

LATVIJAS LAUKSAIMNIECĪBAS UNIVERSITĀTE  
LATVIA UNIVERSITY OF AGRICULTURE

PĀRTIKAS TEHNOLOĢIJAS FAKULTĀTE  
FACULTY OF FOOD TECHNOLOGY

**Karina Rūse**



**DAŽĀDI KALTĒTU DZĒRVENU KVALITĀTES  
IZVĒRTĒJUMS**

**QUALITY ASSESSMENT OF VARIOUSLY DRIED  
CRANBERRIES**

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

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

Jelgava  
2013

Promocijas darba zinātniskā vadītāja:  
Scientific supervisor:

**Tatjana Rakčejeva**  
Asoc. prof., Dr. sc. ing.

Promocijas darba zinātniskā konsultante:  
Scientific advisor:

**Lija Dukalska**  
Prof., Dr. habil. sc. ing.

Oficiālie recenzenti / Official reviewers:

- Prof., *Dr. habil. sc. ing.* **Imants Atis Skrupskis** – Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Pārtikas Tehnoloģijas fakultāte, Latvija / Latvia University of Agriculture, Faculty of Food Technology, Latvia
- Prof., *Dr. habil. med.* **Renāte Ligere** – Latvijas Universitāte, Medicīnas fakultāte, Latvija / Faculty of Medicine, Latvia University, Latvia
- Asoc. prof., *Dr. chem.* **Ida Jākobsone** – Latvijas Universitāte, Ķīmijas fakultāte, Latvija / Faculty of Chemistry, Latvia University, Latvia

Darba izstrāde un noformēšana veikta ar ESF grantu “Atbalsts LLU doktora studiju īstenošanai” un EF5 projekta “Pārtikas nozares zinātniski pētnieciskās grupas izveide” atbalstu / PhD thesis has been developed with the financial support of the ESF “Support for the Implementation of Doctoral Studies at Latvia University of Agriculture” and the EF5 project “Establishment of a Scientific Research Group of Food Industry”.



IEGULDĪJUMS TAVĀ NĀKOTNĒ

**Promocijas darba aizstāvēšana notiks** LLU Pārtikas zinātnes promocijas padomes atklātajā sēdē 2013. gada 13. decembrī plkst. 10.00 Jelgavā, Lielajā ielā 2, Pārtikas Tehnoloģijas fakultātē, 145. auditorijā.

The defence of the PhD thesis will be held in an open session of the Promotion Council of Food Science of Latvia University of Agriculture on December 13, 2013, at 10.00 a.m. in Room 145, Latvia University of Agriculture, Lielā iela 2, Jelgava.

Ar promocijas darbu un kopsavilkumu var iepazīties LLU Fundamentālajā bibliotēkā, Lielā ielā 2, Jelgavā, LV 3001 un <http://llu.fb.llu.lv>.

Atsauksmes sūtīt Promocijas padomes sekretārei LLU Pārtikas Tehnoloģijas fakultātes docentei Dr.sc.ing. **I. Beitānei** Lielā iela 2, Jelgava, LV 3001 vai [part@llu.lv](mailto:part@llu.lv).

The PhD thesis is available for the review at the Research Library of Latvia University of Agriculture, Lielā iela 2, Jelgava and <http://llu.fb.llu.lv>.

References are welcome to be sent to **I. Beitāne**, Dr.sc.ing., the Secretary of the Promotion Council of Latvia University of Agriculture, Faculty of Food Technology, Lielā iela 2, Jelgava, LV-3001, Latvia, [part@llu.lv](mailto:part@llu.lv).

ISBN 978-9984-861-59-3 (online)

## SATURS

Pētījuma aktualitāte .....	4
Darba mērķis, uzdevumi, novitāte, zinātniskais un tautsaimnieciskais nozīmīgums .....	5
Zinātniskā darba aprobācija.....	6
Materiāli un metodes .....	9
Pētījumu rezultāti un diskusija .....	13
Dzērveņu fizikālo un ķīmisko rādītāju izvērtējums .....	13
Dzērveņu fizikālo un ķīmisko rādītāju izmaiņas uzglabāšanas laikā.....	16
Kaltēšanas parametru izvēle .....	17
Dzērveņu kaltēšanas parametru izvēle konvekcijas tipa kaltē .....	18
Dzērveņu kaltēšanas parametru izvēle mikroviļņu-vakuuma kaltē .....	20
Dzērveņu fizikālie un ķīmiskie rādītāji pēc kaltēšanas.....	22
Kaltēto dzērveņu kvalitātes rādītāju izmaiņas uzglabāšanas laikā .....	25
Secinājumi.....	27

## CONTENT

Topicality of the research .....	28
Aim, tasks, novelty, and scientific significance of the research .....	29
Approbation of the research .....	30
Materials and methods .....	30
Research results and discussion .....	33
Assessment of cranberries physical and chemical indicators .....	33
Changes of cranberries physical and chemical indicators during storage...	35
Selection of drying parameters .....	35
Selection of parameters for cranberry drying in a convective drier.....	36
Selection of parameters for cranberry drying in a microwave-vacuum drier	37
Physical and chemical indicators of cranberries after drying .....	38
Changes of quality indicators of dried cranberries during storage .....	40
Conclusions .....	41

## PĒTĪJUMA AKTUALITĀTE

Latvijas purvos dzērvenes aug un tiek lasītas jau kopš seniem laikiem. Jau mūsu senči zināja par ogu ārstnieciskajām īpašībām imūnsistēmas stiprināšanai. Tieši reģions ap Baltijas jūru ir īpaši labvēlīgs dzērveņu augšanai, pārējā Eiropā ogas tiek importētas no Kanādas un ASV. Tradīciju dzērvenes lietot uzturā Eiropā ieviesuši vikingi mūsu ēras pirmā un otrā gadu tūkstoša mijā, vēlāk aktīvi izplatījuši krievu tirgoņi (Arthey, Ashurst, 1996).

Dzērvenes lielā daudzumā satur ogļhidrātus (glikozi, fruktozi, saharozi u.c.), organiskās skābes (citronskābi, benzoscābi, hinskābi, hlorogēnskābi, ābolskābi, skābeņskābi un dzintarskābi u.c.), pektīnvielas un vitamīnus (C, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>5</sub>, B<sub>6</sub>, PP, K<sub>1</sub> u.c.), betaīnu un bioflavonoīdus (antociānus, leikoantociānus, katehīnus, flavonolus), makro- un mikroelementus (K, P, Ca, Fe, Mn, Mo, Cu, J, Mg, Ba, Co u.c.) (Karlsons et al., 2009).

Tā kā dzērvenēs ir augsts benzoscābes saturs, svaigu ogu uzturvērtības izmaiņas uzglabāšanas laikā nav būtiskas, taču ir nepieciešams pievērst uzmanību uzglabāšanas apstākļiem (temperatūrai, videi, iepakojuma materiāliem). Visā pasaulē plaši izmanto dažādus ogu pārstrādes veidus: saldēšanu, kaltēšanu, sukāžu ražošanu u.tml. Viens no ogu uzglabāšanas laika pagarināšanas veidiem ir kaltēšana (Bennet et al., 2011).

Literatūrā ir sastopami dati par dzērveņu kaltēšanas iespējām konvekcijas kaltēs, kur izmanto dažādas kaltēšanas temperatūras ogu uzturvērtības saglabāšanai. Rezultātā kaltēto dzērveņu uzglabāšanas laiku var pagarināt līdz pat diviem gadiem. Tā kā svaigu ogu mitruma saturs ir liels (~85%), to kaltēšana ir energoietilpīgs process, t.i., konvekcijas kaltēs ogas var izkaltēt līdz mitruma saturam ~9% trīs dienu laikā +40–60 °C temperatūrā.

Literatūrā tikpat kā nav sastopami dati par savvaļas un lielo dzērveņu kaltēšanu mikroviļņu-vakuuma kaltē. Ir jāatzīmē, ka, kaltējot pārtikas produktus šādā kaltē, ir iespējams lietot apstrādes temperatūru zem +40±1 °C un kaltēšanas laiks ir ļoti īss (līdz dažām stundām). Tādējādi var prognozēt, ka, kaltējot dzērvenes mikroviļņu-vakuuma kaltē, būs iespējams maksimāli saglabāt ogu uzturvērtību, apstrādes laiks būs īsāks, turklāt samazināta skābekļa ietekme uz produktā esošajām uzturvielām un fermentiem vakuuma apstākļos varēs kavēt dažādus oksidēšanās procesus.

Apkopojot literatūrā sastopamos teorētiskos un eksperimentālos datus, ir izvirzīta **promocijas darba hipotēze**: kaltējot dzērvenes mikroviļņu-vakuuma kaltē pazeminātā temperatūrā, var maksimāli saglabāt ogu uzturvērtību, saīsināt kaltēšanas laiku un pazeminātā skābekļa vidē maksimāli saglabāt bioloģiski aktīvo vielu saturu ogās.

**Hipotēzi pierāda ar aizstāvamām tēzēm:**

- lielo dzērveņu ķīmiskais sastāvs būtiski atšķiras no savvaļas dzērveņu ķīmiskā sastāva;

- ar tradicionālajām uzglabāšanas metodēm nevar nodrošināt dzērveņu bioloģiskās vērtības saglabāšanu ilgstošā uzglabāšanas laikā;
- ogu šķirnēm, pirmapstrādes un kaltēšanas metodēm ir būtiska nozīme dzērveņu bioloģiskās vērtības saglabāšanā;
- kaltētu dzērveņu kvalitāte uzglabāšanas laikā būtiski nemainās.

Lai pārbaudītu hipotēzi, ir izvirzīts **promocijas darba mērķis** pētīt savvaļas un dažādu šķirņu lielogu dzērveņu kvalitātes izmaiņas konvekcijas kaltēšanas procesā un mikroviļņu-vakuuma kaltē, izvērtējot optimālo risinājumu ogu bioloģiskās vērtības saglabāšanā. Darba mērķa sasniegšanai izvirzīti šādi **uzdevumi**:

- noteikt svaigu savvaļas un dažādu šķirņu lielogu dzērveņu fizikālos rādītājus un ķīmisko sastāvu;
- pētīt svaigu dzērveņu fizikālo rādītāju un ķīmiskā sastāva izmaiņas uzglabāšanas laikā gaisā un ūdens vidē;
- izvērtēt optimālos dzērveņu pirmapstrādes veidus un tehnoloģiskos parametrus ogu kaltēšanai konvekcijas un mikroviļņu-vakuuma kaltē;
- pētīt dzērveņu ogu fizikālo un ķīmisko rādītāju izmaiņas kaltēšanas procesā konvekcijas un mikroviļņu-vakuuma kaltē;
- pētīt kaltētu dzērveņu fizikālo un ķīmisko rādītāju izmaiņas uzglabāšanas laikā.

Darba **novitāte** – ir izstrādāta jauna ražošanas tehnoloģija dzērveņu kaltēšanai mikroviļņu-vakuuma kaltē, papildus izvērtējot ogu pirmapstrādes metožu piemērotību kaltēšanas procesa optimizācijai un produkta bioloģiskās vērtības saglabāšanai. Pirmoreiz veikti pētījumi par Latvijas dažādu šķirņu lielogu dzērveņu un savvaļas dzērveņu piemērotību kaltēšanai mikroviļņu-vakuuma kaltē. Izstrādāts un Latvijas Republikā apstiprināts patents no Nr. 14631 „Dzērveņu ogu kaltēšanas paņēmieni” Izgudrotāji: Karina Rūse, Tatjana Rakčejeva, Ruta Galoburda, Lija Dukaļska (02.11.2012.).

Darba **zinātniskais nozīmīgums** – noteikts savvaļas un dažādu Latvijā audzētu lielogu šķirņu dzērveņu ķīmiskais sastāvs. Pētītas dzērveņu ķīmiskā sastāva izmaiņas uzglabāšanas laikā dažādos apstākļos, tās uzglabājot gaisā un ūdens vidē. Noteikti dažādi apstrādātu dzērveņu kaltēšanas parametri apstrādei pirms ogu kaltēšanas konvekcijas un mikroviļņu-vakuuma kaltē. Pētītas dažādi apstrādātu dzērveņu ogu fizikāli ķīmisko parametru izmaiņas, tās kaltējot konvekcijas un mikroviļņu-vakuuma kaltē. Analizētas dažādi apstrādātu un mikroviļņu kaltēs kaltētu dzērveņu fizikāli ķīmisko un mikrobioloģisko rādītāju izmaiņas uzglabāšanas laikā.

Darba **tautsaimnieciskā nozīme** – izstrādāts saīsināts dzērveņu kaltēšanas paņēmieni zemā temperatūrā, izmantojot mikroviļņu-vakuuma kalti, maksimāli saglabājot gatavā produkta kvalitāti un bioloģisko vērtību.

## ZINĀTNISKĀ DARBA APROBĀCIJA

**Pētījumu rezultāti apkopoti un publicēti** deviņos recenzējamos zinātniskajos rakstu krājumos angļu valodā, no tiem četros – LZP atzītos izdevumos; četras publikācijas ir citējamās datubāzēs *SCOPUS* un *SCIENCE DIRECT*, kā arī pētījumu rezultāti apkopoti un publicēti vienā populārzinātniskajā žurnālā latviešu valodā. Pētījumos iegūtie rezultāti ietverti divās monogrāfijās, un saņemts viens izgudrojuma apliecinājums.

### Publikācijas LZP atzītos izdevumos

1. Ruse K., Rakcejeva T., Dukalska L., Dimins F. (2013) Changes of physically-chemical parameters of Latvian cranberries during storage. Latvijas Lauksaimniecības universitātes Raksti. (*Iesniegts un pieņemts publicēšanai*)
2. Ruse K., Rakcejeva T., Berzina L. (2012) Rehydration kinetics of dried Latvian cranberries as affected by drying conditions. Annual 18<sup>th</sup> International Scientific Conference Proceedings Research for Rural Development, Jelgava, Latvia. ISSN 1691-4031, p. 91–97. (*In Agris*)
3. Ruse K., Rakcejeva T., Galoburda R., Dukalska L. (2011) Anthocyanins content in Latvian cranberries dried in convective and microwave vacuum driers. Annual 17<sup>th</sup> International Scientific Conference Proceedings Research for Rural Development, Jelgava, Latvia. ISSN 1691-4031, vol. 1, p. 100–106.
4. Dorofejeva (Ruse) K., Rakcejeva T., Skudra L., Dimins F., Kviessis J. (2010) Changes in physically-chemical and microbiological parameters of Latvian wild cranberries during convective drying. Annual 16<sup>th</sup> International Scientific Conference Proceedings Research for Rural Development, Jelgava, Latvia. ISSN 1691-4031, Volume 1, p. 132–137. (*In Agris*)

### Publikācijas citos atzītos izdevumos

1. Ruse K., Rakcejeva T., Galoburda R. (2013) Development of Technological Parameters for Cranberries in Microwave-Vacuum Drier. Proceedings of FaBE2013 International Conference, Greece. ISBN 978-960-9510-11-0, vol. 2, p. 205–214.
2. Ruse K., Sabovics M., Rakcejeva T., Dukalska L., Galoburda R., Berzina L. (2012) The effect of drying conditions on the presence of volatile compounds in cranberries. World Academy of Science, engineering and Technology, Paris, France. Issue 64, p. 854–860. (*In SCOPUS*)
3. Dorofejeva (Ruse) K., Rakcejeva T. (2012) Study on biological value changes of Latvian wild cranberries during convective drying. Proceedings of 28<sup>th</sup> International Horticultural Congress. Proceedings of the international symposium on Berries: from genomics to sustainable production, quality and health. Lisboa, Portugal. ISSN 0567-7572, Acta Horticultural 926, p. 717–723. (*In SCOPUS*)
4. Dorofejeva (Ruse) K., Rakcejeva T., Galoburda R., Dukalska L., Kviessis J. (2011) Vitamin C content in Latvian cranberries dried in convective and

- microwave vacuum driers. Proceedings of 11<sup>th</sup> International Congress on Engineering and Food, Food Process Engineering in a Changing World, Athens, Greece. Vol. 2, p. 1199–1200. (On CD.) (*In Science Direct*)
5. Dorofejeva (Ruse) K., Rakcejeva T., Kviessis J., Skudra L. (2011) Composition of vitamins and amino acid in Latvian cranberries. Proceedings of 6<sup>th</sup> Baltic Conference on Food Science and Technology “Innovations for Food Science and production”, Jelgava, Latvia, ISBN 978-9984-48-045-9, p. 153–158. (*In SCOPUS*)

### Citas publikācijas

Rūse K. (2013) Dzērveņu kaltēšana mikroviļņos un vakuumā. Agrotops, Nr. 1 (185), janvāris, 73.–74. lpp.

### Izgudrojuma patents

Rūse K., Rakcejeva T., Galoburda R., Dukaļska L. (2012) Dzērveņu ogu kaltēšanas paņēmieni. Latvijas Republikā apstiprināts patents Nr. 14631.

### Monogrāfijas

1. Bioloģiski aktīvas vielas pārtikas produktos (2012) Straumītes E. redakcijā. PTF, LLU. 280 lpp. ISBN 978-9984-48-083-1  
*Rūse K., Berna E., Kampuse S., Šnē E. C vitamīna satura izmaiņas augļos un ogās uzglabāšanas laikā un dažādu pārstrādes procesu ietekmē. 1.2.2. nodaļa, 38.–56. lpp.*  
*Rūse K., Kampuse S., Kampuss K., Krūma Z., Riekstiņa-Dolģe R., Šnē E. Fenolu savienojumi ogās un augļos. 6.2.1. nodaļa, 189.–200. lpp.*  
*Rūse K., Kampuse S., Krūma Z., Šnē E. Fenolu savienojumu izmaiņas kaltēšanas procesā. 6.3.2. nodaļa, 207.–212. lpp.*  
*Rūse K., Kampuss K. Gaistošie savienojumi ogās. 7.2.1. nodaļa, 252.–254. lpp.*  
*Galoburda R., Rūse K., Krūma Z. Gaistošo savienojumu izmaiņas garšaugu un ogu kaltēšanas procesā. 7.3.1. nodaļa, 257.–260. lpp.*
2. Progresīvās iepakojuma tehnoloģijas pārtikas industrijā (2012) Dukaļskas L., Muižnieces-Brasavas S. redakcijā. PTF, LLU. 192 lpp.  
*Muižniece-Brasava S., Dukaļska L., Kampuse S., Mūrniece I., Šabovics M., Krūma Z., Rūse K., Kozlinskis E., Dabiņa-Bicka I., Sarvi S. Aktīvā iepakojuma ietekme uz marmelādes konfekšu kvalitāti un derīguma termiņu. 2.8.4. nodaļa, 83.–87. lpp.*

**Par rezultātiem ziņots** astoņās starptautiskajās zinātniskajās un zinātniski praktiskajās konferencēs, kongresos Latvijā, Portugālē, Grieķijā, Francijā.

1. International Conference FABE 2013 (Food and Biosystems Engineering 2013), Skiathos Island, Greece. **REFERĀTS** Development of Technological Parameters for Cranberries in Microwave-Vacuum Drier. Ruse K., Rakcejeva T., Galoburda R. (May 30–June 2, 2013).
2. 18<sup>th</sup> International Scientific Conference “Research for Rural Development”, Jelgava, Latvia. **REFERĀTS** Rehydration kinetics of dried Latvian cranberries

- as affected by drying conditions. Ruse K., Rakcejeva T., Berzina L. (May 16–18, 2012).
3. ICFEB 2012: International Conference on Food Engineering and Biotechnology, Paris, France. **REFERĀTS** The effect of drying conditions on the presence of volatile compounds in cranberries. Ruse K., Sabovics M., Rakcejeva T., Dukalska L., Galoburda R., Berzina L. (April 25–26, 2012).
  4. 11<sup>th</sup> International Congress on Engineering and Food, Food Process Engineering in a Changing World, Athens, Greece. **STENDA REFERĀTS** Vitamin C content in Latvian cranberries dried in convective and microwave vacuum driers. Dorofejeva (Ruse) K., Rakcejeva T., Galoburda R., Dukalska L., Kviessis J. (May 22–26, 2011).
  5. 17<sup>th</sup> International Scientific Conference “Research for Rural Development”, Jelgava, Latvia. **REFERĀTS** Anthocyanin content in Latvian cranberries dried in convective and microwave vacuum driers. Dorofejeva (Ruse) K., Rakcejeva T., Galoburda R., Dukalska L. (May 18–20, 2011).
  6. 6<sup>th</sup> Baltic Conference on Food Science and Technology “Innovations for Food Science and production”, Jelgava, Latvia. **REFERĀTS** Composition of vitamins and amino acid in Latvia cranberries. Dorofejeva (Ruse) K., Rakcejeva T., Kviessis J., Skudra L. (May 5–6, 2011).
  7. 28<sup>th</sup> International Horticultural Congress IHC2010 Science and Horticulture for People Lisbon, Portugal. **STENDA REFERĀTS** Study on biological value changes of Latvian wild cranberries during convective drying. Dorofejeva (Ruse) K., Rakcejeva T. (August 22–27, 2010).
  8. 16<sup>th</sup> International Scientific Conference Research for Rural Development, Jelgava, Latvia. **REFERĀTS** Changes in physically-chemical and microbiological parameters of Latvian wild cranberries during convective drying. Dorofejeva (Ruse) K., Rakcejeva T., Skudra L., Dimins F., Kviessis J. (May 19–21, 2010).

#### **Piedalīšanās izstādēs**

1. Ruse K., Šabovics M., Rakcejeva T. „Gaistošo savienojumu saturs Latvijas dzērvenēs”. Izstāde „Rīga Food 2011”, Rīga, Latvija (stenda referāts).
2. Dorofejeva K., Lagzdiņa M., Šnē E., Krūma Z., Galoburda R., Rakcejeva T., Sarvi S. „Kaltēšanas procesu ietekme uz pārtikas produktu kvalitāti”. Seminārs „Pētniecība un inovācijas pārtikas nozarē”. Izstāde „Rīga Food 2010”, Rīga, Latvija (referāts).
3. Dorofejeva K., Rakcejeva T. „C vitamīna satura izmaiņas Latvijas savvaļas dzērvenēs konvektīvās kaltēšanas laikā”. Izstāde „Rīga Food 2010”, Rīga, Latvija (stenda referāts).



# MATERIĀLI UN METODES

## Pētījumu norises vietas

Pētījumu norises laiks – no 2009. gada līdz 2012. gadam.

- Latvijas Lauksaimniecības universitātē:
  - Pārtikas tehnoloģijas fakultātes Pārtikas tehnoloģijas katedras laboratorijās: Iekārtu laboratorijā (ogu kaltēšana mikroviļņu-vakuuma kaltē, dzērveņu tvaicēšana, griešana un caurduršana), Iepakojuma materiālu īpašību izpētes laboratorijā (ūdens aktivitātes, mitruma saturs, pH, krāsas intensitātes un gaistošo savienojumu noteikšana ogās, dzērveņu uzglabāšana dažādos apstākļos); Prof. P. Delles pārtikas produktu laboratorijā (antociānu, karotīnu, šķīstošās sausas, rehidrācijas pakāpes un šķiedrvielu saturs noteikšana); Mikrobioloģijas zinātniskajā laboratorijā (ogu mikrobioloģisko parametru noteikšana);
  - Pārtikas tehnoloģijas fakultātes Ķīmijas katedras laboratorijā: Dabas vielu ķīmijas zinātniskajā laboratorijā (cukuru, polifenolu un organisko skābju saturs noteikšana);
  - SIA „Vecauce” LLU mācību un pētījumu saimniecībā (dzērveņu kaltēšana konvekcijas tipa kaltē);
  - Agronomisko analīžu zinātniskajā laboratorijā (minerālvielu saturs noteikšana ogās).
- Latvijas Universitātes Bioloģijas institūta laboratorijās (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, E vitamīna un aminoskābju noteikšana ogās).
- Latvijas Valsts auglīkopības institūta laboratorijā (C vitamīna saturs noteikšana ogās).

**Pētījumos izmantoti:** Latvijas savvaļas un lielogu dzērvenes (šķirnes: 'Steven', 'Bergman', 'Ben Lear', 'Pilgrim' un 'Early Black').

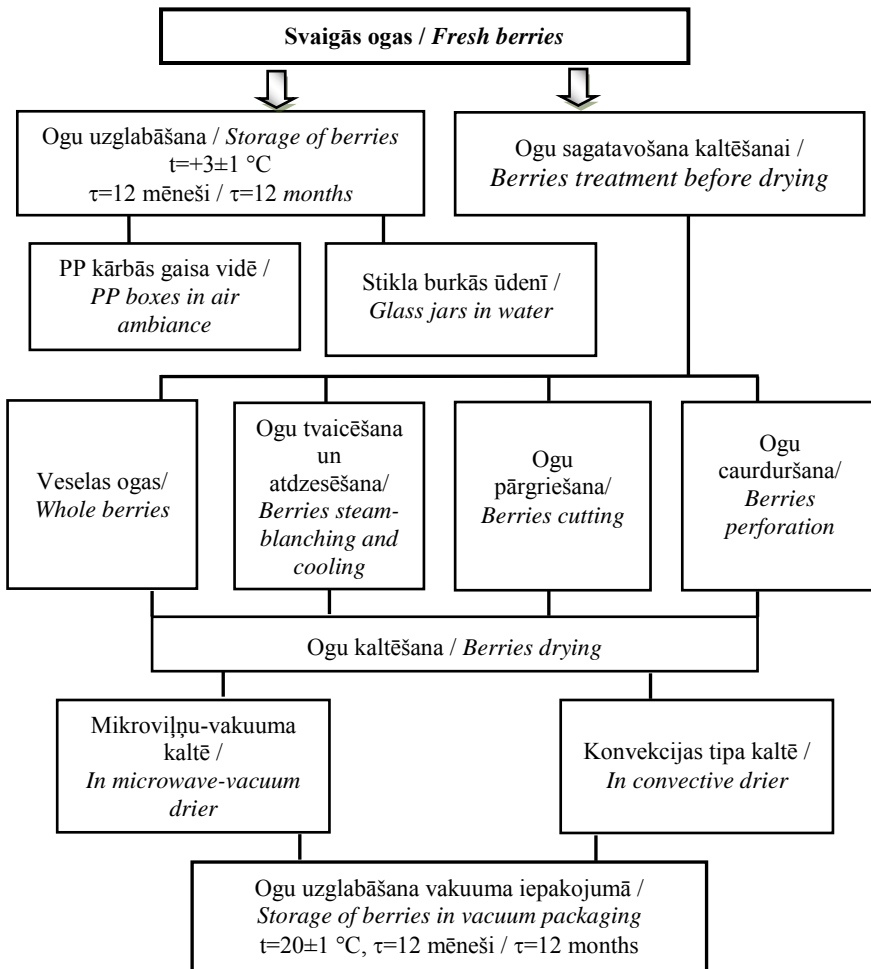
Pētījuma posmam „Dzērveņu kaltēšanas parametru izvēle un izvērtējums” tika izmantotas savvaļas ogas, kas ievāktas Kurzemes reģiona purvājos 2009. gada oktobra pirmajā pusē. Turpmākiem pētījumiem ogas ievāktas 2010. gada oktobra pirmajā pusē: savvaļas dzērvenes – Kurzemes reģiona purvājos, kultivētās dzērvenes – iepirktas no Kurzemes reģiona kultivēto dzērveņu audzētājiem.

Vispārējā eksperimenta shēma parādīta 1. attēlā.

## Kvalitātes rādītāju noteikšanas metodes

- **C vitamīna saturs** noteikts, izmantojot standarta metodi LVS EN 14130:2003.
- **Organisko skābju saturs noteikšana.** Organiskās skābes ir ekstrahētas ar ūdeni pēc Hernandez et al. (2009) metodes.
- **Polifenolu noteikšana.** Polifenolu ekstrakciju veica pēc Tomas-Barberan et al. (2001) aprakstītās metodes.
- **Ogļhidrāti (saharozes un glikozes) noteikšana** – pēc Miguez-Bernandeza et al., (2004) metodes.

- **Karotīni noteikti** spektrofotometriski, izmantojot *6705 UV/VIS YENWAY Spectrophotometer* (Apvienotā Karaliste), ar viļņu garumu 450 nm pēc Ермакова, (1987) metodes.
- **Antociānu saturs** tika noteikts ar *6705 UV/VIS YENWAY Spectrophotometer* (UK), izmantojot spektrofotometrisko antociānu noteikšanas metodi” pēc Fuleki and Francis, (1968).
- **Šķīstošā sausna** ir noteikta ar refraktometru *KRUSS HR18 Manual Refraktometer* (Vācija) pēc standarta metodes ISO 2173:2003.



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

- **Gaistošo vielu noteikšana.** Gaistošās vielas dzērvenēs nosaka ar gāzu hromatogrāfu ar kapilāro kolonnu *Elite-Wax ETR* (Inc. PerkinElmer, ASV) un masas spektrometru *PerkinElmer 500 GC/MS* (Inc. PerkinElmer, ASV). Gaistošo vielu noteikšanai izmantota LLU M. Šabovica u.c. izstrādātā pielāgotā metode (Sabovics et al., 2010).
- **Mikrobiālā drošība.** Paraugu sagatavošana mikrobioloģiskajai testēšanai veikta atbilstoši standartam LVS EN ISO 7218:2007.
- **Šķiedrvielu saturs** –noteiktas atbilstoši standarta metodei AOAC 993.21
- **Aminoskābju saturs** noteikts pēc hromatogrāfiskās metodes ar aminoskābju analizatoru „Mikrotechna AAA 831”.
- **B<sub>1</sub> vitamīna** daudzums – ar fluorimetru „Specol 11” pēc Jansena metodes Jeļesejevas modifikācijā.
- **B<sub>2</sub> vitamīna** saturs – ar fluorimetru „Specol 11” pēc Povolockas, Zajcevas un Skorobogatovas metodes.
- **E vitamīna** noteikšana balstīta uz tokoferola spēju oksidēties. E vitamīnu oksidē ar FeCl<sub>3</sub>, bet dzelzi – ar α, α<sup>1</sup>– dipiridilu.
- **Mineralvielas** ir noteiktas atbilstoši standarta metodei LVSEN ISO 6869:2002.
- **pH** vērtība ir noteikta ar pH metru *Jenway 3510 pH Meter* (LVS ISO 1132:2001).
- **Mitruma saturs.** Mitruma saturu nosaka ar karsēšanas metodi pēc Temminghoff and Houba, (2004) metodes.
- **Krāsas izmaiņas** – CIE L\*a\*b\* krāsu sistēmā ar iekārtu „ColorTec-PCM”.
- **Kaltēto dzērveņu ogu sorbcijas noteikšana.** Dzērveņu paraugi tika rehidrēti +20±1 °C un +40±1 °C temperatūrā pēc Singh et al., (2008) metodes.
- **Kaltēto dzērveņu ogu adsorbcijas noteikšana** - līdz līdzsvara mitrumam izkaltētos ogu paraugus iztur mākslīgi veidotos tvaika-gaisa apstākļos ar relatīvo gaisa mitrumu 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 90%, 97% +20 °C temperatūrā pēc Azzouz et al., (2002) metodes.

### Ogu sagatavošana kaltēšanai

- **Ogu caurduršana** eksperimentāli realizēta, izmantojot adatu (Ø 1 mm), veicot 10±2 dūrienus uz ogas virsmas (Shi et al., 1997).
- **Ogu pārgriešana uz pusēm** eksperimentāli veikta manuāli ar asu nerūsošā tērauda nazi (Hui et al., 2006).
- **Ogu tvaicēšana.** Veselu ogu tvaicēšana veikta, izmantojot mājsaimniecībā lietojamo iekārtu *TEFAL VC4003 VITAMIN+* (Ķīna) temperatūrā +94±2 °C vienu minūti. Pēc tvaicēšanas ogas tika atdzesētas līdz +20±1 °C temperatūrai gaisa vidē (Mayer-Miebach and Spieß, 2003; Llano et al., 2003).

### Kvalitātes rādītāju noteikšana pētījuma etapos

Dzērveņu kvalitātes parametru noteikšana dažādos pētījuma posmos ir apkopota 1. tabulā.

**Dzērveņu kvalitātes rādītāju noteikšana dažādos pētījuma posmos /  
Determination of cranberry quality indicators at different stages of the research**

Rādītāji / Indicators	Pētījuma posmi / Phases of the research				
	Ogas / Berries	Ogu uzglabāšana / Berrie storage	Kaltēšanas parametru izvēle / Selection of drying parameters	Kaltētas ogas / Dried berries	Kaltēto ogu uzglabāšana / Dried berrie storage
C vitamīns / Vitamin C	+	+	+	+	+
Organiskas skābes / Organic acids	+	+	-	+	+
Polifenoli / Polyphenols	+	+	+	+	+
Ogļhidrāti / Carbohydrates	+	+	-	+	+
Mitrums / Moisture	+	+	+	+	+
B <sub>1</sub> vitamīns / Vitamin B <sub>1</sub>	+	-	-	-	-
B <sub>2</sub> vitamīns / Vitamin B <sub>2</sub>	+	-	-	-	-
E vitamīns / Vitamin E	+	-	-	-	-
Aminoskābes / Aminoacids	+	-	-	-	-
Krāsa / Colour	+	+	+	+	+
Karotīni / Carotene	+	-	+	+	-
Antociāni / Anthocyanin	+	+	+	+	+
pH	+	+	-	+	+
Minerālvielas / Minerals	+	-	-	-	-
Šķīstošā sausna / Soluble solids	+	-	-	-	-
Gaistošas vielas / Volatile compounds	+	-	-	+	-
Mikrobiālā drošība / Microbial safety	-	-	+	-	-
Šķiedrvielas / Dietary fibre	-	-	-	+	-
Sorbēcija / Sorption	-	-	-	+	-
Adsorbēcija / Adsorbēcija	-	-	-	-	+

### Rezultātu matemātiskā apstrāde

Iegūto datu apstrāde veikta ar matemātiskās statistikas metodēm, iegūtajiem rezultātiem aprēķinātas standartnovirzes ar *Microsoft Excel 7.0* programmas paketi. Būtiskuma noteikšanai rezultāti tika analizēti ar *SPSS 20.0*, izmantojot šādas testēšanas metodes: divu faktoru dispersijas analīzi, Greenhaus-Greiser testu, Šeffe testu, divu faktoru ANOVA, trīs faktoru ANOVA, lai izpētītu faktoru ietekmi un mijiedarbību starp tiem, efekta nozīmīgumu (p-vērtība). Veikts integrēts novērtējums.

# PĒTĪJUMU REZULTĀTI UN DISKUSIJA

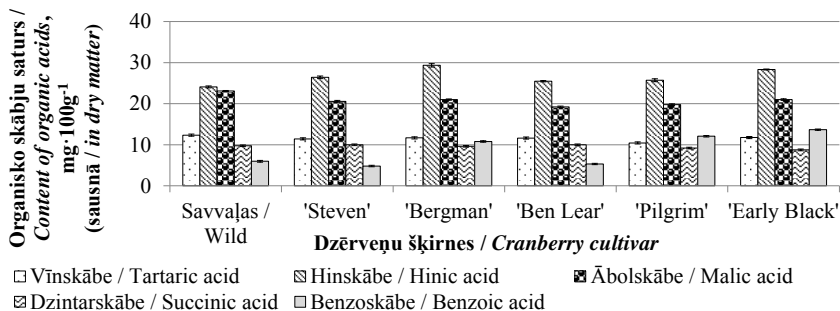
## Dzērveņu fizikālo un ķīmisko rādītāju izvērtējums

Lai pierādītu promocijas darba aizstājamo tēzi, proti, lieloģu dzērveņu ķīmiskais sastāvs būtiski atšķiras no savvaļas dzērveņu ķīmiskā sastāva, analizējot eksperimentāli iegūtos rezultātus, veikts vispusīgs svaigu ogu fizikālo un ķīmisko rādītāju izvērtējums.

**Mitruma saturs.** Veicot matemātisko datu apstrādi, ir noteikts, ka mitruma saturam nav būtiskas atšķirības starp lieloģu dzērveņu šķirnēm 'Steven' un 'Early Black' ( $p=0,1130$ ;  $\alpha=0,0500$ ) un starp šķirnēm 'Ben Lear' un 'Pilgrim' ( $p=0,7350$ ;  $\alpha=0,0500$ ). Savukārt starp savvaļas dzērveņu un lieloģu dzērveņu šķirņu ogu mitruma saturu pastāv būtiska atšķirība ( $p=0,0001$ ;  $\alpha=0,0500$ ).

**pH vērtība.** Visiem ogu paraugiem pH bija vidēji 2,465, un tas ir nedaudz zemāks, nekā minēts zinātniskajā literatūrā – lieloģu dzērveņu sulas pH ir 3,000 (Ripa, 1992).

**Organiskās skābes.** Jāatzīmē, ka viens no svarīgākajiem parametriem, kas raksturo ogu baktericīdās īpašības, ir tajās esošās benzoscābes saturs.



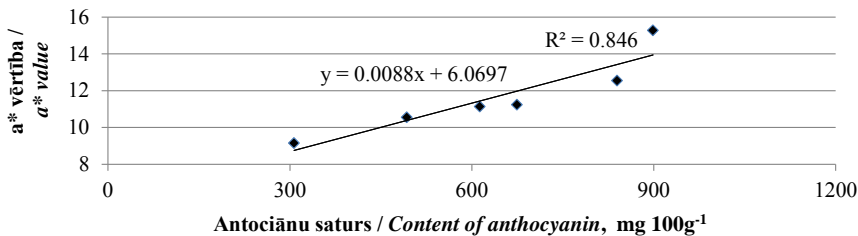
2.att. Organisko skābju saturs /  
Fig. 2. Content of organic acids

Pētījumos lielākais benzoscābes saturs noteikts lieloģu dzērveņu šķirnes 'Early Black' ogās – 13,66 mg 100 g<sup>-1</sup>, kas ir par 56% vairāk nekā savvaļas dzērvenēs – 5,98 mg 100 g<sup>-1</sup> un par 65% vairāk nekā lieloģu dzērveņu šķirnes 'Steven' ogās – 4,82 mg 100 g<sup>-1</sup> (2. att.). Veicot matemātisko datu apstrādi, noteikts, ka benzoscābes saturs visu šķirņu ogās ir būtiski atšķirīgs ( $p=0,0001$ ;  $\alpha=0,0500$ ), izņemot savvaļas un šķirnes 'Ben Lear' ogas ( $p=0,0430$ ;  $\alpha=0,0500$ ); savukārt starp šķirņu 'Steven' un 'Ben Lear' ogu benzoscābes saturu nav būtiskas atšķirības ( $p=0,0500$ ;  $\alpha=0,0500$ ).

**Karotīna saturs.** Pētījumu rezultāti rāda, ka lieloģu šķirņu ogas vidēji satur par 32% vairāk karotīnu nekā savvaļas dzērvenes – 0,069±0,004 mg 100 g<sup>-1</sup>. Savukārt

lielākais karotīnu saturs, proti  $0,123 \pm 0,002 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$  ir konstatēts 'Ben Lear' šķirnes dzērvenēs.

**a\* krāsas intensitātes un antociānu satura korelācijas analīze.** Veiktā pētījuma rezultāti apstiprina krāsas komponentes a\* intensitātes un antociānu satura savstarpējo mijiedarbību, jo starp minētajiem rādītājiem pastāv cieša pozitīva korelācija ( $r=0,919$ ) (3. att).

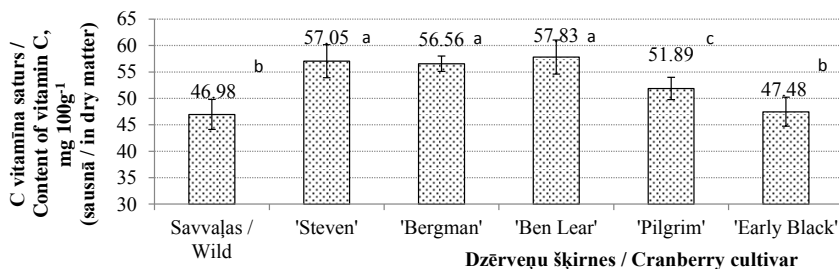


### 3. att. Krāsas komponentes a\* un antociānu satura korelācijas analīze svaigās dzērvenēs /

**Fig. 3. The a\* radical intensity and anthocyanin content correlation analysis of fresh cranberries**

**Šķīstošās sausas saturs** savvaļas un kultivēto dzērveņu ogās būtiski neatšķiras. Augstākais šķīstošās sausas saturs ir dzērveņu šķirnes 'Pilgrim' ogu sulā –  $9,20 \pm 0,10\%$ , zemākais 'Steven', 'Ben Lear' un savvaļas dzērveņu ogu sulā –  $7,70 \pm 0,06\%$ .

**C vitamīna saturs.** Savstarpēji līdzīgs C vitamīna saturs atrasts lielloģu šķirņu 'Steven', 'Bergman' un 'Ben Lear' ogās, kas ir par vidēji ~18% augstāks nekā C vitamīna saturs savvaļas dzērvenēs (4. att.).



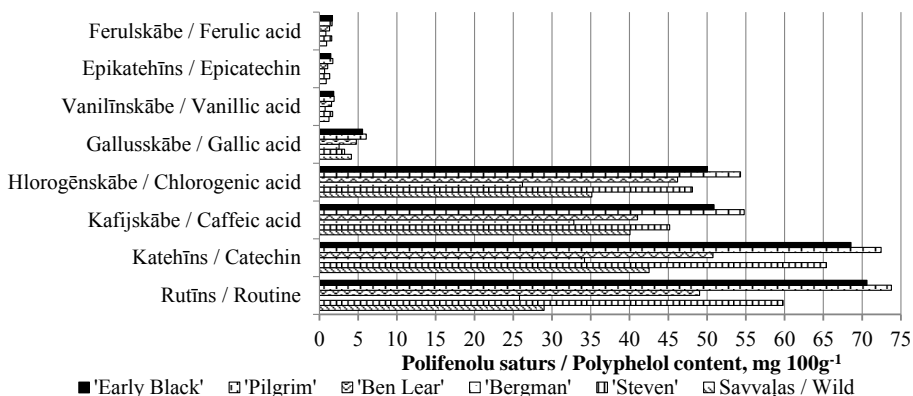
### 4. att. C vitamīna saturs /

**Fig. 4. Content of Vitamin C**

Augstākais C vitamīna saturs konstatēts šķirnes 'Ben Lear' ogās, tas bija  $57,83 \pm 3,22 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$  (pārrēķinot uz sausu). Zemākais C vitamīna saturs atrasts savvaļas un lielloģu šķirnes 'Early Black' dzērvenēs, attiecīgi  $46,98 \pm 2,83 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$  un  $47,48 \pm 2,75 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$  (pārrēķinot uz sausu) (4. att.).

**Oglhidrātu saturs.** Eksperimentāli ir noteikts, ka no cukuriem dzērvenēs galvenokārt ir glikoze un fruktoze, savukārt saharoze ogās netika konstatēta vispār. Augstākais glikozes saturs ir kultivēto dzērveņu šķirņu 'Bergman', 'Pilgrim' un 'Early Black' ogās – attiecīgi  $10,036 \pm 0,008 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ,  $10,354 \pm 0,008 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$  un  $10,083 \pm 0,009 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ , kas ir tikai par ~15% augstāks nekā savvaļas dzērvenēs ( $8,561 \pm 0,009 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ). Taču augstākais fruktozes saturs –  $3,452 \pm 0,010 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$  – konstatēts savvaļas un šķirnes 'Pilgrim' dzērvenēs. Tādējādi analizētās ogas drīzāk būs skābākas nekā saldās, uz ko norāda arī eksperimentos iegūtie dati.

**Polifenolu saturs.** Augstākais šo savienojumu saturs konstatēts lieloģu dzērveņu šķirnēs 'Pilgrim' un 'Early Black', kā arī 'Steven' ogās, savukārt zemākais – lieloģu dzērveņu šķirnes 'Bergman' ogās (5.att.). Izvērtējot atsevišķu polifenolu saturu dzērvenēs, konstatēts, ka starp atsevišķiem to komponentiem analizētajos ogu paraugos pastāv būtiska atšķirība ( $p=0,0001$ ,  $\alpha=0,0500$ ).

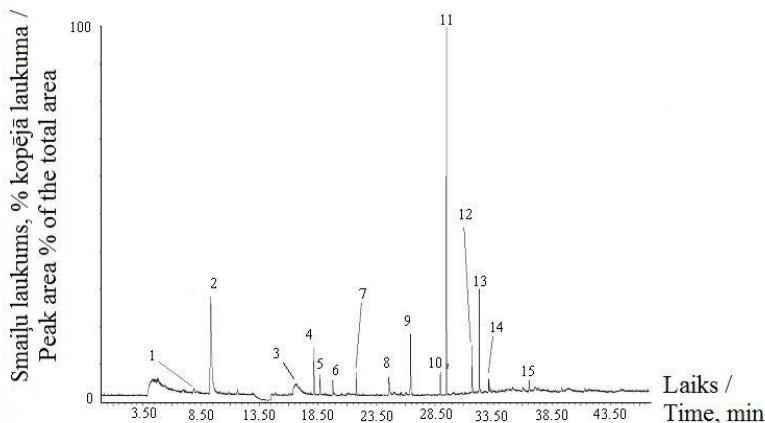


**5. att. Polifenolu saturs svaigās dzērvenēs /  
Fig. 5. Polyphenols content of fresh cranberries**

**Minerālvielas.** Ca saturs būtiski neatšķiras dzērveņu šķirņu 'Bergman' un 'Ben Lear' ( $p=0,9040$ ), 'Bergman' un 'Early Black' ( $p=0,7100$ ), 'Ben Lear' un 'Early Black' ( $p=0,8060$ ) ogās. Na saturs dzērveņu šķirnes 'Ben Lear' ogās būtiski atšķiras no visām pārējām ogām ( $p=0,0001$ ). Mg saturs analizētajos dzērveņu paraugos būtiski neatšķiras ( $p=0,054$ ).

**Gaistošo vielu saturs.** Pētītajās svaigajās dzērvenēs konstatēta 21 gaistošā viela. Dzērveņu šķirnes 'Steven' ogas satur 15 gaistošās vielas (6. att.), šķirnes 'Bergman' un 'Early Black' – 13, 'Ben Lear' un 'Pilgrim' – 11, savvaļas dzērvenes – 14 gaistošās vielas. Veicot hromatogrāfiskās analīzes, gan lieloģu, gan savvaļas dzērvenēs noteiktas vairākas kopīgas gaistošās vielas, tādas kā 4-pentēn-2-ols (veido augļu aromātu), 3-cis-heksenilformiāts (veido meloņu aromātu ar augļu iezīmēm), benzaldehīds (veido mandeļu aromātu),

$\alpha$ -1-terpineols (veido ziedu aromātu), sviestskābe (veido rūgteno sviesta aromātu), benzilspirts (veido saldu aromātu).



**6. att. Dzērveņu gaistošo savienojumu hromatogramma (šķirne 'Steven') /**

**Fig. 6. Chromatogram of volatile compounds in cranberries (the cultivar 'Steven')**

**1** – etilacetāts / *ethylacetate*; **2** – 4-pentēn-2-ols / *4-penten-2-ol*; **3** – (Z)-2-heksanāls / *(Z)-2-hexanal*; **4** – eikaliptols / *eucaliptol*; **5** – (Z)-2-heptanāls / *(Z)-2-heptanal*; **6** – 3-cis-heksenilformiāts / *3-cis-hexenyl formatē*; **7** – 6-metil-5-heptēn-2-ons / *6-methyl-5-hepten-2-one*; **8** – etiškābe / *acetic acid*; **9** – benzaldehīds / *benzaldehyde*; **10** – etilbenzoāts / *ethyl benzoate*; **11** – alfa-1-terpineols /  *$\alpha$ -1-terpineol*; **12** – sviestskābe / *butyric acid*; **13** – benzilspirts / *benzyl alcohol*; **14** – feniletilspirts / *phenylethyl alcohol*; **15** – pelargonskābe / *nonanoic acid*.

Analizētajos ogu paraugos augstākais  $\alpha$ -terpineola smailes laukums noteikts šķirnes 'Steven' ( $35,99 \cdot 10^6$ ) ogās, zemākais – 'Ben Lear' šķirnes ogās ( $1,45 \cdot 10^6$ ), kas norāda uz analizēto ogu izteiktāku ziedu aromātu.

**Neaizvietojamo aminoskābju saturs.** Eksperimentāli ir pierādīts, ka augstākais neaizvietojamo aminoskābju saturs konstatēts kultivēto dzērveņu šķirnes 'Early Black' ( $2,23 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) ogās, kas ir par 26% augstāks, salīdzinot ar savvaļas dzērvenēm ( $1,66 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ); zemākais neaizvietojamo aminoskābju saturs ( $1,12 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) noteikts šķirnes 'Ben Lear' ogās, kas ir par 33% zemāks nekā savvaļas dzērvenēs.

### Dzērveņu fizikālo un ķīmisko rādītāju izmaiņas uzglabāšanas laikā

Lai pierādītu promocijas darba aizstājamo tēzi, proti, ar tradicionālajām uzglabāšanas metodēm nevar nodrošināt dzērveņu bioloģiskās vērtības saglabāšanu



ilgstošā uzglabāšanas laikā, eksperimentāli tika veikts vispusīgs svaigu ogu fizikālo un ķīmisko rādītāju izvērtējums uzglabāšanas laikā tradicionālos apstākļos.

Lai noteiktu svaigu dzērveņu derīguma termiņu, tās tika ievietotas slēgtās PP kārbās gaisa vidē un stikla burkāš udens vidē un uzglabātas aukstuma kamerā  $+3\pm 1$  °C temperatūrā 12 mēnešus. Ogu uzglabāšanas temperatūra izvēlēta, balstoties uz zinātniskajā literatūrā atrodamajām atziņām, proti, pazeminātā temperatūrā (apmēram  $+3$  °C) iespējams saglabāt ogu kvalitāti, tādējādi pagarinot to uzglabāšanas laiku (Perkins-Veazie and Collins, 2002; Reynoso and DeMichelis, 1994).

Dzērveņu derīguma termiņš, uzglabājot tās PP kārbās gaisā  $+3\pm 1$  °C temperatūrā, ir seši mēneši, stikla burkāš udenī – 12 mēneši. Izvēlētajos uzglabāšanas nosacījumos uzglabāšanas laikā netika konstatētas būtiskas ogu mitruma satura, pH vērtības, krāsas intensitātes un antociānu satura izmaiņas. Uzglabājot dzērvenes 12 mēnešus stikla burkāš udenī, C vitamīna saturs samazinājās par vidēji 90%, organisko skābju saturs – par 54%, polifenolu saturs – par 60%. Uzglabājot dzērvenes sešus mēnešus PP kārbās gaisā, C vitamīna saturs samazinājās par vidēji 99%, organisko skābju saturs – par 30%, polifenolu saturs – par 34%. Tas pierāda aizstājamo tēzi, ka ar tradicionālajām uzglabāšanas metodēm nevar nodrošināt dzērveņu bioloģiskās vērtības saglabāšanu ilgstošā uzglabāšanas laikā.

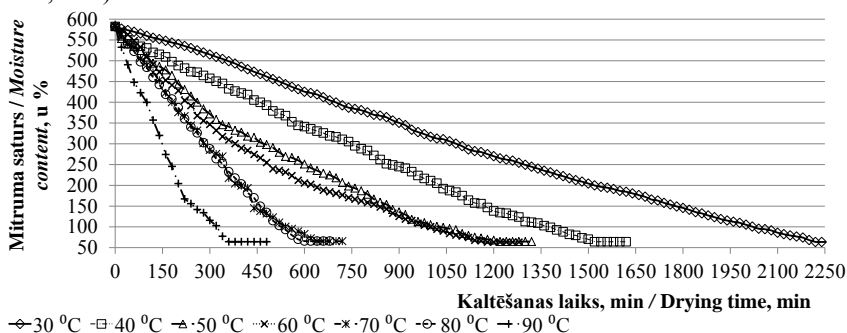
## Kaltēšanas parametru izvēle

Svaigu ogu derīguma termiņš, tās uzglabājot aukstuma kamerā temperatūrā  $+4\pm 1$  °C, ir aptuveni 2–3 mēneši. Tāpēc dzērveņu izmantošanas termiņa pagarināšanai bieži lieto ogu kaltēšanu. Visizplatītākā ir ogu apstrāde karstā gaisa plūsmā jeb konvekcijas kaltēšana. Ražošanas prakse rāda, ka kaltēšana karstā gaisā ir galvenokārt ilgs un energoietilpīgs process. Tādējādi radās nepieciešamība meklēt alternatīvas metodes, izmantojot mūsdienīgas iekārtas un jaunākos atklājumus. Promocijas darbā kā viena no progresīvākajām metodēm izvēlēta ogu kaltēšana mikroviļņu-vakuuma kaltē, kurā produkta apstrādes laiks ir īsāks, kā arī iespējams nodrošināt zemu kaltēšanas temperatūru darba kamerā, variējot ar pievadītās mikroviļņu enerģijas daudzumu, maksimāli saglabājot kaltējamā produkta uzturvērtību. Veiktajos zinātniskajos pētījumos ir salīdzinātas abas dzērveņu kaltēšanas metodes.

Ogu optimālo kaltēšanas parametru noteikšanai izmantotas savvaļas dzērvenes, kurām atbilstoša kaltēšanas režīma izvēlei veikts vispusīgs ķīmiskā sastāva un fizikālo parametru izvērtējums. Ogas pirms kaltēšanas konvekcijas kaltē sadur, lai sekmētu mitruma iztvaikošanas procesu. Savukārt mikroviļņu-vakuuma kaltē veselās dzērvenes. Turpmāko pētījumu veikšanai izvēlēts zinātniski pamatots kaltēšanas režīms un izvērtēta konvekcijas un mikroviļņu-vakuuma kaltes piemērotība savvaļas un lielo ogu dzērveņu kaltēšanai.

## Dzērveņu kaltēšanas parametru izvēle konvekcijas tipa kaltē

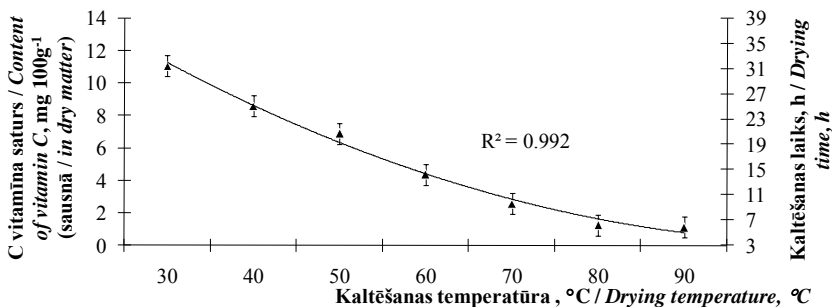
**Kaltēšanas līknes.** Eksperimentāli ir noteikts, ka svaigu savvaļas dzērveņu ogu sākotnējais mitruma saturs ( $w$ ) ir  $82,03 \pm 2,34\%$  (t.i., absolūtais mitrums  $u=582,19\%$ ).



7. att. Dzērveņu kaltēšanas līknes konvekcijas tipa kaltē /  
*Fig. 7. Drying curves of cranberries in convective drier*

Pētījumos ir noteikts, ka, kaltējot ogas konvekcijas tipa kaltē  $+30 \pm 1$  °C temperatūrā, kaltēšanas ilgums ir  $37,0 \pm 0,3$  h, un, kaltējot ogas  $+90 \pm 1$  °C temperatūrā, to kaltēšanas ilgums ir  $6,3 \pm 0,3$  h (7. att.). Eksperimentāli ir pierādīts, ka, paaugstinoties kaltēšanas aģenta temperatūrai, kaltēšanas laiks ievērojami samazinās. Tādējādi izvēlēta mitruma saturs, proti, 9%, sasniegšanai ogās to kaltēšanas laiks var svārstīties no 6 līdz 37 h, atkarībā no izvēlētas gaisa temperatūras. Kaltēšanas laikā dzērvenēs notiek iekšējā masas apmaiņa no absolūtā mitruma ( $u$ ) 582 līdz 64%. Iekšējā masas apmaiņa notiek pēc molekulārās (šķīduma) difūzijas, proti, no produkta iekšienes mitrums difundē uz produkta virsmu, pēc tam uz kaltēšanas aģentu.

**C vitamīns.** Eksperimentos ir noteikts, ka sākotnējais C vitamīna saturs svaigās dzērvenēs bija  $13,05 \pm 0,20$  mg  $100$  g<sup>-1</sup> sausnas. Eksperimentāli noteikts, ka savvaļas dzērvenēs C vitamīna saturs kaltēšanas laikā samazinājās par aptuveni 91%, tās kaltējot  $+90 \pm 1$  °C temperatūrā (8. attēls). Šie rezultāti nav pieņemami, tādēļ šāds kaltēšanas režīms nav akceptējams. C vitamīna saturs samazinājās par 15%, ja ogas kaltēja  $+30 \pm 1$  °C temperatūrā, par 34% kaltējot  $+40 \pm 1$  °C, par 47% kaltējot  $+50 \pm 1$  °C, par 66% kaltējot  $+60 \pm 1$  °C, par 80% kaltējot  $+70 \pm 1$  °C, par 90% kaltējot  $+80 \pm 1$  °C. C vitamīna izmaiņas galvenokārt skaidrojamas ar paaugstinātas temperatūras negatīvo iedarbību, kā arī ar gaisā esošā skābekļa klātbūtni kaltēšanas laikā.



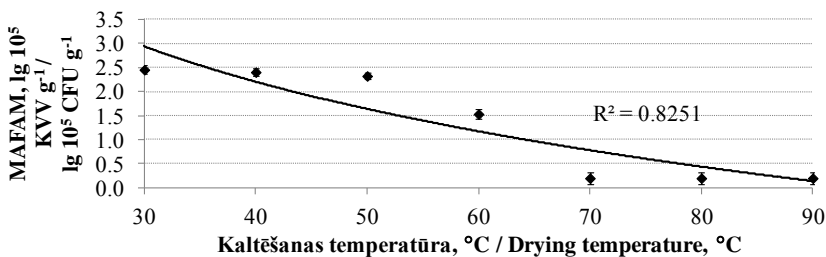
**8. att. C vitamīna saturs izmaiņas dzērvenēs kaltēšanas laikā atšķirīgā temperatūrā konvekcijas kaltē /**

*Fig. 8. Changes of Vitamin C content in cranberries during convective drying at different temperatures*

**Polifenolu saturs.** Polifenolu saturs ogās samazinās, tās kaltējot temperatūrā līdz  $+60 \pm 1$  °C, – gallusskābes, katehīna un kafijskābes attiecīgi par 12%, 11% un 6%, salīdzinot ar šo pašu komponentu saturu svaigās dzērvenēs.

Polifenolu saturs palielināšanos konvekcijas kaltēšanas laikā virs  $+70 \pm 1$  °C temperatūrā pamatā var izskaidrot ar iespējamiem oksidēšanas procesiem, kas notiek skābekļa iedarbībā.

**Ogu mikroflora.** Mezofīli aerobo un fakultatīvi anaerobo mikroorganismu skaits svaigās dzērvenēs salīdzinājumā ar dzērvenēm, kas tika kaltētas  $+30 \pm 1$  °C temperatūrā bija par 72% augstāks, un par 97% augstāks, ja dzērvenes tika kaltētas  $+60 \pm 1$  °C temperatūrā.



**9. att. Kaltēšanas temperatūras ietekme uz MAFAM KVV skaitu dzērvenēs kaltēšanas procesā konvekcijas kaltē /**

*Fig. 9. Impact of drying temperature on the TPC in cranberries during convective drying*

$a_w$  samazināšanas un apstrādes temperatūras pieaugums kaltēšanas laikā nav piemēroti nosacījumi mikroorganismu augšanai un attīstībai, rezultātā aktivitāti saglabā tikai sporas (9. att.).

## Dzērveņu kaltēšanas parametru izvēle mikroviļņu-vakuuma kaltē

**Ogu kaltēšanas parametru izstrāde.** Eksperimentāli ir pētīti četri ogu kaltēšanas režīmi mikroviļņu-vakuuma kaltē, pamatojoties uz maksimālās un minimālās mikroviļņu enerģijas izmantošanas iespējām (2. tabula) vienādā darba spiedienā kamerā 7,5/9,3 kPa un ar kaltēšanas kameras rotācijas ātrumu 6 apgr. min<sup>-1</sup>.

2. tabula / Table 2

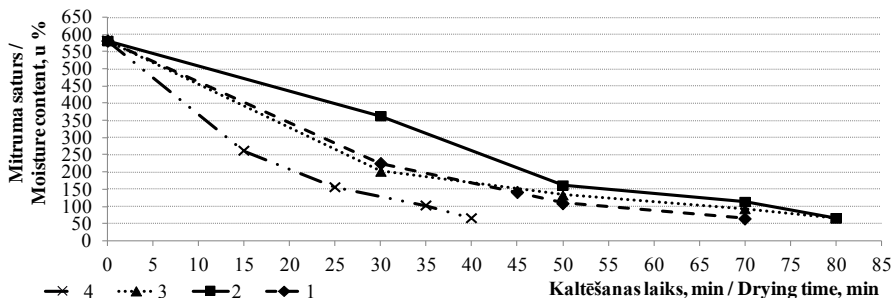
**Kaltēšanas režīmu tehnoloģisko parametru apraksts /  
Description of drying regimes**

Parametri / Parameters	Kaltēšanas režīms / Drying regime			
	1.	2.	3.	4.
Kopējais kaltēšanas ilgums, min / Total drying time, min	70	80	80	40
1. posms / Stage 1	3 magnetroni / 3 magnetron 1680 kJ	4 magnetroni / 4 magnetron 2100 kJ	3 magnetroni / 3 magnetron 1260 kJ	3 magnetroni / 3 magnetron 2604 kJ
2. posms / Stage 2	2 magnetroni / 2 magnetron 1470 kJ	3 magnetroni / 3 magnetron 2520 kJ	0 magnetronu / 0 magnetron 600 s	2 magnetroni / 2 magnetron 1680 kJ
3. posms / Stage 3	1 magnetrons / 1 magnetron 1260 kJ	2 magnetroni / 2 magnetron 1260 kJ	2 magnetroni / 2 magnetron 3360 kJ	–
4. posms / Stage 4	–	1 magnetrons / 1 magnetron 756 kJ	0 magnetronu / 0 magnetron 600 s	–
5. posms / Stage 5	–	–	1 magnetrons / 1 magnetron 2016 kJ	–
Kopējais enerģijas daudzums / Total amount of energy	4410 kJ	6636 kJ	6636 kJ	4284 kJ

Katrā režīmā kamerā ievietoto kaltējamo dzērveņu daudzums ir 3 kg.

**Kaltēšanas līknes.** Lai ogās sasniegtu mitruma saturu 9%, kaltēšanas ilgums mikroviļņu-vakuuma kaltē ir no 40 līdz 80 minūtēm (10. att.). Pirmajā, otrajā un

trešajā kaltēšanas režīmā no kaltēšanas procesa sākuma līdz kaltēšanas 30. minūtei ir novērots konstants produkta mitruma izvadīšanas ātrums. Proti, vienādos laika posmos tiek aizvadīts konstants mitruma daudzums, t.i., brīvais ūdens.



10. att. Dzērveņu kaltēšanas liknes mikroviļņu-vakuuma kaltē dažādos režīmos /

Fig. 10. Drying curves of cranberries in microwave-vacuum drier at different regimes

- 1 – pirmais kaltēšanas režīms / first drying regime; 2 – otrais kaltēšanas režīms / second drying regime; 3 – trešais kaltēšanas režīms / third drying regime; 4 – ceturtais kaltēšanas režīms / fourth drying regime

Ceturtajā režīmā konstants produkta kaltēšanas ātrums saglabājās līdz 15. minūtei. Turpmāk kaltēšanas ātrums samazinās. Kaltēšanas ātrums samazinās līdz ar produkta mitruma satura samazināšanos. Kaltēšanas process turpinās, līdz ogās tiek sasniegts konstants mitruma saturs, pēc tam mitruma izvide tiek pārtraukta.

**C vitamīna saturs.** Eksperimenta rezultātā ir iegūts, ka kaltēšanas laikā mikroviļņu-vakuuma kaltē pievadītais enerģijas daudzums būtiski ( $p=0,008$ ) ietekmē C vitamīna satura izmaiņas ogās. C vitamīna saturs dzērvenēs samazinājās par 27%, ja ogas kaltētas 2. kaltēšanas režīmā, par 34% – 1. režīmā, par 40% – 3. un 4. režīmā, salīdzinot ar C vitamīna saturu svaigās dzērvenēs –  $13,05 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$  (sausnā).

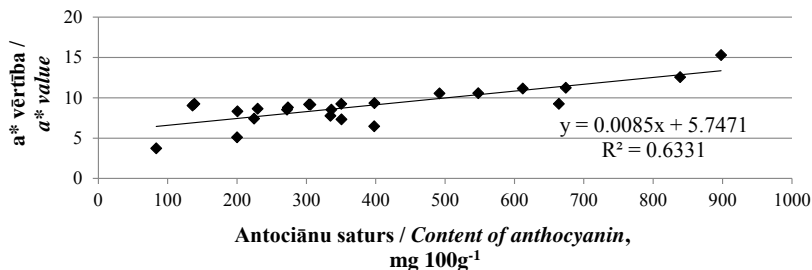
**Polifenolu saturs.** Kaltējot ogas mikroviļņu-vakuuma kaltē izstrādātajā pirmajā, trešajā un ceturtajā režīmā (2. tabula), kafijskābes saturs samazinās par vidēji 24%, katehīna saturs – par 18%, savukārt gallusskābes – par 45%, epikatehīna – par 79%, salīdzinot ar šo komponentu saturu svaigās dzērvenēs. Ogas kaltējot otrajā izstrādātajā kaltēšanas režīmā (2. tabula), gallusskābes saturs dzērvenēs samazinās par 25%, kafijskābes – par 8%, katehīna – par 14%, epikatehīna – par 20%.

**Ogu mikroflora.** Mikrobioloģisko analīžu rezultāti rāda, ka, kaltējot ogas izvēlētajos režīmos, MAFAM, pelējumu klātbūtne un pienskābes baktērijas nav konstatētas, kas norāda uz produkta mikrobioloģisko tīrību.

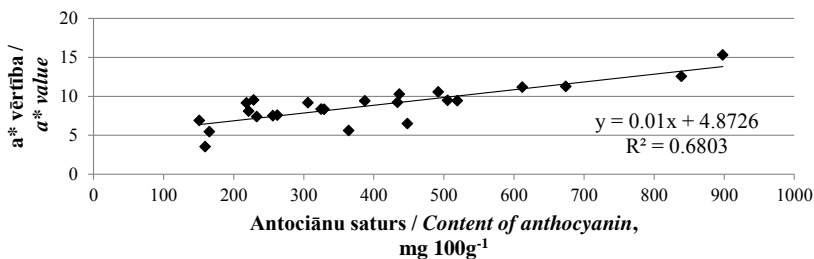
## Dzērveņu fizikālie un ķīmiskie rādītāji pēc kaltēšanas

Promocijas darbā aizstāvamā tēze ir: ogu šķirnēm, pirmapstrādes un kaltēšanas metodēm ir būtiska nozīme dzērveņu bioloģiskās vērtības saglabāšanā. Lai to pierādītu, ir veikts vispusīgs savvaļas un dažādu šķirņu lieloģu dzērveņu fizikālo un ķīmisko rādītāju izvērtējums, pirms kaltēšanas tās mehāniski (caurdurot, pārgriežot uz pusēm) un termiski (tvaicējot) apstrādājot. Kaltēšanas procesa optimizācijai eksperimenti veikti, ogas kaltējot gan konvekcijas, gan mikroviļņu vakuuma kaltē, izmantojot iepriekš izstrādātus zinātniski pamatotus kaltēšanas režīmus

**Krāsas komponentes  $a^*$  intensitātes un antociānu satura savstarpēja mijiedarbība.** Veiktā pētījuma rezultāti apstiprina krāsas komponentes  $a^*$  intensitātes un antociānu satura savstarpējo mijiedarbību, jo starp minētajiem rādītājiem pastāv vidēji cieša pozitīva korelācija ( $r=0,796$ ) (11. att. A).



A



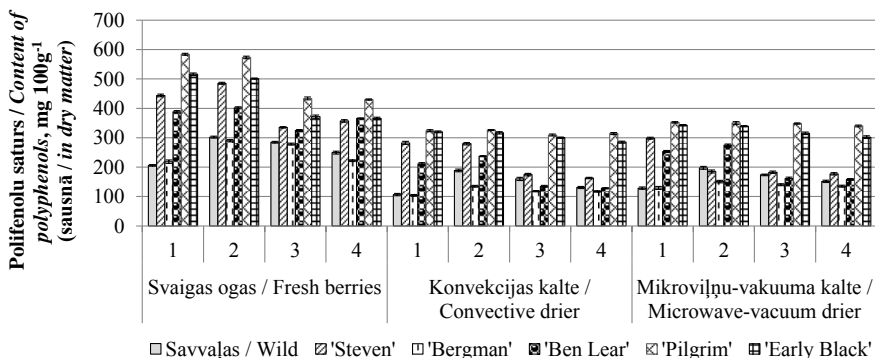
B

**11. att.  $a^*$  krāsas intensitātes un antociānu satura korelācijas analīze konvekcijas kaltē (A) un mikroviļņu-vakuuma kaltē (B) kaltētās dzērvenēs**  
**Fig. 11. The  $a^*$  radical intensity and anthocyanin content correlation analysis of cranberries dried by convective drying (A) and microwave-vacuum drying (B)**

Krāsas komponentes  $a^*$  intensitātes un antociānu satura savstarpējā mijiedarbībā ir cieša pozitīva korelācija ( $r=0,825$ ) (11. att. B).

**Polifenolu saturs.** Nosakot dažādu polifenolu saturu gan mikroviļņu-vakuuma, gan konvekcijas tipa kaltē kaltētās dzērvenēs, konstatēts, ka tajās pārsvarā

sastopama hlorogēnskābe, kafijskābe, katehīns un rutīns; mazākā daudzumā – ferulskābe, epikatehīns, vanilīnskābe un gallusskābe (12. un 13.att.). Polifenolu saturs bija augstāks mikroviļņu-vakuuma kaltē kaltētās dzērvenēs, salīdzinot ar konvekcijas kaltē kaltētajām dzērvenēm.

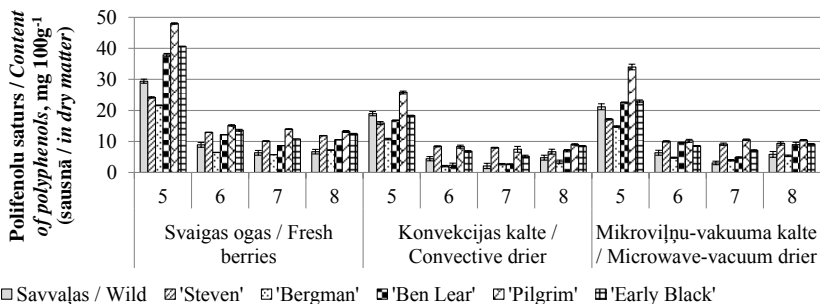


**12. att. Polifenolu satura izmaiņas kaltētās caurdurtās dzērvenēs /**

**Fig. 12. Polyphenols content in dried perforated cranberries**

1 – rutīns / *rutine*; 2 – katehīns / *catechin*; 3 – kafijskābe / *caffeic acid*;  
4 – hlorogēnskābe / *chlorogenic acid*

Izmantojot iegūto eksperimentālo datu matemātisko apstrādi, noskaidrots, ka pastāv būtiska atšķirība starp diviem pētāmajiem faktoriem, proti, ogu šķirne un kaltēšanas metode ( $p=0,001$ ;  $\alpha=0,050$ ), savukārt būtiskas atšķirības ( $p=0,763$ ) netika noteiktas starp dzērveņu pirmapstrādes veidiem.



**13. att. Polifenolu satura izmaiņas kaltētās caurdurtās ogās /**

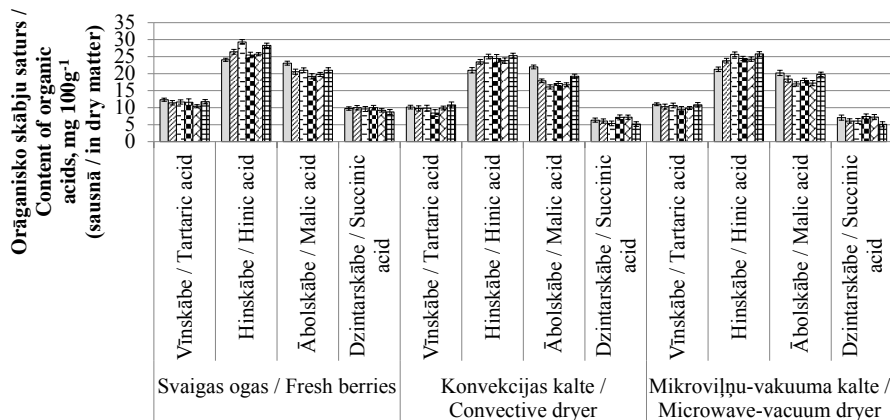
**Fig. 13. Changes of polyphenols content in dried perforated berries**

5 – gallusskābe / *gallic acid*; 6 – vanilīnskābe / *vanillic acid*;  
7 – epikatehīns / *epicatechin*; 8 – ferulskābe / *ferulic acid*

**Karotīnu saturs.** Eksperimentāli pierādīts, ka karotīnu satura izmaiņas dzērvenēs, tās kaltējot gan konvekcijas, gan mikroviļņu-vakuuma kaltē, nav būtiskas. Datu matemātiskās apstrādes rezultāti rāda, ka nav būtiskas atšķirības

starp karotīnu satura izmaiņām, ne izmantojot dažādas ogu pirmapstrādes metodes ( $p=0,998$ ), ne divas atšķirīgas kaltēšanas metodes ( $p=0,822$ ).

**Organisko skābju saturs.** Lielogu dzērvenēs, kas kaltētas gan konvekcijas, gan mikroviļņu-vakuuma kaltē, visvairāk saglabājas hinskābe, savukārt savvaļas dzērvenēs – ābolskābe, īpaši ogās, kas tika kaltētas mikroviļņu-vakuuma kaltē. Savukārt kaltējot ogas gan konvekcijas, gan mikroviļņu-vakuuma kaltē, dzintarskābi tajās gandrīz nevar saglabāt (14. att.).



□ Savvaļas / Wild ▨ 'Steven' ▩ 'Bergman' ▪ 'Ben Lear' ▩ 'Pilgrim' ▨ 'Early Black'

#### 14. att. Organisko skābju saturs veselās konvekcijas un mikroviļņu-vakuuma kaltētās dzērvenēs /

*Fig. 14. Content of organic acids in whole cranberries dried in convective and microwave-vacuum driers*

Izmantojot iegūto datu matemātisko apstrādi, noteikts, ka pastāv būtiska atšķirība ( $p=0,001$ ;  $\alpha=0,050$ ) starp diviem pētāmajiem faktoriem: organiskajām skābēm dažādās šķirnēs un kaltēšanas metodi, proti, izvēlēta kaltēšanas metode būtiski ietekmē organisko skābju satura izmaiņas dažādu šķirņu dzērvenēs. Savukārt pirmapstrādes metodes būtiski ( $p=0,058$ ) neietekmē pētāmo komponentu saturu dzērvenēs.

**Ogļhidrātu saturs.** Pēc kaltēšanas ogļhidrātu saturs dzērvenēs samazinājās, proti, fruktozes saturs, kaltējot ogas konvekcijas tipa kaltē, samazinājās vidēji no  $0,5 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$  līdz  $0,2 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ , bet, tās kaltējot mikroviļņu-vakuuma kaltē, – vidēji no  $0,4 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$  līdz  $0,3 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ; glikozes saturs ogās, tās kaltējot konvekcijas tipa kaltē, samazinājās vidēji no  $0,7 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$  līdz  $0,4 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ , savukārt, ogas kaltējot mikroviļņu-vakuuma kaltē, – vidēji no  $0,4 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$  līdz  $0,3 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ .

**C vitamīna saturs.** C vitamīna saglabāšanai pirmapstrāde nav nepieciešama savvaļas, 'Ben Lear' šķirnes ogām, kuras ir paredzētas kaltēšanai mikroviļņu-



vakuuma kaltē. Ogu pārgriešanu uz pusēm ir ieteicams izmantot, lai samazinātu C vitamīna zudumus šķirņu 'Bergman' un 'Early Black' ogām, tās kaltējot mikroviļņu-vakuuma kaltē. Lai saglabātu C vitamīnu, nav ieteicama caurduršana, īpaši kaltējot dzērvenes konvekcijas tipa kaltē. Griešana uz pusēm kā pirmapstrādes metode C vitamīna saglabāšanai dzērveņu ogās konvekcijas kaltēšanas laikā ir vairāk piemērota savvaļas, šķirņu 'Bergman' un 'Early Black' ogām. Tvaicēšana kā pirmapstrāde ir ieteicama dzērveņu šķirņu 'Ben Lear' un 'Pilgrim' ogām, pēc tam tās kaltējot konvekcijas tipa kaltē.

**Gaistošo vielu saturs.** Pētījumā noteikts, ka pastāv atšķirības gaistošo vielu saturā, izmantojot dažādas pirmapstrādes metodes un kaltēšanu konvekcijas vai mikroviļņu-vakuuma kaltē. Eksperimentāli noteikts, ka kaltētajās dzērvenēs daudzas gaistošās vielas atšķiras no gaistošo vielu satura svaigās ogās. Kaltētajās dzērvenēs konstatētas 20 gaistošās vielas. Citu gaistošo vielu klātbūtni kaltētajās dzērvenēs galvenokārt varētu izskaidrot ar ķīmiskajām un bioloģiskajām reakcijām ogu kaltēšanas laikā, tas ir saistīts ar siltuma iedarbību.

**Optimālo pirmapstrādes veidu un kaltēšanas metožu izvērtējums dzērveņu pārstrādes procesā.** Lai noteiktu, kuras pirmapstrādes metodes piemērotākas dzērveņu kaltēšanai un kuras dzērveņu šķirnes ir labākas no pētījumā izmantotajiem pirmapstrādes un kaltēšanas veidiem, izvērtēti vairāki faktori; augsts pazīmes ieguldījuma koeficients ( $\omega_i$ ) ir piešķirts C vitamīna ( $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ), šķiedrvielu ( $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ ), organisko skābju ( $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ), polifenolu ( $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ) un antociānu ( $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ) saturam, ūdens aktivitātei ( $a_w$ ) un krāsu komponentu atšķirībai ( $\Delta E^*$ ). Izvērtējot dzērveņu piemērotību kaltēšanai gan konvekcijas, gan mikroviļņu-vakuuma kaltē un ņemot vērā to pirmapstrādes veidus, izriet, ka vispiemērotākās kaltēšanai ir 'Ben Lear' šķirnes, bet nav ieteicamas kaltēšanai savvaļas, kā arī 'Steven' un 'Bergman' šķirnes dzērvenes.

**Dzērveņu ūdens sorbcijas spēja.** Noteikts, ka  $+40\pm 1$  °C temperatūra būtiski ietekmēja sorbcijas procesa intensitāti. Eksperimenta ietvaros noteikts, ka ogu šķirne, pirmapstrādes metode, kaltēšanas veids un sorbcijas temperatūra būtiski ietekmē sorbcijas kapacitāti. Intensīvāk sorbcija notika konvekcijas kaltēkaltētajās ogās, salīdzinot ar mikroviļņu-vakuuma kaltē kaltētajām ogām.

## **Kaltēto dzērveņu kvalitātes rādītāju izmaiņas uzglabāšanas laikā**

Eksperimentos ir noteikts, ka 12 mēnešu uzglabāšanas laikā  $+18\pm 1$  °C temperatūrā kaltētās dzērveņu ogās polifenolu, antociānu, karotīnu, organisko skābju, šķiedrvielu, oghidrātu, mitruma, krāsas intensitātes un C vitamīna saturs būtiski nemainās, salīdzinot ar tikko kaltētu ogu rādītājiem. Tādējādi var secināt, ka lieloģu dzērveņu kvalitāti uzglabāšanas laikā var saglabāt, tās kaltējot mikroviļņu-vakuuma kaltē.

Eksperimentāli pierādīts, ka ogu pirmapstrādes veids būtiski neietekmē ( $p=0,527$ ) kaltētu ogu adsorbcijas kapacitāti. Izriet, ka kaltētu dzērveņu kvalitāte uzglabāšanas laikā būtiski nemainās.

## SECINĀJUMI

1. Latvijā audzētu lielogu dzērveņu ogu bioloģiskā vērtība ir augstāka nekā savvaļas dzērveņu, bet nav būtiskas atšķirības ( $p>0,05$ ) starp ūdens aktivitāti, pH, kā arī mitruma, šķīstošās sausas, Mg un B<sub>2</sub> vitamīna saturu tajās. Savvaļas dzērvenēs ir zemāks benzoscābes, antociānu, karotīnu, glikozes, polifenolu, C vitamīna, Na saturs, bet augstāks salicilskābes, fruktozes, E vitamīna un Ca saturs.
2. Svaigu dzērveņu derīguma termiņš, uzglabājot tās  $+3\pm 1$  °C temperatūrā polipropilēna (PP) kārbās gaisā, ir seši mēneši, bet stikla burkāšos ūdenī – 12 mēneši. Uzglabāšanas laikā nav konstatētas būtiskas ( $p>0,05$ ) ogu mitruma saturs, pH, krāsas intensitātes un antociānu satura izmaiņas.
3. Vispiemērotākais dzērveņu sagatavošanas paņēmieni kaltēšanai konvekcijas kaltē ir ogu pārgriešana uz pusēm, bet kaltēšanai mikroviļņu-vakuuma kaltē ogu pirmapstrāde nav nepieciešama.
4. Dzērveņu ogu ( $3,00\pm 0,01$  kg) optimālie kaltēšanas parametri:
  - konvekcijas tipa kaltē: temperatūra  $+50\pm 1$  °C, kaltēšanas ilgums  $20\pm 1$  h;
  - mikroviļņu-vakuuma kaltē: temperatūra  $+36\pm 2$  °C, darba spiediens kaltes kamerā 7,5/9,3 kPa, maisītāja apgriezīnu skaits  $6\text{ min}^{-1}$ , kopējais pievadītās enerģijas daudzums vienā kaltēšanas ciklā 6636 kJ, kaltēšanas ilgums – 1h un 20min.
5. Kaltēšanai piemērotākās ir 'Ben Lear' šķirnes ogas, bet nav ieteicamās savvaļas, kā arī 'Steven' un 'Bergman' šķirnes dzērvenes.
6. Salīdzinājumā ar kaltēšanu konvekcijas tipa kaltē, kaltējot dzērvenes mikroviļņu-vakuuma kaltē, ir iespējams maksimāli saglabāt polifenolus, cukurus un C vitamīnu.
7. Mikroviļņu-vakuuma kaltē kaltētu lielogu dzērveņu bioloģiskā vērtība, tās uzglabājot vienu gadu vakuumā polimēra plēves (PA/PE) maisos  $+18\pm 1$  °C temperatūrā tumšā telpā, būtiski nemainās. Tādējādi darbā izvirzītā hipotēze ir korekta: kaltējot dzērvenes mikroviļņu-vakuuma kaltē pazeminātā temperatūrā, var maksimāli saglabāt ogu uzturvērtību, saīsināt kaltēšanas laiku un pazeminātā skābekļa vidē maksimāli nodrošināt bioloģiski aktīvo vielu saturu ogās.

## TOPICALITY OF THE RESEARCH

Cranberries have been harvested in Latvian bogs since ancient times. Our ancestry was already familiar with the healthy properties of berries mainly for straightening of the immune system. The region around the Baltic Sea is particularly favourable for growing cranberries. The rest of Europe imports berries from Canada and the United States. The tradition of eating cranberries in Europe was introduced by the Vikings on the eve of the second millennium AD. The Russian merchants later actively spread this tradition (Arthey, Ashurst, 1996).

Cranberries contain a large amount of carbohydrates (glucose, fructose, sucrose et al.), organic acids (citric acid, oxalic acid, and succinic acid etc.), pectin and vitamins (C, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, PP, K<sub>1</sub> etc.), betaine and bioflavonoids (anthocyanins, leicoanthocyanins, catechins, flavonols), and macro- and micro- nutrients (K, P, Ca, Fe, Mn, Mo, Cu, Y, Mg, Ba, Co etc.) (Carlsson et al., 2009).

Cranberries contain a high amount of benzoic acid, thus, changes in the nutritional value of fresh berries during storage are not so relevant; yet it is significant to pay attention on such storage conditions of berries as temperature, ambience, and packaging materials. Various types of berry processing methods are widely used around the world: freezing, drying, candied fruit etc. However, drying of berries is one of the most popular methods for the extension of berry shelf-life (Bennet et al., 2011).

Literature provides data on cranberry drying in convective type driers where different drying temperatures are used to preserve the nutritional value of berries. As a result, the storage time of dried cranberries can be extended up to two years. Traditionally, the moisture content of fresh fruit is high (~85%), hence, berry drying is energy-intensive treatment process. In a convective drier, berries can be dried until the moisture content of ~9% at a temperature of +40–60°C approximately within 3 days.

However, literature does not provide data on the possibilities to dry wild and large-berry cranberries by using a microwave-vacuum drier. It should be noted that the temperature below +40±1°C can be used for drying berries in such type of drier, and hence, the drying time could be very short (up to few hours). Therefore, it can be expected that the nutrition value of berries could be maximally preserved by drying them in a microwave-vacuum drier. Processing time and oxygen presence could be decreased on vacuum conditions simultaneously reducing the negative influence of oxygen on the nutritional value of products and enzymes, thus, preventing various oxidation processes.

After summarising theoretical and experimental data found in literature, the research **hypothesis** was set as follows – drying of cranberries in a microwave-vacuum drier allows retaining the maximum nutritional value of berries, decreasing their drying time and temperature, and maintaining the bioactive substances of berries in a reduced oxygen ambience.

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

- the chemical composition of large-berry cranberries and wild cranberries is significantly different;
- traditional berry storage conditions do not ensure the biological value of cranberries during a long-term storage;
- cultivars of berries and their pre-treatment and drying methods have a significant effect on the maintenance of biological value of cranberries;
- the quality of dried cranberries do not significantly change during storage.

**The aim of the PhD thesis** is to study the quality changes of wild cranberries and large-berry cranberries of different cultivars in convective and microwave-vacuum driers and to evaluate the optimum possibilities for preserving the biological value of berries.

In order to achieve the set aim, the following **tasks** were put forward:

- to determine the physical indicators and chemical composition of fresh wild cranberries and large-berry cranberries of different cultivars;
- to study the changes of physical and chemical indicators of fresh cranberries during their storage in the air and water ambience;
- to evaluate the optimum pre-treatment methods of cranberries and technological parameters for berry drying in convective and microwave-vacuum driers;
- to investigate the physical and chemical indicators changes of cranberries during their drying in convective and microwave-vacuum driers;
- to study the physical and chemical indicators changes of dried cranberries during their storage.

**Novelty of the research** – a new production technology for cranberry processing in a microwave-vacuum drier has been developed additionally by assessing the suitability of berry pre-treatment methods for optimisation of the drying process and preservation of the product biological value. The research on suitability for processing large-berry cranberries of different cultivars and wild cranberries grown in Latvia in a microwave-vacuum drier has been done for the first time. The patent No. 14631 “Method for Cranberry Drying” by the authors Karina Rūse, Tatjana Rakčejeva, Ruta Galoburda, and Lija Dukaļska (02.11.2012.) has been developed and approved in the Republic of Latvia.

**The scientific significance of the research** – the chemical composition of wild and large-berry cranberries of different cultivars grown in Latvia was determined. The changes of cranberries chemical composition during their storage on different conditions (in the air and water ambience) were studied. The suitability of different pre-treatment methods for berry preparation before drying in convective and microwave-vacuum driers was investigated. The physical and chemical parameter changes of differently pre-treated cranberries after drying in convective and microwave-vacuum driers were evaluated. The physical, chemical and microbiological indicators changes during storage of variously pre-treated

cranberries and later dried in microwave-vacuum and convective driers were analysed.

**The economic significance of the research** – additionally, a shortened cranberry drying method at a low processing temperature using a microwave-vacuum drier was developed, thus, at maximum preserving the quality and biological value of products.

## **APPROBATION OF THE RESEARCH**

**The study results are summarised and published** in nine reviewed scientific issues in English, four of which are published in the issues acknowledged by the Latvian Council of Science (LZP); four publications are cited in SCOPUS and SCIENCE DIRECT databases as well as the research results are summarised and published in one popular science journal in Latvian. The obtained research results are included in two monographs, and one patent has been received (list on pages 6 and 7).

The research author has **reported on the research results** in eight international scientific and scientifically-practical conferences and congresses in Latvia, Portugal, Greece, and France (list on pages 7 and 8).

**Participation in exhibitions:** the research results have been presented at several exhibitions (page 8).

## **MATERIALS AND METHODS**

The research has been elaborated at several institutions in Latvia between 2009 and 2012:

- Latvia University of Agriculture:
  - laboratories of the Department of Food Technology, Faculty of Food Technology: Laboratory of Equipment (drying of berries in a microwave-vacuum drier; steaming, halving, and puncturing of cranberries); Research Laboratory of Packaging Material Properties (determination of water activity, moisture content, pH, colour intensity, and volatile compounds in berries; storage of cranberries on different conditions); Laboratory of Food Products named after prof. P. Delle (determination of anthocyanins, carotene, soluble solids, rehydration, and fibre content); Microbiology Research Laboratory (testing of berry microbiological parameters);
  - Laboratory of the Department of Chemistry, Faculty of Food Technology: Chemistry Research Laboratory of Natural Substances (determination of sugars, polyphenols, and organic acid content);
  - “Vecauce” Ltd, a research and study farm of Latvia University of Agriculture (drying of berries in a convective type drier);
  - Research Laboratory of Agronomy Analyses (determination of minerals content in berries);

- Laboratories of the Institute of Biology, Latvia University (determination of Vitamins B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, and E, and amino acids in berries);
- Laboratory of Latvian State Institute of Fruit-Growing (determination of Vitamin C content in berries).

**The following materials** have been used for the research purpose: wild and large-berry cranberries (cultivars: 'Steven', 'Bergman', 'Ben Lear', 'Pilgrim', and 'Early Black') grown in Latvia.

Wild berries harvested in Kurzeme region bogs in the first half of October 2009 were used at the research phase "Selection and evaluation of cranberry drying parameters". Berries harvested in the first half of October 2010 – wild cranberries from Kurzeme region bogs and large-berry cranberries from Kurzeme region – were used for further research.

General scheme of the experiment is shown in Figure 1.

### **Methods for the determination of quality indicators**

- **Vitamin C content** was determined under the standard method LVS EN 14130:2003.
- **Organic acids content.** Organic acids were extracted with water using the method of Hernandez et al. (2009).
- **Polyphenols.** Polyphenols extraction was done under the method of Tomas-Barberan et al. (2001).
- **Carbohydrates (sucrose and glucose)** – under the method of Miguez-Bernandez et al. (2004).
- **Carotene was determined by the spectrophotometric method** with the equipment *6705 UV/VIS YENWAY Spectrophotometer* (the UK), at a wavelength of 450 nm under the method of Jermakova (1987).
- **Anthocyanin content** was determined with the equipment *6705 UV/VIS YENWAY Spectrophotometer* (the UK), using a spectrophotometric method for the determination of anthocyanins by Fuleki and Francis (1968).
- **Soluble solids** were determined with the refractometer *KRUSS HR18 Manual Refraktometer* (Germany) under the standard method ISO 2173:2003.
- **Volatile compounds determination.** Volatile compounds in cranberries were determined by a gas chromatography with a capillary column *Elite-Wax ETR* (Inc. PerkinElmer, the USA) and a mass spectrometer *PerkinElmer 500 GC/MS* (Inc. PerkinElmer, the USA). The method developed and adapted by M. Sabovics (Sabovics et al., 2010) was used for the determination of volatile compounds.
- **Microbiological safety.** Preparation of samples for microbiological testing was done under the standard method LVS EN ISO 7218:2007.
- **Fibre** content was determined under the standard method AOAC 993.21.
- **Amino acids content** was determined by the chromatographic method using an amino acid analyser "Mikrotechna AAA 831".

- **Vitamin B<sub>1</sub>** amount was determined by means of the fluorometer “Specol 11” in compliance with the Jansen method under the modification of Jelesejevs.
- **Vitamin B<sub>2</sub>** content was determined by means of the fluorometer “Specol 11” under the method of Povolocka, Zajceva, and Skorobogatova.
- The determination of **the entity of Vitamin E** was based on the ability of tocopherol to oxidise. Vitamin E was oxidised with FeCl<sub>3</sub>, while iron was oxidised with  $\alpha$ ,  $\alpha^1$  – dipiridil.
- **pH** value was determined with the pH meter *Jenway 3510 pH Meter* (LVS ISO 1132:2001).
- **Mineral substances** content was determined under the standard method LVSEN ISO 6869:2002.
- **Moisture content.** The moisture content is determined by a heating method under the method of Temminghoff and Houba (2004).
- **Colour changes** were determined by means of the equipment “ColorTec–PCM” in the colour system CIE L\*a\*b\*.
- **Sorption determination of dried cranberries.** Cranberry samples were rehydrated at temperatures of +20±1°C and +40±1°C under the method of Singh et al. (2008).
- **Adsorption determination of dried cranberries** – berry samples dried up to the equilibrium moisture sear were kept under artificially built steam-air conditions with relative humidity 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 90%, 97% at a temperature of +20°C under the method of Azzouz et al. (2002).

### **Berry preparation for drying**

- **Berry perforated** was experimentally done by a needle ( $\varnothing$  1 mm) performing 10±2 stitches on a berry surface (Shi et al., 1997).
- **Berry halving** was experimentally performed manually with a sharp stainless steel knife (Hui et al., 2006).
- **Berry steaming.** Whole berry steaming was performed by means of household equipment *TEFAL VC4003 VITAMIN+* (China) at a temperature of +94±2°C for 1 minute. After steaming, berries were cooled until the temperature of +20±1°C in the air ambience (Mayer-Miebach and Spieß, 2003; Llano et al., 2003).

### **Evaluation of quality indicators at the research stages**

Cranberry quality parameters at different stages of the study are summarised in Table 1.

### **Mathematical data processing**

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



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

The research includes an integrated assessment.

## RESEARCH RESULTS AND DISCUSSION

### Assessment of cranberries pahysical and chemical indicators

Physical and chemical indicators of fresh berries were comprehensively assessed by analysing the experimental results to verify the PhD thesis “the chemical composition of large-berry cranberries and wild cranberries is significantly different”.

**Moisture content.** The mathematical data processing provides that no significant differences in the moisture content were found between the cranberry cultivars 'Steven' and 'Early Black' ( $p=0.1130$ ;  $\alpha=0.0500$ ), and between the cultivars 'Ben Lear' and 'Pilgrim' ( $p=0.7350$ ;  $\alpha=0.0500$ ). However, a significant difference in the moisture content was found between wild cranberries and cranberry cultivars in general ( $p=0.0001$ ;  $\alpha=0.0500$ ).

**pH value.** The average pH value for all samples was 2.465; it is slightly lower than found in the scientific literature – the pH value of cranberry juice is 3.000 (Ripa, 1992).

**Organic acids.** It should be noted that the benzoic acid content is one of the most important parameters for berry bactericidal properties.

The highest content of benzoic acid was determined in large-berry cranberries of the cultivar 'Early Black' –  $13.66 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ , which was by 56% higher than in wild cranberries –  $5.98 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ , and by 56% higher than in the cultivar 'Steven' berries –  $4.82 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$  (Fig. 2). The mathematical data processing outlines that the benzoic acid content is significantly different in all cranberry cultivars ( $p=0.0001$ ;  $\alpha=0.0500$ ), except wild cranberries and cranberries of the cultivar 'Ben Lear' ( $p=0.0430$ ;  $\alpha=0.0500$ ). There are no significant differences between the cultivar 'Steven' and 'Ben Lear' ( $p=0.0500$ ;  $\alpha=0.0500$ ) cranberries.

**Carotene content.** The research results show that large-berry cranberries contain by 32% higher carotene content than wild cranberries –  $0.069 \pm 0.004 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ . The highest carotene content was established in cranberries of the cultivar 'Ben Lear' –  $0.123 \pm 0.002 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ .

**Analysis of the colour a\* component intensity and anthocyanin content correlation.** The research results confirm a close interaction (strong positive correlation ( $r=0.919$ ) (Fig. 3)) between the colour a\* component intensity and anthocyanin content.

**Soluble solids** content in wild and large-berry cranberries approve significant differences. The highest soluble solids content was found in cranberry juice of the cultivar 'Pilgrim' –  $9.20 \pm 0.10\%$ ; however, the lowest - in juices of the cultivars 'Steven', 'Ben Lear', and wild berries –  $7.70 \pm 0.06\%$ .

**Vitamin C content.** Similar content of Vitamin C was detected in cranberries of the cultivar 'Steven', 'Bergman', and 'Ben Lear', which was by  $\sim 18\%$  higher than the content of Vitamin C in wild cranberries (Fig. 4).

The highest content of Vitamin C was found in cranberries of the cultivar 'Ben Lear'; it was  $57.83 \pm 3.22 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$  (in dry weight). The lowest content of Vitamin C was found in wild cranberries and cranberries of the cultivar 'Early Black' –  $46.98 \pm 2.83 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$  and  $47.48 \pm 2.75 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$  (in dry weight) respectively (Fig. 4).

**Carbohydrates content.** The presence of glucose and fructose was experimentally established in cranberries; however, the sucrose was not detected in cranberries at all. The highest glucose content was established in cranberries of the cultivars 'Bergman', 'Pilgrim', and 'Early Black' ( $10.036 \pm 0.008 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ ;  $10.354 \pm 0.008 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ ;  $10.083 \pm 0.009 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$  respectively); it is only by  $\sim 15\%$  higher than in wild cranberries ( $8.561 \pm 0.009 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ ). However, the highest fructose content –  $3.452 \pm 0.010 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$  – was detected in wild cranberries and cranberries of the cultivar 'Pilgrim'. The experimental data show that the analysed cranberries have more sour taste than the sweet one.

**Polyphenol content.** The highest content of these compounds was found in cranberries of the cultivars 'Pilgrim', 'Early Black', and 'Steven'; while the lowest – in cranberries of the cultivar 'Bergman' (Fig. 5). There is a significant difference ( $p=0.0001$ ,  $\alpha=0.0500$ ) in the content of polyphenol in cranberries.

**Minerals.** There are no significant differences in the content of Ca in cranberries of the cultivars 'Bergman' and 'Ben Lear' ( $p=0.9040$ ), 'Bergman' and 'Early Black' ( $p=0.8060$ ). The content of Na in cranberries of the cultivar 'Ben Lear' significantly differs from all berries ( $p=0.0001$ ). There are no significant differences in the content of Mg ( $p=0.054$ ).

**Volatile compounds.** Twenty-one volatile compounds were identified in fresh cranberries. The cranberry cultivar 'Steven' contains 15 volatile compounds (Fig. 6); while the cultivars 'Bergman' and 'Early Black' – 13; 'Ben Lear' and 'Pilgrim' – 11; and wild cranberries – 14 volatile compounds.

Several common volatile compounds, such as 4-penten-2ol (fruit aroma), 3-cis-hexenyl formate (formed aroma of melon with fruit characters), benzaldehyde (formed almond aroma),  $\alpha$ -1-terpineol (formed flower aroma), butyric acid (formed bitter taste), and benzyl alcohol (formed sweet aroma) were identified in all cranberries after the chromatographic analysis.

**Essential amino acids.** It is experimentally established that the highest content of essential amino acids is found in large-berry cranberries of the cultivar 'Early Black' ( $2.33 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ ), which is by 26% higher than in wild cranberries ( $1.66 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ ). Lower content of essential amino acids ( $1.12 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ ) was determined in cranberries of the cultivar 'Ben Lear', which is by 33% lower than in wild cranberries.

## **Changes of cranberries physical and chemical indicators during storage**

A comprehensive assessment on the changes of berries physical and chemical indicators during cranberries storage on traditional conditions was performed to verify the research thesis "the traditional berry storage methods cannot ensure the biological value of cranberries during a long-term storage".

Two storage conditions were used for the determination of fresh cranberries shelf-life: berries were placed in closed PP boxes (air ambience) and in glass jars (water ambience), and stored in a cold place at a temperature of  $+3\pm 1^\circ\text{C}$  for 12 months. Berry storage temperature was selected based on the recognitions found in the scientific literature, i.e. low temperature (about  $+3^\circ\text{C}$ ) allows preserving the quality of berries; thereby, extending their shelf life (Perkins-Veazie and Collins, 2002; Reynoso and DeMichelis, 1994).

The shelf-life of cranberries packaged in closed PP boxes in the air ambience and stored at a temperature of  $+3\pm 1^\circ\text{C}$  was six months; however, the maximum shelf-life of cranberries packaged in glass jars in the water ambience and stored at a temperature of  $+3\pm 1^\circ\text{C}$  was 12 months. No significant differences in the moisture content, pH value, colour intensity, and anthocyanin content were found in cranberries during their storage on selected conditions.

The content of Vitamin C decreased by 90% on average, while the organic acids content decreased by 54%, and the phenolic compounds content – by 60% during the storage of cranberries for 12 months in glass jars in the water ambience.

The content of Vitamin C decreased by 99% on average, while the organic acids content decreased by 30%, and the phenolic compounds content – by 34% during the storage of cranberries for six months in closed boxes in the air ambience.

## **Selection of drying parameters**

The shelf-life of fresh berries stored in a cold place at a temperature of  $+4\pm 1^\circ\text{C}$  should be 2–3 months. Therefore, berry drying is frequently applied for the extension of cranberry shelf-life time. The most common treatment method is a convective drying with hot air flow. Drying with hot air is a long and energy-intensive process. Thereby, it was necessary to look for alternative and contemporary methods, and latest discoveries. The PhD thesis offers cranberry drying in a microwave-vacuum drier as one of the most advanced methods. Hence,

the product processing time is shorter and drying temperature is lower. It is also possible to diversify the amount of supplied energy and to preserve the nutrition value of dried products by treating berries in a microwave-vacuum drier. The present research provides the comparison of the two mentioned methods for drying cranberries.

Wild cranberries were used for the determination of berries optimum drying parameters and for the selection of a drying regime. In addition, a comprehensive analysis of physical and chemical parameters was accomplished in the research. Berries were pre-treated with puncturing before convective drying to promote the moisture evaporation process; however, whole berries were dried in a microwave-vacuum drier. A scientifically substantiated drying regime and suitability of convective and microwave-vacuum driers for drying of wild and large-berry cranberries were selected and evaluated for further research.

## **Selection of parameters for cranberry drying in a convective type drier**

**Drying curves.** Experimentally it has been established that the initial moisture content (w) of fresh wild cranberries is  $82.03 \pm 2.34\%$  (absolute humidity  $u=582.19\%$ ).

The research determined that the drying time of berries at a temperature of  $+30 \pm 1^\circ\text{C}$  was  $37.0 \pm 0.3$  hours. The drying time of berries at a temperature of  $+90 \pm 1^\circ\text{C}$  was  $6.3 \pm 0.3$  hours (Fig. 7). Experiments confirmed that the drying time decreased with the increase of treatment temperature. Therefore, the drying time may fluctuate between 6 and 37 hours depending on temperature to achieve the chosen moisture content in berries, i.e. 9%. Mass exchanges occur in cranberries during their drying at the absolute humidity (u) from 582 to 64%. A mass exchange occurs after the molecular (solution) diffusion, as the moisture diffuses from a product surface to the drying agent.

**Vitamin C content.** The initial content of Vitamin C in wild non-dried cranberries was found at  $13.05 \pm 0.20$  mg  $100 \text{ g}^{-1}$  of fresh weight. The content of Vitamin C in wild cranberries decreased by 91% during their drying at a temperature of  $+90 \pm 1^\circ\text{C}$  (Fig. 8). Neither such results nor such drying conditions are acceptable. The content of Vitamin C decreased by 15% if berries were dried at a temperature of  $+30 \pm 1^\circ\text{C}$ , by 34% – at a temperature of  $+40 \pm 1^\circ\text{C}$ , by 47% – at a temperature of  $+50 \pm 1^\circ\text{C}$ , by 66% – at a temperature of  $+60 \pm 1^\circ\text{C}$ , by 80% – at a temperature of  $+70 \pm 1^\circ\text{C}$ , and by 90% – at a temperature of  $+90 \pm 1^\circ\text{C}$ . Vitamin C was destroyed mainly because berries were processed at elevated temperatures during convective drying and in the presence of oxygen.

**Polyphenols content.** The content of polyphenols decreases during the processing of berries at a temperature till  $+60 \pm 1^\circ\text{C}$ ; while the gallic acid, catechin, and caffeic acid *decrease* by 12%, 11% and 6% respectively compared with their initial content in non-dried berries. Possible oxidation process is influenced by air

ambience mainly explain the increase in the content of polyphenols during the convective drying of cranberries at a temperature above  $+70\pm 1^\circ\text{C}$ . The energetic barrier of activation energy was stable during processing at relatively low temperatures. Oxidation occurred with benzol ring in compounds, as a result di- and tri- phenols developed from monophenols.

**Berries microflora.** The number of mesophyll aerobic colony and random anaerobic microorganisms in fresh cranberries was by 72% and 97% higher compared with cranberries dried at temperatures of  $+30\pm 1^\circ\text{C}$  and  $+60\pm 1^\circ\text{C}$  respectively. The decrease of water activity and the increase of processing temperature during drying are not acceptable conditions for the growth and development of microorganisms, since only the spores retained the activity.

### **Selection of parameters for cranberry drying in a microwave-vacuum drier**

**Development of berries drying parameters.** Four berry drying regimes in a microwave-vacuum drier based on the microwave energy maximum and minimum options (Table 2) with working pressure in the chamber – 7.5/9.3 kPa and container rotation speed 6 rpm were experimentally studied in the research. The amount of cranberries to be dried of each mode was 3 kg.

**Drying curves.** The drying time in a microwave-vacuum drier was from 40 to 80 minutes (Fig. 10) to reduce the moisture content by 9% (absolute humidity 64.80%) in the berries. The constant rate of the moisture elimination has been observed in the first, the second, and the third drying regimes from the beginning of drying to the 30<sup>th</sup> minute of the process. It means that a constant content of moisture (free water) has been passed within equal time periods. Constant drying rate of the product is maintained until the 15<sup>th</sup> minute only in the fourth regime. Drying speed decreases during further drying process. The drying rate decreases with the decrease of the moisture content in berries. Drying process continues until constant moisture content is reached in berries; then the moisture removal is stopped at that stage.

**Vitamin C content.** During experiments it was detected that the amount of supplied energy significantly affected ( $p=0.008$ ) the changes of Vitamin C content in berries during their drying in a microwave-vacuum drier. The content of Vitamin C in cranberries decreased by 27% at the second drying regime, by 34% at the first regime, and by 40% at the third and the fourth regimes compared with the content of Vitamin C in fresh cranberries –  $13.05 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$  (dry weight).

**Polyphenols content.** It was determined that during drying of cranberries in a microwave-vacuum drier using the first, the third, and the fourth regimes (Table 2), the content of caffeic acid decreased by 24% on average and the content of catechin – by 18%; however, gallic acid – by 45% and epicatechin – by 79% compared with the content of these compounds in fresh berries. Though, drying

berries at the second regime (Table 2), the content of gallic acid decreased by 25%, caffeic acid – by 8%, catechin – by 14%, and epicatechin – by 20%.

**Berries microflora.** Microbiological tests results show that the presence of mould and lactic acid bacteria (LAB) was not identified if the berries were dried at the selected regimes, thus, indicating on the microbiological safety of dried berries.

### **Physical and chemical indicators of cranberries after drying**

The current research thesis is as follows: cultivars of berries and their pre-treatment and drying methods have a significant effect on preserving the biological value of berries. A comprehensive evaluation of physical and chemical indicators of wild and large-berry cranberries were accomplished to verify this assumption. Before drying berries were mechanically (by perforated and halving) and thermally (steaming) pre-treated. Experiments were conducted with berries dried in convective and in microwave-vacuum driers by using developed and scientifically based drying regimes to optimise the drying process.

**Carotene content.** It was experimentally proved that the carotene content changes in cranberries were not significant for berries dried in convective and in microwave-vacuum driers. The results of data analysis show that there are no significant differences either between the changes of carotene content and different pre-treatment methods ( $p=0.998$ ), or between two different drying methods ( $p=0.822$ ).

**The interaction of the  $a^*$  colour compound intensity and anthocyanin content.** The results of the research confirm that the  $a^*$  colour compound intensity and anthocyanin content have a moderate positive correlation ( $r=0.796$ ) (Fig. 11A). The  $a^*$  colour compound intensity and anthocyanin content after a microwave-vacuum drier also show a moderate positive correlation ( $r=0.825$ ) (Fig. 11B).

**Polyphenols content.** Differences in the polyphenol content in cranberries dried both in convective and a microwave-vacuum driers were detected – similar content of chlorogenic acid, caffeic acid, and catechin and rutin; and less content of ferulic acid, epicatechin, vanilic acid, and gallic acid (Fig. 12 and 13). Higher polyphenol content was detected in cranberries dried in a microwave-vacuum drier compared with cranberries dried in a convective drier.

After processing of mathematical data it was detected that significant differences existed between two factors – the cultivar of berries and their drying method ( $p=0.01$ ;  $\alpha=0.050$ ), while no significant difference was detected between the pre-treatment methods of berries ( $p=0.763$ ).

**Organic acid content.** Large-berry cranberries dried in either a convective or a microwave-vacuum drier more preserve quinic acid, while wild cranberries after both drying methods mainly preserve malic acid; especially in berries, which were dried in a microwave-vacuum drier. However, it is almost impossible to preserve the succinic acid after both drying methods (Fig. 14).

Mathematical data processing confirms that a significant difference exists between two factors: the content of organic acids in different cultivars and drying methods ( $p=0.001$ ;  $\alpha=0.050$ ). Selected drying methods have a significant impact on the changes of organic acid content in different cultivars of cranberries. Pre-treatment methods leave no significant effect ( $p=0.058$ ) on the content of studied components in cranberries.

**Carbohydrates content.** The content of carbohydrates in cranberries decreased after drying. The content of fructose in berries after drying in a convective drier decreased from  $0.5 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$  to  $0.2 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$  but after drying in a microwave-vacuum drier – from  $0.4 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$  to  $0.3 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ . The content of glucose in berries dried in a convective drier widely decreased from  $0.7 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$  to  $0.4 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$  on average, while after a microwave-vacuum drier – from  $0.4 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$  to  $0.3 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$  on average.

**Vitamin C content.** Preservation of Vitamin C does not require pre-treatment for wild cranberries and cranberries of the cultivar 'Ben Lear' provided for drying in a microwave-vacuum drier. Berry halving is recommended for cranberries of the cultivars 'Bergman' and 'Early Black' for drying berries in a microwave-vacuum drier and better preservation of Vitamin C. Puncturing is not recommended for preservation of Vitamin C especially drying berries in a convective drier. For wild cranberries and cranberries of the cultivars 'Bergman' and 'Early Black' dried in a convective drier berry cutting in a half is most recommended for preservation of Vitamin C. Steaming as pre-treatment method is recommended for cranberries of the cultivars 'Ben Lear' and 'Pilgrim' before drying in a convective drier.

**Volatile compounds.** Differences in the content of volatile compounds in berries were found using different pre-treatment and drying methods. Experimentally it was detected that volatile compounds of dried cranberries differed from volatile compounds of fresh cranberries. Twenty volatile compounds were detected in dried cranberries. The presence of other volatile compounds in dried cranberries mainly could be explained with chemical and biological reactions in berries during their drying, which are basically related with heat exposure.

**Evaluation of optimum pre-treatment and drying methods for processing of cranberries.** Several factors were evaluated for determination of the most suitable treatment methods and the cultivar of cranberries for drying: high indication investment coefficient ( $\omega_i$ ) was assigned for Vitamin C ( $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ), fibre ( $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ ), organic acids ( $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ), anthocyanins ( $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ), polyphenols ( $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ), water activity ( $a_w$ ), and colour component differences ( $\Delta E^*$ ). The evaluation of cranberries appropriate for drying in convective and in microwave-vacuum driers, and consideration of pre-treatment methods resulted in the recognition that the cultivar 'Ben Lear' was the most appropriate for drying,

while wild cranberries and cranberries of the cultivars 'Steven' and 'Bergman' were not applicable for drying.

**Water sorption capacity of cranberries.** It was determined that the temperature of  $+40\pm 1$  °C significantly influenced the sorption process intensity. The experiment affirmed that the cultivar of berries, a pre-treatment method, drying type, and sorption temperature significantly influenced the sorption capacity. The present experiments confirmed that intensive sorption more occurred in berries dried in a convective drier compared with berries dried in a microwave-vacuum drier.

### **Changes of quality indicators of dried cranberries during storage**

The current experiments established that in dried cranberries no significant differences in the contents of polyphenols, anthocyanins, carotene, organic acids, dietary fibre, carbohydrates, humidity, colour intensity, and Vitamin C were found during a 12 month storage at a temperature of  $+18\pm 1$ °C compared with the parameters of just dried berries. It can be concluded that it is possible to preserve the quality indicators of cranberries by drying them in convective and in microwave-vacuum driers. Experimentally it was proved that the pre-treatment method of berries did not significantly affect ( $p=0.527$ ) the absorption capacity of dried berries. It is apparent that the quality of dried cranberries does not significantly change during storage.



## CONCLUSIONS

1. The biological value of large-berry cranberries grown in Latvia is higher compared with the biological value of wild cranberries. There are no significant differences ( $p>0.05$ ) found in water activity, pH, moisture content, soluble solids, and the contents of Vitamin B<sub>2</sub> and Mg. Lower content of benzoic acid, anthocyanins, carotene, glucose, polyphenols, Vitamin C, and Na; and higher content of salicylic acid, fructose, and the contents of Vitamin E and Ca were found in wild cranberries.
2. The shelf-life of cranberries packaged in closed PP boxes in the air ambience and stored at a temperature of  $3\pm 1^\circ\text{C}$  was six months; however, a maximum shelf-life of cranberries packaged in glass jars in the water ambience and stored at a temperature of  $3\pm 1^\circ\text{C}$  – was 12 months. No significant differences ( $p>0.05$ ) in the moisture content, pH value, colour intensity, and anthocyanins content were found in cranberries during their storage on selected conditions.
3. Cutting of berries in halves is the most appropriate pre-treatment method for preparation of cranberries before drying them in a convective drier. Berry pre-treatment is not necessary for berry preparation before drying in a microwave-vacuum drier.
4. Optimum parameters for drying cranberries ( $3.00\pm 0.01$  kg) are as follows:
  - in a convective drier: temperature –  $+50\pm 1^\circ\text{C}$  and drying time –  $20\pm 1$  h;
  - in a microwave-vacuum drier: temperature –  $36\pm 2^\circ\text{C}$ , working pressure in the chamber –  $7.5/9.3$  kPa, total number of revolutions –  $6\text{ min}^{-1}$ , amount of supplied energy per one working cycle –  $6636$  kJ; and drying time – 1 h and 20 min.
5. Cranberries of the cultivar 'Ben Lear' are more suitable for drying; however, wild cranberries and cranberries of the cultivars 'Steven' and 'Bergman' are not suitable for drying.
6. It is possible to preserve maximally the content of polyphenols, sugars, and Vitamin C in berries by drying them in a microwave-vacuum drier compared with berries dried in a convective drier.
7. The biological value of berries dried in a microwave-vacuum drier do not significantly change during their storage in vacuum polymer film (PA/PE) bags at a temperature of  $+18\pm 1^\circ\text{C}$  in a dark place. Therefore, the PhD hypothesis has been verified: drying of cranberries in a microwave-vacuum drier allows retaining the maximum nutritional value of berries, decreasing their drying time and temperature, and maintaining the bioactive substances of berries in a reduced oxygen ambience.

