Riikliku programmi “Põllumajanduslikud rakendusuuringud ja arendustegevus aastatel 2015–2021”

Euroopa Liit
Euroopa
Regionaalarengu Fond

Eesti
tuleviku heaks

Teatud köögiviljade sortide suhkrute sisalduse analüüsimine akrüülamiidi tekkimise potentsiaali hindamiseks nende töötlemisel

Projektijuht: dots Terje Elias
Projekti põhitäitjad: Mati Roasto, PhD, Mari Reinik, PhD,
Tanel Kaart, PhD, doktorant Andres Elias, MSc.

Tartu, 2019

Asutus: Eesti Maaülikool, Kreutzwaldi 1, Tartu, 51014; registrikood: 74001086; e-posti aadress: info@emu.ee, telefon: 7313001; pangarekvisiidid: EE571010102000084008
Projektijuhi kontaktandmed: Telefon: 7313433, terje.elias@emu.ee

Projekti algus: 01.01.2018

Tulemuste esitamise tähtpäev: 13.12.2019

Projektis osalenud osapooled:
Eesti Maaülikool
Terviseamet

Projekti põhieesmärk: Projekti eesmärk oli välja selgitada teatud Eestis enimkasvatatud köögiviljasordid (kartuli, porgandi, peedi, kaalika ja kõrvitsa sordid), mille kuumtöötlemisel tekkis minimaalselt akrüülamiidi.

Projektitulemuste lühikokkuvõte:

Uuringu tulemusena selgitati välja köögiviljade sordid, mille redutseeruvate suhkrute ja akrüülamiidi sisaldused on madalaimad, tänu millele need on sobilikud kasutamiseks kuumtöödeldud toodete tööstuslikuks valmistamiseks. Esmaselt selgitati välja enimkasvatatavad köögivilja sordid. Seejärel teostati analüüsid Eestis enimkasvatavaid kartuli-, porgandi-, kaalika-, peedi- ja kõrvitsasortide redutseeruvate suhkrute sisalduste teada saamiseks. Keskmiste redutseeruvate suhkrute sisalduse arvutamisel on võetud arvesse tavapäraselt ühe sordi viite erinevat analüüsi tulemust. Analüüsid teostati vahetult pärast sügisest saagikoristust ning pärast 6-kuulist säilitamist 8°C ja 3°C säilitustemperatuuri juures. Saadud tulemuste põhjal võeti madalaima ja kõrgeima redutseeruvate suhkrute sisaldusega köögiviljasordid ning tehti nendest tooted – püreed, krõpsud ja friikartulid.
Kartulitest olid madalaimad keskmised redutseeruvate suhkrute sisaldused saagikoristusjärgselt ja ka pärast kuuekuulist säilitamist kahel erineval temperatuuril (3°C ja 8°C) kartulisordil 'Birgit'.
Porganditest sisaldas vähem redutseeruvaid suhkruid sort nimega 'Naval'. Pärast porgandite kuuekuulist säilitamist 3°C ja 8°C juures sisaldas redutseeruvaid suhkruid samuti kõige vähem sort 'Naval'.
Erinevat sorti **peetide** koristusjärgsed redutseeruvate suhkrute sisaldused olid kolmel sordil küllalt sarnased. Pärast peetide kuuekuulist säilitamist 3°C ja 8°C juures sisaldas redutseeruvaid suhkruid kõige vähem sort 'Boro'. Võrreldes saagikoristusjärgse redutseeruvate suhkrute sisaldusega, oli 3°C juures säilitamisel tõus 2,6-kordne ning 8°C juures 2,1 kordne.
Kaalikatest olid kõige madalamad redutseeruvate suhkrute keskmised sisaldused saagikoristuse järgselt sordil nimega 'Kohalik sinine'. Pärast kaalikate kuue kuulist säilitamist 3°C ja 8°C juures sisaldas redutseeruvaid suhkruid samuti kõige vähem sort 'Kohalik sinine'.
Kõrvitsatest oli saagikoristusjärgselt ning ka säilitusjärgselt madalaimate keskmiste redutseeruvate suhkrute sisaldusega sort 'Gold Medal'.
Köögiviljapüreedes oli akrüülamiidide teke otseselt seotud redutseeruvate suhkrute sisaldustega tooraines. Väga hästi korreleerusid köögiviljades sisalduvad redutseeruvate suhkrute kogused köögiviljapüreedes tekkivate akrüülamiidi kogustega. Köögiviljakrõpsude ja friikartulite juures mõjutas friteerimine akrüülamiidide teket suurel määral.

Projektitulemuste lühikokkuvõte inglise keeles:

For the first time in Estonia, varieties of vegetables with the lowest levels of reducing sugars and acrylamide were identified, making possible of decisions of suitability for the industrial processing. Initially, the most cultivated varieties of vegetables were identified. Most cultivated potato, carrot, turnip, beet and pumpkin varieties in Estonia were analysed for the reducing sugars immediately after the harvest and thereby after 6 months of storage at 8°C and 3°C. Based on the results, vegetable varieties with the lowest and highest levels of reducing sugars were selected for the preparation of final products such as purees, chips and French fries. The average content of reducing sugars was calculated by taking into account the results of five different analyses of the same variety.

*Among **potatoes**, the lowest average levels of reducing sugars after harvest and after six months of storage at two different temperatures (3°C and 8°C) were obtained for variety 'Birgit'.*

*From the **carrots** the lowest levels of reducing sugars were determined for the variety 'Naval'. After six months of storage at 3 °C and 8 °C, the lowest levels of reducing sugars were also determined for the same 'Naval' variety.*

*The post-harvest sugar content of the different varieties of the **beetroot** was relatively similar between the three studied varieties. After six months of storage at 3°C and 8°C, the 'Boro' variety contained the least amount of reducing sugars. Compared to post-harvest reducing sugar content, the 2.6-fold and 2.1-fold increase of reducing sugars was detected after 6 months storage at 3°C and at 8°C, respectively.*

*Of the **turnips**, the average content of reducing sugars after harvest was lowest in the variety called 'Kohalik sinine'. After six months of storage at 3°C and 8°C, the least amount of reducing sugars was determined for variety 'Kohalik sinine'.*

*From the **pumpkins** 'Gold Medal' variety had the lowest average content of reducing sugars after harvest and after storage as well.*

In vegetable purees, the formation of acrylamides was directly related to the reducing sugars content in the raw materials. In vegetable chips and French fries, the formation of acrylamides in the product was probably greatly influenced by heating process.

Projektis esitatud eesmärkide saavutamine (sh kasutatud metoodika)

Eestis enimkasvatavate kartuli-, porgandi-, peedi-, kaalika- ja kõrvitsasortide teadasaamiseks tehti arvukalt päringuid erinevatesse statistilisi andmeid haldavatesse asutustesse:

- Statistikaamet;
- Eesti Põllumajandus-Kaubanduskoda;
- Põllumajandusamet;
- Eestis Taimekasvatuse Instituut;
- Aiandusliit.

Põllumajandusametist saadi infot Eestis aastatel 2014-2017 kasvatatud seemekartulisortide kohta. Lisaks saadi enimkasvatatavate sortide kohta infot Taimekasvatuse Instituudist ja suurematelt köögiviljade kasvatajatelt-töötlejatelt Eestis (Laheotsa, Jaagumäe talu, Salvest, Orkla Eesti Põltsamaa tehas, Mulgi krõpsud). Täiendavalt andis erinevate köögiviljasortide seemnete müügi kohta infot üks suuremaid köögiviljaseemnete müüjaid - Horticom.
Võttes arvesse päringute alusel saadud vastuseid koostati kõige enam kasvatatavate köögiviljade pingerida.
Järgnevalt on toodud enimkasvatatavate kartuli-, porgandi-, peedi-, kaalika- ja kõrvitsasortide nimetused:

Kartulisordid:

Laura
Gala
Teele
Birgit
Flavia

Porgandisordid:

Maestro
Berlin
Bangor
Naval
Jõgeva Nantes

Peedisordid:

Rodina
Boro
Alto

Kaalikasordid:

Globus
Skrene
Kohalik sinine

Kõrvitsasordid:

Medal
Atlanitic Gigant
Big Mac

Eelmainitud köögiviljade proove analüüsiti Veterinaar- ja Toidulaboratooriumis ja Terviseameti Tartu laboris.

Veterinaar- ja Toidulaboratooriumis teostati redutseeruvate suhkrute (fruktoos, glükoos) analüüsid ning nende köögiviljadest määramiseks kasutati vedelikkromatograafilist analüüsimeetodit. Metoodika põhineb ainete erineval jaotumisel mobiilse ja statsionaarse faasi vahel vedelikkromatograafi kolonnis, mis võimaldab neid retentsiooniaegade järgi eristada.
Tahketest proovidest ekstraheeriti süsivesikud sooja veega, sadestati valgud ja eraldati rasv. Proovi filtraati süstiti suhkrute kolonni (NH2-statsionaarne faas), kus toimus segu komponentideks jaotumine. Komponendid detekteeriti RI detektori abil ja tuvastati retentsiooniaegade järgi. Komponentide identifitseerimine toimus tunnusainete põhjal, kvantitatiivne sisaldus arvutati tunnusainega koostatud kalibreerimisgraafiku alusel.
Metoodika määramispiirid olid fruktoosil, glükoosil 0,1 g/100g.

Tartu Terviseameti laboris kasutati akrüülamiidi analüüsimiseks Eesti Akrediteerimiskeskuse poolt akrediteeritud meetodit T73-LC/MS/MS. Akrüülamiidi ekstraktsiooniprotsess viidi läbi QuEChERS-meetodil*, kus akrüülamiid ekstraheeriti proovist atsetonitriiliga naatriumkloriidi ja veevaba magneesiumsulfaadi manulusel. Proovi ekstrakt puhastati dispersiivse tahkefaas-sorbendi (PSA) ja veevaba magneesiumsulfaadi abil. Akrüülamiidi sisaldus proovis määrati LC-MS/MS meetodil.
Akrüülamiidi määramispiir (LOQ) oli 20 µg/kg. Analüüsi laiendmääramatuseks U (k=2, norm) on 20%.

Ühtekokku analüüsiti köögiviljade koristusjärgselt, 2018. aasta sügisel, **95 köögiviljaproovi redutseeruvatele suhkrutele** ja **18 tooteproovi akrüülamiidi** sisaldusele.

Järgnevalt on esitatud värsketest köögiviljadest analüüsitud proovimaterjal:
Redutseeruvate suhkrute analüüsideks kasutati:

- kartulit – 5 sorti ja igast sordist 5 proovi;
- porgandit – 5 sorti ja igast sordist 5 proovi;
- peeti – 3 sorti ja igast sordist 5 proovi;
- kaalikat – 3 sorti ja igast sordist 5 proovi;
- kõrvitsat – 3 sorti ja igast sordist 5 proovi.

Kokku: 19 sorti ja 95 proovi.

Töötlemisviiside mõju akrüülamiidi tekkele
Hinnati erinevate töötlemisviiside ja töötlemistemperatuuride mõju akrüülamiidi tekkele. Kokku analüüsiti akrüülamiidi sisaldust 18 valmistootes.

Tooted valmistati alljärgnevalt

- Köögiviljakrõpsude friteerimine:
  - katseks valiti kõige madalama ja kõrgema redutseerivate suhkrute sisaldusega kartuli-, porgandi-, peedi- ja kaalikasordid;
  - friteeritava köögiviljaviilu paksus oli 1 mm, etteantud köögiviljaviilud saadi köögikombaini kasutades;
  - proove friteeriti 5 minutit temperatuuril 175 ºC;
  - kokku määrati akrüülamiidi sisaldus 8 proovis.
- Friikartulite friteerimine:
  - katseks valiti kõige madalama ja kõige kõrgema redutseerivate suhkrute sisaldusega kartulisordid;
  - friteeritava kartulikangi paksus oli 5 x 5 mm, etteantud paksusega kartulikangid saadi 5x5 cm vormiga kartulist lõigates;
  - proove friteeriti 6 minutit temperatuuril 175 ºC;
  - kokku määrati akrüülamiidi sisaldus 2 proovis.

---

* *Quick Easy Cheap Effective Rugged Safe*

- Köögiviljapüree steriliseerimine:
  - katseks valiti kõige madalama ja kõige kõrgema redutseerivate suhkrute sisaldusega kartuli, porgandi ja kõrvitsa sordid;
  - värske kartul, porgand ja kõrvits püreestati köögikombainis ning iga proovi kuumutati temperatuuril 120 ºC 30 minutit;
  - kokku määrati akrüülamiidi sisaldus kuuest steriliseeritud köögiviljapüree proovist.

2019. aasta kevadel analüüsiti pärast köögiviljade säilitamist erinevatel temperatuuridel **160 köögiviljaproovi redutseeruvatele suhkrutele** ja **36 tooteproovi akrüülamiidi** sisaldusele.

- Köögiviljakrõpsude friteerimine:
  - katseks valiti kõige madalama ja kõige kõrgema redutseerivate suhkrute sisaldusega uuringus kasutatud kartuli-, porgandi-, peedi- ja kaalikasordid;
  - friteeritud köögiviljaviilu paksus oli 1 mm;
  - friteeritavad köögiviljaviilud valmistati erineval viisil säilitatud köögiviljast (pärast säilitamist 3ºC juures ja pärast säilitamist 8ºC juures).
  - proove friteeriti 5 minutit temperatuuril 175º C;

- Friikartulite friteerimine:
  - katseks valiti kõige madalama ja kõige kõrgema redutseerivate suhkrute sisaldusega uuringus kasutatud kartulisort;
  - friteeritud kartulikangi paksus oli 5 x 5 mm;
  - friteeritavad kartulikangid valmistati erineval viisil säilitatud kartulist (pärast säilitamist 3ºC juures ja pärast säilitamist 8ºC juures).
  - proove friteeriti 6 minutit temperatuuril 175ºC;

- Köögiviljapüree steriliseerimine:
  - katseks valiti kõige madalama ja kõige kõrgema redutseerivate suhkrute sisaldusega kartuli-, porgandi- ja kõrvitsasordid;
  - püree valmistati erineval viisil säilitatud kartulitest (pärast säilitamist 3ºC juures ja pärast säilitamist 8ºC juures), porganditest (pärast säilitamist 3ºC juures ja pärast säilitamist 8ºC juures) ja kõrvitsatest (pärast säilitamist 3ºC juures ja pärast säilitamist 8ºC juures);
  - proove kuumutati 30 minutit temperatuuril 120ºC;

Kokku analüüsiti projekti kestel (aastatel 2018-2019) 255 köögiviljade proovi redutseeruvatele suhkrutele ja 54 toiduproovi akrüülamiidi sisaldusele.

Uuringu tulemused

Redutseeruvate suhkrute sisaldused

Järgnevates tabelites ja joonistel on toodud redutseeruvate suhkrute sisaldused erinevates köögiviljades. Tulemused on esitatud viie analüüsi keskmistena. Redutseeruvate suhkrute sisaldused köögiviljades on toodud koristusjärgselt ning pärast kuuekuulist säilitusaega. Köögivilju säilitati kahel erineval temperatuuril, 3°C juures ja 6°C juures.
Esmalt on esitatud andmed erinevat sorti kartulites esinevate redutseeruvate suhkrute koguste kohta.

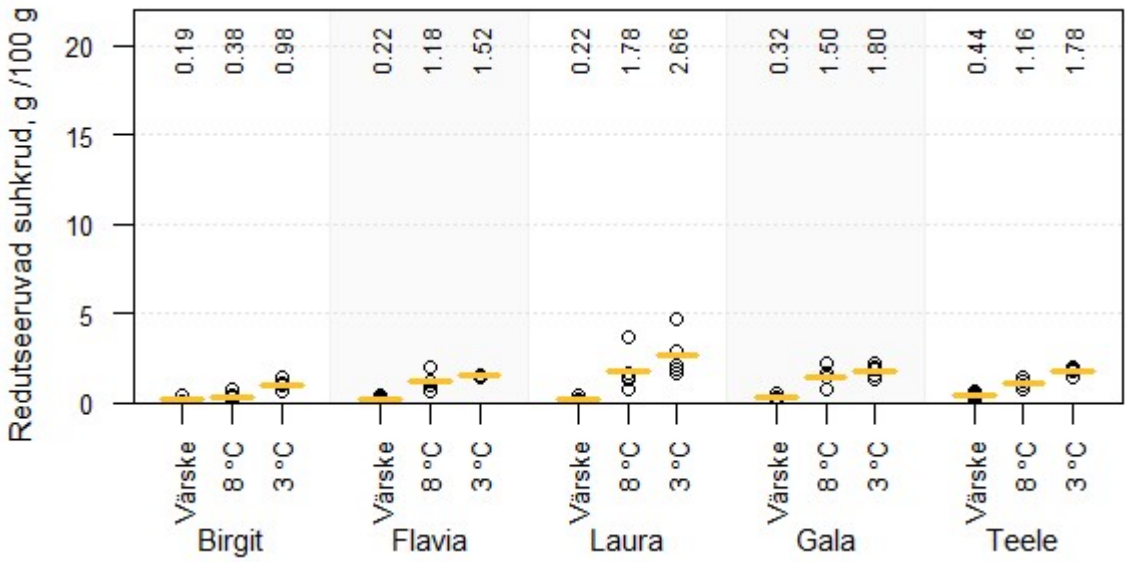
Tabel 1. Redutseeruvate suhkrute sisaldused erinevates kartulisortides

		Redutseeruvate suhkrute sisaldus g/100g		
Köögivili	**Sordi nimetus**	**Koristusjärgselt**	**6 kuud 3°C juures**	**6 kuud 8°C juures**
Kartul	Laura	0,2	2,66**	1,78**
Kartul	Gala	0,32	1,8	1,5
Kartul	Teele	0,44**	1,78	1,16
Kartul	Birgit	0,19*	0,98*	0,38*
Kartul	Flavia	0,22	1,52	1,18

* Rohelises kirjas on toodud madalamate redutseeruvate suhkrute sisaldusega köögiviljasordid
**Punases kirjas on toodud kõrgemate redutseeruvate suhkrute sisaldusega köögiviljasordid

Tabelis 1. on toodud erinevate kartulisortide keskmised redutseeruvate suhkrute sisaldused. Keskmiste sisalduse arvutamisel on võetud arvesse tavapäraselt ühe sordi viite erinevat redutseeruvate suhkrute analüüside tulemust. Selleks, et vähendada kasvutingimustest mõjutatud redutseeruvate suhkrute erinevaid sisaldusi kartulisortides, võeti võimalusel ühe sordi proovid erinevatelt tootjatelt. Madalaimad keskmised redutseeruvate suhkrute sisaldused saadi saagikoristusjärgselt ja ka pärast kuuekuulist säilitamist kahel erineval temperatuuril (3°C ja 8°C) kartulisordist 'Birgit'. Saagikoristuse järgselt tehti kõrgeim redutseeruvate suhkrute sisaldus (2,4 g/100g) kindlaks ühes proovis (sort 'Laura'), mis oli soetatud jaekaubandusest. Kuna teised kartulisordi 'Laura' proovid olid hangitud tootjatelt ehk tegemist oli kindlasti äsja koristatud köögiviljadega, jäeti kõrgema redutseeruvate suhkrute sisaldusega jaekaubandusest ostetud 'Laura' kartuli tulemus keskmise redutseeruvate suhkrute sisalduse arvutamisest välja. Kõige kõrgemate redutseeruvate suhkrute sisaldusega kartulisort saagikoristusjärgselt oli 'Teele', kuid säilitusjärgselt kartulisort 'Laura'. Pärast 6-kuulist säilitamist 3°C juures sisaldas madalamate keskmiste redutseeruvate suhkrute sisaldusega sort 'Birgit' redutseeruvaid suhkruid 0,98g/100g ning kõrgeim redutseeruvate suhkrute sisaldusega kartulisort 'Laura' redutseeruvaid suhkruid 2,66g/100g. Seega sisaldas kartulisort 'Laura' keskmiselt redutseeruvaid suhkruid 2,7 korda enam kui sort 'Birgit'. Samad sordid olid ka 8°C juures säilitades madalaima ja kõrgeima suhkrusisaldusega, kuid siis sisaldas kartulisort 'Laura' redutseeruvaid suhkruid 4,7 korda rohkem kui sort 'Birgit'.
Lisaks tabelistes esitatud andmetele on iga erineva köögivilja juures toodud välja redutseeruvate suhkrute sisaldus ka joonistena. Kõik joonised on esitatud sarnasel skaalal – selliselt saab erinevaid köögivilju, sorte ja säilitusviise võrrelda ülevaatlikumalt. Sordid on joonistel järjestatud värsketes proovides sisaldunud keskmiste redutseeruvate suhkrute sisalduse järgi.

Joonisel 1 toodud punktid tähistavad redutseeruvate suhkrute sisaldust üksikutes proovides, arvuliselt on välja toodud ja kollase joonega on märgitud keskmine redutseeruvate suhkrute sisaldus iga sordi ja säilitustemperatuuri kombinatsiooni korral. Sordid on järjestatud keskmise redutseeruvate suhkrute sisalduse järgi saagikoristusjärgselt võetud proovides. Joonisel 1. on näha, et värsketes mugulates olid redutseeruvate suhkrute sisaldused kõige madalamad ning sõltuvalt säilitustingimustest redutseeruvate suhkrute sisaldus säilitamisel kasvas. Madalamal (3°C) temperatuuril säilitades, olid kõigis kartulisortides redutseeruvate suhkrute sisaldused kõrgemad. Sarnaseid järeldusi on esitatud ka teaduskirjanduses, näiteks Martinez et al. (2019) aastal avaldatud artiklis on toonud välja andmed, et koristusjärgselt oli kartulites redutseeruvate suhkrute sisaldus 23 mg/kg ning pärast 4 kuulist säilitamist 8°C juures oli redutseeruvate suhkrute sisaldus tõusnud 34 mg/kg. Vastavalt Sowokinos, J. (1990) avaldatud arvamusele, põhjustab redutseeruvate suhkrute tõusu kartulite ladustamise ajal toimuv külm magustumine, mis seisneb kartulitärklise lagunemises madalamate temperatuuride mõjul.



Joonis 1. Redutseeruvate suhkrute sisaldus kartulis erinevate sortide ja säilitustemperatuuride (värske, 3 °C, 8 °C) korral.

Järgnevalt on toodud andmed erinevat sorti porgandites esinevate redutseeruvate suhkrute koguste kohta.

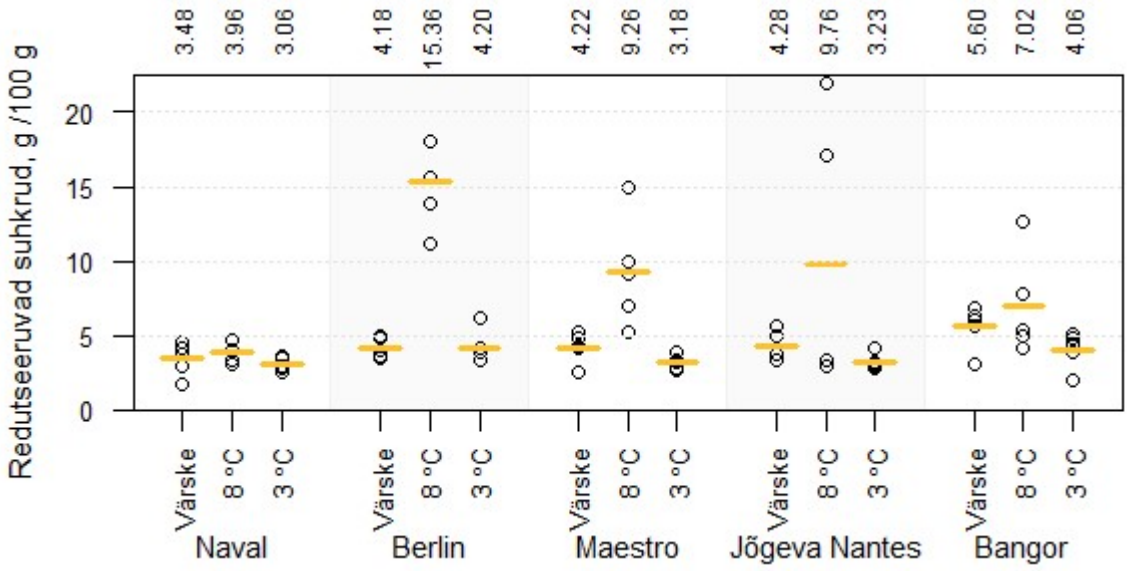
Tabel 2. Redutseeruvate suhkrute sisaldused erinevates porgandisortides

		Redutseeruvate suhkrute sisaldus g/100g		
Köögivili	**Sordi nimetus**	**Koristusjärgselt**	**6 kuud 3°C juures**	**6 kuud 8°C juures**
Porgand	Jõgeva Nantes	4,28	3,23	9,76
Porgand	Berlin	4,18	4,2**	15,36**
Porgand	Bangor	5,60**	4,06	7,02
Porgand	Maestro	4,22	3,18	9,26
Porgand	Naval	3,48*	3,06*	3,96*

* Rohelises kirjas on toodud madalamate redutseeruvate suhkrute sisaldusega köögiviljasordid

**Punases kirjas on toodud kõrgemate redutseeruvate suhkrute sisaldusega köögiviljasordid

Tabelis 2 on toodud keskmised redutseeruvate suhkrute sisaldused erinevates porgandisortides. Antud tabeli alusel võeti koristusjärgselt köögiviljadest edasistesse töötlemisviiside mõju uuringusse madalaima redutseeruvate suhkrute sisalduse alusel sort nimega ’Naval’ ja kõrgemate redutseeruvate suhkrute sisaldusega sort nimega ’Bangor’. Pärast porgandite kuuekuulist säilitamist 3°C juures sisaldas redutseeruvaid suhkruid kõige enam sort ’Berlin’ ja kõige vähem sort ’Naval’. Pärast porgandite säilitamist 8°C juures, sisaldas sort ’Berlin’ redutseeruvaid suhkruid enam kui madalatel temperatuuridel säilitatud porgandid. Projekti täitjate hinnangul on põhjus selles, et kasutatud säilitustingimused ei olnud porgandi säilitamiseks sobilikud. Köögivilju, kaasa arvatud porgandeid, säilitati külmikutes. Külmikus paberkottides säilitatud porgandid olid kuue kuu möödudes liigselt kuivanud ning suurel määral minetanud kõrge kvaliteedi. Kuivamise ulatus erines mõningal määral ning sõltuvalt sordist olid madalamatel temperatuuridel säilitatud porgandid vähem kuivanud kui kõrgemal temperatuuril säilitatud porgandid. Kuna porgandid olid visuaalselt hinnatuna kuivanud, siis sama massiga proovikoguse analüüsiks saamisel kasutati suuremat kogust kuivanud porgandit, kui oleks olnud vajalik mittekuivanud porgandi puhul ning seega olid ka redutseeruvate suhkrute sisaldused kõrgemad. Rohkem kuivanud olid porgandid sordist ’Berlin’. See seletab juba tabelis 6 toodud kõrget akrüülamiidide sisaldust porgandist ’Berlin’ valmistatud pürees. Järgneval joonisel 2 toodud punktid tähistavad redutseeruvate suhkrute sisaldust üksikutes proovides, arvuliselt on välja toodud ja kollase joonega on märgitud keskmine redutseeruvate suhkrute sisaldus iga sordi ja säilitustemperatuuri kombinatsiooni korral. Sordid on järjestatud keskmise redutseeruvate suhkrute sisalduse järgi värsketes proovides. Jooniselt on näha, et väga suuri sordi siseseid redutseeruvate suhkrute sisalduste kõikumisi oli eriti 8°C juures säilitatud ’Berlin’, ’Maestro’, ’Jõgeva Nantes’ ja ’Bangor’ porgandisortidel.



Joonis 2. Redutseeruvate suhkrute sisaldus porgandis erinevate sortide ja säilitustemperatuuride (värske, 3 °C, 8 °C) korral.

Järgnevas tabelis on esitatud peetidest saadud redutseeruvate suhkrute tulemuste andmed. Peetidest tehti analüüsid kohe koristusjärgselt ning pärast 6-kuulist säilitamist 3°C ja 8°C juures.

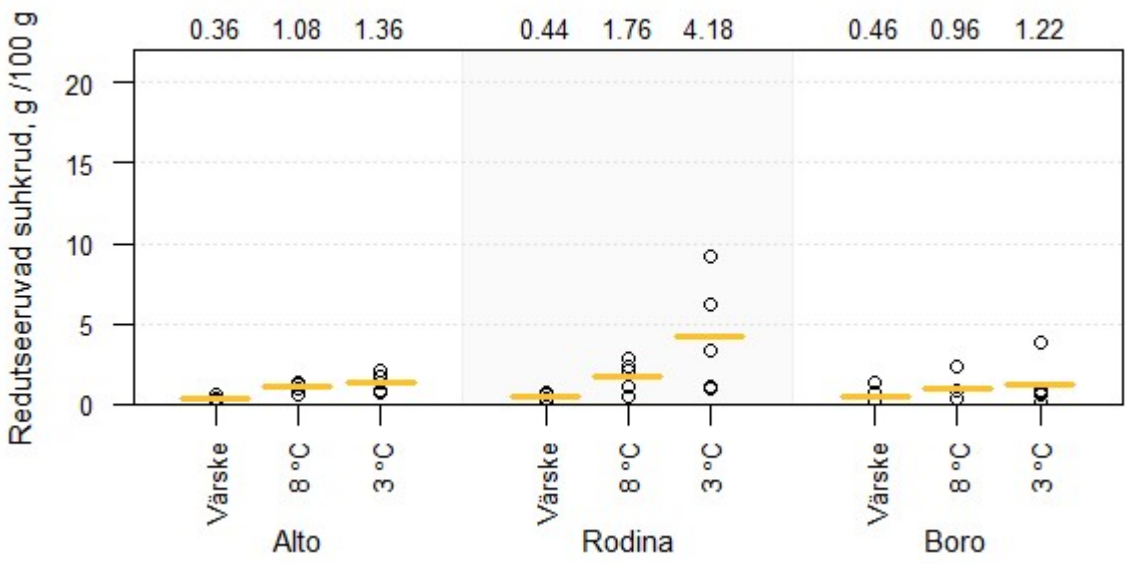
Tabel 3. Redutseeruvate suhkrute sisaldused erinevates peedisortides

		Redutseeruvate suhkrute sisaldus g/100g		
Köögivili	**Sordi nimetus**	**Koristusjärgselt**	**6 kuud 3°C juures**	**6 kuud 8°C juures**
Peet	Alto	0,36*	1,36	1,08
Peet	Rodina	0,44	4,18**	1,76**
Peet	Boro	0,46**	1,2*	0,96*

* Rohelises kirjas on toodud madalamate redutseeruvate suhkrute sisaldusega köögiviljasordid

**Punases kirjas on toodud kõrgemate redutseeruvate suhkrute sisaldusega köögiviljasordid

Tabelis 3 on toodud kolme enimkasvatatava peedisordi redutseeruvate suhkrute keskmised sisaldused. Kõigil kolmel koristusjärgselt uuringu all olnud sordil oli redutseeruvate suhkrute sisaldus küllalt sarnane, siiski veidi madalam oli see sordil nimega 'Alto' ning kõrgeim sordil nimega 'Boro'. Pärast peetide kuuekuulist säilitamist 3°C juures sisaldas redutseeruvaid suhkruid kõige enam sort 'Rodina' (9,5-kordne tõus, võrreldes koristusjärgse sisaldusega) ja kõige vähem sort 'Boro' (2,6-kordne tõus, võrreldes koristusjärgse sisaldusega). Pärast peetide säilitamist 8°C juures, sisaldas sort 'Rodina' (4 kordne tõus) redutseeruvaid suhkruid enam kui sordid 'Alto' (3 kordne tõus) ja 'Boro' (2,1 kordne tõus).
Joonisel 3 toodud punktid tähistavad redutseeruvate suhkrute sisaldust üksikutes proovides, arvuliselt on välja toodud ja kollase joonega on märgitud keskmine redutseeruvate suhkrute sisaldus iga sordi ja säilitustemperatuuri kombinatsiooni korral. Sordid on järjestatud keskmise redutseeruvate suhkrute sisalduse järgi värsketes proovides.



Joonis 3. Redutseeruvate suhkrute sisaldus peedis erinevate sortide ja säilitustemperatuuride (värske, 3 °C, 8 °C) korral.

Järgnevalt on toodud andmed erinevat sorti kaalikates esinevate redutseeruvate suhkrute koguste kohta.

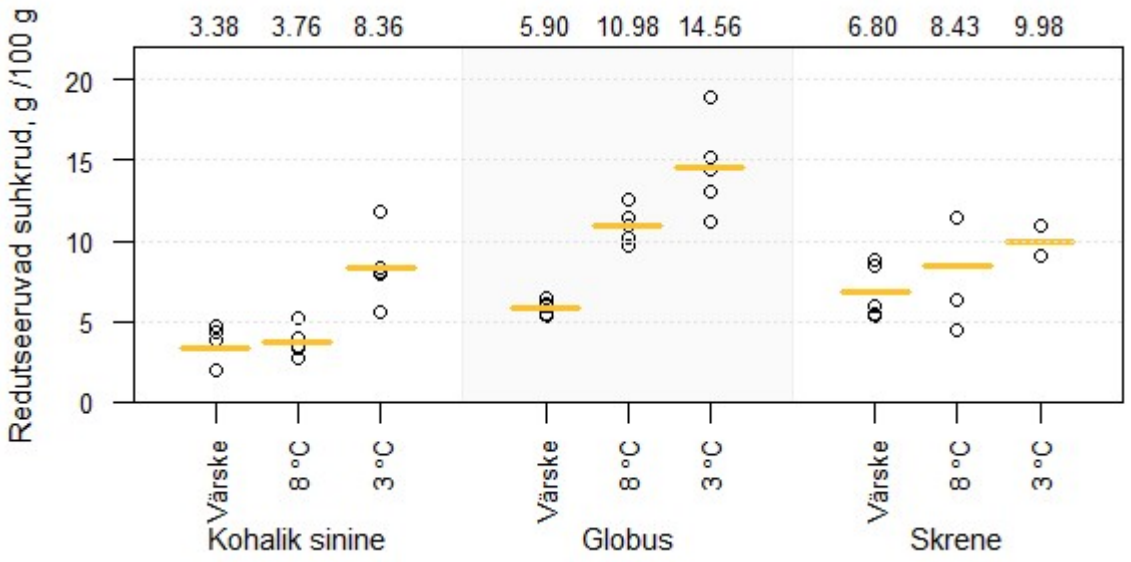
Tabel 4. Redutseeruvate suhkrute sisaldused erinevates kaalikasortides

		Redutseeruvate suhkrute sisaldus g/100g		
Köögivili	**Sordi nimetus**	**Koristusjärgselt**	**6 kuud 3°C juures**	**6 kuud 8°C juures**
Kaalikas	Globus	5,9	13,48**	10,98**
Kaalikas	Kohalik sinine	3,38*	8,36*	3,8*
Kaalikas	Skrene	6,8**	9,98	8,43

* Rohelises kirjas on toodud madalamate redutseeruvate suhkrute sisaldusega köögiviljasordid

**Punases kirjas on toodud kõrgemate redutseeruvate suhkrute sisaldusega köögiviljasordid

Tabelis 4 on toodud erinevate enimkasvatatavate kaalikasortide redutseeruvate suhkrute sisaldused. Kõige madalamad redutseeruvate suhkrute keskmised sisaldused olid saagikoristuse järgselt sordil nimega 'Kohalik sinine' ning kõrgeimad keskmised sisaldused sordil nimega 'Skrene'. Pärast kaalikate kuue kuulist säilitamist 3°C juures sisaldas redutseeruvaid suhkruid kõige enam sort 'Globus' ja kõige vähem sort 'Kohalik sinine'. Pärast kaalikate säilitamist 8°C juures, sisaldas sort 'Globus' redutseeruvaid suhkruid rohkem, kui sordid 'Skrene' ja 'Kohalik sinine'. Joonisel 4 toodud punktid tähistavad redutseeruvate suhkrute sisaldust üksikutes proovides, arvuliselt on välja toodud ja kollase joonega on märgitud keskmine redutseeruvate suhkrute sisaldus iga sordi ja säilitustemperatuuri kombinatsiooni korral. Sordid on järjestatud keskmise redutseeruvate suhkrute sisalduse järgi saagikoristusjärgsetes proovides.



Joonis 4. Redutseeruvate suhkrute sisaldus kaalikas erinevate sortide ja säilitustemperatuuride (värske, 3 °C, 8 °C) korral.

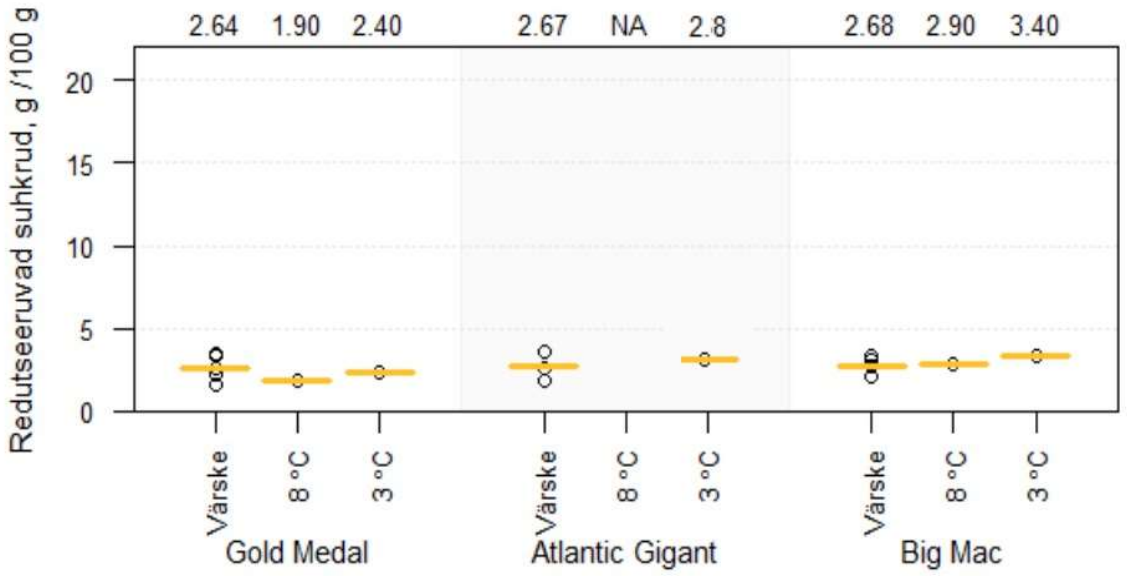
Järgnevas tabelis 5 on toodud redutseeruvate suhkrute sisaldused erinevates kõrvitsasortides.

Tabel 5. Redutseeruvate suhkrute sisaldused erinevates kõrvitsasortides

Köögivili	Sordi nimetus	Redutseeruvate suhkrute sisaldus g/100g		
		Koristusjärgselt	4,5 kuud 3°C juures	4,5 kuud 8°C juures
Kõrvits	Gold Medal	2,64*	2,4*	1,9*
Kõrvits	Atlantic Gigant	2,67	2,8	
Kõrvits	Big Mac	2,68**	3,4**	2,9**

* Rohelises kirjas on toodud madalamate redutseeruvate suhkrute sisaldusega köögiviljasordid
**Punases kirjas on toodud kõrgemate redutseeruvate suhkrute sisaldusega köögiviljasordid

Saagikoristusjärgselt oli madalaima keskmiste redutseeruvate suhkrute sisaldusega sort 'Gold Medal' ning kõrgeima sisaldusega sort nimega 'Big Mac'. Kõrvitsate säilitamisel külmkappides ilmnes väga suur probleem. Katsesse valitud, kõige sagedamini kasvatatavad ja tööstuslikult suuremas koguses kasutatavad kõrvitsasordid ei ole vastupidavad säilitamisele. Seda eelkõige seetõttu, et enamasti on tegemist kiirekasvuliste ja suuresaagiliste sortidega, millistest osadel on väga õhuke koorekiht. Tulenevalt eeltoodust selgus, et säilitatud kõrvitsate hulk vähenes väga kiirelt - kõrvitsad mädanesid ja veeldusid ehk langesid säilituskatsest välja. Seda alates pärast kahe kuu möödumist säilitamise algusest. Seega otsustati teostada allesjäänud kõrvitsatest redutseeruvate suhkrute analüüsid 4 kuu möödumisel pärast säilitamise algust. Otsus tehti seetõttu, et siiski oli soov kasutada säilitatud kõrvitsaid ka toodete katsetes, et oleks võimalik määrata akrüülamiidide sisaldusi. Arvatavalt kuuendaks säilituskuuks ei oleks viletsast säilimisest tingituna olnud enam võimalik analüüsida ühtki kõrvitsat. Nelja kuu möödumisel sisaldas redutseeruvaid suhkruid kõige vähem sort 'Gold Medal' ja kõige enam sort 'Big Mac', sarnane sisaldus oli ka 8°C juures säilitamisel.
Järgneval joonisel toodud punktid tähistavad redutseeruvate suhkrute sisaldust üksikutes proovides, arvuliselt on välja toodud ja kollase joonega on märgitud keskmine redutseeruvate suhkrute sisaldus iga sordi ja säilitustemperatuuri kombinatsiooni korral. Sordid on järjestatud keskmise redutseeruvate suhkrute sisalduse järgi värsketes proovides.
Jooniselt on näha, et 8°C juures säilitades on kõikidel kõrvitsatel madalamad redutseeruvate suhkrute tasemed, kuid kahjuks võib see olla tingitud sellest, et säilituskatsetes õnnestus analüüsida vaid üht kõrvitsat igast sordist ning kahjuks sordist 'Atlantic Gigant' (3°C juures hoitud) ei õnnestunud analüüsimiseks ühtki kõrvitsat säilitada.



Joonis 5. Redutseeruvate suhkrute sisaldus kõrvitsas erinevate sortide ja säilitustemperatuuride (värske, 3 °C, 8 °C) korral.

Akrüülamiidide sisaldused

Antud peatükis käsitletakse erinevatest köögiviljadest tehtud toodetes sisaldunud akrüülamiidi sisaldusi.

Tabel 6. Akrüülamiidide sisaldused erinevates püreetoodetes

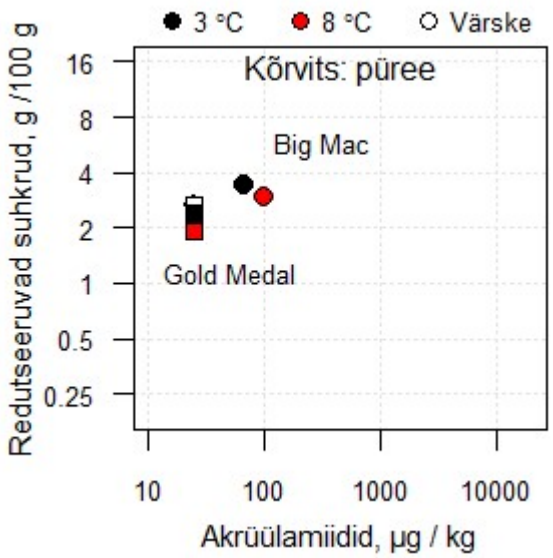
Köögivili	Toode	Sort	Saagikoristus-järgselt µg/kg	Sort	6 kuud 3°C juures µg/kg	6 kuud 8°C juures µg/kg
Kartul	Püree	Birgit*	69	Birgit	686	221
		Teele**	86	Laura	1028	758
Porgand	Püree	Naval*	264	Naval	349	261
		Bangor**	191	Berlin	182	1354
Kõrvits	Püree	Gold Medal*	20	Gold Medal	20***	20***
		Big Mac**	20***	Big Mac	68	99

* Rohelises kirjas on toodud madalamate redutseeruvate suhkrute sisaldusega köögiviljasordid

**Punases kirjas on toodud kõrgemate redutseeruvate suhkrute sisaldusega köögiviljasordid

*** LOQ = 20 µg/kg, keskmiste arvutamisel võrdsustatakse väärtused alla LOQ määramispiiriga

Tabelis 6 on toodud akrüülamiidide sisaldused erinevatest köögiviljadest valmistatud püreetoodetes. Erinevate toodete valmistamiseks kasutati kõige madalama ja kõige kõrgema redutseeruvate suhkrute sisaldusega köögiviljasorte. Kartulitest, porganditest ja kõrvitsatest valmistatud püreede akrüülamiidi sisaldusest saab järeldada, et üks madalaimaid akrüülamiidisisaldusi mõõdeti pürees, mis oli valmistatud madalaima redutseeruvate suhkrute sisaldusega kõrvitsasordist 'Gold Medal'. Mainitud kõrvitsasordis jäid akrüülamiidide sisaldused alla määramispiiri (LOQ = 20 µg/kg, keskmiste arvutamisel võrdsustatakse väärtused alla LOQ määramispiiriga). Sarnane akrüülamiidi sisaldus tehti kindlaks ka koristusjärgsest kõrvitsast 'Big Mac' valmistatud pürees. Erinevatel temperatuuridel säilitatuna olid kõrvitsasordist 'Big Mac' valmistatud püreedes akrüülamiidide sisaldused kõrgemad, kui tabelis 9 esitatud imikutoitutele toodud võrdlusväärtused (40 µg/kg).
Joonisel 6 on toodud redutseeruvate suhkrute sisaldus ja akrüülamiidide kogus erinevatest kõrvitsasortidest ja erinevalt säilitatud kõrvitsatest valmistatud püreedes.

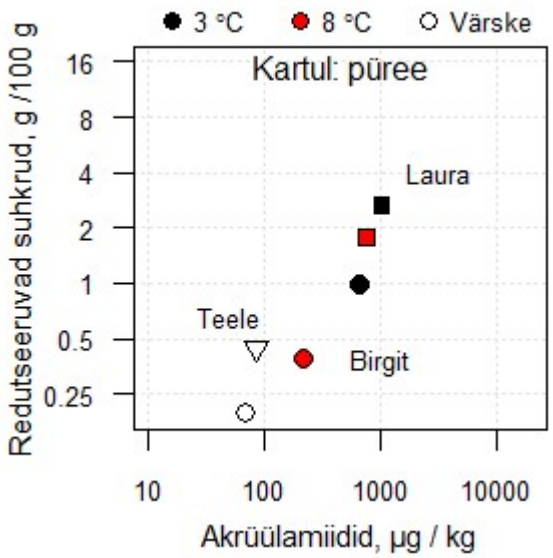


Joonis 6. Akrüülamiidide ja redutseeruvate suhkrute sisaldus kõrvitsapürees erinevate säilitustemperatuuride (tähistatud erinevate värvidega) ja valitud sortide (tähistatud erinevate sümbolitega ja sordi nimega) korral.

Tabelis 6 on toodud ka teistest köögiviljadest valmistatud püreede akrüülamiidide sisaldused. Nendes kõigist valmistatud püreed sisaldasid samuti võrdlusväärtusest suuremas kontsentratsioonis akrüülamiide.

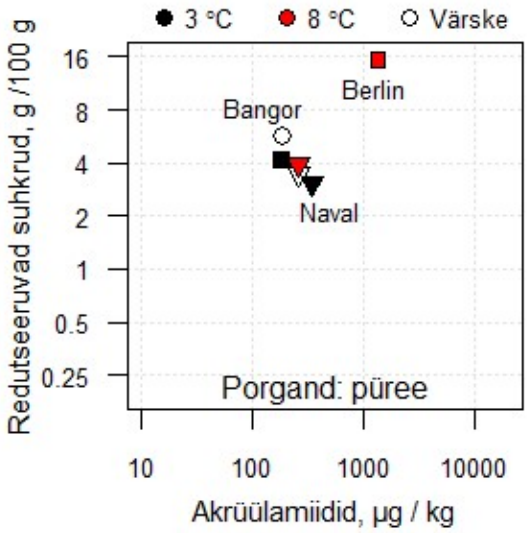
Hinnates kartulisorti ’Birgit’, mis koristusjärgselt sisaldas redutseeruvaid suhkruid kõige madalamal hulgal (0,19 g/100g), siis püreestamise ja kuumtöötlemise järgselt tekkis tootesse akrüülamiide kontsentratsioonis 69 µg/kg. Pärast 6-kuulist kartulisordi ’Birgit’ säilitamist 3°C juures sisaldas kartulisort ’Birgit’ endiselt kõige madalamal määral redutseeruvaid suhkruid 0,98 g/100g, kuid 3°C juures 6 kuud säilitatud kartulitest valmistatud kartulipürees oli akrüülamiidide sisaldus 686 µg/kg. See kogus oli 3 korda suurem, kui 8°C juures säilitatud sama sordi kartulipürees tekkis (221 µg/kg). Võrreldes redutseeruvate suhkrute sisaldust, oli ka nende sisalduses ligikaudu kolmekordne vahe, 3°C juures 0,98 g/100g ja 8°C juures 0,38 g/100g (Tabel 1).

Samuti on olemas seos kuus kuud säilitatud kartulisordist ’Laura’ valmistatud püree akrüülamiidide sisalduste ja redutseeruvate suhkrute vahel. Kolme kraadi juures säilitatud kartulisordis ’Laura’ oli redutseeruvate suhkrute tase 2,66 g/100g ning kaheksa kraadi juures säilitatuna oli 1,78 g/100g, seega oli madalamal temperatuuril säilitatud kartulites 1,5 korda kõrgem redutseeruvate suhkrute sisaldus. Eelmainitud kartulisordist ’Laura’ valmistatud püreedes oli akrüülamiidide sisaldus 3°C juures hoitud kartulistest valmistatud pürees 1028 µg/kg ning 8°C juures hoitud kartulitest valmistatud pürees 758 µg/kg, mis oli sarnaselt redutseeruvate suhkrute erinevusele 1,4 korda kõrgem madalamal temperatuuril säilitatud kartulitest valmistatud pürees.



Joonis 7. Akrüülamiidide ja redutseeruvate suhkrute sisaldus kartulipürees erinevate säilitustemperatuuride (tähistatud erinevate värvidega) ja valitud sortide (tähistatud erinevate sümbolitega ja sordi nimega) korral.

Tabelis 6 on toodud akrüülamiidide sisaldused ka erinevatest porgandisortidest valmistatud püreedes. Erinevatel porgandisortidel, mida säilitati 3°C ja 8°C juures, olid redutseeruvate suhkrute sisaldused 8°C juures säilitatutel 1,3 korda ('Naval') kuni 3,7 korda ('Berlin') kõrgemad. Sellest tulenevalt, et kõrgemal säilitustemperatuuril vähenes porgandite niiskusesisaldus kiirelt (porgandid kuivasid), olid ka sellistest porganditest valmistatud porgandipüreed väga kuivad (eriti sordist 'Berlin' valmistatud toode) ning seetõttu olid ka porgandipürees kõrged akrüülamiidi sisaldused (1354 µg/kg) (Joonis 8). Vaadates Tabelit 6, on näha, et 6 kuud 8°C juures säilitatud porgandisordis 'Berlin' oli redutseeruvate suhkrute tase kõige kõrgem ning tulenevalt sellest toimus porgandipüree kuumtöötlemisel ka kõige suuremal määral akrüülamiidide teke.



Joonis 8. Akrüülamiidide ja redutseeruvate suhkrute sisaldus porgandipürees erinevate säilitustemperatuuride (tähistatud erinevate värvidega) ja valitud sortide (tähistatud erinevate sümbolitega ja sordi nimega) korral.

Järgnevas lõigus (Tabel 7 ja joonis 9-12) käsitletakse akrüülamiidide sisaldusi erinevatest köögiviljadest valmistatud krõpsudes.

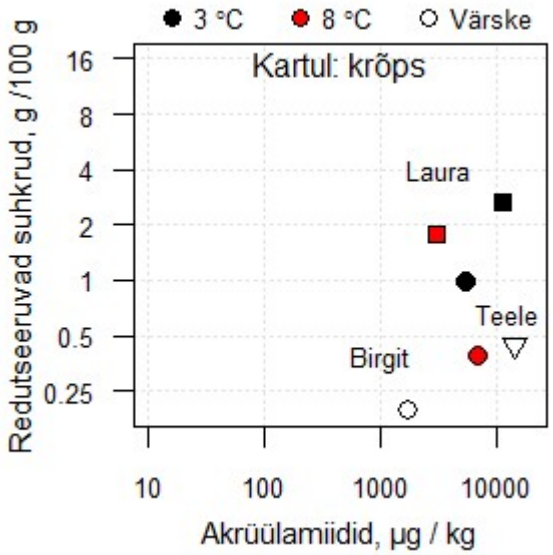
Tabel 7. Akrüülamiidide sisaldused erinevatest köögiviljadest valmistatud krõpsudes

Köögivili	Toode	Sort	Saagikoristus-järgselt µg/kg	Sort	6 kuud 3°C juures µg/kg	6kuud 8°C juures µg/kg
Kartul	Krõps	Birgit*	1738	Birgit	5611	6939
		Teele**	14315	Laura	11308	3078
Porgand	Krõps	Naval*	15466	Naval	10681	3960
		Bangor**	2530	Berlin	4453	18344
Kõrvits	Krõps	Gold Medal*	853	Gold Medal	108	306
		Big Mac**	3420	Big Mac	1012	601
Kaalikas	Krõps	Kohalik sinine*	2281	Kohalik sinine	1110	888
		Skrene**	117	Skrene	235	280
Peet	Krõps	Alto*	2695	Boro	6624	5825
		Boro**	4451	Rodina	2836	2147

* Rohelises kirjas on toodud madalamate redutseeruvate suhkrute sisaldusega köögiviljasordid

**Punases kirjas on toodud kõrgemate redutseeruvate suhkrute sisaldusega köögiviljasordid

Tabelis 7 on näha, et kõik köögiviljakrõpsud sisaldasid suurel määral akrüülamiide. Vastavalt määrusele 2017/2158 on toorest kartulist valmistatud kartulikrõpsudele kehtestatud võrdlusväärtus 750 µg/kg, kuid vaadeldes tabelis 7 ja joonisel 9 olevaid kartulikrõpsude akrüülamiidide sisaldusi, siis on need kõik kartulikrõpsudele kehtestatud võrdlusväärtustest kõrgemad.



Joonis 9. Akrüülamiidide ja redutseeruvate suhkrute sisaldus kartulikrõpsudes erinevate säilitustemperatuuride (tähistatud erinevate värvidega) ja valitud sortide (tähistatud erinevate sümbolitega ja sordi nimega) korral.

Koristusjärgsetest kartulitest valmistatud kartulikrõpsudes olid akrüülamiidide sisaldused kartulisordis ’Birgit’ 1738 µg/kg ja ’Teele’ koguni 14315 µg/kg, vastavalt madalaimatest ja kõrgematest redutseeruvaid suhkruid sisaldavatest kartulitest valmistatuna.

Fotolt 1 on võimalik näha kartulikrõpsude värvust.

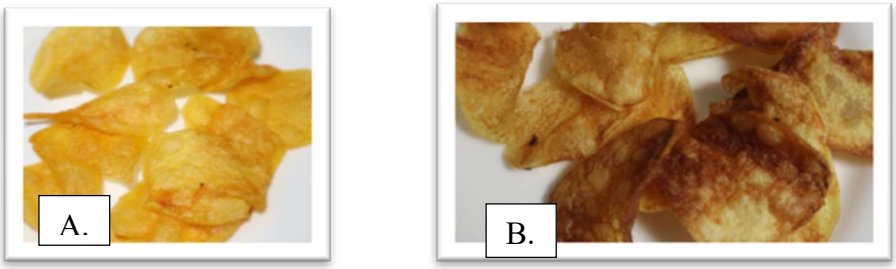


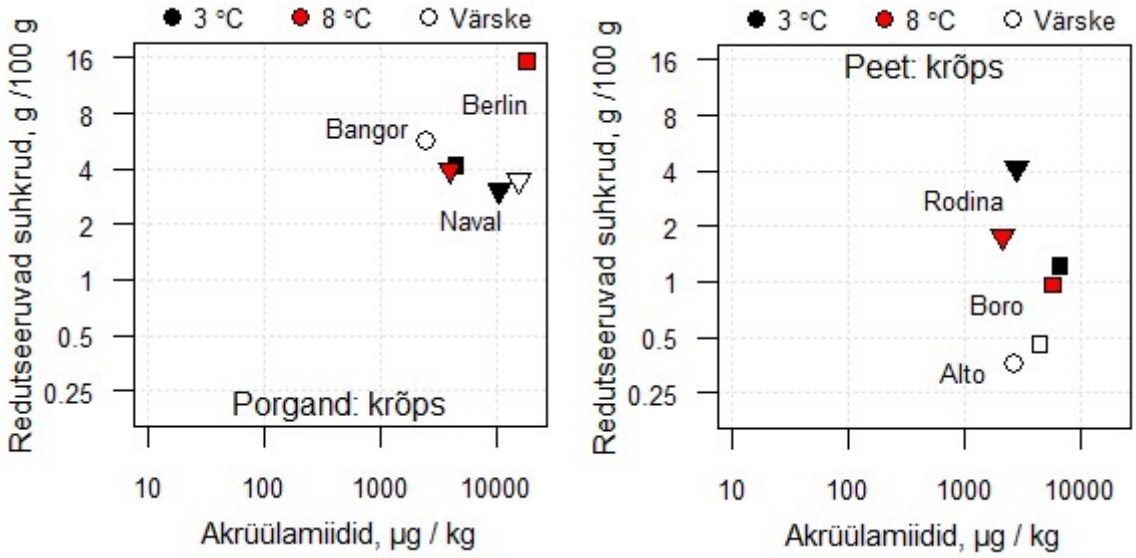
Foto 1. Kartulisortidest ’Birgit’ (A) ja ’Teele’ (B) koristusjärgselt valmistatud kartulikrõpsud

Erinevat sorti peetidest ja porganditest valmistatud krõpsud sisaldasid akrüülamiidi suurtes kogustes. Fotol 2 on toodud peedikrõpsu valmistamise käigus värvusega toimunud muutused. Võrdluseks on toodud fotol 3 näide koristusjärgsetest porganditest valmistatud krõpsude kohta. Võrreldes peetidest ja porganditest valmistatud krõpse, võib märgata tumedama värvuse esinemist suuremal hulgal porgandikrõpsudes. Fotol 2 toodud sordist ’Rodina’ peedikrõpsude akrüülamiidide tase oli 2836 µg/kg, seega peedikrõpse valmistades ei saa tugineda ainult krõpsu värvusele, sest antud krõpsud ei muutunud värvuselt vastuvõetamatuteks. Eriti vaadates fotol 3 porgandikrõpse, kus oli akrüülamiidi sisaldus sordist ’Naval’ tehtud krõpsudes 15466 µg/kg ja sordist ’Bangor’ 2530 µg/kg.

Foto 2. Peedikrõpsud, valmistatud sordist ’Rodina’ (peedid säilitatud 6 kuud 3°C juures) küpsetamise 1. minutil, 2. minutil, 3. minutil, 4.minutil ja 5. minutil.

Foto 3. Porgandisortidest ’Naval’ (A) ja ’Bangor’ (B) koristusjärgselt valmistatud krõpsud

Joonisel 11 on näha, et redutseerivate suhkrute sisaldused olid koristusjärgselt porgandites tunduvalt suuremad kui koristusjärgselt peetides, see tuleneb köögiviljade botaanilistest erisustest.



Joonis 11. Akrüülamiidide ja redutseeruvate suhkrute sisaldus porgandi- ja peedikrõpsudes erinevate säilitustemperatuuride (tähistatud erinevate värvidega) ja valitud sortide (tähistatud erinevate sümbolitega ja sordi nimega) korral.

Erandlikuna oli alla 750 µg/kg akrüülamiidide sisaldused kahest kõrvitsa sordist valmistatud krõpsude ja ühest kaalika sordist valmistatud krõpsudes. Mõlema kõrvitsasordi säilitamise toodete valmistamisel ilmnes, et tekkinud akrüülamiidide sisaldus oli madalam, kui värsketest kõrvitsatest valmistatud krõpsudes (Tabel 7 ja Joonis 12).
Teaduskirjandusele tuginevaid kinnitusi muutuste osas tuua ei ole, kuid kõrvitsate säilitamise käigus samuti ei täheldatud redutseeruvate suhkrute märgatavat tõusu.
Fotolt 4 näeme, et pärast koristust koheselt valmistatud kõrvitsakrõpsude värvus muutus küpsetamise käigus liigselt pruuniks.

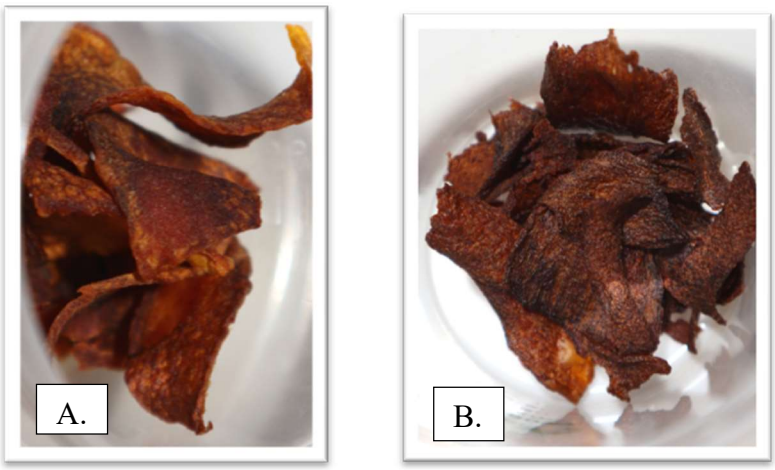
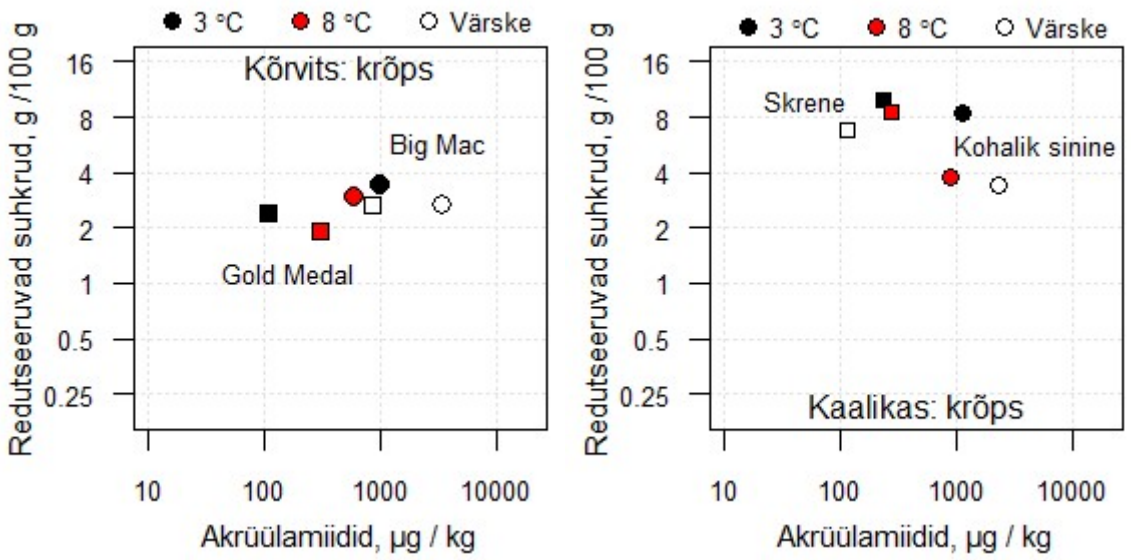


Foto 4. Kõrvitsasortidest ’Gold Medal’ (A) ja ’Big Mac’ (B) koristusjärgselt valmistatud krõpsud



Joonis 12. Akrüülamiidide ja redutseeruvate suhkrute sisaldus kõrvitsa- ja kaalikakrõpsudes erinevate säilitustemperatuuride (tähistatud erinevate värvidega) ja valitud sortide (tähistatud erinevate sümbolitega ja sordi nimega) korral.

Iga fritüürimisprotsessi juures kontrolliti lisaks fritüüril olnud temperatuuri näidikule õli temperatuuri eraldi termomeetriga. Arvatavaks põhjuseks, miks koristusjärgselt olid akrüülamiidide sisaldused kõrgemad, kui säilitusjärgsetest kõrvitsatest valmistatud krõpsudes, võib olla see, et säilitusjärgsetest kõrvitsatest valmistatud friteeritud krõpsude kogus/mass oli visuaalselt hinnates suurem, kui värsketest kõrvitsatest valmistatutel. Seega krõpsude asetamisel fritüüri langes koheselt õli temperatuur ning saavutas etteantud temperatuuri 45 kuni 90 sekundi jooksul. Eeltoodu vältimiseks oleks pidanud eelnevalt mõõtma kasutatava proovimaterjali temperatuuri ning lisaks ära kaaluma fritüüri pandava materjali koguse. Koristusjärgselt kasutatavaid köögivilju hoiti ennem tooteks tegemist toatemperatuuril ning seega võis olla fritüüris kasutatava õli väiksem temperatuurilangus tingitud ka osaliselt sellest. Köögiviljakrõpsude valmistamise protsessi jälgides võis juba visuaalselt ette aimata küllalt kõrgeid akrüülamiidide sisaldusi, sest tooted muutusid küpsemise käigus liigselt pruuniks.
Madalama akrüülamiidi taseme saavutamiseks krõpsudes oleks pidanud proove friteerima kas madalamal temperatuuril või lühendama friteerimise kestust. Kuna ka määruses (EÜ) 2017/2158 on toodud, et toidukäitleja määrab iga toote puhul kindlaks frittimisõli temperatuuri fritterist väljumisel. See temperatuur peab olema nii madal kui konkreetse tootmisliini ja toote puhul võimalik, vastama kvaliteedi- ja toiduohutusstandarditele ning arvestama asjakohaseid tegureid (nt fritteri tootja, fritteri tüüp, kartuli sort, tahkete ainete üldsisaldus, kartuli suurus, kasvatustingimused, suhkrusisaldus, hooajalisus ja taotletav niiskusesisaldus tootes). Lisaks, kui frittimisõli temperatuur fritterist väljumisel on konkreetse toote, tootmisprotsessi või tehnoloogia tõttu üle 168 °C, peab toidukäitleja esitama andmed, mis tõendavad, et akrüülamiidi sisaldus lõpptootes on nii väike kui mõistlikkuse piires võimalik ega ületaks määruses (EÜ) 2017/2158 esitatud võrdlusväärtusi. Täiendavalt peab toidukäitleja määrama iga toote puhul kindlaks frittimisjärgse niiskusesisalduse, mis peab olema nii suur kui konkreetse tootmisliini ja toote puhul võimalik, vastama ootuspärastele kvaliteedi- ja toiduohutusstandarditele ning arvestama asjakohaseid tegureid (nt kartuli sort, hooajalisus, mugula suurus ja temperatuur fritterist väljumisel). Niiskuse miinimumsisaldus ei tohi olla alla

1,0 %. Toidukäitleja peab kasutama kartulikrõpsude frittimisjärgset värvuse järgi käsitsi ja/või optilis-elektrooniliselt sortimist.

Järgnevas tabelis (Tabel 8) on toodud erinevatest kartulisortidest valmistatud friikartulite töötlemisel tekkinud akrüülamiidide sisaldused.

Tabel 8. Akrüülamiidide sisaldused erinevatest kartulisortidest valmistatud friikartulites

Köögivili	Toode	Sort	Saagikoristus-järgselt µg/kg	Sort	6 kuud 3°C juures µg/kg	6kuud 8°C juures µg/kg
Kartul	Friikartul	Birgit*	367	Birgit	2800	598
		Teele**	1483	Laura	3500	2566

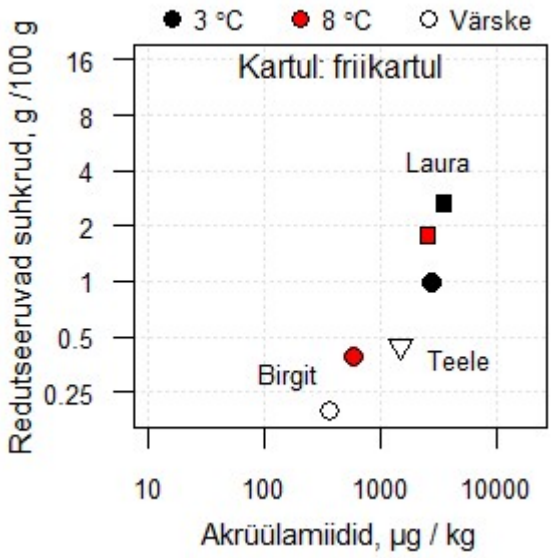
* Rohelises kirjas on toodud madalamate redutseeruvate suhkrute sisaldusega köögiviljasordid
**Punases kirjas on toodud kõrgemate redutseeruvate suhkrute sisaldusega köögiviljasordid

Friikartulid valmistati kõige madalamate ja kõige kõrgemate redutseeruvate suhkrute sisaldusega kartulitest. Friteeritud kartulikangi paksused olid 5 x 5 mm ning proove friteeriti temperatuuril 175ºC 6 minutit. 2017/2158 on tarbimisvalmis friikartulitele kehtestatud võrdlusväärtus 500 µg/kg, seega jäi alla võrdlusväärtuse akrüülamiidi sisaldus ainult kartulisordist 'Birgit' saagikoristusjärgsest kartulist valmistades. Teistel juhtudel oli akrüülamiidi sisaldus kõrgem kui võrdlusväärtus. Osades kartulisortides toimus kartulite pruunistumine ajaliselt varem kui kartulisordil 'Birgit' (Foto 5).

Foto 5. Kartulisordist 'Laura', mida oli säilitatud 6 kuud 3°C juures, valmistatud friikartulid

Väga hea ülevaate annab joonis 12 redutseeruvate suhkrute sisalduse ning akrüülamiidide tekke kohta. Kartulisordis 'Birgit' oli koristusjärgselt redutseeruvate suhkrute sisaldus 0,19 g/100g ning akrüülamiidi (367 µg/kg) tekkis samuti vähem kui Euroopa Komisjoni määrusega 2017/2158 paika pandud võrdlusväärtus. Madalamatel temperatuuridel säilitamise järgselt oli redutseeruvate suhkrute sisaldus tõusnud 0,2 g/100g kuni 2,66 g/100g ja kõrgematel temperatuuridel kuni 1,78 g/100g. Sellest tulenevalt on ka säilitamise järgselt kartulisordist

’Birgit’ tehtud friikartulites kõrgemad akrüülamiidide sisaldused, kui koristusjärgselt ning seda eriti madalamatel temperatuuridel säilitatud kartulitest tehtud friikartulites.



Joonis 12. Akrüülamiidide ja redutseeruvate suhkrute sisaldus friikartulis erinevate säilitustemperatuuride (tähistatud erinevate värvidega) ja valitud sortide (tähistatud erinevate sümbolitega ja sordi nimega) korral.

Tabel 9. Akrüülamiidi võrdlusväärtused vastavalt Euroopa Komisjoni määrusele 2017/2158

Tootegrupp	**Akrüülamiidi võrdlusväärtus (µg/kg)**
Tarbimisvalmis friikartulid	500
Kartulikrõpsud toorest kartulist ja kartulitainast	750
Imikutoit, imikutele ja väikelastele mõeldud teraviljapõhised töödeldud toidud, välja arvatud küpsised ja kuivikud	40

Tabelis 9 on toodud välja Euroopa Komisjoni poolt kehtestatud võrdlusväärtused nii friikartulitele kui ka kartulikrõpsudele ning lisaks köögiviljadest valmistatud püreedele. Võttes arvesse võrdlusväärtusi ning võrreldes tulemusi Tabelis 6, on näha, et võrdlusväärtus on jäänud ületamata madalamate redutseeruvate suhkrute sisaldusega kartulisordist valmistatud friikartulis, kuid kõrgema redutseeruvate suhkrute sisaldusega sordi korral on võrdlusväärtust ületatud.
Kartulikrõpsude osas (Tabel 6) on võrdlusväärtused ületatud nii madala kui ka kõrgema redutseeruvate suhkrute sisaldusega kartulikrõpsudes.
Vaadeldes teistest köögiviljadest valmistatud krõpsude akrüülamiidide sisaldusi, siis kõige kõrgem sisaldus oli porgandikrõpsus, millele järgnes kõrgema redutseeruvate suhkrute sisaldusega kartulikrõps.
Katsete põhjal saab järeldada, et etteantud režiim krõpsude valmistamiseks oleks võinud olla minuti võrra lühem ning krõpsude valmimist tuleb hinnata ka visuaalselt.

Soovitused ja ettepanekud:

- Uuringu tulemusena sobivad vahetult pärast saagi koristamist ja pärast kuuekuulist säilitamist 3°C ja 8°C juures kuumtöötlemiseks järgnevad sordid, sest need sisaldavad madalamates kogustes redutseeruvaid suhkruid ning seega tekib nende töötlemisel vähem akrüülamiidi:

Kartulitest tehti kindlaks madalaimad keskmised redutseeruvate suhkrute sisaldused saagikoristusjärgselt ja ka pärast kuuekuulist säilitamist kahel erineval temperatuuril (3°C ja 8°C) kartulisordil 'Birgit'.

Porganditest sisaldas vähem redutseeruvaid suhkruid sort nimega 'Naval'. Pärast porgandite kuuekuulist säilitamist 3°C ja 8°C juures sisaldas redutseeruvaid suhkruid samuti kõige vähem sort 'Naval'.

Erinevat sorti **peetide** koristusjärgsed redutseeruvate suhkrute sisaldused olid kolmel sordil küllalt sarnased. Pärast peetide kuuekuulist säilitamist 3°C ja 8°C juures sisaldas redutseeruvaid suhkruid kõige vähem sort 'Boro'. Võrreldes saagikoristusjärgse redutseeruvate suhkrute sisaldusega, oli 3°C juures säilitamisel tõus 2,6-kordne ning 8°C juures 2,1 kordne.

Kaalikatest olid kõige madalamad redutseeruvate suhkrute keskmised sisaldused saagikoristuse järgselt sordil nimega 'Kohalik sinine'. Pärast kaalikate kuue kuulist säilitamist 3°C ja 8°C juures sisaldas redutseeruvaid suhkruid samuti kõige vähem sort 'Kohalik sinine'.

Kõrvitsatest oli saagikoristusjärgselt ning ka säilitusjärgselt madalaimate keskmiste redutseeruvate suhkrute sisaldusega sort 'Gold Medal'.

Köögiviljapüreedes oli akrüülamiidide teke otseselt seotud redutseeruvate suhkrute sisaldustega tooraines. Väga hästi korreleerusid köögiviljades sisalduvad redutseeruvate suhkrute kogused köögiviljapüreedes tekkivate akrüülamiidi kogustega. Köögiviljakrõpsude ja friikartulite juures mõjutas friteerimine akrüülamiidide teket suurel määral.

- Uute katseseeriate planeerimisel tuleb akrüülamiidi tekke selgitamiseks toodete kuumtöötlemise mõju hindamisel rakendada toodete kuumtöötlemist erinevatel temperatuuridel ja/või erineva kestvusega.
- Ideaalis võiks köögiviljade säilitamine toimuda ümbritseva keskkonna osas kontrollitud hoiustustingimustes tootjate poolsetes säilitusruumides.