi- ja puuviljapüreed, jogurtid ja teised piimatooted. Väga madala viskoossusega toodete hulka kuuluvad kõikidel nihkekiirustel smuutid, mahlad, piim, kohvikoor, vahukoor.

Kokkuvõte

Käesoleva lõputöö üheks eesmärgiks oli Eesti turul olevate toiduainete kaardistamine viskoossuste järgi kasutades NDD klassifikatsiooni. Töö käigus mõõdeti ja analüüsiti 21 Orkla Eesti AS, 18 AS Salvesti ja 24 AS Tere toodete viskoossuseid nihkekiirustel 50 s^{-1} , 300 s^{-1} ja 900 s^{-1} . Saadud andmete põhjal klassifitseeriti tooted neljaks kategooriaks: vesivedelad tooted, nektari tüüpi tooted, mee tüüpi tooted ja lusika/pudingu-paksusega tooted. Samuti selgus analüüsides käigus, et maksimaalsed viskoossuse väärtused saavutati nihkekiirusel 50 s^{-1} . Nihkekiirustel 300 s^{-1} ja 900 s^{-1} oli rohkem madala viskoossusega tooteid ning puudusid maksimaalse viskoossusega tooted. Võib järeldada, et nihkekiiruse suurendamisel langeb toodete viskoossus. Samuti on oluline esile tõsta, et mõnedel toodetel erineb viskoossuse väärtus sõltuvalt temperatuurist, antud juhul võrreldi toatemperatuuril olevaid tooteid, külmkapi temperatuuriga tooteid ning 50 °C -ni kuumutatud tooteid. See tähendab, et üks ja sama toode võib külmana kuuluda ühte klassifikatsiooni gruppi, kuid kuumana teise. Järelikult võib väita, et temperatuur mõjutab viskoossust nii, et temperatuuri tõstes väheneb viskoossus. See on väga oluline aspekt valides düsfaagia dieediks sobilikke tooted. Kuna sellist sõltuvust omasid peamiselt valmisroad, mida süüakse kuumadena, siis peab vaatlema just sellisel temperatuuril valmistatud toodete viskoossuseid.

Teiseks töö eesmärgiks oli analüüsida ja võrrelda kahte kaubanduslikku paksendajat Nutilis Clear ja Nutilis Powder. Need on kaks paksendajat, mida kasutatakse neelamishäirete korral. Nutilis Clear ja Nutilis Powder on oma omaduste poolest päris sarnased, aga erinevad koostise ja mineraal- ning toitainete sisalduse poolest. Nutilis Clear sisaldab maltodekstriini, ksantaankummi ja guarkummi (Nutilis Clear, 2020), Nutilis Powder aga sisaldab lisaks tarakummi ja modifitseeritud maisitärklist (NutriMedical, 2021). Nutilis paksendajatega valmistati vesilahused ning teostati erinevad analüüsid: uuriti viskoossuse sõltuvust paksendaja kontsentratsioonist, temperatuurist (erinevates kontsentratsioonides) ning ajast. Kõikide analüüsides korral mõõdeti viskoossus nihkekiirusel 50 s^{-1} . Nutilis paksendajaid analüüsiti erinevates kontsentratsioonides: 0,5%, 1%, 2%, 5%, 7%, 9%, 10%. Nutilis paksendajate viskoossus suureneb kontsentratsiooni suurenemisel, Nutilis Clear-i puhul viskoossus suureneb lineaarselt, Nutilis Powder-i puhul eksponentsiaalselt. Lisaks mõõdeti paksendajate viskoossuse sõltuvus temperatuurist kontsentratsioonide 2%, 5% ja 10% juures, kus temperatuuri tõsteti $6-75\text{ °C}$ -ni. Selle analüüsi käigus selgus, et temperatuuri tõustes väheneb viskoossus. Üldiselt osutusid kõige stabiilsemateks 5% Nutilis Clear ja Nutilis Powder, nendel proovidel muutus viskoossus kõige vähem. Samuti viidi läbi ajatest, kus mõõdeti paksendajate viskoossuse väärtused kontsentratsioonide 0,5%, 2%, 5%, 10% juures iga 10 minuti tagant tunni aja jooksul. Kõik proovid käitusid väga erinevalt, kuid kõige stabiilsemateks osutusid 0,5% ja 5% Nutilis Powder. See on ka oluline teada düsfaagia dieetide koostamisel, kuna ei saa tagada patsientidele ühe ja sama viskoossusega toitu kui see mõnda aega seisab.

Summary

One of the aims of this work was to map the food products of the Estonian market using the IDDSI classification system. During the work, the viscosities of 21 Põltsamaa, 18 Salvest and 24 Tere products were measured and analyzed. The viscosities of Tere, Salvest and Põltsamaa products were measured at different shear rates (50 s^{-1} , 300 s^{-1} , 900 s^{-1}). Based on the data obtained, the products were classified into four categories: thin products, nectar-like products, honey-like products and spoon/pudding-thick products. The analyzes also showed that the maximum viscosity values were reached at a shear rate of 50 s^{-1} . At shear rates of 300 s^{-1} and 900 s^{-1} , there were more low viscosity products and no products with maximum viscosity. It can be concluded that the viscosity decreases with increasing shear rate. It is also important to point out that some products have different viscosity values at different temperatures, in this case room temperature, cold and hot products were compared. This means that the same product may belong to one classification group when cold, but to another classification group, when hot. Consequently, it can be said that temperature affects viscosity so that, as the temperature increases, the viscosity decreases. This is a very important aspect when choosing a suitable diet for dysphagia. As this dependence was mainly shown in ready-to-eat foods, the viscosity of the product prepared at this temperature must be considered.

Another goal of this research was to analyze and compare two commercial thickeners Nutilis Clear and Nutilis Powder. These are two thickeners used in swallowing disorders. Nutilis Clear and Nutilis Powder are quite similar, but differ in composition and content of minerals and nutrients. Nutilis Clear contains maltodextrin, xanthan gum, guar gum (Nutilis Clear, 2020), while Nutilis Powder also contains tar gum and modified corn starch (NutriMedical, 2021). There was prepared water solutions with thickeners and then various analyzes were performed: viscosity dependence of the thickener concentration, temperature (at different concentrations) and time. For all assays, the measured viscosity was at a shear rate of 50 s^{-1} . Nutilis thickeners were analyzed at various concentrations: 0.5%, 1%, 2%, 5%, 7%, 9%, 10%. The viscosity of Nutilis thickeners increases with increasing concentration, the viscosity increases linearly with Nutilis Clear and exponentially with Nutilis Powder. In addition, the temperature dependence of the viscosity of the thickeners at concentrations 2%, 5% and 10% were measured, where the temperature was raised from 6 to 75 °C. This analysis showed that increasing the temperature decreases the viscosity. In general, 5% Nutilis Clear and Nutilis Powder were the most stable, with the least change in viscosity in these samples. Also, there was performed time test, when viscosity values of thickeners were measured at concentrations of 0.5%, 2%, 5%, 10%, the viscosity was measured every 10 minutes during one hour. All samples behaved very briskly, but 0.5% and 5% Nutilis Powder were the most stable over time. It is also important to know when formulating dysphagia diets, as patients cannot be guaranteed the same viscosity when preparing food and when it stays for a while.

Kasutatud kirjandus

1. Anton Paar GmbH, (2016), „Rotational Rheometer for Quality Control“ Kasutatud 22.11.2021, <https://www.anton-paar.com/?eID=documentsDownload&document=2761&L=3>
2. Anton Paar, (2021) „Rotational Rheometer: RheolabQC“ Kasutatud 16.11.2021, <https://www.anton-paar.com/corp-en/products/details/rotational-rheometer-rheolabqc/>
3. Bird, R. B., Armstrong, R.C., Hassager, O., (1987), „Dynamics of Polymeric Liquids, 1, Fluid Mechanics“, 2nd Edition
4. Casanovas, A., Hernández, M.J., Martí-Bonmatí, E., Dolza, M., (2011) „Cluster Classification of Dysphagia-Oriented Products Considering Flow, Thixotropy and Oscillatory Testing“. Food Hydrocolloids, 25, lk. 851–59, ScienceDirect
5. Chadha, S., (2021), „Recent Advances in Nano-Encapsulation Technologies for Controlled Release of Biostimulants and Antimicrobial Agents“. Advances in Nano-Fertilizers and Nano-Pesticides in Agriculture, lk. 29–55, ScienceDirect
6. Contractors unlimited, (2005), „Viscosity“ Kasutatud 10.12.2021, <https://www.contractorsunlimited.co.uk/toolbox/viscosity.shtml>
7. Dewar, R. J., Joyce, M.J., (2006), „Time-Dependent Rheology of Starch Thickeners and the Clinical Implications for Dysphagia Therapy“. Dysphagia, 21, 4, lk. 264–69. Springer Link, Kasutatud 26.12.2021, <https://doi.org/10.1007/s00455-006-9050-7>
8. Engineering ToolBox, (2003), „Viscosity – Absolute (Dynamic) and Kinematic“ Kasutatud 09.11.2021, https://www.engineeringtoolbox.com/dynamic-absolute-kinematic-viscosity-d_412.html
9. Gallegos, C., Turcanu, M., Assegehegn, G., Fuente, E., (2021), „Rheological Issues on Oropharyngeal Dysphagia“. Dysphagia, Kasutatud 22.11.2021, <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00455-021-10337-w>
10. Gowthaman, M.K., Prasad, M.S., Karanth, NG., (1999), „FERMENTATION (INDUSTRIAL).Production of Xanthan Gum“. Encyclopedia of Food Microbiology, lk. 699–705. ScienceDirect
11. Gyawali, C.P., Louis, S., (2010), „Dysphagia - American College of Gastroenterology“, Kasutatud 11.12.2021, <https://gi.org/topics/dysphagia/>
12. Hadde, E.K., Mossel, B., Chen, J., Prakash, S., (2021), „The Safety and Efficacy of Xanthan Gum-Based Thickeners and Their Effect in Modifying Bolus Rheology in the Therapeutic Medical Management of Dysphagia“. Food Hydrocolloids for Health, 1, ScienceDirect, Kasutatud 24.12.2021, <https://doi.org/10.1016/j.fhfh.2021.100038>
13. Han, J., (2021), „What Is Tara Gum (E417) in Ice Cream: Common Uses, Safety, Side Effects“, Kasutatud 11.12.2021, <https://foodadditives.net/thickeners/tara-gum/>
14. Helmenstine, A., (2021), „Viscosity Definition and Examples“. Science Notes and Projects. Kasutatud 07.11.2021, <https://sciencenotes.org/viscosity-definition-and-examples/>
15. IDDSI Framework, (2019), „Testing Methods“, Kasutatud 11.12.2021, https://iddsi.org/IDDSI/media/images/Testing_Methods_IDDSI_Framework_Final_31_July2019.pdf
16. IDDSI, (2019), „The IDDSI Framework“, Kasutatud 07.11.2021, <https://iddsi.org/framework>

17. IDDSI, (2020), „IDDSI Testing Methods“, Kasutatud 16.11.2021, <https://iddsi.org/Testing-Methods>
18. Inc, RheoSense, (2021), „Common Units for Dynamic and Kinematic Viscosity“ Kasutatud 10.12.2021, <https://www.rheosense.com/basics/viscosity-units>
19. Jindal, N., Khattar, J.S., (2018), „Microbial Polysaccharides in Food Industry“. *Biopolymers for Food Design*, lk. 95–123, ScienceDirect
20. Krstonošić, V., Jovičić-Bata, J., Maravić, N., Nikolić, I., Dokić, L., (2021), „Rheology, Structure, and Sensory Perception of Hydrocolloids“. *Food Structure and Functionality*, lk. 23–47, ScienceDirect
21. Lahendus neelamishäirete korral, Nutilis Clear, (2018), Kasutatud 08.11.2021, https://ekls.ee/wp-content/uploads/2018/11/disfagija_28lpp_et_web.pdf
22. Lecturio, Concise Medical Knowledge, (2020), „Dysphagia“ Kasutatud 11.12.2021, https://www.lecturio.com/concepts/dysphagia/&utm_source=app&utm_medium=topicreview
23. Lo, Y.M., Argin-Soysal, S., Hsu, C.H., (2007), „Bioconversion of Whey Lactose into Microbial Exopolysaccharides“. *Bioprocessing for Value-Added Products from Renewable Resources*, lk. 559–83, ScienceDirect
24. Martyr, A.J., Plint, M.A., (2012), „Tribology, Fuel, and Lubrication Testing“, „Tribology, Fuel, and Lubrication Testing. Engine Testing: The Design, Building, Modification and Use of Powertrain Test Facilities, lk. 523
25. McGinnis, C.M., Homan, K., Solomon, M., Taylor, J., Staebell, K., Erger, D., Raut, N., (2019), „Dysphagia: Interprofessional Management, Impact, and Patient-Centered Care“, *Nutrition in Clinical Practice*, 34, lk. 80-95
26. Mudgil, D., Barak, S., Khatkar, B.S., (2014), „Guar Gum: Processing, Properties and Food Applications—A Review“. *Journal of Food Science and Technology*, 51, lk. 409–418, PubMed Central, Kasutatud 11.12.2021, <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0522-x>
27. Naidoo, S., (2017), "Difference between bolus and chyme." *Difference Between Similar Terms and Objects*, Kasutatud 10.12.2021, <http://www.differencebetween.net/science/difference-between-bolus-and-chyme/>
28. NIBCD, (2017), „Dysphagia“ Kasutatud 10.12.2021, <https://www.nidcd.nih.gov/health/dysphagia>
29. Nutricia, (2018), Nutilis Clear, Kasutatud 18.11.2021, <https://www.nutricia.co.uk/content/dam/dam/amn/local/gb/approved/nutricia/nutilis-clear-new-scoop-mixing-instructions.pdf>
30. Nutricia, (2020), Nutilis Powder, Kasutatud 18.11.2021, <https://nutricia.com.au/adult/wp-content/uploads/sites/7/2021/02/Nutilis-Factsheet-AUS-Dec-2020.pdf>
31. Nutricia, (2020), Nutilis Powder, Nutricia Adult Healthcare, Kasutatud 07.11.2021, <https://nutricia.com.au/adult/product/nutilis-powder/#>
32. Nutricia, Nutilis Clear, (2020), Kasutatud 07.11.2021, <https://www.nutricia.co.uk/patients-carers/pim-products/nutilis-clear.html#>
33. NutriMedical, (2021), Nutilis Powder, Kasutatud 18.11.2021, <https://ravitoit.ee/toode/nutilis-powder-300g/#primary>
34. Park, J.H., Kim, H.G., Oh, B.M., Lee, M.W., Hwang, I.K., Lee, S.U., Han, T.R., (2014), „Comparison of Different Gum-Based Thickeners Using a Viscometer and Line Spread Test:

- A Preliminary Study". *Annals of Rehabilitation Medicine*, 38, 1, lk. 94–100. PubMed Central, Kasutatud 26.12.2021, <https://doi.org/10.5535/arm.2014.38.1.94>
35. Raheem, D., Carrascosa, C., Ramos, F., Saraiva, A., Raposo, A., (2021), „Texture-Modified Food for Dysphagic Patients: A Comprehensive Review“. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18, lk. 5125, Kasutatud 07.11.2021, <https://www.mdpi.com/1660-4601/18/10/5125/htm>
 36. Rahuoja, M., Vaidlo, R., Raudsalu, V., (2020), „Neelamishäire ehk düsfaagia“, SA Põhja-Eesti Regionaalhaigla, Kasutatud 14.10.2021, https://www.regionaalhaigla.ee/sites/default/files/documents/Neelamishaire_ehk_dusfaagia.pdf
 37. Rehm, B., Consultant, D., Haghshenas, A., Paknejad, A.S., Schubert, J., (2008), „Situational Problems in MPD“. *Managed Pressure Drilling*, lk. 39-80
 38. Riyaz, B. A., Thejas, D., Karthikeyan, J., Thirukkuralani, K. N., Venkates, H. A., Rahul, S.P., (2018), „Searle viscosity differential flowmeter“, *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 118, lk. 1497, Kasutatud 16.11.2021, <https://acadpubl.eu/jsi/2018-118-20/articles/20c/26.pdf>
 39. Schmidt, H. O.S., Komerowski, M.R., Steemburgo, T., Oliveira, V.R., (2021), „Influence of Thickening Agents on Rheological Properties and Sensory Attributes of Dysphagic Diet“, *Journal of Texture Studies*, PubMed
 40. SciMed, (2021), „An Introduction to Viscometers“ Kasutatud 16.11.2021, <https://www.scimed.co.uk/education/an-introduction-to-viscometers/>
 41. Shahzad, A., (2015), „Newtonian and Non Newtonian Behaviour of Fluids“ Kasutatud 16.11.2021, https://www.slideshare.net/shahzad_ali27/newtonian-and-non-newtonian-behaviour-of-fluids
 42. Sharma, M., Kristo, E., Corredig, M., Duizera, L., (2017), „Effect of Hydrocolloid Type on Texture of Pureed Carrots: Rheological and Sensory Measures“. *Food Hydrocolloids*, 63, lk. 478–87, ScienceDirect
 43. Stetzer, D., (2018), „Xanthan v. Starch: The Advantages Are More than Clear“. *Dysphagia Cafe*, Kasutatud 24.12.2021, <https://dysphagiacafe.com/2018/07/22/xanthan-v-starch-advantages-clear/>
 44. Sukkar, S.G., Maggi, N., Cupillo, B.T., Ruggiero, C., (2018), „Optimizing Texture Modified Foods for Oro-Pharyngeal Dysphagia: A Difficult but Possible Target?“. *Frontiers in Nutrition*, 5, lk. 68, Kasutatud 22.11.2021, <https://doi.org/10.3389/fnut.2018.00068>
 45. Zargaraan, A., Rastmanesh, R., Fadavi, G., Zayeri, F., Mohammadifar, M.A., (2013), „Rheological Aspects of Dysphagia-Oriented Food Products: A Mini Review“ Kasutatud 11.12.2021, <https://cyberleninka.org/article/n/234846/viewer>
 46. Zhu, B., Minjae, L., Quigley, E., Fedkiw, E., (2014), „Codimensional Non-Newtonian Fluids“ Kasutatud 16.11.2021, https://cs.dartmouth.edu/~bozhu/papers/codimensional_non_newtonian.pdf
 47. Vega, E.D., Vasquez, E., Diaz, J., Masuelli, M., (2015), „Influence of the Ionic Strength in the Intrinsic Viscosity of Xanthan Gum. An Experimental Review“, 3, lk. 12-18, Kasutatud 18.11.2021, https://www.researchgate.net/publication/290430327_Influence_of_the_Ionic_Strength_in_the_Intrinsic_Viscosity_of_Xanthan_Gum_An_Experimental_Review

48. Vidaurre-Ruiz, J., Matheus-Diaz, S., Salas-Valerio, F., Barraza-Jauregui, G., Schoenlechner, R., Repo-Carrasco-Valencia, R., (2019), „Influence of Tara Gum and Xanthan Gum on Rheological and Textural Properties of Starch-Based Gluten-Free Dough and Bread“. *European Food Research and Technology*, 245, lk 1347–55, Kasutatud 11.12.2021, <https://doi.org/10.1007/s00217-019-03253-9>
49. Wu, Y., Dinga, W., Jia, L., He, Q., (2015), „The Rheological Properties of Tara Gum (Caesalpinia Spinosa)“. *Food Chemistry*, 168, lk. 366–71, ScienceDirect

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina Jekaterina Veškova

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Toiduainete viskoossuse uurimine düsfaagia patsientide toitumise reguleerimise eesmärgil“, 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.

(11.01.2022, allkirjastatud digitaalselt)