



LATVIJAS LAUKSAIMNIECĪBAS UNIVERSITĀTE
LATVIA UNIVERSITY OF AGRICULTURE

PĀRTIKAS TEHNOLOĢIJAS FAKULTĀTE
FACULTY OF FOOD TECHNOLOGY



Karina Juhņeviča-Radenkova

Mg. cib. hyg.

DAŽĀDU UZGLABĀŠANAS TEHNOLOĢIJU IETEKME UZ ĀBOLU KVALITĀTI



IMPACT OF DIFFERENT STORAGE TECHNOLOGIES ON APPLE FRUIT QUALITY

Promocijas darba kopsavilkums
inženierzinātņu doktora zinātniskā grāda iegūšanai
pārtikas zinātnes nozarē

*Summary of promotion work for acquiring
the Doctor's degree of Engineering Sciences in sector of Food Sciences*

Jelgava
2015

Promocijas darba vadītāja/

Scientific supervisor:

prof. Dr. sc. ing. **Līga Skudra**

Promocijas darba konsultante/

Scientific advisor:

Dr. agr. **Māra Skrīvele**, Dr. sc. ing. **Dalija Segliņa**

Oficiālie recenzenti / *Official reviewers:*

Dr. habil. sc. ing., profesore **Lija Dukaļska** (Latvijas Lauksaimniecības universitātē/ *Associate professor of Latvia University of Agriculture*)

LZA akadēmiķis, Prof. Dr. habil. biol. **Īzaks Rašals** (Latvijas Universitātē/ *Professor of University of Latvia*)

Dr. habil. med., asociētā profesore **Renāte Ligere** (Latvijas Universitātē/ *Associate professor of University of Latvia*)

Promocijas darba aizstāvēšana notiks LLU Pārtikas zinātnes nozares promocijas padomes atklātajā sēdē 2015. gada 28. augustā, plkst. 10⁰⁰, 145. auditorijā Pārtikas tehnoloģijas fakultātē, Lielā ielā 2, Jelgavā.

The defence of the thesis in open session of the Promotion Board of Food Science will be held on. August 28th, 2015, at 10⁰⁰ in auditorium 145, at the Faculty of Food Technology of LUA, Liela iela 2, Jelgava.

Ar promocijas darbu un kopsavilkumu var iepazīties LLU Fundamentālajā bibliotēkā, Lielā ielā 2, Jelgavā, LV-3001, un internetā (pieejams: <http://llufb.llu.lv/llu-theses.htm>). Atsauksmes sūtīt Promocijas padomes sekretārei LLU Pārtikas tehnoloģijas fakultātes docentei Dr.sc.ing. **I. Beitānei** (Lielā ielā 2, Jelgavā, LV-3001, e-pasts: ilze.beitane@llu.lv).

*The thesis is available at the Fundamental Library of the Latvia University of Agriculture, Liela iela 2, Jelgava and on internet <http://llufb.llu.lv/llu-theses.htm>. References are welcome to send to Dr. phys. **I. Beitānei**, the Secretary of the Promotion Board of Food Science at LUA, Faculty of Food Technology, 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	8
Pētījuma rezultāti un diskusija	13
1. Ābolu fizikālo un ķīmisko rādītāju izvērtējums	13
2. Ābolu sensorās novērtēšanas rezultāti	23
3. Ābolu virsmas mikrobioloģiskā izvērtēšana	25
4. Ābolu bojāšanās iemeslu izvērtējums uzglabāšanas laikā	26
5. Ābolu fizikālo rādītāju izvērtējums realizācijas laikā	29
6. Ābolu sensorā novērtēšana realizācijas laikā	30
Secinājumi	32

CONTENT

<i>Topicality of the research</i>	35
<i>Approbation of the research work</i>	36
<i>Materials and methods</i>	37
<i>Results and discussion</i>	41
1. <i>Evaluation of apple physical and chemical indicators</i>	41
2. <i>Results of apple sensory evaluation</i>	46
3. <i>Microbiological evaluation of apple surface</i>	47
4. <i>Assessment of the apple lesion reasons during storage</i>	47
5. <i>Evaluation of apple physical characters during shelf life</i>	49
6. <i>The sensory evaluation of apples during shelf life</i>	49
<i>Conclusions</i>	51

PĒTĪJUMA AKTUALITĀTE

Svaigiem augļiem ir liela nozīme mūsu ikdienas uzturā, jo tie nodrošina organismu ar nepieciešamajām bioloģiski aktīvajām vielām – vitamīniem, minerālvielām, organiskajām skābēm un šķiedrvielām. Pēdējo gadu laikā tieši svaigu augļu patēriņš sāk būtiski palielināties.

Ābeles ir viena no visvairāk audzētajām augļaugu kultūrām Latvijā. Ābolu ķīmisko sastāvu un kvalitāti kopumā ietekmē vairāki faktori, proti, augšanas un klimatiskie apstākļi, novākšanas laiks, kā arī būtiska nozīme ir uzglabāšanas tehnoloģijai. Diemžēl tirgū ābolu kvalitāte pēdējos gados ir būtiski samazinājusies. Tam par iemeslu var būt neprecīzi izvēlēts ābolu ražas novākšanas laiks un nepiemērota uzglabāšanas tehnoloģija. Nosakot un ievērojot ābolu optimālo gatavības pakāpi ražas novākšanas laikā un izvēloties piemērotu uzglabāšanas tehnoloģiju, ir iespējams būtiski pagarināt augļu uzglabāšanas laiku.

Nozīmīgākie rādītāji, kas raksturo ābolu kvalitāti uzglabāšanas periodā, ir cietība, šķīstošās sausas un skābju saturs. Kontrolējot šos parametrus, var prognozēt veiksmīgu uzglabāšanas iznākumu. Savukārt, zinot konkrētas šķirnes ābolu šūnu lielumu, var prognozēt to bojāšanās intensitāti. Izpētot ābolu mikrofloras sastāvu, var iepriekš paredzēt, kādas mikroskopiskās sēnes var izraisīt noteiktās šķirnes ābolu bojāšanos un kādas būs tās attīstības intensitāte. Augļu uzglabāšanas laikā būtiski ir kontrolēt ābolu sensorās īpašības un to izmaiņas, izvērtējot dažādas uzglabāšanas tehnoloģijas.

Uzglabājot ābolus tradicionālos apstākļos noliktavās un šo metodi pirms glabāšanas kombinējot ar etilēna inhibitora 1-MCP apstrādi, kā arī izmantojot kontrolētās aizsarggāzu vides (CA) uzglabāšanas tehnoloģiju ULO kamerās, ir iespējams ilgstoši nodrošināt ābolu kvalitāti.

Svarīgi ir uzglabāšanas laikā analizēt visus dažādu šķirņu ābolu iepriekš minētos kvalitātes parametrus, lai pēc iespējas precīzāk varētu izvēlēties piemērotāko uzglabāšanas metodi katrai šķirnei.

Latvijā ir maz pētījumu par ābolu novākšanas laiku un ar to cieši saistīto gatavības pakāpi, kas ievērojami ietekmē augļu kvalitāti, tos uzglabājot atšķirīgos apstākļos. Nav arī atrasti dati par ābolu kvalitātes izmaiņām realizācijas laikā tirdzniecības tīklā.

Promocijas darbā ir izvirzīta šāda **hipotēze**: ābolu kvalitāti nodrošina glabāšanas tehnoloģija tradicionālos apstākļos kombinācijā ar 1-metilciklopropēna (1-MCP) un kontrolētā aizsarggāzu vide ULO kamerās ar pazeminātu skābekļa saturu.

Promocijas darba hipotēzi pierāda ar **aizstāvamām tēzēm**:

1. Ābolu vākšanas laiku nosaka gatavības pakāpi raksturojošie rādītāji.
2. Ābolu kvalitāti iespaido izvēlēta uzglabāšanas tehnoloģija.

3. Mikrofloras attīstību un tās izraisīto ābolu bojāšanos ietekmē uzglabāšanas apstākļi.
4. Ābolu realizācijas laiku būtiski ietekmē izvēlēta uzglabāšanas tehnoloģija.

Promocijas darba **pētījuma objekts** – Latvijā audzētu rudens un ziemas komercšķirņu āboli.

Promocijas darba mērķis – vērtēt un salīdzināt izvēlēto uzglabāšanas tehnoloģiju nozīmīgumu ābolu kvalitātes saglabāšanā.

Promocijas darba mērķa sasniegšanai izvirzīti šādi **uzdevumi**:

1. noteikt ābolu optimālo gatavības pakāpi to ilgstošai uzglabāšanai;
2. analizēt ābolu struktūrmehānisko īpašību dinamiku glabāšanas laikā;
3. pētīt ābolu ķīmiskos rādītājus pirms uzglabāšanas un to izmaiņas glabāšanas laikā;
4. salīdzināt un vērtēt ābolu sensorās īpašības glabāšanas laikā;
5. noskaidrot mikrofloras attīstību uz ābolu virsmas glabāšanas laikā;
6. novērtēt ābolu kvalitātes izmaiņas realizācijas laikā pēc uzglabāšanas.

Promocijas darba zinātniskais nozīmīgums.

Pirmo reizi Latvijā vērtēta etilēna izdalīšanos kavējoša preparāta 1-MCP (*SmartFreshTM*) iedarbība uz Latvijā audzētu dažādu rudens un ziemas komercšķirņu ābolu kvalitāti, tos ilgstoši uzglabājot tradicionālos apstākļos noliktavā, un salīdzinātas šī paņēmiena priekšrocības ar glabāšanu kontrolētas aizsarggāzu vides apstākļos ULO kamerās ar pazeminātu skābekļa saturu.

Promocijas darba tautsaimnieciskā nozīme – jauno uzglabāšanas tehnoloģiju izpēte sniegs iespēju maza apjoma dārzkopības uzņēmējiem ilgstoši uzglabāt Latvijas komercdārzos izaudzēto ābolu ražu, līdz ar to maksimāli ilgi nodrošinot vietējo tirgu ar labas kvalitātes augļiem.

ZINĀTNISKĀ DARBA APROBĀCIJA

Par rezultātiem ziņots 11 starptautiskajās zinātniskajās un zinātniski praktiskajās konferencēs, kongresos un simpozijos Latvijā, Serbijā, Rumānijā, Igaunijā, Polijā, Lietuvā, Baltkrievijā un Grieķijā.

1. **Juhneviča K.**, Krasnova I., Segliņa D., Skudra G., Skudra L., Aboltins A. The assessment of apple shelf life after storage at modified atmosphere. *II Balkan Symposium on Fruit Growing*. Pitesti, Rumanija, 2011. gada 5.–7. septembris (stenda referāts/poster presentation).
2. **Juhņeviča K.**, Skudra L., Skudra G., Skrīvele M., Segliņa D. Microbial contamination assessment of different apple storage technologies. *7th Baltic Conference on Food Science and Technology*. Kaunas, Lietuva, 2012. gada 17.–18. maijs (stenda referāts/ poster presentation).
3. **Juhneviča K.**, Skudra L., Dalija S., Skudra G., Stepanovs A., Eiduks J. Attributes affecting apple quality in sensory analysis. *6th Central European Congress on Food*. Novi Sad, Serbija, 2012. gada 23.–26. maijs (stenda referāts/ poster presentation).
4. **Juhņeviča K.**, Skudra L., Skrīvele M., Segliņa D. The evaluation of apple quality during storage at modified atmosphere. *International Scientific Conference 'The Development Prospects of Fruit and Small Fruit Storage and Processing Technologies in Modern Economic Conditions'*. Samohvaloviči, Baltkrievija, 2012. gada 9.–11. oktobris (mutiskais referāts/ oral presentation).
5. **Juhneviča K.**, Skudra L., Skudra G., Seglina D., Skrīvele M.. Preliminary Results of 1-Methylcyclopropene Influence on Apple Quality During Storage. *18th International Scientific Conference 'Research for Rural Development'*. Jelgava, Latvija, 2012. gada 16.–18. maijs (mutiskais referāts/ oral presentation).
6. **Juhneviča K.**, Skudra L., Seglina D., Skrīvele M. The Evaluation Of Apple Quality during Storage at Modified Atmosphere. *International Conference 'Innovative storage technology for horticultural crops'*. Skierniewice, Polija, 2012. gada 20.–21. novembris (stenda referāts/ poster presentation).
7. **Juhneviča K.**, Skudra L., Seglina D., Skrīvele M. Development of apples microflora depending from different storage types. *International conference '4th International Conference on Laboratory Diagnostics in Veterinary Medicine, Food and Environmental Safety'* Riga, Latvia, 2013. gada 5.–6. septembris (stenda referāts/ poster presentation).
8. **Juhneviča-Radenkova K.**, Skudra L., Skrīvele M., Radenkovs V., Seglina D. Impact of the degree of maturity on apple quality during the shelf life. *9th Baltic Conference on Food Science and Technology 'Food for Consumer Well Being' FoodBalt*. Jelgava, Latvija, 2014. gada 8.–9. maijs (stenda referāts/ poster presentation).
9. **Juhneviča-Radenkova K.**, Skudra L., Radenkovs V., Seglina D., Olsteine A. '1-Methylcyclopropene (1-MCP) Influence on Apple Quality During Storage

Time. *International conference '3rd International Conference on 'Effects of Pre- and Post-harvest Factors on Health Promoting Components and Quality of Horticultural Commodities'*. Skierniewice, Polija, 2014. gada 24.–25. marts (stenda referāts/ poster presentation).

10. **Juhneviča-Radenkova K.**, Skudra L., Skrivele M., Radenkovs V., Seglina D. Apple cell size effect on fruit quality. V *International Conference Postharvest Unlimited*. Lemesos, Kipra. 2014. gada 10.–13. jūnijs (stenda referāts/ poster presentation).
11. **Juhneviča-Radenkova K.** Uzglabāšanas tehnoloģiju ietekme uz ābolu kvalitāti. *Zinātniski praktiskā konference Līdzsvarota lauksaimniecība*. Jelgava, Latvija, 2015. gada 19.–20. februāris (mutiskais referāts/ oral presentation).

Par pētījumu rezultātiem sagatavoti un publicēti recenzējamos zinātniskajos izdevumos septiņi manuskripti.

1. **Juhneviča K.**, Skudra G., Skudra L. (2011) Evaluation of microbiological contamination of apples stored at modified atmosphere. *Environmental and Experimental Biology*, Vol. 9, p. 53–59.
2. **Juhneviča K.**, Skudra L., Skudra G., Seglina D., Skrivele M. (2012) Preliminary Results of 1-Methylcyclopropene Influence on Apple Quality During Storage. *International Scientific Conference Proceedings "Research for Rural Development"*, Vol. 1, p. 98–101. (EBSCO; Academic Search Complete, CAB Abstracts).
3. **Juhneviča K.**, Aboltins A., Skudra L., Krasnova I. (2013). The Assessment of Apple Shelf Life after Storage at Modified Atmosphere. *Acta Horticulturae*, Vol. 981, p. 597–606.
4. **Juhneviča K.**, Skudra L., Skrivele M., Radenkovs V., Seglina D., Stepanovs A. (2013) Effect of 1-methylcyclopropene treatment on sensory characteristics of apple fruit. *Environmental and Experimental Biology*, Vol. 11, p. 99–105.
5. **Juhneviča-Radenkova K.**, Skudra L., Skrivele M., Radenkovs V., Seglina D. (2014) Impact of the degree of maturity on apple quality during the shelf life. *Proceedings of 9th Baltic Conference on Food Science and Technology*, p. 161–167.
6. Volkova J., **Juhneviča-Radenkova K.**, Abolu rūgtā puve – dažādi ierosinātāji, divas dažādas slimības (2015) Līdzsvarota lauksaimniecība. Raksti Proceedings of the Scientific and Practical Conference 'Harmonious Agriculture', p. 149–151.
7. **Juhneviča-Radenkova K.**, Drudze I., Segliņa D., Krasnova I., Olšteine A., Kaufmane E. (2013) 1-Metilciklopropēna (1-MCP) ietekme uz ābolu kvalitāti glabāšanas laikā. *Vietējo Resursu (zemes dzīļu, meža, pārtika un transporta) ilgtspējīga izmantošana – jauni produkti un tehnoloģijas (Nat Res) Rakstu krājums*. 207–211. lpp.

MATERIĀLI UN METODES

Pētījumu norises vieta

Pētījumi veikti no 2011. līdz 2014. gadam.

- Latvijas Valsts augļkopības institūta Eksperimentālās augļu pārstrādes laboratorijā, Bioķīmijas laboratorijā un Augu patoloģijas laboratorijā, kurās āboliem noteikta augļu gatavības pakāpe, pētītas fizikālās un ķīmiskās īpašības, analizēti mikrobioloģiskie rādītāji, kā arī veikts augļu sensorais novērtējums;
- Latvijas Lauksaimniecības universitātes Pārtikas tehnoloģijas katedras Mikrobioloģijas zinātniskajā laboratorijā noteikta ābolu mikroflora;
- Rīgas Tehniskās universitātes Vispārīgās ķīmijas tehnoloģijas institūtā pētīta ābolu paraugu mikrostruktūra;
- Latvijas Augu aizsardzības pētniecības centrā veikta augļu puves ierosinātāju identificēšana.

Pētījumā izmantotie materiāli

Uzglabāšanas pētījumos izmantotas Latvijas Valsts augļkopības institūtā audzēto ābeļu šķirņu: ‘Auksis’, ‘Antej’, ‘Orļik’, ‘Gita’, ‘Belorusskoje Maļinovoje’, ‘Sinap Orlovskij’ un ‘Zarja Alatau’ augļi, kas ievākti 2012. un 2013. gada septembrī un oktobrī divās vākšanas reizēs ar 4–6 dienu starplaiku, kā pēc ilggadējiem pētījumiem iesaka Latvijas zinātnieki (Drudze, 2003, 2005).

Pētījuma struktūra

Āboli tūlīt pēc augļu novākšanas 24 stundu laikā noliktavā tiek atdzesēti līdz $+4 \pm 0,5$ °C temperatūrai. Turpmāk uzglabā un analizē šķirņu ‘Auksis’, ‘Antej’, ‘Orļik’, ‘Gita’, ‘Belorusskoje Maļinovoje’, ‘Sinap Orlovskij’ un ‘Zarja Alatau’ ābolus.

Pētījumā pārbaudītas divas ābolu uzglabāšanas tehnoloģijas:

- atdzesētu ābolu glabāšana tradicionālos apstākļos noliktavā atmosfēras gaisā $+2 \pm 1$ °C temperatūrā ar relatīvo mitrumu 85%:
 - bez apstrādes – kontrole;
 - kombinācijā ar preparāta 1-MCP apstrādi;
- glabāšana ULO kamerās (Fruit Control Equipments, Itālija), kurās izvēlēti divi atšķirīgi aizsarggāzu režīmi:
 - ULO-1 – O₂ 1,00%, CO₂ 2,00%;
 - ULO-2 – O₂ 1,50%, CO₂ 2,50%.

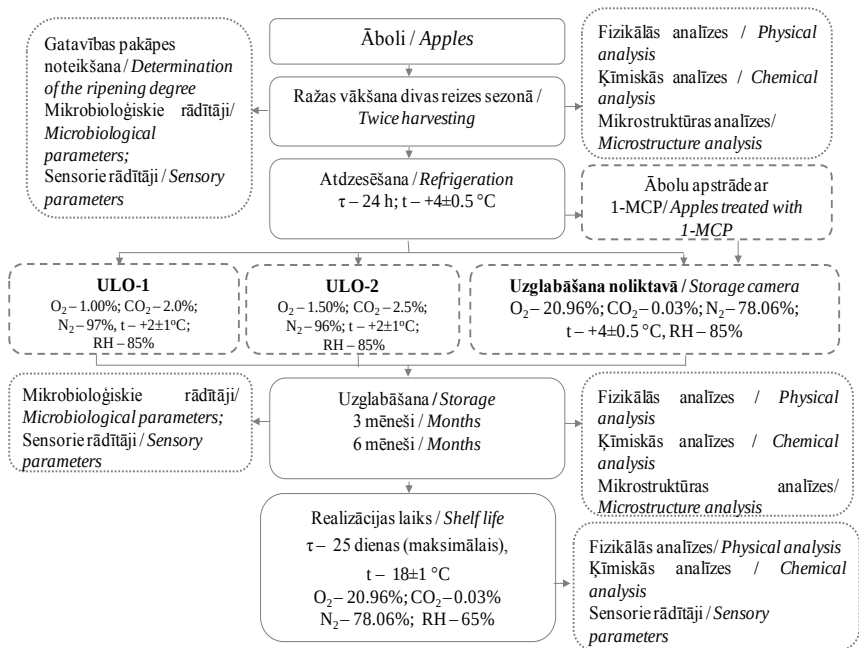
Zinātnieki (Weber et al., 2011) atzīst, ka gāzu sastāvam ULO kamerās ir būtiska nozīme, jo tas ietekmē ābolu kvalitāti, tādēļ ir ļoti svarīgi noteikt optimālo gāzu maisījuma sastāvu, uzglabājot konkrētu šķirņu ābolus. Katrā ULO kamerā ievietoti ~ 100 kg augļu, katrs paraugs uzglabāts atsevišķā PP

kastē. Pētījumā izmantotas kontrolētas četras aizsarggāzu kameras divas – ULO-1 un divas ULO-2 – kurās rudens šķirņu ‘Auksis’, ‘Orļik’, ‘Gita’ āboli un ziemas šķirņu ‘Antej’, ‘Belorusskoje Maļinovoje’, ‘Sinap Orlovskij’ un ‘Zarja Alatau’ augļi uzglabāti atsevišķi. Katrā kamerā atsevišķi astoņas kastēs ievietoti rudens un ziemas šķirnes augļi. Pēc novākšanas nekavējoties no katras šķirnes atlasa 10 augļus, kuriem noteikti šādi parametri:

- parauga kopējā masa (~ 6 kg);
- gatavības pakāpe:
 - joda-cietes tests, kas raksturo augļu gatavības pakāpi;
 - Streifa gatavības indekss;
 - De Jegera indekss;
 - Fars indekss.

Gan pēc novākšanas, gan glabāšanas laikā (pēc trīs un sešiem mēnešiem) noteikti šādi parametri:

- mikrobioloģiskie rādītāji:
 - raugu, pelējumu un baktēriju kopskaits, kā arī *Pseudomonas* klātbūtne uz ābolu virsmas;
 - pētīta augļu mikroflora pēc morfoloģiskajām pazīmēm un bioķīmiskās testsistēmas API;
 - katrai šķirnei glabāšanas laikā konstatēts bojāto ābolu daudzums un analizēti puves ierosinātāji (pēc morfoloģiskajām pazīmēm un sekvences);
 - fizikālie parametri: masas zudumi, augļu cietība, šķīstošās sausas satur;
 - ķīmiskie rādītāji: kopējo skābju saturs, kopējo fenolu saturs, pektīnvielu un C vitamīna saturs;
 - mikrostruktūras analīze – augļa mīkstuma šūnu izmērs katras glabāšanai izvēlētās šķirnes āboliem;
 - sensorie rādītāji – patikšanas pakāpe un sensoro īpašību intensitāte.
- Pētījuma kopējā struktūra parādīta 1. attēlā.



**1. att. Pētījuma struktūra/
Fig. 1. Structure of the research**

Ekspimenta laikā analizēti katras pētītās un dažādos apstākļos uzglabātās šķirnes divi identiski paraugi, katra parauga visas analīzes veiktas piecos atkārtojumos.

Pētījumā izmantoto analīžu metožu raksturojums

Promocijas darbā ābolu paraugu izpētē izmantotās fizikālo, ķīmisko un sensoro parametru noteikšanas metodes un standarti apkopoti 1. tabulā.

**Ābolu fizikālo, ķīmisko, sensoro rādītāju noteikšanas metodes un standarti/
Methods and standards for determination of physico-chemical parameters in apples**

Nr./ No	Rādītāji/ Indices	Metodes un standarti/ Methods and Standards
1.	Joda - cietes tests/ <i>Starch iodine test</i>	Brookfield et al., 1997
2.	Streifa gatavības indekss/ <i>Streif ripening index</i>	Streif, 1996
3.	De Jagera indekss/ <i>De Jager index</i>	De Jager et al., 1996
4.	Fars indekss/ <i>Fars index</i>	Alegre et al., 2006
5.	Augļu masas samazinājums/ <i>Fruit weight loss</i>	Svara metode, elektroniskie svāri (± 0.001 g)
6.	Ābolu cietība/ <i>Apple firmness</i>	Kvikliene et al., 2008
7.	Šķīstošās sausas saturas, °Brix/ <i>Soluble solids content, °Brix</i>	LVS EN 12143:2001
8.	Kopējo skābju saturs, %/ <i>Total acids content, %</i>	LVS EN 12147:2001
9.	C vitamīna saturs/ <i>Vitamin C content</i>	LVS EN 14130:2003
10.	Kopējo fenolu saturs, mg GAE 100 g ⁻¹ / <i>Total phenol content, mg GAE 100 g⁻¹</i>	Spektrofotometriskā metode/ <i>Spectrophotometric method</i> , (Singleton et al., 1999)
11.	Pektīnu saturs/ <i>Pectin content</i>	Fotometriskā metode (Matissek et al., 2009)
12.	Ābolu šūnu izmēri / <i>Apple cell size</i>	Zambrano-Zaragoza et al., 2014
13.	Sensorās analīzes – Līniskā un piecu punktu hēdoniskā skala/ <i>Sensory analysis – Line scale and five point hedonic scale</i>	ISO 4121:2003 Sensory analysis – <i>Guidelines for the use of quantitative response scales</i>

Ābolu virsmas mikrobioloģiskā vērtēšana

Ābolu virsmas mikroflora noteikta atbilstoši LVS ISO 18593:2007 standartam "Pārtikas un dzīvnieku barības mikrobioloģija. Horizontālās metodes paraugu ņemšanas paņēmieniem no virsmām, izmantojot kontaktplates un tamponus". Mikrobioloģiskās analīzes veiktas atbilstoši standartmetodēm:

- Mezofili aerobo un fakultatīvi anaerobo mikroorganismu (MAFAM) noteikšanā lietots standarts LVS EN ISO 4833-2:2014 „Pārtikas ķēdes mikrobioloģija. Mikroorganismu skaitīšanas horizontālā metode. 2. daļa: Koloniju skaitīšana izmantojot virsmas noklāšanas metodi 30 °C temperatūrā” un izmantojot „Scharlau” firmas selektīvo barotni „Nutrient agar” (Ref. 064–TA2144).
 - Raugi un pelējumi noteikti, lietojot standartu LVS ISO 21527-1:2008 „Pārtikas un dzīvnieku barības mikrobioloģija. Horizontālā metode rauga sēnīšu un pelējumsēnīšu skaitīšanai. 1.daļa: Koloniju skaitīšanas metode produktiem ar ūdens aktivitāti virs 0,95” un izmantojot „Scharlau” firmas selektīvo barotni „Malt Extract Agar”, (Ref. 01–573).
 - *Pseudomonas* spp. noteikšanā lietots standarts LVS EN ISO 16266:2008 „Ūdens kvalitāte. *Pseudomonas aeruginosa* noteikšana un uzskaitē.” Membrānfiltrēšanas metode, izmantojot „Sifin” firmas selektīvo barotni „Sojapepton - Caseinpepton agar” (Ref. TN 1185).
- Raugu identificēšana noteikta ar bioķīmiskās testsistēmas API stripiem – raugiem ar API 20 C AUX un ID32 C, bet baktērijām ar API 50 CHB.

Ābolu bojāšanās izraisītāju – mikroskopisko sēņu – noteikšana

Ābolu bojājumu noteikšana veikta, izmantojot mitrās kameras metodi. Bojātos ābolus katru atsevišķi ievieto plastmasas kārbīnā ar vāku. Kārbīņas pamatnē zem ābola novietota destilētā ūdenī samitrināta filtrpapīra salvēte. Paraugus uzglabā 14 dienas +25 °C temperatūrā mainīgā diennakts gaismas un tumsas režīmā. Attīstoties tipiskajai mikroskopisko sēņu sporulācijai uz bojātajām ābolu vietām, no mikroskopiskajām sēnēm izdalīta tīrkultūra, kas turpmāk izmantota molekulāro analīžu veikšanai. Tīrkultūrai izdalīts rDNS (ribosomālā dezoksiribonukleīnskābe), lai noteiktu taksonomisko piederību, analizēts ITS reģions (*internal transcribed space*), izmantojot PĶR (polimerāzes ķēdes reakcija) reakcijām universālo praimeru ITS 1F un ITS4 kombināciju (standarts askusēnēm), un sekvenčēšanas gaitā iegūtās sekvences salīdzinātas ar datubāzi NCBI GeneBank (Volkova et al., 2013).

Datu matemātiskā apstrāde

Iegūto datu apstrāde veikta ar matemātiskās statistikas metodēm, kur iegūtajiem rezultātiem aprēķināta vidējā aritmētiskā vērtība, standartnovirze un standartklūda Microsoft Excel 7,0 programmā. Lai noteiktu būtiskumu, rezultāti analizēti ar SPSS 20.0, izmantojot divu faktoru dispersijas analīzi (ANOVA), LSD testu un Tjūkija testu. Izvērtējot faktoru ietekmi, noteikta p-vērtība, kura novērtēta kā būtiska, ja $p\text{-vērtība} < \alpha_{0,05}$. Sensoro datu apstrāde veikta ar matemātiskās statistikas metodi PanelCheck (Setup_PanelCheck_V1.4.0).

PĒTĪJUMA REZULTĀTI UN DISKUSIJA

1. Ābolu fizikālo un ķīmisko rādītāju izvērtējums

Gatavības pakāpe nosaka ābolu vākšanas laiku un ķīmisko sastāvu. Neatbilstošs vākšanas laiks būtiski ietekmē augļu uzglabāšanas ilgumu un kvalitāti. Negatīvi āboli uzglabāšanas laikā intensīvi elpo, un tas izraisa būtiskus mitruma zudumus jeb nožuvumu, bet pārāk gataviem augļiem nav atbilstošas kvalitātes un ir zema uzturvērtība, turklāt tie ir jutīgi pret zemu temperatūru (+2 °C), tādēļ ābolu uzglabāšanas ilgums ir īss. Tāpēc pētījumā izvēlēti divi ābolu vākšanas laiki, lai konstatētu pēc iespējas precīzāku katras šķirnes augļu vākšanas laiku.

Pētījumā rudens un agras ziemas šķirņu āboli novākti divās vākšanas reizēs ar 4–6 dienu starplaiku. 2012. gadā šo šķirņu ābolu vākšanas laiks bija 3–4 dienas agrāk nekā 2013. gadā (2. tabula). Turpretī ziemas šķirņu ābolu grupā vairumā gadījumu 2013. gadā augļi vākti 12–14 dienas agrāk nekā 2012. gadā. Vienīgi šķirņu ‘Sinap Orlovskij’ un ‘Zarja Alatau’ ābolu vākšanas atšķirība otrajā reizē attiecīgi bijusi tikai 4–7 dienas. Starplaiks starp vākšanas reizēm šo šķirņu ābolu grupā bija 5–7 dienas.

Latvijā zinātniece Drudze savos pētījumos ir definējusi un ieteikusi vākšanas parametrus noliktavā uzglabājamiem āboliem (joda-cietes tests, Streifa indekss) (Drudze, 2003; Drudze, 2005). Arī citi Latvijā veiktie pētījumi liecina, ka ābolu vākšanas laiks atkarīgs no šķirnes, bet par optimālu joda-cietes testa vērtību uzskata 5–7 punktus (Riekstiņa-Dolģe, 2014; Krasnova, 2014).

**Ābolu gatavības pakāpes rādītāji vākšanas laikā/
Apple maturity stage characterizing parameters aimed to determin the
optimal harvesting time**

Šķirne/ Cultivar	Vākšanas reize/ Harvesting time	Novākšanas datums/ Harvesting date		Joda - cietes tests (1-10)/ Iodine - starch test		Streifa indekss/ Streif index	
Rudens šķirne/ Autumn cultivar		2012	2013	2012	2013	2012	2013
‘Auksis’	1	06/09	10/09	5.0	3.5	0.16	0.16
	2	11/09	14/09	5.5	6.5	0.10	0.07
‘Orlik’	1	06/09	10/09	4.0	3.5	0.19	0.15
	2	11/09	14/09	4.5	6.2	0.09	0.08
‘Gita’	1	06/09	10/09	5.0	6.3	0.11	0.08
	2	11/09	14/09	5.4	6.4	0.12	0.07
Ziemas šķirne/ Winter cultivar							
‘Antej’	1	28/09	14/09	4.5	6.1	0.12	0.11
	2	03/10	21/09	5.0	7.0	0.10	0.07
‘Beloruskoje Maļņovoje’	1	28/09	14/09	5.0	3.7	0.18	0.18
	2	03/10	21/09	5.0	5.9	0.13	0.10
‘Sinap Orlovskij’	1	28/09	21/09	4.0	4.0	0.19	0.19
	2	03/10	26/09	4.8	4.3	0.15	0.17
‘Zarja Alatau’	1	10/10	26/09	4.5	4.3	0.12	0.14
	2	16/10	02/10	6.7	6.6	0.07	0.08

Izvērtējot pētījumā iegūtos datus, konstatēts, ka abos vākšanas gados šķirnes ‘Auksis’ āboliem Streifa indeksa rezultāti atbilda optimālajai vērtībai (0,16–0,10), izņemot 2013. gada otrās vākšanas reizes rezultātu (0,07). Šķirnes ‘Orlik’ āboliem abos gados Streifa indekss bija tuvāks optimālam pirmajā vākšanas reizē (0,19–0,15). Šķirnes ‘Gita’ āboliem iepriekš pētījumi nav veikti, šajā pētījumā Streifa indeksa rezultāti svārstījās no 0,12 līdz 0,07. Ziemas šķirnes ‘Antej’ ābolu gatavība atbilst Streifa indeksa optimālajai vērtībai 0,12–0,10. Novērots, ka šķirnes ‘Beloruskoje Maļņovoje’ āboliem Streifa indeksa optimālo parametra lielumu augļi sasnieguši 2013. gadā, otrajā vākšanas reizē (0,10). Šķirnes ‘Sinap Orlovskij’ ābolu Streifa indeksa vērtības rāda, ka abos gados tuvāka optimuma bijusi pirmā vākšanas reize (0,19). Šķirnes ‘Zarja

Alatau' āboliem konstatētas nebūtiskas ($p>0,05$) atšķirības Streifa indeksa vērtībā abos gados visos vākšanas laikos, tomēr Streifa indekss tuvāks optimālajai vērtībai bija otrajā vākšanas reizē (0,08–0,07). Uzglabāšanai noliktavā gan ar 1-MCP apstrādi, gan bez tās rudens šķirņu āboliem rekomendējamā Streifa indeksa vērtība ir 0,07–0,12, uzglabāšanai ULO kamerās 0,08–0,19. Savukārt ziemas šķirņu ābolu uzglabāšanai noliktavā gan ar 1-MCP apstrādi, gan bez tās ieteicamā Streifa indeksa vērtība var būt 0,07–0,17, bet uzglabāšanai ULO kamerās 0,10–0,19.

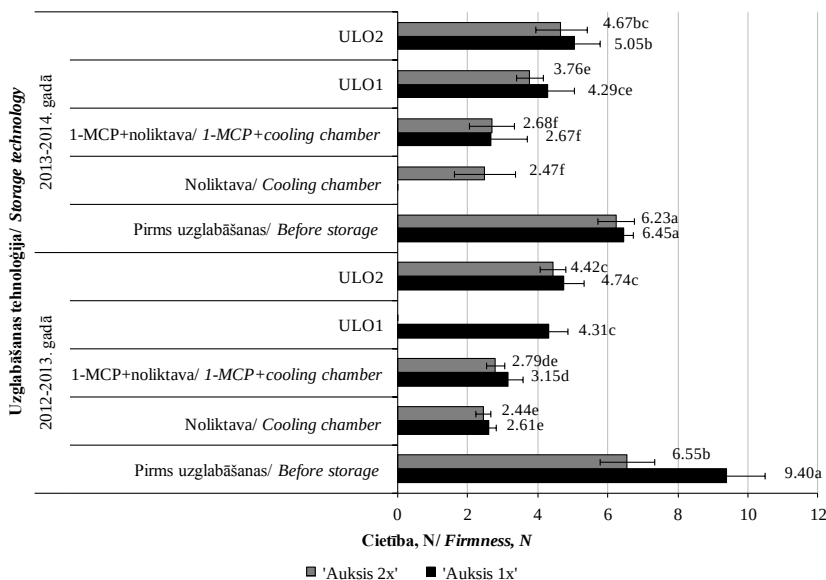
Ābolu audu cietības izmaiņas uzglabāšanas laikā

Pēc Centrālajā statistikas pārvaldē (CSP) pieejamiem datiem redzams, ka visvairāk audzētā ābeļu šķirne Latvijā ir 'Auksis'. Statistiskie dati liecina, ka šīs šķirnes ābeļu stādījumi ir divas reizes lielāki nekā šķirnei 'Antej' un pat četras reizes lielāki nekā šķirnei 'Sinap Orlovskij'¹. Tādēļ tika nolemts turpmākajā pētījumā detalizēti atspoguļot tikai tos datus, kas iegūti, analizējot šķirnes 'Auksis' ābolus.

Ābolu cietība ir atkarīga no gatavības pakāpes, audzēšanas vietas, laika apstākļiem un šķirnes. Tā pazeminās, augļiem nogatavojoties, tāpēc visām ābolu šķirnēm augstāka cietība novērota pirms uzglabāšanas. Pēc literatūrā pieejamiem zinātnieku pētījumiem var secināt, ka uzglabāšanas tehnoloģija būtiski ietekmē ābolu cietību (Köpcke, 2015).

2012. gadā pirmajā vākšanas reizē šķirnes 'Auksis' ābolu cietība pirms uzglabāšanas bija $9,40\pm 1,92$ N, bet otrajā vākšanas reizē, kad Streifa indekss liecināja, ka āboli sasnieguši optimālo vākšanas gatavību – $6,55\pm 0,78$ N. Pēc 6 mēnešu uzglabāšanas tradicionālos apstākļos $+2$ °C temperatūrā cietība ir samazinājusies līdz $2,61\pm 0,19$ N (pirmā vākšanas reize) un līdz $2,44\pm 0,21$ N (otrā vākšanas reize). Augļiem, kas tika apstrādāti ar 1-MCP, cietība mainījās mazāk – $3,15\pm 0,92$ (pirmā vākšanas reize) un līdz $2,79\pm 0,56$ (otrā vākšanas reize). Līdzīgi rezultāti iegūti, uzglabājot arī 2013. gada ražas augļus.

¹ Pieejams: <http://www.csb.gov.lv/notikumi/24-tukstosos-hektaru-abeldarzu-aug-vairak-neka-13-miljoni-abelu-36541.html> (skatīts 27.04.2015)



2. att. Šķirnes ‘Auksis’ ābolu cietības izmaiņas pēc sešu mēnešu uzglabāšanas/
Fig. 2. Changes in firmness of apple cultivar ‘Auksis’ after six months of storage

‘Auksis 1x’ – pirmā vākšanas reize; ‘Auksis 2x’ – otrā vākšanas reize
‘Auksis 1x’ – first harvesting time; ‘Auksis 2x’ – second harvesting time
Vērtības, kas atzīmētas ar vienu un to pašu burtu, būtiski neatšķiras ($p > 0,05$)/
Values, marked with the same letter, are not significantly different ($p > 0.05$)

Ābolu cietība pēc 6 mēnešu uzglabāšanas ULO1 kamerā bija $4,31 \pm 0,55$ N (pirmā vākšanas reize). Lai arī otrajā vākšanas reizē augļu gatavība bija optimāla, kamerā ar šādu gāzes sastāvu (CO_2 2,0%; O_2 1,0%), visi augļi bija fizioloģiska rakstura slimību bojāti, tāpēc dati par to cietību netika iegūti.

ULO2 kamerā, (CO_2 2,5%; O_2 1,5%), augļu cietība bija saglabājusies nedaudz labāk – $4,74 \pm 0,5$ N (pirmā vākšanas reize) un $4,42 \pm 0,38$ N (otrā vākšanas reize). Arī Lietuvas zinātnieki konstatējuši (Viškelis et al., 2011), ka šķirnes ‘Auksis’ ābolu cietība, astoņus mēnešus uzglabājot tos aizsarggāzu vidē ar paaugstinātu ogļskābās gāzes saturu, samazinās mazāk nekā kontroles āboliem.

Vērtējot cietības izmaiņas ābolos, kas uzglabāti dažādos tehnoloģiskajos režīmos, abos pētījuma gados visvairāk cietība samazinājusies

kontroles paraugos ($p<0,01$) (vidēji divas reizes), salīdzinot ar augļiem, kas uzglabāti ULO kamerās ar dažādu gāzu sastāvu (ULO1 par 69,97% un ULO2 par 62,09%).

Rudens šķirņu ābolu cietība, uzglabājot noliktavā (kontrolē), vidēji samazinājās par 64,66%, savukārt, apstrādājot ar 1-MCP cietības izmaiņas bija mazākas – par 59,10%, bet, glabājot ULO1 un ULO2 kamerās, cietība izmainījās būtiski mazāk – attiecīgi par 46,44% un 41,59%. Ziemas šķirņu kontroles paraugu cietība samazinājās par 62,30%, apstrāde ar 1-MCP to izmainīja mazāk – par 59,49%, bet ULO1 un ULO2 kamerās ābolu cietības izmaiņas bija vismazākās, attiecīgi par 40,69% un 39,10%.

Ābolu mikrostrukturāras izmaiņas uzglabāšanas laikā

Ābolu šūnu lielumu vidējās izmaiņas parādītas 3. tabulā. Redzams, ka tradicionālos apstākļos noliktavā (kontrolē) uzglabātiem augļiem šūnu izmēri samazinās visvairāk – par 18,31%, savukārt ar 1-MCP apstrādāto ābolu šūnu izmēri izmainījušies mazāk nekā kontroles paraugam – par 15,47%. ULO1 un ULO2 kamerās glabāto augļu šūnu izmēri samazinājās ievērojami mazāk – attiecīgi par 3,39% un 4,43%. Viens no iespējamajiem skaidrojumiem varētu būt palēninātais vielmaiņas process, ko nodrošina apstrāde ar 1-MCP, kā arī uzglabāšana ULO kamerās ar pazeminātu skābekļa saturu aizsargāzu maisījumā.

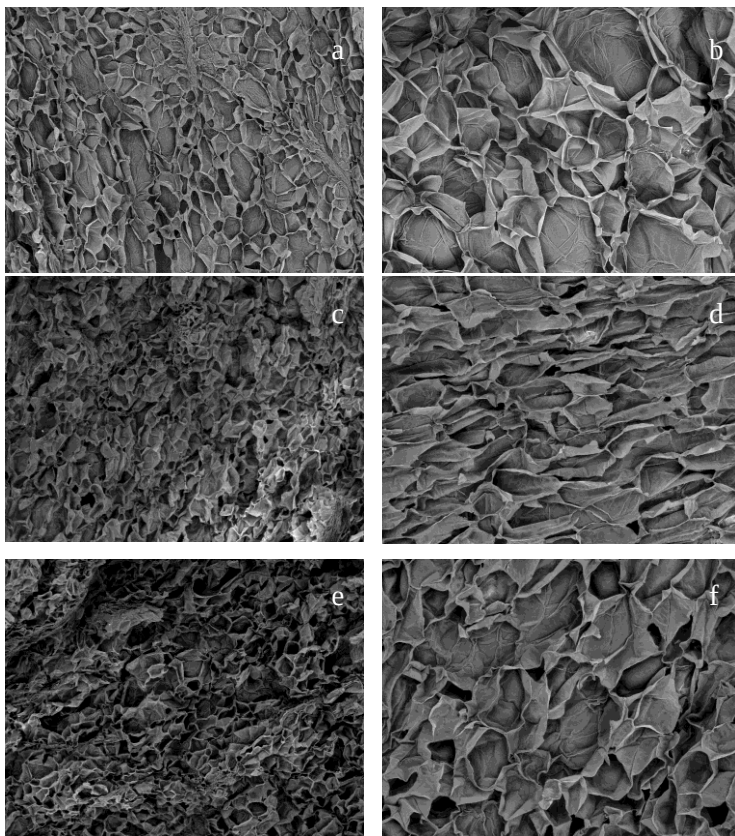
3. tabula/ Table 3.

Ābolu šūnu izmēra samazināšanās pēc sešu mēnešu uzglabāšanas (%)/ Reduction the size of cells in apples after six months of storage (%)

Uzglabāšanas tehnoloģija/ Storage technology	Rudens šķirne/ Autumn cultivar			Ziemas šķirne/ Winter cultivar			
	'Auksis'	'Orlik'	'Gita'	'Antej'	'Belusskoje Malinovoje'	'Sinap Orlovskij'	'Zarja Alatau'
Noliktava/ Cooling chamber	22.16 ^{*b}	33.06 ^a	15.98 ^c	8.75 ^d	24.00 ^b	15.74 ^c	8.51 ^d
1-MCP+ noliktava/ 1-MCP+cooling chamber	13.14 ^c	32.39 ^a	8.08 ^d	7.54 ^d	27.04 ^b	16.59 ^c	3.56 ^f
ULO1	2.84 ^g	4.19 ^f	5.67 ^e	5.51 ^e	4.21 ^f	0.72 ⁱ	0.65 ⁱ
ULO2	6.96 ^d	3.88 ^f	3.22 ^f	6.78 ^{de}	6.14 ^{de}	2.36 ^{gh}	1.73 ^h

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

Pirms uzglabāšanas ābolu šūnas izskatījās vairāk piebriedušas (3. att. a un b), taču pēc uzglabāšanas noliktavā (kontrolē) tās bija kļuvušas smalkākas (3.att. c) un nedaudz iegarenas (3. att. d). Arī augļu apstrāde ar 1-MCP samazināja to šūnu izmērus (3. att. e), kamēr šķirnes ‘Orlik’ augļu šūnas ar lielāko izmēru (3. att. f) uzglabāšanas laikā nemainījās.



3. att. Ābolu šūnu izmērs (2000x palielinājums)/

Fig. 3. The size of cells in apple (magnification 2000X)

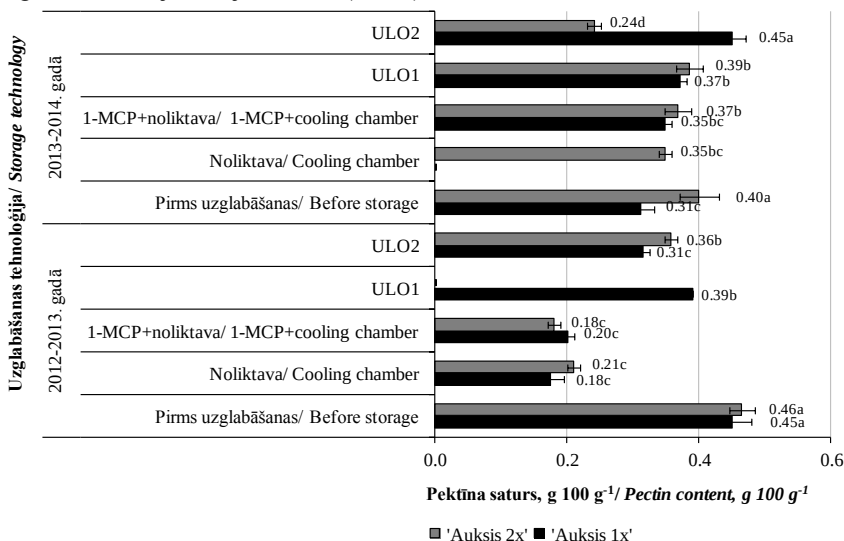
a – šķirnes āboli ar mazo šūnu izmēru ‘Belorusskoje Malinovoje’, b – šķirnes āboli ar lielo šūnu izmēru ‘Orlik’ (a, b, pirms uzglabāšanas); c – šķirnes āboli ar mazo šūnu izmēru ‘Belorusskoje Malinovoje’, d – šķirnes āboli ar lielo šūnu izmēru ‘Zarja Alatau’ (c, d – noliktava); e – šķirnes āboli ar mazo šūnu izmēru ‘Belorusskoje Malinovoje’, f – šķirnes āboli ar lielo šūnu izmēru ‘Orlik’ (e, f – 1-MCP+noliktava)

Dažādos apstākļos sešus mēnešus glabātu ābolu šūnu izmēri izmainījās atšķirīgi: rudens šķirņu ābolos, kas tika glabāti noliktavā (kontrolē), vidējais šūnu samazinājums bija par 23,73%, savukārt, apstrādājot ar 1-MCP – tikai par 18,31%, bet, glabājot ULO1 un ULO2 kamerās, attiecīgi par 4,23% un 3,55%; ziemas šķirņu kontroles paraugu ābolu šūnu izmēri samazinājās mazāk – par 14,25%, apstrāde ar 1-MCP šūnu izmērus izmainīja par 13,68%, bet ULO1 un ULO2 kamerās glabāto ābolu šūnas izmainījās būtiski mazāk – rudens šķirņu ābolos attiecīgi par 4,23% un 3,55%, ziemas – par 2,77% un 4,25%.

Pektīna satura izmaiņas ābolos

Ābolos esošais protopektīns nogatavošanās laikā pārveidojas par pektīnu, kas ietekmē augļu kvalitāti.

Pektīna saturs 2012. gada ražas augļos abās vākšanas reizēs pirms uzglabāšanas bija vidēji vienāds (4. att.).



4. att. Pektīna satura izmaiņas šķirnes 'Auksis' ābolos pēc sešu mēnešu uzglabāšanas/

Fig. 4. Changes of pectin content in cultivar 'Auksis' apples during six months of storage

'Auksis 1x' – pirmā vākšanas reize; 'Auksis 2x' – otrā vākšanas reize
 'Auksis 1x' – first harvesting time; 'Auksis 2x' – second harvesting time
 Vērtības, kas atzīmētas ar vienu un to pašu burtu, būtiski neatšķiras ($p > 0,05$)/
 Values, marked with the same letter, are not significantly different ($p > 0.05$).

Pēc sešu mēnešu glabāšanas gan kontroles paraugā, gan ar 1-MCP apstrādātajos augļos pektīna saturs būtiski samazinājās – vidēji par 60%. Līdzīga tendence tika novērota arī pārējām analizētajām ābolu šķirnēm. Būtiska atšķirība ($p<0,05$) starp kontroli un apstrādi ar 1-MCP netika konstatēta. Pektīna satura izmaiņas uzglabāšanas laikā ULO kamerās kontrolētā aizsarggāzu vidē bija mazākas, bet savstarpēji būtiski ($p<0,05$) atšķirīgas.

Statistiski salīdzinot pektīna satura izmaiņu datus starp uzglabāšanu noliktavā un ULO2 kamerā tika konstatētas būtiskas ($p<0,05$) atšķirības.

Pektīna saturs noliktavā glabātajos rudens un ziemas šķirņu ābolos samazinās par 12,68% un attiecīgi par 23,48%. Ar 1-MCP apstrādātajos rudens šķirnes ābolos palielinās par 20,76%, bet ziemas šķirnes ābolos samazinās par 10,61%. ULO1 un ULO2 rudens šķirnes ābolos palielinās par 55,96% un attiecīgi par 48,83%, bet ziemas šķirnes ābolos par 13,23% un attiecīgi par 18,92%.

Šķīstošās sausas satura izmaiņas ābolos

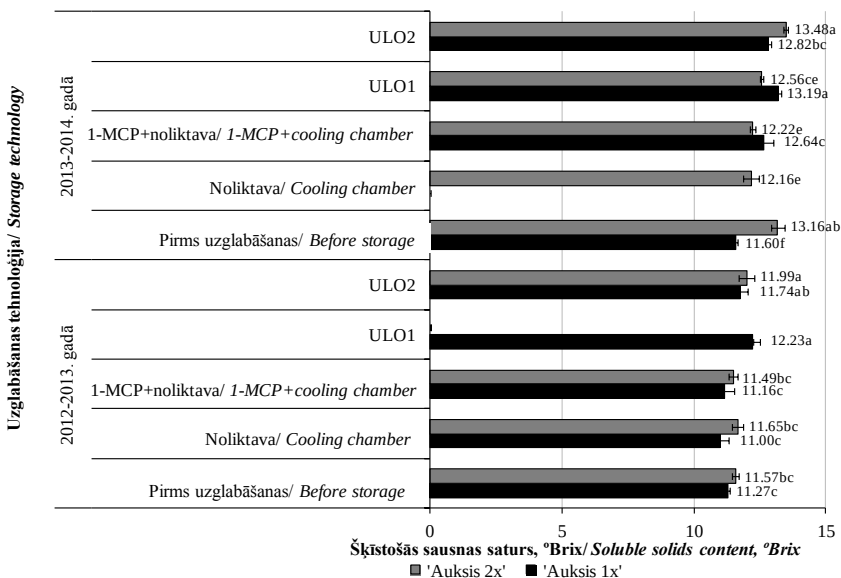
Šķīstošās sausas satura šķirnes ‘Auksis’ augļos (5. att.) 2012. gadā pirms uzglabāšanas abos vākšanas laikos bija gandrīz vienāds. Arī pēc sešu mēnešu uzglabāšanas visos uzglabāšanas režīmos izmaiņas bija minimālas.

Analizējot datus statistiski, novērots, ka nepastāv būtiska ($p=0,05$) atšķirība starp sākotnējo šķīstošās sausas saturu (5. att.) pirms uzglabāšanas un pēc sešu mēnešu uzglabāšanas gan noliktavā bez apstrādes (kontroles paraugs), gan apstrādājot ar 1-MCP.

Šķirnes ‘Auksis’ ābolos (pirmā un otrā vākšanas reize) šķīstošās sausas satura uzglabāšanas laikā ULO1 un ULO2 kamerās, būtiski ($p<0,01$) paaugstinājās. Tā, piemēram, šķīstošās sausas satura ULO1 kamerā glabātajos augļos bija $12,23\pm0,27$ °Brix (pirmā vākšanas reize). ULO2 kamerā šķīstošās sausas satura palielinājies līdz $11,74\pm0,29$ °Brix (pirmā vākšanas reize) un līdz $11,99\pm0,28$ °Brix (otrá vākšanas reize).

Pētījuma rezultāti rāda, ka uzglabāšanas laikā šķīstošās sausas satura palielinājies gan ar 1-MCP apstrādātos ābolos, kas glabāti noliktavā, gan ābolos, kas glabāti ULO kamerās atšķirīgā aizsarggāzu sastāvā. Kontroles paraugā šķīstošās sausas satura nedaudz samazinājies. Un tas liecina par augļu pārgatavošanos.

Šķīstošās sausas satura pēc sešu mēnešu uzglabāšanas rudens un ziemas šķirņu ābolu kontroles paraugos izmainījās atšķirīgi: rudens šķirņu ābolos samazinājās par 5,03%, turpretim ziemas – palielinājās par 2,27%. Ābolu apstrāde ar 1-MCP šķīstošās sausas saturu palielināja: rudens šķirņu ābolos par 0,53%, bet ziemas šķirņu ābolos būtiski vairāk – par 6,04%. Savukārt ULO1 un ULO2 kamerās glabātajos ābolos šķīstošās sausas satura palielinājās attiecīgi par 9,71% un 5,27% rudens, bet par 15,33% un 10,56% ziemas šķirņu ābolos.



5. att. Šķīstošās sausas saturas izmaiņas šķirnes ‘Auksis’ ābolos pēc sešu mēnešu uzglabāšanas/

Fig. 5. Changes in soluble solids content of apple cultivar ‘Auksis’ after six months of storage

‘Auksis 1x’ – pirmā vākšanas reize; ‘Auksis 2x’ – otrā vākšanas reize

‘Auksis 1x’ – first harvesting time; ‘Auksis 2x’ – second harvesting time

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

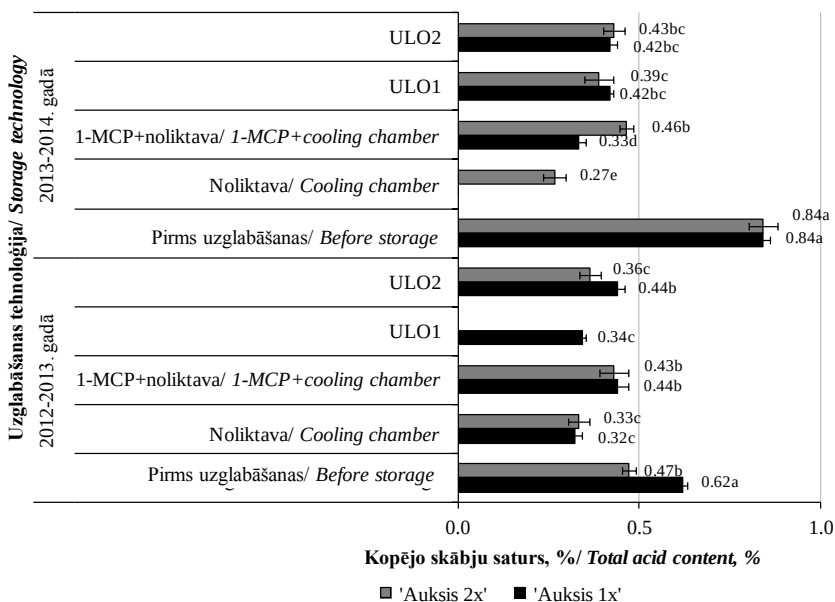
Kopējo skābju satura izmaiņu raksturojums ābolos

Galvenās ābolos esošās skābes ir āboliskābe, citronskābe un vīnskābe, un to saturs ir atkarīgs no šķirnes un augļu gatavības pakāpes. Nogatavošanās laikā āboli zaudē organiskās skābes, galvenokārt, āboliskābi, un tiem mainās skābuma intensitāte. Kopējo skābju samazinājums skaidrojams ar endogēno enzīmu aktivitāti, piemēram, malātdehidrogenāzes (EC 1.1.1.37) enzīmu iedarbības rezultātā (Krebsa cikls) āboliskābe (L-malāts) pārveidojas par oksālacetātu, kam ir vājāka skābuma intensitāte.

Kopējo skābju saturs ābolos (‘Auksis’) pirmajā vākšanas reizē (pirms uzglabāšanas) bija $0,62\pm 0,01\%$, bet otrajā – $0,47\pm 0,04\%$. Pēc sešu mēnešu glabāšanas noliktavā kopējais skābju saturs kontroles paraugā samazinājās gandrīz divas reizes ($p<0,01$) (6. att.). Kopējo skābju saturs pēc uzglabāšanas noliktavā ar 1-MCP apstrādātajos ābolos kā pirmajā, tā otrajā vākšanas reizē

samazinājās būtiski mazāk nekā kontroles paraugā. ULO1 un ULO2 kamerās glabātajos ābolos kopējo skābju satura samazinājums bija līdzīgs kā ar 1-MCP apstrādātajos.

Zinātnieki savos pētījumos novērojuši līdzīgu tendenci – ābolu kopējais skābju saturs uzglabāšanas laikā būtiski samazinās, jo elpošanas dēļ paātrinās augļu metabolisms (Rivera, 2005; Gharif et al., 2009; Jan et al., 2012).



6. att. Kopējo skābju satura izmaiņas šķirnes ‘Auksis’ ābolos pēc sešu mēnešu uzglabāšanas/

Fig. 6. Changes of total acid content of apple cultivar ‘Auksis’ during six months of storage

‘Auksis 1x’ – pirmā vākšanas reize; ‘Auksis 2x’ – otrā vākšanas reize
‘Auksis 1x’ – first harvesting time; ‘Auksis 2x’ – second harvesting time
Vērtības, kas atzīmētas ar vienu un to pašu burtu, būtiski neatšķiras ($p>0,05$)/
Values, marked with the same letter, are not significantly different ($p>0.05$).

Ābolskābes samazināšanās ir tieši atkarīga no ābolskābes un citronskābes satura, jo pēc fermentācijas kopējais skābju saturs samazinās un pH vērtība paaugstinās par 0,1 līdz 0,3 vienībām. Ābolskābes-pienskābes fermentācijas laikā dikarboksilābolskābe pārveidojas par monokarboksilpienskābi un notiek kvantitatīva skābes satura samazināšanās.

Kā uzskata daži zinātnieki, šos procesus ir grūti izsekot, jo ir zināms, ka pienskābe var veidoties ne tikai ābolskābes metabolisma, bet arī pienskābes fermentācijas dēļ (Dharmadhikari, 2002).

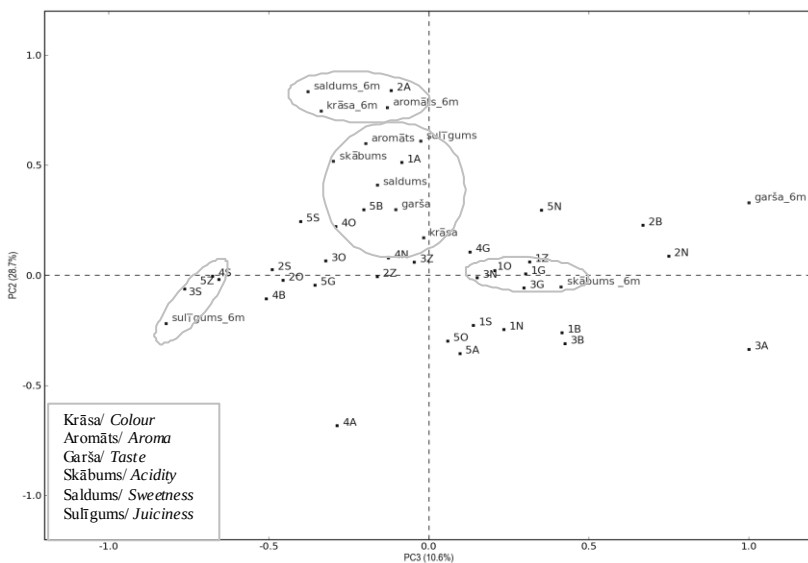
Vērtējot vidējos datus abos ābolu vākšanas gados, redzams, ka kopējais skābju saturs kontroles paraugā samazinājies vidēji par 51,87%, un ar 1-MCP apstrādājos ābolos par 42,57%, bet ULO1 un ULO2 kamerās uzglabātajos ābolos attiecīgi par 39,07% un 31,57%. Lielākais kopējo skābju samazinājums kontroles paraugā skaidrojams ar metabolisko procesu turpinājumu augļos, turpretim ābolu uzglabāšana ULO kamerās pazemināta skābekļa satura aizsarggāzu vidē enzīmu darbību palēnina, tādēļ kopējo skābju satura izmaiņas uzglabāšanas laikā ir mazākas.

Kopējo skābju saturs pēc sešu mēnešu uzglabāšanas rudens un ziemas šķirņu ābolu kontroles paraugos samazinājās atšķirīgi: rudens šķirņu ābolos par 57,11%, bet ziemas – par 50,61%. Ābolu apstrāde ar 1-MCP kopējo skābju saturu izmaiņas būtiski samazināja: rudens šķirņu ābolos par 44,75%, bet ziemas – par 41,14%. ULO1 kamerā glabātajos rudens šķirņu ābolos kopējo skābju saturs samazinājās līdzīgi kā kontroles paraugā – par 50,22%, bet ULO2 kamerā – par 37,22%, savukārt ziemas šķirņu ābolos kopējo skābju samazinājums bija attiecīgi 29,85% un 26,84%.

2. Ābolu sensorās novērtēšanas rezultāti

Sensorās novērtēšanas rezultāti liecina, ka novākšanas laiks būtiski ietekmē ($p < 0,05$) ābolu sensorās īpašības (krāsu, aromātu, garšu, skābumu, saldumu, sulīgumu) un to intensitāti, būtiska ietekme ($p < 0,05$) ir izvēlētajai uzglabāšanas tehnoloģijai. Pēc sešu mēnešu uzglabāšanas vissulīgākie bija šķirnes 'Sinap Orlovskij' āboli, kas apstrādāti ar 1-MCP un glabāti noliktavā, bet šķirnes 'Zarja Alatau' un 'Belorusskoje Malinovoje' augļiem pēc apstrādes ar 1-MCP un uzglabāšanas noliktavā konstatēts izteiktāks sulīgums un skābums (7. att.). Sulīgi bija arī 'Sinap Orlovskij' āboli, kas glabāti ULO1 kamerā pazemināta skābekļa satura vidē, un šķirnes 'Zarja Alatau' āboli, kas glabāti ULO2 kamerā. Savukārt šķirnes 'Antej' un 'Gita' āboliem, kas apstrādāti ar 1-MCP, pēc sešu mēnešu uzglabāšanas novērots izteiktāks skābums. Otrajā pētījuma gadā ar 1-MCP apstrādātajiem šķirnes 'Zarja Alatau' augļiem konstatēta izteikta skāba garša.

Šķirnes 'Auksis' un 'Gita' āboliem pēc sešu mēnešu uzglabāšanas ULO1 un ULO2 kamerās bija būtiski izteikts ($p < 0,05$) sulīgums un skābums, bet šķirnes 'Antej' āboliem izteikts sulīgums konstatēts tikai ULO1 kamerā glabātiem paraugiem.



1A- 'Auksis' pirms uzglabāšanas
 2A- 'Auksis' noliktava
 3A- 'Auksis' 1-MCP+noliktava
 4A- 'Auksis' ULO1
 5A- 'Auksis' ULO2
 10- 'Orlik' pirms uzglabāšanas
 20- 'Orlik' noliktava
 30- 'Orlik' 1-MCP+noliktava
 40- 'Orlik' ULO1
 50- 'Orlik' ULO2
 1G- 'Gita' pirms uzglabāšanas
 2G- 'Gita' noliktava
 3G- 'Gita' 1-MCP+noliktava
 4G- 'Gita' ULO1
 5G- 'Gita' ULO2
 1N- 'Antej' pirms uzglabāšanas
 2N- 'Antej' noliktava
 3N- 'Antej' 1-MCP+noliktava

4N- 'Antej' ULO1
 5N- 'Antej' ULO2
 1B- 'Belorusskoje Malinovoje' pirms uzglabāšanas
 2B- 'Belorusskoje Malinovoje' noliktava
 3B- 'Belorusskoje Malinovoje' 1-MCP+noliktava
 4B- 'Belorusskoje Malinovoje' ULO1
 5B- 'Belorusskoje Malinovoje' ULO2
 1S- 'Sinap Orlovskij' pirms uzglabāšanas
 2S- 'Sinap Orlovskij' noliktava
 3S- 'Sinap Orlovskij' 1-MCP+noliktava
 4S- 'Sinap Orlovskij' ULO1
 5S- 'Sinap Orlovskij' ULO2
 1Z- 'Zarja Alatau' pirms uzglabāšanas
 2Z- 'Zarja Alatau' noliktava
 3Z- 'Zarja Alatau' 1-MCP+noliktava
 4Z- 'Zarja Alatau' ULO1
 5Z- 'Zarja Alatau' ULO2

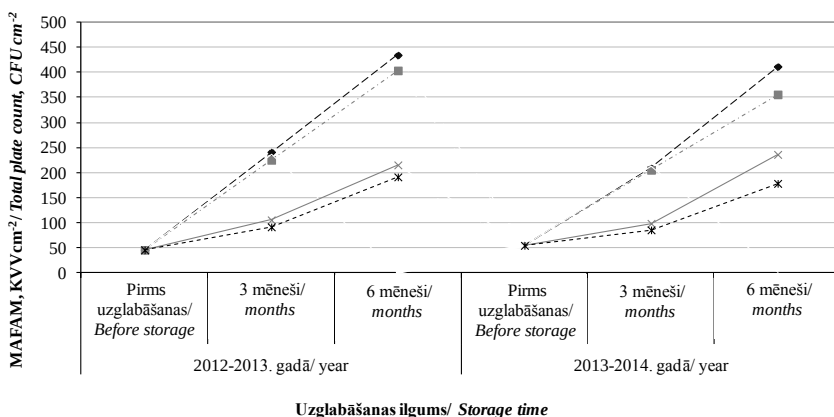
Pirms uzglabāšanas/ Before storage; Noliktava/ Cooling chamber; 1-MCP+noliktava/1-MCP+cooling/
 1-MCP+ cooling chamber

7. att. 2012. un 2013. gadā pirmajā reizē vāktu ābolu sensoro īpašību intensitātes izvērtējums/

Fig. 7. Evaluation of apple sensory attribute's intensity on the first harvesting time at year 2012 and 2013

3. Ābolu virsmas mikrobioloģiskā izvērtēšana

Visintensīvākā baktēriju attīstība norisinājusies uz noliktavā glabāto paraugu virsmas šķirnes 'Auksis' āboliem (8. att). Kopējais baktēriju skaits noliktavā glabātajiem āboliem svārstījās robežās no 379 KVV cm^{-2} līdz 470 KVV cm^{-2} . Būtiskas atšķirības starp apstrādātajiem āboliem (1-MCP) uzglabāšanu noliktavā un kontroles variantu (tikai noliktava) netika atrastas ($p>0,05$), bet tika novērotas atšķirības starp gadiem (8. att.). Pirmajā pētījuma gadā noliktavā glabātajiem āboliem baktēriju kopskaits bija 435 KVV cm^{-2} , bet otrajā gadā 1-MCP+noliktava uzglabātajiem āboliem koloniju veidojošo vienību skaits bija konstants – 356 KVV cm^{-2} , kas ir būtiski atšķirīgi ($p>0,05$) rezultāti. Lielāks baktēriju kopskaits pēc uzglabāšanas noliktavā skaidrojams ar sekundāro ābolu virsmas piesārņošanu no apkārtējās vides, jo noliktavas gaisa piesārņošanās pakāpe bija augstāka nekā citiem uzglabāšanas kamerām (ULO1, ULO2).

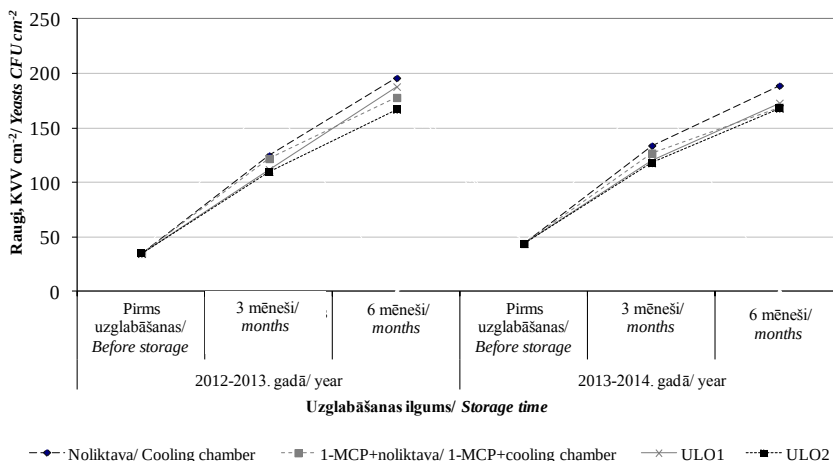


8. att. MAFAM kopskaita dinamika uz šķirnes 'Auksis' ābolu virsmas uzglabāšanas laikā/

Fig. 8. The dynamics of total plate count of bacteria on the cultivar 'Auksis' apple surface during storage

Baktēriju kopskaits uz ULO kamerās glabāto ābolu virsmas uzglabāšanas beigās bija būtiski ($p<0,05$) mazāks (divas reizes), salīdzinot ar noliktavā glabātajiem paraugiem. Tas skaidrojams ar kavētu anaerobo baktēriju attīstību, bet fakultatīvi aerobās baktērijas turpināja attīstīties. Vismazākais baktēriju kopskaits novērots otrajā pētījuma gadā uz ULO2 kamerā glabāto šķirnes 'Sinap Orlovskij' augļu virsmas – 166 KVV cm^{-2} .

Raugu koloniju veidojošo vienību skaits uz šķirnes 'Auksis' ābolu virsmas uzglabāšanas laikā būtiski neatšķīrās ne no uzglabāšanas tehnoloģijas, ne pētījuma gada (9. att.). Arī raugu skaits uz āboliem, kas glabāti ULO kamerās, bija diezgan augsts, jo raugi spēj attīstīties vidē bez skābekļa. Kopējais raugu koloniju veidojošo vienību skaits palielinājās līdzīgi gan uzglabājot noliktavā, gan ULO kamerās (9. att.).



9. att. Raugu skaita izmaiņas uz šķirnes 'Auksis' ābolu virsmas uzglabāšanas laikā/

Fig. 9. The dynamics in count of yeasts on the cultivar 'Auksis' apple surface during storage

Nav atrodami citu zinātnieku dati par raugu, pelējumu un baktēriju koloniju veidojošo vienību skaita pieļaujamo robežu uz ābolu virsmas.

4. Ābolu bojāšanās iemeslu izvērtējums uzglabāšanas laikā

Lielākie ābolu bojājumi uzglabāšanas laikā novēroti kontroles varianta paraugiem, kas uzglabāti noliktavā, tā, piemēram, no šķirnes 'Orlik' āboliem 88,1% (4.tabula) bija bojāti. Noliktavā glabātajiem paraugiem ar iepriekšēju inhibitora 1-MCP apstrādi sēņu izraisītie bojājumi bija mazāki – no 2,08% šķirnes 'Auksis' āboliem līdz 30,95% šķirnes 'Orlik' āboliem. Ābolu paraugiem, kas uzglabāti ULO1 kamerā, vismazākais bojāto ābolu īpatsvars novērots ābolu šķirnei 'Sinap Orlovskij' – 1,32 %, turklāt šai ābolu šķirnei pēc 6 mēnešu uzglabāšanas ULO un 1-MCP+noliktava apstākļos bojāto ābolu nebija. Lielākais bojāto ābolu daudzums, uzglabājot ULO1 kamerā bija šķirnes 'Gita' āboliem (7,89%), bet, izmantojot ULO2, šķirnes 'Zarja Alatau' āboliem

(6,79%), un mazākie zudumi ULO2 kamerā uzglabātajiem paraugiem novēroti šķirnes 'Auksis' (1,43%) un 'Antej' (1,45%) āboliem.

4. tabula/ Table 4.

Bojāto ābolu skaits pēc sešu mēnešu uzglabāšanas (%)
Number of damaged apples after six months of storage (%)

Šķirne/ Cultivar	Vākšanas reize/ Harvesting time	Uzglabāšanas tehnoloģija/ Storage technology							
		Noliktava/ Cooling chamber		1 – MCP +noliktava/ 1-MCP +cooling chamber		ULO1		ULO2	
		2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014
Rudens šķirne/ Autumn cultivar									
'Auksis'	1	30.00	n.a.	22.22	10.76	2.35	3.38	1.43	1.54
	2	14.42	9.90	2.08	6.31	n.a.	4.05	1.87	2.35
'Orlik'	1	88.10	n.a.	30.95	n.a.	5.51	5.16	2.33	3.57
	2	n.a.	n.a.	25.93	n.a.	n.a.	6.01	3.96	3.12
'Gita'	1	n.a.	n.a.	21.95	21.21	7.89	5.43	3.28	4.14
	2	n.a.	n.a.	n.a.	18.38	n.a.	6.26	5.85	5.32
Ziemas šķirne/ Winter cultivar									
'Antej'	1	24.24	19.23	11.76	15.45	2.23	3.29	1.45	1.89
	2	13.89	10.68	5.56	6.36	3.21	3.91	2.58	3.04
'Belorusskoje Malinovoje'	1	39.02	28.35	12.50	12.31	2.98	3.15	3.21	2.19
	2	14.29	n.a.	9.30	13.05	n.a.	n.a.	6.18	n.a.
'Sinap Orlovskij'	1	9.76	12.23	4.08	5.32	0	0	0	0
	2	6.50	5.51	0	3.22	n.a.	1.32	0	1.95
'Zarja Alatau'	1	15.38	14.21	15.79	9.82	n.a.	5.65	4.65	5.01
	2	15.33	n.a.	11.11	10.04	n.a.	n.a.	n.a.	6.79

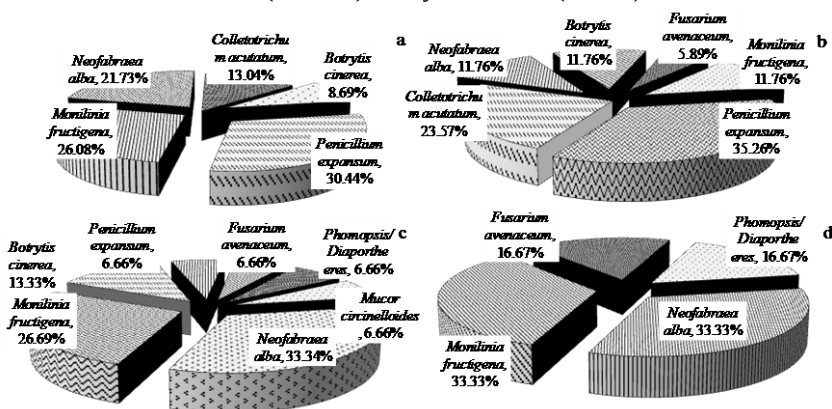
n.a. – netika analizēts (fizikālo, fizioloģisko un mikrobioloģisko bojājumu dēļ)

n.a. – not analysed (due to physical, physiological and microbiological damages)

Uzglabājot noliktavā (kontrole), rudens šķirņu ābolu bojāšanās intensitāte bija 78,53%, savukārt, apstrādājot ar 1-MCP, bojāšanas intensitāte samazinājās – līdz 38,31%, bet, glabājot ULO1 un ULO2 kamerās, bojāšanas

intensitāte bija būtiski mazāka – attiecīgi 28,83% un 3,23%. Ziemas šķirņu kontroles paraugu bojāšanas intensitāte bija 26,78%, bet apstrāde ar 1-MCP bojāto augļu daudzumu samazināja – līdz 9,10%, kamēr ULO1 un ULO2 kamerās bojāšanās intensitāte bija attiecīgi 39,10% un 14,93%. Rudens šķirņu ābolus ieteicams uzglabāt ULO2 kamerā attiecīgā aizsarggāzu režīmā, savukārt ziemas šķirņu ābolus ieteicams uzglabāt noliktavā ar iepriekšēju 1-MCP apstrādi.

No noliktavā uzglabātajiem āboliem (10. att. a.), kam ir redzami bojājumi, izdalītas šādas mikroskopiskās sēnes: *Penicillium expansum* (30,44%), *Monilinia fructigena* (26,08%), *Neofabraea alba* (21,73%), *Colletotrichum acutatum* (13,04%), *Botrytis cinerea* (8,69%).



10. Mikroorganismu daudzveidība, kas izdalīti no bojātajiem āboliem

(a – noliktava, b – 1-MCP+noliktava, c – ULO1, d – ULO2)/

Fig. 10. Spectra of isolated microorganism from damaged apples

(a – cooling chamber, b – 1-MCP+cooling chamber, c – ULO1, d – ULO2)

Ar 1-MCP apstrādātajiem āboliem, kam redzamas (10. att. b.) bojājumu pazīmes, izdalītas mikroskopiskās sēnes: *Penicillium expansum* (35,26%), *Colletotrichum acutatum* (23,57%), *Neofabraea alba* (11,76%), *Botrytis cinerea* (11,76%), *Monilinia fructigena* (11,76%), *Fusarium avenaceum* (5,89%).

No ULO1 kamerā glabātajiem bojātajiem āboliem (10. att. c.) izdalītas mikroskopiskās sēnes: *Neofabraea alba* (33,34%), *Monilinia fructigena* (26,69%), *Botrytis cinerea* (13,33 %), *Penicillium expansum* (6,66 %), *Fusarium avenaceum* (6,66%), *Phomopsis/Diaporthe eres* (6,66 %), *Mucor circinelloides* (6,66 %).

No ULO2 kamerā uzglabātajiem āboliem ar redzamām (10. att. d.) puves pazīmēm izdalīti *Neofabraea alba* (33,33%), *Monilinia fructigena*

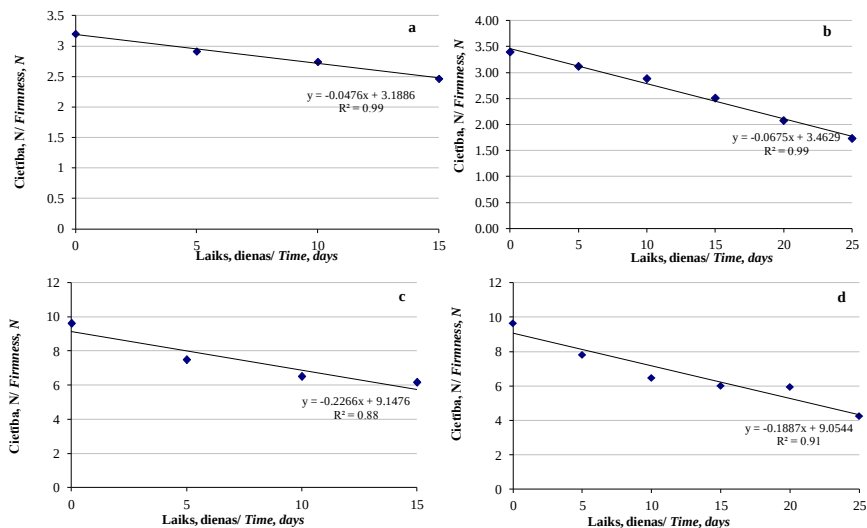
(33,33%), *Fusarium avenaceum* (16,67%), *Phomopsis/ Diaporthe eres* (16,67%).

No dažādi uzglabātajiem bojātajiem augļiem izdalīto mikroskopisko sēņu daudzveidība ir samērā līdzīga, ar nelielām atšķirībām, piemēram, mikroskopiskā sēne *Fusarium avenaceum* nav sastopama kontroles paraugā, bet sēņu ģints *Phomopsis/ Diaporthe eres* sastopama tikai ULO kamerās glabātos ābolos.

5. Ābolu fizikālo rādītāju izvērtējums realizācijas laikā

Mūsdienu tirgū augļiem ir jāatbilst augstas kvalitātes standartiem, kur par svarīgākajiem rādītājiem tiek uzskatīti cietība un kraukšķīgums. Augļiem nogatavojoties, ābolu cietība samazinās – tas saistīts ar augļu sastāvā esošā pektīna izmaiņām un etilēna veidošanās intensitāti. Tāpat ābolu cietības izmaiņas galvenokārt skaidrojamas ar ūdens zudumu realizācijas laikā, ko izraisa osmotiskā spiediena izmaiņas augļu šūnās (Gwanpua et al., 2013).

Analizējot iegūtos datus, redzams, ka šķirnes ‘Auksis’ ābolu pirmās vākšanas reizes kontroles paraugiem (bez 1-MCP apstrādes) cietība bija 3,20 N. Tā 15 dienu laikā samazinājās līdz 2,46 N (11. att. a).



11. att. Šķirnes ‘Auksis’ ābolu cietības izmaiņas realizācijas laikā

(a – noliktava, b – 1-MCP+noliktava, c – ULO1, d – ULO2)/

Fig. 11. Changes of cultivar ‘Auksis’ apple firmness during shelf life (a – cooling chamber, b – 1-MCP+cooling chamber, c – ULO1, d– ULO2)

Noliktavā (kontrolē) un ULO1 kamerā uzglabāto ābolu realizācijas laiks ir 15 dienas, bet āboliem, kas apstrādāti ar 1-MCP un uzglabāti noliktavā, kā arī glabāti ULO2 kamerā pazemināta skābekļa satura vidē, realizācijas laiks ir 25 dienas.

Ar 1-MCP apstrādātu šķirnes ‘Auksis’ ābolu (kontrolē) cietība realizācijas laikā 25 dienās samazinājas no 3,40 N līdz 1,73 N (11. att. b). ULO1 uzglabātajiem paraugiem cietība 15 dienās samazinājās no 9,62 N līdz 6,17 N (11. att. c). Āboliem, kas bija glabāti ULO2 kamerā, cietība bija 9,65 N, realizācijas laikā 25 dienās tā samazinājās līdz 4,25 N (11. att. d).

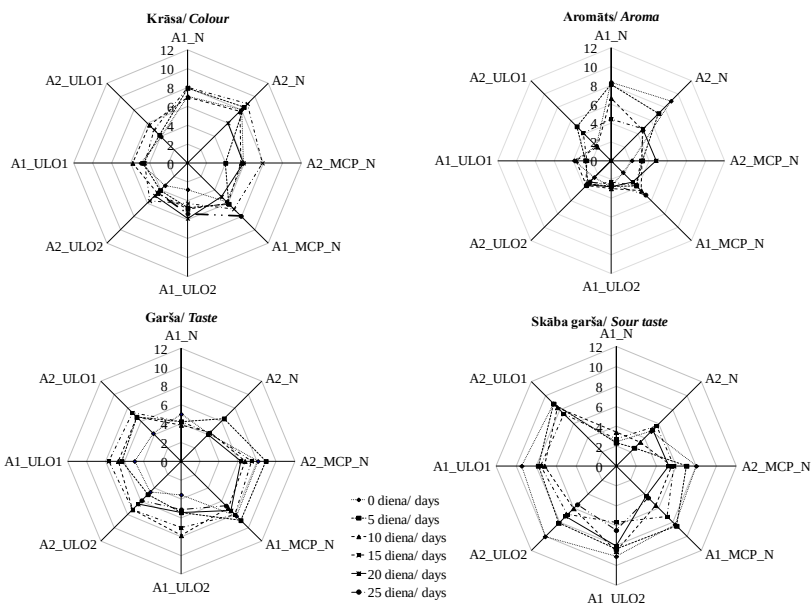
Ābolu cietība pēc izņemšanas no uzglabāšanas kamerām samazinās tieši proporcionāli realizācijas laikam, dienās ($R^2 = 0,88$ līdz $R^2 = 0,99$) (10. attēls).

6. Ābolu sensorā novērtēšana realizācijas laikā

Sensorais novērtējums ir galvenais kritērijs, kas nosaka ābolu realizācijas laiku. Augļu ārējais izskats ir viena no galvenajām sensorajām īpašībām, pēc kuras patērētājs vizuāli nosaka ābolu kvalitāti. Pētījuma rezultāti par dažādos apstākļos uzglabātu šķirnes ‘Auksis’ ābolu sensoro īpašību (krāsa, aromāts, garša, skābā garša, saldums un sulīgums) intensitātes izmaiņām realizācijas laikā līdz 25 dienām apkopoti 12. attēlā.

Paraugi, kas iepriekš glabāti kontrolētā vidē (ULO1 un ULO2), novērtēti kā pilnīgi negatavi un savu lietošanas gatavību nesasniedza arī realizācijas laika beigās.

Analizējot garšas sensorās izmaiņas, vērtētāji salīdzināja ābolu kontroles paraugu un kontrolētā aizsarggāzu vidē ULO1 un ULO2 kamerās glabātos ābolus, un par labākajiem atzina tos ābolus, kuri bija apstrādāti ar etilēna inhibitoru 1-MCP un glabāti tradicionālos apstākļos noliktavā. Kontrolētā aizsarggāzu vidē uzglabātajiem āboliem nebija izteikts saldums, bet bija ļoti izteikts skābums un sulīgums, ābolu garša un izskats (krāsa) raksturota kā „tikko no koka”, turklāt minētie rādītāji pēc uzglabāšanas siltumā (+18 °C) atjaunojās daļēji. Noliktavā glabātie āboli bija ar izteiktu aromātu, tomēr jau pēc 15 dienām tie kļuva miltaini.



12. att. Šķirnes ‘Auksis’ ābolu sensoro īpašību intensitātes izmaiņas realizācijas laikā /
Fig. 12. Changes of intensity of sensory attributes during shelf time for cultivar ‘Auksis’

A1_ULO1 – 'Auksis1x' ULO1; A2_ULO1 – 'Auksis2x' ULO1;
A1_ULO2 – 'Auksis1x' ULO2;

A2_ULO2 – 'Auksis2x' ULO2; A1_MCP_N – 'Auksis 1x' 1-MCP+noliktava/ 1-MCP+cooling chamber; A2_MCP_N – 'Auksis 2x' 1-MCP+noliktava/ 1-MCP+cooling chamber; A1_N – 'Auksis 1x' Noliktava/ Cooling chamber; A2_N – 'Auksis 2x' Noliktava/ Cooling chamber.

SECINĀJUMI

1. Ābolu uzglabāšanas ilgumu būtiski ietekmē novākšanas laiks un to gatavības pakāpe. Ilgstošai uzglabāšanai noliktavā ar un bez apstrādes ar 1-MCP rudens šķirņu āboliem Streifa indeksa optimālā vērtība ir 0,07–0,12, kamēr uzglabāšanai ULO kamerās – 0,08–0,19. Savukārt ziemas šķirņu āboliem uzglabāšanai noliktavā ar un bez apstrādes ar 1-MCP Streifa indeksa optimālā vērtība ir no 0,07–0,17, bet uzglabāšanai ULO kamerās tā ir līdzīga kā rudens šķirņu āboliem – 0,10–0,19.
2. Ābolu masas zudumus sešu mēnešu uzglabāšanas laikā ietekmēja novākšanas laiks, šķirne, glabāšanas tehnoloģija un režīms. Rudens šķirņu ābolu masas zudumi, uzglabājot tradicionālos apstākļos (kontrolē), bija 12,45% no ābolu masas, bet apstrāde ar 1-MCP zudumus būtiski samazināja – līdz 8,62%, kas bija līdzīga, glabājot ULO1 un ULO2 kamerās, attiecīgi par 8,62% un 9,18%. Ziemas šķirņu kontroles paraugu masas zudumi bija 11,69%, apstrāde ar 1-MCP tos samazināja līdz 9,35%, bet ULO1 un ULO2 kamerās ābolu masas zudumi samazinājās attiecīgi līdz 8,60% un 7,44%.
3. Dažādos apstākļos uzglabātu ābolu cietības izmaiņas ievērojami atšķiras ($p < 0,01$). Rudens šķirņu ābolu cietība, uzglabājot noliktavā (kontrolē), vidēji samazinājās par 64,66%, savukārt, apstrādājot ar 1-MCP cietības izmaiņas bija mazākas – par 59,10%, bet, glabājot ULO1 un ULO2 kamerās, cietība izmainījās būtiski mazāk – attiecīgi par 46,44% un 41,59%. Ziemas šķirņu kontroles paraugu cietība samazinājās par 62,30%, apstrāde ar 1-MCP to izmainīja mazāk – par 59,49%, bet ULO1 un ULO2 kamerās ābolu cietības izmaiņas bija vismazākās, attiecīgi par 40,69% un 39,10%.
4. Kopējo fenolu saturs rudens un ziemas šķirņu ābolos sešu mēnešu uzglabāšanas laikā izmainījās atšķirīgi. Uzglabājot noliktavā (kontrolē), rudens šķirņu ābolos kopējo fenolu saturs vidēji palielinājās par 7,51%, apstrādājot ar 1-MCP, kopējo fenolu izmaiņas bija lielākas – par 8,80%, savukārt, glabājot ULO1 un ULO2 kamerās, izmaiņas vidēji bija tikai par 4,87%; ziemas šķirņu ābolos kopējo fenolu pieaugums bija būtiski lielāks – kontroles paraugos par 18,87, ar 1-MCP apstrādātajos par 24,87%, bet ULO kamerās vidēji par 33,74%.
5. Šķīstošās sausas saturu pēc sešu mēnešu uzglabāšanas rudens ziemas šķirņu ābolu kontroles paraugos izmainījās atšķirīgi: rudens šķirņu ābolos samazinājās par 5,03%, turpretim ziemas – palielinājās par 2,27%. Ābolu apstrāde ar 1-MCP šķīstošās sausas saturu palielināja atšķirīgi: rudens šķirņu ābolos par 0,53%, bet ziemas šķirņu ābolos būtiski vairāk – par 6,04%. Savukārt ULO1 un ULO2 kamerās glabātajos ābolos šķīstošās sausas saturu palielinājās attiecīgi par

- 9,71% un 5,27% rudens, bet par 15,33% un 10,56% ziemas šķirņu ābolos.
6. Kopējo skābju saturs pēc sešu mēnešu uzglabāšanas rudens un ziemas šķirņu ābolu kontroles paraugos samazinājās atšķirīgi: rudens šķirņu ābolos par 57,11%, bet ziemas – par 50,61%. Ābolu apstrāde ar 1-MCP kopējo skābju saturu izmaiņas būtiski samazināja: rudens šķirņu ābolos par 44,75%, bet ziemas – par 41,14%. ULO1 kamerā glabātajos rudens šķirņu ābolos kopējo skābju saturs samazinājās līdzīgi kā kontroles paraugā – par 50,22%, bet ULO2 kamerā – par 37,22%, savukārt ziemas šķirņu ābolos kopējo skābju samazinājums bija attiecīgi 29,85% un 26,84%.
 7. Dažādos apstākļos sešus mēnešus glabātu ābolu šūnu izmēri izmainījās atšķirīgi: rudens šķirņu ābolos, kas tika glabāti noliktavā (kontrole), vidējais šūnu samazinājums bija par 23,73%, savukārt, apstrādājot ar 1-MCP – tikai par 18,31%, bet, glabājot ULO1 un ULO2 kamerās, attiecīgi par 4,23% un 3,55%; ziemas šķirņu kontroles paraugu ābolu šūnu izmēri samazinājās mazāk – par 14,25%, apstrāde ar 1-MCP šūnu izmērus izmainīja par 13,68%, bet ULO1 un ULO2 kamerās glabāto ābolu šūnas izmainījās būtiski mazāk – rudens šķirņu ābolos attiecīgi par 4,23% un 3,55%, ziemas – par 2,77% un 4,25%.
 8. Mezofīli aerobo un fakultatīvi anaerobo baktēriju kopskaits uz ābolu virsmas, kas glabāti ULO kamerās, ir būtiski mazāks, salīdzinot ar baktēriju skaitu uz ābolu virsmas kā kontroles paraugiem, pēc apstrādes ar 1-MCP ($p < 0,05$), bet raugu skaits būtiski neatšķiras.
 9. No dažādos apstākļos uzglabātiem un bojātiem āboliem izdalītas līdzīgas mikroskopiskās sēnes – *Penicillium expansum*, *Monilia fructigena* un *Neofabraea alba*. Uzglabājot noliktavā (kontrole), rudens šķirņu ābolu bojāšanās intensitāte bija 78,53%, savukārt, apstrādājot ar 1-MCP, bojāšanās intensitāte samazinājās – līdz 38,31%, bet, glabājot ULO1 un ULO2 kamerās, bojāšanās intensitāte bija būtiski mazāka – attiecīgi 28,83% un 3,23%. Ziemas šķirņu kontroles paraugu bojāšanās intensitāte bija 26,78%, bet apstrāde ar 1-MCP bojāto augļu daudzumu samazināja – līdz 9,10%, kamēr ULO1 un ULO2 kamerās bojāšanās intensitāte bija attiecīgi 39,10% un 14,93%. Rudens šķirņu ābolus ieteicams uzglabāt ULO2 kamerā attiecīgā aizsarggāzu režīmā, savukārt ziemas šķirņu ābolus ieteicams uzglabāt noliktavā ar iepriekšēju 1-MCP apstrādi.
 10. Sensorās novērtēšanas rezultāti liecina, ka novākšanas laiks un uzglabāšanas tehnoloģija būtiski ietekmē ($p < 0,05$) ābolu sensorās īpašības – krāsu, aromātu, garšu, sulīgumu un tā intensitāti. Ābolu sensorās vērtēšanas rezultāti realizācijas laikā rāda, ka ar 1-MCP apstrādāto augļu garšas īpašības ir visaugstākās. Augļiem, kas glabāti ULO kamerās, nav izteikts saldums, bet ir ļoti izteikts skābums un

- sulīgums. Noliklavā (kontrolē) glabātajiem āboliem bija izteikta krāsa un aromāts, bet garšas īpašības nebija apmierinošas.
11. Noliklavā (kontrolē) un ULO1 kamerā uzglabāto ābolu maksimālais realizācijas ilgums bija 15 dienas, bet ābolu apstrāde ar 1-MCP, kā arī uzglabāšana ULO2 kamerā realizācijas ilgumu pagarināja līdz 25 dienām.
 12. Pētījumā iegūtie dati apstiprina izvirzīto hipotēzi – ābolu uzglabāšana, izmantojot dažādas tehnoloģijas un režīmus, nodrošina to kvalitāti un pagarina uzglabāšanas laiku.

TOPICALITY OF THE RESEARCH

Fresh fruits play an important role in our daily diet because they provide the body with the necessary biologically active substances – vitamins, minerals, organic acids and fibres. Recently, consumption of fresh fruits significantly increases.

Apples are one of the most widely grown fruit crops in Latvia. Apple chemical composition and the overall quality are affected by several factors, namely the growing and climatic conditions, harvest time; essential role has the storage technology. Unfortunately, in recent years the quality of the apples on the market has been significantly decreased. The reason may be inaccurately selected apple harvesting moment and inadequate storage technology. The shelf life of fruits is possible to extend considerably by appointing and respecting apple optimum maturity degree at the harvesting moment and choosing the appropriate storage technology.

The most significant indicators that characterize the quality of apples during storage period are firmness, content of soluble solids and acids. It is possible to predict the outcome of a successful storage by controlling these parameters. Conversely, by managing the apple cultivar specific cell size it could be possible to predict the deterioration rate. By exploring the composition of apple's microflora on their surface it may be possible to anticipate the microscopic fungi infecting the particular apple cultivar as well as its development intensity. During fruit storage it is important to control the apple sensory characteristics and their changes in the assessment of different storage technologies.

The quality of apples during long-term storage could be provided at traditional conditions in cooled store-room by combination with an ethylene inhibitor 1-MCP treatment, as well as using storage technology in controlled atmosphere (CA) with ultra low oxygen content in cameras ULO.

It is important to analyze all quality parameters of apples during the storage in order to select the most appropriate storage method for each cultivar. There is a limited research data in Latvia on most appropriate harvesting moment of apples and adequate degree of ripeness, which significantly affects the quality of the fruits during storage under different conditions. Data was not found also regarding the apple quality changes during shelf life in the commercial network.

The following **hypothesis** was nominated in the doctoral thesis: the quality of apples during long-term storage could be provided at traditional conditions in cooled store-room by combination with an ethylene inhibitor 1-MCP treatment, as well as by using ultra low oxygen content controlled atmosphere (CA) storage technology in cameras ULO.

The hypothesis of doctoral work will be proved by **following theses**:

- the harvesting moment of apples could be determined by ripening degree characterizing indicators;
- the quality of storage technology has an influence on apple quality;
- the development of microflora and the resulting deterioration of apples is affected by storage conditions;
- the applied storage technology has a substantial effect on the shelf life of apples.

Object of the research – autumn and winter cultivar apples commercially grown in Latvia

The following objectives of the research have been advanced: to evaluate and compare the significance of selected storage technologies for the maintenances of apple quality.

The following **tasks** were set up to reach the aim of the research:

- determine the optimal ripeness degree of apples for long-term storage;
- analyze the dynamics of apple structural-mechanic properties during storage;
- study the chemical properties of apples before storage and their changes during storage;
- evaluate and compare the sensory quality during storage of apples;
- clarify the development of microflora on the apple surface during storage;
- assess the quality changes of apples during shelf life in the commercial network.

The scientific importance and novelty of the research

For the first time in Latvia was assessed the ethylene release delaying agent 1-MCP (*SmartFreshTM*) impact on the quality of different autumn and winter cultivar apples commercially grown in Latvia, when for long-term kept under traditional storage conditions in cooled store-room, and compared the preferentiality of this method with the advantages of controlled atmosphere storage in cameras ULO with an ultra low oxygen content.

The economical importance of research

The study of innovative storage technology will offer an option for small-scale horticultural employers for a long-term storage of commercially in Latvia grown apple yield, wherewith maximally a long term providing the local market by good quality fruits.

APPROBATION OF THE SCIENTIFIC WORK

The results of research have been reported at 11 international scientific and practical conferences, congresses and symposia in Latvia, Serbia,

Romania, Estonia, Poland, Lithuania, Belarus and Greece. The research results are summarized and published in seven reviewed scientific issues.

MATERIALS AND METHODS

Research time and place

The research has been carried out during the period from 2011 to 2014.

- Latvia State Institute of Fruit-Growing Laboratory of experimental fruit processing, Laboratory of biochemistry un Laboratory of plant pathology, where degree of apple fruit ripeness was detected, physical and chemical properties as well as microbiological indicators analysed, fruit sensory assessment performed;
- Latvia University of Agriculture Faculty of food technology Laboratory of microbiology, where apple microflora was detected;
- Riga Technical University Institute of general chemistry technology, where microstructure of apple fruits were studied;
- Latvian Plant Protection Research Centre, where identification of fruit rots was performed.

Materials used for research

Apple cultivars grown at the Latvia State Institute of Fruit-Growing were used for storage studies: ‘Auksis’, ‘Antej’, ‘Orļik’, ‘Gita’, ‘Belorusskoje Maļinovoje’, ‘Sinap Orlovskij’ and ‘Zarja Alatau’, the fruit crown of the year took place in years 2012 and 2013 in two collection moments: at September and October with 4–6 days interval, like during long-term studies it was suggested by scientist Drudze in Latvia (Drudze, 2003, 2005).

Structure of the research

Apples immediately after harvesting were refrigerated in cooling chamber up to $+4 \pm 0.5$ °C temperature during of 24 hours. Apples of cultivars ‘Auksis’, ‘Antej’, ‘Orļik’, ‘Gita’, ‘Belorusskoje Maļinovoje’, ‘Sinap Orlovskij’ and ‘Zarja Alatau’ were stored and analysed.

Two apple storage technologies were tested in this study:

- storage of apples in cooled store-room under traditional conditions with air temperature $+2 \pm 1$ °C and relative humidity of 85%:
 - without treatment – control;
 - by combination with 1-MCP treatment;
- storage in ULO cameras (Fruit Control Equipments, Italy), selecting two different gas mixture compositions in controlled atmosphere (CA):
 - ULO-1 – O₂ 1.00%, CO₂ 2.00%;

- ULO-2 – O₂ 1.50%, CO₂ 2.50%.

Scientists (Weber et al., 2011) have already acknowledged that the gas composition in ULO cameras is crucial, because it affects the quality of apples during storage. Therefore it is very important to determine the optimal composition of gas mixture during storage of certain cultivar apples. Approximately 100 kg for fruits were placed in each ULO camera; each sample was stored in a separate polypropylene (PP) box. In the study 4 cameras with different compositions of controlled atmosphere (CA) gas mixture used: two of ULO-1 and two of ULO-2, in which fruits of autumn cultivars ‘Auksis’, ‘Orlik’, ‘Gita’ and winter cultivars ‘Antej’, ‘Belorusskoje Maļinovoje’, ‘Sinap Orlovskij’ and ‘Zarja Alatau’ were stored separately. Eight boxes with fruits of autumn and winter cultivars were placed separately. Immediately after harvesting 10 fruits from each cultivar were selected and following parameters measured:

- the total mass of the sample (~ 6 kg);
- the degree of ripeness:
 - Starch iodine test, which characterises the degree of fruit ripeness;
 - Streif ripening index;
 - De Jager index;
 - Fars index.

After harvesting and storage (during 3 and 6 months) following characteristics were analysed:

- microbiological indicators:
 - total number of yeasts, moulds and bacteria, as well as presence of *Pseudomonas* on the apple surface;
 - microflora of tested fruits according to morphological characteristics and biochemical API test systems;
 - number of damaged fruits for each variety during storage was counted and apple rot agents analysed (according to the morphological characteristics and DNA sequences);
- physical parameters: mass losses, fruit firmness, content of soluble dry matter;
- chemical indicators: content of total acids, content of total phenols, content of pectin and vitamin C;
- micro-structural analysis – size of fruit pulp cells for each apple cultivar selected for storage;
- sensory characteristics – the degree of acceptability and intensity of sensory characteristics.

The overall structure of study is described in Figure 1.

Two identical samples (mass of each 6 kg) of each cultivar stored under different conditions were studied and analysed during the experiment, all analysis for each sample were performed in five replications.

Determination methods of physical and chemical parameters

Methods and standards used in promotion work for detection of physical, chemical and sensory parameters in apples are summarised in Table 1.

Microbiological evaluation of apple surface

Microflora of apple surface was determined in accordance with LVS ISO 18593:2007 standard 'Microbiology of food and feed. Horizontal methods of sampling techniques from surfaces using contact plates and tampons.' The microbiological analyses were carried out in accordance with following reference methods:

- For detection of mezophylic aerobic and anaerobic micro-organisms (MAFAM) were used standard LVS EN ISO 4833-2:2014 „Microbiology of food chain. Horizontal method for micro-organism counting. Part 2: Counting of colonies using surface covering method at the temperature of 30 °C and „Scharlau” selective media „Nutrient Agar” (Ref. 064–TA2144).
- Yeasts and moulds were determined in accordance with standard LVS ISO 21527-1:2008 „Microbiology of food and feed. Horizontal method for yeast and mould fungi counting. Part 1: Method of colony counting in products with a water activity of more than 0.95” and „Scharlau” selective media „Malt Extract Agar” (Ref. 01–573).
- *Pseudomonas* spp. was determined in accordance with standard LVS EN ISO 16266:2008 „Water quality. *Pseudomonas aeruginosa* detection and counting. ”Membrane filtration method using selective media of company „Sifin” - „Sojapepton - Caseinpepton agar” (Ref. TN 1185).

Identification of yeasts was performed using strips of biochemical test-system API – yeasts with API 20 C AUX and ID32 C, but bacteria with API 50 CHB.

Detection of apple deterioration agents – microscopic fungus

Detection of apple lesions was done using method of wet chamber. Damaged apples separately were placed in a plastic box with a lid. In the box base under apples was placed a pad of filter paper soaked in distilled water. The samples were stored for 14 days at temperature of +25 °C in variable daily light and darkness mode. After typical sporulation of microscopic fungi on damaged areas of apple, pure cultures of microscopic fungi were developed for

molecular analysis. The rDNA (ribosomal deoxyribonucleic acid) was isolated from pure culture to determine their taxonomic status. ITS region (*internal transcribed space*) using a PCR (polymerase chain reaction) was analyzed by combination of universal primers ITS 1F and ITS4 (standard for Ascomycota), sequencing and following sequence comparison with the NCBI GeneBank database (Volkova et al., 2013).

Statistical analysis of data

The processing of data was carried out by the methods of mathematical statistics, where arithmetic average value of results, standard deviation and standard error was calculated by using software Microsoft Excel 2007. In order to determine the relevance of the results they were analysed by the SPSS 20.0, using two factor analysis of variance (ANOVA), LSD test and Tukey's test. The assessment of the factors impact was done by calculation of p-value, and p-value $< \alpha_{0.05}$ was assumed as significant. The sensory data processing was carried out by method of mathematical statistics PanelCheck (Setup_PanelCheck_V1.4.0).

RESULTS AND DISCUSSION

1. Evaluation of apple physical and chemical indicators

The chemical composition of apples and degree of ripeness defines the corresponding harvesting moment of apple yield. Inadequate harvesting moment significantly influences the shelf life and quality of fruits. Unripe apples more intensively respire during storage, which causes substantial moisture loss or a shrinkage, whereas overripe fruits have poor quality, low nutritional value; they are also sensitive to low temperature (+2 °C) and apple storage time is shorter. Therefore in this study two harvesting moments of fruits were selected in order to determine the most appropriate harvesting time for each apple cultivar as accurate as possible.

Apples of autumn and early winter cultivars were harvested twice with a 4–6 days interval. In year 2012 the harvesting moment of those cultivar apples was 3–4 days earlier than in 2013 (Table 2). While in the year 2013 in most cases the winter cultivar apples were harvested 12–14 days earlier than in the year 2012. Exclusively the difference between harvesting times of cultivar ‘Sinap Orlovskij’ and ‘Zarja Alatau’ apples in the second moment was 4–7 days. The interval between of this apple groups was 5–7 days.

Latvian researcher I. Drudze has been defined and recommended the harvesting parameters of apples foreseen for storage in cooled store-room (Starch iodine test, Streif ripening index) (Drudze, 2003; Drudze, 2005). Other studies in Latvia show also that harvesting moment of apples depends on the cultivar, but the optimal starch iodine test values could be taken for 5 to 7 points (Riekstiņa-Dolže, 2014; Krasnova, 2014).

The determined Streif index value of cultivar ‘Auksis’ apples showed, that in both years of investigation it was closest to the advised optimal value (0.16 – 0.10), with the exception of the second harvesting moment results in year 2013 (0.07). The Streif index value of cultivar ‘Orļik’ apples in both years of testing was closer to optimal value in the first harvesting moment (0.19–0.15). Investigation of the cultivar ‘Gita’ apples has not been earlier studied; in current study the results of Streif index for mentioned cultivar was determined in range from 0.12 to 0.07. Maturity stage of winter cultivar ‘Antejs’ apples correspond to optimal value of Streif index 0.12–0.10. The fruits of cultivar ‘Beloruskoje Maļinovoje’ achieved the optimal value of Streif index in year 2013 – during the second harvesting moment, when it was 0.10. The Streif index value of variety ‘Sinap Orlovskij’ apples shows, that in both years of investigations it was closer to optimum in the first harvesting moment (0.19). Apples of cultivar ‘Zarja Alatau’ had insignificant difference ($p>0.05$) in Streif index value between both study years and harvesting times; however the index was closer to the optimal value in the second harvesting moment (0.08–0.07).

For the storage in cooled store-room, both with and without the 1-MCP treatment the recommended value of Streif index for autumn apple cultivars was 0.07–0.12, whereas for apples stored in ULO cameras – 0.08 to 0.19. In the same time for winter cultivar apples the recommended Streif index value for storage in cooled store-room, both with and without the 1-MCP treatment could be 0.07 – 0.17, but for storage in ULO chambers 0.10–0.19.

Changes of apple tissue firmness during storage

According to the data of Central Statistical Bureaus (CSB) the most cultivated apple cultivars in Latvia is 'Auksis'. Statistical data show that plantation of this apple cultivar is two times larger than that of cultivar 'Antej' and even four times larger than of cultivar 'Sinap Orlovskij'². Therefore in further studies particularly only those data are reflected, which were obtained by evaluation of cultivar 'Auksis' apples.

The firmness of apples is dependent on the degree of ripeness, place of growing, weather conditions and cultivar. The firmness decreases during fruit ripening; therefore for all cultivars apples the highest firmness has been observed before desideratum storage process. According to the results published in literature, storage technology significantly affects the firmness of the apples (Köpcke, 2015).

The firmness of cultivar 'Auksis' apples before storage in year 2012 at the first harvesting moment was 9.40 ± 1.92 N, while at the second harvesting time, when the Streif index value showed that apples have achieved the optimal harvesting ripeness, it was 6.55 ± 0.78 N (Figure 2). During 6 months of storage under traditional conditions at +2 °C in cooled store-room the firmness of apples decreased till 2.61 ± 0.19 N (at the first harvesting moment) and up to 2.44 ± 0.21 N (at the second harvesting moment). Whereas the firmness' changes of fruits treated by 1-MCP, were lower – till 3.15 ± 0.92 (at the first harvesting moment) and up to 2.79 ± 0.56 (at the second harvesting moment). Similar results were obtained also during storage of fruits harvested in 2013.

Hardness of apples after 6 months of storage in ULO1 camera (CO₂ 2.0%; O₂ 1.0%) was 4.31 ± 0.55 N (at the first harvesting moment). Even if at the second moment of harvesting the fruit ripeness was optimal, still during storage all fruits in this camera were found damaged by physiological diseases, and therefore data on their firmness were not obtained.

Firmness of fruits stored in ULO2 camera (CO₂ 2.5%; O₂ 1.5%), have been preserved slightly better – 4.74 ± 0.5 N (at the first harvesting moment) and 4.42 ± 0.38 N (at the second harvesting moment). Similar results of cultivar 'Auksis' apple firmness were presented also by Lithuanian researchers

² Pieejams: <http://www.csb.gov.lv/notikumi/24-tukstosos-hektaru-abeldarzu-aug-vairak-neka-13-miljoni-abelu-36541.html> (skatīts 27.04.2015)

(Viškelis et al., 2011), ascertaining that firmness of fruits has decreased less during storage in controlled atmosphere conditions with increased carbon dioxide content, than in control conditions in cooled store-room.

The assessment of changes in apple firmness stored under different technological conditions in both research years showed, that the highest decrease of firmness was in control sample apples ($p<0.01$) (twice in average) compared to the fruits stored in regulated atmosphere ULO cameras with different gas composition (decrease of firmness in ULO1 was by 69.97 % and in ULO2 – by 62.09%).

The changes in apple firmness differed significantly ($p<0.01$) in various storage conditions. Fruit firmness of autumn apple cultivars in cooled store-room (control) decreased on average by 64.66%, while by treatment with 1-MCP the changes in firmness were smaller – by 59.10%, but during storage in the ULO1 and ULO2 cameras the firmness changed significantly less – by 46.44% and 41.59%, respectively. Fruit firmness in the control samples of winter cultivars decreased by 62.30%, by treatment with 1-MCP changes were lower – by 59.49%, while in the ULO1 and ULO2 cameras changes in apple firmness were the smallest ones, 40.69% and 39.10%, respectively.

Changes of apple microstructure during storage

Changes of average cell size in apples are shown in Table 3. These results show that the highest reduction of fruit cell size was observed in traditional conditions in cooled store-room kept apples (control) and during storage it was reduced by 18.31%, while in the apple samples treated by 1-MCP the cell size changed less than in control sample – by 15.47%. The cell size of apples kept in cameras ULO1 and ULO2 decreased significantly less – by 3.39% and 4.43%, respectively. One of possible explanations could be due to decelerated metabolic processes ensured by 1-MCP treatment, as well as the storage conditions in regulated atmosphere ULO cameras with reduced oxygen content.

The apple cells appeared more fullness before storage (Fig. 3, a; b), but after storage in cooled store-room (control) they become thinner (Fig. 3, c) and somewhat elongated (Fig. 3, d). Treatment with 1-MCP reduced the fruit cell size as well (Fig 3, e). The fruits of cultivar 'Orlik' had a largest size of cells (Fig. 3, f), which did not change during storage.

Cell dimensions of apples stored in different conditions during 6 months changed differently: in autumn cultivar apples kept in cooled store-room (control) the average cell size decreased by 23.73%, while in 1-MCP treated – only by 18.31%, whereas during keeping in ULO1 and ULO2 cameras – by 4.23% and 3.55%, respectively; the cell sizes in winter cultivar apples (control) the decrease of sell size was less – by 14.25%, the treatment of apples by 1-MCP changed cell size for 13.68%, while in the ULO1 and ULO2

cameras stored apples the cell size changed significantly less – in autumn cultivar apples 4.23 % and 3.55%, respectively, while in winter cultivar apples – 2.77% and 4.25%, respectively.

Changes of pectin content in apples

The protopectin existing in the apples, during ripening turns into pectin, which affects the quality of the fruits.

The content of pectin in apple samples in both harvesting moments of year 2012 was on average equal (Figure 4). The pectin content after 6 months of storage decreased significantly – by an average of 60% both in apples kept in cooled store-room (control), as well as in fruits treated by 1-MCP. A similar trend was observed in other analyzed cultivar apples as well. A significant difference ($p < 0.05$) between control and by 1-MCP treated apples was not noted. The changes of pectin content in apple samples during stored in controlled atmosphere ULO cameras were smaller, but mutually significantly ($p < 0.05$) different.

Statistically significant ($p < 0.05$) difference was found by comparing changes of pectin content between apples stored in cooled store-room (control) and camera ULO2.

The pectin content in autumn and winter cultivar apples kept in cooled store-room (control) decreased by 12.68% and 23.48%, respectively. Treatment by 1-MCP during 6 month storage increased the pectin content in autumn cultivar apples by 20.76%, on the other hand in winter cultivar – decreased by 10.61%. In samples stored in the ULO1 and ULO2 chambers the pectin content in autumn cultivar apples increased by 55.96% and 48.83%, while in winter cultivars – by 13.23% and 18.92%, respectively.

Changes of soluble solid content in apples

The content of soluble solids in cultivar 'Auksis' fruits before storage was almost equal for both harvesting moments of year 2012 (Figure 5). The changes were minimal even after 6 months of storage for all storage approaches.

Statistical analysis of data did not discovered significant ($p=0.05$) difference between the initial content of soluble solids in apples (Fig. 5.) and during 6 months of storage in cooled store-room (control), as well as in fruits treated by 1-MCP.

The content of soluble solids in 'Auksis' cultivar fruits (at the first and second harvesting moment) significantly ($p < 0.01$) increased during storage in cameras ULO1 and ULO2. For example, the content of soluble solids, when fruits get stored in ULO1 camera, was 12.23 ± 0.27 °Brix (at the first harvesting time). The soluble solid content in fruits stored in camera ULO2

increased till 11.74 ± 0.29 °Brix (at the first harvesting time) and up to 11.99 ± 0.28 °Brix (at the next harvesting moment).

The content of soluble solids during the storage increased in both treated by 1-MCP apples, and apples stored in cameras ULO with different gas composition in regulated atmosphere. However the content of soluble solids in cooled store-room (control) kept apples slightly decreased, confirming that fruits get overripe.

The content of soluble solids in autumn and winter cultivar apples kept in cooled store-room (control) during 6 months changed differently: in autumn cultivar apples decreased by 5.03%, while in the winter cultivar apples – increased by 2.27%. Treatment of apples with 1-MCP increased the content of soluble solids worlds apart: in the autumn cultivar apples by 0.53%, while in the winter apple cultivars significantly more – by 6.04%. In the fruits stored in ULO1 and ULO2 cameras the content of soluble solids increased by 9.71% and 5.27% in autumn cultivars and by 15.33% and 10.56% in winter cultivars, respectively.

Characterization of total acid content changes in apples

Main acids in apples are malic acid, citric acid and tartaric acid, and their content depends on the cultivar and degree of ripeness. During ripening organic acid content in apples reduces, mainly malic acid, accordingly the intensity of acidity changes. The reduction of total acid content can be explained by activity of endogenous enzymes such as malate dehydrogenase (EC 1.1.1.37), which in the frame of Krebs cycle converts the malic acid (L-malate) into oxaloacetate with lower intensity of acidity.

The total acid content in apples ('Auksis') at the first harvesting moment was $0.62 \pm 0.01\%$, while at the second time – $0.47 \pm 0.04\%$. Total acid content during 6 month of apple storage in cooled store-room (control) decreased for almost two times ($p < 0.01$) (Fig. 6). during the same time in apples of both gathering times, which were treated by 1-MCP, the total acid content decreased substantially less. Reduction of total acid content in apples stored in cameras ULO1 and ULO2 was similar, like in fruits treated by 1-MCP.

A number of scientists in their studies observed similar trends – the total acid content in apples substantially reduces during storage, because of respiration the metabolism of fruits get accelerated (Rivera, 2005; Gharif et al., 2009; Jan et al., 2012).

Reduction of malic acid is directly dependent on the content of malic and citric acids, since the fermentation reduces the total acidity and the pH value is increased by 0.1 to 0.3 units. During malic-lactic fermentation dicarboxil malic acid is converted into monocarboxil malic acid and quantitative reduction of acid content takes place. According to opinion of some scientists, these processes are difficult to track, as it is known that lactic

acid can be formed not only during malic acid metabolism, but also because of lactic acid fermentation (Dharmadhikari, 2002).

Assessment of average data from both apple harvesting moments showed, that the total acid content in apples stored in cooled store-room (control) decreased on average by 51.87%, at the same time in apples treated by 1-MCP – by 42.57%, while in apples stored in cameras ULO1 and ULO2 – by 39.07% and 31.57%, respectively. The elevated decrease of the total acid content in control samples can be explained by the going on of metabolic processes in fruits. While the activity of enzymes in apples during storage in ULO cameras slows down due to the reduced oxygen content, accordingly the changes in total acid content are less.

The content of total acids in autumn and winter cultivar apples kept in the cooled store-room (control) during 6 months decreased differently: in the autumn cultivar by 57.11%, in winter cultivar apples – by 50.61%. The treatment of apples with 1-MCP significantly reduced the changes of total acid content: in autumn cultivars by 44.75%, while in winter cultivar apples – by 41.14%. The total acid content in autumn cultivar apples kept in ULO1 camera decreased similarly like in the control – by 50.22%, while in the ULO2 camera – by 37.22%, whereas in winter cultivar apples the reduction of total acid content was by 29.85% and 26.84%, respectively.

2. Results of apple sensory evaluation

Sensory evaluation showed that the harvesting moment significantly ($p < 0.05$) influences apple sensory properties (colour, aroma, flavor, acidity, sweetness, juiciness) as well as their intensity; the selected storage technology has especially significant effect ($p < 0.05$). Cultivar ‘Sinap Orlovskij’ apples treated by 1-MCP and kept 6 month in cooled store-room were assessed as the most juicy, at the same time there was estimated, that treated by 1-MCP cultivar ‘Zarja Alatau’ un ‘Belorusskoje Malinovoje’ apples have typical juiciness and sourness as well as (Figure 7). Cultivar ‘Sinap Orlovskij’ fruits stored in ULO1 camera, as well as cultivar ‘Zarja Alatau’ apples stored in ULO2 camera in regulated atmosphere of reduced oxygen content was saturated too. Whereas apples of cultivars ‘Antej’ and ‘Gita’ treated by 1-MCP, during 6 months of storage were evaluated as obtained typical acidity. In fruits of second study year ‘Zarja Alatau’ treated by 1-MCP, a pronounced sour taste was found.

Apples of cultivars ‘Auksis’ and ‘Gita’ after 6 months of storage in cameras ULO1 and ULO2 had significantly pronounced ($p < 0.05$) juiciness and acidity, but typical juiciness of cultivar ‘Antej’ apples was found only in samples stored in ULO1 camera.

3. Microbiological evaluation of apple surface

Development of total plate count most intensively took place on the surface of cultivar 'Auksis' apple samples kept in cooled store-room (control) (Figure 8), when the total number of bacteria ranged from 379 to 470 CFU cm⁻². Significant difference in CFU has not been found ($p > 0.05$) between the apples treated by 1-MCP and those kept in cooled store-room (control samples), but difference was observed between both years, when experiments were carried out (Fig. 8). The total number of bacteria on apples' surface (control) in the first study year was 435 CFU cm⁻², but in the second year on apples treated by 1-MCP the number of CFU was constant – 356 CFU cm⁻², those results are significantly different ($p > 0.05$). Higher total plate count of bacteria during storage in control sample could be explained by the secondary contamination of apple surface from the surrounding environment, because in the cooled store-room the air contamination may be higher than in hermetically closed cameras ULO1 and ULO2.

The total plate count of bacteria on the apple surface, when stored in ULO cameras during 6 month, was significantly (two times) ($p < 0.05$) less compared together with control sample. This is due to inhibition of anaerobe bacterial growth, but growth of facultative aerobic bacteria continues. The lowest total plate count of bacteria was observed on the surface of cultivar 'Sinap Orlovskij' fruits, when the findings of second year of study in ULO2 camera showed 166 CFU cm⁻².

The CFU number of yeasts on the surface of cultivar 'Auksis' apples during storage was not significantly influenced neither by storage technology, nor the year of study (Fig. 9). The number of yeast on the surface of all investigated apples, which were stored in cameras ULO, also was quite high, because yeasts are able to grow in an environment without oxygen. The number of total yeast CFU increased similarly both on the surface of control sample and apples stored in cameras ULO (Fig. 9).

There was not found any scientific data about limits of the yeast, mould and bacteria CFU number on the apple surface.

4. Assessment of apple lesion reasons during storage

Extensive apple lesions during 6 month storage were observed in control samples, for example, 88.1% of cultivar 'Orlik' apples were damaged (Table 4). Fungi-induced apple lesions were smaller in samples, which before storage were treated by pre-inhibitor 1-MCP: from 2.08% in cultivar 'Auksis' to 30.95% in cultivar 'Orlik' apple samples. The lowest proportion of damaged apples was observed in cultivar 'Sinap Orlovskij' fruit samples stored in camera ULO1– 1.32%, and in addition, in previously mentioned cultivar during 6 month of storage, damaged apples were not observed in general both in cameras ULO, and treated by 1-MCP fruit samples kept in cooled store-room.

Most extensive amount of damaged apples was observed in cultivar 'Gita' apple samples (7.89%) when stored in ULO1 camera, and in 'Zarja Alatau' samples stored in ULO2 camera (6.79%). Whereas, the smallest losses by damaged apples during storage were observed in cultivar 'Auksis' (1.43%) and 'Antej' samples kept in ULO2 camera (1.45%).

The damage intensity of autumn apple cultivars kept in cooled store-room (control) was 78.53%, while the damaging intensity decreased in apple samples treated with 1-MCP – up to 38.31%, whereas the damage intensity of samples kept in the ULO1 and ULO2 chambers was significantly lower – 28.83% and 3.23%, respectively. The damage intensity in winter cultivar apple samples kept in cooled store-room (control) was 26.78%, while in the treated by 1-MCP – up to 9.10%, while kept in ULO1 and ULO2 cameras deterioration intensity was 39.10% and 14.93%, respectively. Autumn cultivar apples should be stored in the ULO2 camera with corresponding controlled atmosphere environment, while the winter cultivar apples – in cooled store-room by initial 1-MCP treatment.

Following microscopic fungi were isolated from apples, which were stored in cooled store-room (control) and showed visible damages (Figure 10, a): *Penicillium expansum* (30.44%), *Monilinia fructigena* (26.08%), *Neofabraea alba* (21.73%), *Colletotrichum acutatum* (13.04%), *Botrytis cinerea* (8.69%).

Miscellaneous microscopic fungi were isolated from 1-MCP treated apples with visible features of damage (Figure 10, b): *Penicillium expansum* (35.26%), *Colletotrichum acutatum* (23.57%), *Neofabraea alba* (11.76%), *Botrytis cinerea* (11.76%), *Monilinia fructigena* (11.76%), *Fusarium avenaceum* (5.89%).

Different microscopic fungi were isolated from the damaged apples stored in camera ULO1 (Figure 10, c): *Neofabraea alba* (33.34%), *Monilinia fructigena* (26.69%), *Botrytis cinerea* (13.33 %), *Penicillium expansum* (6.66 %), *Fusarium avenaceum* (6.66%), *Phomopsis/Diaporthes* (6.66 %), *Mucor circinelloides* (6.66 %).

Various microscopic fungi were isolated from damaged with visible rotting feature apples, which were stored in camera ULO2 (Figure 10, d): *Neofabraea alba* (33.33%), *Monilinia fructigena* (33.33%), *Fusarium avenaceum* (16.67%), *Phomopsis/Diaporthes* (16.67%).

Diversity of microscopic fungi, which were isolated from differently stored and damaged apple samples, was quite similar, though with insignificant diverse, for example, microscopic fungus *Fusarium avenaceum* did not encounters only in cooled store-room (control) kept fruits, but the fungus of the genus *Phomopsis/ Diaporthes* was recognised only in damaged apples stored in ULO cameras.

5. Evaluation of apple physical characters during shelf life

Today's market requires the fruits of high quality standards, where the most important indicators are firmness and crunchiness. The apple firmness decreases during fruit ripening – it is connected with the changes of pectin and ethylene formation intensity in fruits. Changes of apple firmness primarily are caused by the water loss during the shelf life, due to changes of osmotic pressure in fruit cells (Gwanpua et al., 2013).

The maximum shelf life of apples stored in cooling (control) and ULO1 chamber was 15 days, but for the apples treated with 1-MCP and stored in the ULO2 chamber shelf life was extended to 25 days.

The analysis of obtained data showed that apple firmness of cultivar 'Auksis' from the first harvesting moment, which was kept in cooled store-room (control), was 3.20 N. Following the removal from cooled store-room during 15 days of shelf life the firmness decreased till 2.46 N (Fig.11, a).

During shelf life of 25 days the firmness of treated by 1-MCP cultivar 'Auksis' apples decreased from 3.40 N to 1.73 N (Fig. 11, b). Firmness of apples kept in camera ULO1 within 15 days decreased from 9.62 N to 6.17 N (Fig. 11, c). The firmness of apples stored in camera ULO2 was 9.65 N, during the shelf life of 25 days it decreased till 4.25 N (Fig. 11, d).

The firmness of apples following the removal from cooled store-room or ULO cameras decreased proportionally to the shelf life (presented in days) ($R^2 = 0.88$ to $R^2 = 0.99$) (Figure 11).

6. The sensory evaluation of apples during shelf life

Sensory evaluation is the main criterion for determination of apple shelf life. Fruit outward appearance is one of the main sensory characteristics by which the consumer visually determines the quality of apples. The intensity of sensory properties (colour, aroma, taste, sour taste, sweetness and juiciness) in different conditions kept cultivar 'Auksis' apples' was evaluated. Changes in the intensity during 25 days shelf life are summarized in Figure 12.

Apples, which previously were stored in a controlled atmosphere in cameras ULO1 and ULO2, were rated as totally unripe and they did not achieve the consumptions' ripeness during the shelf life.

Trained evaluators have sensory compared the difference of taste among control sample and by 1-MCP treated fruit sample (both stored in cooled store-room), as well as samples stored in cameras ULO1 and ULO2, inside containing various controlled atmosphere composition. Evaluators considered as the best those apples, which were treated with an ethylene inhibitor 1-MCP and kept in the traditional conditions inside the cooled store-room. Apples stored in controlled atmosphere not had marked sweetness, but they had very pronounced acidity and juiciness; the taste and appearance

(colour) of apples was described as "just from the tree". In addition, these said indicators at once after storage in room temperature (+18 °C) renewed partially. Although the apples stored in cooled store-room (control) had a pronounced flavour, for all that during 15 days shelf life they became floury.

CONCLUSIONS

1. Period of apple storage is significantly affected by harvesting moment of yield and maturity degree. For long-term holding in storage with and without treatment by 1-MCP the optimal value of Streif index for autumn apple cultivars is 0.07 to 0.12, while for the holding in ULO cameras – from 0.08 to 0.19. Whereas for apples of winter cultivars the optimal value of Streif index for holding in storage with and without treatment by 1-MCP is from 0.07 to 0.17, while for holding in ULO cameras it is similar like prior to apples of autumn cultivars – 0.10 to 0.19.
2. The mass losses of apples during 6 months of storage were influenced by harvesting moment of yield, cultivar, storage technology and regime. Mass losses of apples for autumn cultivars under traditional holding in cooled store-room (control) was 12.45% of the apple mass, but by treatment with 1-MCP the losses were significantly reduced – by 8.62%, which was similar to storage in ULO1 and ULO2 cameras – 8.62% and 9.18%, respectively. Mass losses for apples of winter cultivars in control sample were 11.69%, by treatment with 1-MCP it was reduced till 9.35%, while in the ULO1 and ULO2 cameras the mass losses decreased up to 8.60% and 7.44%, respectively.
3. The changes in apple firmness differed significantly ($p < 0.01$) in various storage conditions. Fruit firmness of autumn apple cultivars in cooled store-room (control) decreased on average by 64.66%, while by treatment with 1-MCP the changes in firmness were smaller – by 59.10%, but during storage in the ULO1 and ULO2 cameras the firmness changed significantly less – by 46.44% and 41.59%, respectively. Fruit firmness in the control samples of winter cultivars decreased by 62.30%, by treatment with 1-MCP changes were lower – by 59.49%, while in the ULO1 and ULO2 cameras changes in apple firmness were the smallest ones, 40.69% and 39.10%, respectively.
4. The content of total phenolics in autumn and winter cultivar apples during storage of 6 months changed differently. In the apples kept in cooled store-room (control) the content of total phenolics in autumn cultivar apples increased on average by 7.51%, by treatment with 1-MCP the changes of total phenolics were higher – by 8.80%, while during storage in the ULO1 and ULO2 cameras the average changes were only about 4.87%; whereas for winter cultivar apples the increase of total phenolics was significantly higher – in the control apple samples by 18.87, with 1-MCP treated by 24.87%, while in apples kept in ULO cameras in an average by 33.74%.
5. The content of soluble solids in autumn and winter cultivar apples kept in cooled store-room (control) during 6 months changed differently: in

autumn cultivar apples decreased by 5.03%, while in the winter cultivar apples – increased by 2.27%. Treatment of apples with 1-MCP increased the content of soluble solids worlds apart: in the autumn cultivar apples by 0.53%, while in the winter apple cultivars significantly more – by 6.04%. In the fruits stored in ULO1 and ULO2 cameras the content of soluble solids increased by 9.71% and 5.27% in autumn cultivars and by 15.33% and 10.56% in winter cultivars, respectively.

6. The content of total acids in autumn and winter cultivar apples kept in the cooled store-room (control) during 6 months decreased differently: in the autumn cultivar by 57.11%, in winter cultivar apples – by 50.61%. The treatment of apples with 1-MCP significantly reduced the changes of total acid content: in autumn cultivars by 44.75%, while in winter cultivar apples – by 41.14%. The total acid content in autumn cultivar apples kept in ULO1 camera decreased similarly like in the control – by 50.22%, while in the ULO2 camera – by 37.22%, whereas in winter cultivar apples the reduction of total acid content was by 29.85% and 26.84%, respectively.
7. Cell dimensions of apples stored in different conditions during 6 months changed differently: in autumn cultivar apples kept in cooled store-room (control) the average cell size decreased by 23.73%, while in 1-MCP treated – only by 18.31%, whereas during keeping in ULO1 and ULO2 cameras – by 4.23% and 3.55%, respectively; the cell sizes in winter cultivar apples (control) the decrease of sell size was less – by 14.25%, the treatment of apples by 1-MCP changed cell size for 13.68%, while in the ULO1 and ULO2 cameras stored apples the cell size changed significantly less – in autumn cultivar apples 4.23 % and 3.55%, respectively, while in winter cultivar apples – 2.77% and 4.25%, respectively.
8. The total number of mesophilic aerobic and facultative anaerobic bacteria on the surface of apples stored in ULO cameras was significantly lower compared together the surface of the apples kept in cooled store-room (control), as well as after treatment by 1-MCP ($p < 0.05$), while the number of yeasts was not significantly different.
9. Similar microscopic fungi were identified from damaged apples stored under various conditions – *Penicillium expansum*, *Monilia fructigena* and *Neofabraea alba*. The damage intensity of autumn apple cultivars kept in cooled store-room (control) was 78.53%, while the damaging intensity decreased in apple samples treated with 1-MCP – up to 38.31%, whereas the damage intensity of samples kept in the ULO1 and ULO2 chambers was significantly lower – 28.83% and 3.23%, respectively. The damage intensity in winter cultivar apple samples kept in cooled store-room (control) was 26.78%, while in the treated by

- 1-MCP – up to 9.10%, while kept in ULO1 and ULO2 cameras deterioration intensity was 39.10% and 14.93%, respectively. Autumn cultivar apples should be stored in the ULO2 camera with corresponding controlled atmosphere environment, while the winter cultivar apples – in cooled store-room by initial 1-MCP treatment.
10. Sensory evaluation showed that harvesting moment of yield and storage technology significantly influences ($p < 0.05$) apple sensory qualities – colour, aroma, taste, juiciness as well as their intensity. Results of apple sensory evaluation during shelf life showed that the highest fruit flavour have apples treated by 1-MCP. Fruits stored in the ULO cameras did not have pronounced sweetness, but have very remarkable acidity and juiciness. The colour and flavour have fruits kept in cooled store-room (control), but their taste properties were not satisfactory.
 11. The maximum shelf life of apples stored in cooling (control) and ULO1 chamber was 15 days, but for the apples treated with 1-MCP and stored in the ULO2 chamber shelf life was extended to 25 days.
 12. The study results confirmed the hypothesis - apple storage using different technologies and regimes ensure the quality of fruits and extending of their shelf life.

Karina Juhņeviča-Radenkova.
Latvijas Lauksaimniecības universitātē
Pārtikas tehnoloģijas fakultātē
LATVIA UNIVERSITY OF AGRICULTURE
FACULTY OF FOOD TECHNOLOGY
karina.juhnevica@lvai.lv