LATVIJAS LAUKSAIMNIECĪBAS UNIVERSITĀTE
LATVIA UNIVERSITY OF AGRICULTURE

PĀRTIKAS TEHNOLOĢIJAS FAKULTĀTE
FACULTY OF FOOD TECHNOLOGY

Ingrīda Augšpole
Mg.cib.hyg.

MINIMĀLI APSTRĀDĀTU BURKĀNU KVALITĀTES NOVĒRTĒJUMS

QUALITY ASSESSMENT OF MINIMALLY PROCESSED CARROTS

Promocijas darba kopsavilkums
inženierzinātņu doktora zinātniskā grāda iegūšanai
Pārtikas zinātnes nozarē, Pārtikas procesi un iekārtas apakšnozarē

Resume of the PhD thesis for acquiring
the Doctor's degree of Engineering Sciences in the sector of Food Sciences,
the sub–sector of Food Processes and Equipment

Autore / *Author* _____

Jelgava
2016

Promocijas darba zinātniskā vadītāja: **Tatjana Rakčejeva**
Scientific supervisor: *Asoc. prof., Dr. sc. ing.*

Promocijas darba zinātniskā konsultante: **Lija Dukaļska**
Scientific advisor: *Prof., Dr. habil. sc. ing.*

Oficiālie recenzenti / *Official reviewers:*

- Prof., *Dr. habil. sc. ing*. **Imants Atis Skrupskis** – Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Pārtikas Tehnoloģijas fakultāte, Latvija / *Latvia University of Agriculture, Faculty of Food Technology, Latvia*
- Asoc. prof., *Dr. chem.* **Ida Jākobsone** – Latvijas Universitāte, Ķīmijas fakultāte, Latvija / *Latvia University, Faculty of Chemistry, Latvia*
- Vadošā pētniece, *Dr.agr.* **Līga Lepse** – SIA „Pūres Dārzkopības pētījumu centrs", Latvija / *"Pure Horticultural Research Centre", Latvia*

Promocijas darba aizstāvēšana notiks LLU Pārtikas zinātnes promocijas padomes atklātajā sēdē 2016. gada 26. februārī, plkst. 12^{00} Jelgavā, Rīgas ielā 22, Pārtikas Tehnoloģijas fakultātē, 216. auditorijā.
The defence of the PhD thesis in an open session of the Promotion Council of Food Science of Latvia University of Agriculture will be held at 12^{00} a.m. on February 26, 2016, in Room 216, Faculty of Food Technology, Rigas iela 22, Jelgava.

Ar promocijas darbu un kopsavilkumu var iepazīties LLU Fundamentālajā bibliotēkā Lielā ielā 2, Jelgavā, LV 3001 un http://llufb.llu.lv. Atsauksmes sūtīt Pārtikas zinātnes nozares promocijas padomes sekretārei LLU Pārtikas Tehnoloģijas fakultātes *asoc. prof., Dr.sc.ing.* **I. Beitānei** (Lielā iela 2, Jelgava, LV 3001 vai e–pasts: *ilze.beitane@llu.lv*).

*The PhD thesis is available for the review at the Research Library of Latvia University of Agriculture, Lielā iela 2, Jelgava, LV 3001, and on the internet: http://llufb.llu.lv. References are welcome to be send to **I. Beitāne**, Dr.sc.ing., the Secretary of the Promotion Council in the sector of Food Science, at the Faculty of Food Technology, Latvia University of Agriculture, Liela iela 2, Jelgava, LV–3001, Latvia, or e–mail: ilze.beitane@llu.lv.*

SATURS

PĒTĪJUMA AKTUALITĀTE 4
ZINĀTNISKĀ DARBA APROBĀCIJA 6
MATERIĀLI UN METODES 10
PĒTĪJUMU REZULTĀTI UN DISKUSIJA.....18
1. Svaigu burkānu fizikālo parametru un ķīmiskā sastāva izvērtējums 18
2. Svaigu burkānu fizikāli–ķīmisko parametru izmaiņas uzglabāšanas laikā. 21
3. Smalcinātu burkānu apstrādes parametru izvēle 22
4. Svaigu smalcinātu burkānu iepakošanas materiālu izvēle.....30
5. Minimāli apstrādātu burkānu kvalitātes parametru izmaiņas uzglabāšanas laikā 33
6. Smalcinātu apstrādātu burkānu kvalitātes integrētais novērtējums 36
Secinājumi.....37

CONTENT

TOPICALITY OF THE RESEARCH *38*
APPROBATION OF THE RESEARCH WORK.....*40*
MATERIALS AND METHODS *40*
RESEARCH RESULTS AND DISCUSSION.....*45*
1. Assessment of physical parameters and chemical composition of fresh carrots *45*
2. Changes of the physically–chemical parameters of fresh carrots during storage.....*46*
3. Selection of treatment parameters for shredded carrots *47*
4. Selection of packaging materials for fresh shredded carrots.....*52*
5. Changes of the quality parameters for minimally treated carrots during storage *54*
6. Integrated quality evaluation of treated shredded carrots.....*57*
Conclusions.....*58*

PĒTĪJUMA AKTUALITĀTE

Burkāni (*Daucus carota* L. *ssp. sativus*) ir Viduseiropas augi un ir vieni no senākajiem sakņaugiem, kurus ļaudis izmanto jau četrus tūkstošus gadu savā uzturā. Mūsdienās burkāni ir otrs populārākais dārzenis aiz kartupeļiem. Burkānos ir daudz vitamīnu un minerālvielu. Salīdzinot ar citiem dārzeņiem, burkānos ir vislielākais β–karotīna daudzums, kas piešķir tiem oranžo krāsu un stiprina cilvēka imūnsistēmu (Salunkhe, Kadam, 1998). Burkāns ir plaši izplatīts dārzenis ar labām diētiskām un garšas īpašībām. Tradicionāli uzturā lieto burkānu saknes, ārstniecībā – saknes, lakstus un sēklas (Salunkhe, Kadam, 1998; Rubatzky *et al.*, 1999; Prohens, Nuez, 2008). Selekcijas darbā pakāpeniski ir izveidotas divgadīgās burkānu šķirnes ar sulīgu un saldu dažādas formas un krāsas sakni – oranžu, sarkanu, baltu, dzeltenu, tumši sarkanu un violetu. Vitamīnu ziņā visbagātākie un ar labām garšas īpašībām ir oranži sarkanie jeb karotīna burkāni (Hui *et al.*, 2004). Latvijā visiecienītākie ir spilgti oranžas krāsas 'Nante' tipa burkāni.

Minimāli apstrādātu burkānu patēriņa apjoms mūsdienās strauji pieaug, tāpēc zinātnieki pievērš pastiprinātu uzmanību to kvalitātes pētījumiem. Zinātnieki galvenokārt pēta svaigu burkānu dažādus apstrādes paņēmienus un to ietekmi uz mikroorganismu skaita samazināšanu, burkānu fizikāli ķīmiskos rādītājus un sensorās īpašības. Patērētāju ērtībām nepieciešams nodrošināt svaigu minimāli apstrādātu dārzeņu pieejamību tirgū visu gadu. Iedzīvotāji, izvēloties dārzeņus, pievērš uzmanību produkta uzturvērtībai, derīguma termiņam, ražotājam, cenai un iepakojumam. Pētījumos minēti dažādi dārzeņu apstrādes līdzekļi – ūdeņraža peroksīds, ultravioletā gaisma, apstarošana, ozons, *NatureSeal® AS5* preparāts, organiskās skābes u.c., ar mērķi nodrošināt produkta mikrobioloģisko tīrību, saglabāt to uzturvērtību un pagarināt realizācijas laiku.

Svarīgi ir izvērtēt piemērotākos apstrādes līdzekļus Latvijā audzētu smalcinātu burkānu apstrādei. Tāpēc pētījumā izmantotas dažas no jaunākajām apstrādes tehnoloģiju metodēm pārtikā. Literatūrā tikpat kā nav sastopami dati par Latvijā audzētu svaigu smalcinātu burkānu apstrādi ar ozonētu ūdeni, ūdeņraža peroksīda ūdens šķīdumu un *NatureSeal® AS5* preparātu. Ir jāatzīmē, ka, apstrādājot smalcinātus dārzeņus ar šādiem līdzekļiem, var ierobežot iespējamo mikroorganismu augšanu. Tādējādi var prognozēt, ka smalcinātos apstrādātos burkānos būs iespējams maksimāli saglabāt produktu uzturvērtību, nodrošināt to mikrobioloģisko tīrību un, variējot ar dažādiem iepakošanas materiāliem, pagarināt derīguma termiņu.

Apkopojot literatūrā sastopamos teorētiskos un eksperimentālos datus, ir izvirzīta promocijas darba **hipotēze** – svaigu smalcinātu burkānu derīguma termiņu var pagarināt, izvēloties inovatīvas dārzeņu apstrādes metodes.

Hipotēzi pierāda ar aizstāvamām **tēzēm**:

- 'Nante' tipa šķirnes un hibrīdu burkānu fizikālie parametri un ķīmiskais sastāvs būtiski atšķiras;

- dažādas svaigu smalcinātu burkānu apstrādes metodes būtiski ietekmē to kvalitātes rādītājus;
- svaigu smalcinātu burkānu iepakojumam sekmīgi var izmantot biodegradējamos iepakojuma materiālus;
- smalcinātu burkānu kvalitāti uzglabāšanas laikā būtiski ietekmē to apstrādes līdzeklis un izvēlētais iepakojums.

Promocijas darba mērķis ir izvēlēties piemērotāko Latvijā audzēto burkānu šķirni vai hibrīdu minimālai apstrādei un izvērtēt svaigās produkcijas kvalitāti uzglabāšanas laikā biodegradējamā iepakojumā.

Darba mērķa sasniegšanai ir izvirzīti šādi **uzdevumi:**

- salīdzināt 'Nante' tipa šķirnes un hibrīdu burkānu fizikālos rādītājus un ķīmisko sastāvu pēc ražas novākšanas;
- pētīt 'Nante' tipa šķirnes un hibrīdu burkānu fizikālo parametru un ķīmiskā sastāva izmaiņas uzglabāšanas laikā tradicionālos apstākļos;
- izvēlēties atbilstošākos biodegradējamā iepakojuma materiālus svaigu smalcinātu burkānu kvalitātes saglabāšanai uzglabāšanas laikā;
- noteikt optimālos tehnoloģiskos parametrus svaigu smalcinātu burkānu apstrādei ar tradicionālo *NatureSeal® AS5* preparātu (kontrole) un inovatīviem dārzeņu apstrādes līdzekļiem – ozonēts ūdens un ūdeņraža peroksīds;
- pētīt ar dažādiem līdzekļiem apstrādātu svaigu smalcinātu burkānu kvalitātes izmaiņas uzglabāšanas laikā bioloģiski sadalāmā un *„elpojošā"* konvencionālā *BOPP Propafilm™ P2GAF* materiāla iepakojumā;
- integrēti novērtēt ar dažādiem līdzekļiem apstrādātu svaigu smalcinātu burkānu kvalitāti uzglabāšanas laikā un izvēlēties piemērotāko.

Darba **novitāte** – izstrādāti zinātniski pamatoti svaigu smalcinātu burkānu apstrādes tehnoloģiskie parametri ar ozonētu ūdeni un ūdeņraža peroksīdu un salīdzināti ar *NatureSeal® AS5* preparāta ietekmi uz burkānu kvalitāti uzglabāšanas laikā ar mērķi pagarināt svaigās produkcijas derīguma termiņu. Pirmo reizi Latvijā svaigas produkcijas kvalitātes saglabāšanai uzglabāšanas laikā zinātniski pārbaudīta bioloģiski sadalāmā iepakojuma materiālu līdzvērtība ar konvenciālo „elpojošo" *BOPP Propafilm™ P2GAF* iepakošanas materiālu.

Promocijas darba **zinātniskais nozīmīgums**: noteikts Latvijā audzētu 'Nante' tipa šķirnes un hibrīdu burkānu ķīmiskais sastāvs. Analizētas ar ozonētu ūdeni, ūdeņraža peroksīdu un *NatureSeal® AS5* preparātu apstrādātu smalcinātu burkānu fizikālo, ķīmisko un mikrobioloģisko rādītāju izmaiņas uzglabāšanas laikā. Pierādīts, ka konvencionālos iepakojuma materiālus sekmīgi var aizvietot ar biodegradējamiem iepakojuma materiāliem.

Darba **tautsaimnieciskā nozīme** – noteikti smalcinātu burkānu apstrādes režīmi ar ozonētu ūdeni, ūdeņraža peroksīdu un *NatureSeal® AS5* preparātu, tādējādi, pagarinot produkta derīguma termiņu. Svaigas produkcijas iepakošanai, lietojot bioloģiski sadalāmos materiālus, var samazināt izlietotā iepakojuma kaitīgo ietekmi uz apkārtējo vidi.

ZINĀTNISKĀ DARBA APROBĀCIJA

Pētījuma rezultāti apkopoti un publicēti 13 publikācijās recenzējamos zinātnisko rakstu krājumos angļu valodā; piecas publikācijas iekļautas datubāzēs *SCOPUS* un *EBSCOhost,* daļa rezultātu apkopoti divu monogrāfiju apakšnodaļās latviešu valodā.

Publikācijas recenzējamos izdevumos – 13

1. Augspole I., Rakcejeva T. (2015) Karotinoīdu satura izmaiņas 'Nante' tipa burkānos *(Daucus carota* L.*)* uzglabāšanas laikā. *„Līdzsvarota lauksaimniecība" Raksti.* Jelgava, LLU, ISBN 978–9984–48–176–0, 137.–140. lpp.
2. Аугшполе И., Ракчеева Т., Цинкманис И., Дукальска Л. (2014) Исследование изменения сахаров и цвета тёртой моркови, обработанной перикисью водорода в процессе хранения. *Известия Калининградского государственного технического университета.* № 33, ISSN: 1997–3071, с. 93–98.
3. Augspole I., Rakcejeva T., Dukalska L., Skudra L. (2014) Providing Quality of Shredded Carrots during Storage by Treatment with Ozonated Water. *Material Science and Applied Chemistry*. Vol. 30, pp. 10–17.
4. Augspole I., Rakcejeva T., Kruma Z., Dimins F. (2014) Providing of Shredded Carrots Quality by Treatment with Hydrogen Peroxide. The *9th Baltic Conference on Food Science and Technology "Food for Consumer Well–Being" FoodBalt 2014 Conference Proceedings*. Jelgava, LLU, ISSN 2255–9809, pp. 150–154 *(in SCOPUS, EBSCO).*
5. Augspole I., Rakcejeva T., Cinkmanis I., Dukalska L. (2013) *Preservation of Carrots Quality Treated with Hydrogen Peroxide.* Инновационные и современные технологии пищевых производств: материалы Международной научно–технической конференции, Владивосток, Россия, ISBN 978–5–88871–620–5, с. 36–40.
6. Dukalska L., Ungure E., Augspole I., Muizniece Brasava S., Levkane V., Rakcejeva T., Krasnova I. (2013) Evaluation of Various Biodegradable Packaging Materials' Influence on Different Food Quality and Shelf–life. *Proceedings of Lavia University of Agriculture*, Vol. 30 (325), pp. 20–34.
7. Augspole I., Rakcejeva T., Gramatina I. (2013) Changes of Physically–chemical Parameters of 'Nante' Carrot Hybrids during Storage in Traditional Conditions. *Proceedings of Latvian Academy of Sciences*, Riga, Latvia. Doi: 10.2478/prolas–2013–0054, Vol. 67, 4/5, ISSN 1407–009X, pp. 416–421 *(in SCOPUS).*
8. Augspole I., Rakcejeva T. (2013) Effect of Hydrogen Peroxide on the Quality Parameters of Shredded Carrots. *Proceedings of the 19th Annual International Scientific Conference "Research for Rural Development",* Jelgava, Latvia. ISSN 1691–4031, pp. 91–97 *(in SCOPUS, EBSCO).*

9. Augspole I., Rakcejeva T., Cinkmanis I., Dukalska L. (2013) Investigation of Colour Intensity and Sugars Content Changes in Shredded Carrots Treated with Hydrogen Peroxide during Storage. *Инновации в науке, образовании и бизнесе 2013, XI Международная научная конференция: труды*, Часть 1, Калининград, Россия. ISBN 978–5–94826–365–6, с. 190–192.
10. Augspole I., Rakcejeva T., Dukalska L., Kozlinskis E. (2013) Hydrogen Peroxide Effect on the Quality of Shredded Carrots during Storage. *Proceedings of FaBE2013 International Conference*, Greece. ISBN 978–960–9510–10–3, Vol. 1, pp. 353–363.
11. Augspole I., Rakcejeva T., Dukalska L. (2012) Content of Sugars, Dietary Fibre and Vitamin C in Hybrids of 'Nante' Carrots Cultivated in Latvia. *Proceedings of the 18th Annual International Scientific Conference "Research for Rural Development"*, Jelgava, Latvia. ISSN 1691–4031, Vol. 1, pp. 137–142 *(in SCOPUS, EBSCO).*
12. Augspole I., Rakcejeva T., Dukalska L. (2012) Changes of Phenolic Content and Antiradical Activity in Hybrids of 'Nante' Carrots during Storage. *Chemine Technologija*, Lithuania. ISSN: 1392–1231, Vol. 4 (62), pp. 36–39.
13. Rakcejeva T., Augspole I., Dukalska L., Dimins F. (2012) Chemical Composition of Variety 'Nante' Hybrid Carrots Cultivated in Latvia. *World Academy of Science, Engineering Technology*, Paris, France. Issue 64, pp. 1120–1126 *(in SCOPUS, EBSCOhost).*

Monogrāfiju apakšnodaļas – 4

1. Mūrniece I., Augšpole I. (2012) C vitamīna saturs dārzeņos un tā izmaiņas uzglabāšanas laikā. No: *Bioloģiski aktīvas vielas pārtikas produktos,* E.Straumītes redakcijā. PTF, LLU, Jelgava: ISBN 978–9984–48–083–1, 1.3.1. nodaļa, 58.–60. lpp.
2. Augšpole I., Rakčejeva T. (2012) Karotinoīdi burkānos. No: *Bioloģiski aktīvas vielas pārtikas produktos,* E. Straumītes redakcijā. PTF, LLU, Jelgava: ISBN 978–9984–48–083–1, 2.2. nodaļa, 92.–94. lpp.
3. Augšpole I. (2012) Šķiedrvielas burkānos. No: *Bioloģiski aktīvas vielas pārtikas produktos,* E. Straumītes redakcijā. PTF, LLU, Jelgava: ISBN 978–9984–48–083–1, 5.3.2. nodaļa, 163.–164. lpp.
4. Augšpole I., Krasnova I., Dukaļska L., Rakčejeva T., Šabovics M. (2012) Svaigi griezti augļi un dārzeņi bioloģiski sadalāmā iepakojumā. No: *Progresīvās iepakojuma tehnoloģijas pārtikas industrijā,* L. Dukaļskas un S. Muižnieces–Brasavas redakcijā. PTF, LLU, Jelgava: ISBN 978–9984–48–088–6, 5.6.1.10. nodaļa, 163.–168. lpp.

Par pētījuma rezultātiem ziņots 14 starptautiskajās zinātniskajās un zinātniski praktiskajās konferencēs, kongresos un simpozijos Latvijā, Lietuvā, Vācijā, Francijā, Turcijā, Grieķijā un Krievijā.

1. Zinātniski praktiskā konference „Līdzsvarota lauksaimniecība – 2015" Jelgava, Latvia. Stenda referāts / *Poster presentation* "Changes of Carotenoid Content in Carrots *(Daucus carota* L.) during Storage". Augspole I., Rakcejeva T. (February 19–20, 2015).
2. The 9th Baltic Conference on Food Science and Technology "Food for Consumer Well–Being" FoodBalt 2014, Jelgava, Latvia. Stenda referāts / *Poster presentation* "Providing of Shredded Carrots Quality by Treatment with Hydrogen Peroxide". Augspole I., Rakcejeva T., Kruma Z., Dimins F. (May 8–9, 2014).
3. Rīgas Tehniskās universitātes (RTU) 54. starptautiskā zinātniskā konference. Sekcija: Materiālzinātne un lietišķā ķīmija, Rīga, Latvija. Stenda referāts / *Poster presentation* Smalcinātu burkānu kvalitātes nodrošināšana uzglabāšanas laikā pēc apstrādes ar ozonētu ūdeni. Augspole I., Rakcejeva T., Dukalska L., Skudra L., Kozlinskis E. (2013. gada 11. oktobris).
4. XI Международная научная конференция „Инновации в науке, образовании и бизнесе – 2013", Калининград, Россия. Referāts / *Oral presentation* "Investigation of Changes in Colour Intensity and Sugars Content in Shredded Carrots Treated with Hydrogen Peroxide during Storage". Augspole I., Rakcejeva T., Cinkmanis I., Dukalska L. (25–27 сентября, 2013).
5. The 19th Annual International Scientific Conference "Research for Rural Development 2013", Jelgava, Latvia. Referāts / *Oral presentation* "Effect of Hydrogen Peroxide on the Colour Intensity, Carotenoid and β–carotene Content of Shredded Carrots". Augspole I., Rakcejeva T. (May 15–17, 2013).
6. FaBE2013: International conference on Food and Biosystems Engineering, Skiathos Island, Greece. Referāts / *Oral presentation* "Hydrogen Peroxide Effect on the Quality of Shredded Carrots during Storage". Augspole I., Rakcejeva T., Dukalska L., Kozlinskis E. (May 30 – June 02, 2013).
7. EuroFoodChem XVII, Istanbul, Turkey. Stenda referāts / *Poster presentation* "Preservation of Shredded Carrots by Treatment with Ozonised Water". Augspole I., Rakcejeva T., Skudra L., Cinkmanis I. (May 07–10, 2013).
8. The 5th International Symposium of Food Packaging Scientific Developments Supporting Safety and Innovations, Berlin, Germany. Stenda referāts / *Poster presentation* "Evaluation of Various Biodegradable Packaging Material Influences on the Shelf–life and Quality of Different Foods during Storage". Dukalska L., Augspole I., Ungure E., Levkane V., Muizniece–Brasava S., Rakcejeva T., Krasnova I. (November 14–16, 2012).
9. International Conference "Nutrition and Health", Riga, Latvia. Stenda referāts / *Poster presentation* "Changes of Physically–chemical Parameters of 'Nante' Carrots Hybrids during Storage on Traditional Conditions". Augspole I., Rakcejeva T., Dukalska L. (September 4–6, 2012).

10. The 18th International Conference for Renewable Resources and Plant Biotechnology, NAROSSA, Magdeburg, Germany. Stenda referāts / *Poster presentation* "Physicochemical Quality Evaluation of Fresh–cut Carrots Packed and Stored in Biodegradable Film Packaging". Augspole I., Dukalska L., Rakcejeva T., Muizniece–Brasava S. (June 04–05, 2012).
11. The 7th International Scientific Conference "Students on their Way to Science", Jelgava, Latvia. Referāts / *Oral presentation* "Gas Composition Changes during Storage in Shredded Carrot Packs made of Different Packaging Materials". Augspole I., Rakcejeva T., Dukalska L. (May 25, 2012).
12. The 7th Baltic Conference on Food Science and Technology "FoodBalt–2012", Kaunas, Lithuania. Stenda referāts / *Poster presentation* "Phenols Content and Antiradical Activity Changes in Hybrids of 'Nante' Carrots during Storage". Augspole I., Rakcejeva T., Dukalska L. (May 17–18, 2012).
13. The 18th Annual International Scientific Conference "Research for Rural Development 2012", Jelgava, Latvia. Referāts / *Oral presentation* "Sugars, Dietary Fibre and Vitamin C Content of 'Nante' Carrots Cultivated in Latvia". Augspole I., Rakcejeva T., Dukalska L. (May 16–17, 2012).
14. WASET 2012, International Conference "World Academy of Science, Engineering and Technology" "ICFEB 2012: International Conference on Food Engineering and Biotechnology", Paris, France. Referāts / *Oral presentation* "Chemical Composition of Variety 'Nante' Hybrid Carrots Cultivated in Latvia". Rakcejeva T., Augspole I., Dukalska L., Dimins F. (April 25–26, 2012).

Dalība izstādēs – 3

1. Starptautiskā izstāde „Riga Food 2014", Rīga, Latvija. Referāts / *Oral presentation* "Physically–chemical Parameters of 'Nante' Carrot Hybrids during Storage". Augspole I., Rakcejeva T., Gramatina I. (2014. gada 4.–7. septembris).
2. Starptautiskā izstāde „Riga Food 2013", Rīga, Latvija. Referāts / *Oral presentation* "Preservation of Shredded Carrots by Treatment with Ozonised Water". Augspole I., Rakcejeva T., Skudra L., Cinkmanis I. (2013. gada 3.–7. septembris).
3. Starptautiskā izstāde „Riga Food 2012", Rīga, Latvija. Stenda referāts / *Poster presentation* Biodegradējamā iepakojuma materiāla ietekme uz svaigi smalcinātu burkānu kvalitāti uzglabāšanas laikā. Augšpole I., Dukaļska L., Rakčejeva T., Muižniece–Brasava S., Šabovics M. (2012. gada 4.–6. septembris).

MATERIĀLI UN METODES

Pētījumu laiks un vieta

Eksperimenti veikti no 2011. gada līdz 2014. gadam Latvijas Lauksaimniecības universitātē Pārtikas Tehnoloģijas fakultātes Pārtikas Tehnoloģijas katedras laboratorijās:

- Iepakojuma materiālu īpašību izpētes laboratorijā (burkānu pirmapstrāde un minimālā apstrāde), krāsas intensitātes un cietības noteikšana, smalcinātu burkānu iepakošana un uzglabāšana;
- Mikrobioloģijas laboratorijā (mikrobioloģisko parametru noteikšana burkānos: baktēriju kopskaits – mezofīli aerobie un fakultatīvi anaerobie mikroorganismi, raugi, *E. coli* zarnu grupas baktērijas;
- Prof. P. Delles laboratorijā (šķiedrvielu satura noteikšana burkānos).

Ķīmijas katedras laboratorijās:

- Dabas vielu ķīmijas zinātniskajā laboratorijā (ogļhidrātu un polifenolu satura noteikšana);
- Neorganiskās un analītiskās ķīmijas laboratorijā (pH vērtības, mitruma, C vitamīna, šķīstošās sausnas, kopējo polifenolu, antioksidantu aktivitāti kopējo karotinoīdu un β–karotīna satura noteikšana).

Pētījuma objekts ir Latvijā Zemgales reģionā audzēti 'Nante' tipa:

- 'Forto' šķirnes burkāni;
- burkānu hibrīdi 'Bolero' F1, 'Champion' F1 un 'Maestro' F1.

Pētījumam *„Svaigu burkānu kvalitātes rādītāju izvērtējums„* un *„Burkānu kvalitātes rādītāju izmaiņas tradicionālajos uzglabāšanas apstākļos"* ir izmantoti 'Nante' tipa 'Forto' šķirnes burkāni un 'Nante' tipa burkānu hibrīdi 'Bolero' F1, 'Champion' F1 un 'Maestro' F1[1], kas audzēti Zemgales reģionā un novākti oktobra pirmajā pusē 2011. gadā.

Pētījumam *„Minimāli apstrādātu burkānu iepakošanas materiālu izvēle"* ir izmantoti 'Nante' tipa 'Forto' šķirnes burkāni, kas audzēti Zemgales reģionā un novākti oktobra pirmajā pusē 2012. gadā.

Pētījumam *„Smalcinātu burkānu apstrādes parametru izvēle"* un *„Minimāli apstrādātu burkānu kvalitātes parametru izmaiņas uzglabāšanas laikā"* ir izmantoti 'Nante' tipa 'Forto' šķirnes burkāni, kas audzēti Zemgales reģionā un novākti oktobra pirmajā pusē 2013. gadā.

Materiāli

- Dzeramais ūdens – atbilstoši LR Ministru Kabineta 2003.gada 29.aprīļa noteikumiem Nr. 235 „Dzeramā ūdens obligātās nekaitīguma un kvalitātes prasības, monitoringa un kontroles kārtība".

[1] Lauksaimniecības produktu integrētās audzēšanas, uzglabāšanas un marķēšanas prasības un kontroles kārtība (2014) [Skatīts 16.02.2015.] Pieejams / *Available at*: *http://likumi.lv/doc.php?id=197883*

- Dejonizēts ūdens 0,055 μS cm^{-1} iegūts ūdens dejonizācijas iekārtā *„Crystal E”* (*SIA „Adrona”*, Latvija).
- 30% ūdeņraža peroksīda (M=34,01 g mol^{-1}) šķīdums (Čehija).
- Ozonēts ūdens, kas iegūts augstas koncentrācijas ozona un skābekļa ģeneratorā *SOZ–YMS BNPOZONE Company* (Ķīna).
- Dārzeņu apstrādes līdzeklis, *NatureSeal® AS5* preparāts – ASV Lauksaimniecības ministrijas patentēts sauss vitamīna un minerālvielu maisījums (Nr. US 20110111103 A1) (*AgriCoat NatureSeal Ltd.,* Anglija).

Eksperimentos izmantojamo iepakošanas materiālu raksturojums apkopots 1. tabulā.

Bioloģiski sadalāmi materiāli (*Nature Works® PLA* C121, *NatureFlex™ NVS INNOVIA* un *CERAMIS®–PLA*) nesaderības dēļ nav piekausējami pie PP kārbiņām, tādēļ no šīm plēvēm tika izgatavoti maisiņi (250×240 mm), kuros ievietoja PP kārbiņas ar iesvērtiem svaigiem smalcinātiem burkāniem.

1. tabula / *Table 1*

Iepakojuma materiālu raksturojums / *Characteristics of packaging materials*

Nr.p.k. ***No***	**Iepakojuma materiāli /** ***Packaging materials***	**Biezums /** ***Thickness*** **μm**	**Izmērs /** ***Size, mm***	**Barjerīpašības/** ***Barrier properties***
1.	*BOPP Propafilm™ P2GAF* plēve / *film*	38±1	80×120	OTR: 3000 (cm^3 m^2) h^{-1} CO_2TR: 12000 (cm^3 m^2) h^{-1}
2.	*NatureFlex™ NVS* plēve / *film*	35±1	250×240	OTR: 20 (cm^3 m^2) h^{-1} CO_2TR: 500 (cm^3 m^2) h^{-1}
3.	*Nature Works® PLA P–360* kārbiņas / *boxes*	100±2	70×70×45 200 mL	Nehermētiski uzspiežami PLA vāciņi / *Non hermetically covered PLA caps*
4.	*Nature Works® PLA* C121 *(BIO–PLA)* plēve / *film*	35±5	80×120	WTR: 55 g $(m^2d)^{-1}$ ±10% 23 ºC HR 85% (ASTM F 1249) OTR: 500 $(m^2d)^{-1}$ bar 23 ºC HR 50%: (DIN 533803)
5.	*CERAMIS®–PLA (VC999 BioPack)* plēve / *film*	50±2	250×240	Augstas barjerīpašības, ko nodrošina SiO_2 pārklājums / *High barrier properties, provided with SiO_2 coat*
6.	*DuniForm PP* kārbiņas / *boxes*	35±1	80×120×42 400 mL	Nav zināmas / *Not known*

Eksperimentos svaigi smalcināti burkāni pirms uzglabāšanas bija:

- iepildīti *DuniForm* polipropilēna (PP) kārbiņās, kas aizkausētas ar *„elpojošu”* konvencionālo *BOPP Propafilm™ P2GAF* plēvi;

- iepildīti *DuniForm* polipropilēna (PP) kārbiņās, kuras ievietotas no bioloģiski sadalāmo materiālu izgatavotos hermētiski aizkausējamos maisiņos:
  - *Nature Works® PLA* C121 *(BIO–PLA)* plēves izgatavotos maisiņos;
  - *NatureFlex™ NVS INNOVIA* plēves izgatavotos maisiņos;
  - *CERAMIS®–PLA* plēves izgatavotos maisiņos;
- iepildīti *Nature Works® PLA P–360* kārbiņās ar nehermētiski uzspiežamu PLA vāciņu.

Pētījuma struktūra

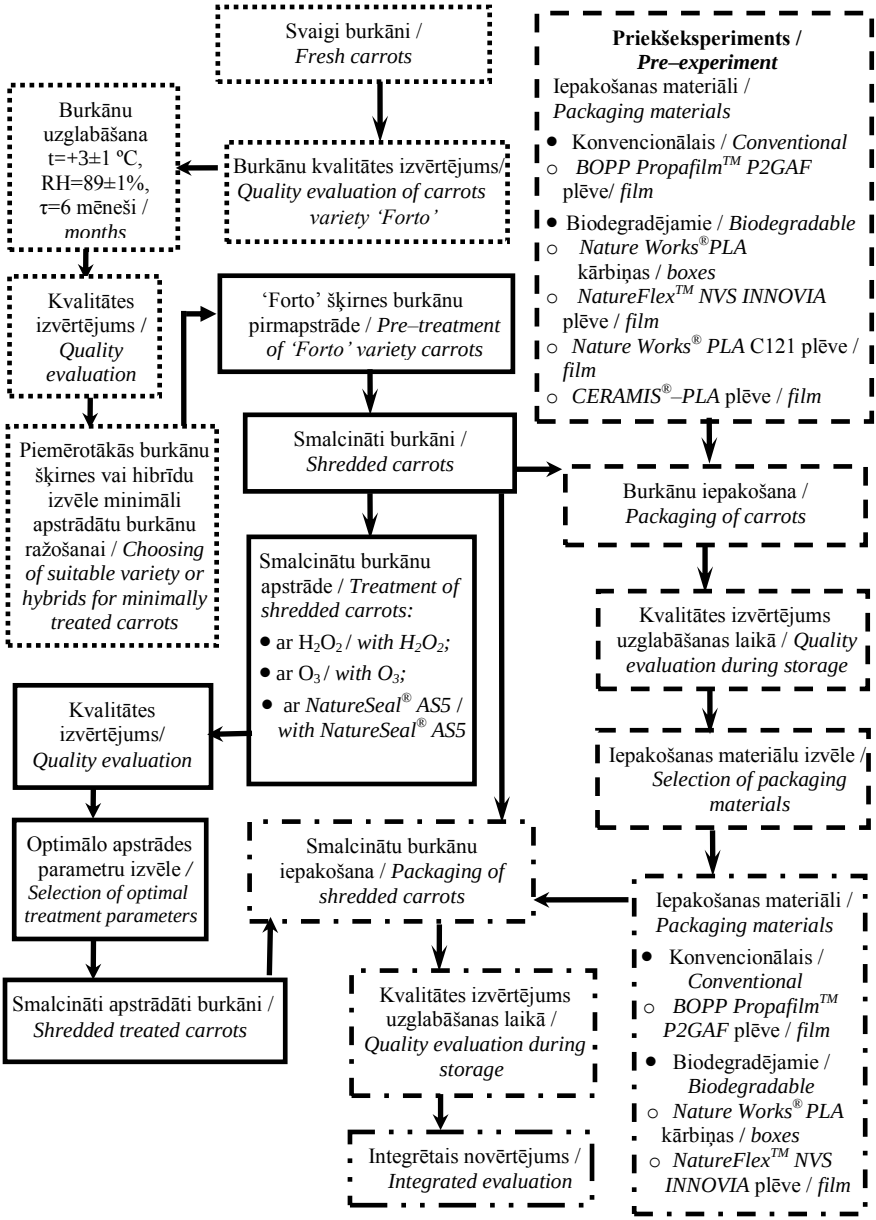
Promocijas darbā veikto pētījumu vispārējā shēma parādīta 1. attēlā. Svaigi 'Nante' tipa 'Forto' šķirnes burkāni un burkānu hibrīdi 'Bolero' F1, 'Champion' F1 un 'Maestro' F1 analizēti tūlīt pēc ražas novākšanas, uzglabāti sešus mēnešus gaisa vidē (+3±1 ºC, RH=89±1%) un ik pēc diviem mēnešiem tiem noteikti kvalitātes rādītāji ar mērķi izvēlēties piemērotāko burkānu šķirni vai hibrīdu svaigu minimāli apstrādātu burkānu ražošanai. Pēc fizikālo parametru un ķīmiskā sastāva izvērtēšanas turpmākiem pētījumiem izmantoja 'Forto' šķirnes burkānus.

Tā kā biodegradējamos iepakojuma materiālus izgatavo galvenokārt no dabā regulāri atjaunojamām izejvielām un tie bioloģiski sadalās, tātad ir dabai draudzīgi, tad pētījumu galvenais mērķis bija pārbaudīt bioloģiski sadalāmo iepakošanas materiālu ietekmi uz svaigu smalcinātu burkānu kvalitāti uzglabāšanas laikā, salīdzinājumā ar *„elpojošu"* konvencionālo *BOPP Propafilm™ P2GAF* iepakojuma materiālu. Svaigu smalcinātu minimāli apstrādātu burkānu kvalitātes rādītāju noteikšanai uzglabāšanas laikā no priekšeksperimentā (1. attēls) pārbaudītajiem bioloģiski sadalāmajiem iepakošanas materiāliem tika izvēlēti piemērotākie, kurus izmantoja turpmākajos pētījumos.

Svaigus, skaidiņās smalcinātus burkānus apstrādāja ar dažādiem dārzeņu apstrādes līdzekļiem – ar ūdeņraža peroksīdu, ar ozonētu ūdeni un *NatureSeal®AS5* preparātu (dažādā koncentrācijā, atšķirīgā izturēšanas laikā), ar mērķi nodrošināt burkānu mikrobioloģisko tīrību. Pēc burkānu kvalitātes rādītāju noteikšanas izvēlēti optimālākie apstrādes parametri.

Pēc apstrādes burkānus iepakoja iepriekš izvēlētajos iepakojuma materiālos un uzglabāja 8 līdz 12 dienas +4±1 ºC temperatūrā, nosakot to derīguma termiņu.

Lai noteiktu smalcinātu burkānu piemērotāko apstrādes līdzekli un izvērtētu to kvalitātes rādītājus uzglabāšanas laikā ir veikts integrētais novērtējums.



1. att. Vispārējā eksperimenta shēma /
Fig. 1. General scheme of experiments

Neapstrādātu svaigu burkānu uzglabāšana

'Nante' tipa 'Forto' šķirnes un hibrīdu 'Bolero' F1, 'Champion' F1 un 'Maestro' F1 burkāni tūlīt pēc ražas novākšanas sešus mēnešus ir uzglabāti 80×50×40 cm izmēra PP kastēs atvēsinātā kamerā +3±1 ºC temperatūrā ar relatīvo gaisa mitrumu 89±1%. Svaigu burkānu kvalitātes rādītāju noteikšana veikta, izmantojot standarta un zinātniskā literatūrā aprakstītās metodes (skat. 2. tabulā) ik pēc divu mēnešu uzglabāšanas.

Smalcinātu burkānu minimālā apstrāde

Smalcinātu burkānu sagatavošana:

- pētījumam izvēlēti svaigi, veseli, nebojāti burkāni, nomazgāti tekošā ūdenī (lietots dzeramais ūdens);
- burkānus mizoja ar *Baumann* firmas smalku, ļoti asu dārzeņu mizošanas nazi, kas izgatavots no nerūsējoša tērauda, pārklātu ar īpašu pārklājumu – keramisko slāni, kas neļauj produktam pielipt pie naža asmens;
- nomizotos burkānus nomazgāja tekošā ūdenī 16±2 ºC temperatūrā, apžāvēja +20±2 ºC temperatūrā gaisa vidē 3±1 min;
- burkānus sasmalcina skaidiņās, lietojot (*Philips Comfort HR 7605,* Austrija) mājsaimniecībā izmantojamu virtuves kombainu, darbināšanas jauda 350 W. Sasmalcināto burkānu skaidiņu vidējie izmēri: šķērsgriezums 1,5×3,0 mm, garums 35–50 mm.

Smalcinātu burkānu apstrādes paņēmieni

Smalcinātu burkānu pētījumiem sagatavoti ūdeņraža peroksīda, ozonēta ūdens un komerciālā *NatureSeal® AS5* preparāta apstrādes līdzekļi dažādā koncentrācijā. Burkāniem pirms apstrādes veikta pirmapstrāde: mazgāšana, mizošana, smalcināšana.

Lai novērtētu svaigu smalcinātu burkānu kvalitātes izmaiņas pēc apstrādes, burkānu paraugiem noteica fizikālos, ķīmiskos un mikrobioloģiskos parametrus (2. tabula). Smalcinātu apstrādātu burkānu kvalitātes izvērtējums veikts atkarībā no apstrādes ilguma un apstrādes līdzekļa koncentrācijas, kas ietver mērķi noskaidrot, kā apstrādes process – koncentrācija un ilgums ietekmē svaigu smalcinātu burkānu kvalitātes rādītājus. Kā kontrole izmantoti svaigi smalcināti burkāni pirms apstrādes.

Apstrāde ar H_2O_2

- Eksperimentiem izmantots 30% ūdeņraža peroksīda (M=34,01 g mol^{-1}) šķīdums (Čehija).
- Smalcinātu burkānu apstrādei sagatavoja 0,5%; 1,0% un 1,5% ūdeņraža peroksīda šķīdumu dejonizētā ūdenī 0,055 µS cm^{-1} 20±2 ºC temperatūrā.
- Lai novērstu ūdeņraža peroksīda sadalīšanos, šķīdumu pagatavoja vienu minūti pirms smalcināto burkānu apstrādes.

- Smalcināti burkāni tika iegremdēti ūdeņraža peroksīda ūdens šķīdumā un turēti 30±1 s, 60±1 s un 90±1 s.
- Pēc apstrādes ar ūdeņraža peroksīda ūdens šķīdumu smalcinātos burkānus novietoja uz nerūsējošā tērauda sieta (sieta režģu diametrs 0,3 mm), lai notecinātu brīvo šķīdumu (3±1 min).
- Ūdeņraža peroksīda ietekmi uz svaigu smalcinātu burkānu kvalitāti noteica tūlīt pēc apstrādes, kā arī uzglabāšanas laikā.

Apstrāde ar ozonu

- Ozonēts ūdens iegūts augstas koncentrācijas ozona un skābekļa ģeneratorā *SOZ–YMS* (*BNPOZONE Company,* Ķīna), kas aprīkots ar ūdens sūkni. Ozonu ar ežektora palīdzību izšķīdina ūdenī. Maksimālā ozona koncentrācija vienā cirkulācijas reizē ir līdz 12,0 mg L^{-1}.
- Ar portatīvu ozona mērītāju *DO3* (*Eco Sensors Division of KWJ Engineering Inc.,* ASV) noteica ozona koncentrāciju ūdenī mg L^{-1}. Mēraparāta darbība balstās uz gāzes (ozona) spiediena izmaiņām.
- Mēraparāta darbība balstās uz gāzes (ozona) spiediena izmaiņām.
- Ozona daudzumu traukā mēra virs parauga virsmas. Mērīšana notiek, manuāli iepildot ozonētā ūdens paraugu 10 mL pudelītē, kuru pievieno portatīvajam izšķīdināta ozona mērītājam *DO3* (*Eco Sensors Division of KWJ Engineering Inc.,* ASV). Mēraparātā izmantots elektroķīmiskais *T–Series* sensors *(3ET1PO3)* ar precizitāti ±0,05% (0–0,05 mg L^{-1}), maksimālā mērīšanas koncentrācija līdz 5,0 mg L^{-1}.
- Pēc ozona koncentrācijas noteikšanas (1,0 mg L^{-1}, 2,0 mg L^{-1} un 3,0 mg L^{-1}), smalcinātus burkānus iegremdēja ozonētajā ūdenī (2,0 L) 20±2 ºC temperatūrā un turēja 60; 120 un 180±1 sekundes.
- Pēc apstrādes ar ozonētu ūdeni smalcinātos burkānus novietoja uz nerūsējošā tērauda sieta un notecināja brīvo šķīdumu (3±1 min).
- Ozonēta ūdens ietekme uz svaigi smalcinātu burkānu kvalitāti noteikta tūlīt pēc apstrādes, kā arī paraugu uzglabāšanas laikā.

Apstrāde ar *NatureSeal®AS5* preparātu

- *NatureSeal® AS5* preparāts – ASV patentēts sauss vitamīna un minerālvielu maisījums, drošs un nekaitīgs produkts, kas lietojams pārtikā, aktīvā viela askorbīnskābe un kalcijs.
- Burkānu apstrādei lieto *NatureSeal® AS5* 2,5% ūdens šķīdumu.
- 2,5% *NatureSeal® AS5* ūdens šķīdums sagatavots pirms lietošanas, kurā smalcinātus burkānus 20±2 ºC temperatūrā iztur 5 min±1 s.
- Pēc apstrādes ar 2,5% *NatureSeal® AS5* ūdens šķīdumu smalcinātos burkānus novietoja uz nerūsējošā tērauda sieta un notecināja brīvo šķīdumu (3±1 min).
- *NatureSeal® AS5* ietekme uz svaigi smalcinātu burkānu kvalitāti noteikta tūlīt pēc apstrādes, kā arī paraugu uzglabāšanas laikā.

Minimāli apstrādātu burkānu iepakošana un uzglabāšana

Nomazgātus, nomizotus, smalcinātus burkānus, kas apstrādāti ar ūdeņraža peroksīda 1,0% šķīdumu 30±1 s, ozonētu ūdeni 2 mg L^{-1} 60±1 s un *NatureSeal® AS5* preparātu 2,5% 5 min±1 s pa 60±5 g, iepakoja bioloģiski sadalāmos un konvencionālajos iepakojuma materiālos.

DuniForm PP kārbiņas ievietoja iepriekš izgatavotos (izmērs 250 x 240 mm) bioloģiski sadalāma *NatureFlex™ NVS INNOVIA* materiāla plēves maisiņos, kurus hermētiski aizkausēja iepakošanas iekārtā *(EUROMATIC*, Itālija), bet ar *„elpojošu"* konvencionālo polimēru *BOPP Propafilm™ P2GAF* plēvi ar pretnorasošanas pārklājumu *DuniForm PP* kārbas hermētiski aizkausēja iepakošanas iekārtā *SEAL 300 Faverani* (Itālija).

Paraugu kvalitātes parametru noteikšana veikta pirms iepakošanas pirmajā dienā un uzglabāšanas laikā ik pēc divām dienām, laika periodā līdz 8–12 dienām trīs atkārtojumos. Eksperimentos lietoto iepakošanas materiālu raksturojuma apraksts apkopots 1. tabulā.

Smalcināti, apstrādāti iepakotie burkāni uzglabāti aukstumkamerā *Comercial Freezer/Cooler „ELCOLD"* +4,0±1 ºC temperatūrā.

Burkānu kvalitātes rādītāju noteikšanas metodes

Burkānu kvalitātes rādītāju noteikšanas metodes dažādos pētījumu posmos apkopotas 2. tabulā.

Rezultātu matemātiskā apstrāde

- Iegūto datu apstrāde veikta ar matemātiskās statistikas metodēm, iegūtajiem rezultātiem aprēķināti vidējie aritmētiskie lielumi ar *Microsoft Excel* 7 programmas paketi rēķinātas standartnovirzes.
- Būtiskuma noteikšanai rezultāti tika analizēti ar programmpaketi *SPSS* 20, izmantojot: vienfaktora un divfaktoru dispersijas analīzi *(ANOVA)*, *General Linear Model* (GLM), izmantota p–vērtība.
- Dispersijas analīzē atšķirību skaidrošanai starp pētītajiem paraugiem izmantots *Scheffe* kritērijs.
- Veikts integrēts daudzkritēriju novērtējums.

2. tabula / *Table 2*

Burkānu kvalitātes rādītāju noteikšanas metodes dažādos pētījumu posmos / *Methods for the quality assessment of carrots in different research stages*

Rādītāji un testa metodes / *Indicators and test methods*	**Pētījumu posmi / *Research stages***			
	Burkāni / *Carrots*	**Burkānu uzglabāšana / *Storage of carrots***	**Apstrādes parametru izvēle/ *Selection of treatment parameter***	**Apstrādāto burkānu uzglabāšana / *Storage of treated carrots***
Mitrums / *Moisture* (ISO6496:1999)	×	×	×	×
Cietība / *Firmness* Struktūras analizators / *(Texture analyser TA.XT.plus)*	×	×	×	×
Krāsa / *Colour* CIE L* a* b* krāsu sistēma *(CIE L* a* b* colour system)*	×	×	×	×
pH LVS ISO 1132:2001	×	×	×	×
Masas zudumi / *Weight loss* (LVS ISO 1442:1997)	–	–	–	×
Gāzu sastāvs / *Composition of gases* Gāzu analizators *(Gas analyser OXYBABY ECO)*	–	–	–	×
Ogļhidrāti / *Carbohydrates* (Kūka, 2008)	×	×	×	–
Šķīstošā sausna */ Soluble solids* (ISO 2173:2003)	×	×	×	×
Polifenoli /*Polyphenols* (Özkan, Baydar, 2006)	×	×	–	–
Kopējie fenoli / *Total phenols* (Marinova *et al.*, 2005)	×	×	×	×
Antioksidantu aktivitāte /*Antiradical activity* (Faller, Fialho, 2010)	×	×	×	×
C vitamīns */ Vitamin C* (Moor *et al.*, 2005)	×	×	–	–
Kopējie karotinoīdi / *Total carotenoids* (Lima *et al.*, 2005)	×	×	×	×
β–karotīns / *β–carotene* (Biswas *et al.*, 2011)	×	×	×	×
Kopējās diētiskās šķiedrvielas / *Total dietary fibre* (AOAC 993.21)	×	×	–	–
MAFAm / *Total plate counts* (LVS EN 4833:2003)	–	–	×	×
Raugi / *Yeasts* (ISO 21527–2:2008)	–	–	×	×
E.coli (LVS ISO 7251)	–	–	×	×

× noteiktie burkānu kvalitātes rādītāji / *determined quality indicators for carrots*

– nav noteikts / *was not defined*

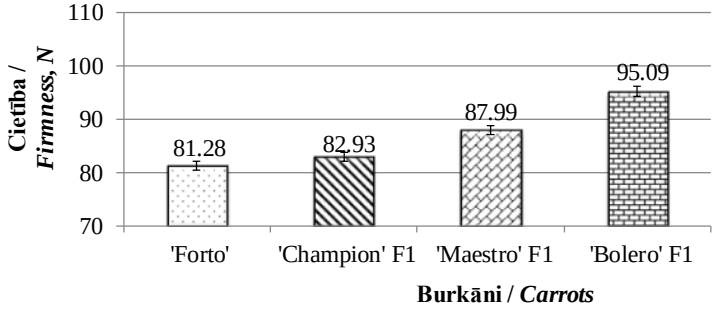
PĒTĪJUMU REZULTĀTI UN DISKUSIJA

1. Svaigu burkānu fizikālo parametru un ķīmiskā sastāva izvērtējums

Lai pierādītu promocijas darbā aizstāvamo tēzi: „'Nante' tipa šķirnes un hibrīdu burkānu fizikālie parametri un ķīmiskais sastāvs būtiski atšķiras", eksperimentāli ir analizēti un izvērtēti svaigu tikko novāktu 'Nante' tipa 'Forto' šķirnes un hibrīdu 'Bolero' F1, 'Champion' F1 un 'Maestro' F1 burkānu fizikālie un ķīmiskie parametri.

Pēc datu matemātiskās apstrādes noteikts, ka 'Nante' tipa 'Forto' šķirnes un hibrīdu 'Bolero' F1, 'Champion' F1 un 'Maestro' F1 burkānu mitruma saturs būtiski atšķīrās ($p=0,002$; $\alpha=0,05$) un bija robežās no 88,42% līdz 92,67%. Mazākais mitruma saturs noteikts hibrīda 'Bolero' F1 burkānos 88,42±0,17%, savukārt lielākais – 'Forto' šķirnes burkānos 92,67±0,13%. Atšķirīgs mitruma saturs burkānos skaidrojams ar šķirnes un hibrīdu īpatnībām un iespējamo augsnes tipu atšķirību burkānu augšanas laikā.

Svaigiem burkāniem noteiktā cietība raksturo to kraukšķīgumu. Burkānu cietība (kraukšķīgums) ir svarīgs kvalitātes rādītājs, kas nosaka to tvirtumu, stingrību un sulīgumu. Veicot iegūto eksperimentālo datu matemātisko apstrādi noteikts, ka pētāmo burkānu cietība būtiski atšķiras ($p=0,008$; $\alpha=0,05$) (2. attēls).



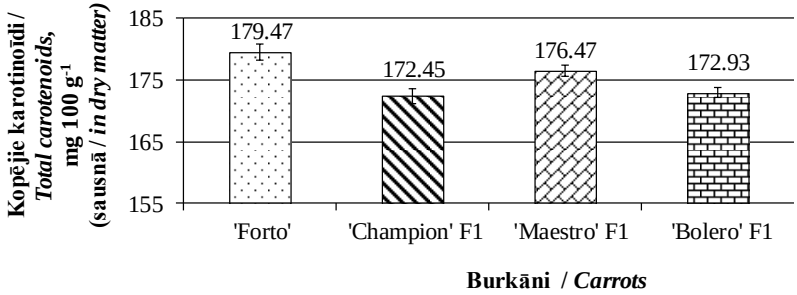
2. att. Burkānu cietība / ***Fig. 2. Firmness of carrots***

Analizēto burkānu cietība bija robežās no 81,28 līdz 95,09 N. Viscietākie bija hibrīda 'Bolero' F1 burkāni (95,09±7,01 N), bet mīkstākie – 'Forto' šķirnes burkāni (81,28±10,54 N). Svaigiem burkāniem stingrība un kraukšķīgums parasti ir vēlams un to ir grūti komerciāli analizēt produktu kvalitātes testēšanā.

Kopējo karotinoīdu saturs dažādu 'Nante' tipa šķirnes un hibrīdu burkānos būtiski atšķīrās ($p=0,001$; $\alpha=0,05$). Lielākais kopējo karotinoīdu saturs konstatēts 'Forto' šķirnes burkānos – 179,47±0,08 mg 100 g^{-1} sausnas, mazākais – hibrīdu 'Champion' F1 un 'Bolero' F1 burkānos (172,45±0,06 un 172,93±0,04 mg 100 g^{-1} sausnas) (3. attēls).

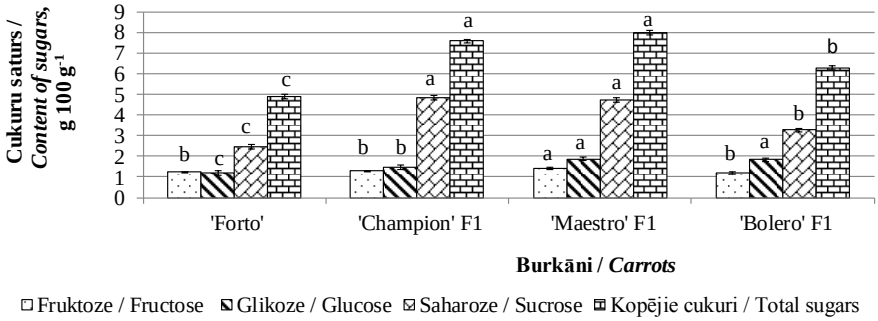
Cukuru saturs analizētajos 'Nante' tipa šķirnes un to hibrīdu burkānos bija būtiski atšķirīgs ($p=0,001$; $\alpha=0,05$). Izvērtējot saharozes, glikozes un fruktozes

saturu burkānos (4. attēls), konstatēts, ka saharoze ir dominējošais cukurs nobriedušās burkānu saknēs. Mazākais saharozes saturs – 2,45 g 100 g^{-1} konstatēts 'Forto' šķirnes burkānos, bet lielākais – hibrīdu 'Champion' F1 un 'Maestro' F1 burkānos: 4,82 un 4,71 g 100 g^{-1}. Fruktozes saturs pētītajos burkānos bija robežās no 1,20 g 100 g^{-1} 'Bolero' F1 līdz 1,40 g 100 g^{-1} 'Maestro' F1. Glikozes saturs svaigos burkānos bija robežās no 1,19 g 100 g^{-1} 'Forto' šķirnes burkānos līdz 1,87 g 100 g^{-1} hibrīda 'Maestro' F1 burkānos.



3. att. Kopējo karotinoīdu saturs / ***Fig. 3. Content of total carotenoid***

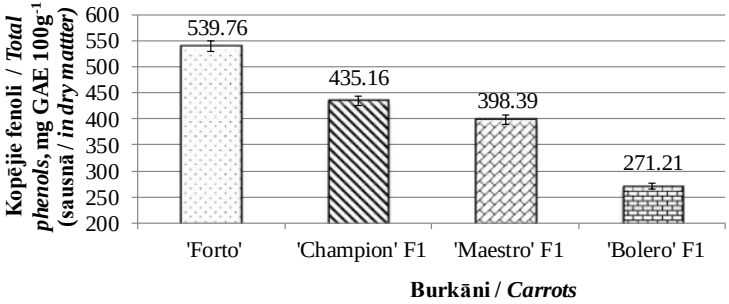
'Forto' šķirnes samazināto cukuru saturu varētu izskaidrot ar to, ka palielinātā polifenolu satura dēļ (4. attēls) cukuri (glikoze un fruktoze) tiek saistīti glikozīdu veidā. Kopējo cukuru saturs bija robežās no 4,87 g 100 g^{-1} 'Forto' šķirnes burkānos līdz 7,99 g 100 g^{-1} hibrīda 'Maestro' F1 burkānos.



4. att. Cukuru saturs / ***Fig. 4. Content of sugars***

Vērtības, kas atzīmētas ar vienu un to pašu burtu, būtiski neatšķiras (p>0,05) /
Values, marked with the same letter, are not significantly different (p>0.05)

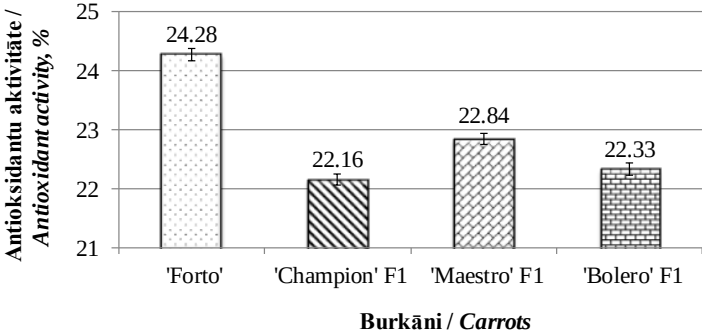
Izvērtējot kopējo fenolu saturu burkānu paraugos noteikts, ka to saturs 'Nante' tipa šķirnes un to hibrīdu burkānos būtiski atšķīrās (p=0,003; α=0,05) (5. attēls).



5. att. Kopējo fenolu saturs / ***Fig. 5. Content of total phenols***

Kopējais fenolu saturs bija robežās no 271,21±0,02 mg GAE 100 g^{-1} sausnas 'Bolero' F1 hibrīda burkānos līdz 539,76±0,03 mg GAE 100 g^{-1} sausnas 'Forto' šķirnes burkānos. Lielais kopējais fenolu saturs burkānos varētu būt saistīts ar paaugstinātu ferulskābes, galluskābes, p–kumarīnskābes un organisko skābju saturu tajos.

Burkānu antioksidantu aktivitāte bija robežās no 22,16±0,06 'Champion' F1 burkānu hibrīdos, līdz 24,28±0,16 DPPH inhibēšanas % 'Forto' šķirnes burkānos kas būtiski atšķīrās (p=0,001) (6. attēls). Iegūtie pētījuma rezultāti norāda uz 'Forto' šķirnes burkānu lielo antioksidantu aktivitāti. Pētījumi liecina, ka lielā antioksidantu aktivitāte neitralizē brīvos radikāļus un tas ir viens no galvenajiem iemesliem, kāpēc pasaulē palielinās dārzeņu patēriņš.



6. att. Antioksidantu aktivitāte / ***Fig. 6. Antioxidant activity***

Pētījumos noteikts, ka burkāni ir bagāts šķiedrvielu avots. Lielākais kopējo šķiedrvielu saturs bija hibrīda 'Bolero' F1 burkānos 34,25±5,79 mg 100 g^{-1} sausnas un mazākais hibrīda 'Champion' F1 burkānos 25,78±1,54 mg 100 g^{-1} sausnas, kas ir būtiski atšķirīgs (p=0,006; α=0,05).

2. Svaigu burkānu fizikāli–ķīmisko parametru izmaiņas uzglabāšanas laikā

Eksperimentāli ir vērtēta Latvijā audzēta 'Nante' tipa 'Forto' šķirne un tā dažādu hibrīdu 2011. gada ražas burkānu fizikāli ķīmisko rādītāju izmaiņas sešu mēnešu uzglabāšanas laikā, veicot analīzes ik pēc diviem mēnešiem.

Burkānu mitruma saturs uzglabāšanas laikā būtiski samazinās ($p=0,001$; $\alpha=0,05$). Pēc sešu mēnešu uzglabāšanas burkānu mitrums visvairāk samazinājās hibrīda 'Maestro' F1 burkānos (par 4,80%), mazāk – hibrīda 'Bolero' F1 burkānos (par 1,98%). Pēc zinātniskās literatūras datiem dabiski mitruma zudumi burkānos viena mēneša uzglabāšanas laikā var būt līdz 3%, savukārt maksimāli pieļaujamie visā sešu mēnešu uzglabāšanas ciklā ir no 7% līdz 8%. Burkānu mitruma samazināšanās rezultātā sākas burkānu vīšanas process, ko ietekmē uzglabāšanas temperatūra un relatīvais gaisa mitrums.

Burkānu cietība būtiski palielinājās ($p=0,002$; $\alpha=0,05$), jo to ietekmē mitruma satura samazināšanās. Pēc sešu mēnešu uzglabāšanas burkānu cietība palielinājās vidēji par 19,15%. Pēc sešu mēnešu uzglabāšanas vairāk palielinājusies 'Forto' šķirnes burkānu cietība – par 28,99%. Savukārt mazāk cietība mainījās hibrīda 'Champion' F1 burkāniem – par 9,60%. Burkānu cietības palielināšanās varētu būt skaidrojama ar burkānu mitruma satura samazināšanos, kas būtiski ietekmē dārzeņu cietību, proti, dārzeņi sāk vīst.

Dažādu 'Nante' tipa hibrīdu burkānos kopējo karotinoīdu saturs pēc sešu mēnešu uzglabāšanas būtiski palielinājās ($p<0,05$; $\alpha=0,05$) – vidēji par 35,96%, savukārt 'Forto' šķirnes burkānos vidēji par 40,97% ($p<0,05$; $\alpha=0,05$). Iegūtie rezultāti liecina par karotinoīdu biosintēzes norisi burkānos pēc ražas novākšanas.

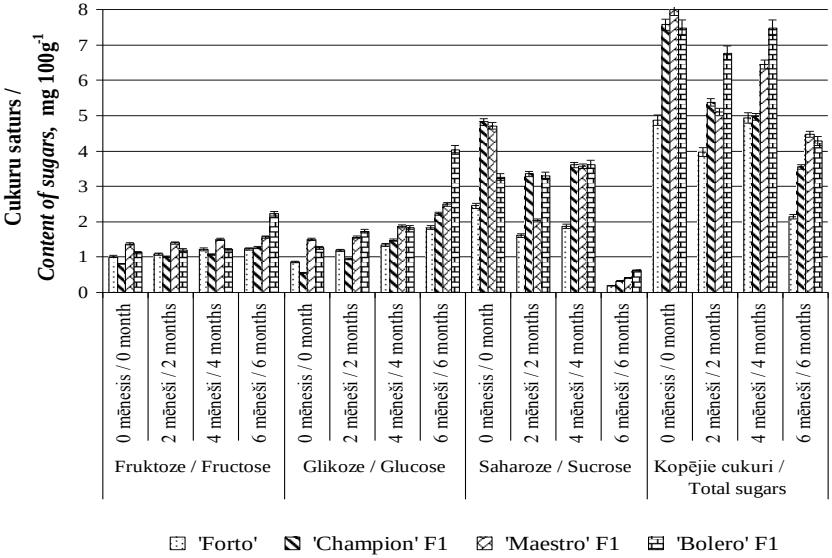
Veicot matemātisko datu apstrādi, ir noteikts, ka uzglabāšanas laikā fruktozes ($p=0,026$; $\alpha=0,05$) un glikozes satura ($p=0,046$; $\alpha=0,05$) izmaiņas ir būtiskas (7. attēls).

'Nante' tipa šķirnes un hibrīdu burkānos fruktozes saturs palielinājās par 31,32% un glikozes saturs – par 60,55%, līdz ar to uzglabāti burkāni iegūst saldāku garšu. Sešu mēnešu uzglabāšanas periodā saharozes saturs burkānos vidēji samazinājās par 89,90%, salīdzinot ar saharozes saturu burkānos pirms to uzglabāšanas. To var izskaidrot ar to, ka burkānos uzglabāšanās laikā cukuri biosintēzes procesā hidrolizējas, kā rezultātā notiek disaharīdu degradācija, kur saharozes saturs samazinās, savukārt glikozes un fruktozes saturs palielinās.

Kopējo fenolu saturs 'Nante' tipa šķirnes un hibrīdu burkānos pēc sešu mēnešu uzglabāšanas būtiski samazinājās – vidēji par 21,30% ($p=0,007$; $\alpha=0,05$).

Antioksidantu aktivitāte 'Nante' tipa šķirnes un to hibrīdu burkānos pēc sešu mēnešu uzglabāšanas samazinājās vidēji par 55,37% ($p=0,019$; $\alpha=0,05$). Burkānu antioksidantu aktivitāte pirmos divos uzglabāšanas mēnešos bija salīdzinoši stabila, zaudējot vidēji 6,17%. Ļoti straujš antioksidantu aktivitātes zudums (vidēji par 41,14%) vērojams pēc divu mēnešu uzglabāšanas. Uzglabāšanas laikā burkānos

norisinās bioķīmiskās izmaiņas, antioksidantu oksidēšanās, kā rezultātā kopējo fenolu saturs un antioksidantu aktivitāte burkānu hibrīdos pēc sešu mēnešu uzglabāšanas būtiski samazinājās.



7. att. Cukuru satura izmaiņas burkānos uzglabāšanas laikā /
Fig. 7. Changes of sugars content in carrots during storage

Pēc datu matemātiskās apstrādes noteikts, ka kopējo šķiedrvielu saturs visā uzglabāšanas periodā 'Nante' tipa šķirnes un to hibrīdu burkānos būtiski neatšķīrās ($p=0,391$; $\alpha=0,05$) un uzglabāšanas laikā būtiski nemainījās ($p=0,249$; $\alpha=0,05$).

Pēc 'Nante' tipa 'Forto' šķirnes un hibrīdu 'Champion' F1, 'Maestro' F1 un 'Bolero' F1 burkānu fizikālo parametru un ķīmiskā sastāva izvērtēšanas turpmākiem pētījumiem izmantoja 'Forto' šķirnes burkānus.

3. Smalcinātu burkānu apstrādes parametru izvēle

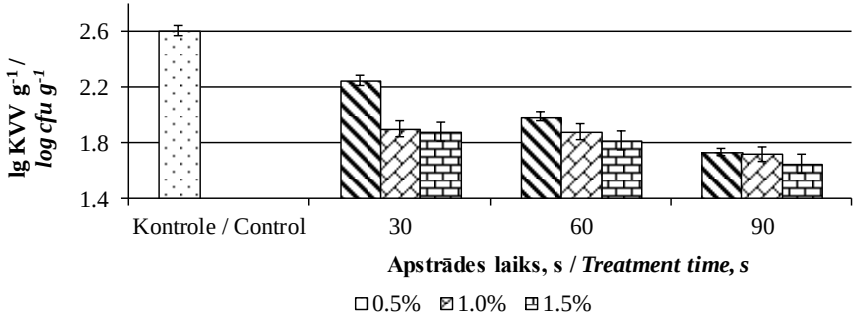
Lai pierādītu promocijas darbā izvirzīto tēzi: „dažādas svaigu smalcinātu burkānu apstrādes metodes būtiski ietekmē to kvalitātes rādītājus", ir veikts smalcinātu burkānu mikrobioloģisko, ķīmisko un fizikālo rādītāju izvērtējums pēc to apstrādes ar dažādiem dārzeņu apstrādes līdzekļiem. Pētījumā smalcinātu burkānu apstrādei izmantoti 'Nante' tipa 'Forto' šķirnes burkāni, kas audzēti Zemgales reģionā un novākti oktobra pirmajā pusē 2013. gadā. Darbā analizēta divu alternatīvu dārzeņu apstrādes līdzekļu – ar ūdeņraža peroksīdu (H_2O_2) un ozonētu ūdeni ietekme uz smalcinātu burkānu kvalitāti un salīdzinājumam izmantota burkānu apstrāde ar komerciālo *NatureSeal® AS5* preparātu (kontrole).

Apstrāde ar ūdeņraža peroksīdu

Burkānu pirmapstrāde (mazgāšana, tīrīšana, mizošana, smalcināšana) izraisa burkānu audu bojājumus, kas var sekmēt mikroorganismu attīstību. Tāpēc, pamatojoties uz vairāku autoru iegūtajiem rezultātiem, smalcinātu burkānu apstrādei ir lietots ūdeņraža peroksīds (H_2O_2), ko iesaka izmantot dārzeņu apstrādei nelielās toksicitātes un drošas sadalīšanas (O_2 un H_2O).

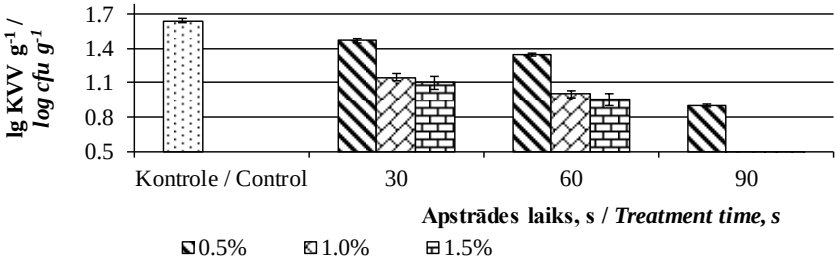
Veicot mikrobioloģiskās analīzes svaigajos burkānos *E.coli* netika konstatēts.

Analizējot H_2O_2 ietekmi uz smalcinātu burkānu kvalitāti dažādā koncentrācijā un dažādos apstrādes laikos, konstatēts, ka būtiski atšķiras ($p=0,03$; $\alpha=0,05$) MAFAm KVV skaita dinamika kontroles parauga burkānos un ar H_2O_2 apstrādātos burkānos (8. attēls). Neapstrādātos burkānos MAFAm skaits (kontrole) bija 2,61 lg KVV g^{-1}. Lielāks MAFAm 2,25 lg KVV g^{-1} ir burkānos, kas apstrādāti 30±1 s ar 0,5% H_2O_2 (samazinājās par 13,97%), savukārt mazāks – 1,65 lg KVV g^{-1}, apstrādājot 90±1 s ar 1,5% H_2O_2 (samazinājās par 36,78%). Ar 1,0% H_2O_2 un izturēšanas laiku 30±1 s var sasniegt būtisku MAFAm KVV skaita samazināšanos (par 27,20%). Veicot iegūto eksperimentālo datu matemātisko apstrādi noteikts, ka dažādas H_2O_2 koncentrācijas ($p=0,019$; $\alpha=0,05$) un atšķirīgie izturēšanas laiki ($p=0,049$; $\alpha=0,05$) būtiski ietekmēja MAFAm KVV skaitu burkānos (8. attēls). Pētījuma dati apstiprina, ka H_2O_2 piemīt izteikta antibaktericīda iedarbība.



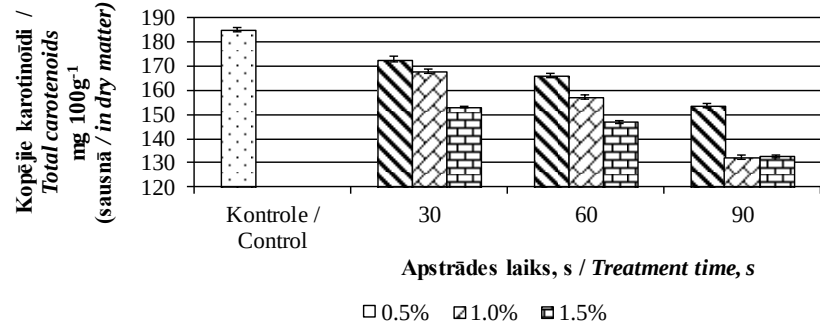
8. att. H_2O_2 koncentrācijas un apstrādes ilguma ietekme uz MAFAm skaitu burkānos /
Fig. 8. Influence of H_2O_2 treatment regime parameters on the TPC units in carrots

Apstrādājot smalcinātus burkānus 90±1 s ar 1,0% un 1,5% H_2O_2 būtiski samazinājās ($p<0,05$) raugu kopskaits – pēc apstrādes raugi netika konstatēti (9. attēls). Raugu skaits 1,47 lg KVV g^{-1} saglabājās burkānos, kas apstrādāti 30±1s ar 0,5% H_2O_2. Tādējādi burkānu mikrobioloģiskai tīrībai piemērotāks ir ilgāks (90±1 s) apstrādes laiks un (1,0% un 1,5%) H_2O_2 apstrādes līdzekļi.



9. att. H_2O_2 koncentrāciju un apstrādes ilguma ietekme uz raugu skaitu burkānos /
Fig. 9. Influence of H_2O_2 treatment regime parameters on the yeast units in carrots

Pētījumos noteikts, ka kopējais karotinoīdu saturs burkānu paraugos būtiski samazinājās – par 20,70% ($p<0,05$; $\alpha=0,05$) apstrādātos 60±1 s ar 1,5% H_2O_2, par 28,42% apstrādātos 90±1 s ar 1% H_2O_2 un par 28,32% – 90±1 s ar 1,5% H_2O_2, salīdzinot ar kontroles burkānu paraugu (10. attēls). Tas galvenokārt skaidrojams ar burkānu oksidatīvo bojāšanos. Jāatzīmē, ka burkānu paraugos mazāki kopējā karotinoīdu satura zudumi – no 6,62% līdz 10,26% bija pēc apstrādes 30±1 s ar 0,5 un 1,0% H_2O_2 un 60±1 s ar 0,5% H_2O_2.

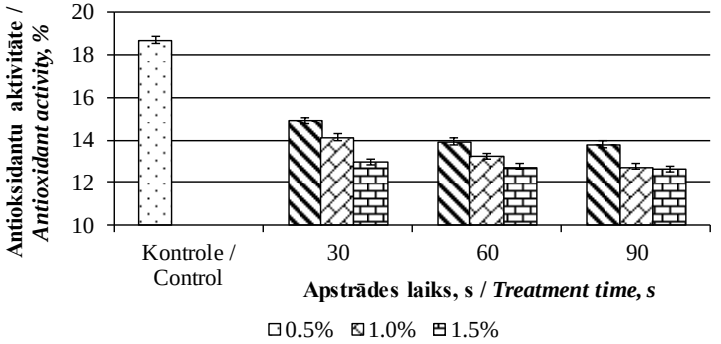


10. att. Kopējo karotinoīdu saturs burkānos pēc apstrādes ar H_2O_2 /
Fig. 10. Content of total carotenoids in carrots after treatment with H_2O_2

H_2O_2 saturs un burkānu apstrādes laiks būtiski ietekmēja ($p<0,05$; $\alpha=0,05$) kopējo fenolu saturu smalcinātos burkānos, kas pēc apstrādes, salīdzinot ar kontroles paraugu, samazinājās no 35,14 līdz 48,73%. Mazāki kopējo fenolu satura zudumi burkānos – 35,14% un 36,09% bija pēc apstrādes 30±1 s ar 0,5% un 1,0% H_2O_2, savukārt lielāki – 48,73% pēc apstrādes 90±1 s ar 1,0% H_2O_2.

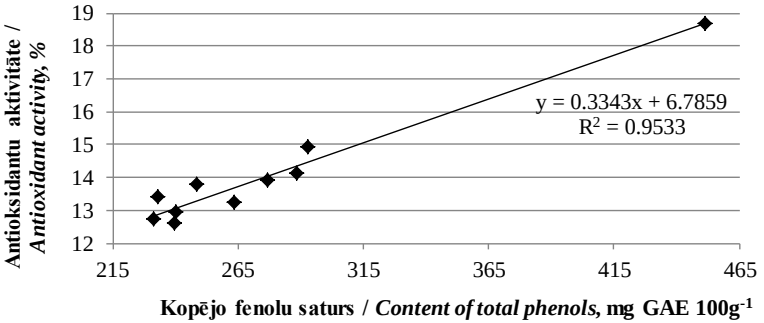
Antioksidantu aktivitāte burkānos pēc apstrādes ar H_2O_2 samazinājās vidēji par 27,66%, salīdzinot ar kontroles paraugu (11. attēls). Veicot iegūto eksperimentālo datu matemātisko apstrādi noteikts, ka ar dažādu H_2O_2 saturu un atšķirīgu izturēšanas laiku burkānu antioksidantu aktivitāte savstarpēji būtiski neatšķīrās

(p=0,674; α=0,05). Mazāki burkānu antioksidantu aktivitātes zudumi – 20,21% un 24,39% bija pēc apstrādes 30±1 s ar 0,5% un 1,0% H_2O_2.



11. att. Antioksidantu aktivitāte burkānos pēc apstrādes ar H_2O_2 /
Fig. 11. Antioxidant activity of carrots after treatment with H_2O_2

Iegūtie dati parāda, ka starp kopējo fenolu saturu un antioksidantu aktivitāti burkānos pastāv cieša pozitīva korelācija (R^2=0,953; r=0,976) ar varbūtību 99%, proti, apstrādes laikā, burkānos samazinoties kopējo fenolu saturam, to antioksidantu aktivitāte samazinās (12. attēls).



12. att. Antioksidantu aktivitātes un kopējo fenolu satura korelācija /
Fig. 12. Correlation of antioxidant activity and content of total phenols in carrots

Ar H_2O_2 apstrādātos smalcinātos burkānos būtiski samazinājās fruktozes, glikozes un saharozes saturs (p<0,05; α=0,05). Mazāk fruktozes saturs burkānos samazinājās (par 8,05%) pēc apstrādes 30±1 s ar 1,5% H_2O_2, savukārt visvairāk (par 63,40%) pēc apstrādes 60±1 s ar 0,5% H_2O_2 šķīdumu. Mazāk (par 13,40%) glikozes saturs burkānos samazinājās pēc to apstrādes 30±1 s ar 0,5% H_2O_2, savukārt ļoti būtiski glikozes satura samazinājumi (par 77,05% un 65,24%) burkānos bija pēc apstrādes 60±1 s ar 1% un 90±1 s ar 1,5% H_2O_2. Pētījumos iegūts, ka vismazāk saharozes saturs izmainījās (par 33,37%), burkānus apstrādājot 30±1 s ar 1,5% H_2O_2, savukārt visvairāk (par 53,70%) pēc 90±1 s apstrādes ar 1,5% H_2O_2. Pēc apstrādes 30±1 s ar 1,5% H_2O_2 kopējais cukuru saturs

samazinājās par 18,58%. Lielāki kopējā cukura satura zudumi (par 40,84%) novēroti burkānos, kas apstrādāti 60±1 s ar 1,0% H_2O_2 un 90±1 s ar 0,5% un 1,5% H_2O_2.

H_2O_2 saturs (p=0,402; α=0,05) un apstrādes laiks (p=0,113; α=0,05) būtiski neietekmēja burkānu pH vērtību. Apstrādātu burkānu pH vērtība samazinājās vidēji par 0,06 vienībām, salīdzinot ar kontroles paraugu.

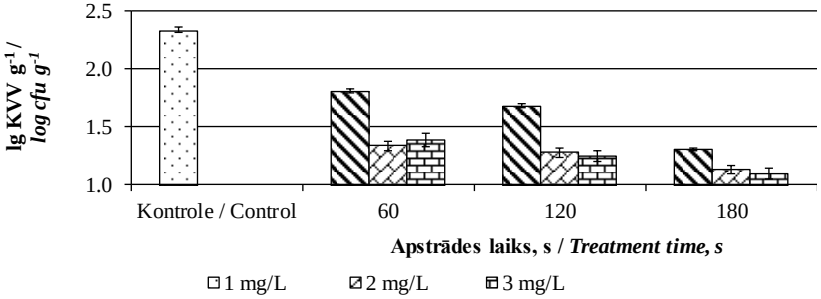
Burkānus apstrādājot ar H_2O_2, ne tā saturs, ne izturēšanas ilgums neatstāja būtisku ietekmi uz burkānu cietību (p=0,240; α=0,05), kas vidēji palielinājās par 9,80%, salīdzinot ar kontroles parauga burkāniem.

Pamatojoties uz smalcinātu burkānu mikrobioloģisko, ķīmisko un fizikālo rādītāju dinamiku apstrādes laikā, turpmākiem pētījumiem kā optimālākais apstrādes režīmā ar H_2O_2, ir izvēlēts laiks 30±1 s un 1,0% H_2O_2 šķīdums.

Apstrāde ar ozonētu ūdeni

Ozons (O_3) ir viens no jaunākajiem apstrādes līdzekļiem, ko izmanto mikroorganismu skaita samazināšanai dārzeņos. Ozons ir atzīts par nekaitīgu un drošu (*GRAS – Generally recognized as safe*) pārtikā. Galvenā priekšrocība apstrādei ar ozonu – tiek aizkavēta baktēriju vairošanās, kā rezultātā smalcināti burkāni ilgāk paliek svaigi un saglabā kvalitāti.

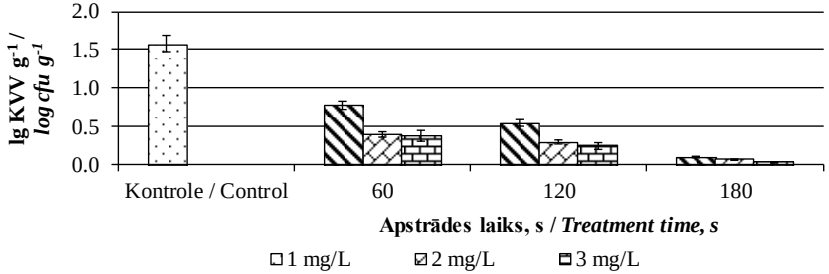
Lai nodrošinātu smalcinātu burkānu kvalitāti, pētīti dažādi ozonēta ūdens apstrādes režīmi: ozonēta ūdens koncentrācija un iedarbības ilgums uz produktu. Pamatojoties uz zinātniskajā literatūrā ieteiktajiem datiem, smalcinātu burkānu apstrādei ar ozonētu ūdeni pētīti šādi apstrādes režīmi: izturēšanas laiki – 60; 120; 180±1 s un koncentrācijas – 1,0; 2,0; 3,0 mg L^{-1}. Salīdzinot izvēlētos apstrādes režīmus, novērots, ka pastāv būtiska (p=0,003; α=0,05) ozonēta ūdens ietekme uz MAFAm KVV skaita samazināšanos (13. attēls).



13. att. MAFAm skaits burkānos pēc apstrādes ar ozonētu ūdeni /
Fig. 13. The TPC units in carrots after treatment with the ozonised water

Visvairāk MAFAm skaits burkānos samazinājās, apstrādājot 180±1 s ar 2 mg L^{-1} un 3 mg L^{-1} ozonētu ūdeni, atbilstoši par 51,71% un 52,99% (samazinājās attiecīgi līdz 1,13 lg KVV g^{-1} un 1,10 lg KVV g^{-1}).

Raugu KVV skaits burkānos (14. attēls) visvairāk samazinājās, apstrādājot 180±1 s ar 2 un 3 mg L^{-1} ozonētu ūdeni (par 96,36%), vismazāk – apstrādājot 60±1 s ar 1 mg L^{-1} ozonētu ūdeni (par 50,63%). Tādējādi burkānu mikrobioloģiskai tīrībai piemērotāks ir ilgāks (180±1 s) apstrādes laiks un mazāka apstrādes līdzekļa koncentrācija (2 mg L^{-1} un 3 mg L^{-1}).

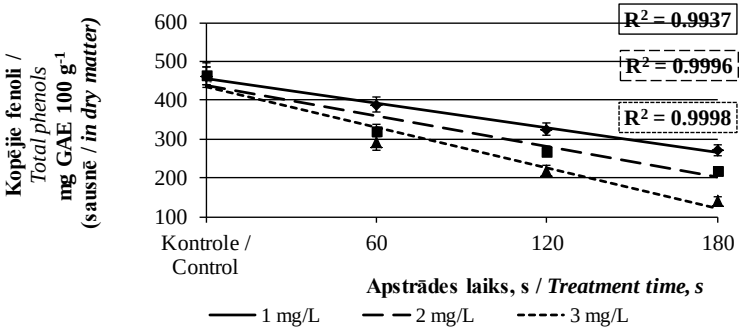


14. att. Raugu skaits burkānos pēc apstrādes ar ozonētu ūdeni /
Fig. 14. The yeast units in carrots after treatment with the ozonised water

Apstrādes laikā burkānos būtiski samazinājās fruktozes, glikozes un saharozes saturs (p=0,001; α=0,05). Mazākas fruktozes satura izmaiņas (par 22,86%) noteiktas burkānos pēc apstrādes 60±1 s ar 2 mg L^{-1} ozonētu ūdeni, savukārt lielākas (par 97,14% un 95,71%) burkānos apstrādātos 120±1 s un 180±1 s ar 3 mg L^{-1} ozonētu ūdeni.

Vismazāk glikozes saturs samazinājās (par 25,00%), apstrādājot 60±1 s ar 2 mg L^{-1} ozonētu ūdeni, savukārt visvairāk (par 95,31% un 87,50%), attiecīgi 180±1 s un 120±1 s ar 3 mg L^{-1} ozonētu ūdeni. Saharozes saturs burkānos mazāk samazinājās (par 14,87 un 17,27%) apstrādes režīmos 60±1 s ar 1 mg L^{-1} un 2 mg L^{-1} ozonētu ūdeni. Savukārt vairāk – par 44,12% pēc apstrādes – 120±1 s, 180±1 s ar 3 mg L^{-1} ozonētu ūdeni. Analizējot cukuru satura izmaņas burkānos pēc dažādu apstrādes režīmu ietekmes ir pierādīts, ka fruktozes, glikozes, saharozes un kopējo cukuru saturs vismazāk samazinājās pēc apstrādes 60±1 s ar 2 mg L^{-1} ozonētu ūdeni.

Kopējo fenolu saturu burkānos būtiski ietekmē apstrādes laiks un ozonētā ūdens koncentrācija (p=0,034; α=0,05). Vislielākie kopējo fenolu zudumi (par 69,52%) burkānos bija pēc apstrādes 180±1 s ar 3 mg L^{-1} ozonētu ūdeni. Apstrāde 60±1 s ar 1 mg L^{-1} ozonētu ūdeni bija efektīvāka, jo kopējo fenolu saturs burkānos samazinājās tikai par 16,34% (p>0,05; α=0,05), salīdzinot ar kontroles burkāniem (15. attēls). Kopējo fenolu satura izmaiņas varētu būt skaidrojamas ar iespējamo burkānu apstrādes procesā radušos oksidatīvo stresu, kas veicina daudzas fizioloģiskas reakcijas, ieskaitot polifenolu savienojumu sintēzi. Šo reakciju rezultātā notiek brīvo radikāļu skaita palielināšanās, kas izraisa šūnu lipīdu peroksidāciju.



15. att. Kopējo fenolu saturs burkānos pēc apstrādes ar ozonētu ūdeni /
Fig. 15. Content of total phenols in carrots after treatment with the ozonised water

Antioksidantu aktivitāte burkānos pēc apstrādes ar ozonētu ūdeni būtiski nemainījās, salīdzinot ar kontroles burkānu paraugu ($p=0,085$; $\alpha=0,05$), ko varētu skaidrot ar to, ka burkānos esošie antioksidanti nodrošināja augu šūnu aizsardzību no oksidatīvā bojājuma, ko radīja reakcija ar ozonētu ūdeni.

Pēc datu statistiskās apstrādes iegūts, ka ozonēta ūdens koncentrācija ($p=0,698$; $\alpha=0,05$) un apstrādes laiks ($p=0,303$; $\alpha=0,05$) būtiski neietekmēja burkānu kopējo karotinoīdu saturu, un tas liecina, ka karotinoīdi ar molekulāro skābekli izreaģē paātrinātā autooksidācijas procesā, kā rezultātā nebija konstatējama ozona negatīva ietekme uz karotinoīdu saturu burkānos.

Pēc datu matemātiskās apstrādes pētījumos noteikts, ka pH vērtības izmaiņas kontroles burkānos un ar ozonētu ūdeni apstrādātos burkānos dažādās koncentrācijās ($p=0,338$; $\alpha=0,05$) un atšķirīgā izturēšanas laikā ($p=0,060$; $\alpha=0,05$) būtiski neatšķīrās.

Pamatojoties uz smalcinātu burkānu mikrobioloģisko, ķīmisko un fizikālo rādītāju dinamiku apstrādes laikā, turpmākiem pētījumiem kā optimālākais apstrādes režīmā ar ozonētu ūdeni ir izvēlēts laiks 60±1 s un koncentrācija 2,0 mg L^{-1}.

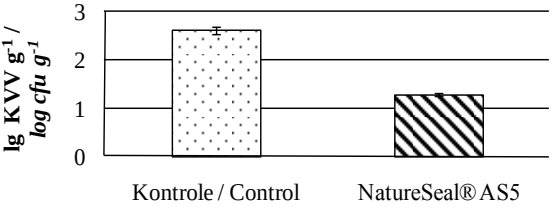
Apstrāde ar *NatureSeal® AS5*

NatureSeal® AS5 ir komerciāls, svaigu grieztu dārzeņu apstrādes preparāts. *NatureSeal® AS5* preparāta aktīvā viela ir askorbīnskābe un kalcijs. Tas ir pirmais komerciālais produkts, kas nerada pēcgaršu un atlieku produktus. Lietojot šādu preparātu burkānu apstrādei, var regulēt produkta pH vērtību – to samazinot, tiek kavēta mikrofloras attīstība.

Komerciālā *NatureSeal® AS5* preparāta ražotāja *(AgriCoat NatureSeal Ltd.,* Anglija) ieteiktais burkānu apstrādes ilgums ir 5min±1 s ar 2,5% preparāta ūdens šķīdumu. Pētījums veikts, lai pārbaudītu preparāta *NatureSeal® AS5* iespējamo ietekmi uz Latvijā audzētu 'Nante' tipa 'Forto' šķirnes smalcinātu burkānu mikrobioloģiskajiem, fizikālajiem un ķīmiskajiem rādītājiem un salīdzinātu tā

ietekmi ar iepriekš eksperimentāli pētītajām alternatīvajām burkānu apstrādes metodēm (H_2O_2 un ozonētais ūdens).

Sākotnējais MAFAm skaits neapstrādātos burkānos bija 2,62 lg KVV g^{-1}, kas pēc apstrādes ar *NatureSeal® AS5* preparātu samazinājās līdz 1,28 lg KVV g^{-1} (16. attēls). Salīdzinot mikrobioloģisko analīžu rezultātus smalcinātos burkānos pēc apstrādes ar *NatureSeal® AS5* preparātu (16. attēls) un 120±1 s ar 2 mg L^{-1} ozonētu ūdeni (13. attēls), konstatēts, ka apstrāde ar *NatureSeal® AS5* preparātu dod līdzīgu MAFAm KVV skaita samazināšanos smalcinātos burkānos. Pētījumā apstiprinājās, ka komerciālo *NatureSeal® AS5* preparātu var atzīt kā efektīvu apstrādes līdzekli nevēlamas mikrofloras inaktivēšanai svaigos smalcinātos burkānos.



16. att. MAFAm skaits burkānos pēc apstrādes ar *NatureSeal® AS5* /
Fig. 16. The TPC units in carrots after treatment with the NatureSeal® AS5

Sākotnējais raugu skaits neapstrādātos burkānos bija 2,59 lg KVV g^{-1}, kas pēc apstrādes ar *NatureSeal® AS5* preparātu samazinājās līdz 1,31 lg KVV g^{-1}. Iegūtie rezultāti apliecina, ka apstrādes režīmam 5 min±1 s ar 2,5% *NatureSeal® AS5* preparātu ir liela antibakteriāla iedarbība.

Eksperimentāli nav atrasta būtiska *NatureSeal® AS5* preparāta ietekme uz burkānos esošo kopējo karotinoīdu saturu. To saturs samazinājās attiecīgi par 9,57% ($p>0,05$; $\alpha=0,05$), salīdzinot ar neapstrādātiem burkāniem.

Burkānus apstrādājot 5 min±1 s ar 2,5% *NatureSeal® AS5* preparātu kopējo fenolu saturs un antioksidantu aktivitāte burkānos palielinājās, attiecīgi par 1,00% un 10,17% ($p=0,399$; $\alpha=0,05$) un ($p=0,077$; $\alpha=0,05$) (3. tabula). Izmaiņas skaidrojamas ar to, ka komerciālā *NatureSeal® AS5* preparāta sastāvā esošā askorbīnskābe optimizē produkta stabilitāti, pastiprinot antioksidantu aktivitāti, tādējādi aizkavējot kopējo fenolu savienojumu noārdīšanos apstrādātajos dārzeņos.

Apstrādājot smalcinātus burkānus 5 min±1 s ar 2,5% *NatureSeal® AS5* preparātu burkānu pH vērtība samazinājās par 8,06% ($p<0,05$; $\alpha=0,05$), salīdzinot ar kontroles burkāniem (3. tabula). Pētījumā iegūtie dati liecina, ka *NatureSeal® AS55* preparāta sastāvā esošais C vitamīns samazināja burkānu pH vērtību pēc to apstrādes.

Burkānu cietība pēc apstrādes ar *NatureSeal® AS5* preparātu būtiski ($p<0,05$) palielinājās (par 18,59%), salīdzinot ar kontroles burkāniem (3. tabula). Burkānu audu cietību nodrošina *NatureSeal® AS5* preparātā esošie kalcija sāļi, piešķirot tiem kraukšķīgumu.

3. tabula / *Table 3*

Ar *NatureSeal® AS5* apstrādātu smalcinātu burkānu šķīstošā sausna, kopējie fenoli, antioksidantu aktivitāte, pH un cietība / *Content of soluble solids, total phenols, antioxidant activity, pH and firmness in shredded carrots treated with NatureSeal® AS5*

Parametri / *Parameters*	**Apstrādes laiks / *Treatment time, min***	**Kopējie fenoli / *Total phenols*, mg GAE $100g^{-1}$ sausnā / *in dry matter***	**Antioksidantu aktivitāte / *Antioxidant activity*, %**	**pH**	**Cietība / *Firmness, N***
Kontrole / *Control*	-	363.65±0.03	18.10±0.04	6.20±0.01	379.63±4.13
Apstrādāts ar *NatureSeal®AS5/ Treated with NatureSeal®AS5, 2.5 %*	5 min±1 s	468.31±0.02	20.15±0.02	5.70±0.01	466.34±2.43

Eksperimentāli iegūtie dati apliecina promocijas darba izvirzīto tēzi, ka „dažādas svaigu smalcinātu burkānu apstrādes metodes būtiski ietekmē to kvalitātes rādītājus".

4. Svaigu smalcinātu burkānu iepakošanas materiālu izvēle

Šajā pētījuma daļā ir izvirzīta tēze: „svaigu smalcinātu burkānu iepakojumam sekmīgi var izmantot bioloģiski sadalāmos iepakojuma materiālus". Svaigu smalcinātu burkānu iepakošanai pārbaudīti četru veidu bioloģiski sadalāmie materiāli – *Nature Works® PLA P–360* kārbiņas ar nehermētiski uzspiežamu (manuāli) PLA vāciņu; *Nature Works® PLA* C121 (*BIO–PLA)* plēve, *NatureFlex™ NVS INNOVIA* plēve, *CERAMIS®–PLA* plēve. Eksperimentos salīdzinta iepakojuma materiāla ietekme uz smalcinātu burkānu kvalitāti uzglabāšanas laikā.

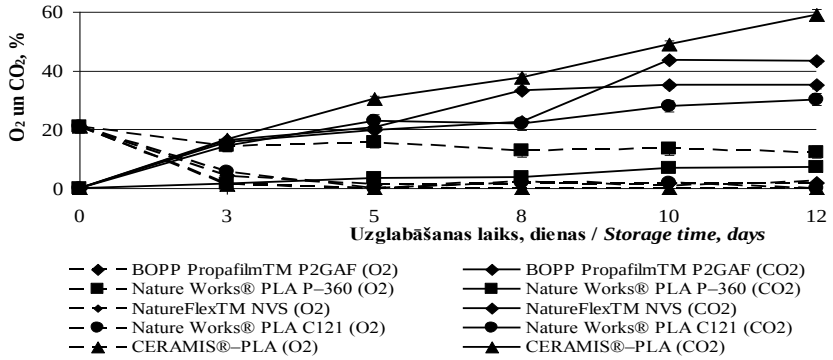
Bioloģiski sadalāmo iepakošanas materiālu ar vājām barjerīpašībām nozīme līdzsvara gāzu sastāva veidošanā uzglabāšanas laikā svaigu smalcinātu burkānu iepakojumos ir ļoti nozīmīga. Pasīvās līdzsvara aizsarggāzu vides sastāva izmaiņas iepakojumos uzglabāšanas laikā bija atšķirīgas (17. attēls).

Svaigu smalcinātu burkānu iepakojumā, kas izgatavots no *„elpojošā"* konvencionālā *BOPP Propafilm™ P2GA* materiāla, CO_2 saturs trešajā uzglabāšanas dienā bija 14,0±1,0%, bet astotajā dienā tas palielinājās līdz 21,0±1,0%. Pēc 12 uzglabāšanas dienām CO_2 saturs palielinājās līdz 42,0±1,0%. Sekojot O_2 izmaiņām līdz 12 dienām svaigu smalcinātu burkānu iepakojumos novērota tā samazināšanās līdz 2,0±1,0% (17. attēls).

Nature Works® PLA P–360 kārbiņās, kas aizvākotas ar nehermētiski uzspiežamu vāciņu, O_2 saturs burkānu elpošanas rezultātā samazinājās lēni, jo bija gaisa pieplūde caur vāciņu. Pēc 12 uzglabāšanas dienām O_2 saturs iepakojumā virs

burkāniem bija 11,0±1,0%. CO_2 saturs līdz desmitajai uzglabāšanas dienai saglabājās 5,0±1,0% un uzglabāšanas beigās palielinājās līdz 7,0±1,0% – iestājoties līdzsvara gāzu sastāvam, kas tuvojas ideālajam literatūrā minētam sastāvam (CO_2 – 5–10% un O_2 – 5–10%) (17. attēls).

NatureFlex™ NVS plēves smalcinātu burkānu iepakojumi uzglabāšanas laikā nenodrošināja optimālu līdzsvara gāzu sastāva veidošanos. O_2 saturs līdz 12 uzglabāšanas dienai samazinājās līdz 2,0±1,0%, bet CO_2 saturs jau pēc trijām uzglabāšanas dienām palielinājās līdz 18,0±1,0% un turpināja strauji palielināties līdz uzglabāšanās laika beigām sasniedzot 34,0±1,0% (17. attēls).



17. att. Skābekļa (O_2) un ogļskābās gāzes (CO_2) dinamika svaigu smalcinātu burkānu iepakojumos uzglabāšanas laikā /

Fig. 17. Dynamics of oxygen (O_2) and carbon dioxide (CO_2) in the headspace of fresh shredded carrot packages during storage

Nature Works® PLA C121 plēves iepakojumos O_2 saturs pēc trīs uzglabāšanas dienām samazinājās līdz 4,0±1,0%, kas uzglabāšanas laikā turpināja samazināties, veidojot bez skābekļa vidi iepakojumā. Iepakojumos CO_2 saturs palielinājās būtiski – no 0% līdz 30,0±1,0%. *CERAMIS®–PLA* iepakojuma materiāli nenodrošināja pietiekamu CO_2 migrāciju caur plēves virsmu un visā uzglabāšanas laikā uzkrājās līdz 59,0±1,0% (17. attēls). O_2 saturs šajos iepakojumos samazinājās ļoti strauji un jau pēc trīs uzglabāšanas dienām veidoja bez skābekļa vidi.

Izvērtējot O_2 un CO_2 saturu eksperimentā lietoto materiālu iepakojumos, kā piemērotākie svaigu smalcinātu burkānu iepakošanai pasīvā aizsarggāzu vidē, salīdzinot ar *CERAMIS®–PLA* un *Nature Works® PLA C121* materiāliem, atzīti *Nature Works® PLA P–360* kārbiņas un *NatureFlex™ NVS* plēves iepakojumi. Bioloģiski sadalāmo materiālu priekšrocības, salīdzinot ar svaigas produkcijas iepakojumam paredzēto *„elpojošo"* konvencionālo *BOPP Propafilm™ P2GA* iepakojumu redzamas 17. attēlā un to sekmīgi var aizvietot ar bioloģiski sadalāmiem materiāliem, kas veido labāku aizsarggāzu sastāvu.

Burkānu cietība pēc 12 uzglabāšanas dienām būtiski samazinājās līdz 82,43±8,20 N *Nature Works® PLA* C121 plēves iepakojumā. Vismazāk smalcināto burkānu saspiešanas spēks samazinājās *NatureFlex™ NVS* plēves

iepakojumā – līdz 447,35±9,15 N, bet kontroles *BOPP Propafilm™ P2GAF* plēves, *Nature Works® PLA P–360* kārbiņās un *CERAMIS®–PLA* plēves iepakojumā saspiešanas spēks samazinājās robežās no 233,92±10,39 N līdz 246,02±9,48 N.

Mazāki masas zudumi uzglabāšanas laikā bija *NatureFlex™ NVS* – no 0,04±0,01%, savukārt vislielākie – līdz 4,41±0,04% *Nature Works® PLA* C121 *(BIO–PLA)* plēves iepakojumā (4. tabula). Burkānu sākotnējais mitruma saturs bija 86,01±0,01%, kas *Nature Works® PLA C121* un *CERAMIS®–PLA* plēves iepakojumos uzglabāšanās laikā samazinājās – līdz 80,58±0,01% un 82,44±0,01%. Savukārt *BOPP Propafilm™ P2GAF, NatureFlex™ NVS* plēves iepakojumos un *Nature Works® PLA P–360* kārbiņās svaigu smalcinātu burkānu mitrums uzglabāšanas laikā saglabājās līdz 85,89±0,02% un 83,60±0,01% (4. tabula).

4. tabula / *Table 4*

Iepakojuma materiālu ietekme uz svaigu smalcinātu burkānu fizikālajiem parametriem uzglabāšanas laikā / *Impact of packaging materials on the physical parameters of fresh shredded carrots during storage*

Iepakojuma materiāli / *Packaging materials*	**Masas zudums / *Weight loss, %***		**Mitrums / *Moisture, %***		**pH vērtība / *pH value***	
	Uzglabāšanas laiks, dienas / *Storage time, days*					
	0	12	0	12	0	12
BOPP Propafilm™ P2GAF plēve / *film*	0.00±0.01	0.39±0.05	86.01±0.01	85.60±0.01	6.20±0.01	4.78±0.01
NatureFlex™ NVS plēve / film	0.00±0.01	0.04±0.01	86.01±0.01	83.60±0.01	6.20±0.01	5.61±0.05
Nature Works® PLA P–360 kārbiņas / *containers*	0.00±0.01	1.03±0.03	86.01±0.01	85.89±0.02	6.20±0.01	5.05±0.02
Nature Works® PLA C121 *(BIO–PLA)* plēve / *film*	0.00±0.01	4.41±0.04	86.01±0.01	80.58±0.01	6.20±0.01	4.50±0.01
CERAMIS®–PLA (VC999 BioPack) plēve */ film*	0.00±0.01	1.22±0.02	86.01±0.01	82.44±0.01	6.20±0.01	4.71±0.01

Pēc 12 uzglabāšanas dienām burkānu pH vērtība bija būtiski atšķirīga ($p<0,05$) un visos iepakojuma paraugos pakāpeniski samazinājās. *BOPP Propafilm™ P2GAF, NatureFlex™ NVS* un *Nature Works® PLA P–360* iepakojumos līdz piektajai uzglabāšanas dienai pH vērtība būtiski neatšķīrās, tomēr pēc astoņām dienām tā pakāpeniski samazinās un uzglabāšanas laika beigās bija attiecīgi 4,78±0,01; 5,61±0,01 un 5,05±0,02. Iepakošanas materiālos *Nature Works® PLA C121* un *CERAMIS®–PLA (VC999 BioPack)* ir būtiskas pH vērtības samazināšanās pēc trešās uzglabāšanas dienas. Paraugu pH vērtība uzglabāšanas laika beigās sasniedza 4,50±0,01 un 4,71±0,01.

Analizējot iegūtos datus, var secināt, ka, izmantojot dažādus iepakošanas materiālus, svaigu smalcinātu burkānu ieteicamais uzglabāšanas laiks var būt atšķirīgs. pH vērtības izmaiņas varētu izskaidrot ar CO_2 šķīdību svaigos smalcinātos burkānos.

Pētījuma rezultāti liecina, ka pareizi izvēlēti dabai draudzīgie bioloģiski sadalāmie materiāli – *NatureFlex™ NVS INNOVIA* un *Nature Works® PLA P–360* kārbiņas ar nehermētiski uzspiežamu (manuāli) PLA vāciņu var būt kā alternatīvs risinājums svaigu smalcinātu burkānu iepakojumam, lai samazinātu vides piesārņojumu ar cietajiem atkritumiem, pierādot promocijas darba tēzi, ka, „svaigu smalcinātu burkānu iepakojumam sekmīgi var izmantot biodegradējamos iepakojuma materiālus".

5. Minimāli apstrādātu burkānu kvalitātes parametru izmaiņas uzglabāšanas laikā

Ar ūdeņraža peroksīdu apstrādātu burkānu kvalitātes izmaiņas uzglabāšanas laikā

Eksperimentāli ir noteikts, ka **30±1 s ar 1,0% H_2O_2** šķīdumu apstrādātu burkānu derīguma termiņš gan konvencionālā *BOPP Propafilm™ P2GAF*, gan biodegradējamo *Nature Works® PLA P–360* un *NatureFlex™ NVS INNOVIA* materiālu iepakojumos ir piecas dienas, bet neapstrādātu burkānu derīguma termiņš minētajos iepakojumos ir trīs dienas.

Apstrāde 30±1 s ar 1,0% H_2O_2 šķīdumu nodrošināja smalcinātu burkānu kvalitāti **piecas dienas** – kontroles paraugos *BOPP Propafilm™ P2GAF* iepakojumā O_2 sastāvs ir 4,8% un CO_2 – 12,6%, MAFAm skaits – 4,49 lg KVV g^{-1}, raugu skaits – 3,72 lg KVV g^{-1}, masas zudumi 0,03%, mitrums samazinājās par 0,8%, cietība palielinājās par 0,9%, kopējā krāsu diference ΔE^* – 5,8 vienības, kopējo karotinoīdu saturs samazinājās par 10,7%, kopējo fenolu saturs samazinājās no 325,2 līdz 277,1 mg GAE 100 g^{-1} sausnā (par 14,8%), šķīstošās sausnas saturs samazinājās par 5,8%.

Biodegradējamā *Nature Works® PLA P–360* materiāla kārbiņās O_2 sastāvs ir 8,2% un CO_2 – 11,6%, MAFAm skaits – 4,84 lg KVV g^{-1}, raugu skaits – 3,81 lg KVV g^{-1}, masas zudumi 0,35%, mitrums samazinājās par 1,66%, cietība palielinājās par 2,18%, kopējā krāsu diference ΔE^* – 9,1 vienības, kopējo karotinoīdu saturs samazinājās par 12,2%, kopējo fenolu saturs samazinājās no 325,2 līdz 286,0 mg GAE 100 g^{-1} sausnā (par 12,0%), šķīstošās sausnas saturs samazinājās par 11,5%.

Biodegradējamā *NatureFlex™ NVS INNOVIA* plēves iepakojumā O_2 sastāvs ir 2,9% un CO_2 – 13,2%, MAFAm skaits – 4,65 lg KVV g^{-1}, raugu skaits – 3,49 lg KVV g^{-1}, masas zudumi 0,03%, mitrums samazinājās par 1,4%, cietība palielinājās par 4,0%, kopējā krāsu diference ΔE^* – 8,8 vienības, kopējo karotinoīdu saturs samazinājās par 21,6%, kopējo fenolu saturs samazinājās no

325,2 līdz 254,9 mg GAE 100 g^{-1} sausnā (par 21,6%), šķīstošās sausnas saturs samazinājās par 7,7%.

Neapstrādātu burkānu derīguma termiņš ir trīs dienas – kontroles *BOPP Propafilm^{TM} P2GAF* plēves iepakojumā O_2 sastāvs ir 4,4% un CO_2 – 15,6%, MAFAm skaits – 3,75 lg KVV g^{-1}, raugu skaits – 3,75 lg KVV g^{-1}, masas zudumi 0,01%, mitrums samazinājās par 0,7%, cietība samazinājās par 5,5%, kopējā krāsu diference ΔE* – 3,5 vienības, kopējo karotinoīdu saturs palielinājās par 13,8%, kopējo fenolu saturs samazinājās no 463,7 līdz 419,2 mg GAE 100 g^{-1} sausnā (par 9,6%), šķīstošās sausnas saturs samazinājās par 8,3%.

Biodegradējamā *Nature Works® PLA P–360* materiāla kārbiņās O_2 sastāvs ir 14,5% un CO_2 – 1,6%, MAFAm skaits – 3,38 lg KVV g^{-1}, raugu skaits – 3,58 lg KVV g^{-1}, masas zudumi 0,26%, mitrums samazinājās par 1,61%, cietība samazinājās par 1,24%, kopējā krāsu diference ΔE* – 1,9 vienības, kopējo karotinoīdu saturs palielinājās par 0,3%, kopējo fenolu saturs samazinājās no 463,7 līdz 439,2 mg GAE 100 g^{-1} sausnā (par 5,3%), šķīstošās sausnas saturs samazinājās par 8,3%.

Biodegradējamā *NatureFlex^{TM} NVS INNOVIA* plēves iepakojumā O_2 sastāvs ir 1,5% un CO_2 – 16,3%, MAFAm skaits – 3,84 lg KVV g^{-1}, raugu skaits – 3,84 lg KVV g^{-1}, masas zudumi 0,02%, mitrums samazinājās par 0,84%, cietība samazinājās par 2,69%, kopējā krāsu diference ΔE* – 1,1 vienības, kopējo karotinoīdu saturs palielinājās par 1,3%, kopējo fenolu saturs samazinājās no 463,7 līdz 399,3 mg GAE 100 g^{-1} sausnā (par 13,9%), šķīstošās sausnas saturs samazinājās par 13,4%.

Ar ozonētu ūdeni apstrādātu burkānu kvalitātes parametru izmaiņas uzglabāšanas laikā

Eksperimentāli ir noteikts, ka **apstrāde 60±1 s ar 2,0 mg L^{-1} ozonētu ūdeni** smalcinātu burkānu kvalitāti nodrošināja **desmit dienas**. *BOPP Propafilm^{TM} P2GAF* iepakojumā (kontrole) O_2 un CO_2 sastāvs bija 13,8% un 10,1%. Pēc 10 dienu glabāšanas MAFAm skaits – 4,42 lg KVV $g^{-1,}$, raugu skaits bija 3,61 lg KVV g^{-1}, masas zudumi 0,1%, mitrums samazinājās par 2,2%, cietība palielinājās par 2,9%, kopējā krāsu diference ΔE* sasniedza 12,3 vienības, kopējo karotinoīdu saturs samazinājās par 27,8%, kopējo fenolu saturs samazinājās no 358,8 līdz 211,1 mg GAE 100 g^{-1} sausnas (par 41,2%), šķīstošas sausnas saturs samazinājās par 13,5%.

Biodegradējamā *Nature Works® PLA P–360* materiāla kārbiņās O_2 sastāvs bija 10,3% un CO_2 – 7,9%, pēc 10 dienu glabāšanas MAFAm skaits – 4,39 lg KVV g^{-1}, raugu skaits – 3,80 lg KVV g^{-1}, masas zudumi 1,4%, mitrums samazinājās par 4,1%, cietība palielinājās par 11,4%, kopējā krāsu diference ΔE* sasniedza 12,8 vienības, kopējo karotinoīdu saturs samazinājās par 22,5%, kopējo fenolu saturs samazinājās no 358,8 līdz 244,0 mg GAE 100 g^{-1} sausnas (par 31,9%), šķīstošas sausnas saturs samazinājās par 12,56%.

Biodegradējamā *NatureFlex™ NVS INNOVIA* iepakojumā O_2 sastāvs bija 11,1% un CO_2 – 10,9%, MAFAm skaits – 4,63 lg KVV g^{-1}, raugu skaits – 3,76 lg KVV g^{-1}, masas zudumi 0,3%, mitrums samazinājās par 2,5%, cietība palielinājās par 3,8%, kopējā krāsu diference ΔE* sasniedza 13,9 vienības, kopējo karotinoīdu saturs samazinājās par 28,1%, kopējo fenolu saturs samazinājās no 358,8 līdz 261,5 mg GAE 100 g^{-1} sausnā (par 27,1%), šķīstošas sausnas saturs samazinājās par 10,3%.

Ar *NatureSeal® AS5* apstrādātu burkānu kvalitātes parametru izmaiņas uzglabāšanas laikā

Eksperimentāli ir noteikts, ka **apstrāde 5 min±1 s ar 2,5% *NatureSeal® AS5* preparātu** smalcinātu burkānu kvalitāti nodrošināja **desmit dienas**. *BOPP Propafilm™ P2GAF* (kontrole) iepakojumā O_2 sastāvs ir 7,6% un CO_2 – 8,1%, MAFAm skaits – 4,54 lg KVV g^{-1}, raugu skaits – 3,89 lg KVV g^{-1}, masas zudumi 0,6%, mitrums samazinājās par 2,2%, cietība palielinājās par 6,6%, kopējā krāsu diference ΔE* – 12,2 vienības, kopējo karotinoīdu saturs samazinājās par 23,7%, kopējo fenolu saturs samazinājās no 668,3 līdz 541,0 mg GAE 100 g^{-1} sausnā (par 19,0%), šķīstošās sausnas saturs samazinājās par 4,8%.

Biodegradējamā *Nature Works® PLA P–360* materiāla kārbiņās O_2 sastāvs ir 8,5% un CO_2 – 8,9%, MAFAm skaits – 4,37 lg KVV g^{-1}, raugu skaits – 3,55 lg KVV g^{-1}, masas zudumi 0,9%, mitrums samazinājās par 2,8%, cietība palielinājās par 9,7%, kopējā krāsu diference ΔE* – 12,8 vienības, kopējo karotinoīdu saturs samazinājās par 24,5%, kopējo fenolu saturs samazinājās no 668,3 līdz 559,5 mg GAE 100 g^{-1} sausnā (par 16,3%), šķīstošās sausnas saturs samazinājās par 3,2%.

Biodegradējamā *NatureFlex™ NVS INNOVIA* iepakojumā O_2 sastāvs ir 7,1% un CO_2 – 5,9%, MAFAm skaits – 4,59 lg KVV g^{-1}, raugu skaits – 3,70 lg KVV g^{-1}, masas zudumi 0,7%, mitrums samazinājās par 1,9%, cietība palielinājās par 5,7%, kopējā krāsu diference ΔE* – 12,9 vienības, kopējo karotinoīdu saturs samazinājās par 19,7%, kopējo fenolu saturs samazinājās no 668,3 līdz 529,2 mg GAE 100 g^{-1} sausnā (par 20,8%), šķīstošās sausnas saturs samazinājās par 7,9%.

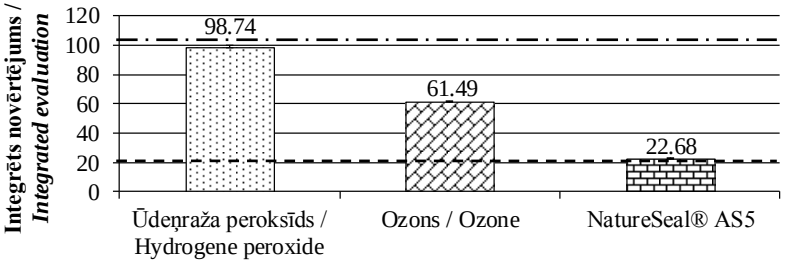
Ar 2,5% *NatureSeal® AS5* preparātu apstrādātajiem burkāniem novērota krāsas komponentes a* vērtība samazināšanās par 5,66% un būtiska ΔE* vērtības palielināšanās – burkāni uzglabāšanas laikā kļuva gaišāki un nedaudz sārtāku krāsu.

Eksperimentāli iegūtie dati daļēji apliecina promocijas darba izvirzīto tēzi, ka „svaigu minimāli apstrādātu burkānu kvalitāti uzglabāšanas laikā būtiski ietekmē to apstrādes līdzeklis un izvēlētais iepakojums”.

6. Smalcinātu apstrādātu burkānu kvalitātes integrētais novērtējums

Izmantojot integrētā daudzkritēriju novērtējuma pamatprincipus, svaigiem smalcinātiem burkāniem ir noteikts piemērotākais apstrādes paņēmiens, lietojot dažus jaunākos apstrādes līdzekļus: 30±1 s ar 1,0% H_2O_2, 60±1 s ar 2,0 mg L^{-1} ozonētu ūdeni un 5 min±1 s ar 2,5% *NatureSeal® AS5* preparātu.

Integrētā daudzkritēriju novērtējuma (IT) vērtība raksturo katra pētījumiem izvēlētā burkānu apstrādes veida novirzes no sākotnējām vērtībām. Zemākā IT vērtība norāda uz mazākām ar noteiktu apstrādes līdzekli apstrādātu burkānu kvalitātes rādītāju izmaiņām uzglabāšanas laikā (18. attēls).



18. att. Apstrādātu smalcinātu burkānu integrētais novērtējums /
Fig. 18. Integrated evaluation of shredded treated carrots

- - - - IT_{vid-S} = 21,26 – • – IT_{vid+S} = 103,39

Smalcinātu burkānu apstrādes veidam ir būtiska nozīme to kvalitātes parametru saglabāšanā uzglabāšanas laikā. Izvērtējot smalcinātu burkānu kvalitāti uzglabāšanas laikā, kas pirms iepakošanas apstrādāti 30±1 s ar 1,0% H_2O_2, 60±1 s ar 2,0 mg L^{-1} ozonētu ūdeni un 5 min±1 s ar 2,5% *NatureSeal® AS5* preparātu, izriet, ka piemērotākais smalcinātu burkānu apstrādes veids to kvalitātes nodrošināšanai uzglabāšanas laikā ir komerciālais *2,5% NatureSeal® AS5* preparāts un 2,0 mg L^{-1} ozonētais ūdens, jo uzglabāšanas laikā kvalitātes rādītāji ir mainījušies vismazāk. Savukārt vislielākās kvalitātes izmaiņas notikušas smalcinātos burkānos, kas pirms iepakošanas bija apstrādāti 30±1 s ar 1,0% H_2O_2.

SECINĀJUMI

1. ’Nante’ tipa šķirnes un hibrīdu burkānu fizikālais un ķīmiskais sastāvs būtiski atšķiras – ’Forto’ šķirnes burkānu bioloģiskā vērtība ir lielāka, salīdzinot ar ’Bolero’ F1, ’Champion’ F1, ’Maestro’ F1 hibrīdiem. ’Forto’ šķirnes burkānos mitruma saturs ir lielāks par 4,6%, antioksidantu aktivitāte par 8,0%, kopējo fenolu saturs par 49,8%, β–karotīna saturs par 19,3%, kopējo karotinoīdu saturs par 8,7%.

2. Tradicionālos apstākļos pēc sešu mēnešu uzglabāšanas ’Nante’ tipa ’Forto’ šķirnes un hibrīdu burkānu kvalitātes rādītāji būtiski mainās. Burkānos samazinās pH vērtība, antioksidantu aktivitāte, mitruma, kopējo fenolu, šķīstošās sausnas, saharozes, C vitamīna un polifenolu savienojumu saturs un palielinās burkānu cietība, fruktozes, glikozes un karotinoīdu saturs.

3. Smalcinātu burkānu optimālie apstrādes parametri ar mērķi maksimāli samazināt mikrobioloģisko piesārņojumu atbilstīgi standartam ir 60±1 s ar 2,0 mg L^{-1} ozonētu ūdeni un 30±1 s ar 1,0% ūdeņraža peroksīda ūdens šķīdumu.

4. Nav konstatēta savstarpēji būtiska atšķirība starp burkānu kvalitātes izmaiņām uzglabāšanas laikā iepakojumā konvencionālā materiāla PP kārbiņās, kas aizkausētas ar *BOPP Propafilm™ P2GAF* plēvi, salīdzinot ar biodegradējamo iepakojumu materiālu: *Nature Works® PLA P–360* nehermētiski aizvākotām kārbiņām un uz celulozes bāzes materiāla *NatureFlex™ NVS INNOVIA* plēves iepakojumu.

5. Smalcinātu burkānu derīguma termiņš gan pētīto biodegradējamo materiālu, gan konvencionālajā polimēru materiāla iepakojumā neapstrādātiem burkāniem ir trīs dienas, apstrādātiem ar ūdeņraža peroksīdu – piecas dienas, apstrādātiem ar *NatureSeal® AS5* preparātu – desmit dienas, apstrādātiem ar ozonētu ūdeni – desmit dienas.

6. Pēc integrētā daudzkritēriju novērtējuma rezultātiem redzams, ka piemērotākais smalcinātu burkānu apstrādes veids to kvalitātes nodrošināšanai ir komerciālais *2,5% NatureSeal® AS5* preparāts un 2,0 mg L^{-1} ozonētais ūdens, jo pēc apstrādes kvalitātes rādītāji ir mainījušies vismazāk.

7. Pētījumā iegūtie dati apstiprina izvirzīto hipotēzi – „svaigu smalcinātu burkānu derīguma termiņu biodegradējamā iepakojumā var pagarināt, izvēloties inovatīvas dārzeņu apstrādes metodes”.

TOPICALITY OF THE RESEARCH

Carrots *(Daucus carota* L. *ssp. sativus)* are Central European plants and one of the oldest roots which people have been using in the diet for already four thousand years. Nowadays, carrots are the second popular vegetable after potatoes. Carrots contain high amount of vitamins and mineral substances. Carrots compared with other vegetables, have higher content of β–carotene, which assigns an orange colour to carrots and strengthens the human immune system (Salunkhe, Kadam, 1998). Carrots are widely popular vegetables with good dietary and taste properties. Traditionally, carrot roots are consumed in the diet; however, their roots, tops and seeds are also used in the medicine (Salunkhe, Kadam, 1998; Rubatzky *et al.*, 1999; Prohens, Nuez, 2008). Two–year carrot varieties are developed within selection with sweet, several form and colour roots – orange, red, white, yellow, dark red and violet. Elevated vitamin content is available in orange carrots or in carotene carrots (Hui *et al.*, 2004). In Latvia, orange colour 'Nante' variety carrots are more popular.

Nowadays, the amount of minimally treated carrots increases; hence, scientists pay more attention to research the quality of carrots. Research is mainly related with treatment methods of fresh minimally treated carrots and their influence on decreasing the content of microorganisms as well as physically–chemical parameters and sensory properties of carrots. Consumer convenience requires the provision of the availability of fresh minimally treated vegetables on the market throughout the year. Traditionally, consumers pay their attention on the nutritive value, shelf–life, producer, price and packaging of vegetables during selection. Scientific literature mentions the following treatment methods – hydrogen peroxide, ultraviolet light, irradiation, ozone, *NatureSeal® AS5* solution, organic acids etc., with the main purpose to ensure the microbiological safety of products, to preserve their nutritive value and to prolong their shelf–life.

It is important to choose suitable treatment methods for the surface treatment of shredded carrots grown in Latvia. Therefore, the present research includes testing of new treatment methods. There are no data in scientific literature on treatment of locally grown fresh shredded carrots with the ozonised water, hydrogen peroxide and *NatureSeal® AS5* solution. It is known that the surface treatment of vegetables with various treatment solutions allows increasing their microbiological safety. Hence, it is possible to forecast that treatment of carrots with the mentioned treatment agents along with the variation of various packaging materials allows maintaining the nutritive value of carrots, providing their microbiological safety and prolonging their shelf–life.

After summarising the scientific theoretical and experimental data found in literature, the research **hypothesis** was set as follows – it is possible to prolong the shelf–life of fresh shredded carrots in biodegradable packaging by choosing innovative surface treatment methods.

The research hypothesis was verified with the **thesis** to be defended:

- physical parameters and chemical composition of various 'Nante' type variety and hybrid carrots are relevantly different;
- various methods for treatment of fresh shredded carrots surface significantly influence their quality parameters;
- biodegradable packaging materials may successfully be used for packaging of fresh shredded carrots;
- treatment method and chosen packaging material significantly influence the quality of fresh minimally treated carrots during storage.

The aim of the PhD thesis is to choose the variety or hybrid of carrots cultivated in Latvia, which is the most appropriate for minimal processing and to evaluate the quality of fresh products during storage in biodegradable packaging.

The following **tasks** were put forward to achieve the set aim:

- to compare physical parameters and chemical composition of 'Nante' type variety carrots and hybrid carrots after harvesting;
- to investigate physical parameters and chemical composition changes of 'Nante' type variety carrots and hybrid carrots during their storage on traditional conditions;
- to choose proper biodegradable packaging materials for the quality evaluation of fresh shredded carrots during storage;
- to determine the optimum technological parameters for treatment of fresh shredded carrots surface with traditional (*NatureSeal® AS5* solution) and innovative (ozonised water, hydrogen peroxide) treatment solutions allowed in the food industry;
- to investigate the quality changes of fresh shredded carrots treated with various treatment solutions during their storage in biodegradable packaging materials compared with the conventional ones;
- to perform the integrated quality assessment of fresh shredded carrots treated with various treatment solutions during storage and to select the most suitable solution for treatment of carrots surface.

Novelty of the research – scientifically justified technological parameters for treatment of fresh shredded carrots surface with the ozonised water and hydrogen peroxide were developed and compared with the influence of the worldwide used *NatureSeal® AS5* solution on the quality of carrots during storage with the main purpose to prolong the shelf–life of products. The equivalence in the influence of biologically degradable and conventional breathable *BOPP Propafilm™ P2GAF* packaging materials on the quality of fresh products during storage has been done for the first time in Latvia.

The scientific significance of the research – the chemical composition of 'Nante' type variety and hybrid carrots grown in Latvia was detected. The changes of physical, chemical and microbiological parameters in shredded carrots treated with the ozonised water, hydrogen peroxide and *NatureSeal® AS5* solution were

analysed during storage. It was proved that conventional packaging materials might successfully be replaced with biodegradable packaging materials.

The economic significance of the research – methods for treatment of the shredded carrots surface with the ozonised water, hydrogen peroxide and *NatureSeal® AS5* solution were developed. It is possible to decrease the negative influence of waste on the environment by the application of biodegradable packaging materials for packaging of fresh products.

APPROBATION OF THE RESEARCH

The research results are summarised and published in 13 peer–reviewed scientific issues in English; five publications are indexed in the databases SCOPUS and EBSCOhost. The obtained research results are included in two monographs (list on pages 6 and 7).

The research author has **reported on the research results** at 14 international scientific and scientifically–practical conferences, congresses and symposiums in Latvia, Lithuania, Germany, France, Turkey, Greece and Russia (list on pages 8 and 9).

Participation in exhibitions: the research results have been presented in three exhibitions (page 9).

MATERIALS AND METHODS

The research has been done in several laboratories of the Faculty of Food Technology, Latvia University of Agriculture between 2011 and 2014:

Department of Food Technology

- Research Laboratory of Packaging Material Properties – pre–treatment and minimal processing of carrots, determination of carrots colour and hardness, packaging and storage of shredded carrots;
- Microbiological Laboratory – determination of microbiological parameters: total count of bacteria – mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms, yeasts, *E. coli*;
- Laboratory named after prof. P. Delle – determination of the dietary fibre content in carrots.

Department of Chemistry:

- Chemistry Research Laboratory of Natural Substances – determination of carbohydrates and polyphenols content;
- Laboratory of Non–organic and Analytic Chemistry – determination of the pH value; the content of moisture, Vitamin C, soluble solids, total phenols, antioxidant activity, total carotenoids and β–carotene.

The object of investigation is 'Nante' type 'Forto' variety carrots and carrot hybrids 'Bolero' F1, 'Champion' F1 and 'Maestro' F1 cultivated in Zemgale region of Latvia. 'Nante' type 'Forto' variety carrots and carrot hybrids 'Bolero' F1, 'Champion' F1 and 'Maestro' F1 carrots harvested in Zemgale region in the first part of October, 2011 were used at the research stages *"Quality assessment of fresh carrots"* and *"Changes in the quality parameters of carrots during storage on traditional conditions"*.

'Nante' type 'Forto' variety carrots harvested in Zemgale region in the first part of October, 2012 were used at the research stages *"Selection of packaging materials for shredded carrots"*.

'Nante' type 'Forto' variety carrots harvested in Zemgale region in the first part of October, 2013 were used at the research stages *"Selection of treatment parameters for shredded carrots" and "Changes of the quality parameters for minimally treated carrots during storage"*.

Materials

- Drinking water – according to the Cabinet Regulations (Republic of Latvia) No 235 of April 29, 2003.
- Deionised water 0.055 μS cm^{-1} obtained by means of the deionization equipment *"Crystal E"* ("*Adrona" Ltd*, Latvia).
- Hydrogen peroxide 30%, 34.01 g mol^{-1} (Czech Republic).
- Ozonised water, obtained by means of the generator *SOZ–YMS BNPOZONE Company* (China).
- Vegetable surface treatment solution *NatureSeal® AS5* – blend of dry vitamin and mineral substances patented by the Ministry of Agriculture, the USA (Patent No 1011342) (*AgriCoat NatureSeal Ltd*, England).

The characteristics of packaging materials used in the experiments is summarised in Table 1.

Biologically degradable materials (*Nature Works® PLA* C121, *NatureFlex™ NVS INNOVIA* and *CERAMIS®–PLA*) due to their incompatibility cannot be melted to PP boxes, thus, pouches (250×240 mm) were made of these packaging materials, where PP boxes containing fresh shredded carrots were placed into.

During experiments fresh shredded carrots before storage were placed into:

- *DuniForm* polypropylene (PP) boxes, melted with "breathable" conventional *BOPP Propafilm™ P2GAF* film;
- *DuniForm* polypropylene (PP) boxes, placed in hermetically melted pouches made of:
  - *Nature Works® PLA C121 (BIO–PLA)* film;
  - *NatureFlex™ NVS INNOVIA* film;
  - *CERAMIS®–PLA* film;
- *Nature Works® PLA P–360* boxes with non–hermetically pressed PLA cover.

The research structure

Figure 1 depicts the general scheme of the research. Fresh 'Nante' type 'Forto' variety carrots and carrot hybrids 'Bolero' F1, 'Champion' F1 and 'Maestro' F1 were analysed immediately after harvesting; carrots were stored for six months in air ambiance (+3±1 ºC, RH=89±1%) and their quality parameters were analysed every two months to select the most suitable variety or hybrid for the production of minimally treated carrots.

The main research aim was to verify the influence of biologically degradable packaging materials on the quality of fresh shredded carrots during storage compared with the "breathable" conventional *BOPP Propafilm*^{TM} *P2GAF* packaging material. The most suitable biopolymer materials were selected for packaging of shredded carrots. Fresh shredded carrots were treated with various treatment solutions – hydrogen peroxide, ozonised water and *NatureSeal*$^{®}$*AS5* (in different concentrations and different treatment times) with the main purpose to ensure the microbiological safety of carrots. The optimal treatment conditions were selected after the evaluation of the quality parameters of treated carrots. After treatment carrots were packaged in the selected packaging materials and stored for 8–12 days at temperature of +4±1 °C, thus, detecting their expiry time. The integrated evaluation was performed to determinate the most suitable treatment method.

Storage of non–treated fresh carrots

Whole, non–washed 'Nante' type 'Forto' variety carrots and carrot hybrids 'Bolero' F1, 'Champion' F1 and 'Maestro' F1 were stored immediately after harvesting in 80×50×40 cm PP boxes in a refrigerated chamber at temperature of +3±11 °C with the relative air humidity 89±1% for six months. The quality of fresh carrots was assessed every two months.

Minimal processing of shredded carrots

Preparation of shredded carrots:

- fresh, whole, non–damaged and washed (with drinking water) carrots were used for the research purpose;
- carrots were peeled with a *Baumann* vegetable peeling knife made of non–corrosive steel and covered with a special coating – ceramic layer protecting the product from sticking;
- peeled carrots were washed in running water and dried at temperature of +20±2 °C in air ambience for 3±1 min;
- carrots were shredded using a kitchen combine (*Philips Comfort HR 7605*, Austria) with the power capacity 350 W. The volume of a shredded carrot chip was: cross-section 1.5×3.0 mm and length 35–50 mm.

Treatment of the shredded carrots surface

Different concentrations of the hydrogen peroxide, ozonised water and commercial *NatureSeal*$^{®}$ *AS5* solution were prepared for experiments. Carrots were

pre–treated before treatment: washed, peeled and shredded. Chemical, physical and microbiological parameters of carrots were evaluated after treatment to assess the quality changes. The carrots were evaluated to determine the influence of treatment agent concentration and treatment time on the quality of shredded carrots. Non– treated carrots were used as control sample.

Treatment with H_2O_2

- 30%, 34.01 g mol^{-1} hydrogen peroxide was used for experiments (Czech Republic).
- 0.5%; 1.0% and 1.5% hydrogen peroxide solutions in deionised water 0.055 μS cm^{-1} at temperature of 20±2 °C were prepared for treatment of shredded carrots.
- Solution was prepared one minute before the treatment of shredded carrots to avert the decomposition of hydrogen peroxide.
- Shredded carrots were immersed in the hydrogen peroxide water for 30±1 s, 60±1 s and 90±1 s.
- After treatment carrots were placed on a non–corrosive steel sheave (grid diameter 0.3 mm) to draw off the excessive water (3±1 min).
- The influence of hydrogen peroxide on the carrots quality was analysed immediately after treatment and during storage.

Treatment with ozone

- Ozonised water was obtained in high concentration ozone and oxygen generator *SOZ–YMS* (*BNPOZONE Company*, China) equipped with the water pump, where the ozone was dissolved in water by means of the ejector. The maximum ozone concentration could be up to 12.0 mg L^{-1} per one circulation time.
- The ozone concentration in water mg L^{-1} was measured with a portative ozone detector *DO3* (*Eco Sensors Division of KWJ Engineering Inc.*, USA).
- The amount of ozone in the container was measured over the water surface. The measurement was done manually by taking of 10 mL ozonised water in the bottle and measuring it with the portative measurer *DO3* (*Eco Sensors Division of KWJ Engineering Inc.*, USA). The electrochemical *T–Series* sensor *(3ET1PO3)* with sensibility ±0.05% (0–0.05 mg L^{-1}) was used in the device; the maximum detected concentration was up to 5.0 mg L^{-1}.
- After determination of ozone concentration (1.0 mg L^{-1}, 2.0 mg L^{-1} and 3.0 mg L^{-1}), shredded carrots were immersed in the prepared solution (2.0 L) at temperature of 20±2 ºC for 60; 120 and 180±1 seconds.
- After treatment carrots were placed on a non–corrosive steel sheave (grid diameter 0.3 mm) to draw off the excessive water (3±1 min).
- The influence of ozonised water on the carrots quality was analysed immediately after treatment and during storage.

Treatment with *NatureSeal®AS5* solution

- *NatureSeal® AS5* solution – a blend of dry vitamin and mineral substances patented in the USA, a safe product with the active compounds of ascorbic acid and calcium.
- 2.5% *NatureSeal® AS5* water solution was used for the treatment of carrots.
- 2.5% *NatureSeal® AS5* water solution was prepared right before the use where shredded carrots were immersed at temperature of 20±2 ºC for 5 min±1 s.
- After treatment carrots were placed on a non–corrosive steel sheave (grid diameter 0.3 mm) to draw off the excessive water (3±1 min).
- The influence of *NatureSeal® AS5* on the carrots quality was analysed immediately after treatment and during storage.

Packaging and storage of minimally treated carrots

Washed, peeled and shredded carrots were treated with the 1.0% hydrogen peroxide water solution for 30±1 s, with the 2 mg L^{-1} ozonised water for 60±1 s and with the 2.5% *NatureSeal® AS5* solution for 300±1 s, and packaged by 60±5 g in biologically degradable and conventional packaging materials. *DuniForm PP* boxes were placed in pre–prepared (size 250 x 240 mm) pouches made of biologically degradable *NatureFlex™ NVS INNOVIA* material and hermetically melted using the packaging equipment *(EUROMATIC,* Italia); *DuniForm PP* boxes were hermetically melted with *"breathable"* conventional polymer *BOPP Propafilm™ P2GAF* film covered with an anti–dewing coating by means of *SEAL 300 Faverani* (Italia) equipment. The quality of carrots was assessed before packaging and during storage every two days with the time periods of 8–12 days in three reiterations. The material properties of packaging used in experiments are summarised in Table 1.

Shredded, treated and packaged carrots were stored in the refrigerator *Commercial Freezer/Cooler "ELCOLD"* at temperature of +4.0±1 ºC.

Quality assessment of carrots

The quality assessment methods of carrots in several research stages are summarised in Table 2.

Mathematical data processing

Microsoft Excel 7 software was used for the research purpose to calculate mean arithmetical values and standard deviations of the mathematical data used in the research.

SPSS 20.0 software was used to determine the significance of research results, which were analysed using the following test methods: two–factor variance analysis, *General Linear Model* (GLM), Sheffe test, two–factor ANOVA and three–factor ANOVA analyses to explore the impact of factors and their interaction, and the significance effect (p–value).

The research includes an integrated assessment.

RESEARCH RESULTS AND DISCUSSION

1. Assessment of physical parameters and chemical composition of fresh carrots

Physical and chemical indicators of fresh 'Nante' type 'Forto' variety carrots and carrot hybrids 'Bolero' F1, 'Champion' F1 and 'Maestro' F1 were comprehensively assessed by analysing the experimental results to verify the PhD thesis "physical parameters and chemical composition of various 'Nante' type variety and hybrid carrots are relevantly different".

After mathematical data processing it was found that the moisture content of 'Nante' type 'Forto' variety carrots and hybrids 'Bolero' F1, 'Champion' F1 and 'Maestro' F1 was significantly different ($p=0.002$; $\alpha=0.05$) and ranged between 92.67% and 88.42%. The lowest moisture content was detected in the hybrid 'Bolero' F1 carrots – 88.42±0.17%, while the highest one – in 'Forto' variety carrots – 92.67±0.13%. Mainly variety and hybrid properties, possible differences in the soil type and weather conditions during the growth period of carrots may explain the difference in the moisture content of carrots.

Results of the present experiments demonstrate that hardness of the analysed carrots was significantly different ($p=0.008$; $\alpha=0.05$) (Figure 2). The hybrid 'Bolero' F1 carrots (95.09±7.01 N) were harder, while the 'Forto' variety carrots (81.28±10.54 N) were firmer. Firmness and scrunch are much recommended for carrots and it is hardly to assess them commercially.

The content of total carotenoids of the analysed several 'Nante' type variety and hybrid carrots was significantly different ($p=0.001$; $\alpha=0.05$). Higher content of total carotenoids was found in 'Forto' variety carrots – 179.47±0.08 mg 100 g^{-1} in dry matter, while lower – in hybrids 'Champion' F1 and 'Bolero' F1 carrots (172.45±0.06 and 172.93 mg 100 g^{-1} in dry matter, respectively) (Figure 3).

Sugars content in the analysed several 'Nante' type variety and hybrid carrots was significantly different ($p=0.001$; $\alpha=0.05$). After analysing the contents of sucrose, glucose and fructose sugars in carrots (Figure 4), it was detected that sucrose was the dominant sugar in mature roots. The lowest content of sucrose (2.45 g 100 g^{-1}) was found in 'Forto' variety carrots, while the highest – in hybrid 'Champion' F1 and 'Maestro' F1 carrots (4.82 and 4.71 g 100 g^{-1}, respectively). The content of fructose in the analysed carrot samples ranged between 1.20 g 100 g^{-1} in 'Bolero' F1 and 1.40 g 100 g^{-1} in 'Maestro' F1 hybrid carrots. The content of glucose in fresh carrots ranged between 1.19 g 100 g^{-1} in 'Forto' variety carrots and 1.87 g 100 g^{-1} in the hybrid 'Maestro' F1 carrots.

Lower content of sugar in 'Forto' variety carrots could be explained with higher content of polyphenols in carrots (Figure 4), since polyphenols bind sugars (glucose and fructose) in glycoside type. The content of total sugars ranged between 4.87 g 100 g^{-1} in 'Forto' variety carrots and 7.99 g 100 g^{-1} in the hybrid 'Maestro' F1 carrots.

The evaluation of total phenols content in carrots established significant differences in the analysed 'Nante' type variety and hybrid carrots ($p=0.003$; $\alpha=0.05$) (Figure 4).

The content of total phenols in the analysed carrots ranged between 271.21±0.02 mg GAE 100 g^{-1} in dry matter in 'Bolero' F1 hybrid carrots and 539.76±0.03 mg GAE 100 g^{-1} in dry matter in the variety 'Forto' carrots.

The high content of total phenols in carrots could be explained with the high content of chlorogenic acid, ferulic acid, p–coumaric acid and organic acids in carrots.

Antioxidant activity of carrots ranged between 24.28±0.16 in the variety 'Forto' carrots and 22.16±0.06 DPPH inhibition % in the hybrid 'Champion' F1 carrots, i.e. it was significantly different ($p=0.001$) (Figure 6). The obtained results indicate high activity of antioxidants in the variety 'Forto' carrots. The research results demonstrate that the high antioxidant activity neutralises free radicals, thus, being one of the main reasons for the popularity of vegetables in the human diet worldwide.

The present research proves that carrots are the source of dietary fibre. The highest content of total fibre was detected in the hybrid 'Bolero' F1 carrots (34.25±5.79 mg 100 g^{-1} in dry matter), while the lowest one – in the hybrid 'Champion' F1 carrots (25.78±1.54 mg 100 g^{-1} in dry matter), i.e. it was significantly different ($p=0.006$; $\alpha=0.05$).

2. Changes of physically–chemical parameters of fresh carrots during storage

The changes of physical and chemical parameters in 'Nante' type 'Forto' variety carrots and several hybrid carrots grown in Latvia and harvested in 2011 were analysed every two months during six months of storage to experimentally verify the advanced thesis.

The content of moisture in carrots decreased significantly ($p=0.001$; $\alpha=0.05$) during storage. After six months of storage, a more significant decrease in the moisture content was observed in the hybrid 'Maestro' F1 carrots (by 4.80%); yet, not so expressed decrease was detected in the hybrid 'Bolero' F1 carrots (by 1.98%). Scientific literature mentions that the moisture content losses in carrots during one month of storage may be up to 3%; however, maximally permissible losses may be 7–8% during six months of storage. Fade process in carrots started due to the moisture content losses and the influence of the storage temperature and relative air humidity.

Firmness of carrots significantly increased ($p=0.002$; $\alpha=0.05$) due to the decrease of the moisture content. After six months of storage, firmness of carrots increased by 19.15% on average. More pronounced increase of firmness was observed in 'Forto' variety carrots – by 28.99%. Smaller changes in the increase of firmness were observed in the hybrid 'Champion' F1 carrots – by 9.60%. The

increase of carrots firmness could be explained with the decrease of moisture content in carrots.

The content of total carotenoids in carrots during six months of storage increased significantly ($p<0.05$; $\alpha=0.05$) – in hybrids – by 35.96% on average, while in 'Forto' variety carrots – by 40.97% ($p<0.05$; $\alpha=0.05$). The obtained results demonstrate the synthesis of carotenoids in carrots after harvesting.

Mathematical data processing determined significant changes in the content of fructose ($p=0.026$; $\alpha=0.05$) and glucose ($p=0046$; $\alpha=005$) in carrots (Figure 7).

In 'Nante' type variety and hybrid carrots, the contents of fructose and glucose increased by 31.32% and 60.55% respectively, as a result carrots become sweeter. The content of sucrose in carrots decreased by 89.90% on average during storage compared with the content of sucrose in carrots before storage. Sugar hydrolyses via the biosynthesis process during storage may explain the obtained results. The process characterises with the splitting of disaccharides and decrease in the content of saccharides and the simultaneous increase in the content of glucose and fructose.

The content of total phenols in 'Nante' type variety and hybrid carrots significantly decreased during six months of storage – by 21.30% on average ($p=0.007$; $\alpha=0.05$).

Antioxidant activity in 'Nante' type variety and hybrid carrots significantly decreased during six months of storage – by 55.37% ($p=0.019$; $\alpha=0.05$). The antioxidant activity of carrots was stable during the first two months of storage; the decrease was 6.17%. Significant changes in the antioxidant activity in carrots (by 41.14% on average) were observed after two months of storage. The obtained results could be explained with the biochemical reactions in carrots during storage resulting in the decrease in the content of total phenols and antioxidant activity.

After mathematical data processing, non–significant changes in the dietary fibre content of 'Nante' type variety and hybrid carrots were established during storage ($p=0.391$; $\alpha=0.05$), ($p=0.249$; $\alpha=0.05$).

3. Selection of treatment parameters for shredded carrots

Physical, chemical and microbiological indicators of fresh 'Nante' type 'Forto' variety carrots and carrot hybrids 'Bolero' F1, 'Champion' F1 and 'Maestro' F1 were comprehensively assessed after the treatment of carrots with various treatment agents to analyse the experimental results for the verification of the PhD thesis "various methods for treatment of fresh shredded carrots surface significantly influence their quality parameters". 'Nante' type 'Forto' variety carrots were used for treatment in the research. The influence of two alternative treatment methods – hydrogen peroxide (H_2O_2) and ozonised water on the quality parameters of shredded carrots was analysed in the present research. The commercial *NatureSeal® AS5* solution (control sample) was used to treated carrots for the comparison purposes.

Treatment with the hydrogen peroxide

Pre–treatment (washing, peeling, shredding) of carrots damages the carrots tissue and results in the growth of microorganisms. Therefore, hydrogen peroxide (H_2O_2) was used as treatment agent for the treatment of shredded carrots. The use of hydrogen peroxide is recommended for treatment of vegetables thanks to its low toxicity and safe decomposition of O_2 and H_2O.

E.coli in fresh carrots was not detected.

A significant ($p=0.09$; $\alpha=0.05$) difference in the dynamics of TPC and CFU count between the control carrots sample and carrots treated with H_2O_2 was found after analysing the influence of H_2O_2 on the quality parameters of carrots using different concentrations of H_2O_2 and treatment times (Figure 8). The TPC of control sample was 2.61 log cfu g^{-1}. Higher TPC (2.25 log cfu g^{-1}) was found in carrots treatment with the 0.5% H_2O_2 for 30±1 s (decrease by 13.97%); however, lower (1.65 log cfu g^{-1}) – after treatment of carrots with the 1.5% H_2O_2 for 90±1 s (the TPC decrease by 36.78%). After evaluation of H_2O_2 treatment activity, it may be concluded that it is possible to decrease significantly (by 27.20%) the TPC of carrots during treatment with the 1.0% H_2O_2 for 30±1 s. Mathematical processing of the obtained results revealed that various concentrations of H_2O_2 ($p=0.019$; $\alpha=0.05$) and treatment times ($p=0.049$; $\alpha=0.05$) significantly influenced the TPC count in carrots (Figure 8). The obtained results prove the treatment agent properties of H_2O_2.

A significant ($p<0.05$) decrease in the yeast count was detected after treatment of shredded carrots with the 1.0% and 1.5% H_2O_2 for 90±1 s – yeasts were not found after treatment (Figure 9). Yeasts (1.47 log cfu g^{-1}) were found in carrots treated with the 0.5% H_2O_2 for 30±1 s. Therefore, a longer (90 s) treatment time and higher concentration of treatment agent (1.0% and 1.5%) is more suitable for the microbiological safety of carrots.

The content of total carotenoids significantly decreased in the samples of carrots – by 20.70% ($p<0.05$; $\alpha=0.05$) during their treatment with the 1.5% H_2O_2 for 60±1 s, by 28.42% – during their treatment with the 1.0% H_2O_2 for 90±1 s and by 28.32% – during their treatment with the 1.5% H_2O_2 for 90±1 s compared with the control sample of carrots (Figure 10). The obtained results could be mainly explained with the oxidative degradation of carotenoids. It is necessary to indicate that smaller changes in the content of total carotenoids from 6.62% to 10.26% were observed in carrots after their treatment with the 0.5% and 1.0% H_2O_2 for 30±1 s and with the 0.5% H_2O_2 for 60±1 s.

The concentration of H_2O_2 treatment agent and the treatment time of carrots significantly ($p<0.05$; $\alpha=0.05$) influence the content of total phenols in shredded carrots, which decreased by 35.14–48.73% after treatment of carrots compared with non– treated carrots. Smaller decreases of total phenols content – 35.14% and 36.09% were obtained after treatment of carrots with the 0.5% and 1.0% H_2O_2 for 30±1 s; however, higher – 48.73% after treatment of carrots with the 1.0% H_2O_2 for 90±1 s.

After treatment, the antioxidant activity of carrots decreased by 27.66% on average compared with the control sample (Figure 11). Smaller decreases (by 20.21% and 24.39%) in the antioxidant activity of carrots were observed after treatment of carrots with the 0.5% and 1.0% H_2O_2 for 30±1 s.

The obtained results demonstrate a close linear positive correlation between the content of total phenols and the antioxidant activity in carrots (R^2=0.953; r=0.976) with the probability of 99%, i. e. during treatment the content of total phenols in carrots decreased with the simultaneous decrease of the antioxidant activity (Figure 12).

The contents of fructose, glucose and sucrose decreased significantly ($p<0.05$; $\alpha=0.05$) in shredded carrots treated with H_2O_2. Smaller decrease (by 8.05%) of the fructose content in carrots was obtained after treatment of carrots with the 1.5% H_2O_2 for 30±1 s, while higher (by 63.40%) – after treatment of carrots with the 0.5% H_2O_2 water solution for 60±1 s. Smaller (by 13.40%) changes in the content of glucose were observed in carrots after their treatment with the 0.5% H_2O_2 for 30±1 s, while significant decreases (by 77.05% and 65.24%) in the content of glucose in carrots were obtained after their treatment with the 1% H_2O_2 for 60±1 s and with the 1.5% H_2O_2 for 90±1 s. The experiments showed that smaller decrease (by 33.37%) of sucrose was obtained in carrots after their treatment with the 1.5% H_2O_2 for 30±1 s and higher (by 53.70%) – after treatment of carrots with the 1.5% H_2O_2 for 90±1 s. After treatment of carrots with the 1.5% H_2O_2 for 30±1 s, the content of total sugars in carrots decreased by 18.58%. Higher changes (by 40.84%) in the content of total sugars were obtained in carrots treated with the 1.0% H_2O_2 for 60±1 s and with the 0.5% and 1.5% H_2O_2 for 90±1 s.

The concentration of H_2O_2 ($p=0.402$; $\alpha=0.05$) and the treatment time ($p=0.113$; $\alpha=0.05$) did not influence the pH value of carrots. The pH value of treated carrots decreased by 0.06 units on average compared with the control sample.

The concentration of H_2O_2 and the treatment time did not influence the firmness of carrots ($p=0.240$; $\alpha=0.05$). Firmness of treated carrots decreased by 9.80% on average compared with the control sample.

After summarising the acquired microbiological, chemical and physical parameters in shredded carrots during treatment, the treatment regime with the 1.0% H_2O_2 for 30±1 s was chosen as optimal for the future experiments.

Treatment with the ozonised water

Ozone (O_3) is one of the newest treatment agents in the world used to decrease the count of microorganisms in vegetables. Ozone is safe and friendly (*GRAS – Generally recognized as safe*) in the food. Inhibition of the microorganisms growth is the main advantage of ozone treatment; as a result shredded carrots keep their freshness and quality for longer time.

Different treatment regimes as ozonised water concentration and treatment time were investigated to evaluate their influence on the quality of shredded carrots. The

following treatment regimes were investigated based on the data presented in scientific literature: treatment time – 60; 120; 180±1 s and concentrations 1.0; 2.0; 3.0 mg L^{-1}. The comparison of chosen treatment regimes detected a significant ($p=0.003$; $\alpha=0.05$) influence of the ozonised water on the decrease in the count of TPC in carrots after treatment.

An essential decrease in the TPC count from 2.34 to 1.13 log cfu g^{-1} and 1.10 log cfu g^{-1}, i.e. – by 51.71% and 52.99% respectively – was obtained after treatment with 2 mg L^{-1} and 3 mg L^{-1} of ozonised water for 180±1 s.

Essential decreases (by 96.36%) in the yeast content (Figure 14) were obtained after treatment of carrots with 2 and 3 mg L^{-1} of ozonised water for 180±1 s, yet not so–pronounced ones (by 50.63%) – after treatment of carrots with 1 mg L^{-1} of ozonised water for 60±1 s. Therefore, a longer (180 s) treatment time and a lower treatment agent concentration (2 mg L^{-1} and 3 mg L^{-1}) are advisable to ensure the microbiological safety of carrots.

The contents of fructose, glucose and sucrose decreased significantly in carrots after treatment ($p=0.001$; $\alpha=0.05$). A smaller (by 22.86%) decrease in the content of fructose was observed in carrots after treatment with 2 mg L^{-1} of ozonised water for 60±1 s, while greater (by 97.14% and 95.71%) – after treatment of carrots with 3 mg L^{-1} of ozonised water for 120±1 s and 180±1 s.

Smaller (by 25.00%) changes in the glucose content were obtained in carrots after treatment with 2 mg L^{-1} of ozonised water for 60±1 s; however, greater (by 95.31% and 87.50%) – after treatment of carrots with 3 mg L^{-1} of ozonised water for 180±1 s and 120±1 s. Smaller (by 14.87 and 17.27%) changes in the sucrose content were obtained after treatment of carrots with 1 mg L^{-1} and 2 mg L^{-1} of ozonised water for 60±1 s. An essential decrease in the content of glucose by 44.12% was obtained after treatment of carrots with 3 mg L^{-1} of ozonised water for 120±1 s, 180±1 s. After analysing the influence of various regimes for the treatment of carrots with the ozonised water on the changes of the sugar content in carrots, it was proved that smaller changes in the contents of fructose, glucose and sucrose were obtained after treatment of carrots with 2 mg L^{-1} of ozonised water for 60±1 s.

Treatment regimes significantly influenced ($p=0.034$; $\alpha=0.05$) the decrease in the content of total phenols in carrots. More significant decrease (by 69.52%) in the total phenol content was obtained after treatment of carrots with 3 mg L^{-1} of ozonised water for 180±1 s. However, treatment with 1 mg L^{-1} of ozonised water for 60±1 s was more effective, as a result the content of total phenols in carrots decreased by 16.34% ($p>0.05$; $\alpha=0.05$) compared with non–treated carrots (Figure 15). The obtained results could be explained with the possible oxidative stress in carrots during treatment, which promoted many physiological reactions including the synthesis of polyphenols. The amount of free radicals increased and lipid peroxidation occurred as a result of such reaction.

Changes of the antioxidant activity in carrots after treatment were not significant ($p=0.085$; $\alpha=0.05$), which could mainly be explained with the

antioxidant properties to protect the tissues of carrots from the oxidative damage in reaction with the ozonised water.

Mathematical data processing established an insignificant influence of the ozonised water concentration ($p=0.698$; $\alpha=0.05$) and treatment time ($p=0.303$; $\alpha=0.05$) on the content of total carotenoids in carrots. This means that carotenoids with molecular oxygen react in a quick oxidation process, thus, a negative influence of ozone was not detected in the experiments.

Mathematical data processing established an insignificant influence of the ozonised water concentration ($p=0.338$; $\alpha=0.05$) and treatment time ($p=0.060$; $\alpha=0.05$) on the pH value of carrots.

After summarising the acquired microbiological, chemical and physical parameters of shredded carrots during treatment, the treatment regime with 2.0 mg L^{-1} of ozonised water for 60±1 s was chosen as optimal for the future experiments.

Treatment with *NatureSeal® AS5*

NatureSeal® AS5 is a commercial solution used for the treatment of vegetables worldwide. Ascorbic acid and calcium are the active components of *NatureSeal® AS5*. It is the first commercial product, which does not create a non–acceptable aftertaste and does not remain in the product. Therefore, it is possible to control the pH value (decrease) of a product by the treatment of products with the mentioned solution; as a result the growth of microorganisms could be prevented similarly as it is done using other treatment agents.

The recommended treatment time for the use of the commercial *NatureSeal® AS5* solution (*AgriCoat NatureSeal Ltd*, England) is 5 min±1 s and preparation concentration in the water solution – 2.5%. The present experiments were done to verify the possible influence of *NatureSeal® AS5* on the microbiological, physical and chemical indicators of 'Nante' type 'Forto' variety carrots grown in Latvia and to compare this influence with alternative treatment methods (H_2O_2 and ozonised water) of carrots.

The initial count of TPC in non–treated carrots was 2.62 log cfu g^{-1}, which decreased up to 1.28 log cfu g^{-1} after treatment with *NatureSeal® AS5*.

The initial count of yeasts in carrots was 2.59 log cfu g^{-1}, which decreased up to 1.31 log cfu g^{-1} after treatment with *NatureSeal® AS5*. The obtained results demonstrate high antibacterial effect of the treatment regime with 2.5% *NatureSeal® AS5* for 5 min±1 s. During experiments it was proved that *NatureSeal® AS5* solution could be recommended as treatment agent for the treatment of fresh shredded carrots.

The present experiment did not detect a significant influence of *NatureSeal® AS5* solution on the content of carotenoids in carrots. The content of total carotenoids decreased by 9.57% ($p>0.05$; $\alpha=0.05$) compared with non–treated carrots.

The content of total phenols and antioxidant activity of carrots increased by 1.00% ($p=0.399$; $\alpha=0.05$) and 10.17% ($p=0.077$; $\alpha=0.05$) after treatment with 2.5%

NatureSeal® AS5 for 5 min±1 s (Table 3). The acquired results could be explained with the availability of ascorbic acid in *NatureSeal® AS5* solution, which results in the product stability by strengthening the antioxidant activity and blocking the destroying of total phenols in vegetables.

The obtained results prove the PhD thesis "various methods for treatment of fresh shredded carrots surface significantly influence their quality parameters".

4. Selection of packing materials for fresh shredded carrots

The present section verifies the following PhD thesis "biodegradable packaging materials may successfully be used for packaging of fresh shredded carrots". Four biologically degradable packaging materials – *Nature Works® PLA P–360* boxes with non–hermetically covered PLA cover (manually), *Nature Works® PLA* C121 (*BIO–PLA)* film, *NatureFlex™ NVS INNOVIA* film and *CERAMIS®–PLA* film were compared for packaging of fresh carrots. The influence of the mentioned packaging materials on the changes of carrots quality parameters during storage was compared during experiments.

The balance of gas composition changes inside packaging during storage was different (Figure 17).

On the third day of storage, the content of CO_2 in carrot packages made of "breathable" conventional *BOPP PropaFilm™ P2GA* material was 14.0±1.0%, while, on the eighth day of storage – 21.0±1.0%. The CO_2 content increased up to 42.0±1.0% after 12 days of storage. However, the O_2 content inside packaging decreased up to 2.0±1.0% (Figure 17) after 12 days of storage.

The O_2 content decreased slowly inside *Nature Works® PLA P–360* boxes with non–hermetically covered PLA cover resulting from the oxygen supply through the cover. After 12 days of storage, the O_2 content was 11.0±1.0% over carrots inside packaging. The content of CO_2 did not change up to the tenth day of storage (5.0±1.0%) and it increased up to 7.0±1.0% at the end of storage due to the setting of gas composition close to the ideal composition mentioned in literature (CO_2 – 5–10% and O_2 – 5–10%) (Figure 17).

It was impossible to ensure the balance of gas composition inside *NatureFlex™ NVS* film packaging with shredded carrots during storage. The O_2 content decreased up to 2.0±1.0% after 12 days of storage, while the content of CO_2 increased up to 18.0±1.0% after three days of storage and up to 34.0±1.0% after 12 days of storage (Figure 17).

The O_2 content in *Nature Works® PLA C121* film packaging decreased up to 4.0±1.0% after three days of storage resulting in the oxygenfree ambiance in packaging at the end of carrots storage. A significant increase of CO_2 from 0% to 30.0±1.0% was detected.

CERAMIS®–PLA packaging materials did not ensure a sufficient CO_2 migration through the film surface and it accumulated up to 59.0±1.0% during storage (Figure 17). The O_2 content decreased fast in the mentioned packaging and resulted in the oxygenfree ambiance in packaging on the third day of carrots storage. The

summary of the O_2 and CO_2 content changes in chosen packaging materials established that *Nature Works® PLA P–360* boxes and *NatureFlex™ NVS* film packaging are more suitable for packaging of carrots in the passive gas ambience compared with *CERAMIS®–PLA* and *Nature Works® PLA C121* materials. Advantages of biologically degradable packaging materials compared with "breathable" conventional *(BOPP PropaFilm™ P2GA)* packaging are summarised in Figure 17. This means that the conventional packaging material may successfully be replaced with biologically degradable packaging materials ensuring better gas composition balance for packaging of fresh carrots.

A significant decrease of carrots firmness up to 82.43±8.20 N was detected in carrots packaged in *Nature Works® PLA* C121 film packaging after 12 days of storage. Smaller changes of firmness were detected in carrots packaged in *NatureFlex™ NVS* film packaging – up to 447.35±9.15 N; however, the firmness of carrots packaged in the control *BOPP Propafilm™ P2GAF* film, *Nature Works® PLA P–360* boxes and *CERAMIS®–PLA* film ranged between 233.92±10.39 N and 246.02±9.48 N.

The smallest weight losses of carrots during storage were detected in *NatureFlex™ NVS* – from 0.04±0.01% and the highest losses – to 4.41±0.04% in *Nature Works® PLA* C121 *(BIO–PLA)* film packaging (Table 3). The initial moisture content of carrots was 86.01±0.01%; the moisture content decreased up to 80.58±0.01% and 82.44±0.01% in carrots packaged in *Nature Works® PLA C121* and *CERAMIS®–PLA* packaging materials. However, the moisture content of fresh shredded carrots in *BOPP Propafilm™ P2GAF, NatureFlex™ NVS* film packaging and in *Nature Works® PLA P–360* boxes was 85.89±0.02% and 83.60±0.01% during storage (Table 3).

Significant differences in the pH value of carrots were obtained in all analysed samples during storage ($p<0.05$). No significant changes in the pH value of carrots packaged in conventional *BOPP Propafilm™ P2GAF* and biodegradable – *NatureFlex™ NVS* and *Nature Works® PLA P–360* packaging materials were found up to the fifth day of storage. At the end of storage, the pH value of carrots was 4.78±0.01; 5.61±0.01 and 5.05±0.02 respectively. Significant changes of the pH value were observed for carrots packaged in *Nature Works® PLA C121* and *CERAMIS®–PLA (VC999 BioPack)* after three days of storage. The pH value of carrots was 4.50±0.01 and 4.71±0.01 respectively at the end of storage. The changes in the pH value could mainly be explained with the dissolution of CO_2 in the tissues of fresh shredded carrots. Therefore, it may be concluded that the packaging material influences the shelf–life of carrots.

5. Changes of the quality parameters for minimally treated carrots during storage

Changes of the quality parameters in carrots treated with the hydrogen peroxide water solution during storage

Experimentally it was ascertained that the shelf–life of shredded carrots treated with the 1.0% H_2O_2 for 30±1s and packaged in conventional *BOPP Propafilm^{TM} P2GAF* (control sample) and in biodegradable *Nature Works® PLA P–360* and *NatureFlex^{TM} NVS INNOVIA* packaging materials was five days. However, the shelf–life of non–treated carrots packaged in the mentioned packaging materials was three days.

As it was previously mentioned, the **treatment with H_2O_2** provided the shelf–life of shredded carrots packaged in *BOPP Propafilm^{TM} P2GAF* material (control sample) for five days. The packaging ensured the following amounts of O_2 and CO_2 – 4.8% and 12.6% respectively; while the quality parameters of shredded carrots were as follows: the TPC – 4.49 colony forming units, yeasts – 3.72 colony forming units, weight loss – 0.8%, increase of hardness by 0.9%, total colour differences ΔE* – 5.8 units, decrease in the content of total carotenoids by 10.7%, decrease in the content of total phenols from 325.2 to 277.1 mg GAE 100 g^{-1} in dry matter (i.e. by 14.8%) and decrease in the content of soluble solids by 5.8%.

The biodegradable *Nature Works® PLA P–360* material boxes with treated shredded carrots contained the following amounts of O_2 and CO_2 – 8.2% and 11.6% respectively; while the quality parameters of shredded carrots were as follows: the TPC – 4.84 colony forming units, yeasts – 3.81 colony forming units, weight loss – 0.3%, decrease of the moisture content by 1.7%, increase of hardness by 2.2%, total colour differences ΔE* – 9.1units, decrease in the content of total carotenoids by 12.2%, decrease in the content of total phenols from 325.2 to 286.0 mg GAE 100 g^{-1} in dry matter (i.e. by 12.2%) and decrease in the content of soluble solids by 11.5%.

The biodegradable *NatureFlex^{TM} NVS INNOVIA* material pouches with treated shredded carrots contained the following amounts of O_2 and CO_2 – 2.9% and 13.2% respectively; while the quality parameters of shredded carrots were as follows: the TPC – 4.65 colony forming units, yeasts – 3.49 colony forming units, weight loss – 0.03%, decrease of the moisture content by 1.4%, increase of hardness by 4.0%, total colour differences ΔE* – 8.8 units, decrease in the content of total carotenoids by 21.6%, decrease in the content of total phenols from 325.2 to 254.9 mg GAE 100 g^{-1} in dry matter (i.e. by 21.6%) and decrease in the content of soluble solids by 7.7%.

As it was previously mentioned, the shelf–life of shredded **non–treated** carrots packaged in *BOPP Propafilm^{TM} P2GAF* material (control sample) was three days. The mentioned packaging ensured the following amounts of O_2 and CO_2 – 4.4% and 15.6% respectively; while the quality parameters of shredded carrots were as follows: the TPC – 3.75 colony forming units, yeasts – 3.75 colony

forming units, weight loss – 0.7%, decrease of hardness by 5.5%, total colour differences ΔE* – 3.5 units, increase in the content of total carotenoids by 13.8%, decrease in the content of total phenols from 463.7 to 419.2 mg GAE 100 g^{-1} in dry matter (i.e. by 9.6%) and decrease in the content of soluble solids by 8.3%.

The biodegradable *NatureFlex™ NVS INNOVIA* material pouches with non–treated shredded carrots contained the following amounts of O_2 and CO_2 – 14.5% and 1.6% respectively; while the quality parameters of shredded carrots were as follows: the TPC – 3.38 colony forming units, yeasts – 3.58 colony forming units, weight loss – 0.3%, decrease of the moisture content by 1.6%, decrease of hardness by 1.2%, total colour differences ΔE* – 1.9 units, increase in the content of total carotenoids by 0.3%, decrease in the content of total phenols from 463.7 to 439.2 mg GAE 100 g^{-1} in dry matter (i.e. by 5.3%) and decrease in the content of soluble solids by 8.3%.

The biodegradable *NatureFlex™ NVS INNOVIA* material pouches with non–treated shredded carrots contained the following amounts of O_2 and CO_2 – 1.5% and 16.3% respectively; while the quality parameters of shredded carrots were as follows: the TPC – 3.84 colony forming units, yeasts – 3.84 colony forming units, weight loss – 0.02%, decrease of the moisture content by 0.8%, decrease of hardness by 2.7%, total colour differences ΔE* – 1.10 units, increase in the content of total carotenoids by 1.3%, decrease in the content of total phenols from 463.7 to 399.3 mg GAE 100 g^{-1} in dry matter (i.e. by 13.9%) and decrease in the content of soluble solids by 13.4%.

Changes of the quality parameters in carrots treated with the ozonised water during storage

Experimentally it was ascertained that the shelf–life of shredded carrots treated with the 2.0 mg L^{-1} ozonised water for 60±1s and packaged in conventional *BOPP Propafilm™ P2GAF* (control sample) and in biodegradable *Nature Works® PLA P–360* and *NatureFlex™ NVS INNOVIA* packaging materials was ten days.

The *BOPP Propafilm™ P2GAF* material (control sample) pouches with packaged treated shredded carrots contained the following amounts of O_2 and CO_2 – 13.8% and 10.1% respectively; while the quality parameters of shredded carrots were as follows: the TPC – 4.42 colony forming units, yeasts – 3.61 colony forming units, weight loss – 0.1%, decrease of the moisture content by 2.2%, increase of hardness by 2.9%, total colour differences ΔE* – 12.3 units, decrease in the content of total carotenoids by 27.8%, decrease in the content of total phenols from 358.8 to 211.1 mg GAE 100 g^{-1} in dry matter (i.e. by 41.2%) and decrease in the content of soluble solids by 13.5%.

The biodegradable *Nature Works® PLA P–360* material boxes with treated shredded carrots contained the following amounts of O_2 and CO_2 – 10.3% and 7.9% respectively; while the quality parameters of shredded carrots were as follows: the TPC – 4.39 colony forming units, yeasts – 3.80 colony forming units,

weight loss – 1.4%, decrease of the moisture content by 4.1%, increase of hardness by 11.4%, total colour differences ΔE* – 12.8 units, decrease in the content of total carotenoids by 22.5%, decrease in the content of total phenols from 325.2 to 244.0 mg GAE 100 g^{-1} in dry matter (i.e. by 31.9%) and decrease in the content of soluble solids by 12.6%.

The biodegradable *NatureFlex™ NVS INNOVIA* material pouches with treated shredded carrots contained the following amounts of O_2 and CO_2 – 11.1% and 10.9% respectively; while the quality parameters of shredded carrots were as follows: the TPC – 4.63 colony forming units, yeasts – 3.76 colony forming units, weight loss – 0.3%, decrease of the moisture content by 2.5%, increase of hardness by 3.8%, total colour differences ΔE* – 13.9 units, decrease in the content of total carotenoids by 28.1%, decrease in the content of total phenols from 325.2 to 261.5 mg GAE 100 g^{-1} in dry matter (i.e. by 27.1%) and decrease in the content of soluble solids by 10.3%.

Changes of the quality parameters in carrots treated with *NatureSeal® AS5* during storage

Experimentally it was ascertained that the shelf–life of shredded carrots treated with the 2.5 % *NatureSeal® AS5* for 5 min±1s and packaged in conventional *BOPP Propafilm™ P2GAF* (control sample) and in biodegradable *Nature Works® PLA P–360* and *NatureFlex™ NVS INNOVIA* packaging materials was ten days.

The *BOPP Propafilm™ P2GAF* material (control sample) pouches with packaged treated shredded carrots contained the following amounts of O_2 and CO_2 – 7.6% and 8.1% respectively; while the quality parameters of shredded carrots were as follows: the TPC – 4.54 colony forming units, yeasts – 3.89 colony forming units, weight loss – 0.6%, decrease of the moisture content by 2.2%, increase of hardness by 6.6%, total colour differences ΔE* – 12.2 units, decrease in the content of total carotenoids by 23.7%, decrease in the content of total phenols from 668.3 to 541.0 mg GAE 100 g^{-1} in dry matter (i.e. by 19.0%) and decrease in the content of soluble solids by 4.8%.

The biodegradable *Nature Works® PLA P–360* material boxes with treated shredded carrots contained the following amounts of O_2 and CO_2 – 8.5% and 8.9% respectively; while the quality parameters of shredded carrots were as follows: the TPC – 4.37 colony forming units, yeasts – 3.55 colony forming units, weight loss – 0.9%, decrease of the moisture content by 2.8%, increase of hardness by 9.7%, total colour differences ΔE* – 12.8 units, decrease in the content of total carotenoids by 24.5%, decrease in the content of total phenols from 668.3 to 559.5 mg GAE 100 g^{-1} in dry matter (i.e. by 16.3%) and decrease in the content of soluble solids by 3.2%.

The biodegradable *NatureFlex™ NVS INNOVIA* material pouches with treated shredded carrots contained the following amounts of O_2 and CO_2 – 7.1% and 5.9%; while the quality parameters of shredded carrots were as follows: the

TPC – 4.59 colony forming units, yeasts – 3.70 colony forming units, weight loss – 0.7%, decrease of the moisture content by 1.9%, increase of hardness by 5.7%, total colour differences ΔE* – 12.9 units, decrease in the content of total carotenoids by 19.7%, decrease in the content of total phenols from 668.3 to 529.2 mg GAE 100 g^{-1} in dry matter (i.e. by 20.8%) and decrease in the content of soluble solids by 7.9%.

In the present research, the a* colour component value decreased by 5.7% and the ΔE value increased in carrots treated with the 2.5% *NatureSeal® AS5*. Therefore, carrots became lighter during storage and obtained a bit pinker colour. Experimental data partly confirm the PhD thesis "treatment method and chosen packaging material significantly influence the quality of fresh minimally treated carrots during storage".

6. Integrated quality evaluation of treated shredded carrots

The basic principles of the integrated multifactorial evaluation allowed detecting the most suitable method for the treatment of fresh shredded carrots by applying some of the newest treatment agents: treatment of carrots with the 1.0% of H_2O_2 for 30±1 s, with 2.0 mg L^{-1} of ozonised water for 60±1 s and with 2.5%. *NatureSeal® AS5* solution for 5 min±1 s.

The integrated multifactorial value characterises deviations of each treatment agents chosen for the treatment of carrots during experiments from the initial values. The lowest value indicates on smaller changes in the quality of carrots treated with a certain treatment agents during storage (Figure 18).

The present experiments ascertained that the treatment type of carrots significantly influenced the maintenance of their quality parameters during storage. The evaluation of shredded carrots treated before packaging with the 1.0% H_2O_2 for 30±1 s, with 2.0 mg L^{-1} of ozonised water for 60±1 s and the 2.5% *NatureSeal® AS5* solution for 5 min±1s allowed concluding that the commercial *NatureSeal® AS5* solution and 2.0 mg L^{-1} of ozonised water were more suitable for ensuring the quality parameters of shredded carrots, since the quality parameters of shredded carrots changed less during storage. However, more significant quality changes were observed in shredded carrots treated with the 1.0% H_2O_2 before packaging.

CONCLUSIONS

1. Physical parameters and chemical composition of ′Nante′ type variety and hybrid carrots significantly differ – the biological value of ′Forto′ variety carrots is higher compared with ′Bolero′ F1, ′Champion′ F1 and ′Maestro′ F1 hybrids. The ′Forto′ variety carrots have higher: moisture content by 4.6%, antioxidant activity by 8.0%, total phenols content by 49.8%, β–carotene content by 19.3% and total carotenoids content by 8.7%.
2. Quality parameters of whole ′Nante′ type variety and hybrid carrots significantly changed after six months of storage on traditional conditions. In carrots decreased pH value, antioxidant activity, content of moisture, content of total phenols, content of soluble solids, sucrose content, Vitamin C content and polyphenol compound content. In carrots increased firmness, content of fructose, content of glucose and content of carotenoids.
3. Microbiological parameters providing optimal treatment parameters for shredded carrots are 60±1 s with the 2.0 mg L^{-1} ozonised water and 30±1 s with the 1.0% hydrogen peroxide.
4. Mutually significant differences were not detected in the changes of quality parameters during storage in carrots packaged in conventional material PP boxes melted with *BOPP Propafilm™ P2GAF* film compared with the packaging in biodegradable materials: *Nature Works® PLA P–360* non–hermetically covered boxes and *Nature Flex™ NVS INNOVIA* film soft packaging made on the cellulose base material.
5. The shelf–life of shredded carrots packaged in conventional and biodegradable packaging material is five days for non–treated carrots, five days for carrots treated with the hydrogen peroxide, ten days for carrots treated with *NatureSeal® AS5*, ten days for carrots treated with the ozonised water.
6. Results of the integrated multicriteria evaluation demonstrate that the commercial *NatureSeal® AS5* solution and the 2.0 mg L^{-1} ozonised water are more suitable for providing the quality parameters of shredded carrots during storage due to smaller changes in the quality parameters of shredded carrots during storage. However, more significant quality changes occurred in shredded carrots treated with the 1.0% H_2O_2 before packaging.
7. The data obtained during experiments confirm the hypothesis – "it is possible to prolong the shelf–life of fresh shredded carrots in biodegradable packaging by choosing innovative treatment methods".

Ingrīda Augšpole
Latvijas Lauksaimniecības universitāte
Pārtikas tehnoloģijas fakultāte
LATVIA UNIVERSITY OF AGRICULTURE
FACULTY OF FOOD TECHNOLOGY
ingrida.augspole@llu.lv