

Toiduteaduse ja toiduainete tehnoloogia osakond

Eestis kasvatatavate kartulisortide tärglisesisaldus ja tärgliseosakeste suurusjaotus

Bakalaureusetöö

Bakalaureuseõppe üliõpilane: „“ 2014.a Anastasia Gnatjuk

Juhendajad: „“2014.a. *PhD* Aarne Põldvere

lektor

„“2014. a. *MSc* Anna Pisponen

lektor

Retsensent: „“2014. a. *PhD* Viacheslav Eremeev

PKI taimekasvatuse ja rohumaaviljeluse osakond

Tartu 2014

AUTORI DEKLARATSIOON

Olen bakalaureusetöö koostanud iseseisvalt. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

..... (autori allkiri)

Anastasia Gnatjuk

Töö vastab bakalaureusetööle esitatud nõutele

..... (juhendaja allkiri ja kuupäev)

Lektor Arne Põldvere

..... (juhendaja allkiri ja kuupäev)

Lektor Anna Pisponen

Osakonna juhataja

..... (allkiri ja kuupäev)

Lembit Lepasalu

Kaitsmisele lubatud (kuupäev)

Osakonna juhataja (allkiri)

Lembit Lepasalu

Anastasia Gnatjuk. Eestis kasvatatavate erinevate kartulisortide tärglisesisaldus ja tärgliseosakeste suurusjaotus.

Tartu 2014, 47 lk, 14 joonist, 7 tabelit, 20 kasutatud kirjandusallikat ja 1 CD.

Juhendajad lektor Aarne Pöldvere

lektor Anna Pisponen

Retsensent Viacheslav Eremeev

Käesolev töö on koostatud bakalaureusekraadi taotlemiseks toiduainete tehnoloogia erialal.

Töö vormistamisel on lähtunu Aire Levandi koostatud Liha- ja Piimatehnoloogia eriala üliõpilastööde koostamise ja vormistamise juhendist.

Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja/või üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Anastasia Gnatjuk

(isikukood *****)

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö Eestis kasvatatavate erinevate kartulisortide tärglisesisaldus ja tärgliseosakeste suurusjaotus,

mille juhendajad on Aarne Põldvere, Anna Pisonen

1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,

1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja

1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor

allkiri

Tartus, 5.06.214

**The content and determination of the size of the starches' particles potatoes' grains
which were grown in Estonia**

Bachelor thesis for BSc

Anastasia Gnatjuk

Estonian University of Life Sciences
Institute of Veterinary Medicine and Animal Sciences,
Department of Food Science and Technology

Summary

KEYWORDS: starch, potato starch, manufacturing technology of starch, starch granules

Starch is one of the most important of polysaccharides consisting of glucose residues of the molecule, namely amylose and amylopectin. The starch falls within the range of saccharine, it is generally in the plants' cells. The starch is obtained from potatoes, corn, wheat and other crops.

Last cultivated grains of potatoes' starch were investigated in quantity and distribution by size in the mid-nineties in Estonia. Since then, the present time, it is a number of varieties that have fallen into disuse was bred and introduced a range of new potatoes' sorts in Estonia. We have no data on new grains of content of potatoes' starch, structure of starch and distribution of particles' size. The listed parameters which were investigated in the bachelor's thesis are relevant and new subject.

The objective of the bachelor's thesis was cultivated contents of potatoes' starch in the tubers, grains of diameter and size distribution of the identification in Estonia. The scientific literature overview gives a general idea of structure, quality and manufacturing technology of starch.

In the experimental part was carried out two series of experiments. The first series was studied in cultivars' production of potatoes' starch, the content of starch and a secondary diameter of particle and distribution of size. The first series was studied in the Estonian University of Life Sciences, Institute for Agriculture and the Environment from 10 different potato varieties. In the first series of experiments looked at the variety of 10-11, the second of five potatoes.

The highest average starch content of starch of ten potatoes' grade is the potato variety 'Maret' (15.9%) and the lower of the sort "Satina" (10.5%). The higher content of dry substance was potato varieties "Maret", "Sulev" and "Ants", but the lower 'Satina', 'Congo' and 'Reet'.

Potatoes' diameter of starches' grains was distributed as follows: less than 10 μm in diameter; 10-15 μm ; 15-20 μm ; 20-25 μm ; 25-30 μm and above 30 μm . The most significant in percentage terms were particles of potatoes' starch "Ants", "Maret" and "Red Scarlett." Proportion of average particle of potatoes' starch was the highest in the grade 'Reet'. Starches' particles with a diameter of 20-25 μm were the most in the sort of potato "Sulev" and "Satina".

This work contains: 47 pages, 7 tables, 14 figures, 20 referendes and appendix.

SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	9
KIRJANDUSE ÜLEVAADE	10
KARTUL.....	10
Kartulimugula ehitus	10
Kartulimugula koostis	12
Kartuli sordiaretus välisriikides	13
Sordiaretus Eestis	14
Kartulisortide jaotus erinevate tunnuste järgi	14
TÄRKLIS	17
Tärkliseterade ehitus.....	17
Tärklise kvaliteet	18
Tärklise bioloogilised omadused.....	19
Tärklise füüsikalis-keemilised omadused	19
TÄRKLISE TOOTMINE.....	20
Tootmine maailmas	20
Kartulitärklise tootmine Euroopa Liidus.....	20
Kartulitärklise tootmise tehnoloogiline skeem.....	21
TÄRKLISE KASUTAMINE	24
Tärklisetooted	24
Tärklise kasutamine toiduainete tööstuses	25
Tärklise kasutamine paberitootmisel.....	25
Kartuli tärklisesisalduse määramise meetodid	26
Tärklisesisalduse määramine Reimanni kaaludega.....	27
Tärklisesisalduse määramine Parovi kaaludega.....	27
Tärklisesisalduse määramine Stohmanni aparadiga.....	27
Mikroskoopia kasutamine kartulitärklise osakeste suurusjaotuse hindamisel....	28
Polariseeriva mikroskoobi kasutamine	28
Skaneeriva elektronmikroskoobi kasutamine	28

Skaneeriva aatomjõumikroskoobi kasutamine.....	30
EKSPERIMENTAALNE OSA.....	31
Töö eesmärgid	31
Proovide ettevalmistus, meetodikad ja kasutatud materjalid.....	31
Katsetes kasutatud kartulisordid.....	31
Kartuliproovide säilitamine.....	33
Kartulite tärkliisesisalduse määramise meetodika	33
Kartuli tärkliseterade läbimõõdu määramine	35
Proovide ettevalmistamine	35
Tärkliseterade analüüsimine.....	35
Katsetulemused ja arutelu	37
Kartulite tärkliisesisalduse määramine.....	37
Kartulite tärklioseosakeste läbimõõdu määramine	38
JÄRELDUSED.....	43
KOKKUVÕTE	44
KASUTATUD KIRJANDUS	45
LISA 1.	47

SISSEJUHATUS

Tärklis on üks tähtsamatest polüsahhariididest, mis koosneb glükoosi molekuli jääkidest, täpsemalt amüloosist ja amülopektiinist. Tärklis kuulub sahhariidide hulka, teda leidub enamasti taimerakkudes. Tärklist saadakse kartulist, maisist, nisust ja teistes taimedest.

Kartulitärklis on valge pulber, seda toodetakse kartulimugulatest. Kartulitärklisel on rahvamajanduses laiad kasutusvõimalused alates kondiitritoodete tehnoloogiast kuni paberitootmise tehnoloogiani välja. Pagaritehnoloogias lisatakse kartulitärklist leibade valmistamisel, selleks et anda tootele õrnem struktuur, rohkem niiskust, paremat konsistentsi ning välimust.

Tööstuslikult hakati kartulitärklist tootma Eestis 18. sajandi lõpus ja 19. sajandi alguses. Kuna Eestis kasvatati palju kartulit, siis toodeti tärklist suures mahus. 19. sajandi lõpul tärklise hind maailmaturul langes ja Eesti tärklisetootjad ei suutnud oma suhteliselt kõrge omahinnaga toodetud tärklisega enam turul konkureerida. Üksteise järel lõpetasid tehased Eestis kartulitärklise tootmise. Tänapäeval ei ole tärklise tootmine Eestis taastatud.

Viimati uuriti Eestis kasvatavate kartulite tärkliseterade suurust ja suurusjaotus üheksakümnendate aastate keskpaigas. Sellest ajast praeguse ajahetkeni on Eestis mitmed kartulisordid läinud kasutusest välja, on aretatud ja sisse toodud mitmeid uusi kartulisorte. Meil puuduvad andmed uute kartulisortide tärklisesisalduse, tärkliseosakeste struktuuri ja suurusjaotuse kohta. Eeltoodud näitajate määramises seisnebki käesoleva bakalaureusetöö teema aktuaalsus ja uudsus.

Bakalaureusetöö eesmärgid:

- Kirjanduse osas anda ülevaade kartuli kasutamisest tärklise tootmisel, tärklise tootmise tehnoloogilisest protsessist ja tärklise kasutamisest.
- Määrata Eestis kasvatatavate erinevate kartulisortide tärklisesisaldus ning tärkliseterade läbimõõt ja suurusjaotus.

KIRJANDUSE ÜLEVAADE

KARTUL

Kõige tõenäolisemalt pärineb kartul Lõuna-Ameerikast, täpsemalt Peruust. Põllupidajad on kartulit kasvatanud üle 4000 aasta. Kartul toodi põllukultuurina Europasse 16. sajandil ning hiljem levis see üle kogu maailma.

Inimeste jaoks on kartul tähtis koostise poolest, sest kartulist on võimalik saada kõiki eluks vajalikke tähtsaid komponente. Paljudes riikides on kartul inimeste põhitoid just tema sobiliku koostise poolest.

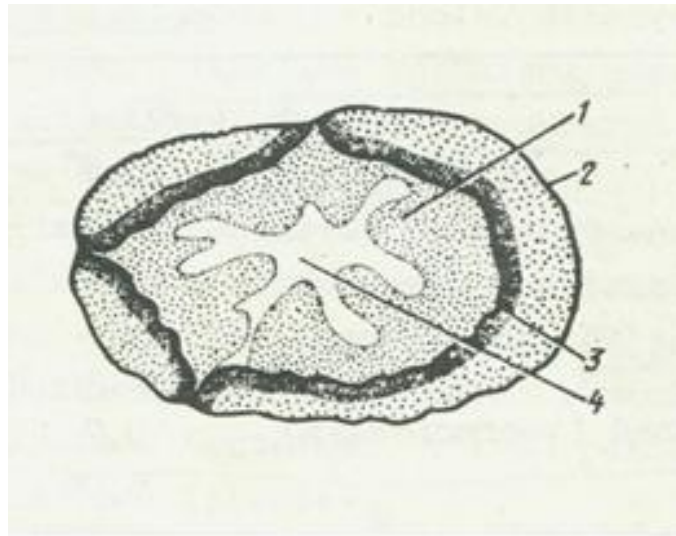
Kartulitaim koosneb lehtedest, vartest, juurtest ning mugulatest. Taimeosadel on erinevad ülesanded. Lehed täidavad toitainetega varustamise funktsiooni, vartel on toetusfunktsioon. Juured asuvad mullas, nad varustavad kartulitaimi toitainetega. Kartulimugulate ülesandeks on toitainete säilitamine. (Whistler jt, 2009)

Kartulimugula ehitus

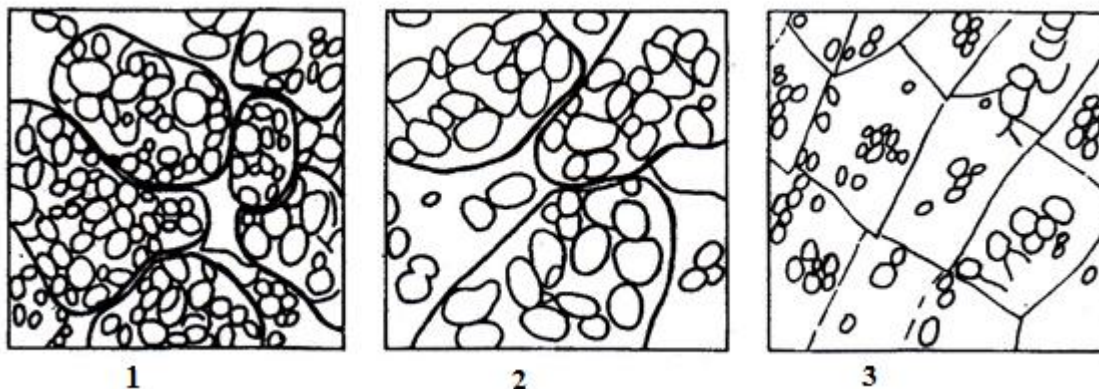
Mugul on kartul, mis kujutab endast maa-aluse taimevarre lühikest paksendit. Kartulimugulate värvus ja kuju on mitmekesine, iseloomulik vastavale sordile. Mugulad võivad olla mitmesuguse kujuga: ümmargused, ovaalsed, ümarovaalsed, piklik-ovaalsed jne. Tärglise tootmiseks ja muuks tehniliseks otstarbeks sobivamad on ümmargused kartulimugulad, mida on kergem pesta, puhastada ja mehhaaniliselt töödelda.

Kartulimugul koosneb välisest säsikoest, koorest, kambiaalrõngast ning sisemisest säsikoest. Tugev koor moodustab mugula pealispinna. Peridermiks nimetatakse koort koos selle all paiknevate korgistunud rakkudega. Periderm kaitseb mugulat just kuivamise, mikroobide sissetungimise ja muude välismõjude eest. (Kostenko jt, 1985) Tärglist on rohkesti keskmise suurusega mugulates. Kambiaalkoe rakud sisaldavad protoplasmat, milles leidub kõige rohkem tärgliseteri. Väline säsikude (säsiparenhüün) on peamine tärglist sisalduv osa kartulimugulates. (Whistler jt, 2009) Kartulites leiduvate tärgliseterade suurus varieerub enamasti 1–110 µm, kuigi võib esineda ka 120 µm ja eriti harva 150 µm läbimõõduga tärgliseteri. (Jõudu, 2002) Terade suurus sõltub kartulisordist ning kasvuajast. Kõrge kvaliteediga tärglist peab sisaldama suuri teri (läbimõõt üle 35,0 µm). (Jõudu, 2002)

Joonisel 1 on esitatud kartulimugula ehitus ning joonisel 2 tärkliseterade sisaldus mugula erikudede rakkudes.



Joonis 1. Kartuli mugula ehitus: 1 – väline säikude; 2 – koor; 3 – kambiaalrõngas; 4 – sisemine säikude. (Kostenko jt, 1985)



Joonis 2. Tärkliseterade sisaldus mugula eri kudede rakkudes: 1 – kooreosas juhtsoonte ümbruses, 2 – parenhüümkoos, 3 – säiosas. (Jõudu, 2002)

Tärkliseterade jaotumine mugulas on ebaühtlane, rohkem esineb neid juhtsoontega piirnevates rakkudes ja nende arvukus väheneb mugula keskosa suunas. (joonis 2) (Jõudu, 2002)

Vesi moodustab kartulimugula massist umbes kolm neljandikku. Kartulimugula kuivaines on tärklist ligikaudu 80%. Tärklis on kartuli peamine ja kõige tähtsam süsivesnik. Tärklisesisaldus sõltub kartuli sordist ja varieerub tugevasti, samuti avaldavad tärklisesisaldusele mõju mullastiku- ja ilmastikutingimused. (Kostenko jt, 1985) Tärklisesisaldus suureneb mugula kasvu ajal. (Whistler jt, 2009) Varaste sortide tärklisesisaldus on madalam võrreldes hiliste

sortidega ning vihmase ja külma ilmaga ladestub mugulatesse vähem tärklis kui kuival ja soojal ajal. Tärglise tootmisel kasutatakse tavaliselt haigustevabu kartulitsorte. Haigete mugulate säilitamise ja töötlemisega tõusevad tunduvalt kartulite töötlemise kaod, ühtlasi halveneb toodetava tärklise kvaliteet. (Kostenko jt, 1985)

Kartulimugula koostis

Kartuli keemiline koostis varieerub olenevalt sordist, kujust ning aastaajast. Kartulimugulas on vett 63,2–86,9%, valku 0,7–4,6%, suhkrut 0,1–8,0%, tselluloosi 0,2–3,5%, rasva 0,04–1,0% ja orgaanilise happeid 0,1–1,0%. Kõige tähtsam komponent kartulis on tärklis, mille sisaldus varieerub 8,0–29,4%. (Solovjeva, 2004) Kuivatatud kartulitärklise niiskusesisaldus varieerub 17–20%. (Borisova, 2012)

Kartuli valk on kõrge bioloogilise väärtusega. Selle näitaja poolest jääb ta alla liha valgule, edestab aga nisu, odra ja köögiviljade valkusiid. Kartuli valkudes on palju asendamatuid aminohappeid: lüsiin, metioniin, trüptofaan, leutsiin. Kartuli koostises on samuti nukleinhapped, milleta ei toimu rakkude jaotamist. Orgaanilistest hapetest sisaldavad kartulimugulad sidrun-, oblik-, õuna-, ja piimhapet ning mõningaid teisi happeid. Eriti suures koguses on kartulis sidrunhapet kuni 0,4–0,8%. (Solovjeva, 2004)

Vitamiinid on samuti tähtsad kartulimugula koostiskomponendid. Mõningate tähtsate vitamiinide puudus või vähene kogus inimorganismis takistab tähtsate fermentide moodustumist, mistõttu võivad inimestel tekkida ainevahetushäired.

Kartul on tähtis vees lahustuva C-vitamiini allikas. Värskes kartulis sisaldub C -vitamiini keskmiselt 20 mg%. C-vitamiinis sisalduv anioonrühm on tugev redutseerija ning antioksüdant, mis pikendab kartulimugula säilivuse kvaliteeti. Kartulimugula C-vitamiini sisaldust mõjutavad kartulitaime kasvutingimused. (Tartlan, 2013) Kartulis sisalduvad vitamiinidest veel B₁ (aneuriin) – (keskmine sisaldus 0,11 mg%), B₂ (riboflaviin) – 0,06 mg%, B₆ (püridoksiin) – 0,22%, PP – 0,57mg%.

Kartulimugul sisaldab glükosiide. Glükosiidid on ained, mis koosnevad suhkrust ja teistest mittesüsivesikute hulka kuuluvatest orgaanilisest ainetest. Kartulis leidub mürgiste ühendite hulka kuuluvaid glükoalkoloide. Glükoalkoloidid mõjutavad fütopatogeensete mikroorganismide hulka kartulis. Glükoalkoloididest leidub kartulis α -solaniini ja α -tsakoniini, kusjuures α -tsakoniini, leidub kartulis rohkem. Inimese organismi jaoks on kõige toksilisem α -tsakoniin. „Noores“ kartulis on glükoalkoloidide sisaldus ligikaudu 10 mg/100 g, kasvanud kartulis

on nende sisaldus väiksem (2–4 mg/100g). Enamasti leidub glükoalkoloide kartuli kooses. Kartulit, mis sisaldab üle 20 mg/100g glükoalkoloide, ei tohi toiduks kasutada. (Psetsenkov jt, 2007)

Kartulihelveste, -krõpsude ja teiste kartulitoodete valmistamiseks kasutatakse kartulisorte, mille tärglisesisaldus on madal. (Solovjeva, 2004)

Kartuli sordiaretus välisriikides

Euroopa maadest hakati kõige varem kartuli sordiaretustööga tegelema Inglismaal. 1853 aastal alustas seal aretustööd Paterson. Tema esimene 1862. aastal aretatud sort oli „Viktoria“. 19. sajandi lõpus ja 20. sajandi alguses sai Inglismaal kuulsaks aretaja Findla, kes aretas sordi „Up-to-date“.

Euroopast jõudis kartul Põhja-Ameerikasse, mõjutades hilisemalt kartuli sordiaretusust Ameerika mandril. Aastal 1851 kasvatas esimene USA sordiaretaja Goodrich suurel hulgal isetolmlevaid seemiktaimi. Botaanik Pringel hakkas 1870. aastal kasvatama kartulihübriide, mis võimaldas luua väga palju uusi sorte.

Saksamaal alustasid aastal 1870 sordiaarendustööd Richter, Paulsen ja Zimba-Merker. Aretati sordid „Jubel“, „Imperator“. Aastast 1940 hakati Saksamaal tegelema kartuli liikidevahelise ristamisega, et saada lehemädanikukindlaid sorte.

19. sajandi lõpul ja 20. sajandi algul hakati tegelema kartuli sordiaretusega Hollandis. Aretati esimesed sordid: „Ideal“, „Suvenir“ ja „Paul Krüger“. Aastal 1940 aretas de Vriesi sordi „Bintje“, mis on tootmises tänapäevalgi.

Rootsis Svalöfis alustati kartuli sordiaretusetööga 20. sajandi algul, esimesteks sortideks olid „Brigitta“, „Brita“ ja „Blenda“.

Poolas kasutas kartuli sordiaretaja Dolkowski alguses sortidevahelist ristamist. Tema poolt aretatud sordid ei ole aga eriti levinud. Tänapäeval pööratakse Poolas kartulite sordiaretusele ja kartulihaigustega seotud probleemidele väga suurt tähelepanu.

Venemaal saadi esimesed kartulisordid enamasti liigisisese ristamise teel. Hiljem tekkis vajadus aretada erinevaid põua- ja külmakindlaid kartulisorte. (Jõudu, 2002)

Sordiaretus Eestis

Eestis olid esimesed kartulite sordiaretajad Mihkel Pill ja Julius Aamisepa. Aamisepa alustas 1907. aastal kodutalus esimesi sordivõrdluskatseid, vaatluse all oli seitse kartulisorti. Tooraine hankis ta Põllumajanduse instituudist Moskvast. Katsetes võrdles ta mitte ainult erinevaid kartulisorte, vaid ka teisi põllukultuure. 1910. aastal läbi viidud katses oli 47 kartuli- ja 11 kaerasorti ning 30 erinevat söödajuurvilja. Katsed näitasid, et suurima saagikusega oli kartulisort „Kalevipoeg“, mis järgnevatel aastatel omas Eesti kartulikasvatuse edendamisel väga suurt tähtsust. 1920. aasta kevadel asutati Jõgeva Sordikasvanduse Instituut. (Jõudu, 2002). Juba 1932. aastal viidi Jõgeval läbi võrdluskatsed 130 kartulisordiga, millistest 43 oli varajased, 46 keskvalmivad ja 41 hilised kartulisordid.

Aastatel 1930–1950 aretati Eestis sellised tuntud kartulisordid nagu „Sulev“, „Olev“, „Jõgeva kollane“, „Jõgeva piklik“ ja „Kalev“. Kartulisordi „Sulev“ peamiseks aretajaks oli Voldemar Tamm ning kaasautoriks Harri Hindoalla. (Jõudu, 2002)

Eestis läbi viidud võrdluskatsetes uuriti erinevate kartulisortide mugulasaagikust, tärklisesisaldust, vegetatsiooni faaside pikkust, suurte mugulate osakaalu, ilmastiku- ja mullastikutingimuste mõju, mugulasaagikuse stabiilsust ja teised näitajad. Samuti vaadeldi kartulites esinevaid erinevaid haiguseid. (Sank, 2006)

Esimese tärklisetööstuse asutas Eestis Waldemar von Lauw Põltsamaal aastal 1765–1766. 1830. aastate lõpus hakati Eestis valmistama kartulitärklist. Kohalikku kartulitärklist toodeti kuni 1997. aastani. 19. sajandi lõpul tärklise hind Euroopa turgudel langes, mistõttu ei olnud võimalik Eestis kasumikult tärklist enam toota. (Kostenko jt, 1985)

Kartulisortide jaotus erinevate tunnuste järgi

Kartulisorte võib jaotada väga erinevate tunnuste alusel. Neid võib eristada kasvuaja pikkuse, majanduslike omaduste, haiguskindluse, kasvutüübi ning mugula sisu värvuse järgi.

Tabelis 1 on toodud sortide jaotamine kartulite kasvuaja pikkuse järgi.

Tabel 1. Kartulisortide jaotamine kasvuaja pikkuse järgi. (Jõudu, 2002)

Kasvuaja kestvus	Kasvuaeg	Sort	Saagikus
Varajased	75–90 päeva	„Premiere“, „Berber“, „Impala“, „Belana“	Kõrgsaagiline
Varajasepoolsed	85–100 päeva	„Andretta“, „Varajane kollane“	Kõrg/väga kõrgsaagiline
Keskvalmivad	95–110 päeva	„Sante“, „Quarta“, „Piret“	Kõrg/väga kõrgsaagiline
Hilisepoolsed	105–120 päeva	„Ants“, „Juku“, „Vigri“	Kõrgsaagiline
Hilised	115–140 päeva	„Ando“, „Anti“, „Saturna“	Kõrgsaagiline

Kartulisortide saagikus on suhteliselt kõrge iga kasvuperioodi korral. Varajaste kartulisorte kasvuaeg kestab 75–90, varajasepoolsetel 85–100, keskvalmivatel 95–100, hilisepoolsetel 105–120 ning hilistel kartulite sortidel 115–140 päeva.

Tabel 2. Kartulisortide jaotamine haiguskindluse järgi. (Jõudu, 2002)

Haiguskindlus	Sort
Vähikindel	Enamik Eesti sorte on vähikindlad, välja arvatud „Ausonia“, „Helena“
Kiduussikindel	Enamik Eesti sorte on kiduussikindlad, välja arvatud „Ando“, „Vigri“, „Mats“
Lehemädanikukindel	„Ando“, „Anti“

Tabelis 2 on toodud kartulisortide jaotamine haiguskindluse järgi. Enamik Eesti kasvatatavaid kartulisorte, välja arvatud „Ausonia“ ja „Helena“, on vähikindlad. Samuti on enamik sorte kiduussikindlad, välja arvatud „Ando“, „Vigri“ ja „Mats“. Lehemädanikukindlad on kartulisordid „Ando“ ja „Anti“.

Kartulisordid jaotuvad majanduslike omaduste järgi toidu- ja tärklisekartuliks. Toidukartul jaotatakse neljaks rühmaks: lauakartul, toiduainete tööstuses kasutatav kartul, friikartul ja krõpsude valmistamiseks kasutatav kartul. Lauakartuliks kasutatakse selliseid sorte nagu „Jõgeva kollane“, „Ando“, „Vigri“. Friikartuli valmistamiseks sobivad sordid on „Timate“,

„Sante“, „Piret“. Krõpsukartulit saab valmistada kartulitest, mis kuuluvad sortidesse „Procura“, „Oleva“ ja „Mats“.

Kartulid jaotatakse mugula sisu värvuse järgi. Mugulate sisu võib olla valge, kreemikas, hellekollane, kollane või tumekollane. Koore värvuselt on kollased kartulisordi „Ando“, punased „Laura“, sinised „Arran Victory“, punaselaigulised „King Edward“ ning siniselaigulised kartulisordi „Catriona“ mugulad.

Mugula kuju võib olla kartulisortidel ümar („Jõgeva kollane“), ümarovaalne („Ants“), piklikovaalne („Nicola“), pikk („Spunta“) ja väga pikk. (Jõudu, 2002)

Kartulisortide iseloomustamisel on olulised nende kasvutüübid, mis olenevad kasvuaasta iseärasusest. Kartulite kasvutüüpide iseloomustamiseks kasutatakse järgmist märgistust: A–B, B–C või C–D.

Tabel 3. Kartuli kasvutüübid (Tartlan, 2013)

Kasvutüüp	A	B	C	D
Omadused	Salatikartul. Kartuli jääb keetmisel tahkeks, kõvaks ning ei lagune	Tavaline laua- kartul. Kartul jääb keetmisel pehmeks ning laguneb vähe	Jahune lauakartul. Kartul laguneb keetmisel kergesti, mitte-täielikult	Jahune ja kuiv lauakartul. Keetmisel laguneb peaaegu täielikult
Kuuluvad kartulisordid	„Belana“, „Campina“, „Adretta“ jt	„Belana“, „Elfe“, „Finka“, „Flavia“, „Presto“, „Laura“, „Marabel“, „Maret“ jt	„Maret“, „Fontane“, „Piret“, „Reet“, „Ants“ jt	„Ando“ jt

Tabelis 3 on esitatud Eestis kasvatatud kartulisortide jagunemine kasvutüüpide järgi. Kasvutüüpi A kuuluvad salatikartulid, mis keetmisel jäävad tahkeks ja ei lagune. Sellised on kartulisordid „Belana“, „Adretta“ ja teised. Kasvutüüpi B kuuluvad tavalised lauakartulid, mis keetmisel jäävad pehmeks ja langunevad vähe. Siia kuuluvad kartulisordid „Marabel“, „Laura“, „Maret“ ja teised. C kasvutüübi kartulid on jahused, mis keetmisel kergesti lagunevad. Siia kuuluvad kartulisordid „Ants“, „Piret“ ja teised. Jahune ja kuiv lauakartul,

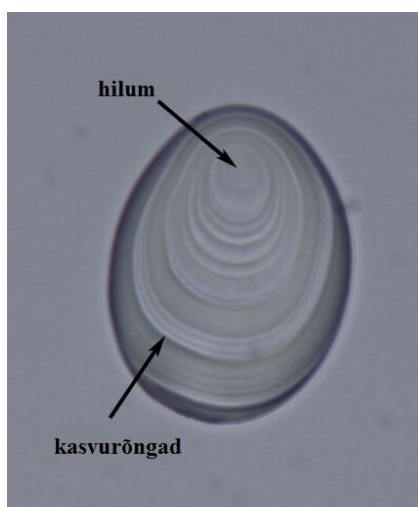
mis keetmisel peagu täielikult laguneb, iseloomustab kasvutüüpi D. Siia kuuluvad kartulisordid „Ando“ ja teised.

TÄRKLIS

Tärklis ($C_6H_{10}O_5$) on polüsahhariid, mis tekib taimelehtedes ning esineb seemnetes, mugulates, juurtes ja juurikates. Tärklis on varuaine, mis ladestub kihilise ehitusega teralisena. Sõltuvalt taime liigist on tärklise teradel erinev kuju. Tärklise molekulis on glükoosi jäägid seotud glükosiidsete sidemetega. Tärklis koosneb kahest glükoosi põhivormist: amüloosist ja amülopektiinist. Enemasti langeb tärklises 20–30% amüloosi ja 70–80% amülopektiini arvele. (Whistler jt, 2009) Tärklis on kartuli kõige tähtsam koostisosa. Tänu oma füüsikalise-keemilistele omadustele kasutatakse tärklis laialdaselt toiduaine-, keemia-, tekstiili- ja paberitööstuses. (Tartlan, 2013)

Tärkliseterade ehitus

Tärklisegraanulite kasv algab hiliumi ehk keskmise kasvupunkti moodustumisest, mille ümber hakkavad juurde kasvama uued kihid. Need koosnevad peamiselt kahest polüsahhariidist – amüloosist ja amülopektiinist, mis on paigutatud vaheldumisi amorfsete ja semikristalliliste kihtidena. Amüloosisisaldusega kihid on sisuliselt lineaarse struktuuriga, mis asuvad peamiselt amorfses piirkonnas. Amülopektiinisisaldusega kihid on väga hargnenud ning esinevad peamiselt kristallilistes piirkondades. Joonisel 3 on esitatud tärkliseterade ehitus. (Buleon jt, 1998)



Joonis 3. Tärkliseterade ehitus. (Buleon jt, 1998)

Joonise alaosas on esitatud tärkliseterade kasvurõngad ning ülaosas hiliumi ehk kasvupunkti kese.

Tärklise kvaliteet

Tärklisetööstuses tarbeks kartulisortide valimisel on vajalik pöörata tähelepanu tärklise kvaliteedile, mis sõltub tärkliseterade suurusel. Suured tärkliseterad on kergesti väljapestavad. Väiksed tärkliseterad seevastu on raskesti väljapestavad, mistõttu tärklise kvaliteet langeb. Veselovskogo (1937) ja Antsuka (1959) andmetest selgub, et kartulimugulate rakkudes kõiguvad tärkliseterade läbimõõdud vahemikus 1–110 μm . Mõnede terade suurus on 120 μm , väga harva esineb isegi 150 μm läbimõõduga tärkliseteri. Pokrovskaja (1969) andmetel esineb sagedasti kartulisorte, kus mugulate tärkliseterade suurus kõigub 20–40 μm . Drobenkova (1974) andmetel on enim kartulimugulates tärkliseteri, mille läbimõõt kõigub 10–29,9 μm . Tärklisetööstuse jaoks on väärtuslikumad kartulisordid, millidel mugulate tärkliseterade läbimõõt ületab 21,0 μm . Seevastu Veselovskogo (1937) andmetel on tärklisetööstuse jaoks väärtuslikumad need kartulisordid, mille tärkliseterade suurus ületab 60 μm .

1995 aastal läbiviidud katsetes uuriti 21 kartulisordist mugulate tärkliseterade suurust. (Jõudu jt, 1995) Kartulid pesti ning purustati puderjaks massiks, millest hiljem eraldati vaba tärklis. Saadud tärklisepiim pesti rakumahla eemaldamiseks. Järgnevalt lasti tärklisepiimal seista ja pesti uuesti läbi spetsiaalse sõela. Tärklisist kuivatati temperatuuril 40–50 °C. Tärkliseterade suurust mõõdeti mikroskoobiga МБИ, kasutades okulaarset mikromeetrit MOB. Katse käigus mõõdeti 4 x 100 tärklisetera läbimõõtu. Katsetulemuste järgi kõikus erinevate kartulisortide mugulate keskmine tärkliseterade läbimõõt 24,2–36,6 μm . Suurte tärkliseteradega olid sordid „Robusta“ (tärklisetera keskmine läbimõõt 31,2 μm), „Nadezda“ (30,3 μm), „Berezka“ (32,0 μm). Erinevate kartulisortidega sooritati kaks katseseeriat. Esimese puhul oli kartulisortide keskmine tärkliseterade suurus 29,3 μm , mis on võrreldes teise katseseeriaga 2,6 μm madalam. Esimeses seerias oli tärkliseterade keskmine suurus kartulisordil „Sulev“ 28,6 μm , teises aga 27,9 μm . Kuna kahe katseseeria tärklise suurusosakeste näidud erinesid vähe, võib järeldada, et saadud katsetulemused olid omased antud kartulisordile. Teises katseseerias ületas keskmine tärkliseterade suurus 30 μm , väljaarvatud sort „Sulev“ (27,9 μm). (Jõudu, 1987)

EMPÜ Agronoomiateaduskonna taimekasvatuse instituudis hinnati mitme aasta jooksul suurema tärklisesisaldusega kartulisorte. Katsete käigus uuriti kartulisortide majanduslikke

omadusi: mugulasaagikust, mugula struktuuri ja -tärglisesisaldust ning tärglise kvaliteeti. Katsete metoodika seisnes selles, et kartulid pandi maikuu käsitsi maha ning koristati septembrikuus. Seejärel tehti fenoloogilised vaatlused, määrati mugulate saagikus, nende tärglisesisaldus, vastupidavus mehhanilistele mõjutustele. Mugulaproovidest valmistati hiljem tärglis, millest määrati mikroskoobiga tärgliseterade keskmine läbimõõt ja arutati tärgliseosakeste erinevate fraktsioonide osakaal. Tulemustest selgus, et uuritavatest kartulisortidest oli kõige suurema tärglisesisaldusega „Sulev“. Kõige suurem tärgliseterade keskmine läbimõõt oli kartulisordil „Zubrjonok“ (37,1 µm). Oluliseks tärglise kvaliteedi parameetrikaks on tärglisetera läbimõõdu kõrval ka tärglisest valmistatud kliistri viskoossus. Katsetulemustes selgus, et kõikidel kartulisortidel on tärgliseterade suurus väike, välja arvatud sordid „Sulev“ ja „Zubrjonok“. (Lõhmus jt, 1995)

Tärglise bioloogilised omadused

Tärglis on taime varutoitaineline (glükoosivaru). Tärglist esineb enamikus rohelistes taimedes ja teda leidub praktiliselt kõikides kudedes: lehed, puud-, õietolmu terad, juured, võrsed ja varred. Tärglis täidab taimedes osmootse rõhu funktsiooni, mis võimaldab nendel hoida suuri süsivesikute reserve. Tärglise süntees toimub mugulate, puuviljade ja seemnete küpsemisel. Sünteesitud tärglis laguneb taime kasvamisel, seemne idanemisel, mugula või viljade valmimisel. Kartulimugulas, maisi endospermis ja maniokis kõigub tärglisesisaldus 65–90% kuivmassist. Taimed sünteesivad tärglist, nendes säilib tärglis kihilise ehitusega teradena. Tärglise terade kuju ja suurus on erinev ja sõltub taimeliigist. (Whistler jt, 2009).

Tärglise füüsikalised-keemilised omadused

Tärglise graanulid ei lahustu külmas vees. Kuumutamisel, liigse vee juuresolekul, tärglise osakeste amorfsed piirkonnad paisuvad tangentsiaalselt, moodustades pideva geeli faasi. Kui temperatuur ületab normi, mis on iga taimeliigi jaoks erinev (~ 50–80 °C), geelistub tärglise kristalliline struktuur. Geelistumiseks vajalik temperatuur tõuseb kui lisatakse teisi lahustunud aineid või väheneb vee hulk. (Stanley jt, 1999)

Tärglis lahustub soojas vees, moodustades kolloidlahuse, mis jahutamisel omandab geeli struktuuri. Selline omadus võimaldab kasutada tärglist paksendina ehk stabilisaatorina, mis tagab jogurtitele, kreemidele ja teistele toiduainetele püsiva struktuuri. Kuna tärglis sisaldab eluliselt vajalikke sahhariide, on tal oluline osa nii loomade söödas kui ka inimese toidus. Inimese süljes leiduvad sellised fermentsid nagu amülaas, mis lõhustab tärglist

magusamaitseks maltoosiks ehk linnasesuhkruks. Joodi lahusega moodustab tärklis sinist värvi ühendi. Tärglise põhiomaduseks on hüdrolüüs, mille kiirendamiseks kasutatakse katalüsaatorina väävelhapet. Dekstriinid on hüdrolüüsi vaheproduktid. Osaliselt lagunenu tärklis moodustab dekstriinide segu. Et kaitsta end külmumise eest hüdrolüüsivad taimed tärklise lõplikult. (Whistler jt, 2009)

TÄRKLISE TOOTMINE

Tootmine maailmas

Juba muinasajal tunti Kreekas ja Roomas tärklise saamist nisust. Puhast pressitud nisutärklise kliistrit kasutati juba Vanas Egiptuses papüüruse liimimiseks. Esimesena kirjeldas tärklise pressimist Plinius Vanem umbes 77–79a. Roomlased kasutasid tärklist nii kosmeetilistes kreemides kui ka kastmete paksendamiseks. Hiinas hakati kasutama riisitärklist paberi valmistamisel. 16. sajandil hakkas Holland tärklist küllalt suures koguses valmistama ning eksportima. XVIII sajandil esimesel poolel hakkas Venemaa tootma nisutärklist. Venemaal olid kartulitärklise tootmise ettevõtted tekkinud XVII sajandi lõpus.

Maailmas kasutatakse umbes 40% tärklist tööstuslikuks otstarbeks, ülejäänud 60% kulub toidutööstuse jaoks. 2012. aastal kasvas tärklise vajadus maailmas 75 miljoni tonnini. Hinnanguliselt suurenes nõudlus Euroopa Liidus ja USA-s 2% Hiinas, 4–5% ja Indias 1%. (NNFCC, 2011)

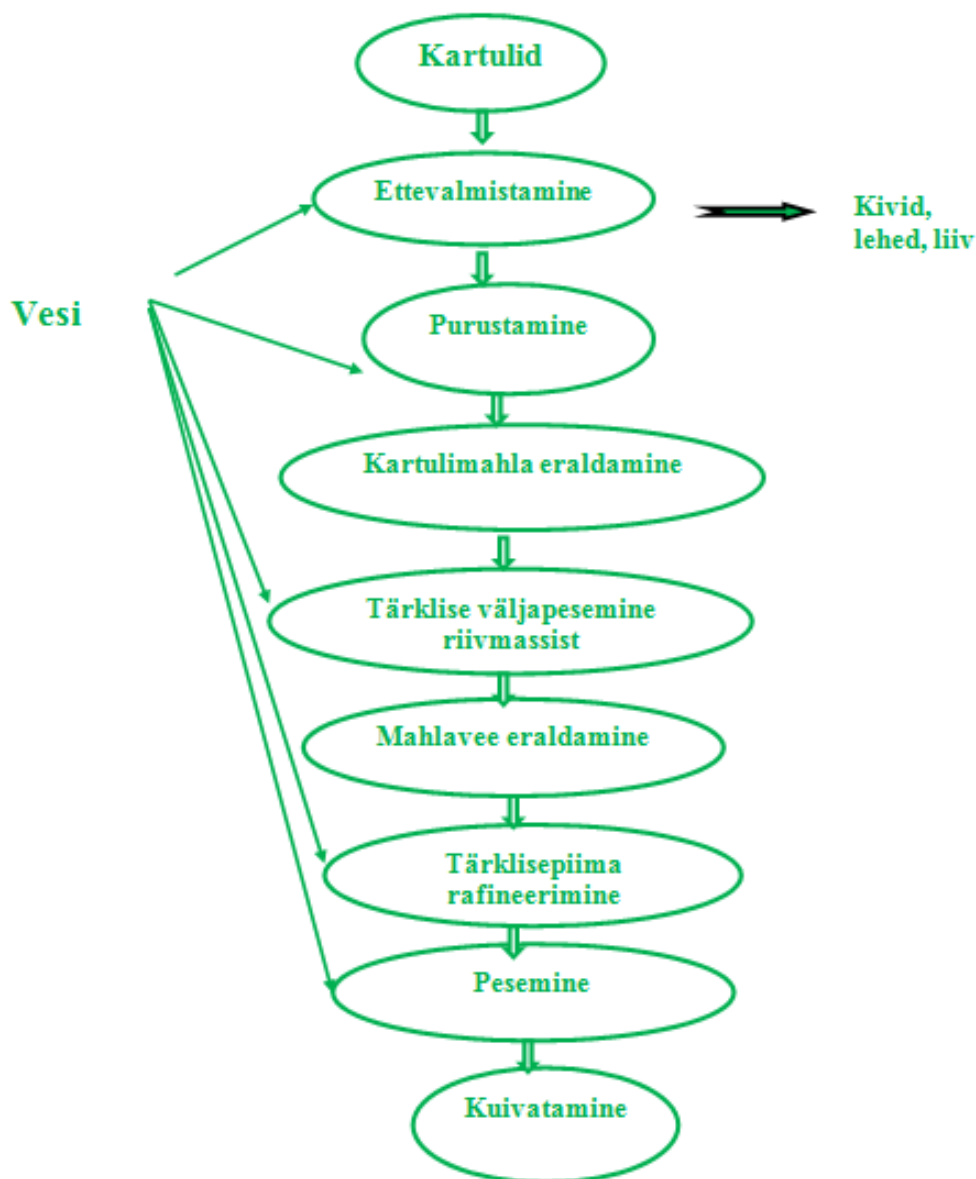
Kartulitärklise tootmine Euroopa Liidus

2008. aastal toodeti Euroopa Liidus 1654 tuhat tonni kartulitärklist. Alates 1999. aastast hakkas kartulitärklise tootmine maht Euroopa Liidus langema. Tärglisetoodangu kõikumine aastate lõikes on tingitud sellest, et kartulikasvatus on ilmastikuoludele väga tundlik põllumajandusharu. Aastatel 2004 ja 2007 langes kartulitärklise tootmine oluliselt. Põhjuseks olid 2003. ja 2006. aastal valitsenu külmad ilmad, mis mõjutasid kartulikasvatust ja seetõttu vähenes eelpoolnimetatud aastatel kartulitärklise toodang. Samuti mõjutas tärklisetoodangu vähenemist ka 2006. aastal valitsenu põud, mis vähendas kõrge tärklisesisaldusega kartulisortide saagikust. Päraste langusaastaid toimus trend tärklisetoodangu tõusu suunas. 2005. aastal toodeti Euroopa Liidus 1,4 miljonit tonni tärklist. 2009. aastal toodeti Euroopa Liidus tärklist umbes 8,5 miljonit tonni. (Agrosyner Gie, 2010)

Kartulitärklise tootmise tehnoloogiline skeem

Tärklisetööstuses kasutatakse tärklise tootmisel kõrge tärklisesisaldusega kartulisorte. Mida kõrgem on kartuli tärklisesisaldus, seda vähem kulub toodetava tärklise massiühikule kartulit. Tärklise tootmisel on tähtis tärkliseterade suurus. Suured terad soodustavad enamiku tootmisprotsesside läbiviimist ning võimaldavad toota kõrgekvaliteedilist tärklist ning tärklisesaaduseid. (Kostenko jt, 1985) Kartulitärklise tootmise protsess on võrreldes teraviljatarklise tootmisega energia- ning töömahukam. (Jõudu, 2002)

Järgnevalt on esitatud kartulitärklise tootmise tehnoloogiline skeem joonisel 4.



Joonis 4. Kartulitärklise tootmise tehnoloogiline skeem.

Kartulite ettevalmistus (eeltöötlus)

Selleks, et saada kõrgekvaliteedilist tärklisist, tuleb mugulad enne riivimist nõuetekohaselt ette valmistada. Eeltötluse hulka kuuluvad kartulite transportimine tootmisse, nende lisanditest puhastamine, pesemine ning kaalumine. Kartulite transportimiseks vastuvõtupunkti pesemiseks kasutatakse hüdrotransportööre. Hüdrotransportööri põhiosaks on muutuva ristlõikga ja väikese kaldega renn. Renni algossa juhitakse pideva joana vett, mis viib kaasa kartulid. Restile jäänud kartul läheb edasi pesumasinasse. Töötlemisele minev kartul tuleb erinevatest võõrlisanditest täielikult vabastada. Raskete lisandite eemaldamiseks kartulite hulgast kasutatakse tööstuses erinevad tüüpi kivipüüdüreid. Enne purustamist tuleb kartulid lõplikult võõrlisanditest puhastada. Kartuli lõplikuks puhastamiseks mullast kasutatakse kartulipesumasinaid. Selleks on jämedate varrastega pesumasinaid, mille pesulabad töötamise ajal ulatuvad üleni vette. Kartulipesumasina töö tuleb korraldada nii, et kartulid saaksid täielikult mudast ja lisanditest puhtaks, mehhaaniliste vigastustega mugulaid ei tohi olla pärast pesu üle 5% ning et pesuvee tärklisesisaldus ei ületaks 0,005%. Kartuli pesemine on vajalik, et vältida kahju ja minimeerida kulumist kasutatavate seadmete hiljem menetluse käigus.

Kartulite purustamine

Kartulite riivimine (purustamine) on vajalik mugulate rakukestade võimalikult täielikumaks mehaaniliseks lõhkumiseks, mille tulemusena tärkliseosakesed väljuvad rakkudest. Pärast riivimist saadakse segu, mis koosneb lõhustatud ja tervetest taimerakkudest ning kartulimahlast ja tärkliseteradest. Tärklisetööstuses nimetatakse seda segu riivmassiks. Seda tärklisist, mis jääb lõhustamata rakkudesse, nimetatakse seotud tärkliseks. Riivimise efektiivsust iseloomustab purustamiskoeffitsient, mis näitab tärkliseterade rakkudest vabastamise määra. Levinumateks ja efektiivsemateks masinateks kartulite riivimisel on kartuliriivid. Kartuliriivid töötavad pöörlevate löikepindadega ketaste printsiibil, mis on paigutatud trumliisse. Selleks, et kartuli koerakkude purustusaste oleks võimalikult suur, lastakse kartulimass kartuliriivist läbi kaks korda. Tärklise kvaliteet ja saagikus sõltub kogu kartuli purustamise protsessist.

Kartulimahla eraldamine

Kartuli rakukestade riivimisel vabaneb vedeliku segu. See koosneb vees lahustunud valkudest, aminohapetest, vitamiinidest ja teistest komponentidest. Kartulimahl sisaldab 4,5–7% kuivainet. Kartulimahla eemaldamine vähendab alguses vahustavuse protsessi järgmistel etappidel ning võimaldab vähendada tärklisetööstuse heitvete kogust ja puhastuse vajadust. Kartulimahla mõnede koostisainete hapendamise toimub õhuhapniku mõjul, mille tulemuseks on tärkliseterade värvi muutus (muutuvad tumedaks) ning kliistri, mis on valmistavad tärklisest, viskoossuse vähenemine. Kartulimahla eemaldamine võimaldab tõsta

tärklise saagikust, parandada lõpptoote kvaliteeti ja vähendada heitvete koormust kanalisatsioonisüsteemile.

Tärklise väljapesemine riivmassist

Pärast suurema osa kontsentreeritud kartulimahla eemaldamist kujutab riivmass endast vesisuspensiooni, mis sisaldab tärkliseteri, purustatud ja purustamata kartulirakke ning kartulimahlaga suspensiooni jäänud lahustavaid ained. Tärklise eraldamiseks lahustumatutest lisanditest pestakse riivmassi eri konstruktsiooniga sõelseadmetel. Kartulimahla eemaldatakse raputajate sõelte, harisõelte, trummeljugasõelte ning tsentrifuugide abil. Tärklise väljapesemine riivmassist peab toimuma vabade tärkliseterade maksimaalne väljapüüdmine.

Mahlavee eemaldamine

Mahlaveeks nimetatakse suspensiooni, mis koosneb lahjendatud kartulimahlast ning veest. Tärklise väljapesemisel lahjendatakse suur osa riivmassi jäänud lahustunud ainetest, mis lähevad tärklisega kaasa, moodustades 3–4%-lise kuivainesisaldusega suspensiooni. Õhu käes seistes muutub mahlavesi kiiresti tumepruuniks. Mahlavee värvained halvendavad tärklise kvaliteeti, seetõttu vabastatakse suspensiooni tsentrifuugimise teel kiiresti suuremast osast mahlaveest. Kartulitärklise tootmises kasutatakse mahlavee eraldamiseks horisontaalseid sadestustsentrifuuge, millest sade väljutatakse teo abil.

Tärklisepiima rafineerimine

Peenpraaga põhilise osa eraldamine tärklisepiimast nimetatakse tärklisepiima rafineerimiseks. Põhiline tehnoloogiline operatsioon on rafineerimine, mis mõjutab oluliselt toodetava tärklise kvaliteeti. Rafineerimesele saabuva tärklisepiima kvaliteeti määratakse temas sisalduva puhta veevaba tärklise massi järgi. Tärklisepiima rafineerimist teostatakse kahel teineteisel järgneval astmel, kasutades trummeljugasõelu, kaarsõelu või raputussõelu.

Tärklise pesemine

Lõpliku tärklise toote kvaliteeti ja väärtust määrab suures osas läbitöötlemata tärklise pesemine. Tärklisepiim sisaldab, pärast rafineerimist, kuivaines tärklis 97–98% ning ülejäänud on lisandid. Peamisteks lisanditeks on liivja praagakiud. Tärklis puhastatakse lisanditest pesemisjaamas.

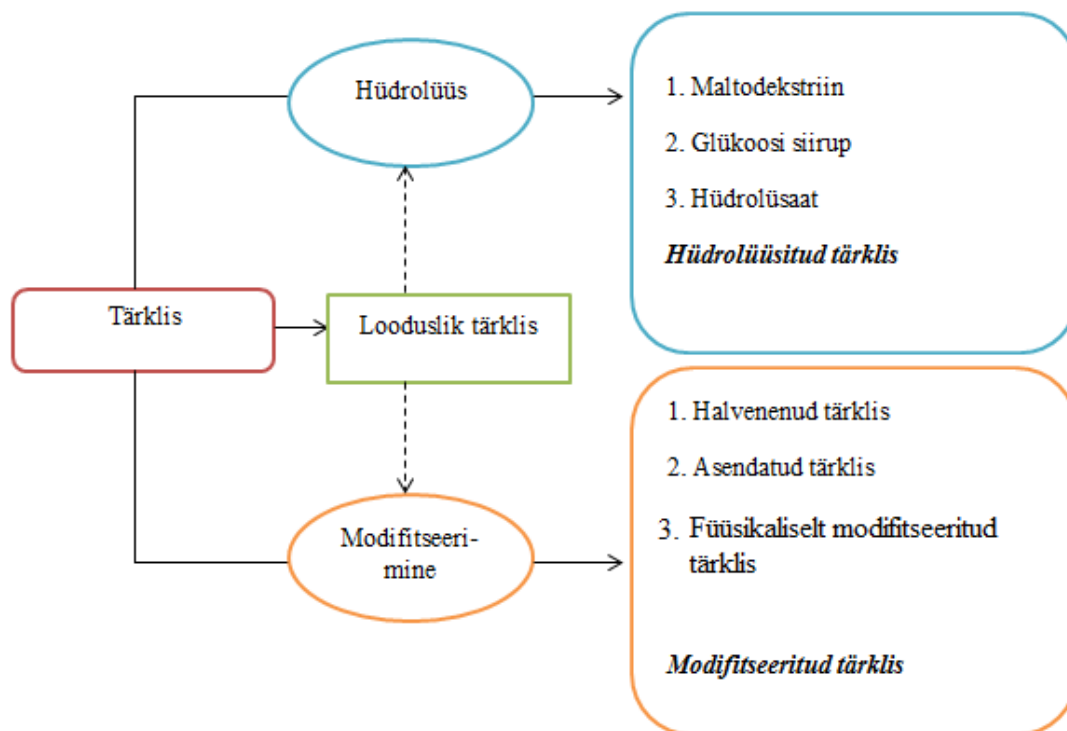
Valget värvi kvaliteetset kartulitärklisist saab ainult siis, kui lipiidid, valgud, lahustunud aineid tõhusalt läbi pesta.

Tärklise kuivatamine koosneb kahest etapist. Esimene on vee eemaldamine ning seejärel toimub tärklise kuivatamine. Lõplik tärklise niiskusesisaldus peab olema 36–38% (Kostenko jt, 1985)

TÄRKLISE KASUTAMINE

Tärklisetooted

Tärklise molekulid ekstraheeritakse ja müüakse tema natiivses olekus. Samas võib tärklis töödelda, et parandada tema omadusi ja suurendada kasutamise võimalusi. Võib eristada kolme peamist rühma. Esimene rühma moodustab looduslik tärklis, mida eraldatakse toorainest tema esialgsel kujul. Looduslik tärklis esineb pulbrina või vedelal kujul. Teise rühma moodustab modifitseeritud tärklis. Modifitseeritud tärklis on mõjutatud füüsikaliste, keemiliste ja ensümaatiliste protsessidega. Sellesse rühma kuulub ka asendatud tärklis, seda on muudetud füüsikaliste protsessidega. Tärklise lagundamine vähendab tema viskoossust. Kolmas grupp on hüdrolyüsitud tärklis ehk magusained. Hüdrolyüsi abil on tärklise ahel jagatud väiksemateks glükoosi ahelateks. Mida rohkem tärklise ahelat hüdrolyüsitakse, seda väiksemaks jääb glükoosi ahel. (Agrosyner Gie,2010) Tärklise tooted on esitatud joonisel 5.



Joonis 5. Tärklisetooted

Joonisel 5 esitatakse tärklisetooted ja nende jaotamine. Hüdrolyüsil saadakse looduslikust tärklisest hüdrolyüsitud tärklis. Hüdrolyüsitud tärklis jaotatakse maltodekstriinideks, glükoosi siirupiks ja hüdrolysaadiks.

Tärklise kasutamine toiduainete tööstuses

Tärklis on taimese toidu põhikomponent. Toiduainete tööstuses on tärklise oluliseks omaduseks tema geelistumivõime. Keetmisel talub tärklis niiskust. Tärklist ja teda sisaldavaid tooteid kasutatakse paksendajatena ja tarretust esilekutsuvate ainetena. Toiduainete tööstustes kasutatakse sageli kartulitärklist, kuna see moodustab selge geeli ja on seetõttu sobiv erinevatest puuvilja- ja marjamahladest kissellide valmistamisel. Tärklis, mis on toodetud teraviljast, ei anna selget geeli. Riisitärklist võib kasutada piimakisselli valmistamiseks. Eriti viimastel aastatel on toiduainete tööstustes rohkesti kasutatud modifitseeritud tärklist. Tärklise modifitseerimine võimaldab muuta tema omadusi (geelistumist, niiskuse talumist), seega suurendada tema kasutamise võimalusi. Modifitseeritud tärklist kasutatakse leiva- ning kondiitritööstuses, konkreetselt aga küpsetiste, biskviitide, keekside, kookide ja teiste toodete valmistamisel. (Shelepina jt, 2011)

Tärklise kasutamine paberitootmisel

Tärklis on üks vanimaid ja kõige levinumaid ained, mida kasutatakse paberi- ja papitööstuses. Tärklise lisamine paberimassi sisse parandab täitainete säilitamist ning parendab ja stabiliseerib kampoli suurust. Samal ajal paranevad paberi tugevusomadused: tõmbetugevus, löiketugevus ja teised näitajad. Paber muutub jäigemaks ning elastsemaks. Paberi ja papi valmistamisel eelistatakse kartulist ning teisest mugulkultuuridest valmistatud tärklist. Põhjuseks on asjaolu, et selliselt saadud tärklisel on võrreldes teraviljadest saadud tärklisega madal geelistumise temperatuur ja amüloosi suur polümerisatsiooni tase. Osaliselt lahustunud ja lahustamata tärklis ei paranda paberi vastupidavust. On välja selgitatud, et loodusliku tärklise kiudude säilitamine toimub adsorbtsiooni abil ning hapnikusidemete kujunemisega. Tänapäeval kasutatakse looduslikku tärklist üsna vähe. Seda asendatakse modifitseeritud tärklisega. (Hovanski jt, 2013)

Modifitseeritud tärklise omadused ja kasutusvõimalused on toodud tabelis 4.

Tabel 4. Modifitseeritud tärklise omadused ning kasutamine (Hovanski jt, 2013)

Tärklise liik	Peamised omadused	Kasutusvaldkond
Dekstriinid	Madal viskoosus; 50%-dekstriini lahus viskoosuse järgi vastab 5% tärklise liimi lahusele	Kasutatakse kõrgelt kontsentreeritud (70%) suspensioonide valmistamiseks, dekoratiivsete paberite tootmiseks
Oksüdeeritud tärklis	Tõstab vastupidavust, annab elastsust ning omab madalat geelistumise temperatuuri	Põhiline lisaainete komponent, mis lisatakse helvestumisele ja kivistumisele paberi massi sisse happelises keskkonnas
Atsetüülitud tärklis	Annab katele kõrge tõmbetugevust, kõrgetel temperatuuridel muutub tumedaks	Kasutatakse pinna katmisel
Kummitärklis	Ülimadal viskoosus	Kasutatakse lisaainena viskoosuse vähendamiseks ning paberi tugevuse tõstmiseks

Tabelis 4 on esitatud modifitseeritud tärklise omadused ning kasutamise võimalused paberitööstuses. Dekstriine kasutatakse kõrgelt kontsentreeritud (70%) suspensioonide ning dekoratiivsete paberite valmistamiseks. Dekstriinide peamine omadus on madal viskoosus. Oksüdeeritud tärklis suurendab paberi vastupidavust ja kestvust, annab talle elastsuse ning on madala geelistumise temperatuuriga. Oksüdeeritud tärklis on põhiline komponent, mida lisatakse paberimassi sisse helvestumisel ja kivistumisel happelises keskkonnas. Atsetüülitud tärklis kasutatakse pinna katmisel. Selliselt töödeldud tärklis on vastupidav bioloogilistele mõjudele ja rasvadele, muutub kõrgetel temperatuuridel tumedaks ning annab paberi- ja papitoodetele suure tõmbetugevuse. Kummitärklisel on ülimadal viskoosus ning seda kasutatakse lisaainena viskoosuse vähendamiseks ning paberi tugevuse tõstmiseks.

Kartuli tärklisesisalduse määramise meetodid

Kartulimugulate väärtust iseloomustavad peamiselt kuivaine- ja tärklisesisaldus. Need näitajad sõltuvad teinetesest: kuivaine hulga suurenedes suureneb ka tärklise hulk ja vastupidi. Kuivaine- ja tärklisesisaldus kartulimugulatest ei ole alaline, vaid sõltub erinevatest teguritest,

eelkõige sordist. Varajastel sortidel on eeltoodud näitajad madalamad, hilisematel seevastu kõrgemad.

Otsene kuivaine- ja tärklisesisalduse määramine kartulimugulates on tärglise tootmisprotsessis liiga töömahukas, sellepärast kasutatakse kaudseid meetodeid. Need tuginevad kartulimugulate tiheduse määramisele, sest tihedus on korrelatsiooni mugulate kuivaine- ja tärklisesisaldusega.

Tärklisesisalduse määramine Reimanni kaaludega

Reimani kaalud koosnevad detsimaalõlalisest kaalukangist, veeanumist ja kahest võrdse raskusega traatkorvist. Kõik need komponendid moodustavad komplekti. Kaalukangi lühemal õlal on teineteise alla haakidega riputatud kaks traatkorvi, millest alumine ulatub veeanumasse. Tärglise määramiseks kaalutakse õhus olevas korvis puhtaks pestud kuivi kartuleid. Seejärel haagitakse korvid lahti ning kartulid valatakse ülemisest korvist alumisse ja lastakse vaikselt vette. Kui kartulite poolt väljatõrjutud vesi on täielikult ära voolanud, kaalutakse kartulid vee all. Kartulite veealuse massi järgi saame teada tiheduse, kuivaine- ja tärklisesisalduse.

Tärklisesisalduse määramine Parovi kaaludega

Parovi kaalud on kartulimugulate tärklisesisalduse ning mullalisandi protsendi määramiseks. Kaalud koosnevad kaalukangist, kartulimahutitest, veepaagist ning karkassist.

Tärklisesisalduse määramiseks riputakse korvid teineteiste alla konksule. Alumine korv peab olema üleni vee sees. Seejärel asetatakse mõlemad vihid nullseisu avatakse aretiir ning tasakaalustamiseks kasutatakse kruviregulaatorit. Ülemisse korvi pannakse kuivi kartuleid ning teine asetatakse sätku, kuni kaalud tasakaalustavad. Seejärel kallatakse kartulid alumisse korvi ja lastakse aeglaselt paaki, et väljatõrjutav vesi ei läheks üle ääre. Pärast asetatakse tagumise skaala suur viht sätku ja eesmise skaala väikese vihiga tasakaalustatakse kaalud. Väikese vihi asendi järgi loetakse esmaselt skaalalt kartulimugulate tärklisesisaldus protsentides.

Tärklisesisalduse määramine Stohmanni aparaadiga

Stohmanni aparaat koosneb 2–3 liitrisest väikse läbimõõduga klaasilindrist, teravikuga metallplaadist, sifoonist ja termomeetrist. Mugulate tärklisesisalduse määramiseks pannakse

klaassilindrile metallplaat allapoole pööratud teravikuga. Klaassilindrit täidetakse puhta veega kuni teravikuni. 1000 ml vett eemaldatakse mensuuri sifooni abil. Seejärel asetatakse silindrisse pestud kuivi mugulaid ning lisatakse mensuurist vett juurde, et nivoo ulatuks teravikuni. Ülejäänud veehulk tähistab kartuli kaalutis mahtu määramiseks. Vee tihedus võetakse võrdseks ühega ning arvutatakse välja mugulate tihedust. (Reimets, 1976)

Mikroskoopia kasutamine kartulitärklise osakeste suurus- jaotuse hindamisel

Toidutärklise osakeste kuju ning suurust on võimalik määrata polariseeriva, skaneeriva elektron- ja skaneeriva aatomjõumikroskoobiga. (Hale, 2007)

Granuleeritud tärklise struktuuri uurimisel selgub, et teraviljakultuurid erinevad tärkliseosakeste kuju ja suuruse poolest. (Borisova, 2012) Samuti selgub ka tõsiasi, et kartulitärklise terad erinevad kujult teistest kultuuridest saadud tärkliseteradest (Department of Food Science and Technology jt, 2002). Tärkliseterade uurimiseks on kõige lihtsam kasutada polariseerivat mikroskoopi. (Pjatkovskaja jt, 2012).

Polariseeriva mikroskoobi kasutamine

Kartulitärklise terad on suured, nad on kujult ümmargused ja nende keskmine läbimõõt on ligikaudu 100 µm (Borisova, 2012).

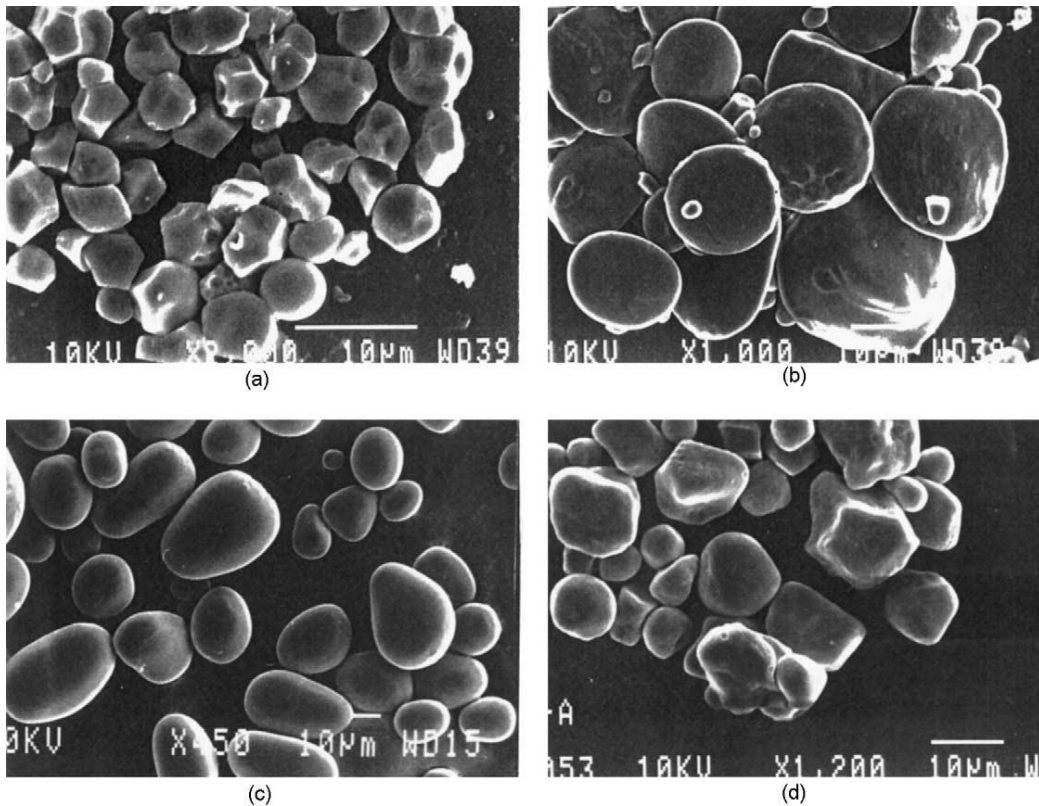
Eeltoodut saab tõestada kui võrrelda kartulist valmistatud preparaate erinevatest tärklisest sisalduvatest taimedest tehtud fotodega. Preparaadi valmistamisel võetakse 0,1–0,2 g tärklisest ja lahjendatakse see paari tilga veega. Saadud segu asetatakse preparaadiklaasile ja kaetakse katteklasiga, jälgides, et preparaati ei satuks õhumulle. Parema proovi fikseerimiseks võib kasutada ka piiritust (Borisova, 2012). Preparaati uuritakse mikroskoobiga kasutades selleks 150 kordset suurendust. (Pjatkovskaja jt, 2012)

Skaneeriva elektronmikroskoobi kasutamine

Skaneeriva elektronmikroskoobiga saab uurida ruumilist pilti tärkliseteradest, nende pinna struktuuri. (Department of Food Science and Technology jt, 2002; Krok jt, 2008).

Granuleeritud tärklise struktuuri uurimisel skaneeriva elektronmikroskoobiga selgub, et teraviljakultuurid erinevad oluliselt tärkliseosakeste kuju ja suuruse poolest.

Joonisel 6 on esitatud erinevate teraviljade tärkliseterade suurused määratuna skaneeriva elektronmikroskoobiga.

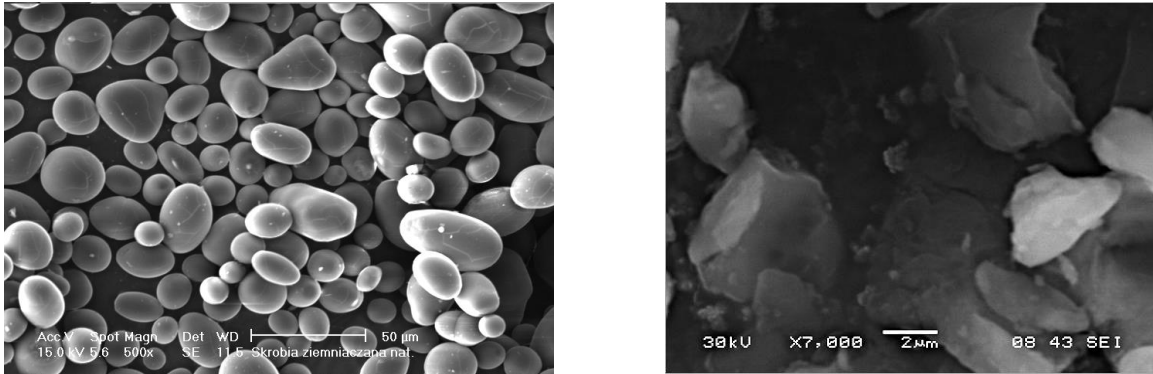


Joonis 6. Skaneeriva elektronmikroskoobiga määratud erinevates tärklise allikates olevad tärkliseterad: (a) riis, (b) nisu, (c) kartul, (d) mais. (Department of Food Science and Tecnology jt, 2002)

Tärkliseterad on mikroskoobiga vaadates erineva kujuga. Nende suurus varieerub 1–110 µm. Joonisel 6.a on esitatud riisitärklise terad, mille läbimõõt on 3–5 µm. Joonisel 6.b on esitatud nisutärklise terad. Joonisel 6.c on toodud kartuli tärkliseterade suurused, kus väiksemate tärkliseterade läbimõõt ulatub 1–20 µm ja suurte tärkliseterade läbimõõt 20–110 µm. Kartulitärklise terade suuruse varieeruvus sõltub kartulisordist, nende terad on kujult suured, ovaalsed. (Department of Food Science and Tecnology jt, 2002) Joonisel 6.d on esitatud maisitärklise terad, mis on mikroskoobi all püramiidikujulised ning tera keskel asub keskpunkt (Department of Food Science and Tecnology jt, 2002; Borisova, 2012).

Skaneeriva elektronmikroskoobiga saab vaadelda tärkliseterade pindu. Maisi-, riisi- ja nisu- tärklise terade pind on siledam võrreldes kartulitärklise teradega (Joonis 6). (Department of Food Science and Tecnology jt, 2002)

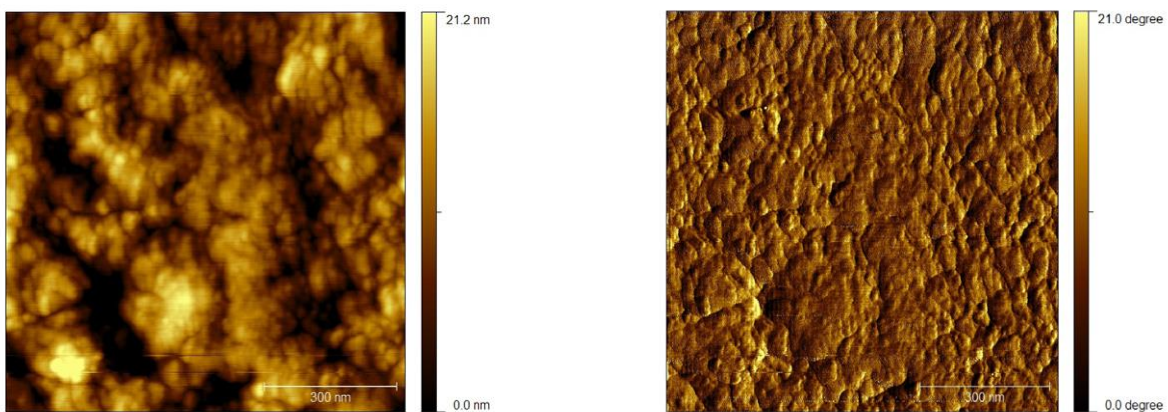
Joonisel 7 on esitatud kartulitärklise terad vaadelduna skaneeriva elektronmikroskoobiga, kusjuures vasakpoolsel pildil on tärkliseterad kujutatud enne ja parempoolsel pildil pärast mehhaanilist töötlemist. (Krok jt, 2008)



Joonis 7. Kartulitärklise terad skaneeriva elektroonmikroskoobiga enne ja pärast mehhaanilist töötlemist. (Krok jt, 2008)

Skaneeriva aatomjõumikroskoobi kasutamine

Tärklise peenstruktuuri määramiseks kasutatakse skaneerivat aatomjõumikroskoopi. Proovide ettevalmistamisel pannakse tärkliseosakesed otse preparaadiklaasile. Seejärel kaetakse tärklisepreparaat liimiga ning surutakse kergelt tärkliseteradele. Joonisel 8 on esitatud skaneeriva aatomjõumikroskoobiga tehtud pilt (a) ning kuiva loodusliku kartulitärklise faaside pilt. (Park jt, 2011)



(a)

(b)

Joonis 8. Skaneeriva aatomijõumikroskoobiga saadud kartulitärklise topoloogiline pilt (a) ja kuiva loodusliku kartulitärklise faaside pilt (b). (Park jt, 2011)

Piltide (a ja b) järgi kõigub tärkliseosakeste suurus vahemikus 30–50 nm ning osakesed on ühtlaselt jaotunud pildi pinnal.

EKSPERIMENTAALNE OSA

Töö eesmärgid

Bakalaureusetöö eesmärgiks oli uurida erinevate kartulisortide tärglisesisaldust, tärgliseosakeste suurust ja nende suurusjaotust.

Proovide ettevalmistus, meetodikad ja kasutatud materjalid

Katsetes kasutatud kartulisordid

Bakalauresetöös uuriti Eesti Maaülikooli Põllumajanduse ja Keskkonnainstituudist pärinevat kümmet erinevat kartulisorti. Katsetes kasutati keskmise suurusega 2013. aastal kasvatatud kartulimugulaid.

Võrreldavad kartulisordid olid järgmised: „Ants“, „Piret“, „Maret“, „Reet“, „Red Scarlett“, „Sulev“, „Laura“, „Satina“, „Augusta“ ning „Congo“.

Katses kasutatud kartulisortide lühiiseloostus:

„Ants“ – kartulisort, mis kuulub hilisete sortide hulka. Selle kartulisordi mugulad on ümmargused ning mõned nendest on ümarovaalsed. Kartulimugulate koor ja sisu on kollast värvi. See kartulisort sobib keedu-, püree- ning ahjukartuliks. Tema kasvutüüp varieerub Bst kuni Cni. Selle kartuli maitseomadused ning säilivus on väga head. Sordi saagikus on keskmine. Sort on peaaegu lehemädanikukindel ning suhteliselt vastupidav pruunmädanikule.

„Piret“ – sort, mis kuulub keskvalmivate sortide hulka. Mugulad on tavaliselt ümarovaalsed või ovaalsed. Koore ja sisu värv on samuti kollane. Sort on kõrge saagikusega. Kvaliteedinäitajate poolest on sellest sordist kartulite maitseomadused väga head ning kasvutüüp on B–C. Nimetatud kartulisort on praktiliselt lehemädanikukindel ning vastupidav viirushaigustele, mugulamädanikesse nakatumine on keskmine.

„Reet“ – sort, mis kuulub samuti keskvalmivate sortide hulka. Selle sordi kartulimugulad on ovaalsed. Koore ning sisu värv on kollane. Kasvutüüp on B–C, mis näitab, et sort on heade maitseomadustega ja säilivusega. Sordi saagikus on erinev - keskmine kuni kõrge.

„Maret“ – see sort kuulub keskvarajasete sortide hulka. Selle sorti mugulad on tavaliselt ümarad. Mugulate koor on punane ning mugulate sisu on helekollane. Kartulisordi kasvutüüp on B–C ning maitseomadusi peetakse heaks kuni väga heaks. Sort annab kõrge varajase saagi ning kartulite säilivus on keskmine kuni hea. Kartulisort on vastupidav viirushaigustele.

„Laura“ – sort, mis kuulub keskvalmivate sortide hulka. Kartulimugulad omavad ovaalset kuni piklikovaalsed kuju. Mugulate koor on säravpunane ning mugulate sisu on tumekollane. „Laura“ kuulub kasvutüüpi B, sobib keedu-, ahju- ja friikartuliks. Mugulad ei tumene toorelt ega keedetult. Sorti saagikus on kõrge kuni väga kõrge. Sordi vastupidavus lehemädanikule on kõrge kuid puudub kartulivähikindlus. Seda sorti kartulimugulad on kiduussikindlad.

„Augusta“ – kartulimugulad ovaalsed ning piklikovaalsed. Mugula koor ja sisu on kollased. Väga kõrge saagikusega kartulisort. Sobib küpsetamiseks või praadimiseks.

„Congo“ – kuulub hilisete sortide hulka, on keskmise saagikusega. Kartulimugulad on ovaalsed ning piklikovaalsed. Mugula koor on tumelilla, sisu on lillakasvalge. Keetmisel on mõõdukalt jahune.

„Satina“ – sort, mis kuulub keskvalmivate kuni kesk hilisete sortide hulka. Kartulimugulad on võrreldes sordiga „Laura“ ümarovaalsed ning ovaalsed, keskmise suurusega. Mugula koor on kollane, õhuke ja sile ning sisu on kollane. Kartulisort kuulub kasvutüüpi B, sobib keedu-, püree- ja ahjukartuliks. Kartul laguneb keetmisel. Kartuli maitseomadused on väga head ning kartul ei tumene toorelt ega keedetult. Kartulisort on kiduussikindel ning vähikindel. Kartulisort on keskmiselt lehemädanikule vastuvõtlik, kuid on harilikule kärnale vastupidav.

„Sulev“ – sort, mis kuulub hilisete sortide hulka. Kartulimugulad on ovaalsed kuni piklikovaalsed. Kartulimugula koor ja sisu on kollased. Sort ei vasta söögikartuli nõutele, maitse on rahuldav ning mugulate sisu tumeneb tugevasti. Kartulisort on lehemädanikule ning mosaiigiviirustele vastupidav. Kuulub kõrgsaagiliste sortide hulka.

„Red Scarlett“ – sort, mis kuulub varajasete sortide hulka. Kartulimugulad on ovaalsed kuni piklikovaalsed ning väga madalate silmadega. Mugulad on punasekoorelised, helekollase sisuga. Sort on väga suure saagikusega, kiduussi- ja vähikindel. Hea lauakartul, ei tumene pärast keetmist.

Kartuliproovide säilitamine

Kartuliproove säilitati Eesti Maaülikooli Põllumajanduse ja Keskkonnainstituudi taimekasvatuse ja rohumaa viljeluse osakonna laboris jahutuskambris +5 °C juures. Erinevatest sortidest kartulimugulad toodi vahetult enne analüüse poluetüleenkottidesse pakituna toiduteaduse ja toiduainete tehnoloogia osakonna lihalaborisse. Seal kartulid pesti ning säilitati Eesti Maaülikooli toiduteaduse ja toiduainete tehnoloogia osakonna labori külmkappides temperatuuri 2...+6 °C juures. Enne katse algust hoiti kartuleid kaks tundi pimedas kohas. Kahe tunni möödudes alustati lihalaboris kartulitest tärklisesisalduse määramist. Sordi kohta võeti katsesse 10–11 kartulimugulat. Katsed teostati veebruari- ja märtsikuus 2014.

Kartulite tärklisesisalduse määramise meetodika

Kartulimugulate tärklisesisaldus määrati areomeetriga. See määramismeetod ei nõua spetsiaalseid vahendeid peale areomeetri. Meetod põhineb kartulimugulate tiheduse leidmises keedusoola lahuses, mille tihedus on üle 1 g/cm³.

Kartulimugulate kuivaine ja tiheduse alusel määratakse vastavaid tabeleid kasutades kartulimugulate tärklisesisaldus. (Reimets, 1976)

Kartulimugulatest tärklisesisalduse määramiseks kasutati järgmisi katsevahendeid:

- 2–3 liitriste klaasilinderid
- Joogivesi
- Keedusool
- Klaaspulk
- 1000 ml automaatpipett
- Areomeeter

Tärklisesisalduse määramiseks valmistati umbes 20% – line keedusoolalahus, selleks võeti 200–250 g keedusoola ühe liitri vee kohta. Soolalahus kallati 2–3 liitrisse klaasilindrisse umbes poole silindri kõrguseni. Silindris olevasse soolalahusesse asetati ühe kaupa puhtad kartulimugulad. Kui kartulimugulate tihedus on soolalahuse tihedusest väiksem, jäävad nad lahuse pinnale. Pärast seda soolalahuse tihedus võrdsustati mugulate tihedusega. Selleks lisati soolalahusele vett ning segati klaaspulgaga. Vett lisati automaatpipetiga senikaua, kuni kartulimugul jääb vedelikusamba keskmisse ossa. Juhul kui mugulate tihedus on suurem kui 1 g/cm³, langevad nad soolvees silindri põhja. Sellisel juhul lisati soolalahusele soola ning segati klaaspulgaga seni kuni kartulimugul jäi vedelikusamba keskmisse ossa ujuma. Kui

kartulimugul jääb vedelikusamba keskmisse ossa, on soolalahuse tihedus võrdsustunud mugulate tihedusega. Edasi määrati areomeetriga soolalahuse tihedus, mille järgi leiti vastavast tabelist („Kartulimugulate veealuse massi, tiheduse, kuivainesisalduse ja tärklisearvu seos“) mugulate kuivainesisaldus ja tärklisarv. (Reimets, 1976)

Suurema osa kartulimugulate kuivainest moodustab tärklis. Peale tärklise sisaldab kuivaine kiud-, valk-, ja mineraalaineid, orgaanilise happeid jt ühendid. Nende kogusumma on kaskmiselt 5,75% mugulate toorkaalust.

Tärklise ja temale lähedase tihedusega suhkrute hulga leidmiseks lahutatakse kuivaine üldhulgast 5,75. Saadakse tärklisearv, s.o. tärklise ja suhkrute hulk tooraines.

Tärkliseteradena mugulates esineva tärklisesisalduse leidmiseks lahutatakse tärklisarvust suhkrute hulk, mida on keskmiselt 1,5%. Praktikas samastatakse tärklisearv tärklisesisaldusega. (Reimets, 1976)

Joonisel 9 on esitatud tärklisesisalduse määramise käik soolalahuse tiheduse järgi.



Joonis 9. Tärklisetiheduse määramine keedusoola lahuses. (Lepasalu, L.)

Jooniselt 9 nähtub, et kartulimugul on soolalahuse pinnal, seega tuleb lisada keedusoola lahusesse vett, selleks, et võrdsustada tihedused ning seejärel määrata keedusoola lahuse tihedust areomeetriga.

Kartulimugulate tärklisesisaldust hinnati tiheduse järgi kartulite kaupa (üks kartul korraga). Iga sordi kohta määrati 10–11 kartulimugula tärklisesisaldus, sordi keskmine tärklisesisaldus

saadi nende näitajate keskmise väärtusena. Tulemuste kogumiseks kasutati lisas 1 toodud katseprotokolli.

Kartuli tärkliserterade läbimõõdu määramine

Kartuli tärkliserterade läbimõõdu määramiseks kasutati samasid kartulimugulaid, millest määrati tärkliisesisaldus. Uurimuses kasutati kümmet kartulisorti. Tärkliserterade läbimõõdu määramiseks kasutati iga kartulisordi kohta viit kartulimugulat. Tärkliserterade läbimõõdu määramiseks kasutati polariseerivat mikroskoopi BRESSER, kasutades 10 kordset suurendust.

Proovide ettevalmistamine

Tärkliserterade proovi värvimiseks kasutati 0,4% joodilahust. Selle valmistamiseks võeti 0,06 g joodi ja 0,94 g vett. Kasutatav joodilahus valmistati toiduteaduse ja toiduainete tehnoloogia osakonna lihalaboris. Tärkliserterade suuruse määramiseks võeti skalpelliga kartulimugula keskosast õhukesed kartuliliistakud ja pandi preparaadiklaasile. Seejärel tilgutati sellele paar tilka joodi lahust, oodati, kuni kartulipreparaat joodiga värvub ning tehti preparaadist skaneeriva mikroskoobiga digifotod. Järgnevalt kopeeriti digifotod arvutisse.

Tärkliserterade analüüsimine

Kartulimugulatest valmistatud preparaatidest tehtud digifotod salvestati arvutisse. Tärkliserterade läbimõõdu määramiseks kasutati arvutiprogrammi *ImageJ*. Programm võimaldab mõõdistada tärkliiseosakeste suurust nii manuaalselt kui ka automaatselt. Antud töös kasutati manuaalset ehk käsitsi meetodit. Õigete tulemuste saamiseks kalibreeriti programmi *ImageJ* etteantud kalibreerimisfailiga. Igast kartulisordist võeti viis kartulimugulat, millest tehtud pildid töödeldi eelpoolnimetatud arvutiprogrammiga. Joonisel 10 on esitatud tärkliserterade läbimõõdu mõõdistamine manuaalselt.

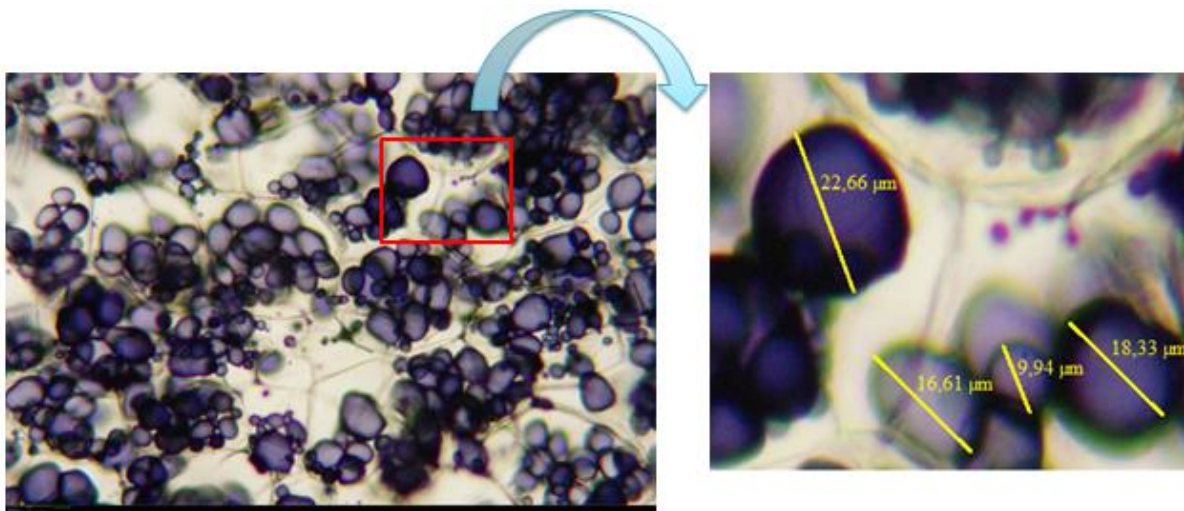
Digifoto töötlemine toimus järgmiselt:

1. Salvestatud digifoto avamine

2. Etteantud nupuga mõõteskaala paikapanemine



3. Salvestatud digifoto töötlemine ehk tärklieterade läbimõõdu mõõdistamine (joonis10)



Joonis 10. Tärklieterade läbimõõdu manuaalne mõõdistamine.

Joonisel 10 (vasakpoolsel fotol) on esitatud polariseeriva mikroskoobiga tehtud ja salvestatud digifoto. Sama joonisel parempoolsel fotol on näidatud tärklieterade läbimõõdu mõõdistamise käik. Jooniselt 10 selgub, et tärklieterade läbimõõdud on erinevad. Katstes määrati ainult hästi eristatavate ja nähtavate tärklieterade läbimõõtu. Kuna igast kartulisordist tehti 5 digifotot (sordi kohta võeti viis kartulimugulat) ning igal digifotol oli keskmisel 100–250 tärklioseosakest, siis kokku analüüsi ligikaudu 10000 tärklioseosakest.

Tärklioseosakeste arvu määramiseks kasutatud digifoto mõõdud määrati automaatselt fototöötlusprogrammiga *ImageJ*. Kõikide digifotode pindalad olid $54 * 10^7 \mu\text{m}^2$ (mõõtmetega 894,08 μm x 607,21 μm). Edaspidi kasutatakse tekstis digifotode pindalade asemel mõiste proov.

Andmete haldus ja statistiline analüüs teostati tabelarvutusprogrammi MS Excel 2010 abil.

Katsetulemused ja arutelu

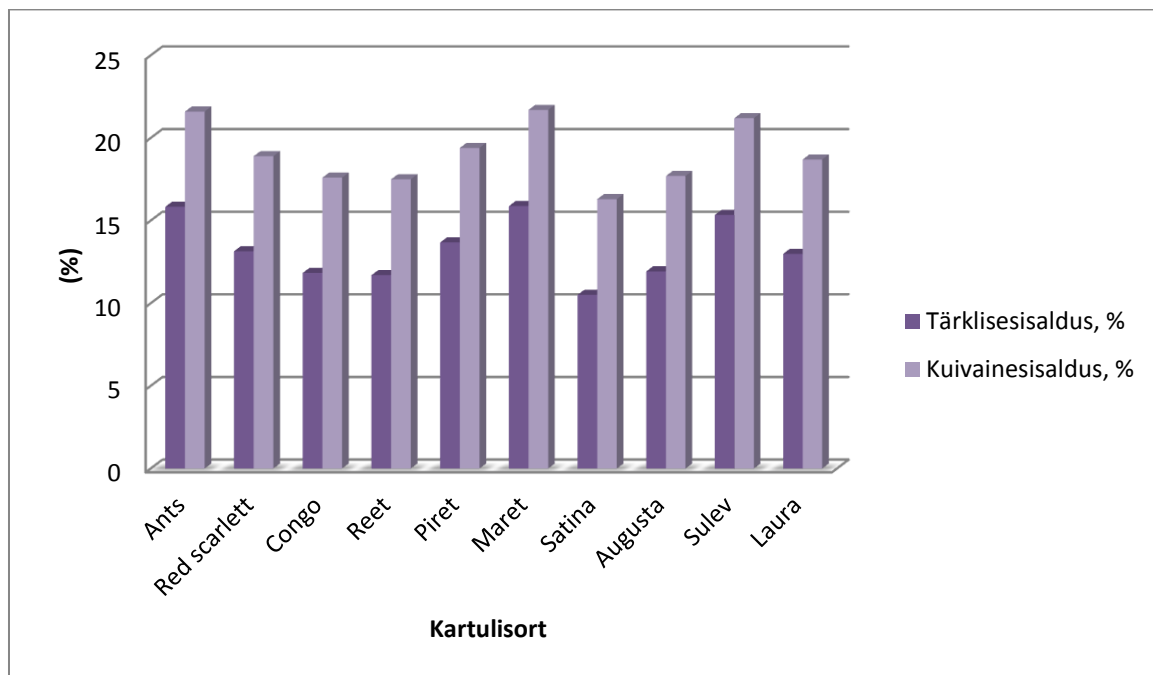
Kartulite tärklisesisalduse määramine

Käesolevas töös kasutati kartulite tärklisesisalduse määramiseks areomeetrit. Erinevatest kartulisortidest võeti vaatluse alla 10–11 kartulimugulat. Kuivainesisaldus määrati kartulimugulate tiheduse järgi, kasutades vastavat tabelit. (Reimets, 1976) Uuritud kartulite keskmine tärklise- ja kuivainesisaldus sortide lõikes on esitatud tabelis 5.

Tabel 5. Erinevate kartulisortide kuivaine- ja tärklisesisaldus (%), standardhälve ning sulgudes miinimum- ja maksimumväärtused (%).

Kartulisort	Kuivainesisaldus, % Standardhälve (min–max) %	Tärklisesisaldus, % Standardhälve (min–max) %
Ants	21,6 ± 1,4 (19,9–23,8)	15,9 ± 1,4 (14,2–18,0)
Red Scarlett	18,9 ± 0,9 (17,7–20,7)	13,2 ± 0,9 (11,9–13,7)
Congo	17,6 ± 1,4 (15,7–20,2)	11,8 ± 1,3 (9,9–14,4)
Reet	17,5 ± 1,3 (16,2–19,2)	11,7 ± 1,4 (8,9–13,4)
Piret	19,4 +/- 1,2 (17,7–21,5)	13,7 ± 1,2 (11,9–15,7)
Maret	21,7 ± 4,6 (17,7–35,0)	15,9 ± 4,6 (11,9–29,3)
Satina	16,3 ± 1,5 (14,0–18,7)	10,5 ± 1,5 (8,3–12,9)
Augusta	17,7 ± 1,2 (15,9–19,7)	11,9 ± 1,2 (10,2–13,9)
Sulev	21,2 ± 2,2 (17,9–24,0)	15,3 ± 2,2 (12,2–19,1)
Laura	18,7 ± 2,6 (14,4–21,7)	13,0 ± 2,5 (8,7–15,9)

Katseandmetel on Eestis kasvatatavate kartulisortide tärklisesisaldused erinevad. Uuritud kümnest kartulisordist on kõige kõrgema keskmise tärklisesisaldusega „Maret“ (15,9%) ning kõige madalamaga „Satina“ (10,5%). Kartulisordid „Congo“, „Reet“ ja „Augusta“ tärklisesisalduse poolest praktiliselt ei erine (keskmine tärklisesisaldus ligikaudu 11%). Kõrgema kuivainesisaldusega olid kartulisordid „Maret“, „Sulev“ ja „Ants“ (vastavalt 21,7%; 21,6%; 21,2%), madalamaga aga „Satina“, „Congo“ ja „Reet“ (vastavalt 16,3%; 17,5%; 17,6%). Erinevate kartulisortide keskmise tärklisesisalduse näitajad on illustreerivalt esitatud joonisel 11.



Joonis 11. Erinevate kartulisortide keskmise tärklise- ja kuivainesisaldus (%).

Kartulite tärkliseosakeste läbimõõdu määramine

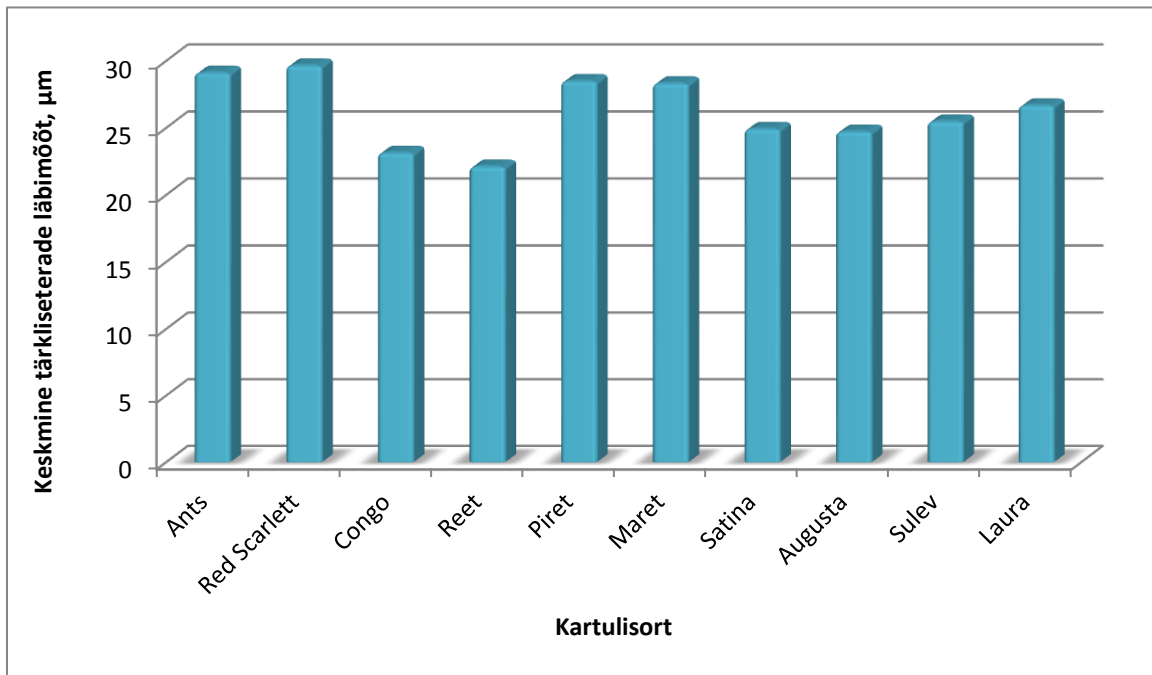
Käesolevas töös kasutati tärkliseterade läbimõõdu määramiseks polariseerivat mikroskoopi BRESSER ning arvutiprogrammi *ImageJ*. Tärkliseterade läbimõõdu määramiseks võeti igast kartulisordist viis mugulat. Tärkliseterade keskmised läbimõõdud kartulisortide lõikes on esitatud tabelis 6.

Tabel 6. Erinevate kartulisortide keskmine tärkliseterade läbimõõt (μm), keskmine tärkliseosakeste arv proovis, standardhälve, minimum- ja maksimumväärtused (μm)

Kartulisort	Keskmine tärkliseterade läbimõõt, μm	Standardhälve (min–max μm)	Keskmine tärkliseosakeste arv proovis
Ants	29,2	$\pm 3,6$ (5,1–75,2)	162,6
Red Scarlett	29,7	$\pm 4,0$ (5,6–83,69)	229,8
Congo	23,2	$\pm 2,1$ (5,2–68,5)	223,8
Reet	22,1	$\pm 1,8$ (3,8–71,6)	242,2
Piret	28,5	$\pm 3,2$ (6,1–69,9)	203,2
Maret	28,3	$\pm 1,7$ (7,0–67,9)	204,6
Satina	24,9	$\pm 2,1$ (5,9–71,2)	174,2
Augusta	24,7	$\pm 2,3$ (7,5–80,2)	186,6
Sulev	25,5	$\pm 2,1$ (5,9–83,1)	230,4
Laura	26,7	$\pm 2,6$ (8,4–72,4)	210,8

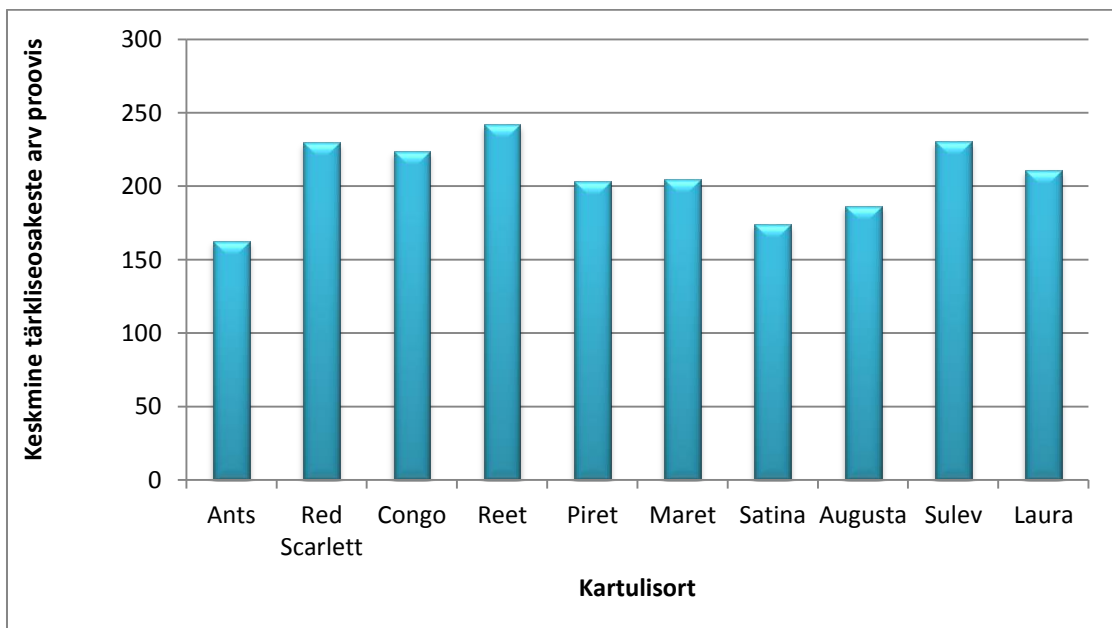
Uuringute järgi kõikus Eestis kasvatatavate kartulisortide keskmine tärkliseterade läbimõõt 22–29 μm . Kõige suurema keskmise tärkliseterade läbimõõduga oli kartulisort „Red Scarlett“ (29,7 μm) ning kõige väiksemaga „Reet“ (22,1 μm). Kõige suurema tärkliseosakeste suuruse varieeruvusega olid kartulisordid „Red Scarlett“ ja „Ants“ (standardhälve vastavalt ± 4 ; $\pm 3,6$), vähem varieeruvad olid kartulisordid „Reet“ ja „Maret“ (standardhälve vastavalt $\pm 1,8$; $\pm 1,7$). Kõige suuremad tärkliseterad olid kartulisordil „Red Scarlett“ (36 μm) ning kõige väiksemad

sordil „Reet“ (19,4 μm). Erinevate kartulisortide tärkliseterade keskmise läbimõõdu määramisel saadud tulemused on toodud illustreerivalt joonisel 12



Joonis 12. Erinevate kartulisortide keskmine tärkliseterade läbimõõt, μm .

Erinevate kartulisortide keskmine tärkliseosakeste arv proovis on esitatud illustreerivalt joonisel 13.



Joonis 13. Erinevate kartulisortide keskmine tärkliseosakeste arv proovis

Katseandmetel oli Eestis kasvatatud erinevatest sortidest pärinevastes kartulimugulates keskmisel 100–250 tärkliseosakest. Kõige rohkem tärkliseosakesi oli kartulisordi „Reet“ (242,2), kõige vähem kartulisordi „Ants“ (162,6) võetud proovides.

Tabelis 7 on toodud uuritavad kartulisordid tärkliseosakeste läbimõõdu suurusfraktsioonide lõikes.

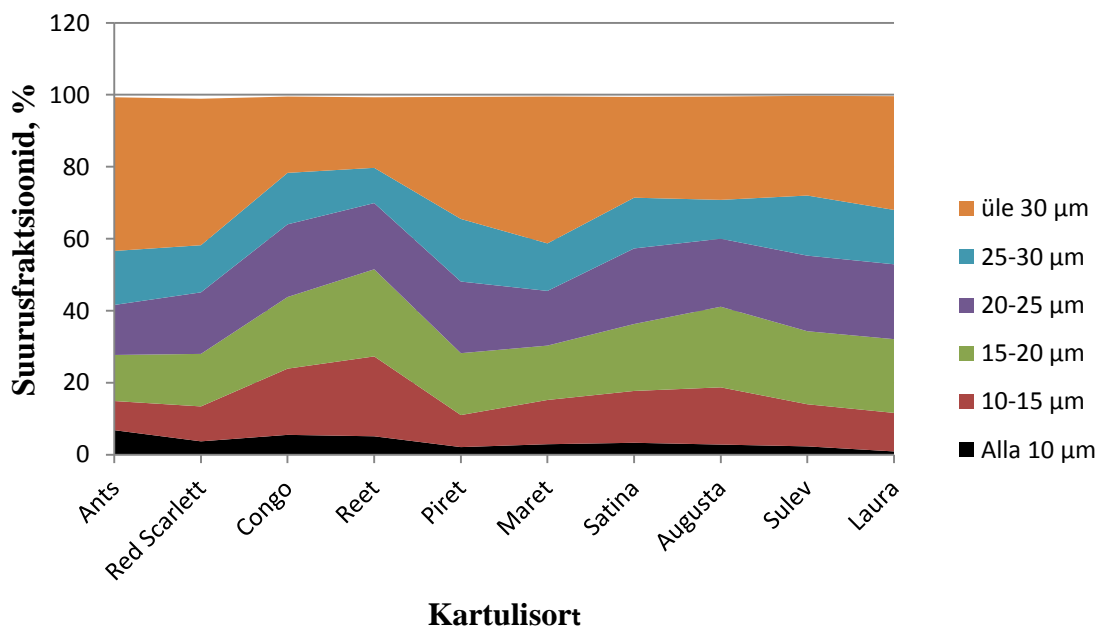
Tabel 7. Tärkliseterade läbimõõdu jaotamine suurusfraktsioonidesse (%)

Kartulisort	Suurusfraktsioonid, %					
	Alla 10 µm	10-15 µm	15-20 µm	20-25 µm	25-30 µm	Üle 30 µm
Ants	6,8	8,1	12,8	13,9	15	42,7
Red Scarlett	3,7	9,7	14,6	17,1	13,1	40,7
Congo	5,5	18,4	19,9	20,2	14,3	21,2
Reet	5,1	22,2	24,2	18,4	9,8	19,6
Piret	2,1	8,9	17,2	19,9	17,4	33,9
Maret	2,9	12,3	15,1	15,2	13,2	40,8
Satina	3,3	14,4	18,6	21	14,1	28
Augusta	2,8	15,9	22,4	18,9	10,8	28,7
Sulev	2,3	11,7	20,3	21	16,7	27,7
Laura	0,9	10,7	20,5	20,8	15,1	31,6

Kartulid jaotati tärkliseterade läbimõõdu alusel järgmiselt: läbimõõdt alla 10 µm; 10–15 µm; 15–20 µm; 20–25 µm; 25–30 µm ja üle 30 µm. Tärklise tootmiseks sobivad sellised kartulisordid, kus on suhteliselt palju suure läbimõõduga tärkliseosakesi. Antud katses oli protsentuaalselt kõige rohkem suuri tärkliseosakesi (üle 30 µm) kartulisortidel „Ants“, „Maret“ ja „Red Scarlett“ (vastavalt 42,7%; 40,8%; 40,7%). Tuleb märkida, et võrreldes teiste uurimise all olnud kartulisortidega oli kartulisordil „Ants“ ka protsentuaalselt kõige rohkem väikseid (alla 10 µm läbimõõduga) tärkliseosakesi. Samaaegselt olid kartulisordist „Ants“ pärinevad mugulad tärkliseosakeste läbimõõdult kõige varieeruvamad. (tabel 6) Keskmiste tärkliseosakeste (10–15 µm ja 15–20 µm) osakaal oli kõige suurem kartulisordil „Reet“. Kartulisortidel „Sulev“ ja „Satina“ oli 20–25 µm läbimõõduga tärkliseosakesi võrreldes teiste katses olnud kartulisortidega kõige rohkem (21%). Kartulisordi „Sulev“ mugulad sisaldasid

protsentuaalselt kõige rohkem 25–30 µm läbimõõduga tärkliseteri (16%). Jõudu (1995) katseandmetel oli kartulisordil „Sulev“ mugulate suurte tärkliseosakeste protsentuaalne osakaal kõige suurem, kuid meie katseandmed eeltoodud väidet selle kartulisordi osas ei kinnitanud. Katseandmetel oli kõikidest kartulisortidest mugulatel väikseid osakesi protsentuaalselt tunduvalt vähem, kui suuri osakesi. Näiteks kartulisordil „Red Scarlett“ oli väikeseid tärkliseosakesi (alla 10 µm) 3,7 %, suuri osakesi (üle 30 µm) 40,7%. Sama tendents esineb ka teistel uuritud kartulisortidel.

Erinevate kartulisortide suurusfraktsioonide saadud tulemused on toodud illustreerivalt joonisel 14



Joonisel 14. Kartulisortide suurusfraktsioonid, %.

Lähtudes katseandmetes (tabel 6 ja 7) oli kartulisordi „Ants“ proovides kõige vähem tärkliseosakesi, kuid nende keskmine läbimõõt oli üks suuremaid ja sort oli tärklisesisalduse poolest üks kõrgeim. Kartulisordi „Reet“ proovides oli kõige rohkem tärkliseosakesi, kuid nende keskmine läbimõõt oli kõige väiksem ning tärklisesisalduse poolest oli sort suhteliselt madal. Sellest võib järeldada, et suured tärkliseosakesed sisaldavad rohkem tärklist. Katseandmetel on tärklise tootmiseks sobilikud kartulisordid „Ants“, „Red Scarlett“, „Piret“ ja „Maret“. Nendest sortidest kartulid on tärkliserikkad ning suurte tärkliseterade kõrge osakaaluga. Järgneb kartulisort „Sulev“, mille mugulate tärklisesisaldus on kõrge, kuid suurte osakeste osakaal on keskmine. Kartulisordid „Ants“, „Maret“ ja „Sulev“ on nii kõrge kuivainesisaldusega kui ka tärklisesisaldusega.

Järeldused

- Katsetes kasutatud kartulite keskmine tärklisesisaldus kõikus 10–16%. Kümnest erinevast kartulisordist kõige kõrgema tärklisesisaldusega olid sordid „Ants“ ja „Maret“ (keskmine tärklisesisaldus 15,9%) ja kõige madalamaga „Satina“ (10,5%). Kartulisordil „Maret“ oli katsemugulate tärklisesisalduse varieeruvus kõige suurem ($\pm 4,6$) ning kõige väiksema varieeruvusega oli kartulisort „Red Scarlett“ ($\pm 0,9$).
- Katsetes kasutatud kartulite keskmine tärkliseosakeste läbimõõt kõikus 22–30 μm . Kõige suurema tärkliseosakeste läbimõõduga olid kartulisordid „Ants“ ja „Red Scarlett“ (keskmine tärkliseosakese läbimõõt 29,2 ja 29,7 μm) ning kõige väiksemaga oli kartulisort „Reet“ (22,1 μm). Kartulisordil „Red Scarlett“ oli katsemugulate tärkliseosakeste läbimõõdu varieeruvus kõige suurem ($\pm 4,0$), kõige väiksem varieeruvus aga kartulisordil „Maret“ ($\pm 1,7$).
- Katses oli protsentuaalselt kõige rohkem suuri tärkliseosakesi (üle 30 μm) kartulisortidel „Ants“, „Maret“ ja „Red Scarlett“ (vastavalt 42,7%; 40,8%; 40,7%) ning kõige vähem kartulisordil „Reet“ (19,6%). Kõige väiksemaid tärkliseosakesi (alla 10 μm) oli kõige rohkem kartulisordil „Ants“ (6,8%), kõige vähem aga sordil „Laura“ (0,9%).

KOKKUVÕTE

Bakalaureusetöö eesmärkideks seati Eestis kasvatatavate kartulisortide mugulate tärglisesisalduse, terade läbimõõdu ning nende suurusjaotuse väljaselgitamine.

Eksperementaalses osas viidi läbi kaks katseseeriat. Esimeses seerias uuriti Eestis kasvatatavate sortide kartulimugulate tärglisesisaldust ning teises tärgliseosakeste läbimõõtu ja suurusjaotust. Esimeses seerias uuriti Eesti Maaülikooli Põllumajanduse ja Keskkonnainstituudist pärinevat kümmet erinevat kartulisorti. Esimeses katseseerias vaadeldi sordi kohta 10-11, teises viit kartulit. Analüüsid viidi läbi EMÜ toiduteaduse ja toiduainete tehnoloogia osakonna lihalaboris. Andmete haldus ja statistiline analüüs teostati tabelarvutusprogrammi MS Excel 2010 abil.

Kümnest kartulisordist on kõige kõrgema keskmise tärglisesisaldusega kartulisort „Maret“ (15,9%) ning kõige madalamaga sort „Satina“ (10,5%). Kõrgema kuivainesisaldusega olid kartulisordid „Maret“, „Sulev“ ja „Ants“, madalamaga aga „Satina“, „Congo“ ja „Reet“.

Eestis kasvatatavate kartulisortide keskmine tärgliseterade läbimõõt kõikus 22–29 µm. Kõige suurema keskmise tärgliseterade läbimõõduga oli kartulisort „Red Scarlett“ (29,7 µm) ning kõige väiksemaga kartulisort „Reet“ (22,1 µm). Kõrgema kuivainesisaldusega olid kartulisordid „Maret“, „Sulev“ ja „Ants“, madalamaga aga „Satina“, „Congo“ ja „Reet“.

Kartulid jaotati tärgliseterade läbimõõdu alusel järgmiselt: läbimõõt alla 10 µm; 10–15 µm; 15–20 µm; 20–25 µm; 25–30 µm ja üle 30 µm. Protsentuaalselt kõige rohkem suuri tärgliseosakesi (üle 30 µm) oli kartulisortidel „Ants“, „Maret“ ja „Red Scarlett“. Keskmiste tärgliseosakeste (10–15 µm ja 15–20 µm) osakaal oli kõige suurem kartulisordil „Reet“. Kartulisortidel „Sulev“ ja „Satina“ oli tärgliseosakesi läbimõõduga 20–25 µm kõige rohkem.

Tärglise toomisel on tähtis tärgliseterade suurus. Suured terad soodustavad enamiku tootmisprotsesside läbiviimist ning võimaldavad toota kõrgekvaliteedilist tärglist ning tärglisesaaduseid. Katsete tulemustest lähtuvalt sobivad tärglisetootmiseks sellised kartulisordid „Ants“, „Red Scarlett“, „Piret“ ja „Maret“.

Kasutatud kirjandus

Agrosynergie. 2010. Evaluation of Common Agricultural Policy Measures applied to the Starch Sector, final reporter. Evaluation of CAP measures applied to the starch, sugar and cotton sectors. pp 64.

Aguilera M., Stanley D. 1999. Microstructural principals of food processing and Engineering, second edition. An Aspen Publication. Gaithersburg, Maryland. lk 432.

(Borisova) Борисова А. 2012. Оценка качества и безопасность потребительских товаров, выпуск 6. Издательство ИГУ. Иркутск. lk 6.

Buleon A. 1998. Starch granules: structure and biosynthesis. International Journal of Biological Macromolecules. pp 112.

(Elanski) Еланский С.Н., Пшеченков К.А., Зейрук В.Н, Мальцев С.В. 2007. Технология хранения картофеля. Картофелевод. Москва. lk 192.

(Hovanski) Хованский В.В., Дубовый В.К., Кейзер П.М. 2013. Применение химических вспомогательных веществ в производстве бумаги и картона. Учебное пособие. Санкт-Петербург. lk 153.

Jõudu, J. 2002. Kartuli kasvatus. EV Põllumajadusministeerium. EPMÜ. Tartu. lk 40, 103-105, 126.

Jõudu J., Lõhmus, A. 1995. Kartulisortide tärkliisialdusest ja tärklike kvaliteedist. Kartuli tootmine, töötlemine ja tarbimine Eesti vabariigis. AS Infotrükk. Tallinn. lk 63–71.

Kostenko V., Gorbatov V., Ovtšinnikov A. 1985. Tärklike tootmine. Eesti NSV Toiduainetööstuse Ministeerium. Tallinn. lk 272.

Levandi A. 2004. Liha- ja piimatehnoloogia eriala üliõpilastööde koostamise ja vormistamise juhend. Tartu. lk 54.

(Pjatkovskaja) Пятковская Е.Ю., Антонова А.Б. 2012. Товароведение и таможенная экспертиза продовольственных товаров растительного происхождения. Практикум. Санкт-Петербург. lk 72.

Park H., Song Xu Seetharaman, K. 2010. A novel in situ atomic force microscopy imaging technique to probe surface morphological features of starch granules. Carbohydrate Research. pp 7

Reimets E. 1976. Mugulate kuivaine ja tärklisesisalduse määramine. Põllukultuurid ja nende hindamine. Valgus. Tallinn. lk 124–131.

Sirendi A. 2006. Kartuli, söödaviljuurvilja ja köögivilja sordiaretus. Eesti Põllumajandus XX sajandil. Eesti Põllumajandusministeerium. Tallinn. lk 183–187.

(Solovjeva) Соловьева А. Е. 2004. Улучшение качества картофеля и овощей. Академия менеджмента и агробизнеса НЗ РФ. Биохимические показатели качества овощной продукции. Санкт-Петербург. lk 26.

(Selepina) Шелепина Н. В., Гусейнова Н. Э. 2011. Сборник технологии и производства здорового питания. Использование различных структурообразователей в производстве пищевых продуктов. Орёл. lk. 398.

Szymońska J., Targosz-Korecka M., F Krok F. 2009. Characterization of starch nanoparticles. Second National Conference on Nanotechnology, Journal of Physics: Conference Series. pp 7.

Tartlan, L., Ereemeev, V. 2013. Maalehe kartuliraamat. Maalehe Raamat. Tallinn. lk 47–88.

Tartlan L. 2005. Kartuli kvaliteet ja seda mõjutavad tegurid. Eesti Maaviljeluse instirtuut. Tallinn. lk 69.

Whistler R. 2009. Chapter 5: Strucrual Features of Starch Granules. Chapter 11: Potato Starch: Production, Modifications and Uses. Starch Chemistry and Technology, third edition. Macmillan Publishing Solutions. New York. pp. 149–168; 532–538

