

**LATVIJAS LAUKSAIMNIECĪBAS UNIVERSITĀTE
LATVIA UNIVERSITY OF AGRICULTURE**

**Pārtikas tehnoloģijas fakultāte
Faculty of Food technology**

**SMILTSĒRKŠĶU AUGĻI UN TO
PĀRSTRĀDES PRODUKTI**

**SEA BUCKTHORN FRUITS AND
THEIR PROCESSING PRODUCTS**

Mg.sc.ing.
Dalija Segliņa

**Promocijas darba kopsavilkums Inženierzinātņu
doktora zinātniskā grāda iegūšanai Pārtikas zinātnē**

**Summary of Promotion Work for Acquiring the Doctor's
Degree of Engineering Sciences in the Food Science**

Jelgava, 2007

Darba zinātniskā vadītāja /
Thesis scientific supervisor:

prof., Dr. sc.ing. **Daina Kārklīņa**

Oficiālie recenzenti / Reviewers:

prof., Dr. habil. sc. ing. V. Kolodjzajna
prof., Dr. habil. med. R. Ligere
Dr. chem. G. Tirzītis

Promocijas darba izstrāde un noformēšana līdzfinansēta no
Eiropas Savienības Sociālā fonda



Promocijas darba aizstāvēšana notiks Latvijas Lauksaimniecības universitātes Pārtikas zinātnes promocijas padomes atklātā sēdē 2007. gada 19. septembrī, plkst. 15⁰⁰ Jelgavā, Lielā ielā 2, Pārtikas tehnoloģijas fakultātē, 251. auditorijā.

Ar promocijas darbu var iepazīties LLU fundamentālajā bibliotēkā, Lielā iela 2, Jelgava, LV-3001 un <http://lufb.llu.lv/llu-theses.htm>.

Atsauksmes sūīt promocijas padomes sekretārei Dr. phys. L. Markevičai LLU, Pārtikas tehnoloģijas fakultāte, Lielā iela 2, Jelgava, LV-3001 vai part@llu.lv

The defense of thesis will be held in open session of the Promotion Board of Food Science on September 19, 2007, at 15 p.m. in auditorium 251, Latvia University of Agriculture, Liela Street 2, Jelgava.

The thesis is available at Fundamental Library of the Latvia University of Agriculture, Liela Street 2, Jelgava and <http://lufb.llu.lv/llu-theses.htm>.

References are welcome to Dr. phys. L. Markevica, the Secretary of the Promotion Board LUA, Faculty of Food Technology, Liela Street 2, Jelgava, LV-3001, Latvia, part@llu.lv

Saturs / Content

Pētījuma objekts un aktualitāte	4
Zinātniskā darba aprobācija	5
Materiāli un metodes	8
Pētījumu rezultāti un diskusija	14
1. Smiltsērķšķu augļu ķīmiskā sastāva izvērtējums	14
2. Svaigu smiltsērķšķu augļu uzglabāšana	17
3. Sulas ieguves metožu analīze no smiltsērķšķu augļiem	19
4. Saldinātas smiltsērķšķu augļu sulas sensorais novērtējums	23
5. Svaigas smiltsērķšķu augļu sulas mikrobioloģiskais izvērtējums	23
6. Ķīmisko rādītāju izmaiņas pasterizētā smiltsērķšķu augļu sulā	25
7. Smiltsērķšķu augļu sulas krāsas un kopējā karotinoīdu satura korelācija	26
Secinājumi	27
Ieteikumi audzētājiem un pārstrādātājiem	28
Actuality and novelty of the research	29
The approbation of scientific work	31
Material and Methods	31
Results and Discussion	36
1. Assessment of chemical content of sea buckthorn fruits.....	36
2. The storage of fresh sea buckthorn fruits	38
3. Analysis of juice obtaining methods from sea buckthorn fruits.....	40
4. The sensory evaluation of sweetened sea buckthorn fruit juice	42
5. The microbiological evaluation of fresh sea buckthorn fruit juice.....	43
6. The changes of chemical properties of pasteurized sea buckthorn fruit juice	44
7. Correlation between colour and total carotenoids in the sea buckthorn fruit juice.....	44
Conclusions	45
Recommendations to growers and processors	46

Pētījuma objekts un aktualitāte

Jau mūsu ēras 618.–907. gadā smiltsērķšķus izmantoja medicīnā, taču kā kultūraugs tie ir pazīstami kopš 19. gadsimta. Smiltsērķšķu augļus raksturo daudzveidīgs ķīmiskais sastāvs. Tos uzskata par vienu no svarīgākajiem dabā esošajiem augiem, kas satur daudz dažādu bioloģiski aktīvo vielu: vitamīnus (sevišķi C, E, K₁, kā arī P un B grupas vitamīnus), karotinoīdus, sterolus, tokoferolus, nepiesātinātās taukskābes (linol-, linolēn-, oleīn- skābes), polifenolu savienojumus (leikoantociānus, katehīnus, flavonolus, flavonoīdus, triterpenoīdus), minerālvielas (varu, cinku, kobaltu, molibdēnu, mangānu, dzelzi, kalciju, magniju, svinu, fosforu).

Smiltsērķšķu kultūras izmantošanas virzieni ir daudzveidīgi, taču, pateicoties smiltsērķšķu augļu un sevišķi eļļas ķīmiskajam sastāvam, to plaši lieto galvenokārt medicīnā, kosmētikā, kā arī pārtikas industrijā.

Smiltsērķšķu augļi ir piemēroti dažādu pārstrādes produktu izgatavošanai. Plašāk pazīstami tādi produkti kā sula, sīrups, dažāda veida biezpieni, ievārījums, dzems, želeja, mērces, alkoholiskie un bezalkoholiskie dzērieni. Pēc zinātnieku atziņām, smiltsērķšķu augļiem piemīt augsta antioksidatīvā aktivitāte, kas var aizkavēt daudzu slimību un komplikāciju rašanos.

Lai gan smiltsērķšķus Latvijā pieskaita pie netradicionālām kultūrām, pēdējos gadu desmitos tie ir kļuvuši populāri. Diemžēl Latvijā smiltsērķšķu augļu rūpnieciskā pārstrāde nav attīstīta un lielu daudzumu augļu eksportē. Eksporta situācija Latvijā skaidrojama gan ar esošo pārstrādes uzņēmumu neieinteresētību izejvielas izmantošanā jaunu produktu izgatavošanā, gan arī ar to, ka smiltsērķšķu pārstrādes produkti (izņemot eļļu) Latvijas patērētājiem ir maz pazīstami. Patērētājiem ir pieejami tikai daži vietējā ražojuma pārtikas produkti, kuri radīti, pamatojoties uz ražotāju praktisku pieredzi: tīrkultūra ar smiltsērķšķiem, skābpiena produkts „bio LAKTO” ar smiltsērķšķu piedevu, ķirbju-smiltsērķšķu sula, dabiska sula, uztura bagātinātāji, zāļu tējas, medus ar smiltsērķšķu eļļu un nelielos daudzumos – smiltsērķšķu eļļa.

Situācija smiltsērķšķu augļu ieguves tirgū liecina, ka Latvijā ir iespējams uzsākt smiltsērķšķu pārstrādi nelielos uzņēmumos, nodrošinot tos ar vietējām izejvielām. Lai iespējami paplašinātu smiltsērķšķu pārstrādes produktu klāstu un nodrošinātu patērētājus ar veselīgu produkciju, nepieciešami zinātniski pamatoti pētījumi par Latvijā plašāk izplatīto smiltsērķšķu šķirņu un hibrīdu augļu ķīmisko sastāvu un to piemērotību pārstrādes produktu ieguvei.

Promocijas darba mērķis – izvērtēt dažādus smiltsērķšķu augļus un to pārstrādes produktu kvalitāti.

Darba mērķa sasniegšanai izvirzīti sekojoši **uzdevumi**:

1. pētīt Latvijā izplatītāko smiltsērķšķu šķirņu un hibrīdu svaigu un saldētu augļu fizikālos un ķīmiskos rādītājus;
2. izvērtēt svaigu smiltsērķšķu augļu uzglabāšanas iespējas;
3. izvērtēt smiltsērķšķu augļu sulas un spiedpalieku kvalitāti, izmantojot dažādas sulas ieguves metodes;
4. analizēt no smiltsērķšķu augļiem iegūto produktu fizikālos un ķīmiskos rādītājus un to izmaiņas pārstrādes un uzglabāšanas laikā.

Pētījuma novitātes un zinātniskais nozīmīgums:

Pirmo reizi analizēti un novērtēti Latvijā plašāk audzēto smiltsērķšķu šķirņu un hibrīdu augļu fizikāli ķīmiskie rādītāji; noteikti svaigu smiltsērķšķu augļu optimālie uzglabāšanas parametri; veikts smiltsērķšķu augļu sulas integrētais novērtējums, kas izteikts ar kvalitatīvo rādītāju koeficientu.

Zinātniskā darba tēma un tās izstrāde saistīta ar darbību divos starptautiskos Eiropas Savienības (ES) finansētos projektos:

1. **Euroberry**, COST Action 863 “Euroberry research: from genomic to sustainable production, quality and health”, www.euroberry.it
2. **Ean-seabuck**, FP & Contract No. COOP-CT-2005-016106 „Establishment of European-Asian Network for the development of strategies to enhance the sustainable use of Sea Buckthorn”, www.eanseabuck.com

Darba tautsaimnieciskā nozīme:

- izvērtēta Latvijā audzēto smiltsērķšķu augļu šķirņu un hibrīdu piemērotība pārstrādei;
- promocijas darbā vērtētās un pārbaudītās sulas ieguves metodes ieviestas ražošanā SIA „Silvanols” balzamu „Silvital” un „Neirovit”, bet smiltsērķšķu augļu spiedpaliekas izmantotas SIA „Duo AG” smiltsērķšķu eļļas ražošanai;
- zinātniskā darba rezultāti, iegūti tirgus orientēto pētījumu projekta “Smiltsērķšķu pārstrādes produktu izstrāde, to funkcionālo īpašību pārbaude cilvēku veselības nostiprināšanai” izpildes gaitā pārbaudīti un ieviesti ražošanā SIA „Satori Alfa” un SIA „Fito Preparāti” (Pasūtītāja līguma uzskaites Nr. TOP 05-29).

Zinātniskā darba aprobācija

Par zinātniskā darba rezultātiem ziņots LLU doktorantu konferencēs, 6 starptautiskās zinātniskajās konferencēs, semināros un simpozijos Lietuvā, Baltkrievijā, Polijā, Bulgārijā un Grieķijā.

1. Gailite, I., Strautniece, E., Krasnova, I., Seglina, D. (2007) Influence of Drying Method on Chemical Composition of Berry Marc. *In: 5th International Congress on Food Technology, Consumer*

- Protection through Food Process Improvement & Innovation in the Real World*, Greece, Thessaloniki, March 9–11, 2007 (stenda referāts / poster presentation).
2. Krasnova, I., Seglina, D., Strautina, S., Ruisa, S., Kampuss, K. (2006) Evaluation of Berry Crops Cultivars and Selections for Bioactive Compounds. **In:** *1st World Congress of Public Health Nutrition*, Spain, Barcelona, September 27–30, 2006 (stenda referāts / poster presentation).
 3. Gailite, I., Strautniece, E., Seglina, D. (2006) The Chemical Composition of Wheat Bread with Berry Marc. **In:** *12 international Scientific Conference Proceeding, Research for Rural development 2006*, Jelgava, Latvia University of Agriculture, May 17–20, 2006 (referāts / oral presentation).
 4. Seglina, D., Karklina, D., Dukalska, L. (2006) Shelf Life Extension of Fresh Sea buckthorn Berries (*Hippophae rhamnoides* L.). **In:** *12 International Scientific Conference Proceeding, Research for Rural development 2006*, Jelgava, Latvia University of Agriculture, May 17–20, 2006 (referāts / oral presentation).
 5. Gailite, I., Strautniece, E., Seglina, D. (2006) Berry Marc in Wheat Bread Production, **In:** *1st Baltic Conference on Food Science and Technology, FOODBALT-2006*, Lithuania, Kaunas, April 25-26, 2006 (stenda referāts / poster presentation).
 6. Seglina, D., Karklina, D., Ruisa, S., Krasnova, I. (2005) Processing Effect on the Composition of Sea Buckthorn Juice. **In:** *International Scientific Conference, Methods and legal regulations in fruit quality determination*, Poland, Skiernevice, June 16–18, 2005 (stenda referāts / poster presentation).
 7. Seglina, D., Karklina, D., Strautniece, E., Ruisa, S. (2005) The Influence of Sweeteners on Sea Buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) Juice Quality. **In:** *International Scientific Conference, Modern Fruit Growing: State and Development Outlooks*, Belarus, Samokhvalovichi, October 10–13, 2005 (stenda referāts / poster presentation).
 8. Seglina, D., Karklina, D. (2005) Changes of Vitamin C and Carotene in Sea Buckthorn Juice Depending on Pasteurization Temperature. **In:** *International Scientific Conference, Research for rural development 2005*, Jelgava, Latvia University of Agriculture, May 18–21, 2005 (referāts / oral presentation).
 9. Seglina, D., Skrebele B. (2004) The Content of Vitamin C and Carotenoides in Sea Buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) Berries. **In:** *10th International Scientific Conference, Research for rural development 2004*, Jelgava, Latvia University of Agriculture, May 19–22, 2004 (referāts / oral presentation).

Darba rezultāti atspoguļoti 8 zinātniskajās publikācijās angļu valodā vispārārtzītos recenzējamos izdevumos:

1. Gailite, I., Strautniece, E., Krasnova, I., Seglina, D. (2007) Influence of Drying Method on Chemical Composition of Berry Marc. **In: Proceedings of 5th International congress on Food Technology, Consumer Protection through Food Process Improvement & Innovation in the Real World.** Ed. by Evangelos, S.L. Greece, Thessaloniki : Hellenic Association of Food Technologists, Vol. I, 2007, p. 421–427. ISBN ПИЕТЕТ: 978-960-88557-2-4.
2. Gailite, I., Strautniece, E., Seglina, D. (2006) The Chemical Composition of Wheat Bread with Berry Marc. **In: 12 international Scientific Conference Proceeding, Research for Rural development 2006.** Latvia, Jelgava : Latvia University of Agriculture, 2006, p. 229–233. ISBN 9984-784-14-2.
3. Seglina, D., Karklina, D., Dukalska, L. (2006) Shelf Life Extension of Fresh Sea Buckthorn Berries (*Hippophae rhamnoides* L.). **In: 12 international Scientific Conference Proceeding, Research for Rural development 2006.** Latvia, Jelgava : Latvia University of Agriculture, 2006, p. 224–228. ISBN 9984-784-14-2.
4. Gailite, I., Strautniece, E., Seglina, D. (2006) Berry marc in wheat bread production. **In: Journal “Cheminé technologija”,** No 4(42), 2006, p. 43–50. ISSN 1392-1231.
5. Seglina, D., Karklina, D., Ruisa, S., Krasnova, I. (2006) Processing Effect on the Composition of Sea Buckthorn Juice. **In: Journal of fruit and ornamental plant research,** Vol. XIV, Supplement 2, 2006, p. 257–264. ISSN 1231-0948.
6. Seglina, D., Karklina, D., Strautniece, E., Ruisa, S. (2005) The Influence of Sweeteners on Sea Buckthorn (*Hippophae Rhamnoides* L.) Juice Quality. **In: Proceedings of the International Scientific Conference, Modern fruit growing: state and development outlooks.** Vol. 2, part 2, Belarus, Samoxvalovici, 2005, p. 343–345. ISSN 0134-9759.
7. Seglina, D., Karklina, D. (2005) Changes of Vitamin C and Carotene in Sea Buckthorn Juice Depending on Pasteurization Temperature. **In: 11 International Scientific Conference Proceedings, Research for rural development 2005.** Latvia, Jelgava : Latvia University of Agriculture, 2005. p. 205–207. ISBN 9984-784-01-0.
8. Seglina, D., Skrebele B. (2004) The Content of Vitamin C and Carotenoides in Sea Buckthorn (*Hipophae rhamnoides* L.) Berries. **In: 10 International Scientific Conference Proceedings, Research for rural development 2004.** Latvia, Jelgava : Latvia University of Agriculture, 2004. p. 139–141. ISBN 9984-596-86-9.

Materiāli un metodes

Pētījumi veikti laika posmā no 2003. līdz 2006. gadam sekojošās vietās :

- Valsts zinātniskās bezpeļņas organizācijas Dobeles Dārzkopības selekcijas un izmēģinājumu stacijas (kopš 01.05.2006. – Latvijas Valsts Augļkopības institūta) eksperimentālajā pārstrādes centrā (paraugu sagatavošana pārstrādei, izejvielu un pārstrādes produktu paraugu fizikāli ķīmiskās analīzes).
- Latvijas Lauksaimniecības universitātes Pārtikas tehnoloģijas fakultātes Sensoro analīžu, Mikrobioloģijas un Iepakojuma materiālu īpašību izpētes laboratorijā (svaigas smiltsērķšķu sulas sensorās un mikrobioloģijas analīzes; svaigu augļu kvalitātes pārbaude uzglabāšanas laikā); LLU Agroķīmisko analīžu laboratorijā – eļļas saturs smiltsērķšķu augļos.
- Pārtikas un veterinārā dienesta Nacionālā diagnostikas centra Pārtikas un vides izmeklējumu laboratorijā (taukskābju saturs smiltsērķšķu eļļā un spiedpaliekās).

Pētījuma objekts – Latvijā plašāk audzēto smiltsērķšķu (*Hippophae rhamnoides* L.) šķirņu augļi, kas ievākti SIA „Baltplant”, Dobeles rajonā 2004. un 2005. gadā, kā arī četri M.A. Lisavenko vārdā nosauktā zinātniski pētnieciskajā institūtā Barnaulā no sēklām iegūtu brīvās apputes elites sēklaudžu (hibrīdu) (*Hippophae rhamnoides* L.) augļi.

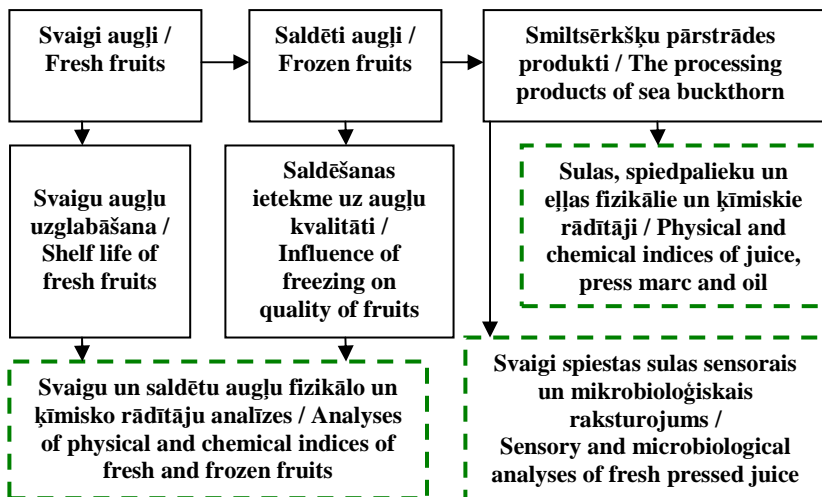
Šķirnes:

- **‘Augustinka’** – augļi tumši dzelteni ar vāji izteiktu tumšāku plankumu pie kātiņa, cilindriski ovālas formas, augļa vidējā masa 0.58g;
- **‘Prozračnaja’** – augļi gaiši oranži, ar tumšākiem plankumiem abos galos, mucveida, augļa vidējā masa 0.72g;
- **‘Botaničeskaja Ļubitelckaja’** – augļi dzelteni, ovāli, iegareni, augļa vidējā masa 0.55g;
- **‘Podarok Sadu’** – augļi dzelteni oranži, ovāli, lieli, augļa vidējā masa 0.76g;
- **‘Trofimovskaja’** – augļi oranži sarkani, ovāli, iegareni, augļa vidējā masa 0.46g;
- **‘Lučistaja’** – augļi gaiši dzelteni, ovāli, augļa vidējā masa 0.60g.

Sēklaudži (hibrīdi):

- **Nr. 1.4.** – augļi dzelteni, gareni, augļa vidējā masa 0.39g;
- **Nr. 1.5.** – augļi oranži sarkani, gareni, augļa vidējā masa 0.36g;
- **Nr. 3.1.** – augļi oranži, ovāli, augļa vidējā masa 0.30g;
- **Nr. 3.2.** – augļi dzelteni oranži, ovāli ar tumšiem plankumiem galos, augļa vidējā masa 0.38g.

Svaigu un saldētu smiltsērķšķu augļu un to pārstrādes produktu fizikālie un ķīmiskie rādītāji un to izmaiņas uzglabāšanas laikā noteikti atbilstoši pētījumu shēmai 1. attēlā.



1. att. Svaigu un saldētu smiltsērķšķu augļu un to pārstrādes produktu fizikālo un ķīmisko rādītāju analīzes shēma

Fig. 1. Analyses scheme of physical and chemical indices of fresh and frozen sea buckthorn fruits and their processing products

Smiltsērķšķu augļu sagatavošana uzglabāšanai un pārstrādei

Svaigus augļus, atdzesētus līdz +4 °C, uzglabā izvēlētos režīmos:

- modificēta gāzu vide (MAP), ievadītā gāzu maisījuma sastāvs: 10% O₂, 10% CO₂ un 80% N₂; augļi ievietoti termoformētās kārbās ML 620, kuru izmēri 210x148x35 mm, aizkausēšanai izmantota laminēta plēve *Tecnopack*, tās sastāvs PET/adhesive/PP, biezums 64 mikroni, stiepes izturība – 15.67 m² kg⁻¹, O₂ caurlaidība – 110 ml m⁻² 24h⁻¹, H₂O caurlaidība – 10 g m⁻² 24h⁻¹. Augļu masa katrā kārbā 130 ± 0.6g, trauciņi aizkausēti iekārtā *TECNOVAC Pratica*.
- kontroles paraugi termoformētās kārbās ML 620 iepakoti gaisa vidē; kārbas aizkausētas iekārtā *TECNOVAC Pratica*;
- iepakojums trīs dažāda biezuma PP maisiņos (25; 33 un 61 μm) gaisa vidē, augļu masa katrā iepakojumā 130 ± 0.6 g, maisiņi aizkausēti laboratorijā ar aizkausēšanas iekārtu *Severin Folio* ☞

Paraugi uzglabāti komercsistēmā lietojamā aukstumkamerā *Comercial Freezer/Cooler "Elcold"* $+4 \pm 1$ °C temperatūrā. Temperatūras režīmu produkta uzglabāšanas laikā vitrīnā kontrolē ar temperatūras datu uzkrājēju *MINILog, Gresinger Electronic*. Analīzes veiktas divos atkārtojumos iepakojumā PP maisiņos ik pēc septiņām dienām, modificētā gāzu vidē termoformētās kārbās ML 620 ik pēc desmit dienām. Eksperimenta kopējais ilgums 50 dienas.

- Smiltsērķšķu augļu pārstrādes produkti iegūti, augļus saldējot firmas „PORKKA BF 710” saldējamā iekārtā -25 ± 1 °C temperatūrā. Sasaldētos augļus iepakoja polipropilēna maisos (10–15 kg katrā) un uzglabāja aukstuma kamerā „VTK 201 V” -18 ± 1 °C temperatūrā trīs mēnešus.

Sula no smiltsērķšķu augļiem tika iegūta izmantojot divu veidu iekārtas: groza tipa sulu spiedni „VORAN 60K” un skrūves tipa sulu spiedni „CONDO LINE”.

Pēfītas sulas trīs atšķirīgas ieguves metodes:

- **spiešana:** saldēti smiltsērķšķu augļi (10 kg) atļaidināti istabas temperatūrā ($+18 \pm 2$ °C) 24 stundas. Sula iegūta, lietojot groza tipa sulu spiedni „VORAN 60K” (spiediens 300 bar);
- **spiešana, augļus sasmalcinot:** saldēti smiltsērķšķu augļi (10 kg) atļaidināti istabas temperatūrā ($+18 \pm 2$ °C) 24 stundas. Sula iegūta, lietojot skrūves tipa sulu spiedni „CONDO LINE”, daļēji sasmalcinot augļu mizu;
- **spiešana, augļus uzkaršējot:** saldēti smiltsērķšķu augļi (10 kg) uzkaršēti dubultienu katlā ar ūdens apvalku līdz $+90$ °C (izturēšanas laiks piecas minūtes). Sula iegūta, lietojot groza tipa sulu spiedni „VORAN 60K” (spiediens 300 bar).

Sulas iznākums no smiltsērķšķu šķirņu augļiem noteikts ar katru no minētajām sulas ieguves metodēm.

Smiltsērķšķu sulas ķīmiskie rādītāji uzglabāšanas laikā noteikti sulai, kas paredzēta realizācijai tirdzniecības tīklā. Sula iegūta ar metodi *spiešana, augļus sasmalcinot*, pildīta 250 ml stikla pudelēs, pasterizēta $+85$ °C temperatūrā (izturēšanas laiks piecas minūtes) un uzglabāta atdzesētā telpā $+4 \pm 2$ °C sešus mēnešus, analīzes veiktas divos atkārtojumos tūlīt pēc pasterizēšanas un ik pēc diviem mēnešiem.

Spiedpaliekas iepakotas polietilēna maisos, sasaldētas (-18 °C temperatūrā) un uzglabātas trīs mēnešus. Analizēšanai spiedpaliekas atļaidinātas un izkaltētas iekārtā „ORAKAS” ar piespiedu gaisa cirkulāciju $+40$ °C temperatūrā, kaltēšanas ilgums 48 stundas, pēc tam sasmalcinātas dzirnavās un uzglabātas iepakojumā polietilēna maisos tumšā vietā $+5$ °C

temperatūrā trīs mēnešus. Analīzes spiedpaliekām veiktas divos atkārtojumos tūlīt pēc izkaltēšanas un pēc 90 dienu glabāšanas.

Svaigiem, saldētiem smiltsērķšķu augļiem un to pārstrādes produktiem noteikts:

1) ķīmiskais sastāvs:

- **šķīstošās sausas saturs (^oBrix)** svaigiem un saldētiem augļiem, sulai (ISO 2173:2003) un spiedpaliekām (ISO LVS 249 – 2000) noteikts 20 °C temperatūrā ar digitālo refraktometru ATAGO N20 (mērinstrumenta kļūda ±0.1%);

- **kopējais skābju saturs (%)** svaigiem un saldētiem augļiem, sulai un spiedpaliekām noteikts, titrējot ar 0.1N NaOH (ISO 750 – 1998);

- **askorbīnskābes (C vitamīna) saturs (mg 100g⁻¹)** svaigiem, saldētiem augļiem un sulai noteikts ar joda metodi (T-138-15-01:2002);

- **kopējais fenolu saturs (mg 100g⁻¹)** svaigiem, saldētiem augļiem, sulai un spiedpaliekām noteikts ar spektrometrijas metodi, lietojot UV-1650-PC spektrofotometru pie viļņa garuma 765 nm (Singleton u.c., 1999);

- **kopējais karotinoīdu un E vitamīna saturs (mg 100g⁻¹)** noteikts ar spektrometrijas metodi, kas izstrādāta, pamatojoties uz literatūrā minētām metodēm (Полюдек-Фабини и Бейрих, 1981; Сиггиа и Ханна, 1983; Ермакова, 1987);

- **CO₂ un O₂ saturs svaigu augļu iepakojumā (%)** noteikts ar gāzu analizatoru OXYBABY[®] V O₂/CO₂.

2) fizikālie rādītāji:

- **polimēra maisiņu biezums (μm)** mērīts ar instrumentu „Electronic Digital Outside Micrometer” (precizitāte 1μm) sešās brīvi izvēlētās vietās;

- **krāsas izmaiņas** - noteiktas uzglabāšanas laikā ar „Color Tec PCM/PSM” iekārtu CIE L*a*b* krāsu sistēmā pēc 0; 7; 14; 21 dienām PP maisiņos iepakotiem augļiem un pēc 0; 10; 20; 30; 40 un 50 dienām augļiem, kas iepakoti termoformētās kārbās. Augļus ievieto stikla trauciņā (diametrs 5 cm), analizatoru novieto uz augļiem desmit dažādās vietās, nosakot L*, a* un b* vērtības. Krāsas izmaiņas katrā pētījumā noteiktas diviem iepakojumiem.

Smiltsērķšķu sulas krāsas noteikšanai to ielej krāsu analizatora „ColorSoft QCW” trauciņā līdz atzīmei. Krāsas izmaiņas smiltsērķšķu sulai noteiktas 15 atkārtojumos. Svaigi spiesta smiltsērķšķu sula pēc īsa laika noslāņojas, tas apgrūtina objektīvu ķīmisko analīzi – kopējo karotinoīdu satura un arī krāsas raksturlielumu L*, a* un b* noteikšanu. Lai iegūtu precīzāku

rezultātu, pirms analīžu veikšanas smiltsērķšķu sula sajaukta ar magnētisko maisītāju. Maisīšanas ilgums – viena minūte.

- **sulas iznākums** noteikts, izmantojot verificētus svarus CAS 150 (Digital computing scale) ar precizitāti ± 0.05 kg, aprēķinot sulas daudzumu % no kopējās augļu masas;

- **augļu mehāniskā izturība ($N\ m^{-2}$)** noteikta svaigiem augļiem iepakojumā uzglabāšanas laikā ar spēka – deformācijas testu ar iekārtu UTM (*Ultra Test Mecmesin – basic force gauge BFG 1000 N*). Augļu mehāniskā izturība ($N\ m^{-2}$) noteikta, spiežot vienu augli līdz mizas pārplīšanai, vidēji testējot 30 augļus;

- **eļļas saturs (%) noteikts** ar ekstrakcijas metodi;

- **spiedpalieku mitrums** noteikts % no kopējā svara ar iekārtu mitruma noteikšanai „Kern MLS 50-3” ar precizitāti 0.02 g 120 °C temperatūrā.

3) sensorās analīzes

Viens no pētījuma uzdevumiem – pārbaudīt, kā svaigas smiltsērķšķu sulas garšu ietekmē pievienotā saldviela. Smiltsērķšķu sulas paraugi ar pievienotām piecām dažādām saldvielām (1. tab.) sagatavoti Dobeles DSIS eksperimentālajā pārstrādes cehā.

1. tabula/ Table.1.

Smiltsērķšķu sulas pagatavošanas receptūra Receipt of preparing of sea buckthorn juice

Izejvielas / Raw materials	Parauga apzīmējums / Symbol of sample	Saturs, g / Content, g	Salduma pakāpe / Degree of sweetness
Smiltsērķšķu sula / Juice of sea buckthorn	-	300	-
Ūdens / Water	-	1000	-
Saldvielas / Sweet materials :			
Cukurs / Sugar	A	150	100
Fruktozes sīrups / Fructose syrup	B	213	70
Glikoze / Glucose	C	192	74-82
Vīnogu cukurs (glikoze) / Grapes sugar (glucose)	D	192	74-82
Medus / Honey	E	199	75

Pētījumā izmantotas šādas saldvielas:

- cukurs, Jelgavas cukurfabrika, Latvija (LVS 352 : 2002);
- fruktozes sīrups – 70%, izplatītājs SIA „Latrija”;
- glikoze, 100%, izplatītājs SIA „Farma Balt”;

- dabīgais vīnogu cukurs (glikoze), (Traubenzucker) ražotājs RUF Lebensmittelwerk KG (Vācija);
- medus, z/s „Upmaļi”, Dobeles raj.

Vērtēšana organizēta LLU Pārtikas tehnoloģijas fakultātes Pārtikas produktu sensorās vērtēšanas laboratorijā. Vērtēšanā piedalījās 25 vērtētāji, kuriem izsniedza piecas vienādas glāzītes, kas bija šifrētas ar nejauši izvēlētu trīsciparu skaitli, parauga lielums – 32 ml.

Paraugu sensorai novērtēšanai izmantots sarindošanas tests (Strautniece, 2004). Iegūtie rezultāti analizēti, izmantojot Frīdmana testu, saskaņā ar standarta ISO 8587:1988 (E) – Ranking norādēm. Patīkamākā parauga noteikšanai izmantots Tjūkija tests (O' Mahony, 1986).

Sulas pagatavošanai izmantots ūdens (atbilstoši LR MK noteikumiem Nr. 235 „Dzeramā ūdens nekaitīguma prasības, monitorings un kontroles kārtība”).

4) mikrobioloģiskās analīzes noteiktas svaigai sulai un uzglabāšanas laikā pēc standarta ISO 7954, nosakot MAFA, raugu un pelējumu KVV skaitu vienā g parauga. Analīzes veiktas divos atkārtojumos ik pēc katrām 48 stundām. Uzglabāšanas temperatūra $+4 \pm 1$ °C, eksperimenta ilgums 11 dienas.

Datu matemātiskā apstrāde

Datu apstrāde veikta ar matemātiskās statistikas metodēm. Iegūtajiem rezultātiem aprēķināta vidējā aritmētiskā vērtība, standartnovirze, vienfaktora un daudzfaktoru dispersijas analīze ar atkārtojumiem, kā arī izmantota dispersijas un regresijas analīze, lietojot Microsoft *Excel for Windows 7.0* un SPSS programmas SPSS 11.5 paketi. Dispersijas analīzē atšķirību skaidrošanai starp pētītajiem paraugiem izmantots Sheffe kritērijs. Sakarību ciešums starp noteiktajiem rādītājiem noteikts pēc Pīrsona (Pearson) korelācijas analīzes.

Izmantojot Hierarhiju analīzes un daudzkritēriju (integrētā novērtējuma) pamatprincipus (Мартинов, 1987) un aprēķinot vairāku kvalitatīvo rādītāju summu un **kvalitatīvo rādītāju koeficientu**, iespējams novērtēt un noteikt labākās smiltsērķšķu šķirnes un hibrīdus. Svaigiem, saldētiem smiltsērķšķu augļiem un to pārstrādes produktiem veikts integrētais novērtējums, lai noteiktu labākās šķirnes ar augstu bioloģiski aktīvo vielu saturu. Integrētais novērtējums dots arī sulas ieguves metodēm, lai noteiktu metodi, kuras rezultātā iegūtie produkti (sula un spiedpaliekas) satur visvairāk bioloģiski aktīvās vielas. Maksimālā kvalitatīvā rādītāja koeficienta vērtība tiek pieņemta par 1 ($0 < K < 1$). Vērtējumā iekļauti šādi kvalitatīvie rādītāji: šķīstošās sausas, kopējais skābju, karotinoīdu, fenolu, C, E vitamīna saturs smiltsērķšķu augļos un pārstrādes produktos; eļļas saturs augļos un augļu sulas daudzums.

Pētījumu rezultāti un diskusija

1. Smiltsērķšķu augļu ķīmiskā sastāva izvērtējums

Smiltsērķšķu (*Hippophae rhamnoides* L.) augļi ir viena no piemērotākajām izejvielām veselīgu pārtikas produktu ražošanai, jo satur lielu daudzumu bioloģiski aktīvu vielu, kas svarīgas cilvēka organismam.

Šķīstošās sausas, kopējais skābju, C, E vitamīna, karotinoīdu un fenolu saturs smiltsērķšķu augļos ir atkarīgs no meteoroloģiskajiem apstākļiem ražas ienākšanās periodā. Pārstrādei smiltsērķšķu augļus galvenokārt uzglabā saldētā veidā. Saldēšana un uzglabāšana saldētā veidā būtiski neizmaina smiltsērķšķu augļu ķīmisko sastāvu. Pētījumā analizēto saldēto smiltsērķšķu augļu ķīmiskā sastāva vidējās vērtības (2004. – 2005. gada ražai) norādītas 2. tabulā.

Viens no smiltsērķšķu kvalitatīvajiem rādītājiem ir šķīstošā sausa. Pētīto smiltsērķšķu šķirņu augļi vidēji satur 8.26 °Brix šķīstošās sausas, bet pētīto hibrīdu augļi – 8.62 °Brix. Smiltsērķšķu augļiem raksturīga patīkama skāba vai saldskāba garša bez rūgtuma. Smiltsērķšķu augļos galvenokārt atrodamas askorbīnskābe, ābolskābe, skābeņskābe un dzintarskābe, kas veido augļu kopējo skābumu. Kopējais skābju saturs pētīto smiltsērķšķu šķirņu augļos ir vidēji 2.98 %, bet pētīto hibrīdu augļos – 3.36 %.

Smiltsērķšķu augļiem ir raksturīgs liels C un E vitamīna saturs. Lielākais C vitamīna saturs noteikts hibrīda Nr. 3.2. augļos (224.72 mg 100g⁻¹), bet mazākais – šķirnes ‘Lučistaja’ augļos (66.6 mg 100g⁻¹). Salīdzinājumā ar Igaunijas zinātnieku pētījumiem Latvijā audzēto šķirņu ‘Augustinka’, ‘Botaničeskaja Ļubitelskaja’ un ‘Trofimovskaja’ augļos ir lielāks C vitamīna saturs, bet mazāks nekā Vācijā. Savukārt, salīdzinot C vitamīna saturu dažādos smiltsērķšķu hibrīdu augļos, pētījumā iegūtie dati ir līdzīgi Vācijā audzēto brīvās apputes hibrīdu augļos esošajam vitamīna saturam. C vitamīna veidošano smiltsērķšķu augļos nosaka attiecīgā ražas gada klimatiskie apstākļi.

E vitamīns smiltsērķšķu augļos ir gan augļu mīkstuma daļā, gan arī sēklās. Pētīto smiltsērķšķu hibrīdu augļi satur vairāk E vitamīnu (vidēji 30.80 mg 100g⁻¹) nekā izplatītāko šķirņu augļi (vidēji 22.97 mg 100g⁻¹). Pateicoties lielajam E vitamīna saturam, smiltsērķšķu augļu sula ir augstvērtīga izejviela dzērienu ražošanai.

Pētītajiem paraugiem būtiski atšķirīgs ir kopējais karotinoīdu saturs. Lielākais kopējo karotinoīdu saturs konstatēts šķirnes ‘Podarok Sadu’ un hibrīdu Nr. 3.1. un Nr. 1.5. augļos (attiecīgi, 20.65, 21.33 un 24.01 mg 100g⁻¹). Dažu šķirņu augļos kopējais karotinoīdu saturs 2005. gadā salīdzinot ar 2004. gadu, palielinājās, (‘Botaničeskaja Ļubitelskaja’ un ‘Prozračnaja’), bet šķirnes ‘Augustinka’ augļos savukārt samazinājās. Karotinoīdu satura veidošanos smiltsērķšķu augļos ietekmē gaisa temperatūra,

saullaino stundu skaits, kā arī skaidru un mākoņainu dienu skaits veģetācijas periodā.

Kopējais fenolsavienojumu daudzums smiltsērķšķu augļos variē plašās robežās no 105.36 mg 100g⁻¹ (šķirnes 'Prozračnaja' augļos) līdz 260.93 mg 100g⁻¹ (hibrīda Nr. 3.2. augļos). Pētījumā novērots, ka dažos smiltsērķšķu augļu paraugos kopējais fenolu saturs 2005. gadā bija lielāks ('Prozračnaja', 'Lučistaja' un 'Podarok Sadu'), nekā 2004. gadā. Taču pārējos paraugos 2005. gadā novērots mazāks kopējo fenolu saturs, ko var ietekmēt atšķirīgie laika apstākļi augšanas periodā.

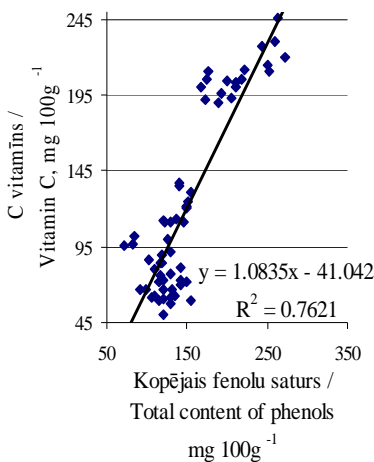
Viens no svarīgākajiem smiltsērķšķu augļu kvalitātes rādītājiem ir eļļas saturs augļos. Latvijā audzēto smiltsērķšķu augļu eļļas saturs bija vidēji 4.97% no svaigu augļu masas. Starp pētāmajiem paraugiem ar augstu eļļas saturu pārējo paraugu vidū izcēlās smiltsērķšķu hibrīda Nr. 3.1. augļi – 7.02%. Eļļas saturs Latvijā audzētos smiltsērķšķu augļos konstatēts līdzīgs kā Austrumeiropā audzētos augļos.

2.tabula / Table 2.

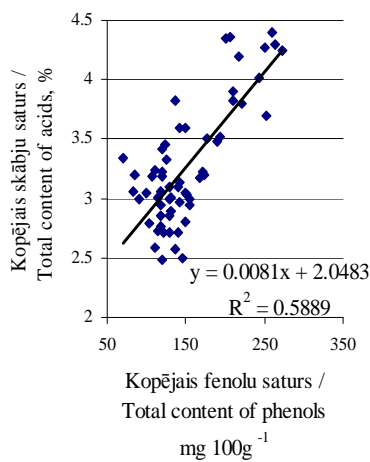
Saldētu smiltsērķšķu augļu kvalitatīvie rādītāji Qualitative indices of frozen sea buckthorn fruits

Šķirnes, hibrīda nosaukums / Name of variety and hybrid	Šķīstošās sausas saturs / Soluble solids, °Brix	Kopējais skābju saturs / Total content of acids, %	C vitamīns / Vitamin C, mg 100g ⁻¹	E vitamīns / Vitamin E, mg 100g ⁻¹	Kopējais karotinoīdu saturs / Total content of carotenoids mg 100g ⁻¹	Kopējais fenolu saturs / Total content of phenols mg 100g ⁻¹	Kopējais eļļas saturs / Total content of oil, %
Nr. 1. 4.	8.40	3.35	199.46	29.75	16.24	179.35	5.1
Nr. 1. 5.	8.30	2.54	128.25	32.38	24.01	147.47	3.2
Nr. 3. 1.	9.31	3.38	203.28	29.71	21.33	210.95	7.0
Nr. 3. 2.	8.48	4.16	224.72	31.36	18.76	256.66	4.1
'Prozračnaja'	8.21	3.06	71.49	26.71	12.90	99.57	4.6
'Podarok Sadu'	7.76	2.71	99.25	31.92	20.65	129.40	5.5
'Botaničeskaja Ļubitelskaja'	7.92	2.92	69.39	17.01	10.24	138.25	4.7
'Lučistaja'	8.50	2.70	66.60	16.41	8.43	121.24	4.9
'Augustinka'	8.31	3.02	80.71	17.17	17.67	117.35	5.2
'Trofimovskaja'	8.83	3.50	88.55	28.60	16.11	132.48	5.4

Izpētot savstarpējo sakarību starp dažādu smiltsērķšķu augļu ķīmiskajiem rādītājiem, var secināt, ka pastāv cieša korelācija (korelācijas koeficients $|r| > 0,8$) starp kopējo fenolu un C vitamīna saturu un vidēji cieša korelācija starp kopējo skābju un kopējo fenolu saturu ($0.5 < |r| < 0,8$) (2. un 3. att.). Zinātniskie pētījumi liecina, ka kopējo skābju saturu smiltsērķšķu augļos galvenokārt veido askorbīnskābe. Viena no pirmajām un plaši izplatītākajām teorijām, kas skaidro augu polifenolu bioloģisko efektivitāti, pamatojas uz polifenolu ciešu saistību ar askorbīnskābi. Fenolu savienojumi stabilizē askorbīnskābi augos un augu izcelsmes produktos. Askorbīnskābe neiedarbojas kā polifenoloksidāzes inhibitors, bet atjauno tās oksidētos fenolus (Барабой, 1976). Ar to skaidrojama smiltsērķšķos esošo fenolu savienojumu un askorbīnskābes pozitīvā korelācija.



2. att. C vitamīna un kopējā fenolu satura korelācija saldētos smiltsērķšķu augļos
Fig. 2. Correlation between vitamin C and total content of phenols in frozen sea buckthorn fruits



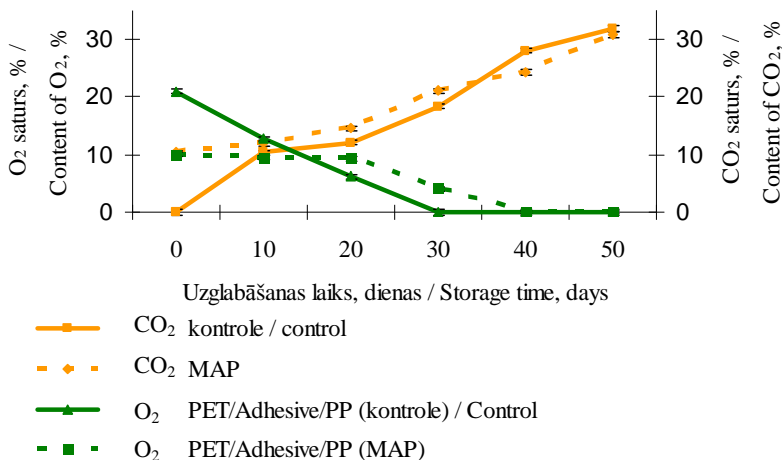
3. att. Kopējā fenolu un skābju satura korelācija saldētos smiltsērķšķu augļos
Fig. 3. Correlation between total content of phenols and acids in frozen sea buckthorn fruits

Pētījuma laikā iegūtie rezultāti uzskatāmi pierāda, ka plašāk izplatīto šķirņu augļos bioloģiski aktīvo vielu saturs ir mazāks nekā smiltsērķšķu hibrīdu augļos. Tāpēc novērtētos smiltsērķšķu hibrīdus ieteicams izmantot kā izejmateriālu tālākai selekcijai, lai iegūtu jaunas smiltsērķšķu šķirnes ar iespējami augstāku bioloģiski aktīvo vielu klātbūtni.

2. Svaigu smiltsērķšķu augļu uzglabāšana

Svaigos smiltsērķšķu augļos uzglabāšanas laikā notiek fizikālo un ķīmisko rādītāju izmaiņas. Intensīvas elpošanas rezultātā iepakojumā veidojas anaeroba vide, kas veicina C vitamīna satura samazināšanos.

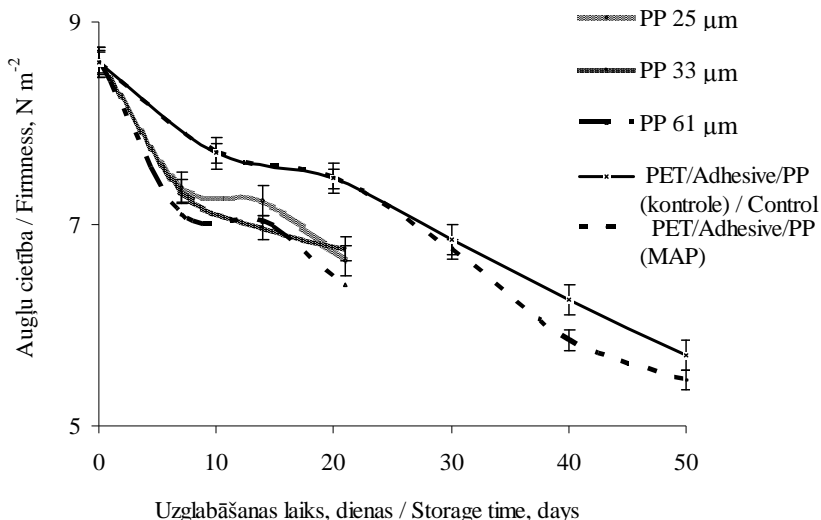
Eksperimenta sākumā smiltsērķšķu augļi tika iepakoti termoformētās PP kārbās divējādi: gaisa vidē (0,03% CO₂ un 21% O₂) – kontroles iepakojums, un, radot kārbās modificētu gāzu vidi, kuras sastāvs ir atbilstošs rekomendētai līdzsvara modificētai videi – 10% O₂, 10% CO₂ un 80% N₂. Analizējot gāzu sastāvu iepakojumos uzglabāšanas laikā, var secināt, ka izvēlētais iepakojuma materiāls ar augstām barjerīpašībām saglabā optimālos augļu uzglabāšanai rekomendētos apstākļus tikai aptuveni 15 – 20 dienas (4. att.). Turpinot uzglabāšanu, iepakojumā O₂ koncentrācija samazinās līdz nullei un veidojas nelabvēlīgi anaerobie apstākļi, kas veicina augļu bojāšanos.



4. att. CO₂ un O₂ satura izmaiņas iepakojumā uzglabāšanas laikā
Fig. 4. Changes of CO₂ and O₂ content in package during storage

Nogatavošanās procesu ietekmē smiltsērķšķu augļi uzglabāšanas laikā kļūst mīkstāki. Par to liecina augļu mizas mehāniskās izturības samazināšanās. Pēc 20 uzglabāšanas dienām termoformētās PP kārbās iepakotu smiltsērķšķu augļu saspiešanas spēks ir samazinājies no 8.1 N m⁻² līdz 6.95 N m⁻², bet polipropilēna maisiņos iepakotiem augļiem – līdz 6.1 N m⁻² (5. att.). Smiltsērķšķu augļu cietība termoformēto PP kārbās iepakojumā (gan kontroles paraugā, gan arī MAP vidē) tikai pēc 30 uzglabāšanas dienām ir samazinājies līdz 6.3 N m⁻². Tātad iepakojums termoformētās kārbās ar

izvēlēto modificēto gāzu vidi rada mazāk kaitīgu ietekmi uz augļu struktūru, salīdzinot ar iepakojumu polipropilēna maisiņos.

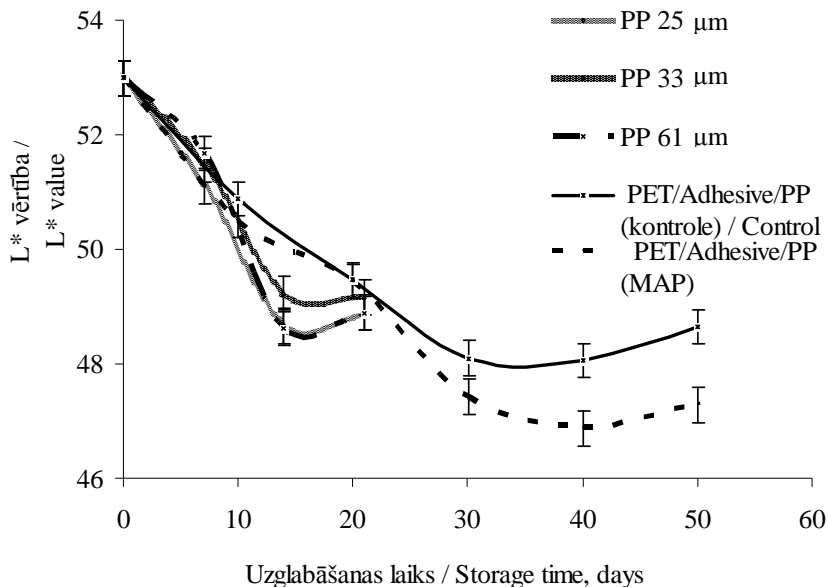


5. att. Smiltsērķšķu augļu cietības izmaiņas uzglabāšanas laikā
Fig. 5. Changes of firmness of sea buckthorn fruits during storage

Uzglabāšanas laikā izmainās smiltsērķšķu augļu virskrāsa – samazinās L^* vērtība (CIE $L^*a^*b^*$ sistēmā). Eksperimenta sākumā augļu krāsas intensitātes L^* vērtība bija 52.99 (6. att.). Uzglabāšanas laikā L^* vērtība visos paraugos samazinās – augļi kļūst tumšāki. Pēc 14 dienām dažāda biezuma polipropilēna maisiņos iepakotiem smiltsērķšķu augļiem L^* vērtība samazinās no 52.99 līdz 48.84, bet termoformētās kārbīnās abās iepakojuma vidēs no 52.99 līdz 50. Turpmākajā augļu uzglabāšanas laikā polipropilēna maisiņos iepakotiem augļiem L^* vērtība nedaudz pieaug. Termoformētās PP kārbīnās iepakotajiem augļiem abās iepakojuma vidēs 30 uzglabāšanas dienu laikā L^* vērtība samazinās vidēji par 10%. Turpmākajā uzglabāšanas laikā L^* vērtībai ir tendence samazināties, bet 40. uzglabāšanas dienā L^* vērtība nedaudz pieaug, kas saistīts ar pelējumu veidošanos uz augļiem. Polipropilēna maisiņos iepakotiem augļiem pelējumu veidošanās novērota pēc 21 uzglabāšanas dienas, bet termoformētās kārbīnās iepakotajiem augļiem – tikai pēc 50 dienām.

Eksperimentālie dati liecina, ka svaigus smiltsērķšķu augļus ir iespējams uzglabāt līdz 30 dienām, būtiski neizmainot to organoleptiskās īpašības, kā iepakojuma materiālu izmantojot termoformētās PP kārbīņas, kas aizkausētas ar PET/adhesive/PP plēvi, gan sākotnēji iepakojot gaisa vidē, gan jau pirms

aizkausēšanas kārbās radot izmainītu vidi (EMAP) – 10% O₂, 10% CO₂ un 80% N₂, kā tas rekomendēts svaigu augļu uzglabāšanai.



6. att. Smiltsērķšķu augļu krāsas intensitātes L* vērtības izmaiņas uzglabāšanas laikā

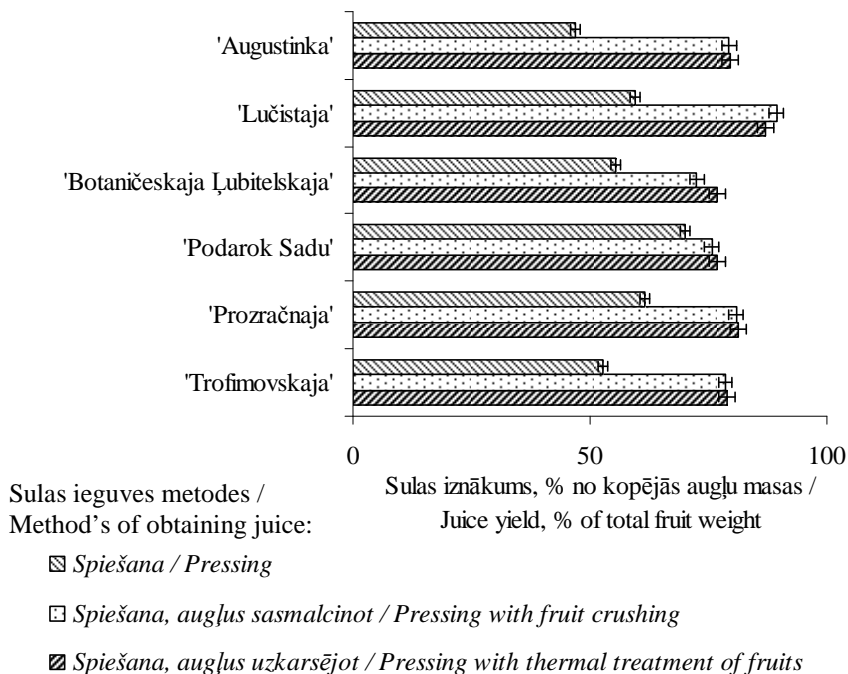
Fig. 6. Changes of colors intensity L* value of sea buckthorn fruits during storage

Smiltsērķšķu augļu fizikāli ķīmisko rādītāju izmaiņas kontroles iepakojumam gaisa vidē, un sākotnēji iepakojumā radot līdzsvara modificētās vides sastāvu, nebija būtiskas. Tas nozīmē, ka praktiski svaigus smiltsērķšķu augļus izvēlētajā materiālā – termoformētās PP kārbīnās, kas aizkausētas ar laminētu PET/adhesive/PP plēvi, var iepakot gaisa vidē, neradot papildu izdevumus, veidojot modificēto gāzu vidi. Dažāda biezuma (25; 33 un 61 μm) polipropilēna maisiņi nav ieteicami svaigu smiltsērķšķu augļu uzglabāšanai.

3. Sulas ieguves metožu analīze no smiltsērķšķu augļiem

No dažādu smiltsērķšķu šķirņu augļiem sulas iznākums ir atšķirīgs. Eksperimentāli noskaidrots, ka ar *spiešanas* metodi groza tipa spiednē „Voron 60K” sulas iznākums ir vidēji 57.7% (7.att.). Visvairāk sulas iegūts no šķirņu ‘Podarok Sadu’, ‘Prozračnaja’ un ‘Lučistaja’ augļiem (attiecīgi, 70.0; 61.6 un 59.4%), bet vismazāk – no šķirnes ‘Augustinka’ augļiem (46.9%). Tas skaidrojams ar augļu gatavības pakāpi un mizas biezumu. Augļus papildus

pirms sulas spiešanas apstrādājot (sasmalcinot vai uzkarsējot), sulas iznākumu var palielināt vidēji par 22%. Lielākais sulas iznākums, smiltsērķšķu augļus pirms spiešanas uzkarsējot, iegūts no šķirņu 'Lučistaja', 'Prozračnaja' un 'Augustinka' augļiem, vidēji iegūstot 81.0% sulas.



7. att. Smiltsērķšķu augļu sulas iznākums
Fig. 7. Juice yield of sea buckthorn fruits

Smiltsērķšķu augļu kvalitatīvo rādītāju saturs ir atkarīgs ne tikai no izmantotās šķirnes, bet arī no sulas ieguves metodes.

Šķīstošās sausas satur smiltsērķšķu sulā, kas iegūta ar *spiešanas* metodi, ir vidēji 8.56 °Brix, bet, izmantojot abas pārējās sulas ieguves metodes, nedaudz mazāks – vidēji 8.05 un 7.99 °Brix. Tas skaidrojams ar šķīstošās sausas raksturojošo komponentu (galvenokārt kopējo skābju un cukuru) ekstrahēšanos sulā, tās ieguves procesā.

Kopējo skābju saturs smiltsērķšķu sulā būtiski neatšķiras no izmantotās sulas ieguves metodes, vidēji tas ir 3.1%.

Vismazākais C vitamīna saturs (vidēji 108.65 mg 100g⁻¹) noteikts smiltsērķšķu sulā, kas iegūta ar metodi *spiešana, augļus uzkarsējot*, bet vislielākais (122.27 mg 100g⁻¹) – sulā, kas iegūta ar metodi *spiešana, augļus*

sasmalcinot. Mazāk C vitamīna (vidēji 114.89 mg 100g⁻¹) satur sula, kuras ieguvē izmantota vienkāršā *spiešanas* metode. Dažādās augļu daļās C vitamīna saturs nav vienāds – mizā C vitamīna saturs ir ievērojami lielāks nekā augļa vidējā daļā. C vitamīns sulas ieguves procesā gaisa skābekļa klātbūtnē sadalās, taču smiltsērķšķu augļos esošo fenolu savienojumu klātbūtne aizkavē C vitamīna sadalīšanos.

E vitamīna saturs smiltsērķšķu augļu sulā ir nozīmīgs tās uzturvērtības rādītājs. Plašāk lietoto augļu un ogu (ābolu, plūmju, aveņu, upeņu, zemeņu u.c.) sulas nav bagātas ar E vitamīnu, tādēļ smiltsērķšķu sulu ieteicams lietot uzturā kā vienu no iespējamiem E vitamīna avotiem. Nosakot E vitamīna saturu Latvijā audzēto smiltsērķšķu augļu sulā, secinām, ka tas vidēji ir 20.6 mg 100g⁻¹. Vismazākais E vitamīna saturs noteikts smiltsērķšķu augļu sulā, kas iegūta ar *spiešanas metodi* (vidēji 13.86 mg 100g⁻¹), bet ar metodēm *spiešana, augļus sasmalcinot, un spiešana, augļus uzkarsējot* vitamīna saturs ir lielāks (attiecīgi, 22.3 un 25.65 mg 100g⁻¹).

Kopējais karotinoīdu saturs smiltsērķšķu sulā būtiski atšķiras, salīdzinot sulas ieguves metodes. Sulā, kas iegūta ar *spiešanas metodi*, vidējais kopējais karotinoīdu saturs ir 7.42 mg 100g⁻¹, savukārt pirms sulas iegūšanas augļus papildus apstrādājot (sasmalcinot vai uzkarsējot), kopējais karotinoīdu saturs palielinās (attiecīgi, 12.63 un 16.36 mg 100g⁻¹). Smiltsērķšķu augļu smalcināšana un karsēšana nodrošina labāku E vitamīna un karotinoīdu ekstrahēšanos sulā.

Augļus pirms spiešanas sasmalcinot, kopējais fenolu saturs sulā vidēji ir 131.2 mg 100g⁻¹, nedaudz mazāk –121.63 mg 100g⁻¹ ir sulā, kas iegūta ar *spiešanas metodi*, bet nedaudz vairāk –143.22 mg 100g⁻¹ ir sulā, augļus pirms spiešanas uzkarsējot. Kopējais fenolu saturs sulā ir būtiski atšķirīgs pētītajiem paraugiem. To nosaka fenolskābju, kumarīnu un to atvasinājumu, flavanoīdu un citu polifenolu savienojumu saturs smiltsērķšķu augļos.

Smiltsērķšķu sulas iegūšanas procesā veidojas **spiedpaliekas**, kas tāpat kā sula satur cilvēka organismam svarīgas bioloģiski aktīvas vielas, tajā skaitā dabīgos antioksidantus – E un C vitamīnus, karotinoīdus un polifenolus. Smiltsērķšķu spiedpaliekas satur gan mizu un nedaudz arī mīkstuma daļu, gan sēklas. Sulas ieguvē lietojot *spiešanas metodi*, spiedpaliekas satur visu augļu mizas daļu. No šādām spiedpaliekām, tās izkaltējot un atdalot atsevišķi mizas un sēklas, iespējams iegūt gan smiltsērķšķu mizas daļas, gan sēklu eļļu.

Šķīstošās sausas, kopējo skābju, C, E vitamīnu, karotinoīdu un fenolu saturs spiedpaliekās ir atkarīgs no mizas daļas daudzuma, kas, atkarībā no sulas ieguves metodes, paliek spiedpaliekās. Izvērtējot ar dažādām sulas ieguves metodēm iegūto smiltsērķšķu spiedpalieku ķīmisko sastāvu, var secināt, ka pastāv sakarība starp bioloģiski aktīvo vielu saturu smiltsērķšķu sulā un

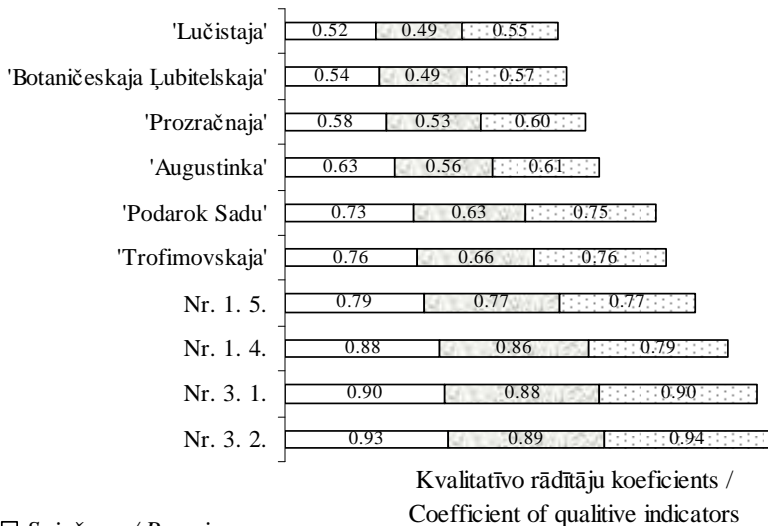
spiedpaliekās: jo mazāks ir E vitamīna, kopējais karotinoīdu un kopējais fenolu saturs smiltsērķšķu sulā, jo lielāks tas ir spiedpaliekās.

Lai izvērtētu pētīto smiltsērķšķu šķirņu un hibrīdu piemērotību pārstrādei, veikts integrētais novērtējums, aprēķinot kvalitatīvo rādītāju koeficientu. Koeficienta vērtējumā iekļauti šādi rādītāji: šķīstošās sausas, kopējais skābju, karotinoīdu, fenolu, C, E vitamīna saturs smiltsērķšķu augļos un pārstrādes produktos; eļļas saturs augļos un augļu sulas daudzums. Aprēķinot pētījumā izmantoto paraugu kvalitatīvo rādītāju koeficientu ($0 < K < 1$), var secināt, ka, smiltsērķšķu sulas ieguvē izmantojot dažādas metodes, sula ar lielāku bioloģiski aktīvo vielu saturu iegūta no smiltsērķšķu hibrīdu augļiem (8. att.):

- *spiešana* – $K = (0.79 - 0.93)$;
- *spiešana, augļus sasmalcinot* – $K = (0.77 - 0.89)$;
- *spiešana, augļus uzkarsējot* – $K = (0.77 - 0.94)$.

Salīdzinot pētītās izplatītākās smiltsērķšķu šķirnes, lielākie kvalitatīvo rādītāju koeficienti ir šķirņu 'Podarok sadu' un 'Trofimovskaja' augļiem:

- *spiešana* – $K = (0.73 - 0.76)$;
- *spiešana, augļus sasmalcinot* – $K = (0.63 - 0.66)$;
- *spiešana, augļus uzkarsējot* – $K = (0.75 - 0.76)$.



- Spiešana / Pressing*
- Spiešana, augļus sasmalcinot / Pressing with fruit crushing*
- Spiešana, augļus uzkarsējot / Pressing with thermal treatment of fruits*

8. att. Smiltsērķšķu šķirnes un hibrīdu novērtējums dažādām sulas ieguves metodēm

Fig. 8. Evaluation of varieties and hybrids of sea buckthorn depending at juice obtaining method

Smiltsērķšķu sulas ieguves metožu izvērtējums ir svarīgs ražotājiem, lai izvēlētos primāro pārstrādes produktu – sulu ar lielu bioloģiski aktīvo vielu saturu vai augstvērtīgas spiedpaliekas eļļas ražošanai.

4. Saldinātas smiltsērķšķu augļu sulas sensorais novērtējums

Smiltsērķšķu sula ir skāba, un tās garšas uzlabošanai nepieciešams pievienot kādu saldvielu: cukuru, fruktozi, glikozi, medu u.c. Veiktajā pētījumā paraugu sensorai novērtēšanai izmantots sarindošanas tests, kura rezultātā vērtētāji sarindo paraugus pēc patikšanas pakāpes. Smiltsērķšķu sulai pievienotā saldviela būtiski ietekmē tās garšas sensorās īpašības ($p = 0.00$). Tīklā testa rezultātu novāda, ka patīkamākie paraugi ir tie, kuriem pievienots cukurs un fruktozes sīrups (3. tab.).

Sarindošanas testa rezultāti atklāja, ka smiltsērķšķu augļu sulas pagatavošanā cukuru var aizstāt ar fruktozes sīrupu un tas būtiski neizmaina produkta patikšanas pakāpi. Cukura aizstāšana ar fruktozes sīrupu ir svarīgs faktors, lai smiltsērķšķu augļu sulu uzturā varētu lietot arī diabētiķi.

3. tabula / Table 3.

Smiltsērķšķu sulas paraugu sarindošanas testa rezultāti Results of ranking test of sea buckthorn juice samples

Smiltsērķšķu sulas paraugi / Samples of sea buckthorn juice	Rindu summa / Ranking summ	Vidējais rindu summas lielums / Average of ranking summ
B (Fruktozes sīrups / Fructose syrup)	43 ^{a*}	1.72
A (cukurs / Sugar)	63 ^a	2.52
C (glikoze / Glucose)	82 ^{ab}	3.28
E (medus / Honey)	84 ^{ab}	3.36
D (vīnogu cukurs (glikoze) / Grapes sugar (glucose))	103 ^b	4.12

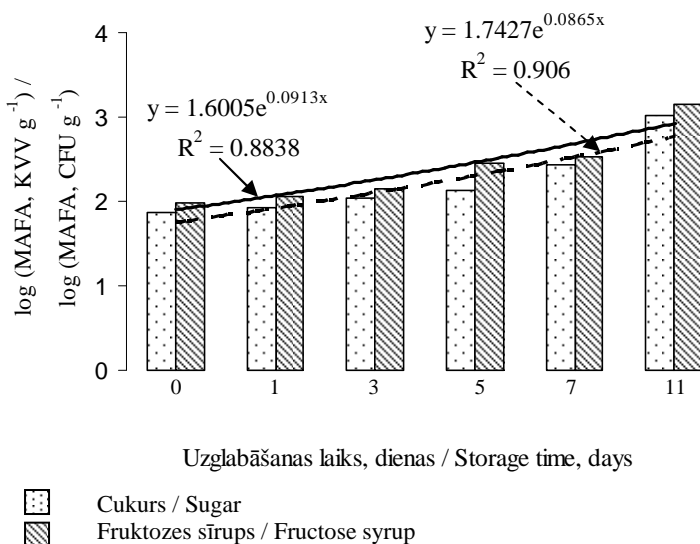
a*- ar vienādu burtu apzīmētās rindu summas nav būtiski atšķirīgas pie $p=0.05$ /
ranking summ marked with the same letter are not significantly at $p=0.05$

5. Svaigas smiltsērķšķu augļu sulas mikrobioloģiskais izvērtējums

Svaigas smiltsērķšķu sulas uzglabāšanas laiks atdzesētā veidā ir īss, jo sulā esošie mikroorganismi paātrina tās bojāšanos un saīsina uzglabāšanas laiku.

Analizējot iegūtos datus par mezofīli aerobo un fakultatīvi anaerobo (MAFA) koloniju veidojošo vienību (KVV) skaitu svaigā smiltsērķšķu sulā secināts, ka nepastāv būtiska atšķirība starp sulām ar pievienotajām saldvielām (cukuru un fruktozes sīrupu) ($p = 0.58$) (9.att.). Pētījuma sākumā MAFA skaits smiltsērķšķu sulā ar cukuru ir vidēji 97 KVV g^{-1} , bet ar fruktozes sīrupu – 72 KVV g^{-1} . Visā sulas uzglabāšanas laikā (11 dienas), MAFA KVV skaits svaigā smiltsērķšķu sulā pieauga 14 reizes, gan saldīnot ar fruktozes sīrupu, gan ar cukuru (attiecīgi, 1036 un $1397.3 \text{ KVV g}^{-1}$).

Svaigu, ātri bojājošos produktu mikrobioloģiskais piesārņojums nedrīkst pārsniegt ES Komisijas regulā (EK) Nr. 2073/2005 norādītās prasības, vai pašu uzņēmumā izstrādātos rādītājus konkrētam produkta veidam. Svaigu un nepasterizētu sulu ieteicamie mikrobioloģiskie rādītāji: MAFA – ne vairāk kā 5000 KVV g^{-1} , raugu un pelējumu skaits – ne vairāk kā 50 KVV g^{-1} . Pētījumā iegūtie dati liecina, ka kopējais MAFA KVV skaits smiltsērķšķu sulā nepārsniedz ieteiktos maksimālos rādītājus. Tas skaidrojams ar smiltsērķšķu sastāvā esošo fenolu savienojumu (flavanoīdu un fenolskābju) antimikrobiālo iedarbību.



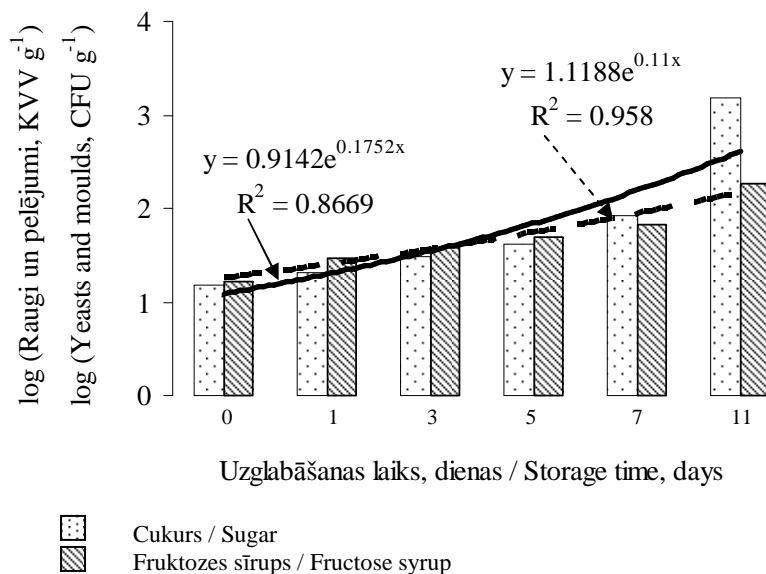
9. att. MAFA dinamika smiltsērķšķu sulā uzglabāšanas laikā
Fig. 9. The dynamic of MAFA in sea buckthorn juice during shelf life

Pētījuma sākumā vidējais raugu un pelējumu daudzums visos sulas paraugos ir $10 - 20 \text{ KVV g}^{-1}$ ar fruktozes sīrupu, bet no 10 līdz 25 KVV g^{-1} ar

cukuru. Pirmajās trīs uzglabāšanas dienās nav novērota būtiska atšķirība ($p = 0.07$) starp visiem pētījumā izmantotajiem paraugiem (10.att.).

Pēc septiņām sulas uzglabāšanas dienām paraugiem ar fruktozes sīrupu raugu un pelējumu skaits pieaug piecas reizes (86 KVV g^{-1}) salīdzinājumā ar pētījuma sākumu. Savukārt sulas paraugos, kam pievienots cukurs raugu un pelējumu skaits pieaug vidēji četras reizes (līdz 67.2 KVV g^{-1}). Turpinot pētījumu, secinām, ka pēc 11 sulas uzglabāšanas dienām gan sula ar fruktozes sīrupu, gan arī sula ar cukuru nav droši lietojamas uzturā. Par to norāda liels raugu un pelējumu skaits sulā (ar fruktozes sīrupu vidēji $1526.1 \text{ KVV g}^{-1}$ un ar cukuru 184.8 KVV g^{-1}).

Apkopojot eksperimentāli iegūtos datus, var secināt, ka ieteicamais svaigas smiltsērķšķu sulas uzglabāšanas laiks atdzesētā veidā ($+4 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$) var būt ne vairāk kā piecas dienas.



10. att. Raugu un pelējumu attīstības dinamika smiltsērķšķu augļu sulā uzglabāšanas laikā

Fig. 10. The dynamic of yeasts and growth in sea buckthorn fruitjuice during shelf life

6. Ķīmisko rādītāju izmaiņas pasterizētā smiltsērķšķu augļu sulā

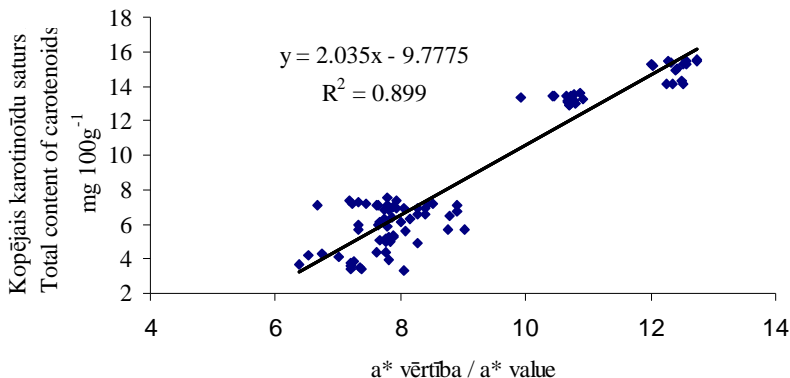
Pasterizētā smiltsērķšķu sulā uzglabāšanas laikā notiek ķīmiskā sastāva izmaiņas. C vitamīna zudumi sulā pēc sešu mēnešu uzglabāšanas sasniedz

vidēji 48.8%, bet E vitamīna zudumi – 4.7%. Kopējais karotinoīdu saturs samazinās par 12.2%, savukārt kopējais fenolu saturs samazinās divas reizes vairāk – par 24.5%. Pārstrādes un uzglabāšanas laikā vitamīnu (tajā skaitā karotinoīdu un fenolu savienojumu) zudumi ir atkarīgi no vairākiem faktoriem: izmantoto augļu vai ogu veida, atlikušā skābekļa satura iepakojumā un produkta sagatavošanas metodes (smalcināšanas, spiešanas, termiskās apstrādes u.c.). Karotīni sadalās fluorescējošās gaismas ietekmē, tādēļ produktus ar lielu karotīnu saturu uzglabā, pildītus tumšās pudelēs. Latvijā dabīga smiltsērķšķu sula patērētājam tiek piedāvāta veikalos plauktos, kur tā tiek pakļauta tiešam apgaismojumam, tādēļ būtu nepieciešams veikt papildus pētījumus par iepakojuma un apgaismojuma ietekmi uz kopējā karotinoīdu satura zudumiem.

7. Smiltsērķšķu augļu sulas krāsas un kopējā karotinoīdu satura korelācija

Augu izcelsmes pigmentu karotinoīdu saturs smiltsērķšķu augļos nodrošina krāsas intensitāti no dzeltenas līdz sarkanai.

Darbā veiktie pētījumi pierāda, ka starp kopējo karotinoīdu saturu smiltsērķšķu augļu sulā un krāsu analizatora CIE $L^*a^*b^*$ uzrādīto a^* vērtību (raksturo sarkanās krāsas intensitāti) pastāv cieša korelācija ($r = 0.948$): jo vairāk karotinoīdu satur pētāmais paraugs, jo sarkanāks un intensīvāks ir augļu krāsojums (11. att.).



11. Kopējā karotinoīdu satura korelācija ar raksturlieluma a^* vērtību
Fig. 11. Correlation between the total content of carotenoids and the value a^*

Analizējot sakarības starp krāsu raksturlielumu L^* (raksturo baltās-melnās jeb gaišās-tumšās krāsas intensitāti) un b^* (raksturo dzeltenās krāsas intensitāti) skaitliskajām vērtībām un kopējo karotinoīdu saturu smiltsērķšķu augļu sulā, var secināt, ka pastāv šādas korelācijas:

- cieša negatīva korelācija starp L^* vērtību un kopējo karotinoīdu saturu sulā ($r = -0.820$);
- vidēji cieša negatīva korelācija starp b^* vērtību un kopējo karotinoīdu saturu sulā ($r = -0.726$).

Negatīvais korelācijas koeficients raksturo tendenci – jo lielāka ir L^* vērtība (jo gaišāka ir sula), jo mazāk karotinoīdu ir tajā. Savukārt, jo lielāka ir b^* vērtība, jo mazāks kopējais karotinoīdu saturs ir pētāmajā paraugā.

Kopējo karotinoīdu saturu smiltsērķšķu augļos galvenokārt nosaka α -, β -karotīns (līdz 30%), likopīns (līdz 30%), zeaksantīns (līdz 15%) un citi karotinoīdi. β -karotīns smiltsērķšķu augļos nodrošina sarkanās, savukārt likopīns un zeaksantīns – dzeltenās krāsas intensitāti.

Smiltsērķšķu augļi ir bagāti ar pigmentiem un lipīdiem, kas atrodas šūnu membrānās un augļu mezokarpijā. Īpaši daudz karotinoīdu-lipīdu savienojumu atrodas augļu šūnu membrānā, kur polārie lipīdi darbojas kā saikne starp polāro (lipīdu) un nepolāro (karotinoīdu) daļām. Savstarpējo korelācijas ciešumu ietekmē smiltsērķšķu augļu gatavības pakāpe.

SECINĀJUMI

1. Pētīto smiltsērķšķu hibrīdu augļos ir lielāks šķīstošās sausas, kopējo skābju, C un E vitamīnu, kopējo karotinoīdu, fenolu un eļļas saturs salīdzinājumā ar Latvijā plašāk izplatīto smiltsērķšķu šķirņu augļiem.
2. Svaigus smiltsērķšķu augļus, iepakotus termoformētās PP kārbīnās, kas aizkausētas ar laminētu PET/adhesive/PP plēvi var uzglabāt līdz 30 dienām, neietekmējot organoleptiskās īpašības. Smiltsērķšķu augļu fizikālo un ķīmisko rādītāju izmaiņas kontroles iepakojumam gaisa vidē un, sākotnēji iepakojumā radot līdzsvara modificētās vides sastāvu (10% O_2 , 10% CO_2 un 80% N_2), nebija būtiskas.
3. Eksperimentāli pārbaudītās un izvērtētās smiltsērķšķu augļu sulas ieguves metodes būtiski ietekmē sulas iznākumu un pārstrādes produktu ķīmisko sastāvu. Lielākais sulas iznākums iegūts no šķirnes 'Podarok Sadu' augļiem ar *spiešanas* metodi, un no šķirnes 'Lučistaja' augļiem – tos sasmalcinot vai uzkaršējot pirms spiešanas.
4. Sulā, kas iegūta no smiltsērķšķu hibrīdu augļiem, tos uzkaršējot pirms spiešanas, ir lielāks bioloģiski aktīvo vielu saturs, par ko liecina kvalitatīvo rādītāju koeficients.
5. Izvērtējot ar dažādām sulas ieguves metodēm iegūto smiltsērķšķu spiedpalieku ķīmisko sastāvu, secinām, ka pastāv sakarība starp

smiltsērķšķu sulas un spiedpalieku bioloģiski aktīvo vielu sastāvu: jo lielāks ir E vitamīna, kopējais karotinoīdu un kopējais fenolu saturs smiltsērķšķu sulā, jo mazāks tas ir spiedpaliekās. Spiedpaliekas, iegūtas no sulas ar *spiešanas* metodi, nodrošina smiltsērķšķu eļļā lielu bioloģiski aktīvo vielu saturu.

6. Svaigas smiltsērķšķu augļu sulas saldināšanai cukuru var aizstāt ar fruktozes sīrupu, būtiski neizmainot sulas patikšanas pakāpi. Ieteicamais svaigas smiltsērķšķu sulas uzglabāšanas laiks atdzesētā veidā ($+4 \pm 1$ °C) ir piecas dienas.
7. Smiltsērķšķu sulā, kas iegūta no augļiem ar sarkanāku krāsojumu, ir lielāks kopējais karotinoīdu saturs. Kopējā karotinoīdu satura korelācija ($r = 0.948$) ar krāsu analizatora CIE $L^*a^*b^*$ raksturlieluma a^* vērtību ir būtiska ($p = 0.00$).

Ieteikumi audzētājiem un pārstrādātājiem

1. Pētījumā izvērtētos smiltsērķšķu hibrīdus Nr. 3.1., Nr. 3.2., Nr. 1.4. un Nr. 1.5. ieteicams izmantot kā izejmateriālu jaunu šķirņu selekcijai ar iespējami lielu bioloģiski aktīvo vielu saturu.
2. Pārstrādei ieteicams lietot plašāk izplatīto smiltsērķšķu šķirņu 'Podarok Sadu' un 'Trofimovskaja' augļus, kam raksturīgs liels C, E vitamīnu, kopējo karotinoīdu un fenolu saturs un to noturība pārstrādes laikā.
3. Augstvērtīgas smiltsērķšķu sulas ieguvei ieteicams augļus sasmalcināt vai uzkarstēt pirms spiešanas. Šādi sula tiek bagātināta ar augļu mīkstumā esošajiem ogļhidrātiem, organiskajām skābēm, vitamīniem un fenolu savienojumiem.
4. Kvalitatīvas smiltsērķšķu eļļas ieguvei ieteicams izmantot spiedpaliekas, kas rodas no sulas ieguves ar *spiešanas* metodi.

Pateicība

Pateicos savai ģimenei par atbalstu, pacietību un iecietību darba veikšanas un noformēšanas laikā.

Pateicos Latvijas Valsts Augļkopības institūta kolektīvam un Latvijas Lauksaimniecības universitātes Pārtikas tehnoloģijas fakultātes mācību spēkiem par sniegtajiem padomiem un palīdzību promocijas darba izstrādē.

Actuality and novelty of the research

Sea buckthorn fruits were used in medicine already in 618-907 A.D., but they have been known as cultivated plants since 19th century. Sea buckthorn fruits have various chemical compositions. They are considered to be one of the most important fruits as they contain a lot of different biologically active substances: vitamins (especially C, E, K₁, as well as vitamins P and B), carotenoids, sterols, tocopherols, unsaturated acids (linolenic, linoleic, oleic acids), polyphenol compounds, catechins, mineral substances (copper, zinc, cobalt, molybdenum, manganese, iron, natrium, magnesium, plumbum, phosphorus).

Sea buckthorn culture is used in various forms but owing to the chemical composition of sea buckthorn fruits and in especially oil they are widely used mainly in medicine, cosmetics and food industry.

Sea buckthorn fruits are suitable for producing of different products. Widely known are such products as juice, syrups, various purees, jams, jellies, sauces, alcoholic and non –alcoholic drinks. According to the scientists verity sea buckthorn fruits possess high antioxidant activity that can slow down the cause of many diseases and after effects.

Although sea buckthorns are considered to be unconventional culture in Latvia they have become popular during the last decennaries. Unfortunately industrial processing of sea buckthorn fruits is not developed in Latvia and great amount of the fruits are exported. The situation in export market in Latvia can be explained in two ways - the processors are not interested in new product producing from sea buckthorn fruits and the consumers in Latvia are not familiar with the products produced from sea buckthorn fruits (besides oil).

Only a few products, which are produced by practical experience of the local producers, are available for consumers, i.e. pure milk culture with sea buckthorn fruit addition, acidified milk product “bio LAKTO” with sea buckthorn fruit additive, pumpkin-sea buckthorn fruit juice, natural sea buckthorn fruit juice, food supplements, herbal teas, honey with sea buckthorn fruit oil and in small amounts also sea buckthorn fruit oil.

The situation in sea buckthorn fruit production market in Latvia shows that it is possible to start the processing of sea buckthorn fruits in small enterprises providing them with local raw materials. In order to widen the range of sea buckthorn fruit processing products and to meet the requirements in healthy products of consumers it is necessary to carry out scientifically grounded investigations regarding the chemical composition of widely in Latvia distributed sea buckthorn variety and hybrid fruits as well as to study the adequacy of their commercial processing.

The objective of the promotion work is to evaluate different sea buckthorn fruits and their processing product quality.

The main tasks are:

- to investigate the physical and chemical indices of fresh and frozen in Latvia widespread sea buckthorn and hybrid variety fruits;
- to assess the storage possibilities of fresh sea buckthorn fruits;
- to assess the quality of sea buckthorn fruit juice and marc using different juice extraction methods;
- to analyze the physical and chemical indices of the products obtained from sea buckthorn fruits and their changes during the processing process and storage time.

Novelty and scientific importance of the research:

- The physical and chemical indices of widespread sea buckthorn variety and hybrid fruits grown in Latvia were analyzed and evaluated for the first time;
- The optimal storage parameters for fresh sea buckthorn fruits were determined;
- Multicriteria analysis (integrated assessment) of sea buckthorn juice was performed, to express by the coefficient of qualitative indicators.

The theme of the research work and its development is connected with activities in two European Union funded projects:

- **Euroberry**, COST Action 863 “Euroberry research: from genomic to sustainable production, quality and health”, www.euroberry.it
- **Ean-seabuck**, FP & Contract No COOP-CT-2005-016106 „Establishment of European-Asian Network for the development of strategies to enhance the sustainable use of Sea Buckthorn”, www.eanseabuck.com

The economic importance of the work:

- The assessment of the suitability of the sea buckthorn variety and hybrid fruits grown in Latvia for processing was carried out;
- The evaluated and tested juice obtaining methods were entered in process in “Silvanols” Ltd. to produce balsams “Silvital” and “Neirovit”, and the sea buckthorn fruit marc was used to produce oil in “Duo AG” Ltd.;
- The data obtained as a result of the market orientated research project “Production of sea buckthorn processing products, verification of their functional features for the strengthening of people’s health”, have been

verified and introduced in process in “Satori Alfa” Ltd. and “Fito Preparāti” Ltd. (Number of customer contract registration TOP05-29).

Approbation of the scientific work

The results of the scientific work have been reported at PhD student’s conferences at LUA and six international scientific conferences, seminars and symposiums in Lithuania, Belorussia, Poland, Bulgaria and Greece (6. page).

The results of the work have been described in English in eight commonly recognized scientific publications under review (7. page).

Materials and methods

During 2003-2006 the researches were carried out in the following venues:

1. State Scientific Non-Profit Organization Dobele Horticultural Plant Breeding Experimental Station (since 01.05.2006 – Latvia State Institute of Fruit Growing) Experimental Processing Centre (preparation of samples for processing, physical and chemical analyses of raw materials and processing products).
2. Laboratories Faculty of Food Technology at the Latvia University of Agriculture (LUA): Laboratory of Sensory Analyses, laboratory of Microbiological analyses and Packing material’s testing laboratory, (sensorial and microbiological analyses of fresh sea buckthorn fruit juice, tasting of fresh sea buckthorn fruit quality at the storage time);
3. Laboratory of Agrochemical analysis at LUA – the content of oil in sea buckthorn fruits.
4. Laboratory of Food and Environmental Investigations of The National Diagnostic Centre at the Food and Veterinary Service (the content of fatty acids in sea buckthorn fruit marc).

The object of research – sea buckthorn culture fruits (*Hippophae rhamnoides* L.) widely grown in Latvia were harvested at SIA „Baltplant”, Dobele region in 2004 and 2005, as well as fruits obtained from open pollinated elite seedlings (hybrids) selected at the M.A. Lisavenko Scientific Research Institute of Barnaul.

Varieties:

1. **‘Augustinka’** – fruits are dark yellow with a little marked spot at the stalk, cylindrical-oval shape, the average mass of the fruit – 0.58g;
2. **‘Prozrachnaya’** – fruits are light orange with darker spots at both fruit ends, barrel shaped, the average mass of the fruit – 0.72g;
3. **‘Botanicheskaya Lubitel’skaya’** – fruits are yellow, oval shaped, longish, the average mass of the fruit – 0.55g;

4. **‘Podarok Sadu’** – fruits are yellow-orange, oval shaped, big, the average mass of the fruit – 0.76g;
5. **‘Trofimovskaya’** – fruits are orange-red, oval shaped, longish, the average mass of the fruit – 0.46g;
6. **‘Luchistaya’** – fruits are light yellow, oval shaped, the average mass of the fruit – 0.60g.

Seedlings (hybrids):

- **No 1.4.** – yellow fruits, longish, the average mass of the fruit 0.39g;
- **No 1.5.** – orange-red fruits, longish, the average mass of the fruit – 0.36g;
- **No 3.1.** – orange fruits, oval shaped, the average mass of the fruit – 0.30g;
- **No 3.2.** – fruits are yellow-orange with darker spots at both ends, oval shaped, the average mass of the fruit – 0.38g.

The physical and chemical indices of fresh and frozen sea buckthorn fruits as well as their processing products during the storage time were determined according to the research structure shown in Figure 1.

Arrangement of sea buckthorn fruits for storage and processing

Fresh fruits, cooled to temperature +4 °C, are stored in the following conditions:

- modified atmosphere packed (MAP), gas composition injected in the package: 10% O₂, 10% CO₂ and 80% N₂; fruits were placed in thermoformed containers ML 620 size of 210x148x35 mm and sealed with laminated lidding film *Tecnopack*, composition PET/adhesive/PP, thickness 64 microns, tension resistance 15.67 m² kg⁻¹, O₂ permeability – 110 ml m⁻² 24h⁻¹, H₂O permeability – 10 g m⁻² 24h⁻¹. Quantity of fruit placed in each container – 130 ± 0.6g, the containers were sealed on the sealing equipment *TECNOVAC Pratica*.
- Control samples were placed in thermoformed containers ML 620 size of 210x148x35 mm, packed in air environment and sealed with laminated lidding film *Tecnopack*, composition PET/adhesive/PP, thickness 64 microns the boxes were melted by using the equipment *TECNOVAC Pratica*; Quantity of fruit placed in each container – 130 ± 0.6g, the containers were sealed on the sealing equipment *TECNOVAC Pratica*.
- Fruits were packed in PP bags of three different thicknesses (25; 33 and 61 μm) in air ambient. The mass of fruit in each bag – 130 ± 0.6 g, the bags were sealed by laboratory type equipment *Severin Folio*.

All samples were stored in *Comercial Freezer/Cooler ELCOLD* at the temperature +4 ± 1°C controlled by *MINILog, Gresinger electronic*.

The total duration of the experiment was 50 days. The analyses of fruits packed in PP bags were carried out on days 0 (before packaging), 7, 14, and 21, in modified gas atmosphere packed in thermoformed boxes ML 620 – on days 0 (before packaging), 10, 20, 30, 40 and 50. At each time of measurement, two identical packages were analyzed. The results were reported as averages of those two determinations.

- The processing products were obtained from sea buckthorn fruits, frozen in a freezer „PORKKA BF 710” at the temperature -25 ± 1 °C. Frozen fruits were packed in polypropylene bags (10–15 kg in each) and stored in a low-temperature chamber „VTK 201 V” at the temperature -18 ± 1 °C for three months.

The juice from sea buckthorn fruits was obtained on the presses of two types: Voran 60 K press and a Condo Line RD press.

Three different techniques of juice obtaining were investigated:

- **pressing**: frozen sea buckthorn fruits (10kg) were thawed at room temperature ($+18 \pm 2$ °C) for 24 hours. The juice was obtained by using a Voran 60 K press (at a pressure of 300 bars);
- **pressing with fruit crushing**: frozen sea buckthorn fruits (10kg) were thawed at room temperature ($+18 \pm 2$ °C) for 24 hours. The juice was obtained by using a Condo Line press, partially cutting up the cortices of fruits;
- **pressing with thermal treatment of fruits**: frozen sea buckthorn fruits (10kg) were heated in a double wall copper with water jacket up to 90°C (up to five minutes). The juice was obtained using a Voran 60 K press (at 300 bars).

The juice yield obtained from sea buckthorn fruits with the above-mentioned extraction methods was determined.

During the shelf life the chemical indices were determined for **the sea buckthorn juice**, foreseen for distribution on the market. The juice was obtained by method *pressing with fruit crushing*; juice was filled in glass bottles and pasteurized at $+85$ °C (holding time five minutes) and stored in a cooled room at $+4 \pm 2$ °C for six months, at each time of measurement, two identical bottles were analyzed – immediately after the pasteurization and after every two months of storage.

Press marc was packed in polyethylene bags, frozen (at temperature -18 °C) and stored for three months. The test marc was defrosted and dried in a dryer „ORAKAS” with forced air circulation at temperature $+40$ °C, drying time – 48 hours, then it was ground in the mill and stored in polyethylene bags in a dark place at temperature $+5$ °C for three months. The marc analyses were carried out in two repetitions immediately after the drying and after 90 days of storage.

The following properties were determined for fresh and frozen sea buckthorn fruits and their processing products:

1) chemical composition:

- **content of soluble dry matter (°Brix)** of fresh and frozen sea buckthorn fruits, juice (ISO 2173:2003) and marc (ISO LVS 249 – 2000) was determined at temperature 20 °C with a digital refractometer ATAGO N20 (deviation of measuring instrument face value $\pm 0.1\%$);
- **total acid content (%)** of fresh and frozen sea buckthorn fruits, juice and marc was determined by titrating with 0.1N NaOH (ISO 750 – 1998);
- **content of ascorbic acid (vitamin C) ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$)** of fresh and frozen sea buckthorn fruits and juice was determined with the iodine method (T-138-15-01:2002);
- **total content of phenols ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$)** of fresh and frozen sea buckthorn fruits, juice and marc was determined with the method of spectrometry, by using a spectrometer UV-1650-PC at wave length 765 nm (Singleton etc., 1999);
- **total content of carotenoid and vitamin E ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$)** was determined with the method of spectrometry worked out by following methods described in the literature (Полюдек-Фабини и Бейрих, 1981; Сиггиа и Ханна, 1983 Ермакова, 1987);
- **content of CO₂ and O₂ in fresh fruit packaging (%)** was analysed with a gas analyzer OXYBABY[®] V O₂/CO₂.

2) physical indices:

- **thickness of polymer bags (μm)** was measured with an instrument „Electronic Digital Outside Micrometer” (precision $1\mu\text{m}$) at six randomly selected places;
- **colour changes** – determined during the storage in CIE L*a*b* colour system using *Color Tec PCM/PSM* device after 0; 7; 14; 21 days for the fruits stored in PP bags and after 0; 10; 20; 30; 40 and 50 days for the fruits packed in thermoformed containers. The fruits were placed in a glass container (diameter 5 cm). The changes in colour were determined for two packages. The measurements were repeated for two identical samples on ten randomly selected locations on each pouch.

In order to determine the colour of sea buckthorn fruit juice, it was poured in a colour analyzer „ColorSoft QCW” vessel up to a certain point. The colour for seabuckthorn juice was determined in 15 repetitions. Fresh sea buckthorn juice disintegrate in a short time, therefore it is difficult to perform objective

chemical analyses i.e. to determine the total content of carotenoids as well as colour values L^* , a^* and b^* . To obtain a homogeneous consistency the sea buckthorn juice before the analysis was mixed with a magnetic stirrer. The chosen mixing time – one minute.

- **yield of juice was** determined by a verified scales CAS 150 (Digital computing scale) with precision ± 0.05 kg, calculating the yield of juice as % of the total fruit mass;
- **firmness** – texture was measured with texture analyzer “UTM” (Ultra Test Mecmesin – basic force gauge BFG 1000 N) as compression force ($N\ m^{-2}$) pressing each berry till its skin broke, the measurements were repeated 30 times;
- **oil content (%)** was determined by the extraction method;
- **marc moisture**, from the total weight, **was** determined in % by a moisture analyzer „Kern MLS 50-3” with the precision 0.02 g at temperature 120 °C.

3) sensory analyses

One of the tasks of the research was to check how the added sweeteners influence fresh sea buckthorn flavour.

The following sweeteners were used in the research:

- sugar, Jelgava sugar– refinery, Latvia (LVS 352 : 2002);
- fructose syrup – 70%, distributor „Latrija” Ltd.;
- glucose – 100%, distributor „Farma Balt” Ltd.;
- natural grape sugar (glucose), (Traubenzucker) producer RUF Lebensmittelverk KG (Germany);
- honey, obtained at the farmstead „Upmaļi”, Dobele region.

The samples of sea buckthorn juice with five various sweeteners (Table 1) were prepared at Dobele Horticultural Plant Breeding Experimental Station. The assessment was performed at Latvian University of Agriculture, Department of Food Technology Laboratory of the Food Sensory Evaluation. Twenty five evaluators participated. They were provided with five identical sample glasses with circumstantial three numbers in cipher, the volume of each sample – 32 ml.

The ranking test (Strautniece, 2004) was used to carry out the sensory evaluation of the samples. Friedman test was used to analyse the acquired results according to ISO 8587:1988 (E) – Ranking references. Tukey test was used to determine the more pleasant sample (O’ Mahony, 1986).

Drinking water, corresponding to the requirements (in accordance with Cabinet Regulation No 235 „Mandatory harmlessness and quality

requirements for drinking water, and the procedures for monitoring and control thereof”) was used to prepare the juice samples.

4) **microbiological analysis** were determined for fresh sea buckthorn juice and during the storage time according to ISO 7954 standards, as well as MAFA (amount of mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms), yeasts and moulds CFU in one gram of the sample were determined. The analyses were carried out in two repetitions after every 48 hours during storage time. The experiment was carried out for 11 days at $+4 \pm 1^{\circ}\text{C}$ temperature.

Mathematical processing of the data

Mathematical statistical methods were used to process the data. The arithmetical mean value, standard deviation, single factor and multifactor dispersion analysis with repetition were calculated for the acquired results, as well as by using Microsoft Excel for Windows 7.0 the analysis of dispersion and regression and SPSS batch program 11.5 were carried out. In dispersion analysis Sheffe`s criteria was used to explain the differences between the investigated samples. The closeness of the coherence between the stated indicators was determined according to Pearson`s correlation analysis.

When using hierarchy analysis and multicriteria (integrated assessment) basic principles (Мартинов, 1987), and calculating the sum of several qualitative indicators and coefficient of qualitative indicators, it is possible to assess and determine better sea buckthorn cultivars and hybrids.

An integrated assessment was carried out for fresh and frozen sea buckthorn fruits and their processing products so that better cultivars with the high content of biologically active substances could be determined. Also juice obtaining methods underwent an integrated assessment with the aim to determine the method, which consequently creates products (juice and marc) containing the highest amount of biologically active substances. The coefficient value of maximum qualitative indicator was taken as 1 ($0 < K < 1$). The following qualitative indicators were included in the assessment: the content of soluble dry matter, total acids, carotenoids, phenols, vitamins C and E in sea buckthorn fruits and processing products, as well as the content of oil in the yield of fruits and fruit juice.

Results and discussion

1. Assesment of chemical content of sea buckthorn fruits

Sea buckthorn fruits (*Hippophae rhamnoides* L.) are one of the most suitable raw materials for producing healthy foods as they contain a large amount of biologically active substances that are important for a human body.

The content of soluble solids, total acids, carotenoids, phenols, vitamins C and E in sea buckthorn fruits depend on the weather conditions during the harvest time. The sea buckthorn fruits were stored frozen before processing. The freezing process as well as storage in frozen conditions substantially does not change the chemical composition of the sea buckthorn fruits. The average values (for yield 2004–2005) of the chemical composition of the analyzed frozen sea buckthorn fruits are given in Table 2.

One of the sea buckthorn qualitative indicators is soluble solids. The investigated sea buckthorn fruit cultivars contain on average 8.26 °Brix soluble solids, but the investigated hybrid fruits – 8.62 °Brix.

Sea buckthorn fruits have a pleasant sour or sweet-and-sour flavour without bitter taste. The total acidity of the fruits is formed by ascorbic acid, malic acid, oxalic acid and succinic acid. The total acid content in the investigated sea buckthorn fruits is on average 2.98 %, but the investigated hybrid fruits – 3.36%.

Sea buckthorn fruits have a high content of vitamin C and E. The highest content of vitamin C was determined in hybrid fruits No 3.2. (224.72mg 100g⁻¹) but the lowest was determined in fruits of a cultivar ‘Luchistaja’ (66.6 mg 100g⁻¹). Compared to the Estonian scientist’s studies the content of vitamin C in Latvia grown cultivars ‘Augustinka’, ‘Botanicheskaya Lubitelskaya’ and ‘Trofimovskaya’ is higher, but lower than in those grown in Germany. Whereas comparing the content of vitamin C in different sea buckthorn hybrid fruits the results of our investigations are similar to the content of vitamin C in pollinated hybrid fruits grown in Germany. The weather conditions of accordant yield year affect the formation of vitamin C in the fruits.

Vitamin E is has been found in the pulp of sea buckthorn fruits as well as in seeds. The investigated sea buckthorn hybrid fruits contain more vitamin E (on average 30.80 mg 100g⁻¹) than widely distributed fruit cultivars (on average 22.97 mg 100g⁻¹). Due to the high content of vitamin E, sea buckthorn juice is a high-quality raw material for beverage production.

A total content of carotenoids in the investigated samples is considerably different. The highest total content of carotenoids was detected in a fruit cultivar ‘Podarok Sadu’ and the hybrids No 3.1. and No 1.5. (respectively 20.65, 21.33 and 24.01 mg 100g⁻¹).

The total content of carotenoids in some cultivars compare the yield of year 2004 to year 2005 increased (‘Botanicheskaja Lubitelskaya’ and ‘Prozrachnaya’), but decreased in a cultivar ‘Prozrachnaja’. The formation of carotenoid content in sea buckthorn fruits is influenced by air temperature, number of sunny hours as well as the number of clear and cloudy days during their vegetation.

The amount of total phenol compound in sea buckthorn fruits varies widely – from 105.36 mg 100g⁻¹ (cultivar ‘Prozrachnaya’) to 260.93 mg 100g⁻¹ (hybrid Nr. 3.2.). The studies shows that the total content of phenol was higher in some sea buckthorn fruit samples (‘Prozrachnaja’, ‘Luchistaya’ un ‘Podarok Sadu’) in 2005 than in 2004. Though, the total content of phenols was lower in other samples in 2005, which can be affected by the different weather conditions during vegetation.

One of the most important indicators of sea buckthorn fruit quality is the content of oil in the fruits. The average content of oil in sea buckthorn fruits grown in Latvia was 4.97% from the fresh fruit mass. The highest oil content of investigated sea buckthorn fruit-samples was found in sea buckthorn hybrid fruits No 3.1. 7.02%. The content of oil in fruits grown in Latvia is recognised similar to that one in Eastern Europe.

Investigating about the interconnection between different sea buckthorn fruit chemical indices indicate on a strong correlation (correlation coefficient $|r| < 0,8$) between the content of total phenols and the content of vitamin C, and moderate correlation between the content of total acids and the content of total phenols ($0,5 < |r| > 0,8$) (Fig. 2 and 3). The researches testify that total amount of acids in sea buckthorn fruits has been composed from ascorbic acid. One of the first and widely spread theories explaining biological efficiency of polyphenol, is based on close connection of polyphenols with ascorbic acid. Phenol compounds stabilize the ascorbic acid in plants and products of plant origin. Ascorbic acid does not work as polyphenol oxidize inhibitor but restores it's oxidized phenols. (Барабой, 1976). This accounts for the positive correlation of the existing phenol compounds and ascorbic acid present in sea buckthorns.

The results obtained during the research prove that the content of biologically active substances in widely spread fruit cultivars are lower than in sea buckthorn hybrid fruits. Therefore it is recommended to use the evaluated sea buckthorn hybrids as a raw material for the further selection in order to obtain new sea buckthorn cultivars with as high level of biologically active substances as possible.

2. The storage of fresh sea buckthorn fruits

The changes of physical and chemical indices in fresh sea buckthorn fruits take place during the storage time. As a result of intensive breathing anaerobe environment in the package is formed stimulating decrease of vitamin C content in fruits.

At the beginning of the experiment the sea buckthorn fruits were packed in the thermoformed PP containers in two environments: in air (0.03% CO₂ and 21% O₂) – a control package, and in modified gas atmosphere in proportions

10% O₂, 10% CO₂ and 80% N₂ according to recommended equilibrium modified atmosphere proportions for breathable fresh fruit packaging. Analysing the gas composition in the containers at the storage time has been concluded that selected packaging materials with high barrier properties meet the conditions recommended for fresh fruit storage for about 15 – 20 days (Fig. 4). Following on the storage experiment an anaerobic environment forms in the containers and the concentration of O₂ falls down till zero stimulating the fruit perishability.

Sea buckthorn fruits influenced by the ripening processes become soft during the storage time, as a result mechanical resistance of fruit peel decreases. After The mechanical strengths of sea buckthorn fruits packed in PP containers and stored for 20 days has been reduced from 8.1 N m⁻² to 6.95 N m⁻² while packed in polypropylene bags – to 6.1 N m⁻² (Fig. 5).

The firmness of sea buckthorn fruits packed in thermoformed PP (both in a control sample and MAP) decreased to 6.3 N m⁻² only after 30 days of storing. Consequently the packaging of fresh sea buckthorn fruits in thermoformed containers and modified gas atmosphere causes less harmful influence on fruit structure than packing in polypropylene bags and air ambiance.

The over colour of skin of sea buckthorn fruits changes during the storage – L* value decreases (in the CIE L*a*b* system). At the beginning of the experiment the intensity of fruit colour L* value was determined 52.99 (Fig. 6). During the storing time L* value decreased in all samples i.e. the fruits become darker. After 14 days the L* value of sea buckthorn fruits stored in polypropylene bags of different thickness diminishes from 52.99 to 48.84, at the some time those stored in thermoformed containers in both gas compositions – from 52.99 to 50. Following up the fruit storage in polypropylene bags, L* value a little increases. Within 30 storing days L* value decreases on average for 10 % for the fruits packed in thermoformed PP containers in both gas compositions. Going on the storage there is observed a tendency for L* value of fruits to decrease, still after the storage day 40 the L* value increases a little that is connected with formation of mould on the fruit surface. The mould formation on fruit surface packed in polypropylene bags was observed after 21 days of storage, but on those stored in thermoformed containers – exclusively after 50 days.

Experimental data confirm the possibility of fresh sea buckthorn fruit storage up to 30 days without significant changes in their organoleptic features as packaging using thermoformed PP containers sealed by laminated PET/adhesive/PP film with high barrier properties. The initial gas composition in the container: air ambiance or for fresh fruit packaging recommended equilibrium modified atmosphere (EMAP) – 10% O₂, 10% CO₂ and 80% N₂ does not influence the shelf life of fresh sea buckthorn fruits. The

changes of sea buckthorn fruit sample physical and chemical indices of control packed in air ambience and equilibrium modified atmosphere packaging (EMAP) were not significant. So it means that fresh sea buckthorn fruits packed in thermoformed PP containers and sealed with laminated PET/adhesive/PP film, can be packed in air ambience, thereby avoiding extra costs that could occur when modified gas atmosphere have to be accomplished. Polypropylene bags of different thickness (25; 33 and 61 μm) are not recommended for the storage of sea buckthorn fruits.

3. Analysis of juice obtaining methods from sea buckthorn fruits

The juice yield differs according to the sea buckthorn fruit cultivar. Experimentally has been improved the juice yield using *pressing* method with a Voran 60 K press is on average 57.7% (Fig.7). The highest amount of juice was obtained from the cultivars 'Podarok Sadu', 'Prozrachnaya' and 'Luchistaya' (respectively 70.0; 61.6 and 59.4%), the lowest – from a fruit cultivar 'Augustinka' (46.9%). This can be explained with the stage of ripeness and thickness of fruit peel. Extra fruit processing (crushing or heating) before the juice extraction can increase the juice yield for about 22%. The highest juice yield by heating the fruits before the extraction – about 81.0% from mass of fruits – was obtained from the cultivars 'Luchistaya', 'Prozrachnaya' and 'Augustinka'.

The content of the sea buckthorn fruit qualitative indices depends both on the cultivar and the method used for juice extraction.

The content of soluble solids in sea buckthorn juice obtained by *pressing* method was on average 8.56 °Brix, but a little bit lower about 8.05 and 7.99 °Brix, when the other two extraction methods were used. It can be explained by extraction of characteristic components of soluble solids (mainly total acids and sugar) in the juice during the extraction process.

The total content of acids in sea buckthorn juice does not depend greatly on the juice extraction method; it is on average 3.1%.

The lowest content of vitamin C (about 108.65 mg 100g⁻¹) has been determined in the sea buckthorn juice extracted by *pressing with thermal treatment of fruits* method, but the highest (122.27 mg 100g⁻¹) – in the juice extracted by *pressing with fruit crushing* method. The lowest vitamin C content (about 114.89 mg 100g⁻¹) is in the juice that was extracted by a simple *pressing* method. The content of vitamin C is not the same in all parts of the fruit; the peel contains considerably higher content of vitamin C than the middle part of the fruit. During the extraction process vitamin C in the presence of air oxygen decomposes, though the phenol compounds present in sea buckthorn fruits delay the decomposition of vitamin C.

The content of vitamin E in sea buckthorn fruit juice is a significant indices of its nutritional value. Juices of widely used fruits and berries (apple, plum, raspberry, black currant, strawberries and others) are not rich in vitamin E, therefore it is recommended to use sea buckthorn juice as one of the sources of vitamin E. Our investigation confirm that the content of vitamin E in sea buckthorn fruit juice, obtained from the sea buckthorns grown in Latvia, is on average 20.6 mg 100g⁻¹. The lowest content of vitamin E (about 13.86 mg 100g⁻¹) is in the sea buckthorn juice extracted by *pressing* method, but it is higher when the juice is extracted by *pressing with fruit crushing* method as well as by *pressing with thermal treatment of fruits* method (respectively 22.3 and 25.65 mg 100g⁻¹).

When the methods of extraction are compared, the total content of carotenoids in sea buckthorn juice differs greatly. The average total content of carotenoids in the juice extracted by simple *pressing* method is 7.42 mg 100g⁻¹, but if the fruits are processed – crushed or heated before juice extraction, the total content of carotenoids in the juice increases (respectively 12.63 and 16.36 mg 100g⁻¹). Crushing and heating of sea buckthorn fruits ensure better extraction of vitamin E and carotenoids in the juice.

The total content of phenols in the sea buckthorn fruit juice obtained from crushed fruits before *pressing* was about 131.2 mg 100g⁻¹, it was slightly lower in the juice extracted with simple *pressing* method – 121.63 mg 100g⁻¹, but a little bit higher in the juice extracted by *pressing with thermal treatment of fruits* method – 143.22 mg 100g⁻¹. The total content of phenols in the juice was considerably different for the investigated samples. It is determined by the content of phenolacids, coumarine and their derivatives, flavonides and other polyphenol compounds in sea buckthorn fruits.

During the juice extraction process press marc has been obtained, which in the same way as juice contains biologically active substances, which are important for the human body, as it contains natural antioxidants – vitamins E and C, carotenoids and polyphenols. Sea buckthorn press marc consists of peel, a little pulp and seeds. When extracting juice with simple *pressing* method the press marc contains all peel of the fruit. When the above mentioned press marc is dried by separating sea buckthorn peels from seeds it is possible to obtain both sea buckthorn peel parts and seed oil.

The content of soluble solids, total acids, vitamins C and E, carotenoids and phenol in the press marc depends on the quantity of peel part that depending on the juice extracting method remains in the marc. Evaluating the chemical composition of the sea buckthorn press marc using several juice obtaining methods, the conclusion can be carried out – there is a coherence between the content of biologically active substances in sea buckthorn juice and press marc: the lower content of vitamin E, total carotenoids and total phenols is in sea buckthorn juice the higher it is in the press marc.

The integrated assessment was carried out by calculating the coefficient of quality factors with the aim to evaluate the suitability of the investigated sea buckthorn cultivars and their hybrids for processing. The following indicators were included in the assessment of the coefficient: the content of soluble solids, total acids, carotenoids, phenols as well as vitamins C and E in the sea buckthorn fruits and processing products; the content of oil in the fruits and yield of fruit juice. After calculating the coefficient of qualitative indicators ($0 < K < 1$) in the investigated samples, the conclusion is the following: using various methods of sea buckthorn juice extraction the juice with the highest content of biologically active substances was obtained from sea buckthorn hybrid fruits (Fig.8):

- *pressing* - $K = (0.79 - 0.93)$;
- *pressing with fruit crushing* - $K = (0.77 - 0.89)$;
- *pressing with thermal treatment of fruits* - $K = (0.77 - 0.94)$.

When the investigated widely spread sea buckthorn cultivars were compared, the results showed that Podarok sadu' and 'Trofimovskaya' have the highest coefficient of quality factors:

- *pressing* - $K = (0.73 - 0.76)$;
- *pressing with fruit crushing* - $K = (0.63 - 0.66)$;
- *pressing with thermal treatment of fruits* - $K = (0.75 - 0.76)$.

The evaluation of sea buckthorn juice obtaining methods is important for the producers when selecting primary processing product – the juice with high content of biologically active substances or high quality press marc to produce oil.

4. The sensory evaluation of sweetened sea buckthorn fruit juice

Sea buckthorn juice is sour so it is necessary to add some sweetener – sugar, fructose, glucose, honey etc. to improve its flavour. In the experiment the ranking test was used to carry out the sensory evaluation of the samples, consequently the evaluators arrange the samples according to the degree of likeness. The sweetener added to the sea buckthorn juice significantly affects the sensory properties of its flavour ($p = 0.00$). The results of Tukey test show that the samples, with added sugar and fructose syrup, have the highest degree of liking (Table 3).

The results of the ranking test revealed that when sea buckthorn juice is prepared sugar can be substituted by fructose syrup; it does not considerably change the degree of liking of the product. The substitution of sugar by fructose syrup is a significant factor because also diabetics could use this juice.

5. The microbiological evaluation of fresh sea buckthorn fruit juice

The shelf life of fresh cooled sea buckthorn juice is short because the microorganism presences in the juice accelerates its perishability and shorten the shelf life.

Analysing the acquired data concerning the number of mesophilic aerobic and facultative anaerobic (MAFA) colony forming units (CFU) in fresh sea buckthorn juice it is concluded that there is not a significant difference between the juices with added different sweeteners (sugar and fructose syrup) ($p = 0.58$) (Fig.9). At the beginning of the experiment the number of MAFA in sea buckthorn juice with added sugar was on average 97 CFU g^{-1} , but with fructose syrup – 72 CFU g^{-1} . Along the whole storage time (11 days) the number of MAFA CFU in fresh sea buckthorn juice increased 14 times, both when sweetening with fructose syrup and sugar (respectively 1036 and $1397.3 \text{ CFU g}^{-1}$).

Microbiological pollution of fresh, perishable products must not exceed the requirements stated in EU Commission Regulation (EK) No 2073/2005 or the requirements worked out in the company for a certain kind of product. Recommended microbiological indicators for fresh and non- pasteurized juice: MAFA – not more than 5000 CFU g^{-1} , number of yeast and moulds – not more than 50 CFU g^{-1} . The research data show that the total number of MAFA CFU in sea buckthorn juice does not exceed the recommended maximum in the juice. It can be explained with the antimicrobial effect of phenol compounds (flavanoids and phenolacids) presence in sea buckthorn composition.

At the beginning of the experiment the average amount of yeasts and moulds in all sea buckthorn juice samples with fructose syrup was $10 - 20 \text{ CFU g}^{-1}$, but with sugar addition it was from 10 to 25 CFU g^{-1} . In the first three storage days there was not a significant difference observed ($p = 0.07$) between all the samples used in the research (Fig.10).

When the samples of the juice with fructose syrup were stored for seven days, the number of yeasts and moulds increased five times (86 CFU g^{-1}) if compared to the beginning of the experiment. The number of yeasts and moulds in the samples with sugar increased on average four times (to 67.2 CFU g^{-1}). Following up the experiment we concluded that after 11 days of storage the juice with fructose syrup as well as that one with sugar addition could not be safely used for food, as the content of yeasts and moulds exceeds the recommended microbiological indicators (with fructose syrup $1526.1 \text{ CFU g}^{-1}$, with sugar – 184.8 CFU g^{-1}).

Summarising the experimentally obtained data a conclusion is carried out – the recommended storage time for cooled sea buckthorn juice ($+4 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$) could not be more than five days.

6. The changes of chemical properties of pasteurized sea buckthorn fruit juice

There are some changes in the chemical composition of pasteurized sea buckthorn fruit juice during its storage. The losses of vitamin C in the juice, after it was stored for six months, reached on average 48.8%, but losses of vitamin E – 4.7%. The total amount of carotenoids decreased for 12.2%, but the total content of phenols – twice i.e. 24.5%. There are several factors that have an impact on the losses of vitamins (including carotenoid and phenol compounds) during the shelf life of pasteurised juice: the cultivar of the fruit or berries; the amount of oxygen in the package and the method used to prepare the fruits for juice extraction, (crushing, pressing, and thermal processing). Carotenes decompose under the influence of fluorescent light, so the products having high content of carotene have to be stored bottled in dark bottles. Natural sea buckthorn juice sold in the shops in Latvia is bottled in transparent bottles, and therefore is exposed to direct light. Corresponding experiments should be carried out on the influence of lighting and packaging material on the loss of total carotenoid content.

7. Correlation between colour and total carotenoids in sea buckthorn fruit juice

The content of carotenoid pigments of plant origin in sea buckthorn fruits provides the colour intensity from yellow to red.

The research shows that there exists a close correlation ($r = 0.948$) between the total carotenoid content in sea buckthorn fruit juice and a^* value presented by a colour analyzer CIE $L^*a^*b^*$ (characterizes the intensity of red colour) – the higher the amount of carotenoids in the sample the redder and more intensive the colour of the fruit is (Fig.11). When analysing the connection between the colour L^* value (characterizes white-black or light-dark colour intensity) and b^* numerical values (characterizes the intensity of yellow colour) and the total amount of carotenoids in sea buckthorn juice, the conclusion is the following:

- close negative correlation between L^* value and total content of carotenoids in the juice ($r = -0.820$);
- Medium close negative correlation between b^* value and total content of carotenoids in the juice ($r = -0.726$).

Negative correlation coefficient characterizes the following tendency – the higher L^* value (the lighter the juice) the less carotenoid it contains, but the higher b^* value the smaller content of total carotenoids the investigated sample contains.

The total content of carotenoids in sea buckthorn fruits is mainly determined by α -, β -carotene (up to 30%), lycopene (up to 30%), zeaxanthin (up to 15%) and other carotenoids. β -carotene ensures the intensity of red colour, but lycopene and zeaxanthin – intensity of yellow colour in sea buckthorn fruits.

Sea buckthorn fruits are rich in pigments and lipids; they are located in the cell membranes and fruit mesocarp. A great deal of carotenoid-lipid compounds are accommodated in the fruit cell membranes where polar lipids work as a connectors between polar (lipid) and non-polar (carotenoid) parts. The stage of sea buckthorn fruit ripeness affects the closeness of mutual correlation

CONCLUSIONS

1. The total content of soluble solids, total acids, vitamins C and E, carotenoids, phenols and oil in the investigated sea buckthorn seedling (hybrid) fruits is higher comparing to the fruits of widely spread in Latvia sea buckthorn cultivars.
2. Fresh sea buckthorn fruits can be stored for 30 days packed in PP containers sealed by laminated PET/adhesive/PP film without influence on the organoleptic indices. Disparity of physical and chemical indices in the sea buckthorn control sample packed in air ambiance and that one packed in equilibrium modified atmosphere (10% O₂, 10% CO₂ and 80% N₂) was not observed.
3. The experimentally tested and evaluated sea buckthorn juice obtaining methods influence significantly the juice yield and the chemical composition of fruit's processing products. The biggest juice yield was extracted from cultivar's 'Podarok Sadu' fruits by the *pressing* method and from cultivar 'Luchistaya' – by *pressing with thermal treatment of fruits*.
4. A higher content of biologically active substances is found in the sea buckthorn seedling (hybrid) fruit juice obtained by *pressing with thermal treatment of fruits*, which is shown by the total coefficient of quality indices.
5. Evaluating the press marc chemical composition obtained by different juice extraction methods a conclusion has been drawn that a relationship exists between sea buckthorn juice and press marc biologically active substances: the bigger is content of vitamin E, total carotenoids and phenols in the juice, the less it is in the press marc. Press marc obtained by the *pressing* method provides sea buckthorn oil with a high content of biologically active substances.

6. Fructose syrup can be used instead of sugar for fresh ($+4 \pm 1$ °C) juice sweetening without substantial influence on the degree of liking of the product. The advisable shelf life of fresh cooled ($+4 \pm 1$ °C) sea buckthorn juice is five days.
7. A higher total content of carotenoids is found in the sea buckthorn juice obtained from fruits with more red colouring. Correlation between the total content of carotenoids and the colour value a^* presented by a colour analyzer CIE $L^*a^*b^*$ ($r = 0.948$) is significantly important ($p = 0.00$).

Recommendations to growers and processors

1. The sea buckthorn hybrids No 3.1., No 3.2., No 1.4. and No 1.5. tested in the study are recommended to be used for the selection of new cultivars as they contain a high amount of biologically active substances.
2. It is recommended to use the widely grown sea buckthorn cultivars 'Podarok Sadu' and 'Trofimovskaya' for processing, as they have high contents of vitamins C and E, total carotenoids and phenols which are persistent during processing.
3. In order to obtain high value sea buckthorn juice it is advisable to extract the juice by using the method of *pressing with fruit thermal treatment or crushing*, thereby enriching the juice with carbohydrates, organic acids, vitamins and phenols present in the fruit pulp.
4. To obtain qualitative sea buckthorn juice it is recommended to use the marc obtained by the *pressing* method.

Acknowledgements

I would like to thank my family for the support, patience and tolerance during the writing and finalizing of this promotion work.

I gratefully acknowledge the contribution of the colleagues from Latvia State Institute of Fruit-Growing and the teaching staff of Faculty of Food Technology, Latvia University of Agriculture.

