



REDUTSEERIVATE SUHKRUTE SISALDUS EESTIS ENIMKASVATATUD KÖÖGIVILJADES SAAGIKORISTUSJÄRGSELT JA PÄRAST SÄILITAMIST

CONTENT OF REDUCING SUGARS IN MOSTLY GROWN VEGETABLES IN ESTONIA AFTER HARVESTING AND AFTER STORAGE

Sirje Jalakas¹, Mati Roasto¹, Tanel Kaart², Kristi Praakle¹, Mihkel Mäesaar¹, Terje Elias¹

¹Eesti Maaülikool, veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituut, veterinaarse biomeditsiini ja toiduhügieeni õppetool,
Fr. R. Kreutzwaldi 62, 51006 Tartu

²Eesti Maaülikool, veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituut, tõuaretuse ja biotehnoloogia õppetool,
Fr. R. Kreutzwaldi 62, 51006 Tartu

Saabunud:
Received: 21.02.2022

Aktsepteeritud:
Accepted: 01.04.2022

Avaldatud veebis:
Published online: 01.04.2022

Vastutav autor:
Corresponding author: Terje Elias

E-mail: terje.elias@emu.ee

ORCID:

0000-0001-6060-8892 (SJ)
0000-0002-7835-0647 (MR)
0000-0002-8936-768X (TK)
0000-0002-6605-7005 (KP)
0000-0002-9111-1595 (MM)
0000-0001-5395-3233 (TE)

Keywords: potato, beetroot, turnip,
pumpkin, reducing sugar content,
storage.

DOI: 10.15159/jas.22.05

ABSTRACT. The study examined the content of reducing sugars in various varieties of potato, beetroot, turnip and pumpkin most commonly grown in Estonia. This study aimed to determine the varieties of vegetables with the lowest levels of reducing sugars after harvesting and after storage at two different temperatures (3 and 8 °C). In the present study it was found that the potato variety with the lowest content of reducing sugars after harvesting and after six months of storage was potato variety 'Birgit' with 0.19 g 100 g⁻¹ after harvesting, 0.98 g 100 g⁻¹ after storage at 3 °C and 0.38 g 100 g⁻¹ after storage at 8 °C, respectively. All three varieties of the beetroot, after harvest, contained a similar amount of reducing sugars. After six months of storage, the lowest content of reducing sugars was determined for variety 'Boro' with 1.22 g 100 g⁻¹ at 3 °C and 0.96 g 100 g⁻¹ at 8 °C, respectively. The lowest average concentrations of reducing sugars from turnips were after harvest in the variety 'Kohalik sinine' with 3.38 g 100 g⁻¹. Also after storage, the same variety had the lowest content of reducing sugars with 8.36 g 100 g⁻¹ at 3 °C and 3.76 g 100 g⁻¹ at 8 °C, respectively. From the pumpkin varieties, the lowest reducing sugars contents were determined for variety 'Gold Medal' with 2.64 g 100 g⁻¹ after harvesting, 2.40 g 100 g⁻¹ after storage at 3 °C and 1.90 g 100 g⁻¹ after storage at 8 °C. It can be concluded that all studied vegetables stored at 3 °C contained higher amounts of reducing sugars than those stored at 8 °C.

© 2022 Akadeemiline Põllumajanduse Selts. | © 2022 Estonian Academic Agricultural Society.

Sissejuhatus

Köögiviljad sisaldavad erinevates kogustes suhkruid, sealjuures on erinev ka redutseerivate suhkrute sisalduse tase. Redutseeriv suhkur kuulub süsivesikute või looduslike suhkrute kategooriasse. Redutseerivad suhkrud on need, mis toimivad redutseerijana, kuna nende molekulaarstruktuuris on vabad aldehüüd- või ketorühmad. Redutseerivateks suhkruteks on glükoos, fruktoos, glütseeraldehüüd, laktoos, arabiinooos ja maltoos, kuid mitte sahharoos (Considine ja Frankish, 2013). Köögiviljades sisalduvad redutseerivad suhkrud võivad kuumtöötlemisel,

reageerides köögiviljades sisalduva aminohappe asparagiiniga, põhjustada kantserogeense ühendi akrüülamiidi teket (Motttram jt, 2002; Muttucumaru jt, 2017). Seetõttu on köögiviljasortides redutseerivate suhkrute sisalduste tuvastamine väga oluline, et leida madalate redutseerivate suhkrute sisaldusega sordid ning seeläbi vähendada võimalikku akrüülamiidi tekke ohtu toidus. Vältimaks redutseerivate suhkrute liigset kogunemist köögiviljadesse, tuleb neid kasvatada köögiviljaliikidele parimates sobivates tingimustes. Päikeselisel ja kuival suvel kasvanud köögiviljadel on redutseerivate suhkrute sisaldus enamasti kõrgem (sõltub stressori toimimise

ajast), kui pilvisel suvel kasvanutel (Ohara-Takada jt, 2005; Bufler, 2013; Johansen jt, 2016). Stressoritel (nt kuumus, põud, toitainete puudus), mis mõjutavad taime kasvu varases staadiumis, on suurem mõju suhkrute sisaldusele, kui stressi teguritel kasvu hilises staadiumis (Bulgari jt, 2019). Mitmetes teadusuuringutes on kirjeldatud kasvukeskkonna mõju redutseerivate suhkrute sisaldusele köögiviljades, eriti selgelt väljendub köögiviljadele ilmastiku mõju sademetevaesed ja päikeselisel suvel (Ohara-Takada jt, 2005; Bufler, 2013; Johansen jt, 2016). Glükoosi- ja fruktoosisisalduse tõusu köögiviljades mõjutab ka kasvukeskkond, nt kaalikas tõusevad happelises ja aluselises keskkonnas glükoosi- ja fruktoosisisaldus (Gupta jt, 2001). Menamo (2012) Hollandis teostatud uuringus selgus, et kasvuhoonetingsimustes kasvatatud kaalikates olid analüüsitud ühenditest suurimad sisaldusega glükoos – 28,09, fruktoos – 31,46, sahharoos – 29,90 ja tärklis – 24,06 g 100 g⁻¹. Avamaal kasvatamisel oli eelmainitud uuringus suurima sisaldusega glükoos – 33,51, fruktoos – 17,84, sahharoos – 23,39 ja tärklis 20,84 g 100 g⁻¹. Nendest tulemustest selgub, et kasvuhoones on keskkonnast tingitud stressorid paremini kontrollitud, seega jäävad uuritud ühenditest enamike sisaldused (v.a fruktoosil) madalamale tasemele kui avamaal (Menamo, 2012). Bethke jt (2009) uuringust selgus, et avamaal kasvatatud kartulitel esines kasvuajal erinevat laadi stressi ning sõltuvalt selle raskusastmest muutus ka mugula glükoosisisaldus. Kartuli varajases kasvustaadiumis esinev stress avaldab suuremat mõju suhkrute sisaldusele kui stressi toime kasvu hilises staadiumis (Bethke jt, 2009). Shinohara ja Suzuki (1981) artiklis toodi välja, et varjulisel alal kasvanud taimedel väheneb salatilehtede suurus ja lehtede arv, lehtede kuju kitsenes ning märgatavalt vähenes suhkru- ja askorbiinhappesisaldus. Eelnevast uuringust järeldub, et kui taimed kasvavad põuastes tingimustes, siis toimuvad vee puudusel taimedes kiired muutused, et hoida põuast tingitud stressi võimalikult madalana. Jaapanis koostatud ülevaateartiklis on toodud informatsioon fotosünteesi toimumise seosest veepuuduse ja päikese- paistes kasvamise vahel (Osakabe jt, 2014). Veepuudus koos ülemäärase päiksega (stressorid) vähendab fotosünteesi aktiivsust, millest tingituna redutseerivate suhkrute kasutamine taimede kasvamiseks ja õitsemiseks on pärsitud. Sellistes köögiviljades on redutseerivate suhkrute sisaldused suuremad (Van der Vyver ja Peters, 2017). Sahharoosi kogus, mis on lehtedest ekspordimiseks saadaval, sõltub mitmetest parameetritest, nt fotosünteesi aktiivsusest (süsiniku sidumisest) ja ajutisest sahharoosi talletamisest vakuoolis. Porgandites toimub kogu kasvuperioodi jooksul sahharoosi taseme tõus, mis jätkub ka siis, kui porgandeid säilitada 2 °C juures (Bufler, 2013).

Koristusjärgsel säilitamisel mõjutavad tärglise ja suhkrute muundumist säilitamistemperatuurid. Erinevate köögiviljade säilitamisel jahedates ruumides nende suhkrusisaldus tõuseb (Xiao jt, 2018; Lina jt, 2019; Liu jt, 2021). Külmaes säilitustingimustes muudetakse kartulite säilitamisel tärglisk suhkruteks (Hou jt, 2017). Sloveenias teostatud uuringu põhjal (Jakopic jt,

2021) leiti, et kaalikates (sort 'Globus') tõusis suhkrute sisaldus koristuse järgselt 452 g kg⁻¹lt kuivaines, külmikus säilitamisel 34. säilituspäevaks kuni 726 g kg⁻¹ kuivaines. Pikemaajalisel säilitamisel, 34. kuni 62. päevani, toimus suhkrute sisalduse langus, mis jätkus katseperioodi (123 päeva) lõpuni (Jakopic jt, 2021). Sarnased trendid tuvastati glükoosi, fruktoosi ja sahharoosi osas. Saksamaal teostati põhjalik uuring porgandite tärglise- ja suhkrusisalduse kohta (Bufler, 2013). Uuringu teostamiseks tehti eelnevalt kindlaks kõrgete tärglise- ja suhkrusisaldusega porgandisordid. Seejärel teostati uuringud juba taimede põllul kasvamise ajal ning samuti sellele järgnenud säilitamisel. Tulemustest selgus, et madalal temperatuuril (2 °C) säilitamine vähendas oluliselt tärglisesisaldust ja suurendas samaaegselt sahharoosisisaldust. Hiinas läbi viidud uuringu põhjal avaldatud teadusartiklist (Lina jt, 2019) selgub, et kartulite koristusjärgsel säilitamisel kolmel erineval temperatuuril (0, 4, 15 °C), oli kõige suurem glükoosi- ja fruktoosisisalduse tõus 0 °C-l säilitatud mugulates. Mõningal määral väiksem oli glükoosi ja fruktoosi tõus 4 °C-l säilitamisel ning 15 °C kraadi juures 30 päevasel säilitamisel toimus nii glükoosi- kui ka fruktoosisisalduse langus võrreldes koristusjärgse sisaldusega. Liu jt (2021) poolt avaldatud uuringust selgus, et 4 °C-l säilitades hakkas redutseerivate suhkrute sisaldus kartulis tõusma juba viiendal säilituspäeval ning redutseerivate suhkrute tõus kestis katse lõpuni, 30. päevani. Samas 20 °C-l säilitatud kartulites redutseerivate suhkrute tõusu, kogu katseperioodi jooksul, ei täheldatud (Liu jt, 2021). Säilitustingimused mõjutavad märkimisväärselt suhkrusisalduse vähendamist kartulites ja ebaõiged säilitamistingimused võivad põhjustada kõrgeid redutseerivate suhkrute koguseid köögiviljades (Xiao jt, 2018). Samuti kõrvitsate säilitamisel on kasutatavad temperatuurid väga olulised. Optimaalsed säilitamistingimused kõrvitsatele on temperatuur 10–13 °C ning suhteline õhuniiskus 50–70%. Kõrvitsad on madalamatel temperatuuridel tundlikud külmakahjustustele. Kvaliteeti arvesse võttes ei soovitata kõrvitsaid säilitada kauem kui 60–90 päeva (Gaskell, 1996; Biesiada jt, 2011).

Antud töö eesmärgiks oli välja selgitada erinevate köögiviljaliikide ja -sortide redutseerivate suhkrute sisaldused nii koristusjärgselt kui ka kahel erineval temperatuuril säilitatuna. Seejärel, töö tulemuste põhjal anda soovitused kuumtöötlemiseks sobilike köögiviljasortide kasvatamiseks ja kasutamiseks.

Materjal ja meetodika

Proovide kogumine

Eestis enimkasvatatud kartuli-, punapeedi-, kaalika- ja kõrvitsasortide tuvastamiseks tehti päringuid erinevatesse statistilisi andmeid haldavatesse asutustesse. Päringute tulemusel valiti analüüsamiseks viis enimkasvatatud kartulisorti: 'Birgit', 'Laura', 'Gala', 'Teel', 'Flavia', kolm punapeedisorti: 'Alto', 'Rodina', 'Boro', kolm kaalikasorti: 'Kohalik sinine', 'Globus', 'Skrene', ja kolm kõrvitsasorti: 'Gold Medal', 'Atlantic Gigant', 'Big Mac'.

Köögiviljade säilitamistingimused olid määratletud uuringu tellija poolt. Köögiviljade suhkrute sisaldusi analüüsi koheselt pärast põllult koristamist ja pärast kuuekuulist kahel erineval temperatuuril (3 ja 8 °C) säilitamist. Kuna katsesse valitud kõrvitsasordid ei olnud vastupidavad säilitamisele (tegemist on kiirekasvuliste ja suuresaagiliste sortidega, millest osadel on väga õhuke koor), siis teostati redutseerivate suhkrute analüüsid kõrvitsatel pärast neljakuulist säilitamist. Värsketest köögiviljadest võeti igast sordist viis proovi, kuid proovide säilitamise probleemidest tingituna jäid analüüsides välja ühe kartuli ja kahe kõrvitsa proovid. Säilitamisjärgselt võeti kõigest kartuli-, punapeedi- ja kaalikasortidest mõlema säilitustemperatuuri kohta viis proovi (v.a üks kaalikasort, millest õnnestus võtta vastavalt neli ja kaks proovi erinevate säilitustemperatuuride kohta). Kõrvitsatest õnnestus peale nelja säilituskuud võtta vaid üks sordi ja säilitustemperatuuri kohta (v.a sort 'Atlantic Gigant' millest säilitustemperatuuril 3 °C ei õnnestunud võtta tükki proovi). Kokku analüüsiti redutseerivate suhkrute sisalduse määramiseks köögiviljades koristusjärgselt 67 proovi ja pärast köögiviljade erinevatel temperatuuridel säilitamist 111 proovi. Kogu uurimisperioodi jooksul teostati köögiviljadest 178 redutseerivate suhkrute sisalduse analüüsi.

Proovide keemiline analüüs

Redutseerivate suhkrute (fruktoos ja glükoos) analüüsid teostati Veterinaar- ja Toidulaboratooriumis ning määramiseks kasutati vedelikkromatograafilist (HPLC Agilent 120) analüüsimeetodit. Metoodika (NMKL 148:1993) 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 filtraat süstiti suhkrute kolonni (NH₂-statsionaarne faas), kus toimus segu komponentideks jaotumine. Komponentid detekteeriti murdumisnäitajadetektoriga (RI detektor) ja tuvastati retentsiooniaegade järgi. Komponentide identifitseerimine toimus tunnusainete põhjal, kvantitatiivne sisaldus arvutati tunnusainega koostatud kalibreerimisgraafiku alusel. Metoodika määramispiirid olid fruktoosil ja glükoosil 0,1 g 100 g⁻¹.

Statistiline analüüs

Tulemused on esitatud kujul keskmine ± standardhälve. Redutseerivate suhkrute sisalduse erinevust erinevates köögiviljades ja erinevates säilitus-gruppides (värske vs säilitus 3 °C-l vs säilitus 8 °C-l) testiti kahefaktorilise dispersioonanalüüsiga. Kahefaktorilist dispersioonanalüüsi kasutati ka võrdlemaks erinevaid sorte ja säilitus-gruppe köögiviljaliikide siseselt. Köögiviljaliikide, sortide ja säilitus-gruppide paarikaupa võrdlemiseks kasutati Tukey *post-hoc* testi. Kuna redutseerivate suhkrute sisaldus oli parempoolselt ebasümmeetrilise jaotusega, viidi statistilised testid läbi logaritmitud andmetega. Tulemused loeti statistiliselt oluliseks P ≤ 0,05 korral. Statistilisteks analüüsideks ja jooniste konstrueerimiseks kasutati programmi R 4.0.3 (R Core Team, 2021).

Tulemused ja arutelu

Redutseerivate suhkrute sisaldus erinevates köögiviljades

Tabelis 1 on esitatud redutseerivate suhkrute keskmine sisaldus ± standardhälve erinevates köögiviljades koristusjärgselt, pärast kahel temperatuuril säilitamist ja kokku. Dispersioonanalüüsi tulemuste alusel on redutseerivate suhkrute sisaldus nii erinevates köögiviljades kui ka koristusjärgselt ja erinevatel temperatuuridel säilitamise järgselt statistiliselt oluliselt erinev (P < 0,001). Kõrgeim on redutseerivate suhkrute sisaldus kaalikas ja seda nii koristusjärgselt kui ka pärast säilitamist, järgnevad kõrvits ning omavahel statistiliselt oluliselt mitteeristuvatena peet ja kartul. Nii kaalikas kui ka kartulis ja peedis redutseerivate suhkrute sisaldus säilitamisel kasvab, seejuures 3 °C-l enam kui 8 °C-l. Kõrvitsas säilitamise järgselt kõrgemat redutseerivate suhkrute sisaldust ei ilmnunud, aga see võib olla seotud kõrvitsa lühema säilivusajaga ning säilitamisjärgsete proovide nappusega.

Tabel 1. Keskmine ± standardhälve redutseerivate suhkrute sisaldus (g 100 g⁻¹) erinevates köögiviljades koristusjärgselt (värske) ning pärast kuuekuulist (kõrvitsal neljakuulist) säilitamist temperatuuridel 3 ja 8 °C. Keskmete arvulistele väärtustele lisatud väiketähed näitavad redutseerivate suhkrute sisalduse erinevuse statistiliselt oluliselt värsketes ja erinevatel temperatuuridel säilitatud köögiviljades (samas reas sama väiketäheta keskmised on statistiliselt oluliselt erinevad), suurtähed näitavad köögiviljaliikide erinevuse statistiliselt oluliselt konkreetses säilitus-grupis ja kokku (samas veerus sama suurtäheta keskmised on statistiliselt oluliselt erinevad, P < 0,05, Tukey *post-hoc* test).

Table 1. Average ± standard deviation of reducing sugar content (g 100 g⁻¹) in different vegetables after harvesting (fresh) and after six-month (pumpkin four month) storage at temperatures 3 and 8 °C. Means without common small letters in the same row and means without common capital letters in the same column are statistically significantly different (P < 0.05, Tukey *post-hoc* test).

Köögivili Vegetable	Säilitus / Storage			Kokku / Total
	Värske Fresh	8 °C	3 °C	
Kartul Potato	0,28 ± 0,18 a, A	1,20 ± 0,74 b, A	1,75 ± 0,78 c, A	1,09 ± 0,87 A
Peet Beetroot	0,42 ± 0,32 a, A	1,27 ± 0,78 b, A	2,25 ± 2,51 b, A	1,31 ± 1,67 A
Kaalikas Turnip	5,36 ± 1,89 a, C	7,67 ± 3,72 ab, B	11,21 ± 3,74 b, B	7,86 ± 3,92 C
Kõrvits Pumpkin	2,66 ± 0,67 B	2,23 ± 0,58 A	2,90 ± 0,71 A	2,61 ± 0,65 B

Redutseerivate suhkrute sisaldus erinevates sortides köögiviljaliigiti

Joonisel 1 on toodud redutseerivate suhkrute sisaldused erinevates köögiviljade sortides nii koristusjärgselt kui ka pärast säilitamist temperatuuril 3 ja 8 °C.

Kartulites (joonis 1A) leiti madalaimad keskmised redutseerivate suhkrute sisaldused nii saagikoristusjärgselt kui ka pärast kuuekuulist säilitamist kahel erineval temperatuuril kartulisordist 'Birgit'. Kõige kõrgemate redutseerivate suhkrute sisaldusega kartulisort saagikoristusjärgselt oli 'Teele', kuid säilitusjärgselt kartulisort 'Laura'. Pärast kuuekuulist säilitamist

3 °C-l oli madalamate keskmiste redutseerivate suhkrute sisaldusega sort 'Birgit', mis sisaldas redutseerivaid suhkruid 0,98 g 100 g⁻¹ ning kõrgeim redutseerivate suhkrute sisaldusega kartulisort oli 'Laura', mis sisaldas redutseerivaid suhkruid 2,66 g 100 g⁻¹. Seega sisaldas kartulisort 'Laura' redutseerivaid suhkruid keskmiselt 2,7 korda rohkem kui sort 'Birgit'. Ka Hiina uuringus (Lina jt, 2019) leiti, et kõige suurem glükoosi- ja fruktoosisisalduse tõus oli 0 °C-l säilitatud mugulates. Väiksem oli glükoosi ja fruktoosi tõus 4 °C-l säilitamisel. Sordid 'Laura' ja 'Birgit' olid ka 8 °C-l säilitades madalaima ja kõrgeima suhkrusisaldusega, kuid siis sisaldas kartulisort 'Laura' redutseerivaid suhkruid 4,7 korda rohkem kui sort 'Birgit'. Sarnased tulemused saadi Kedia jt 2022. aastal teostatud uuringus, kus erinevate kartulisortide säilitamisel üle 5 °C, jäi redutseerivate suhkrute sisaldus kõikide sortide puhul kuni 300-päevase säilitamise jooksul madalamale võrreldes erinevate kartulisortide säilitamisega vähem kui 100 päeva jooksul 2–5 °C juures.

Nii nagu keskmiselt üle kõigi sortide ilmnes ka erinevate sortide analüüsist, et värsketes mugulates olid redutseerivate suhkrute sisaldused kõige madalamad ning sõltuvalt säilitustingimustest redutseerivate suhkrute sisaldus säilitamisel kasvas. Madalamal (3 °C) temperatuuril säilitades olid kõigis kartulisortides redutseerivate suhkrute sisaldused kõrgemad. Sarnaseid järeldusi on esitatud ka teaduskirjanduses, nt Martinez jt (2019) leidsid, et koristusjärgselt oli kartulites redutseerivate suhkrute sisaldus 23 mg kg⁻¹ ning pärast neljakuulist säilitamist 8 °C-l oli redutseerivate suhkrute sisaldus tõusnud 34 mg kg⁻¹-ni. Vastavalt Sowokinos (2001) poolt avaldatule, põhjustab redutseerivate suhkrute tõusu kartulite säilitamise ajal toimuv külmmagustumine, mis seisneb kartuli tärklise lagunemises madalamate temperatuuride mõjul. Ameerikas läbiviidud uuringus (Sun jt, 2020) säilitati kahel erineval aastal kolme erinevat kartulisorti ('Russet Burbank', 'Dakota Russet' ja 'Easton') 7,8 °C-l 32 nädalat pärast põllult koristamist ning uuriti redutseerivate suhkrutega toimuvaid muutuseid. Tulemustest selgus, et kartulisort 'Russet Burbank', milles oli ühel aastal rohkem redutseerivaid suhkruid, sisaldas ka teisel katse teostamise aastal kõrgemal hulgal redutseerivaid suhkruid. Samuti täheldati, et madalamate redutseerivate suhkrute sisaldusega sortidel oli see sarnaselt mõlemal aastal. Samade katsete raames selgus veel, et väetamisega on mõju ka kartulite asparagiinisaldusele – mida suurema normiga kartuleid väetati, seda enam sisaldasid need asparagiini. Sun jt, (2020) teostatud uuringus viidi läbi ka katsed toodetega, kust selgus samuti, et mida kõrgem oli toormaterjalise redutseerivate suhkrute sisaldus, seda enam sisaldasid küpsetatud tooted akrüülamiidi.

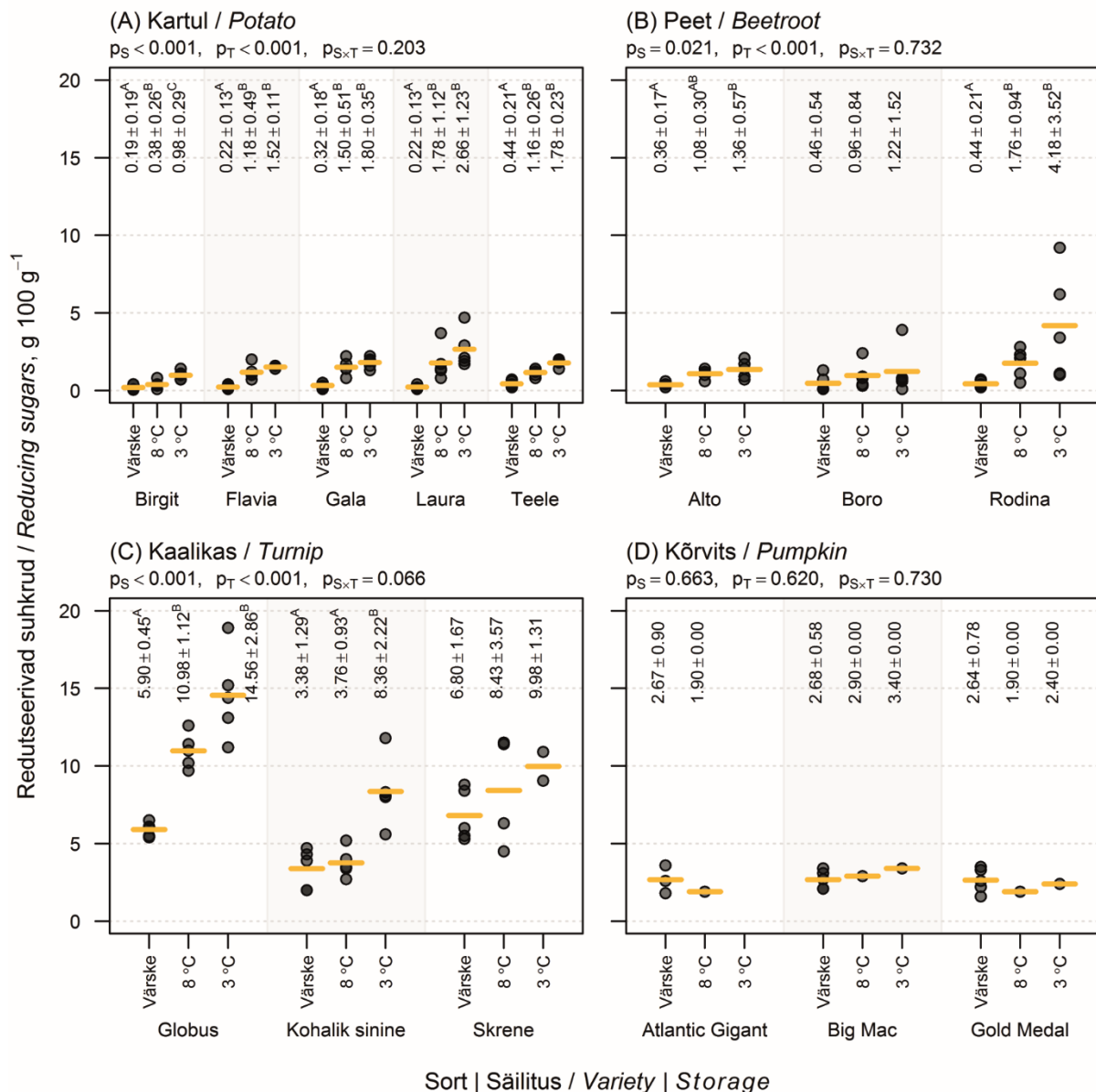
Joonisel 1B esitatud kolme enimkasvatatava punapeedi sordi redutseerivate suhkrute sisaldustest nähtub, et kõigil kolmel koristusjärgselt uuritud sordil oli redut-

seerivate suhkrute sisaldus sarnane, kuid madalaim oli see sordil 'Alto' ning kõrgeim sordil 'Boro'. Pärast peetide kuuekuulist säilitamist 3 °C-l sisaldas redutseerivaid suhkruid kõige rohkem 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' redutseerivaid suhkruid enam kui sordid 'Alto' ja 'Boro'.

Kaalikatest (joonis 1C) oli kõige madalaimad redutseerivate suhkrute keskmised sisaldused saagikoristuse järgselt sordil 'Kohalik sinine' ning kõrgeimad keskmised sisaldused sordil 'Skrene'. Pärast kaalikate kuuekuulist säilitamist 3 °C juures sisaldas redutseerivaid suhkruid kõige rohkem sort 'Globus' ja kõige vähem sort 'Kohalik sinine'. Pärast kaalikate säilitamist 8 °C juures, sisaldas sort 'Globus' redutseerivaid suhkruid rohkem, kui sordid 'Skrene' ja 'Kohalik sinine'. Sloveenia teostatud uuringu (Jakopic jt, 2021) andmetel vähenes kaalikasordi 'Globus' kaal neljakuulisel säilitamisel külmkapis 30 ja keldris 17%. Uuringust selgus, et kuigi kaalikate mass langes mõlemal säilitusrežiimil, tuvastati intensiivsem langus pärast kolmekuulist külmkapis säilitamist. Kogu säilitamisperioodi kestel oli külmkapis säilitatud kaalikel ühtlasem temperatuur, jäädes vahemikku 5 kuni 6 °C. Keldris oli väiksema kõikumisega temperatuuride vahemik tagatud poole säilitusperioodi kestel (vahemikus 3 kuni 7 °C), kuid seejärel tõusis temperatuur kuni 12 °C. Glükoosisisaldus tõusis külmikus säilitades koristusjärgselt 100 g kuivaines 23,6-lt 32,8 grammile ja fruktoosisisaldus 17,7-lt 18,9 grammile. Kuigi antud uuringus kaalikate kaalumist ei teostatud, oli massi vähenemine selgelt märgatav ning kaalikasordi 'Globus' redutseerivad suhkrud (glükoos ja fruktoos) tõusid kontsentratsioonilt 5,90 kuni sisalduseni 14,56 g 100 g⁻¹.

Kõrvitsatest (joonis 1D) oli saagikoristusjärgselt madalaima keskmiste redutseerivate suhkrute sisaldusega sort 'Gold Medal' ning kõrgeima sisaldusega sort 'Big Mac'. Siiski olid need vahed väga väikesed ja statistiliselt mitteolulised. Erinevalt teistest köögiviljadest ei suurenenud redutseerivate suhkrute sisaldus säilitamisel selgelt ühegi kõrvitsasordi puhul. Poolas (Biesiada jt, 2011) teostati kõrvitsatega uuringuid kolmel järjestikkusel aastal. Uuringus määrati redutseerivate suhkrute sisaldused koristusjärgselt ning pärast 90 päevast säilitamist 10 °C juures. Tulemused olid sarnased meie uuringus leitule, kus kõrvitsaid üle 8 °C juures säilitades redutseerivate suhkrute sisaldused langesid. Siiski ei saa redutseerivate suhkrute muutmise kohta kõrvitsates säilitamise käigus käesoleva uuringu põhjal selgeid järeldusi teha, sest kõrvitsad lihtsalt ei säilinud piisava arvu proovide võtmiseks.

Selgus, et madalad temperatuurid uuringusse kaasatud sortidele säilitamiseks ei sobinud, sest kõrvitsad riknesid. Sarnaseid tulemusi on esitatud ka teistes teadusartiklites (Gaskell, 1996; Biesiada jt, 2011).



Joonis 1. Redutseerivate suhkrute sisaldus erinevates (A) kartuli-, (B) peedi-, (C) kaalika- ja (D) kõrvitsasortides koristusjärgselt (värske) ja pärast kuuekuulist (kõrvitsal neljakuulist) säilitamist temperatuuridel 3 ja 8 °C. Joonistel esitatud punktid tähistavad redutseerivate suhkrute sisaldust üksikutes proovides; joonega on märgitud keskmine ja arvuliselt on esitatud keskmine ± standardhälve redutseerivate suhkrute sisaldus iga sordi ja säilitamistemperatuuri kombinatsiooni korral. Jooniste kohal toodud P-väärtused näitavad sordi (p_S), säilituse/temperatuuri (p_T) ja nende koosmõju ($p_{S \times T}$) statistilist olulisust (kahefaktoriline dispersioonanalüüs), keskmiste arvuliste väärtustele lisatud tähed näitavad säilitus-gruppide vaheliste erinevuste statistilist olulisust sama sordi korral (Tukey *post-hoc* test – ülaindeksis sama tähte mitte sisaldavad keskmised on statistiliselt oluliselt erinevad: $P < 0,05$, tähtede puudumisel statistiliselt olulised erinevused säilitus-gruppide vahel puuduvad).

Figure 1. Reducing sugar content in (A) potatoes, (B) beetroots, (C) turnips and (D) pumpkins at different varieties after harvest (Värske = Fresh) and after six month (pumpkin four month) storage at temperatures 3 and 8 °C. Single dots denote reducing sugar content in single samples; short horizontal lines mark average reducing sugar content and numerically are presented average ± standard deviation reducing sugar content by variety and storage combinations. P-values above the subfigures indicate statistical significance of variety (p_S), storage (p_T) and variety by storage interaction ($p_{S \times T}$) effects (two-way analysis of variance), letters added to mean values show statistical significance of between storage-groups differences by varieties (Tukey *post-hoc* test – mean values without common superscript letter are statistically significantly different: $P < 0.05$, means without superscript letters are not statistically significantly different).

Kokkuvõte ja järeldused

Antud töö eesmärgiks oli välja selgitada köögiviljade (kartulite, punapeetide, kaalikate ja kõrvitsate) sordid, mis nii koristusjärgselt kui ka kahel erineval temperatuuril (3 ja 8 °C) säilitatuna sisaldavad vähem redutseerivaid suhkruid.

Antud uuringus leiti, et erinevate köögiviljaliikide redutseerivate suhkrute sisaldused on erinevad. Samuti esinevad erinevused ühe liigi lõikes erinevatel sortidel.

Kõige madalama redutseerivate suhkrute sisaldusega sordid olid saagikoristusjärgselt ja ka pärast kuuekuulist säilitamist kahel erineval temperatuuril (3 ja

8 °C) kartulisort 'Birgit', punapeedisort 'Boro' (koristusjärgselt oli kõigil uuritud peedisortide sarnane redutseerivate suhkrute sisaldus), kaalikasort 'Kohalik sinine' ja kõrvitsasort 'Gold Medal'. Need uuritud sordid on sobilikumad kuumtöötlemiseks, seega tuleks soovitada köögiviljakasvatajatel neid tööstustele kasvatada.

Edaspidiste teadusuuringutega tuleb välja selgitada ka teiste oluliste tegurite mõju redutseerivate suhkrute sisaldusele köögiviljades, nt erinevate aastate ilmastikust tingitud erinevused ja kasvukoha mõju. Seejuures tuleb arvesse võtta, et aastatega võivad muutuda ka enimkasvatavate köögiviljade sordid erinevate köögiviljaliikide lõikes.

Tänuavaldused

Täname laboratoorsete analüüside ning seonduvate andmete eest Veterinaar- ja Toidulaboratooriumikolleege. Uurimustööd finantseeriti Maaeluministreeiumi rakendusuringute projektist "Teatud köögiviljade sortide suhkrute sisalduse analüüsimine akrüülamiidi tekkimise potentsiaali hindamiseks nende töötlemisel" (T180164VLTR).

Uurimistööd on finantseerinud Eesti Teadusagentuur (PRG 1441, B220004VLVB).

Huvide konflikt / Conflict of interest

Autorid kinnitavad artikliga seotud huvide konflikti puudumist.

The authors declares that there is no conflict of interest regarding the publication of this paper.

Autorite panus / Author contributions

TE, MR, SJ – uuringu kava ja planeerimine;

SJ, TE, MR – andmete kogumine;

SJ, TK, TE, MR, KP – andmete analüüs ja interpretatsioon;

SJ, TE, MR, TK, KP, MM – käsikirja koostamine;

SJ, TE, MR, TK, KP, MM – käsikirja ülevaatamine ja heaks kiitmine.

TE, MR, SJ – study conception and design;

SJ, TE, MR – acquisition of data;

SJ, TK, TE, MR, KP – analysis and interpretation of data;

SJ, TE, MR, TK, KP, MM – drafting of manuscript;

SJ, TE, MR, TK, KP, MM – critical revision and approve the final manuscript.

Kasutatud kirjandus

Bethke, P.C., Sabba R., Bussan, A.J. 2009. Tuber water and pressure potentials decrease and sucrose contents increase in response to moderate drought and heat stress. – *American Journal of Potato Research* 86(6):519–532. DOI: 10.1007/s12230-009-9109-8

Biesiada, A., Nawirska, A., Kucharska, A., Sokół-Łętowska, A. 2011. Chemical composition of pumpkin fruit depending on cultivar and storage. – *Ecological Chemistry and Engineering A*, 18(1):9–18

Bufler, G. 2013. Accumulation and degradation of starch in carrot roots. – *Scientia Horticulturae* 150: 251–258. DOI: 10.1016/j.scienta.2012.11.022

Bulgari, R., Franzoni, G., Ferrante, A. 2019. Biostimulants application in horticultural crops under abiotic stress conditions. – *Agronomy*, 9(6):306. DOI: 10.3390/agronomy9060306

Considine, J.A., Frankish, E. 2013. Quality assurance, teaching and research. – In *A complete guide to quality in small-scale wine making* (1st ed.). – Academic Press, pp 155–187. ISBN 978-0124080812

Gaskell, M. 1996. Pumpkin production in California. – *Agriculture and Natural Resources. Publication 7222*, University of California, pp. 1–4. ISBN 13:978-1-60107-850-6

Gupta, A.K., Singh, J., Kaur, N. 2001. Sink development, sucrose metabolising enzymes and carbohydrate status in turnip (*Brassica rapa* L.). – *Acta Physiologiae Plantarum*, 23(1):31–36. DOI: 10.1007/s11738-001-0019-8

Hou, J., Zhang, H., Liu, J., Reid, S., Liu, T., Xu, S., Tian, Z., Sonnewald, U., Song, B., Xie, C. 2017. Amylases StAmy23, StBAM1 and StBAM9 regulate cold-induced sweetening of potato tubers in distinct ways. – *Journal of Experimental Botany*, 68(9):2317–2331. DOI:10.1093/jxb/erx076

Jakopic, J., Veberic, R., Slatnar, A. 2021. Changes in quality parameters in rutabaga (*Brassica napus* var. *napobrassica*) roots during long term storage. – *LWT - Food Science and Technology* 147:111587. DOI: 10.1016/j.lwt.2021.111587

Johansen, T.J., Hagen, S.F., Bengtsson, G.B., Mølmann, J.A. 2016. Growth temperature affects sensory quality and contents of glucosinolates, vitamin C and sugars in swede roots (*Brassica napus* L. ssp. *rapifera* Metzg.). – *Food Chemistry*, 196:228–235. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.09.049

Kedia, P., Kausley, S.B., Rai, B. 2022. Development of kinetic models for prediction of reducing sugar content in potatoes using literature data on multiple potato varieties. – *LWT - Food Science and Technology* 155:112986. DOI: 10.1016/j.lwt.2021.112986

Lina, Q., Xie, Y., Guanb, W., Duana, Y., Wanga, Z., Sunc, C. 2019. Combined transcriptomic and proteomic analysis of cold stress induced sugar accumulation and heat shock proteins expression during postharvest potato tuber storage. – *Food Chemistry* 297:124991. DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.124991

Liu, X., Chen, L., Shi, W., Xu, X., Li, Z., Liu, T., He, Q., Xie, C., Nie, B., Song B. 2021. Comparative transcriptome reveals distinct starch-sugar interconversion patterns in potato genotypes contrasting for cold-induced sweetening capacity. – *Food Chemistry* 334:127550. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.127550

Martinez, E., Rodriguez, J.A., Mondragon, A.C., Lorenzo, J.M., Santos E.M. 2019. Influence of potato crisps processing parameters on acrylamide formation and bioaccessibility. – *Molecules*, 24(21): 3827. DOI: 10.3390/molecules24213827

- Menamo, T.M. 2012 Investigating hormone regulation and sugar storage during tuber development in turnip plants (*Brassica rapa*). – MSc Thesis Report, Wageningen University, Wageningen, The Netherlands, April-December, 2012, 83 p. DOI: 10.13140/RG.2.2.33246.43849
- Mottram, D.S., Wedzicha, B.L., Dodson, A.T. 2002. Acrylamide is formed in the Maillard reaction. – *Nature*, 419:448–449. DOI: 10.1038/419448a
- Muttucumar, N., Powers, S.J., Elmore, J.S., Dodson, A., Briddon, A., Mottram, D.S., Halford N.G. 2017. Acrylamide-forming potential of potatoes grown at different locations, and the ratio of free asparagine to reducing sugars at which free asparagine becomes a limiting factor for acrylamide formation. – *Food Chemistry*, 220:76–86. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.09.199
- NMKL 148. 1993. Fructose, glucose and saccharose. Liquid chromatographic determination in fruit and vegetable products. NordVal Interantional.
- Ohara-Takada, A., Matsuura-Endo, C., Chuda, Y., Ono, H., Yada, H., Yoshida, M., Kobayashi, A., Tsuda, S., Takigawa, S., Noda, T., Yamauchi, H., Mori, M. 2005. Change in content of sugars and free amino acids in potato tubers under short-term storage at low temperature and the effect on acrylamide level after frying. – *Bioscience, Biotechnology, Biochemistry*, 69(7):1232–1238. DOI: 10.1271/bbb.69.1232
- Osakabe, Y., Osakabe, K., Shinozaki, K., Lam-Son, T. 2014. Response of plants to water stress. – *Frontiers In Plant Science*, 5(86):1–8. DOI: 10.3389/fpls.2014.00086
- R Core Team. 2021. R: A language and environment for statistical computing. – R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>. Accessed on 05.02.2022
- Sun, N., Wang, Y., Gupta, S.K., Rosen C.L. 2020. Potato tuber chemical properties in storage as affected by cultivar and nitrogen rate: Implications for acrylamide formation. – *Foods*, 9(3):352. DOI: 10.3390/foods9030352
- Shinohara, Y., Suzuki, Y. 1981 Effects of light and nutritional conditions on the ascorbic acid content of lettuce. – *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*. 50(2):239–346. DOI: 10.2503/jjshs.50.239
- Sowokinos, J. 2001. Biochemical and molecular control of cold-induced sweetening in potatoes. – *American Journal of Potato Research*. 78:221–236. DOI: 10.1007/BF02883548
- Van der Vyver, C., Peters, S. 2017. How do plants deal with dry Days? – *Frontiers for Young Minds*, 5:58. DOI:10.3389/frym.2017.00058
- Xiao, G., Huang, W., Cao, H., Tu, W., Wang, H., Zheng, X., Liu, J., Song, B., Xie, C. 2018. Genetic loci conferring reducing sugar accumulation and conversion of cold-stored potato tubers revealed by QTL analysis in a diploid population. – *Frontiers in Plant Science*, 9:315. DOI: 10.3389/fpls.2018.00315

Content of reducing sugars in mostly grown vegetables in Estonia after harvesting and after storage

Sirje Jalakas¹, Mati Roasto¹, Tanel Kaart², Kristi Praakle¹, Mihkel Mäesaar¹, Terje Elias¹

¹Estonian University of Life Sciences Maaülikool, Institute of Veterinary Medicine and Animal Sciences, Chair of Veterinary Biomedicine and Food Hygiene, Tartu

²Estonian University of Life Sciences Maaülikool, Institute of Veterinary Medicine and Animal Sciences, Animal Breeding and Biotechnology, Tartu

Summary

This study aimed to determine the content of reducing sugars of different vegetable species and varieties, both after harvest and stored at two different temperatures (3°C and 8°C) in Estonia. In the vegetable processing process, it is important to know the content of reducing sugars when preparing heat-treated products, because carcinogenic acrylamides can be formed during the heat treatment. A study of potatoes, beetroots, turnips and pumpkins was carried out to use vegetable varieties with a potentially lower acrylamide predisposition to heat treatment. Different vegetable species have different levels of reducing sugars. There are also differences between different varieties of the same vegetable species. The study covered the various most commonly grown potato, beetroot, turnip and pumpkin varieties in Estonia. The potato variety with the lowest content of reducing sugars after harvest and after six months of storage at two different temperatures (3°C and 8°C) was potato variety 'Birgit'. The potato variety with the highest content of reducing sugars after harvest was 'Teele', but after storage the potato variety 'Laura'. Of the beetroots, all three post-harvest varieties ('Alto', 'Rodina', 'Boro') had similar reducing sugars contents. After six months of storage (3 and 8°C), the beetroot variety 'Rodina' had the highest content of reducing sugars and the lowest content was determined for variety 'Boro'. The lowest average concentrations of reducing sugars from turnips were after harvest determined in the variety 'Kohalik sinine' and the highest average contents in the variety 'Skrene'. After storage of the turnips for six months at 3°C, the variety 'Globus' had the highest content of reducing sugars and the variety 'Kohalik sinine' had the lowest. From the pumpkins after harvest, the variety 'Gold Medal' had the lowest average reducing sugars content and the variety 'Big Mac' had the highest. Finally, it can be summarized that all studied vegetables stored at 3 °C contained higher amounts of reducing sugars than those stored at 8 °C.