

LATVIA UNIVERSITY OF LIFE SCIENCES AND TECHNOLOGIES
Latvijas Lauksaimniecības universitāte

Faculty of Food Technology
Pārtikas tehnoloģijas fakultāte



Mg.ing.so. Galina Zvaigzne

**EFFECT OF UHT PROCESSING ON THE BIOACTIVE
COMPOUNDS AND ANTIOXIDANT CAPACITY IN
ORANGE AND SEA BUCKTHORN JUICES**

***UHT APSTRĀDES IETEKME UZ BIOLOGISKI AKTĪVĀM
VIELĀM UN ANTIOKSIDANTU AKTIVITĀTI APELSĪNU
UN SMILTSĒRKŠĶU SULĀS***

SUMMARY

of the Doctoral Dissertation for the scientific degree of *Dr.sc.ing.*

Promocijas darba KOPSAVILKUMS
Dr.sc.ing. zinātniskā grāda iegūšanai

Jelgava
2018

Scientific supervisor /
Promocijas darba vadītāja:

Prof., Dr.sc.ing. **Daina Kārkliņa**

Official reviewers / Oficiālie recenzenti:

Dr. habil. sc. ing. Imants Atis Skrupskis (State Emerius Scientist / *Valsts emeritētā zinātnieks*)

Prof., Dr. chem. Ida Jakobsone (Latvia University, Faculty of Chemistry / *Latvijas universitāte, Ķīmijas fakultāte*)

Dr.chem. Dace Šantare (Senior Expert, Central Finance and Contracting Agency of the Republic of Latvia, Educational, science and human resource development project selection division / *Vecākā eksperte, Centrālā finanšu un līgumu aģentūra, Izglītības, zinātnes un cilvēkresursu attīstības projektu atlases nodaļa*)

The defence of dissertation in an open session of the Promotion Board of Food Science of Latvia University of Agriculture will be held on June 21 at 10 a.m. in auditorium 216 at the Faculty of Food Technology of Latvia University of Agriculture, 22 Rīgas Street, Jelgava.

Promocijas darba aizstāvēšana notiks LLU Pārtikas zinātnes nozares promocijas padomes atklātajā sēdē 21.jūnijā, plkst.10.00.

Pārtikas tehnoloģijas fakultātes 216. Auditorijā, Rīgas ielā 22, Jelgavā.

The dissertation is available at the Fundamental Library of the Latvia University of Agriculture, 2 Liela Street, Jelgava LV-3001, and on the internet http://llufb.llu.lv/promoc_darbi_en.html. References should be sent to Dr.sc.ing. I. Beitanē, the Secretary of the Promotion Board of Food Science at the Faculty of Food Technology, Latvia University of Agriculture, 22 Rīgas Street, Jelgava LV-3004, Latvia or e-mail: ilze.beitane@llu.lv.

Ar promocijas darbu un kopsavilkumu var iepazīties LLU Fundamentālajā bibliotēkā, Lielā ielā 2, Jelgavā LV-3001, un internetā (pieejams: http://llufb.llu.lv/promoc_darbi_en.html) Atsauksmes sūtīt Pārtikas zinātnes nozares promocijas padomes sekretārei, LLU Pārtikas tehnoloģijas fakultātes asoc. Prof. Dr.sc.ing. I. Beitanei (Rīgas iela 22, Jelgava LV-3004, e-pasts: ilze.beitane@llu.lv).

CONTENT

Topicality of the research	4
Approbation of the research	7
Materials and methods	10
Results and discussion	12
1. Evaluation of the quality parameters in winter's Navel and summer's Valencia varieties of orange juices during maturation and harvesting in industrial scale.....	12
2. Evaluation the influence of the processing methods on the chemical parameters, bioactive compounds and antioxidant capacity of orange juice.....	13
3. The dynamic of chemical parameters, bioactive compounds and antioxidant capacity of pasteurized NFC orange juice during refrigerated storage .	13
4. UHT processing effect on chemical parameters, bioactive compounds and antioxidant capacity of orange juice compared with HTST processing	15
5. Impact of UHT processing on chemical parameters, bioactive compounds and antioxidant capacity in sea buckthorn juices and blended orange-sea buckthorn juices	22
6. The sensory evaluation of orange juice and orange-sea buckthorn juices processed by UHT treatment	30
Conclusion	32

SATURS

Pētījuma aktualitāte	34
Zinātniskā darba aprobācija	36
Materiāli un metodes	36
Resultāti un diskusija	38
1. Ķīmisko parametru, bioloģiski aktīvo vielu un antioksidantu aktivitātes novērtējums apelsīnu Navel un Valencia šķirnes sulās nobriešanas un novākšanas laikā rūpnieciskā mērogā	38
2. Astrādes tehnoloģiju ietekme uz ķīmiskajiem parametriem, bioaktīvām vielām un antioksidantu aktivitāti dažādu apelsīnu šķirņu sulās.....	38
3. Ķīmisko parametru, bioaktīvo vielu un antioksidantu aktivitātes dinamika pasterizētās NFC apelsīnu sulās uzglabāšanās laikā	39
4. UHT apstrādes ietekme uz ķīmiskajiem parametriem, bioaktīvām vielām un antioksidantu aktivitāti apelsīnu sulā	40
5. UHT apstrādes ietekme uz ķīmiskajiem parametriem, bioaktīvām vielām un antioksidantu aktivitāti smiltsērkšķu un jauktās apelsīnu-smiltsērkšķu sulas	43
6. Apelsīnu un jauktu apelsīnu-smiltsērkšķu sulu sensorais vērtējums pēc UHT apstrādes	45
Secinājumi	46

TOPICALITY OF THE RESEARCH

'The consumption of fruit juices and nectars has increased in recent years, mainly because of the higher consumers' awareness about the importance of choosing healthy foods in reducing the risks of developing diseases and improving quality of life' (Carbonell-Capella *et al.*, 2015).

Orange fruits and orange juices have long been appreciated for their beneficial nutrients and antioxidant properties. The biological activity of vitamin C, flavonoids and carotenoids was studied in many tests (Burns *et al.*, 2003; Cassano *et al.*, 2003; Gardner *et al.*, 2000; Kurowska *et al.*, 2000; Lichtenhaler, Marx, 2005; Topuz *et al.*, 2005). Numerous studies have shown that not only biologically active substances but also soluble and insoluble dietary fibers in oranges are effective in reducing the risk of cancer, obesity and many other chronic diseases (Bazzano *et al.*, 2002; Borradale *et al.*, 2002; Liu *et al.*, 2001; Miyagi *et al.*, 2000; Poulose *et al.*, 2005; Slattery *et al.*, 2000).

In the food industry still use several preservation methods to guarantee microbial safety of food. The processing thermal operations as pasteurisation, sterilisation and evaporation are still popular and used in food industry to guarantee the microbial safety of orange juices also. 'Currently the food industry is looking for replacing the traditional well-established preservation techniques with advanced thermal and non-thermal technologies, which may produce high quality food products with improved energy efficiency and to be more environmentally friendly' (Kulwant *et al.*, 2012).

Latvian producers of orange juice supply customers mainly with juices from Frozen Concentrated Orange Juice (FCOJ). However, in the recent years, consumers have increasingly sought for so-called "fresh" products, such as fresh juice. Pasteurised orange juice not from concentrate (NFC) is preferable in taste to reconstituted juices and consumers prefer orange juice not NFC because of its organoleptic characteristics. With the development of modern technologies and packaging material it is now becoming a reality to produce and deliver NFC juice to European countries and increase production volumes of orange juice to the levels of fresh juice. The Ultra-High Temperature (UHT) technology is an attractive technology to extend the shelf life and safety of orange juice while maintaining the fresh taste of orange juice. Nevertheless, no researches have integrated the comparative study of the impact of UHT processing technology on the physicochemical characteristics and bioactive compounds of orange juice. The review of the situation gives a great opportunity to formulate the doctoral dissertation hypothesis.

The **hypothesis** of the doctoral dissertation: thermal processing of orange and sea buckthorn juices by Ultra high temperature (UHT) treatment retains the bioactive compounds, antioxidant capacity and ensures unaffected sensory attributes.

The hypothesis of the doctoral dissertation is supported by the following **theses**:

1. the physicochemical parameters, bioactive compounds and antioxidant capacity of orange juice depend on orange variety, maturation and harvesting time;
2. the processing technology of orange juices influences on the chemical parameters, bioactive compounds and antioxidant capacity;
3. the storage conditions and packaging affect the chemical parameters, bioactive compounds and antioxidant capacity in orange juices;
4. Ultra High Temperature (UHT) treatment better provides the chemical parameters, bioactive compounds and antioxidant capacity in orange juice compared with High temperature short time (HTST) processing method;
5. bioactive compounds and antioxidant capacity in orange juice increase by blending it with sea buckthorn juice;
6. UHT processing provides organoleptic qualities of treated juices comparable to fresh juice.

The **research object** of the doctoral dissertation: orange fruits (*Citrus sinensis L.*) and orange juices of Greek winter's Navel and summer's Valencia varieties and sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides L.*) 'Leikora', 'Hergo', 'Botanicheskaya Lubitelskaya' juices.

The **aim** of the doctoral dissertation was to investigate the influence of UHT processing on the chemical parameters, bioactive compounds and antioxidant capacity of orange, sea buckthorn and blended orange-sea buckthorn juices.

The following **research objectives** were set to reach the aim of the doctoral dissertation:

1. to determine chemical parameters and bioactive compounds in fresh and fresh frozen then defrosted orange juices from two varieties of orange fruits (winter's Navel and summer's Valencia) during maturation and harvesting time;
2. to evaluate the effect of high temperature short term (HTST) processing on chemical parameters, bioactive compounds and antioxidant capacity in not from concentrate (NFC) and reconstituted from concentrate (OJFC) orange juices;
3. to study the chemical parameters, bioactive compounds and antioxidant capacity changes in pasteurized NFC orange juices in aseptic packaging during one year refrigerated storage;
4. to investigate the UHT processing impact on the stability of chemical parameters, bioactive compounds and antioxidant capacity in orange juice compared with HTST processing;

5. to find out the effect of UHT processing on chemical parameters, bioactive compounds and antioxidant capacity in sea buckthorn juice and blended orange-sea buckthorn juices;
6. to estimate the sensory attributes of orange juice and blended orange-sea buckthorn juices produced by UHT treatment.

The novelty and scientific significance of the doctoral dissertation:

1. for the first time in Latvia the quality parameters of orange juice has been investigated during harvesting at maturation and degree of readiness time;
2. the influence of different processing technologies and refrigerating storage on the chemical parameters, bioactive compounds and antioxidant capacity of orange juice in industrial scale has been evaluated for the first time;
3. the possibility of UHT processing technology for orange and sea buckthorn juices are explored for the first time;
4. new product (orange-sea buckthorn juice) with high level of bioactive compounds content have been developed using UHT treatment.

The economic significance of the doctoral dissertation:

1. the studies of ultra-high temperature (UHT) processing suitability for orange juice sterilization offers an opportunity to deliver orange juice not from concentrate (NFC) out of producer foreign countries to Latvia for industrial scale filling in consumer packaging;
2. ultra-high temperature (UHT) processing can be an alternative to high temperature short term (HTST) pasteurization of orange, sea buckthorn and blended orange-sea buckthorn juices. Mentioned processing technology creates denaturation of enzymes and micro-organisms inactivates occurs, juice with extended shelf life and good sensory properties (taste and odour) could be obtained;
3. Orange-sea buckthorn blended juices expands product range in the domestic juice market with high level of bioactive compounds and antioxidant capacity. The present study is a sign of a bright prospect in terms of processing blended fruit juices by UHT processing.

APPROBATION OF THE SCIENTIFIC WORK

Research results have been summarised and published in 11 peer reviewed scientific issues.

Publications

1. **Zvaigzne G.**, Karklina D., Moersel J.T., Kuehn S., Krasnova I., Seglina D. (2017) Impact of UHT on bioactive compounds and sensory attributes of orange juice comparison with traditional processing. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section B*. Vol.71, No.6, p. 20-30. DOI: 10.1515/plalas-2017-0084
2. **Zvaigzne G.**, Moersel J.T., Kuehn S., Karklina D., Krasnova I., Seglina D. (2015) Effect of Processing Techniques on Sea buckthorn Juice and Orange -Sea buckthorn Beverages. In: Singh V., et al. (eds) Sea buckthorn: Emerging Technologies for Health Protection and Environmental Conservation Sea buckthorn. Published by Dr. Virendra Singh, CSK Himachal Pradesh Agricultural University, Palampur-176062, Himachal Pradesh, India, p. 355-361. ISBN 978-93-5124-879-8 (HB)
3. **Zvaigzne G.**, Moersel J.T., Tsirenova E. (2014) Health promotion chemical components of Sea buckthorn and Orange. In: Moersel J.T. Zubarev Y., Eagle D. (eds) Sea buckthorn. Research for promising crop. BoD – Books on Demand, Norderstedt, Ltd. Publishers, p. 73-81. ISBN 9783732299867
4. **Zvaigzne G.**, Karklina D., Papadimitrakopoulos C. (2013) Biochemical characteristic of orange in maturity time. In: *Proceeding of the X International Conference “Innovations in Science, Education and Business 2012”*, 25-27 September 2013, Kaliningrad, Russia. Kaliningrad State Technical University. Kaliningrad, Калининград, 2013. – Часть 1, с. 200-203. ISSN 978-5-94826-365-6
5. **Zvaigzne G.**, Moersel J.T., Tsirenova E. (2013) Health promotion chemical components of sea buckthorn and orange. In: The 6th Conference of the International Sea buckthorn Association “SBT – a fresh look at Technology, health and environment”, 14-17 October, Potsdam, Germany. Brandenburg: p.43.
6. **Zvaigzne G.**, Karklina D. (2013) The effect of production and storage on the content of vitamin C in NFC orange juice. In: *Proceeding of the 19th Annual International Scientific Conference “Research for Rural Development 2013”*, 16-18 May 2012, Jelgava. Latvia University of Agriculture. Jelgava: LLU, Latvia. Vol.1, 131-135p. ISSN 1691-4031.
7. **Zvaigzne G.**, Karklina D., Papadimitrakopoulos C. (2012) Some biochemical characteristic of orange juice. In: *Proceeding of the X International Conference “Innovations in Science, Education and Business 2012”*, 17-19 October 2012, Kaliningrad, Russia. Kaliningrad State Technical University. Kaliningrad. ИзвестияКГТУ: научныйжурнал.– No 29 (2013), c. 51-57. ISSN 978-5-94826-365-6

8. **Zvaigzne G.**, Karklina D. (2012) Health Promotion Chemical components of Orange Juice. "Proceedings of the Latvian Academy of sciences. Section B", Vol.67. pp. 329-333. ISSN 1407-009X, DOI: <https://doi.org/10.2478/prolas-2013-0061>
9. **Zvaigzne G.**, Karklina D. (2010) Orange in maturity effect on juice quality. In: *Proceeding of the 5th Baltic Conference on Food Science and Technology*, "FOODBALT-2010", 29-30 October 2010, Tallinn, Estonia University of Technology. Tallinn: TTU, p. 56 -64. ISSN 1406-2712
10. **Zvaigzne G.**, Karklina D., Seglina D., Krasnova I. (2009) C vitamin and polyphenol content in various citrus fruit juices In: *Proceeding of the 8th International Conference "FOODBALT-2009"*, 12-13 May 2009, Kaunas, Lithuania University of Technology. Kaunas: Chemine Technologija. p. 75. ISSN 1392-1231
11. **Zvaigzne G.**, Karklina D., Seglina D., Krasnova (2009) Antioxidants in various citrus fruits I. *Cheminé technologija*, Vol. 3 (52), p. 56-61.

The results of the research work have been presented at 14 international scientific conferences, congresses and seminars in Latvia, Estonia, Lithuania, Germany, Russia and India.

Presentations – 15

1. **Zvaigzne G.** (2016) Impact of UHT on bioactive compounds and sensory attributes of orange juice comparison with traditional processing // G. Zvaigzne, D. Karklina, J.T. Moersel, S. Kuehn, I. Krasnova, D. Seglina // 2nd International Conference "Nutrition and Health". October 5-7, Riga, Latvia (oral presentation).
2. **Zvaigzne G.** (2016) Chemical composition of seabuckthorn leaves, branches and buts // I. Grad, S. Kuhn, J.T. Morsel, G. Zvaigzne // 4th European Workshop on Seabuckthorn "Euro Works 2016". Augusts 17-19, Riga, Latvia (oral presentation).
3. **Zvaigzne G.** (2015) Effect of Processing Techniques on Seabuckthorn Juice and Orange-Seabuckthorn Beverages. //G. Zvaigzne, J.T. Moersel, S. Kuehn, D.Karklina, D. Seglina, I. Krasnova // 7th International Seabuckthorn Association conference "Seabuckthornn - Emerging Technologies for Health Protection and Environmental Conservation". November 24-26, New Delhi, India (oral presentation).
4. **Zvaigzne G.** (2013) Health promotion chemical components of seabuckthorn and orange // G. Zvaigzne, J.T. Moersel, E.Tsirenova // 6th International Seabuckthorn Association conferences "SBT – a fresh look at Technology, health and environment". October 14-17, Potsdam, Germany (oral presentation).
5. **Zvaigzne G.** (2013) Biochemical characteristic of orange in maturity time. // G. Zvaigzne, D. Karklina, C. Papadimitrakopoulos // XI International

- Conference “*Innovations in Science, Education and Business 2013*”. September 25-27, Kaliningrad, Russia (oral presentation).
6. **Zvaigzne G.** (2013) The effect of production and storage on the content of vitamin C in NFC orange juice. // G. Zvaigzne, D. Karklina // 19 International Scientific conference “*Research for Rural Development*”. May 17-19, Jelgava, Latvia (oral presentation).
 7. **Zvaigzne G.** (2012) Some biochemical characteristic of orange juice. // G. Zvaigzne, D. Karklina, C. Papadimitrakopoulos// X International Conference “*Innovations in Science, Education and Business 2012*”, October 17-19, Kaliningrad, Russia, (oral presentation).
 8. **Zvaigzne G.** (2012) Health Promotion Chemical components of Orange Juice. // G. Zvaigzne, D. Karklina // International Conference “*Nutrition and Health*”, September 4-6, Riga, Latvia (oral presentation).
 9. **Zvaigzne G.** (2012) Quality parameters of orange NFC in maturity time. // G. Zvaigzne, D. Karklina // 18 International Scientific conference “*Research for Rural Development*”. May 16-18, Jelgava, Latvia (oral presentation).
 10. **Zvaigzne G.** (2012) Impact of processing in orange juice quality. // G. Zvaigzne, Karklina D., Papadimitrakopoulos C. 1st North European Congress on Food “*NEFood-2012*”. April 22-24, Sankt-Petersburg, Russia (oral presentation).
 11. **Zvaigzne G.** (2011) Importance of citrus flavonoids for human nutrition. // G. Zvaigzne, D. Karklina, C. Papadimitrakopoulos// 7th International Scientific Conference “*Students on their Way to Science*”, May 25, Jelgava, Latvia (oral presentation).
 12. **Zvaigzne G.** (2011) Pectin chemistry and its commercial uses. // G. Zvaigzne, D. Karklina, C. Papadimitrakopoulos // 6th International Scientific Conference “*Students on their Way to Science*”, May 27, Jelgava, Latvia (oral presentation).
 13. **Zvaigzne G.** (2010) Orange in maturity effect on juice quality // G. Zvaigzne, D. Karklina // 5th International Baltic Conference on Food Science and Technology “*Food Balt-2010*”. October 29-30, Tallinn, Estonia (poster presentation).
 14. **Zvaigzne G.** (2010) Quality changes in orange harvesting time and process // G. Zvaigzne, D. Karklina, C. Papadimitrakopoulos // 5th International Scientific Conference “*Students on their Way to Science*”. May 28 Jelgava, Latvia (oral presentation).
 15. **Zvaigzne G.** (2009) Antioxidant various citrus fruit juices // G. Zvaigzne, D. Karklina, D. Seglina, I. Krasnova // 8th International Conference “*Food Balt-2009*”. May 12-13, Kaunas, Lithuania (oral presentation).

MATERIALS AND METHODS

Time and place of the research

The study was carried from 2009 until 2015 in:

- S.A. BIOFRESH, juice and concentrate Production Company, in Laconia, Greece,
- UBF GmbH, Investigative consulting Research Laboratory GmbH in Altlandsberg, Germany,
- Latvia University of Agriculture in Jelgava,
- State Institute of Fruit-Growing in Dobele, Latvia.

Materials used in the research

The objects of the research are orange fruits (*Citrus sinensis L.*) and orange juices. Orange fruits and orange juices of Greek summer variety Valencia and winter variety Navel were obtained from Manufacturing S.A. Biofresh production line of commercial juice plant in Laconia Southern Greece.

Additional, the following materials were used:

- fresh frozen orange juice of variety Navel and Valencia fruits, from Manufacturing S.A. Biofresh production line, Greece;
- pasteurised orange juice not from concentrate (NFC) Navel and Valencia varieties, from Manufacturing S.A. Biofresh production line, Greece;
- orange juice reconstituted from concentrate (OJFC) of Navel and Valencia varieties, from Manufacturing S.A. Biofresh production line, Greece;
- fresh sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides L.*) juices of German cultivars ‘Leikora’ and ‘Hergo’ from Manufacturing Sanddorn GmbH production line Germany;
- fresh sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides L.*) juice of Latvian cultivar ‘Botanicheskaya-Lubitelskaya’ from Latvian State Institute of Fruit-Growing experimental processing Laboratory;

All samples of orange juices were delivered by plane from Manufacturing S.A. Biofresh production line, Laconia Southern Greece in aseptic bags. Frozen samples of orange juices were kept frozen in a forced circulation freezer and kept at -18 ± 2 °C until using. Frozen orange juice samples were defrosted. Pasteurised orange juices in aseptic bags were kept at 5 ± 2 °C in refrigerator. Fresh cooled seabuckthorn juices were transported from Germany and Latvia.

Packaging materials

Aseptic bag-box (volume 1000 ml and 5000 ml) used juice storage in production conditions. Glass jars with screw cap closures (volume 150 ml type JPG) used for high temperature short time (HTST) and ultra-high temperature (UHT) treated experimental samples storage before analyses.

Research structure

The study of doctoral thesis is divided in two stages.

Stage I – Evaluation of orange juice physicochemical parameters, bioactive compounds and antioxidant capacity in different maturity and harvesting time, processing stage and during storage of two varieties of orange juices in industrial scale

The first stage of the study was carried out directly on the juice production plan in Greece in the laboratory of enterprise. Evaluation of physicochemical parameters as juice content (yield), total soluble solids (TSS), total acidity (TA), TSS/ TA ratio, and vitamin C were tested in orange juice (Valencia and Navel varieties) in harvesting time (2 seasons of harvesting). For more in-depth studies, the juices from production line were delivered to German UBF laboratory for determination of bioactive compounds (vitamin C, total phenolic content, hesperidin, total carotenoids, β-carotene and water soluble pectin) and antioxidant capacity during different maturity stage, following processing and during refrigerated storage.

Stage II – Evaluation of UHT treatment on the chemical characteristics, bioactive compounds and antioxidant capacity of orange juice, sea buckthorn juices and blended orange-sea buckthorn juices.

The second step of the study was undertaken to compare the impact of two treatment methods: High temperature short time (HTST, $t = 94\text{ }^{\circ}\text{C}$, 30 s) and an alternative Ultra-high temperature (UHT $t = 130\text{ }^{\circ}\text{C}$, 2 s) treatment effect on chemical parameters, bioactive compounds and antioxidant capacity. Sensory attributes of fresh orange juice was compared with HTST and UHT treated orange juices. There was defined also the effect of UHT processing on chemical parameters, bioactive compounds and antioxidant capacity of the sea buckthorn juice and blended orange-sea buckthorn juices, as well as orange juice (control) compared with blended orange-sea buckthorn juices sensory attributes.

Table 1 / *1. tabula*
**Standards and analytical methods used for determination of orange juice /
Apelsīnu sulu analīzēšanai izmantotie standarti un metodes**

No / Nr.	Parameters / <i>Rādītāji</i>	Methods / <i>Metodes</i>
1.	Total soluble solids/ <i>Kopējas sausnas satura, °Brix</i>	AOAC - 983.17; ISO 2173:2003
2.	Total acid content/ <i>Kopējā skābe, %</i>	AOAC - 936.16; ISO 750:1998
3.	Yield/Raža, %	Gravimetric method, electronic weigh ($\pm 0.001\text{g}$) (Lacey et al., 2009)

Table 1 (Con.) / 1. tabula (turp.)

No / Nr.	Parameters / Rādītāji	Methods / Metodes
4.	Glycose, fructose, sucrose content/ <i>Glikoze, fruktoze, saharozes saturis,</i> g 100 ml ⁻¹	Enzymatic method, r - Biopharm Cat. No. 10139106035 Cat. No. 11113950035
5.	L-ascorbic acid/ <i>L-askorbīnskābe,</i> mg 100 ml ⁻¹	1. Iodine method (Moor et al., 2005) - production method 2. Enzymatic calorimetric method, r – Biopharm Cat. No. 10409677037
6.	Total phenolics / <i>Kopējie fenoli,</i> mg GAE 100 ml ⁻¹	Spectrophotometric method, (Singleton et al., 1999)
7.	Total carotenoids / <i>Kopējie karotenoīdi</i> , mg 100 ml ⁻¹	Spectrophotometric method, DGF Einheitsmethoden F-II 2a (1975)/ <i>Unit methods (Germany)</i>
8.	β-carotene / <i>β-karotīns</i> , mg 100 ml ⁻¹	Spectrophotometric method, DGF Einheitsmethoden F-II 2b (1975)/ <i>Unit methods (Germany)</i>
9.	Hesperidin / <i>Hesperidīns</i> , mg 100 ml ⁻¹	High-Performance Liquid Chromatographic Method, DIN EN ISO/IEC 17025:2005; IFU No. 58
10.	Antioxidant capacity / <i>Antioksidantu</i> <i>aktivitāte</i> , ABTS, mmol TEAC 100 ml ⁻¹	Spectrophotometric method, TEAC Method AOCA intern. 95.6
11.	Antioxidant capacity / <i>Antioksidantu</i> <i>aktivitāte</i> , (DPPH), mmol TE 100 ml ⁻¹	Spectrophotometric method, (Brand-Williams et al. 1995)
12.	Antioxidant capacity / <i>Antioksidantu</i> <i>aktivitāte</i> , (FRAP), mmol TE 100 ml ⁻¹	Spectrophotometric method, (Benzie and Strain, 1996)
13.	Water Soluble Pectin / <i>Ūdenī šķīstošs pektīns</i> , mg 100 ml ⁻¹	Spectrophotometric method Carbazole method 21 (Amador et al., 2008)

RESULTS AND DISCUSSION

1. Evaluation of the quality parameters of winter's Navel and summer's Valencia varieties of orange juices during maturation and harvesting in industrial scale

The changes of the physicochemical parameters and bioactive compounds in fresh defrosted orange juices Navel and Valencia varieties were evaluated during fruit's harvesting at different stages of maturity: early stage in the beginning of the season, mid of the season and at the end of the season, when fruits were over mature. The study results showed the physicochemical parameters and bioactive compounds of orange juice summer variety Valencia

and winter variety Navel fruits was different and they changes during maturation: the content of total acidity (TA) and yield in both varieties of orange juice decreases, while total soluble solids (TSS) and their ratio (TSS/TA), as well an individual sugars content significantly increased ($p < 0.05$). Content of vitamin C, total phenolics compounds, hesperidin and WS pectin in fresh orange juices decreased insignificant ($p > 0.05$), however the total carotenoid and β -carotene content significantly increased ($p < 0.05$) during maturation. The content of vitamin C and antioxidant capacity was higher in variety of orange Navel juice. The antioxidant capacity significantly decreased ($p < 0.05$) in orange juices of both varieties of oranges during maturation. The obtained results indicated that stage of maturity have effect on the chemical parameters and bioactive compounds of orange fruits and juices.

2. Evaluation the influence of processing methods on the chemical parameters, bioactive compounds and antioxidant capacity of orange juice

The effect of the high temperature short time (HTST) process on the chemical, bioactive compounds and antioxidant capacity in orange juice not from concentrate (NFC) and reconstituted from concentrate orange juice (OJFC) was compared with fresh frozen following defrosted orange juices (Control) of Navel and Valencia varieties produced in industrial scale.

The changes in total soluble solid (TSS) content and total acidity (TA) were not significant ($p > 0.05$) in both orange juices processed by HTST. The content of vitamin C, total phenolics compounds content, and antioxidant capacity decreased in pasteurized NFC orange juices Navel and Valencia in comparison with control samples. The content of WS pectin slight increase in both HTST processed orange juice samples, but the increases were not significant ($p > 0.05$). The total content of carotenoids increased in both varieties of orange juices: by 10 % in Navel NFC and by 7 % in Valencia NFC orange juice. The content of β -carotene increased by 15 % in both varieties of treated Navel orange juice samples, on the other hand in both Valencia orange juice samples the β -carotene showed not changes influenced by pasteurisation.

3. The dynamic of chemical parameters, bioactive compounds and antioxidant capacity of pasteurised NFC orange juice during refrigerated storage

Quality and shelf life determination of an orange juice is strongly based on vitamin C evaluation during storage (Alwazeer *et al.*, 2003; Esteve *et al.*, 1996; Kabasakalis *et al.*, 2000; Lee, Coates, 1999; Polydéra *et al.*, 2003; Zerdin *et al.*, 2003). Dynamics of the chemical parameters and bioactive compounds in pasteurised (HTST) NFC orange juices Navel and Valencia varieties were carried out during storage for one year in aseptic bags and refrigerated conditions at temperature $5^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

During first 4 month the TSS slightly increased in both NFC orange juices, further remained constant over all storage time. The change in TA content during the entire storage was insignificant ($p > 0.05$) in both varieties of orange juices. However vitamin C, total phenolic compounds, hesperidin, total carotenoids, β -carotene and water soluble (WS) pectin showed significant ($p < 0.05$) changes in the content.

In the first 4 month both juices showed losses of vitamin C content (NFCValencia – 7.5%; NFCNavel – 8.4%). Over the twelve month storage period, the decrease in vitamin C was about 1.3% per week for both varieties of NFC orange juices and in general the loss of vitamin C was by 15% and 16% respectively. Presented results are in agreement with data obtained by Choi *et al.* (2002), Fan *et al.* (2002), Rodrigo *et al.* (2003). In the research Kennedy *et al.* (1992), Zerdin *et al.* (2003) noted reduction of vitamin C in the investigated commercial orange juices. Roig *et al.* (1999) reported that low temperature storage is imperative in order to ensure L-ascorbic acid retention. However, the degradation of vitamin C in pasteurised orange juice was observed by several authors (Arena *et al.*, 2001; Kabasakalis *et al.*, 2000; Klimczak *et al.*, 2006).

A significant decrease ($p < 0.05$) in the total phenolics content of orange juices was observed during eight months storage. The peculiarity of the total content of phenolics compounds was the slight increase in the amount at the last four month but this increase was not significant ($p > 0.05$). Therefore, the assumption is that after eight month a mechanism which leads to a regenerative process of phenolic compounds starts. This mechanism may represent a reducing reaction of the before oxidized phenols. The degradation of total phenolics contents during storage also mainly related to the residual activity of polyphenol oxidase and peroxidase. Content of the hesperidin decreased during the refrigerated storage time. At the end of storage juices of both orange varieties showed a significant ($p < 0.05$) decrease of hesperidin content. It is possible that after the pasteurisation the enzymes which lead to a degradation of hesperidin still exist. Propably the glycosides are cleaved to the aglycon - its corresponding sugar molecule (rhamnose). These findings were shown in different references (Del Caro *et al.*, 2004; Klimczak *et al.*, 2007; Sanchez-Moreno *et al.*, 2003).

In literature most of available studies are related to the effect of bioactive compounds in treated for short time storage refrigerated orange juice (Esteve, Frigola, 2008; Plaza *et al.*, 2011; Wibowo *et al.*, 2015) they have observed an insignificant decrease of initial values of total carotenoids and individual carotenoids. In our study has been determined that during refrigerated storage (5 ± 2 °C) the total carotenoid and β -carotene content showed less than 20% decrease in both varieties of orange juices. Plaza *et al.*, (2011) reported loss (< 11%) of total carotenoids compared with total carotenoids after treatment and at the end of storage (40 days). Considering the general amount of water soluble (WS) pectin, in both juices the decrease of WS pectin content was insignificant ($p > 0.05$).

The antioxidant capacity during refrigerated storage in both pasteurized orange Valencia and Navel juices decreased significantly ($p < 0.05$). The value's decrease of antioxidant capacity in both NFC orange juices Valencia and Navel varieties were 20 % and 22 % respectively. Small difference between both NFC juices in the same storage temperature may be due to the fact that initially in the orange Navel NFC juice the total acid content was higher and this contributed to retention of vitamin C and as a result the antioxidant capacity during refrigerated storage. The research data showed that antioxidant capacity value is depending on the content of antioxidants in orange juice such as vitamin C, total phenolics compounds, hesperidin, total carotenoids, β -carotene and pectin and closely correlated with them.

4. UHT processing effect on chemical parameters, bioactive compounds and antioxidant capacity of orange juice compared with HTST processing

There are not plenty studies found in scientific literature reporting the effects of UHT processing on bioactive compounds and antioxidant capacity in orange juices and generally are not studies on the effect of adding sea buckthorn juices to orange juice. However, there are several studies on the effects of UHT processing on the biochemical compounds of apple, pomegranate and sugarcane juices (Jittanit, 2011; Lewis *et al.*, 2000; Qu *et al.*, 2014; Sanchez-Vega *et al.*, 2009).

In this research the TSS, TA, and TSS/TA ratio was analysed in orange juice Navel processed by UHT and HTST and results compared with fresh frozen and then defrosted (control) orange juice, the results are provided in the Table 2.

Table 2 / 2. tabula
UHT and HTST processing effects on chemical parameters in Navel
variety orange juice /
UHT un HTST apstrādes ietekme uz ķīmisko īpašību izmaiņām Navel šķirnes
apelsīnu sulā

Samples / Paraugi	Total soluble solids / Kopējais sausnas saturs, °Brix	Total acidity / Kopējais skābju saturs, %	Ratio / Savstarpējā attiecība
Fresh frozen and then defrosted orange juice (control) /Svaigi saldēta un pēc tam atkausēta apelsīnu sula (kontrole)	11.43 ± 0.05 ^a	0.79 ± 0.04 ^a	14.54

Table 2 (Con.) / 2. tabula (turp.)

Samples / Paraugi	Total soluble solids / Kopējais sausnas saturs, °Brix	Total acidity / Kopējais skābju saturs, %	Ratio / Savstarpējā attiecība
HTST pasteurized orange juice / HTST pasterizēta apelsīnu sula	11.54 ± 0.04b	0.80 ± 0.00b	14.43
UHT processed orange juice / UHT apstrādāta apelsīnu sula	11.60 ± 0.04 ^b	0.80 ± 0.01 ^b	14.50

Column values with different online letters (a, b) are significantly different ($p > 0.05$) / Kolonnas vērtības ar dažādām tiešsaistes burtiem (a, b) būtiski atšķiras ($p > 0.05$).

Results were presented as “means ± standard error ($n = 4$) / Rezultāti tika uzrādīti kā "nozīmē ± standarta klūda ($n = 4$)

There were no significant differences in these values after HTST and UHT treatments in comparison with fresh frozen and then defrosted (control) orange juice ($p > 0.05$). Zhang *et al.* (2015) studied the effect of UHT processing at different temperatures (110, 120, 135 °C) of TSS content in watermelon juice, and the results showed no effect. Jittanit *et al.* (2011) have found similar results in their study and found that UHT processing technology at the temperatures 135 and 140 °C did not affected the total TSS content in the sugarcane juice.

Vitamin C. In our study the results of the HTST and UHT processing on vitamin C changes in orange juice Navel variety is presented in the Figure 1.

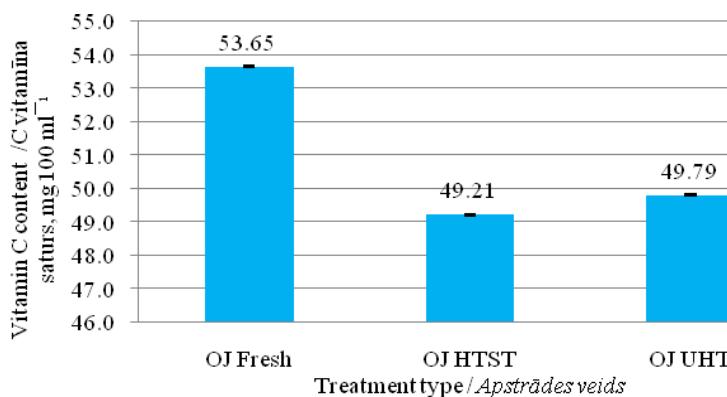


Fig. 1. UHT and HTST processing effect on Vitamin C content in Navel orange Navel /

1. att. UHT un HTST apstrādes ietekme uz C vitamīna saturu apelsīnu sula Navel

OJ Fresh – Fresh frozen and then defrosted orange juice (control); svaiga, saldēta un pēc tam atkausēta apelsīnu sula (kontrole);

OJ HTST – high temperature short time pasteurised fresh frozen and then defrosted orange juice; pasterizēta ar augstu temperatūru īslaicīgi saldēta un pēc tam atkausēta apelsīnu sula;

OJ UHT – ultra high temperature treated fresh frozen and then defrosted orange juice; ultrasterilizācijas apstrāde apstrādāta svaiga, saldēta un pēc tam atkausēta apelsīnu sula.

The content of vitamin C in the fresh frozen then defrosted orange juice Navel variety was $53.67 \text{ mg } 100 \text{ ml}^{-1}$; this value is within interval (48.33 ± 1.12 and $45.03 \pm 7.90 \text{ mg } 100 \text{ ml}^{-1}$) mentioned in the bibliography (Cano *et al.*, 2008; Esteve, Frigola, 2008) respectively. The retention of the vitamin C in orange juice processed by HTST and UHT methods was 92 % and 93 % respectively. The results showed that degradation of vitamin C influenced by both treatment methods was insignificant ($p > 0.05$). There are not found results in scientific literature reporting effects of UHT processing on vitamin C in orange juice.

Total phenolics content and hesperidin. The results of total phenolics and hesperidin content in orange juice are shown in Figure 2.

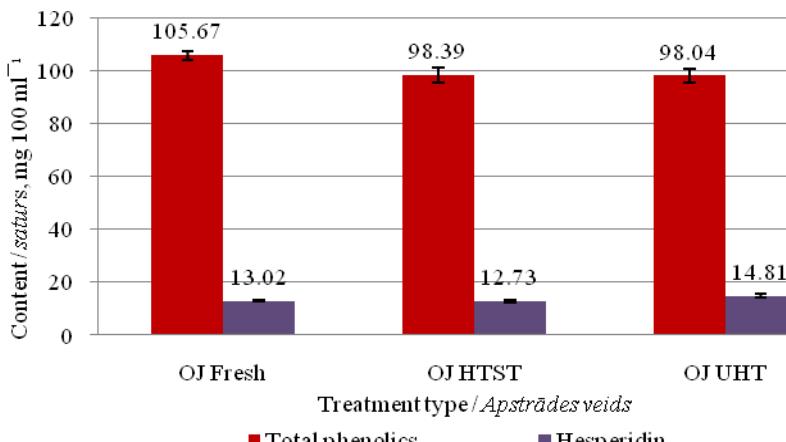


Fig. 2. UHT and HTST processing effect on total phenolics compounds and hesperidin content in Navel orange juice /
2. att. UHT un HTST apstrādes ietekme uz kopējiem fenoliem Navel šķirnes apelsīnu sula

OJ Fresh – Fresh frozen and then defrosted orange juice (control); Svaiga, saldēta un pēc tam atkausēta apelsīnu sula (kontrole);

OJ HTST – high temperature short time pasteurised fresh frozen and then defrosted orange juice; pasterizēta ar augstu temperatūru īslaicīgi saldēta un pēc tam atkausēta apelsīnu sula;

OJ UHT – ultra high temperature treated fresh frozen and then defrosted orange juice; ultra ultrsterilizācijas apstrāde apstrādāta svaiga, saldēta un pēc tam atkausēta apelsīnu sula.

The value of total phenolics compounds was higher in OJ Fresh ($105.67 \text{ mg } 100 \text{ ml}^{-1}$), compared with HTST processed ($98.39 \text{ mg } 100 \text{ ml}^{-1}$) and UHT processed ($98.04 \text{ mg } 100 \text{ ml}^{-1}$) orange juices however, the difference was not significant ($p < 0.05$). In this study in fresh frozen and then defrosted Navel orange juice the content of hesperidin was of $13.02 \text{ mg } 100 \text{ ml}^{-1}$. The content of hesperidin increased by 14% in orange juice by UHT processing compared with the sample of fresh frozen and then defrosted Navel orange juice. However, HTST processed orange juice did not show significant changes ($p > 0.05$) on hesperidin content compared to the fresh frozen and then defrosted orange juice.

Carotenoids. The total carotenoids content in OJ Fresh Navel was $2.26 \text{ mg } 100 \text{ ml}^{-1}$ both processing methods considerably decreased the total carotenoid content to $1.82 \text{ mg } 100 \text{ ml}^{-1}$ by HTST processed orange juice thus resulting in a 19 % loss and to $1.95 \text{ mg } 100 \text{ ml}^{-1}$ by UHT processed juice thus resulting in 14% in comparison with total carotenoid content in OJ Fresh (see Fig. 3.). In comparison of processing methods it can be stated that in this study the method of UHT processing was more effective for the retention of carotenoids.

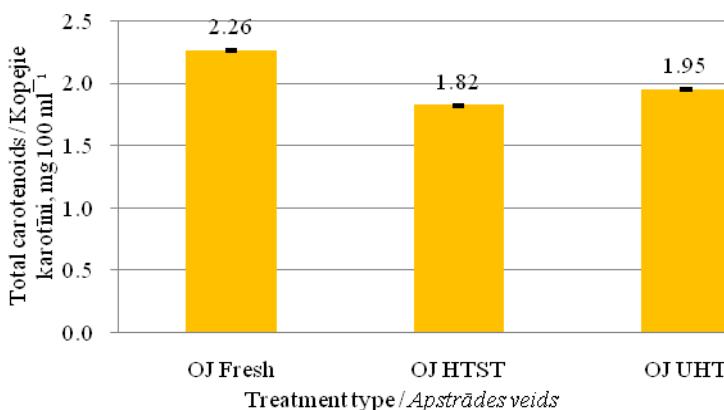


Fig. 3. Effect of processing UHT and HTST on total carotenoids in Navel orange juice

3. att. UHT un HTST apstrādes ietekme uz kopējo karotenoīdu saturu apelsīnu šķirnes Navel sūlā

OJ Fresh – Fresh frozen and then defrosted orange juice (control); Svaiga, saldēta un pēc tam atkausēta apelsīnu sula (kontrole);

OJ HTST – high temperature short time pasteurised fresh frozen and then defrosted orange juice; pasterizēta ar augstu temperatūru īslaicīgi saldēta un pēc tam atkausēta apelsīnu sula;

OJ UHT – ultra high temperature treated fresh frozen and then defrosted orange juice; ultrasterilizācijas apstrāde apstrādāta svaiga, saldēta un pēc tam atkausēta apelsīnu sula.

Some authors have reported that heat processing had not significant influence on the carotenoid profile (Lee, Coates, 2003; Vervoort *et al.*, 2011). In study scientists Sanchez-Moreno *et al.* (2005) didn't found significant changes in carotenoids after pulsed electric fields (PEF) treatment and Donsi *et al.* (1996) and Esteve *et al.* (2009) didn't found significant differences in value of carotenoids after high hydrostatic pressure (HPP) treatment of orange juices. Plaza *et al.* (2011) reported that low pasteurisation temperature of orange juice did not show carotenoid degradation but after the high-pressure (HP) treatment orange juice showed a significant increase on total carotenoids compared to untreated juice. They also found that HP juice showed the highest carotenoid content among all tested juices. No one of researchers has integrated the comparative study of the impact by UHT processing on total carotenoids content in orange juice. Crino *et al.* (2012) studied the stability of natural red and pink food colours in natural colour products and evaluated their stability during UHT processing. The results of experiment had a negative effect on the stability of the natural colorants. All coloured samples except fermented red rice showed significant colour loss following UHT processing ($p < 0.05$).

Antioxidant capacity. In the available literature no information is available on the changes in antioxidant capacity of orange juice processed by UHT. Ascorbic acid is one of the bioactive compounds that contribute to the antioxidant capacity in the juice it contributes from 56 to 77% of the antioxidant capacity of orange juice and to 46 % of the tangerine juice, and from 66 to 77% of grapefruit juice (Vinson *et al.*, 2002). However, heat treatment may reduce antioxidant capacity and concentration of bioactive compound groups (Patras *et al.*, 2010).

In the present study the antioxidant capacity of orange Navel juice was evaluated by using ABTS radical cation assay using DPPH free radical-scavenging and ferric reducing antioxidant power (FRAP) assays. Figure 4 presents the results of the antioxidant capacity of orange juice measured by ABTS.

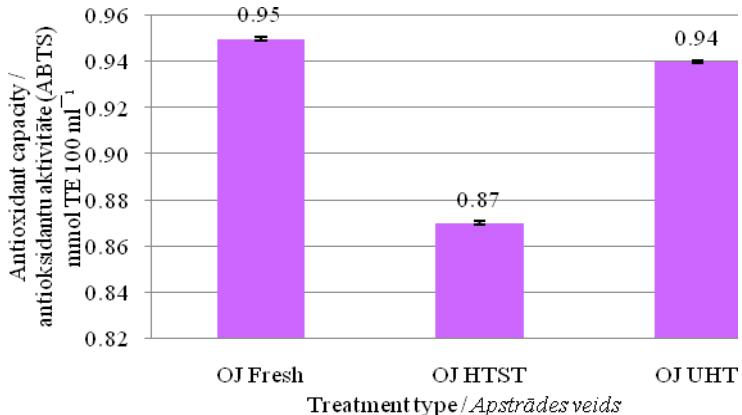


Fig. 4. UHT and HTST processing effect on the antioxidant capacity measured by ABTS in Navel orange juice /
4. att. UHT un HTST apstrādes ietekme uz antioksidantu aktivitāti (ABTS metode) apelsīnu 'Navel' sula

OJ Fresh – Fresh frozen and then defrosted orange juice (control); Svaiga, saldēta un pēc tam atkausēta apelsīnu sula (kontrole);

OJ HTST – high temperature short time pasteurised fresh frozen and then defrosted orange juice; pasterizēta ar augstu temperatūru īslaicīgi saldēta un pēc tam atkausēta apelsīnu sula;

OJ UHT – ultra high temperature treated fresh frozen and then defrosted orange juice; ultrasterilizācijas apstrāde apstrādāta svaiga, saldēta un pēc tam atkausēta apelsīnu sula.

In the fresh frozen and then defrosted orange juice the antioxidant capacity values was 0.95 mmol Trolox equivalent 100 ml⁻¹, and 0.87 and 0.94 mmol Trolox equivalent 100 ml⁻¹ in orange juices processed by HTST and UHT respectively. As can be seen from the graph the antioxidant capacity values decreased insignificantly ($p > 0.05$) in orange juice by both processed methods. Arena *et al.* (2001) studied the total antioxidant activities of freshly squeezed and processed orange juices; and measured them using the ABTS radical-cation method. They reported that an antioxidant activity value was higher in freshly-squeezed juices compared with processed orange juices. Fiore *et al.* (2005) did not find differences in antioxidant activity of pasteurised and sterilised red orange juices.

In the DPPH assay the antioxidant values were of 273.15, 263.04 and 259.67 mmol Trolox equivalent 100 ml⁻¹ in fresh frozen and then defrosted orange juice, UHT and HTST processed orange juices respectively. The antioxidant capacity was also determined using FRAP assay. The FRAP values of antioxidants were of 55.22, 54.32 and 53.25 mmol Trolox equivalent 100 ml⁻¹ for fresh frozen and then defrosted UHT and HTST processed orange Navel

juices respectively. Chosen methods for antioxidant capacity determination didn't show significant differences ($p > 0.05$) in orange juice samples processed by HTST and UHT processing (Fig. 5.).

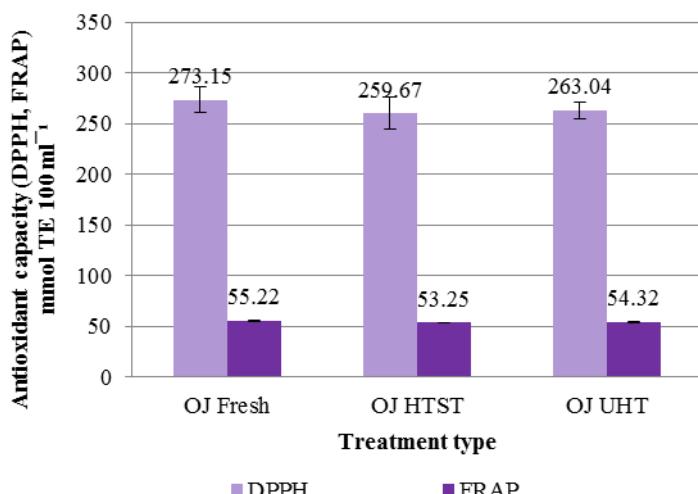


Fig. 5. UHT and HTST processing effect on the antioxidant capacity measured by FRAP and DPPH in Navel orange juice /

5. att. UHT un HTST apstrādes ietekme uz antioksidanta kapacitāti, ko mēra (FRAP un DPPH metode) apelsīnu Navel sulā

OJ Fresh – Fresh frozen and then defrosted orange juice (control); Svaiga, saldēta un pēc tam atkausēta apelsīnu sula (kontrole);

OJ HTST – high temperature short time pasteurised fresh frozen and then defrosted orange juice; pasterizēta ar augstu temperatūru īslaicīgi saldēta un pēc tam atkausēta apelsīnu sula;

OJ UHT – ultra high temperature treated fresh frozen and then defrosted orange juice; ultrasterilizācijas apstrādāta svaiga, saldēta un pēc tam atkausēta apelsīnu sula.

The results showed that juice contained higher concentration of vitamin C, and phenolic compounds have a higher antioxidant capacity. Literature dates suggest changes in individual antioxidants. Davidov-Pardo *et al.* (2011) studied some individual antioxidant in grape seed extract, using different treatment methods. The results showed that the individual antioxidants behaved differently during heating but they not showed significant changes on total antioxidant capacity after thermal treatment.

Grouped statistics show that ABTS correlates directly with the vitamin C, total phenols, carotenoids and hesperidin ($r = 0.688$; $r = 0.563$; $r = 0.802$; $r = 0.511$ respectively). In the test with DPPH radical and by FRAP method

clearly correlated ($r = 0.993$; $r = 0.999$; $r = 0.960$ and $r = 0.899$; $r = 0.961$; and $r = 0.817$) with the vitamin C, carotenoids and flavonoids respectively.

5. Impact of UHT processing on chemical parameters, bioactive compounds and antioxidant capacity in sea buckthorn juices and blended orange-sea buckthorn juices

UHT processing effect on chemical parameters, bioactive compounds and antioxidant capacity in sea buckthorn juices

Fresh sea buckthorn fruits contain significant amounts of bioactive compounds such as vitamin C and greatly high vitamin E content, carotenoids, phenolic compounds and so on. These parameters were used to prepare blended juices with high antioxidant capacity value. Sea buckthorn juices same as orange juices is sensitive to heat and content of bioactive compounds and fresh aroma may be lost or damaged by exposure to heat.

In this study the experimental results of the chemical parameters of UHT processed sea buckthorn juices ‘Leikora’, ‘Hergo’ and ‘Botanicheskaya-Lubitelskaya’ are shown in the Table 3.

Table 3 /3. tabula

Chemical parameters of fresh and UHT processed sea buckthorn juices / Svaigu un UHT apstrādātu smiltsērkšķu sulu ķīmiskie parametri

Samples / Paraugi	Total Soluble Solids / Šķīstošās sausnas saturis, °Brix	Total acidity / Kopēja skābe, %	Ratio / Attiecība
‘Leikora’			
Fresh / Svaiga sula	7.16 ± 0.15^a	3.64 ± 0.04^a	1.97
UHT / UHT apstrāde (130 °C 2 s)	7.29 ± 0.15^a	3.66 ± 0.04^a	1.99
‘Hergo’			
Fresh/ Svaiga sula	5.98 ± 0.15^b	2.72 ± 0.04^b	2.20
UHT / UHT apstrāde (130 °C 2 s)	6.11 ± 0.15^b	2.77 ± 0.04^b	2.21
‘Botanicheskaya-Lubitelskaya’			
Fresh/ Svaiga sula	8.65 ± 0.15^c	3.12 ± 0.04^c	2.77
UHT / UHT apstrāde (130 °C 2 s)	8.98 ± 0.15^c	3.18 ± 0.04^c	2.82

Column values with different online letters (a, b, c) are significantly different ($p > 0.05$) / Kolonnas vērtības ar dažādām tiešsaistes burtiem (a, b, c) būtiski atšķiras ($p < 0.05$).

Results were presented as “means \pm standard error ($n = 4$) / Rezultāti tika uzrādīti kā “nozīmē \pm standarta kļūda ($n = 4$)

Total soluble solid content (TSS) in fresh sea buckthorn juices of different varieties was found within the range of 5.98 to 8.65 °Brix. Out of these sea buckthorn samples maximum TSS was found in the sample ‘Botanicheskaya-Lubitelskaya’ sea buckthorn juice. The highest acidity (TA) was ascertained in sea buckthorn Leikora juice (3.64%). After UHT processing the content of TSS and TA slightly increased in all analysed samples of sea buckthorn juices, but changes was not significant ($p > 0.05$).

Vitamin C content. The berries of sea buckthorn are a rich source of vitamin C which in the species of European origin can be from 28 to 310 mg 100 g^{-1} , subspecies *fluvialis* from 460 to 1330 mg 100 g^{-1} , but subspecies *sinensis* from 200 to 2500 mg 100 g^{-1} (Antonelli *et al.*, 2005; Tang, 2002; Yao *et al.*, 1992). The effect of UHT processing on stability of vitamin C is shown in Figure 6.

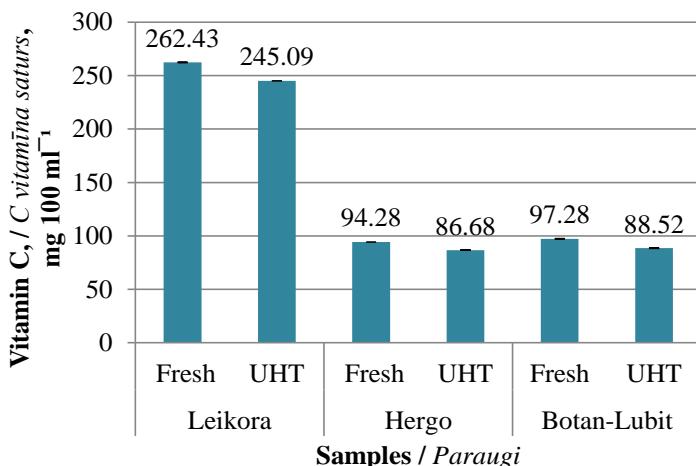


Fig. 6. The content of vitamin C in fresh and UHT processed seabuckthorn juices

6. att. *C vitamīna saturs svaigās un UHT apstrādātās smiltsērkšķu sulās*

UHT processing slightly cut down the content of vitamin C in all processed sea buckthorn juices if compared to its content in fresh juices. The study results showed that retention of vitamin C after UHT treatment was 93, 92 to 91% in ‘Leikora’, ‘Hergo’ and ‘Botanicheskaya-Lubitelskaya’ species of sea buckthorn juices respectively. The retention of vitamin C in the ‘Leikora’ juice was a little higher, but not significant ($p > 0.05$) and this may be explained due to the fact that the total acidity in Leikora juice was somewhat higher.

Total phenolics content. The results of study demonstrated highest content of total phenolics compounds ($287.45\text{ mg }100\text{ ml}^{-1}$) in ‘Leikora’ sea buckthorn juice, but in the juices ‘Hergo’ and ‘Botanicheskaya-Lubitelskaya’ it was considerably lower – 184.89 and $117.66\text{ mg }100\text{ ml}^{-1}$ respectively (see Fig. 7).

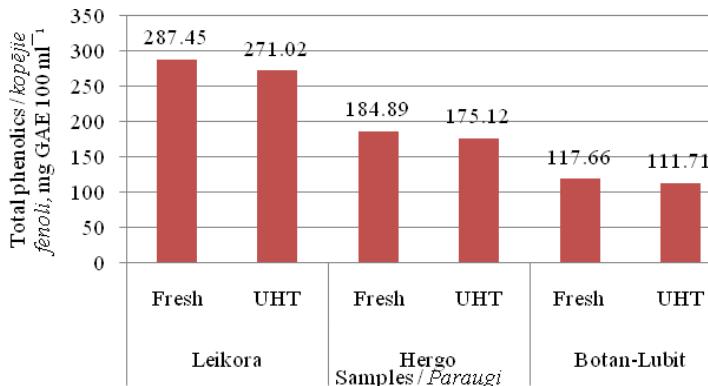


Fig. 7. The content of total phenolics compounds in fresh and UHT processed sea buckthorn juices /
7. att. Kopējo fenolu saturs svaigās un UHT apstrādātās smiltsērkšķu sulās

The content of total phenolics compounds in all varieties of sea buckthorn juices processed by UHT a little decreased although this decrease was not significant ($p > 0.05$).

Total carotenoids. Sea buckthorn juice contains large amount of carotenoids and vitamin E, which ensure the colour intensity of sea buckthorn berries from yellow to red. UHT processing effect on the carotenoid and vitamin E content in different seabuckthorn juices was quantified in our studies (Zvaigzne, et al., 2014). The results are presented in Figure 8.

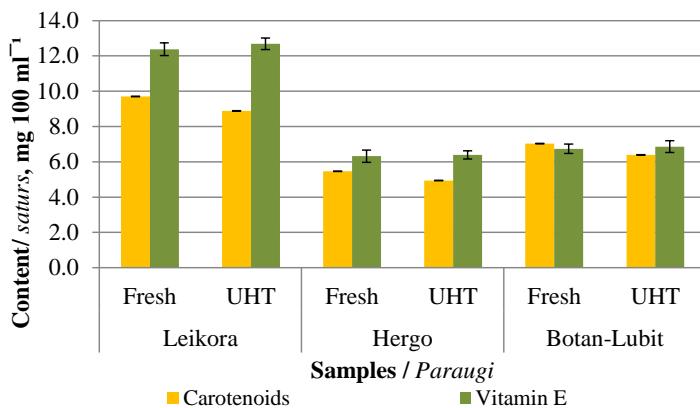


Fig. 8. The content of total carotenoids and vitamin E in fresh and UHT processed sea buckthorn juices /
8. att. Kopējo karotinoīdu un E vitamīna saturs svaigās un UHT apstrādātās smiltsērkšķu sulās

The highest content of total carotenoids was found in the sea buckthorn ‘Leikora’ juice ($9.70 \text{ mg } 100 \text{ ml}^{-1}$) while in ‘Hergo’ and ‘Botanicheskaya-Lubitelskaya’ juices it was lower – 5.46 and $7.03 \text{ mg } 100 \text{ ml}^{-1}$ respectively. In all analysed sea buckthorn juices processed by UHT processing the content of total carotenoids decreased about 10 %.

Vitamin E. An important compound in the sea buckthorn juices is vitamin E. The highest content of vitamin E was found in the sea buckthorn ‘Leikora’ juice ($12.38 \text{ mg } 100 \text{ ml}^{-1}$), while in ‘Hergo’ and ‘Botanicheskaya-Lubitelskaya’ juices it was significantly lower – 6.32 and $6.74 \text{ mg } 100 \text{ ml}^{-1}$ respectively (see Fig. 8.) After treatment by UHT the content of vitamin E slightly increased but the increase was insignificant ($p > 0.05$).

Antioxidant capacity. The antioxidant capacity in different species of sea buckthorn juices was determined using three measurement methods: DPPH, FRAP and ABTS. The results are shown in the Table 4.

Table 4 /4. *tabula*

**Antioxidant capacity in fresh and UHT processed sea buckthorn juices /
Antioksidantu aktivitāte svaigās un UHT apstrādātās smiltsērkšķu sulās**

Sea buckthorn samples / smiltsērkšķu sulāsparaugti	Treatment / Apstrāde	Antioxidant capacity / Antioksidantu aktivitāte		
		DPPH	FRAP	ABTS
		mmol Trolox equivalent 100 ml^{-1}		
‘Leikora’	Fresh	1236.55 ± 11.36^b	203.82 ± 0.88^c	0.37 ± 0.02^a
	UHT	1097.65 ± 21.11^a	182.29 ± 0.76^c	0.34 ± 0.04^a
‘Hergo’	Fresh	617.41 ± 22.68^a	100.76 ± 1.00^b	0.21 ± 0.01^a
	UHT	549.48 ± 19.06^b	89.07 ± 2.15^a	0.19 ± 0.03^a
‘Botanicheskaya- Lubitelskaya’	Fresh	429.66 ± 4.86^c	82.89 ± 0.50^c	0.13 ± 0.05^a
	UHT	400.09 ± 17.47^b	72.68 ± 2.53^a	0.11 ± 0.01^a

Column values with different online letters (a, b, c) are significantly different ($p > 0.05$) / Kolonnas vērtības ar dažādām tiešsaistes burtiem (a, b, c) būtiski atšķiras ($p < 0.05$).

Results were presented as “means \pm standard error ($n = 2$) /

Rezultāti tika uzrādīti kā "nozīmē \pm standarta klūda ($n = 2$)

The results of three used antioxidant capacity measuring methods showed similar tendency values in all analysed juice samples. After UHT processing the values of antioxidant capacity in all analysed juices decreased which is linked to vitamin C and total phenolics compounds decrease in the sea buckthorn juices after treatment by UHT however, this decrease was not significant ($p > 0.05$).

UHT processing effect on chemical parameters, bioactive compounds and antioxidant capacity in blended orange-sea buckthorn juices

UHT processed Navel orange juice was blended with UHT processed ‘Leikora’, ‘Hergo’ and ‘Botanicheskaya-Lubitelskaya’ varieties of sea buckthorn juices. The content of sea buckthorn juice was 10%, and juices were prepared without any addition of sugar or other sweeteners. All blended juices were compared with Navel orange juice as a control sample. The results of the chemical parameters of the three mixed juice samples are shown in the Table 5.

Table 5 /5. tabula
Chemical characteristics of blended orange-sea buckthorn juices processed by UHT /
UHT apstrādāto jauktos apelsīnu-smiltsērkšķu sulu ķīmiskās īpašības

Parameters / <i>Rādītāji</i>	Control (Navel juice) / <i>Kontrole</i> (<i>Navel šķirnes sula</i>)	Navel- Leikora	Navel-Hergo	Navel- Botanicheskaya Lubitelskaya
TSS, °Brix	11.60 ± 0.10^a	11.23 ± 0.05^b	11.10 ± 0.03^c	11.04 ± 0.35^c
TA, %	0.80 ± 0.04^a	1.09 ± 0.00^b	0.99 ± 0.03^c	0.96 ± 0.00^c
Ratio	14.50	11.10	11.15	11.70

Column values with different online letters (a, b,c) are significantly different ($p > 0.05$) /
Kolonnas vērtības ar dažādām tiešsaistes burtiem (a, b, c) būtiski atšķiras ($p < 0.05$).

Results were presented as “means \pm standard error ($n = 2$) / Rezultāti tika uzrādīti kā
“nozīmē \pm standarta kļūda ($n = 2$)

Addition of sea buckthorn juice to orange juice has decreased the TSS values in blended juices compared with control sample but decreases were not significant by an average of 5%. In terms of total acid, in blended juices the acidity increased significantly in all samples of mixed orange - sea buckthorn juices.

The content of vitamin C in the blends orange-sea buckthorn juice Navel-Leikora and Navel-Hergo increased more than two times and in Navel-Botanicheskaya-Lubitelskaya blend content of vitamin C increased per 26% (see Fig. 3.31). (see Fig. 9).

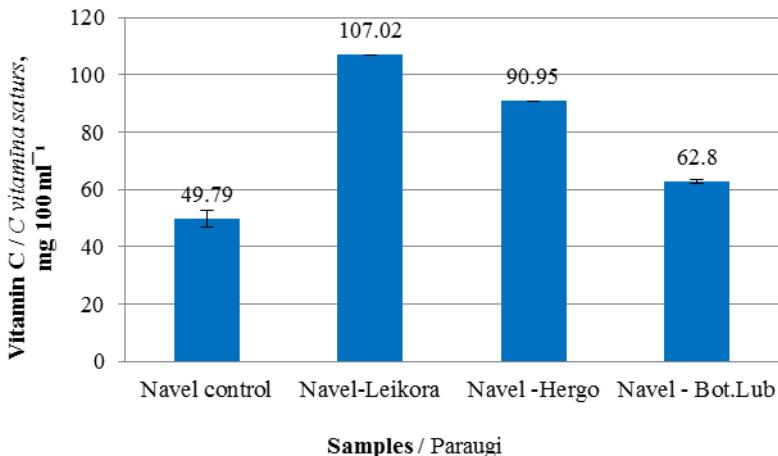


Fig. 9. Content of vitamin C in blended orange-sea buckthorn juices and orange (control) juice processed by UHT / 9. att. $C_{vitamīna saturs}$ UHT apstrādās jauktās apelsīnu-smiltsērkštu un apelsīnu (kontrole) sulās

The high content of total carotenoids in sea buckthorn juice significantly increased of total carotenoids content in blended juices. In the blended juices of Navel-Leikora, Navel-Hergo and Navel-Botanicheskaya-Lubitelskaya greatly increased till 2.30, 1.87 and 2.01 mg 100 ml^{-1} ($p < 0.05$) respectively and 1.59 mg 100 ml^{-1} in Navel orange juice.

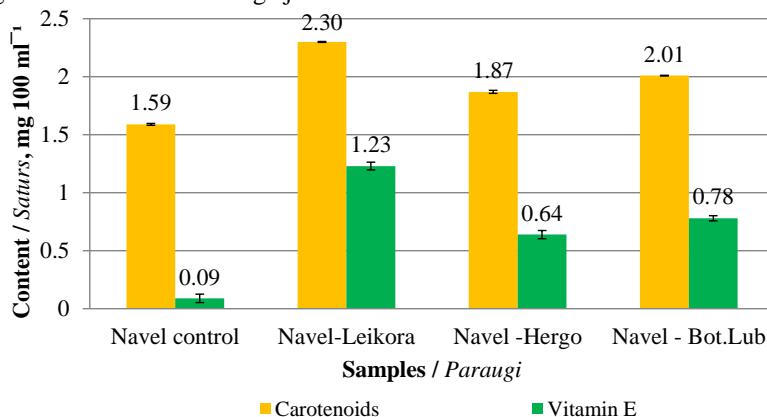


Fig. 10. Content of total carotenoids and vitamin E in blended orange-sea buckthorn juices and orange (control) juice processed by UHT / 10. att. Kopējo karotinoīdu un E vitamīna saturs UHT apstrādās jauktās apelsīnu-smiltsērkštu un apelsīnu (kontrole) sulās

Blended orange-sea buckthorn juices received additionally high vitamin E content (see Fig. 10). Vitamin E content in the Navel-Leikora juice was significantly higher ($1.23 \text{ mg } 100 \text{ ml}^{-1}$) than its content in Navel-Hergo and Navel-Botanicheskaya-Lubitelskaya blended samples (0.64 and $0.78 \text{ mg } 100 \text{ ml}^{-1}$) respectively. At the same time vitamin E content was significantly higher ($p < 0.05$) in all blended juices compared with control sample containing minimal vitamin E amount.

In the Navel orange juice (control) sample the total amount of total phenolics compounds was $99.46 \text{ mg } 100 \text{ ml}^{-1}$ (see Fig. 11) and this amount differed significantly ($p < 0.05$) in two blended orange-sea buckthorn juices.

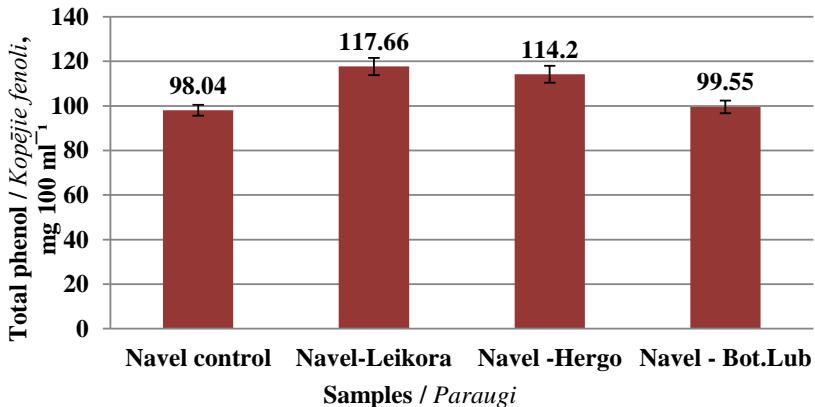


Fig. 11. Content of total phenolics compounds in blended orange-sea buckthorn and orange (control) juices processed by UHT /
11. att. Kopējo fenola savienojumu satus UHT apstrādās jauktās apelsīnu-
smiltsērkšķu un apelsīnu (kontrole) sulās

The content of phenolics compounds increase in Navel-Leikora and Navel-Hergo sea buckthorn juices to 20% and 16 % respectively compared with control sample. The blended juice sample of Navel-Botanicheskaya-Lubitelskaya show not significant difference in total phenol compared with control sample.

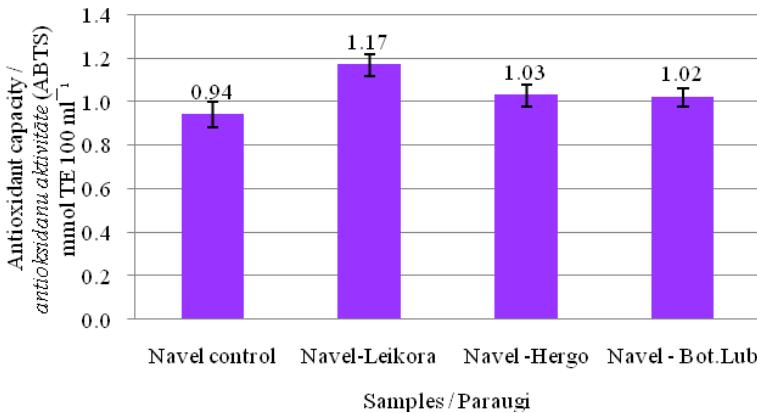


Fig. 12. Antioxidant capacity measured by ABTS in blended orange-sea buckthorn juices and orange (control) juice processed by UHT /

12. att. *Antioksidantu aktivitāte (ABTS metode) UHT apstrādās jauktās apelsīnu-smiltsērkšēu un apelsīnu (kontrole) sulās*

Values of antioxidant capacity in the blended orange-sea buckthorn juices were observed significantly higher ($p < 0.05$) compared with control sample of orange juice (see Fig. 12. and Fig. 13). The sample of Navel-Leikora blended juice showed a higher antioxidant capacity value measured by all analysed methods. As can be seen from the results described above Navel-Leikora blended juice contained higher content of vitamin C, total phenols, total carotenoid and vitamin E.

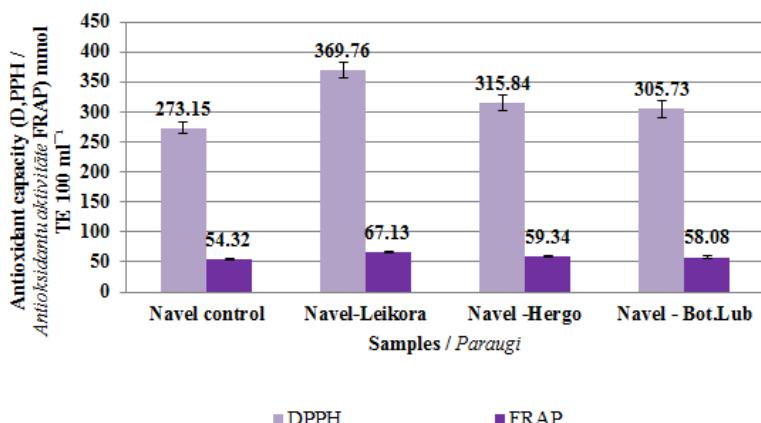


Fig. 13. Antioxidant capacity measured by DPPH and FRAP in blended orange-sea buckthorn juices and orange (control) juice processed by UHT /

13. att. *Antioksidantu aktivitāte (DPPH un FRAP ABTS metode) jauktās apelsīnu-smiltsērkšēu un apelsīnu sulās (kontrole)*

No data were found in the literature about the antioxidant capacity of orange and sea buckthorn blended juices. Hu *et al.* (2015) studied the impact of different ratio in mixed pepper-orange juice and used for further high pressure (HPP) and high temperature short time (HTST) processing on quality parameters. They reported that values of antioxidant capacity agrees with content of total phenolic compounds and ascorbic acid, for analyse they were used methods of DPPH and FRAP.

The results of studies demonstrated the adequacy of UHT processing for successful thermal treatment of orange and sea buckthorn juices provided that changes in chemical parameters, bioactive compounds and antioxidant values will not be substantial ($p > 0.05$).

6. The sensory evaluation of orange juice and orange-sea buckthorn juices processed by UHT treatment

Sensory evaluation of fresh defrosted, HTST and UHT processed orange Navel juice in terms of overall and flavour characteristic were determined using a consumer acceptability test based on a 9-point hedonic scale. Figure 14 presents the results of this study.

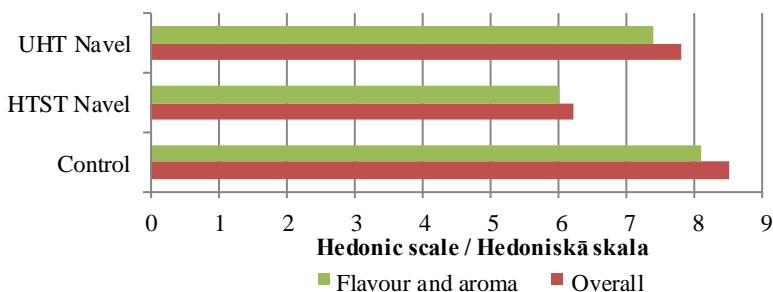


Fig. 14. Results of hedonic evaluation of fresh frozen then defrosted (Control), HTST and UHT processed orange Navel juices /

14. att. Svaiga sasaldēta pēc tam atkausēta (Control), HTST un UHT apstrādātās Navel apelsīnu sulas hedoniskā vērtēšanas rezultāti

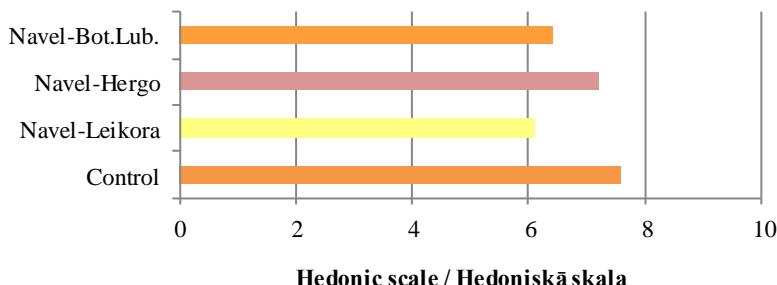
* Consumer Acceptance Testing (n=14); 9 point hedonic scale: 9=like extremely, 8=like very much, 7=like moderately, 6=like slightly, 5=neither like nor dislike, 4=dislike slightly, 3=dislike moderately, 2=dislike very much, and 1=dislike extremely.

Vērtētāju skaits (n = 14); 9 punktu hedoniskā skala: 9 = sevišķi patīk, 8 = ļoti patīk, 7 = patīk mēreni, 6 = mazliet patīk, 5 = ne patīk, ne nepatīka 4 = gandrīz nepatīk, 3 = nedaudz nepatīk, 2 = ļoti nepatīk un 1 = sevišķi nepatīk.

In overall terms and flavour characteristics, the "control" sample (fresh unfrozen orange) was located in the "extremely like" part of hedonic scale with 8.5 and 8.1 scores, while UHT processed orange juice was evaluated in the "like moderately" part of the hedonic scale with 7.8 and 7.4 scores respectively.

The sample of “conventional thermal pasteurised orange juice” was evaluated in the "like slightly" part of the hedonic scale with 6.2 (overall) and 6.0 (flavour-aroma) scores respectively. The native quality parameters of fresh juice make them more vulnerable to the processing and this allows panellists more readily detect sensory differences. The results showed that sensorial characteristics of orange juices were not changed significantly ($p > 0.05$) after both heat processing technologies, but orange juice processed by UHT technology was more liked than HTST technology processed orange juice. The sample of orange juice processed by UHT technology in overall and flavour scores was closer to fresh defrosted orange juice scores. However 30 % of panellists noted the unacceptability of the sedimentation.

A second objective of this study, was sensory evaluation of the blended orange (Navel) and seabuckthorn juices (Leikora, Hergo and Botanicheskaya-Lubitelskaya), processed by UHT technology and according to the consumer acceptability study test based on a 9-point hedonic scale (see Fig. 15).



**Fig. 15. Results of hedonic evaluation of orange-sea buckthorn juices processed by UHT /
15. att. UHT apstrādātās apelsīnu smiltsērkšķu sulas hedoniskais novērtējums**

* Consumer Acceptance Testing (n=14); 9 point hedonic scale: 9=like extremely, 8=like very much, 7=like moderately, 6=like slightly, 5=neither like nor dislike, 4=dislike slightly, 3=dislike moderately, 2=dislike very much, and 1=dislike extremely.
Vērtētāju skaits (n = 14); 9 punktu hedoniskā skala: 9 = sevišķi patīk, 8 = ļoti patīk, 7 = patīk mēreni, 6 = mazliet patīk, 5 = ne patīk, ne nepatīka 4 = gandrīz nepatīk, 3 = nedaudz nepatīk, 2 = ļoti nepatīk un 1 = sevišķi nepatīk.

As it can be seen the control sample was liked more than the blended orange-sea buckthorn juice samples. In terms of overall characteristics it was located in the “like moderately” part of the hedonic scale with a 7.6 score. While the blended orange-sea buckthorn juices (Navel-Hergo and Navel-Botanicheskaya-Lubitelskaya) samples were evaluated in the “like slightly” part of the hedonic scale with 6.1 and 6.4 (Navel- Leikora and Navel-Botanicheskaya-Lubitelskaya) respectively. However, the blended Navel-Hergo

sample was located in the “like moderately” part of the hedonic scale with a 7.2 score. In this study no visible colour changes was identified in all blended juice samples. Nevertheless one of the problems which the experts may encounter is delamination of juices produced by UHT processing technology. More resistant to delamination was Navel-Leikora blended juice. This problem should be prevented by homogenization of blended samples.

CONCLUSION

1. Physicochemical parameters and bioactive compound's content in summer variety Valencia and winter variety Navel orange fruits are different and they changed during maturity stage: the content of total acidity (TA) and yield in both orange varieties of juices decreased, while total soluble solids (TSS) and their ratio (TSS/TA) as well as individual sugars, total carotenoid and β -carotene content gradually increases. Vitamin C, total phenolics compound and hesperidin in fresh frozen then defrosted orange juices decreased during maturation. The content of vitamin C and antioxidant capacity is higher in winter Navel variety of orange juice by the side of summer variety, in which the total carotenoids and β -carotene content is higher. The antioxidant capacity decreased in both varieties of orange juices during maturation.
2. High temperature short time (HTST) processing showed not significant influence on the chemical parameters however had an effect on bioactive compounds content and antioxidant capacity. Significant changes of bioactive compounds were in both HTST pasteurised orange juices: not from concentrate (NFC) as well as reconstituted from concentrate (OJFC) orange juices compared with fresh frozen then defrosted orange juice. In both varieties of pasteurised orange juices vitamin C, total phenolics compounds and antioxidant capacity significantly decreased ($p < 0.05$) but the water soluble pectin and total carotenoid content slightly increased, the changes in β -carotene content were not significant ($p > 0.05$).
3. During one year refrigerated storage (5 ± 2 °C) of pasteurised (HTST) Navel and Valencia NFC orange juices in aseptic packaging the changes in TSS and TA were insignificant ($p > 0.05$). Vitamin C, total phenolics compounds, hesperidin, total carotenoids, β -carotene and water soluble pectin content showed significant changes ($p < 0.05$).
4. Experimentally has been proved that between efficiency of HTST and UHT processing the changes of bioactive compounds and antioxidant capacity were not significant ($p > 0.05$). However in orange juice processed by UHT method the content of hesperidin significantly increased ($p < 0.05$), whereas total content of carotenoids decreased significantly as a result of both processing methods ($p < 0.05$) compared with fresh frozen and then defrosted juice.

5. Blended orange-sea buckthorn juice is enriched with extra vitamin C more than two times compared with control sample (orange juice) and blended juices are also improved with the vitamin E, the content of which is very insignificant in orange juice. The blending of orange and sea buckthorn juices provides the product with high content of bioactive compounds and elevated antioxidant capacity, as well expands the range of juices on the market with orange-sea buckthorn juice processed by UHT technology.
6. Organoleptic quality of UHT processed orange juice is comparable with fresh orange juice. The blended orange-sea buckthorn juices processed by UHT technology satisfy the sensory attributes and consumer requirements in taste and preferences and can be recommended for commercial production.
7. The hypothesis proposed in the research: “Thermal processing of orange and sea buckthorn juices by Ultra high temperature (UHT) treatment retains the bioactive compounds, antioxidant capacity and ensures unaffected sensory attributes” has proved to be right.

PĒTĪJUMA AKTUALITĀTE

"Augļu sulu un nektāru patēriņš pēdējos gados ir palielinājies, galvenokārt tāpēc, ka patērētājiem ir lielāka izpratne par to, cik svarīgi ir izvēlēties veselīgu pārtiku, lai samazinātu slimību attīstības risku un uzlabotu dzīves kvalitāti" (Carbonell-Capella *et al.* 2015).

Apelsīnu augļi un apelsīnu sulas jau sen tiek novērtētas par to labvēlīgajām barības vielām un antioksidantu īpašībām. C vitamīna, flavonoīdu un karotinoīdu bioloģiskā aktivitāte ir pētīta daudzos testos. (Burns *et al.*, 2003; Cassano *et al.*, 2003; Gardner *et al.*, 2000; Kurowska *et al.*, 2000; Lichtenhaler, Marx, 2005; Topuz *et al.*, 2005). Daudzi pētījumi liecina, ka ne tikai bioloģiski aktīvās vielas, bet arī šķīstošās un nešķīstošās diētiskās šķiedras apelsīnos ir efektīvas, lai samazinātu vēža, aptaukošanās un daudzu citu hronisku slimību risku (Bazzano *et al.*, 2002; Borradaile *et al.*, 2002; Liu *et al.*, 2001; Miyagi *et al.*, 2000; Poulose *et al.*, 2005; Slattery *et al.*, 2000).

Pārtikas nozarē joprojām tiek izmantotas vairākas konservēšanas metodes, lai garantētu pārtikas mikrobioloģisku nekaitīgumu. Termiskās apstrādes metodes, piemēram, pasterizācija, sterilizācija un šķidrumu koncentrēšana, joprojām ir populāras un tās izmanto pārtikas ražošanā, lai garantētu arī apelsīnu sulas mikrobioloģisku drošumu. "Patlaban pārtikas rūpniecībā vēlas aizstāt tradicionālās saglabāšanas metodes ar progresīvām termiskām un ne-termiskām tehnoloģijām, ar kurām var ražot augstas kvalitātes pārtikas produktus ar lielāku energoefektivitāti un draudzīgākus videi" (Kulwant *et al.*, 2012)

Latvijā apelsīnu sulu ražotāji galvenokārt piegādā saldētas (FCOJ) vai koncentrētas apelsīnu sulas aseptiskā iepakojumā. Tomēr pēdējos gados patērētāji arvien biežāk izvēlas tā dēvētos "svaigus" produktus, piemēram, svaigi spiestu sulu. Pasterizēta apelsīnu sula, nevis no koncentrāta (NFC), pēc garšas ir labāka par atjaunotām sulām, un patērētāji dod priekšroku apelsīnu sulai, kura nav no koncentrāta (NFC), jo tai piemīt labākas organoleptiskās īpašības. Moderno tehnoloģiju un iepakojuma materiālu attīstība tagad klūst par realitāti, kas ļauj ražot un piegādāt NFC sulas no ražotājvalstīm uz visām Eiropas valstīm un palielināt apelsīnu sulas ražošanas apjomus un kvalitāti līdz svaigas sulas līmenim. Ultra-augstas temperatūras (UHT) apstrādes tehnoloģija ir pievilcīga tādējādi, lai pagarinātu apelsīnu sulas glabāšanas laiku un drošību, vienlaikus saglabājot svaigas apelsīnu sulas sensorās īpašības. Tomēr līdz šim zinātniskajā literatūrā nav atrasti pētījumi par UHT apstrādes tehnoloģijas ietekmi uz apelsīnu sulas fizikālajām un ķīmiskajām īpašībām un galvenokārt bioaktīvajām vielām. Situācijas pārskats dod lielisku iespēju formulēt promocijas darba hipotēzi.

Promocijas darba hipotēze: Ultra-augstās temperatūras (*Ultra -High Temperature - UHT*) apstrādes procesā apelsīnu un smiltsērkšķu sūlās

saglabājas bioloģiski aktīvās vielas, antioksidantu aktivitāte, kā arī sulu raksturojošās sensorās īpašības.

Promocijas darba hipotēzi pierāda ar šādām **aizstāvāmām tēzēm**:

1. fizikāli-ķīmiskie parametri, bioloģiski aktīvās vielas un apelsīnu sulas antioksidantu aktivitāte ir atkarīgi no apelsīnu šķirnes, nobriešanas un ražas novākšanas laika;
2. sulu apstrādes tehnoloģija ietekmē ķīmiskos parametrus, bioloģiski aktīvās vielas un antioksidantu aktivitāti;
3. glabāšanas apstākļi un iepakojums ietekmē apelsīnu sulu ķīmiskos parametrus, bioloģiski aktīvās vielas un antioksidantu aktivitāti;
4. apelsīnu sulas apstrāde Ultra-augstā temperatūrā (UHT) salīdzinājumā ar augstas temperatūras īslaicīgu laiku (HTST) apstrādi labāk nodrošina ķīmisko parametru, bioloģiski aktīvo vielu saglabāšanos un antioksidantu aktivitāti;
5. Bioloģiski aktīvās vielas un antioksidantu aktivitāte apelsīnu sulā palielinās, pievienojot tai smiltsērkšķu sulu;
6. sulu apstrāde ultra-augstā temperatūrā (UHT) nodrošina to sensorās īpašīas, līdzīgas svaigai sulai.

Pētījuma objekts: Grieķijas vasaras Valencija un ziemas Navel šķirnes apelsīnu augļi (*Citrus sinensis L.*) un sulas, smiltsērkšķu (*Hippophae rhamnoides L.*) ‘Leikora’, ‘Hergo’, ‘Botanicheskaja-Lubitelskaja’ šķirņu svaigas sulas.

Promocijas darba **mērķis**: izvērtēt ultrapasterizācijas temperatūras (UHT) apstrādes procesa ietekmi uz bioaktīvajām vielām un to antioksidantu aktivitāti apelsīnu, smiltsērkšķu un jauktās apelsīnu-smiltsērkšķu sulās.

Darba mērķa sasniegšanai izvirzīti šādi **uzdevumi**:

1. noteikt ķīmiskos parametrus un bioloģiski aktīvās vielas svaigā sasaldētā pēc tam atkausētā apelsīnu sulā, kas iegūta no ziemas Navel un vasaras Valencia šķirņu apelsīnu augļiem novākšanas laikā dažādās gatavības stadijās;
2. analizēt augstas temperatūras īslaicīga laika (HTST) ietekmi uz ķīmiskajiem parametriem, bioaktīvo vielu un antioksidantu aktivitāti ne no koncentrāta (NFC) un no koncentrāta atjaunotās (OJFC) apelsīnu sulās;
3. izpētēt ne no koncentrāta (NFC) augstā temperatūrā īslaicīga laika (HTST) pasterizētas apelsīnu sulas ķīmisko parametru, bioloģiski aktīvo vielu un antioksidantu aktivitātes izmaiņas uzglabāšanas laikā aseptiskā iepakojumā atdzesētā vidē;
4. vērtēt UHT un HTST apstrādes metožu ietekmi uz ķīmisko parametru, bioloģiski aktīvo vielu un antioksidantu aktivitāti apelsīnu sulās;
5. skaidrot UHT procesa ietekmi uz bioaktīvām vielām un antioksidantu aktivitāti smiltsērkšķu sulās un apelsīnu-smiltsērkšķu sulu maišījumos;

6. sensori izvērtēt UHT režīmā apstrādātu apelsīnu un jauktu apelsīnu-smiltsērkšķu sulu īpašības.

Promocijas darba novitāte un **zinātniskais nozīmīgums**:

1. pirmo reizi Latvijā pētīti apelsīnu sulas kvalitātes rādītāji dažādos augļu nogatavošanās periodos un ražas novākšanas gatavības stadijā;
2. novērtēta dažādu sulu apstrādes procesu un uzglabāšanas apstākļu ietekme uz ķīmiskajiem parametriem, bioloģiski aktīvajām vielām un apelsīnu sulas antioksidantu aktivitāti rūpnieciskā mērogā;
3. pirmo reizi zinātniski izvērtēta UHT metodes piemērotība apelsīnu sulas termiskai apstrādei;
4. izstrādāti jauni produkti (apelsīnu-smiltsērkšķu sulu maisījums) ar augstu bioloģiski aktīvo vielu saturu, izmantojot UHT apstrādi.

Promocijas darba **tautsaimnieciskā nozīmība**:

1. pētījumi par UHT apstrādes metodes piemērotību apelsīnu sulas sterilizēšanai piedāvā iespēju Latvijā no ražotājvalstīm ārzemēs piegādāt apelsīnu sulu ne no koncentrāta (NFC), kuru vietējos sulu ražošanas uzņēmumos var pildīt patēriņšu iepakojumā;
2. UHT apstrāde var būt alternatīva apelsīnu, smiltsērkšķu un jaukto apelsīnu-smiltsērkšķu sulu tradicionālās pasterizācijas (HTST) metodei. Minētā apstrādes paņēmienā ietekmē notiek enzīmu denaturācija un mikroorganismu inaktivēšana, iegūstot sulas ar pagarinātu realizācijas termiņu un dabīgai sulai līdzīgām sensorām īpašībām;
3. Jauktas apelsīnu-smiltsērkšķu sulas ražošana, izmantojot UHT apstrādes metodi, var paplašināt vietējā sulu tirgū produktu ar augstu bioloģiski aktīvo vielu saturu un paaugstinātu antioksidantu aktivitāti sortimentu.

ZINĀTNISKĀ DARBA APROBĀCIJA

Pētījuma rezultāti ir apkopoti 11 recenzētos zinātniskos izdevumos, ieskaitot **piecas** publikācijas, kas indeksētas starptautiski citējamās datu bāzēs SKOPUS un Web of Science.

MATERIĀLI UN METODES

Pētījuma laiks un vieta

Eksperimenti veikti laika posmā no 2009. līdz 2015. gadam:

- BIOFRESH S.A. – Juice and concentrate Production Company, Grieķija,
- UBF GmbH – Investigative consulting Research Laboratory GmbH in Altlandsberg, Vācija,
- Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Jelgava, Latvija,
- Latvijas Valsts Auglkopības institūts, Dobele, Latvija.

Pētījumā izmantotie materiāli:

Pētījuma objekti:

- apelsīni (*Citrus sinensis L.*) un apelsīnu sulas, kas iegūtas no vasaras šķirnes Valencia un ziemas šķirnes Navel augļiem komerciālās apelsīnu pārstrādes rūpnīcā S.A. Biofresh S.A., Grieķija. Svaiga sula sasaldēta un nogādāta zinātniski pētnieciskajā laboratorijā GmbH in Altlandsberg, Vācija, sula pirms eksperimentiem defrostēta, turpmākajos pētījumos lietots apzīmējums „svaiga sasaldēta, pēc tam atkauseta sula”.

Papildus tika izmantotie materiāli:

- svaiga saldēta apelsīnu sula, pasterizēta apelsīnu sula ne no koncentrāta (NFC) un no koncentrāta atjaunota apelsīnu sula (OJFC);
- vācu šķirņu ‘Leikora’ un ‘Hergo’ un Latvijas ‘Botanicheskaya-Lubitelskaya’ šķirnes svaigas smiltsērkšķu (*Hippophae rhamnoides L.*) sulas.

Iepakojuma materiāli

Aseptikais iepakojums bag-in-box (tilpums 1000 ml un 5000 ml), ko izmanto, sulu glabāšanai ražošanas apstākļos. Stikla burkas ar skrūvējamo vāciņu (tilpums 150 ml JPG tipa), ko izmanto HTST un UHT apstrādo eksperimentālo paraugu uzglabāšanai pirms analizēšanas.

Pētījuma struktūra

Pētījums veikts divos posmos:

I posms - fizikāli ķīmisko parametru, bioloģiski aktīvo vielu un antioksidantu aktivitātes novērtējums: nogatavināšanas un ražas novākšanas laikā, pēc sulas pārstrādes ar dažādām metodēm un sulas uzglabāšanas laikā aseptiskā iepakojumā rūpnieciskā mērogā.

Pirmais pētījuma posms tika veikts apelsīnu pārstrādes rūpnīcā Grieķijā ražošanas uzņēmuma laboratorijā. Fizikāli ķīmisko parametru novērtējums, tādu kā: sulas saturs (iznākums), kopējais sausnas saturs (TSS), kopējo skābju saturs (TA), to savstarpējā attiecība TSS /TA un C vitamīna saturs apelsīnu sulās (Navel un Valencia) tika analizēts dažādos ražas novākšanas periodos (divos ražas novākšanas gados). Sulās no ražošanas līnijas Ģrieķijā sasaldētā veidā tika piegādātas Vācijas UBF laboratorijā, kur tās atkausēja un noteica bioaktīvo vielu saturu (C vitamīnu, kopējo fenolu saturu, hesperidīnu, kopējo karotinoīdu, β-karotīnu un pektīnu) un antioksidantu aktivitāti, kā arī pēc apelsīnu sulu apstrādes ar dažādām metodēm, kā arī sulas uzglabāšanas laikā.

II posms - novērtēt UHT apstrādes ietekmi uz ķīmiskajiem parametriem, bioloģiski aktīvajām vielām un antioksidantu aktivitāti apelsīnu sulā, smiltsērkšķu sulā un jauktā apelsīnu-smiltsērkšķu sulā.

Pētījuma otrs posms tika veikts, lai salīdzinātu divu apstrādes metožu: augstas temperatūras īslaicīga laika (HTST, $t = 94^{\circ}\text{C}$, 30 s) pasterizācija un alternatīvās ultra-augstas temperatūras (UHT, $t = 130^{\circ}\text{C}$, 2 s) apstrādes ietekmi uz ķīmiskajiem parametriem, bioloģiski aktīvajām vielām un antioksidantu aktivitāti. Svaigas apelsīnu sulas sensorās īpašības salīdzinātas ar HTST un UHT procesā apstrādātu apelsīnu sulu īpašībām. Tika definēta UHT apstrādes ietekme uz apelsīnu sulu un dažādu šķirņu smiltsērkšķu sulu un jauktajās apelsīnu-smiltsērkšķu sulās ķīmiskajām parametriem, bioloģiski aktīvām vielām un antioksidantu aktivitāti, kā arī pēc ekspertu vērtējuma noteiktas apelsīnu sulas (kontrole) un jaukto apelsīnu-smiltsērkšķu sulu sensorās īpašības pēc apstrādes UHT režīmā.

REZULTĀTI UN DISKUSIJA

1. Ķīmisko parametru, bioloģiski aktīvo vielu un antioksidantu aktivitātes novērtējums apelsīnu Navel un Valencia šķirnes sulās nobriešanas un novākšanas laikā rūpnieciskā mērogā

Ķīmisko parametru un bioaktīvo savienojumu izmaiņas svaigās sasaldētās pēc tam atkausētās Navel un Valencia šķirņu apelsīnu sulās tika vērtētas augļu ievākšanas laikā dažādos brieduma posmos: agrā stadija - sezonas sākumā, sezonas vidū, kad augļi bija nobrieduši, un sezonas beigās, kad augļi bija pilnīgi nobrieduši (pārgatavojušies). Pētījuma rezultāti parādīja, ka vasaras šķirņu Valencia un ziemas šķirnes Navel apelsīnu fizikāli ķīmiskie parametri un bioloģiski aktīvo savienojumu saturs atšķiras un mainās nogatavināšanās laikā. Kopējais skābuma saturs (TA) un sulas iznākims abu apelsīnu šķirņu sulās samazinās, bet kopējais sausnas saturs (TSS) un to attiecība (TSS/TA), kā arī atsevišķu cukuru saturs ievērojami palielinās ($p < 0.05$). C vitamīna, kopējo fenolu saturs, hesperidīna un ūdeni šķīstoša (WS) pektīna saturs apelsīnu sulās samazinājās ($p < 0.05$). Nogatavošanās laikā kopējais karotinoīdu un β -karotīnu saturs ievērojami palielinājās ($p < 0.05$). C vitamīna un antioksidantu aktivitāte bija augstākā Navel šķirnes apelsīnu sulā. Antioksidantu aktivitāte ievērojami samazinājās ($p < 0.05$) abu šķirņu apelsīnu sulās ražas novākšanas laikā. Iegūtie rezultāti liecināja, ka brieduma pakāpei ir būtiska ietekme uz apelsīnu augļu un sulu ķīmiskajiem parametriem un bioloģiski aktīvajām vielām.

2. Apstrādes tehnoloģiju ietekme uz ķīmiskajiem parametriem, bioaktīvām vielām un antioksidantu aktivitāti dažadu apelsīnu šķirnu sulās

Tradicionālā augstas temperatūras īslaicīgas pasterizācijas (HTST) procesa ietekmi uz ķīmiskajiem parametriem, bioaktīvajām vielām un antioksidantu aktivitāti apelsīnu sulā ne no koncentrāta (NFC) un atjaunoto apelsīnu sulu no koncentrāta (OJFC) salīdzinājā ar svaigu sasaldētu un pēc tam atkausetu apelsīnu sulu (kontrole), kas iegūta rūpnieciskā mērogā.

HTST procesā pasterizētās divu šķirņu apelsīnu sulās kopējā šķīstošās sausnas (TSS) saturs un kopējā skābuma (TA) izmaiņas nebija būtiskas ($p > 0.05$). C vitamīna, kopējo fenolu saturs un antioksidantu aktivitāte Navel un Valencia NFC apelsīnu sulās, salīdzinājumā ar kontroli, samazinājās ($p < 0.05$). Visos sulu paraugos pasterizācijas HTST procesa laikā WS pektīna saturs nedaudz palielinājās, bet pieaugums nebija nozīmīgs ($p > 0.05$). Kopējais karotenoīdu saturs palielinājās abu šķirņu apelsīnu sulās: par 10% Navel NFC un par 7% Valencia NFC apelsīnu sulās. Abos apstrādātajos Navel apelsīnu sulu paraugos β -karotīna saturs palielinājās par 15%, turpretim Valencia sulā β -karotīna izmaiņas bija nenozīmīgas ($p > 0.05$).

3. Ķīmisko parametru, bioaktīvo vielu un antioksidantu aktivitātes dinamika pasterizētās NFC apelsīnu sulās uzglabāšanas laikā

Apelsīnu sulas kvalitāte ir stingri balstīta uz C vitamīna novērtējumu uzglabāšanas laikā (Esteve *et al.*, 1996; Lee, Coates, 1999; Kabasakalis *et al.*, 2000; Alwazeer *et al.*, 2003; Polydera *et al.*, 2003; Zerdin *et al.*, 2003).

Ķīmisko īpašību un bioaktīvo vielu dinamikas pētījums pasterizētās (HTST) NFC apelsīnu šķirņu Navel un Valencia sulās tika veikts viena gada uzglabāšanas laikā aseptiskā iepakojumā maisos, turot ledusskapā $5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperatūrā.

Pirmajos 4 mēnešos šķīstošās sausnas (TSS) saturs nedaudz palielinājās abu šķirņu apelsīnu sulās NFC, tad palika nemainīgs visā atlikušajā uzglabāšanas laikā. Izmaiņas kopējā skābuma (TA) saturā abās NFC apelsīnu sulās visā uzglabāšanas laikā bija nenozīmīgas ($p > 0.05$). Tomēr C vitamīns, kopējais fenolu saturs, hesperidīns, kopējie karotinoīdi, β -karotīns un WS pektīns nozīmīgi ($p < 0.05$) mainījās.

Glabāšanas laikā pirmajos četru mēnešos sulās novēroti lielākie C vitamīna satura zudumi (NFC Valencia – 7.5%, NFC Navel – 8.4%). Uzglabājot 12 mēnešus, C vitamīna samazināšanās bija aptuveni 1.3% nedēļā, kopumā attiecīgi par 15% un 16%. Pētījuma rezultāti ir saskaņā ar datiem, kurus ieguvuši zinātnieki Roig *et al.* (1999), Choi *et al.* (2002), Fan *et al.* (2002) un Rodrigo *et al.* (2003a). Arī Kennedy *et al.* (1992), Zerdin *et al.* (2003) atzīmēja C vitamīna samazināšanos pētītajās tirdzniecībā esošajās apelsīnu sulās. Roig *et al.* (1995) ziņo, ka obligāti nepieciešams sulas glabāt zemā temperatūrā, lai nodrošinātu L-askorbīnskābes (C vitamīns) maksimālu saglabalšanos. C vitamīna degradāciju pasterizētās apelsīnu sulās novērojuši vairāki autori (Kabasakalis *et al.*, 2000; Arena *et al.*, 2001; Klimczak *et al.*, 2006). Astoņos mēnešos apelsīnu sulā tika novērojama fenola satura samazināšanās

($p < 0.05$). Kopējā fenola savienojumu satura īpatnība bija neliels daudzuma pieaugums pēdējo četru mēnešu laikā, bet šis pieaugums nebija nozīmīgs ($p > 0.05$). Tādēļ ir pieņemums, ka pēc astoņiem glabāšanas mēnešiem sākas mehānisms, kas novēr pie fenola savienojumu reģenerācijas procesa. Kopējā fenola satura noārdīšanās uzglabāšanas laikā galvenokārt saistīta ar polifenola oksidāzes un peroksidāzes atlieku aktivitāti. Hesperidīna saturs uzglabāšanas laikā ir samazinājies. Uzglabāšanas beigās abās apelsīnu šķirņu sulās konstatēja nozīmīgu hesperidīna satura samazināšanos ($p < 0.05$). Iespējams, ka pēc pasterizācijas vēl eksistē arī fermenti, kas izraisa hesperidīna degradāciju. Iespējams, ka glikozīdi tiek nošķelti līdz aglokonam atbilstošai cukura molekulai (ramnozei). Šādi secinājumi tika minēti dažādās atsaucēs literatūrā (Sanchez-Moreno *et al.*, 2003; Del Caro *et al.*, 2004; Klimczak *et al.*, 2007).

Literatūrā lielākā daļa pieejamo pētījumu ir saistīti ar sulu īslaicīgu uzglabāšanu aukstumā, pētot apstrādes ietekmi uz apelsīnu sulas bioloģiski aktīvajām vielām (Wibowo *et al.*, 2015; Plaza *et al.*, 2011; Esteve, Frigola, 2008), zinātnieki novēroja nenozīmīgu kopējo karotinoīdu un individuālo karotinoīdu sākotnējo vērtību samazināšanos. Mūsu pētījumā atdzesētā uzglabāšanā ($5 \pm 2^\circ\text{C}$) kopējais karotenoīdu un β -karotīnu satura samzinājums abu šķirņu apelsīnu sulās bija mērens (mazāk nekā par 20%). Plaza *et al.*, (2011) ziņoja par zudumiem (<11%) no kopējiem karotenoīdiem, salīdzinājumā ar kopējiem karotenoīdiem uzglabāšanas beigās (40 dienas). Ūdenī šķistošā (WS) pektīna kopējais saturs abu šķirņu sulās samazinājās nenozīmīgi ($p > 0.05$).

Antioksidantu aktivitāte uzglabāšanas laikā ievērojami samazinājās ($p < 0.05$) gan pasterizētā apelsīnu sulā Valencia, gan Navel šķirnes sulā. Antioksidantu aktivitātes samazināšanās apelsīnu šķirņu Valencia NFC un Navel sulās attiecīgi bija 20% un 22%. Neliela atšķirība starp abu šķirņu NFC sulām vienā un tajā pašā glabāšanas temperatūrā var būt saistīta ar faktu, ka sākotnēji Navel NFC sulā kopējais skābju saturs bija lielāks, un tas veicināja C vitamīna saglabāšanos un tādējādi arī antioksidantu aktivitātes saglabāšanu uzglabāšanas laikā aukstumā. Pētījuma dati liecina, ka antioksidantu aktivitāte atkarīga no antioksidantu satura apelsīnu sulā, tāpat, kā C vitamīns, kopējais fenola saturs, hesperidīns, kopējie karotinoīdi, β -karotīns un pektīns, un tie ir cieši saistīti.

4. UHT apstrādes ietekme uz ķīmiskajiem parametriem, bioaktīvām vielām un antioksidantu aktivitāti apelsīnu sulā

Literatūrā nav pietiekami daudz pētījumi par UHT apstrādes ietekmi uz bioloģiski aktīvām vielām un apelsīnu sula antioksidantu aktivitāti, bet pētījumi par smiltsērkšķu sulas pievienošanu apelsīnu sulai vispār nav veikti. Tomēr ir vairāki pētījumi par UHT apstrādes ietekmi uz ābolu, granātābolu un cukurniedru sulu bioķīmiskām vielām (Lewis *et al.*, 2000; Sanchez-Vega *et al.*, 2009; Jittanit *et al.*, 2011, Qu *et al.*, 2014)

TSS, TA un TSS / TA attiecība tika noteikta gan UHT apstrādātā, gan pasterizētā HTST Navel šķirnes apelsīnu sulā un salīdzināta ar saldētu un pēc tam atkausētu (kontrole) apelsīnu sulu, rezultāti ir parādīti 2. Tabulā. Pēc HTST un UHT apstrādes, salīdzinot ar kontroles paraugu, apelsīnu sulās nav konstatētas būtiskas atšķirības ($p < 0.05$). Zinātnieku Zhang *et al.* (2015) izmantojuši UHT apstrādē dažādu temperatūru (110, 120, 135 °C) ietekmi uz TSS arbūzu sulā, ietekme netika konstatēta. Jittanit *et al.* (2011) savos pētījumos noskaidrojuši, ka UHT apstrādes procesā 135 un 140 °C temperatūrā TSS saturs cukurniedru sulā nemainās.

C vitamīns. HTST un UHT apstrādes ietekme uz C vitamīna izmaiņām Navel šķirnes apelsīnu sulā ir parādīti 1. attēlā. C vitamīna saturs svaigā, saldētā, atkausētā apelsīnu Navel sulā bija 53.67 mg 100 ml⁻¹; šī vērtība ir iekļauta bibliogrāfijā (Esteve, Frigola, 2008; Cano *et al.*, 2008) intervālā (48.33 ± 1.12 un 45.03 ± 7.90 mg 100 ml⁻¹). C vitamīna saturs ar HTST un UHT metodēm apstrādājās apelsīnu sulās saglabājās attiecīgi 92% un 93%. Rezultāti liecināja, ka C vitamīna degradācija, ko ietekmēja abas apstrādes metodes, bija nenozīmīga. Literatūrā nav pētījumu par UHT apstrādes ietekmi uz vitamīnu C izmaiņām apelsīnu sulā.

Kopējo fenolu saturs un hesperidīns. Kopējo fenolu un hesperidīna satura izmaiņas apelsīnu sulā ir parādīti 2. attēlā. Kopējo fenolu saturs bija augstāks svaigajā sulā (OJ Fresh) (105.67 mg 100 ml⁻¹), salīdzinot ar pasterizēto (HTST) (98.39mg 100 ml⁻¹) un UHT apstrādāto (98.04mg 100 ml⁻¹) apelsīnu sulu, bet atšķirība bija nenozīmīga ($p < 0.05$). Šajā pētījumā svaigi saldētā un pēc tam atkausētā Navel apelsīnu sulā hesperidīna saturs bija 13.02 mg 100 ml⁻¹. Hesperidīna saturs apelsīnu sulā UHT apstrādes procesā palielinājās par 14%, salīdzinājumā ar svaigas, saldētas un pēc tam atkausētās apelsīnu sulu. Tomēr pasterizētā (HTST) sulā netika konstatētas būtiskas hesperidīna saturu izmaiņas ($p > 0.05$) salīdzinājumā ar saldētu un pēc tam atkausētu apelsīnu sulu.

Karotenoīdi. Kopējais karotenoīdu saturs svaigā atkausētā apelsīnu Navel sulā (OJ Fresh) bija 2.26 mg 100 ml⁻¹. Abās apstrādes metodēs samazinājās kopējo karotenoīdu saturs. Pasterizētā (HTST) apelsīnu sulā kopējo karotenoīdu saturs samazinājās līdz 1.82 mg 100 ml⁻¹, tādējādi bija radušies 19% zudumi un 1.95 mg 100 ml⁻¹, bet UHT apstrādātes procesā, bija zemāks – 14% salīdzinājumā ar kopējo karotenoīdu saturu svaigā, saldētā un pēc tam atkausētās apelsīnu sulā (3. att.). Salīdzinot abas apstrādes metodes, var teikt, ka UHT apstrādes metode bija efektīvāka un karotenoīdu saturs saglabājās labāk. Daži autori ir novērojuši, ka termiskai apstrādei nav būtiska ietekme uz karotenoīdu izmaiņām (Lee, Coates, 2003; Vervoort *et al.*, 2011). Sanchez-Moreno *et al.* (2005) savos pētījumos nekonstatē būtiskas karotenoīdu izmaiņas pēc elektriskā lauka impulsu (PEF) lietošanas un Donsi *et al.* (1996) un Esteve *et al.* (2009) nav konstatējuši būtiskas izmaiņas karotenoīdu saturā pēc apelsīnu sulas apstrādes augstā spiedienā (HPP). Plaza *et al.* (2011) ziņo, ka apelsīnu sulas pasterizācijas zemā temperatūra neietekmē karotinoīdu degradāciju, bet apstrādājot augstā spiedienā (HP), apelsīnu sulā ievērojami palielinās kopējos

karotenoīdu satus, salīdzinājumā ar svaigu, neapstrādātu sulu. Viņi arī konstatēja, ka HP apstrādātā sulā novērots visaugstākais karotenoīdu satus visās pārbaudītajās sulās. Neviens no pētniekiem nav integrējis salīdzinošo pētījumu par UHT apstrādes ietekmi uz kopējo karotenoīdu saturu apelsīnu sulās. Crino *et al.* (2012) pētīja dabisko sarkano un rozā produktu krāsu stabilitāti un novērtēja to UHT apstrādes laikā un novēroja, ka apstrāde negatīvi ietekmē dabisko krāsvielu stabilitāti. Visiem krāsainajiem paraugiem, izņemot raudzētus sarkanos rīsus, novērota krāsu intensitātes samazināšanās pēc UHT apstrādes ($p < 0.05$).

Antioksidantu aktivitāte. Literatūrā nav atrasta informācija par apelsīnu sulas antioksidantu aktivitātes izmaiņām pēc apstrādes u UHT. Askorbīnskābe ir viena no bioloģiski aktīvām vielām, kas veicina antioksidantu aktivitāti sulā, tā veido 56–77% no apelsīnu sulas antioksidantu aktivitātes, 46% no mandarīnu un 66 līdz 77% no greipfrūtu sulā esošo antioksidantu aktivitātes (Vinson *et al.*, 2002). Tomēr termiskā apstrāde var samazināt antioksidantu aktivitāti un bioaktīvo vielu koncentrāciju (Patras *et al.*, 2010).

Šajā pētījumā antioksidantu aktivitāte apelsīnu Navel sulā tika mērīta ar ABTS radikāļu katjonu analīzes metodi, izmantojot DPPH brīvo radikāļu izdalīšanas un fermentu reducējošo antioksidanta jaudu (FRAP) testus. 4. attēlā parādīti apelsīnu sulas antioksidantu kapacitātes rezultāti, ko mēra ar ABTS.

Svaigā, saldētā un pēc tam atkausētā apelsīnu sulā antioksidanta aktivitāte bija 0.95 mmol Trolox ekvivalenti 100 ml^{-1} un 0.87 un 0.94 mmol Trolox ekvivalenti 100 ml^{-1} attiecīgi pasterizētā HTST un UHT apstrādātās apelsīnu sulā. Kā redzams attēlā, nosakot antioksidantu aktivitāti pēc abām apstrādes metodēm, antioksidantu aktivitāte apelsīnu sulā samazinājās nedaudz ($p > 0.05$). Arena *et al.* (2001) pētīja svaigi spiestu un apstrādātu apelsīnu sulu antioksidantu aktivitāti izmantojot ABTS radikāļu-katjonu metodi. Viņi ziņo, ka salīdzinājumā ar apstrādātām apelsīnu sulām antioksidantu aktivitātes vērtība bija augstāka svaigi spiestās sulās. Fiore *et al.* (2005) nekonstatēja atšķirības antioksidantu aktivitātē pasterizētās un sterilizētās sarkano apelsīnu sulās. DPPH testā antioksidanta aktivitāte bija 273.15, 263.04 un 259.67 mmol Trolox ekvivalenti 100 ml^{-1} svaigā, saldētā un pēc tam atkausētā apelsīnu sulā, attiecīgi ar UHT un HTST apstrādātajās apelsīnu sulām. Antioksidantu aktivitāte tika noteikta arī, izmantojot FRAP testu. Antioksidantu aktivitāte pēc FRAP metodes attiecīgi bija 55.22, 54.32 un 53.25 mmol Trolox ekvivalenti 100 ml^{-1} svaigās un pēc tam atkausētās, UHT un HTST apstrādātajās apelsīnu sulās Navel. Izvēlētās antioksidantu aktivitātes noteikšanas metodes neuzrādīja būtiskas atšķirības ($p > 0.05$) HTST un UHT apstrādājās apelsīnu sulās (5. att.).

Rezultāti liecina, jo sulā ir lielāks C vitamīna un fenolu satus, jo ir augstākantioksidanta aktivitāte. Literatūrā atrodami dati par izmaiņām atsevišķos antioksidantos. Davidov-Pardo *et al.* (2011) pētīja dažus atsevišķus antioksidantus vīnogu sēklu ekstraktā, izmantojot dažādas apstrādes metodes. Rezultāti parādīja, ka atsevišķi antioksidanti termiskās apstrādes laikā izturējās

savādāk, bet pēc termiskās apstrādes tie neuzrādīja būtiskas izmaiņas kopējā antioksidanta vērtībā.

Grupētie statistikas dati liecina, ka ABTS tieši korelē ar C vitamīnu, kopējiem fenoliem, karotinoīdiem un hesperidīnu ($r = 0,688$; $r = 0,563$; $r = 0,802$; attiecīgi $r = 0,511$). Pārbaudē ar DPPH radikālu un FRAP metodi korelē attiecīgi ar C vitamīnu, karotinoīdiem un flavonoīdiem ($r = 0,993$; $r = 0,999$; $r = 0,960$ un $r = 0,899$; $r = 0,961$; $r = 0,817$).

5. UHT apstrādes ietekme uz ķīmiskajiem parametriem, bioaktīvām vielām un antioksidantu aktivitāti smiltsērkšķu un jauktās apelsīnu-smiltsērkšķu sulās

UHT apstrādes ietekme uz ķīmiskajiem parametriem, bioloģiski aktīvām vielām un antioksidantu aktivitāti smiltsērkšķu sulā.

Svaigi smiltsērkšķu augļi satur ievērojamu daudzumu bioloģiski aktīvo vielu, piemēram, C vitamīnu un ļoti augstu E vitamīna saturu, karotenoīdus, fenola savienojumus un tā tālāk. Šīs īpašības tika ķemtas vērā, pamatojot, kādēļ smiltsērkšķu sulu pievieno apelsīnu sulai, rezultātā, iegūstot sulu maisījumu ar augstu antioksidantu saturu. Smiltsērkšķu sulas tāpat kā apelsīnu sulas ir jutīgas pret augstas temperatūras ietekmi, tādēļ termiski tās apstrādājot, iespējams rodas bioloģiski aktīvo vielu un svaigu augļu aromāta zudumi. Šajā pētījumā UHT apstrādāto smiltsērkšķu sulu 'Leikora', 'Hergo' un 'Botanicheskaya-Lubitelskaya' eksperimentāli iegūtie ķīmiskie parametri ir parādīti 3. tabulā.

Kopējā šķīstošā sausna (TSS) dažādu šķirņu svaigās smiltsērkšķu sulās noteikta robežās no 5.98 līdz 8.65 °Brix. Starp pētītajiem smiltsērkšķu paraugiem šķirnes 'Botāniskās-Lubīlskas' smiltsērkšķu sulā tika atrasts maksimālais TSS satus. Vislielākais skābums (TA) tika konstatēts smiltsērkšķu šķirnes 'Leikora' sulā (3.64%). Pēc UHT apstrādes TSS un TA satus visos analizētajos smiltsērkšķu sulas paraugos nedaudz palielinājās, bet izmaiņas nebija būtiskas ($p > 0.05$).

C vitamīna saturs. Smiltsērkšķu ogas ir bagāts C vitamīna avots, kurš Eiropas izcelsmes šķirnēs var būt no 28 līdz 310 mg 100 g⁻¹, *fluvialis* pasugas no 460 līdz 1330 mg 100 g⁻¹, bet apakšpozīcijas *sinensis* no 200 līdz 2500 mg 100 g⁻¹ (Yao *et al.*, 1992; Tang, 2002; Antonelli *et al.*, 2005).

UHT apstrādes ietekme uz C vitamīna stabilitāti parādīta 6. att. UHT apstrādes ietekmē nedaudz samazinās C vitamīna saturs visu šķirņu smiltsērkšķu sulās, salīdzinot ar tā saturu svaigās sulās. Pētījuma rezultāti parāda, ka pēc UHT apstrādes C vitamīna daudzums attiecīgi saglabājas 93, 92 līdz 91% šķirnes 'Leikora', 'Hergo' un 'Botanicheskaya-Lubitelskaya' ogu sulās. C vitamīna saglabāšanās 'Leikora' šķirnes ogu sulā bija augstāks, bet ne būtiski ($p > 0.05$), un to var izskaidrot ar faktu, ka kopējā skābuma pakāpe 'Leikora' šķirnes ogu sulā ir nedaudz augstāka.

Kopējo fenolu saturs. Pētījuma rezultāti liecina, ka 'Leikora' smiltsērkšķu ogu sulā ir vislielākais fenoli satus (287.45 mg 100 ml⁻¹), bet sulas 'Hergo' un

'Botanicheskaya-Lubitelskaya' sulās tas bija ievērojami zemāks – attiecīgi 184.89 un 117.66 mg 100 ml⁻¹ (7. att.). Kopējo fenolu saturošo savienojumu saturs visu šķirņu UHT apstrādātās smiltsērkšķu sulās ir nedaudz samazinājies, lai gan tas nebija būtisks ($p > 0.05$).

Kopējie karotenoīdi. Smiltsērkšķu sulās augsts karotenoīdu un E vitamīna saturs, kas nodrošina smiltsērkšķu ogu krāsas intensitāti intervālā no dzeltenas līdz sarkanai. Mūsu pētījumos tika novērtēta UHT apstrādes ietekme uz karotenoīdu un E vitamīna saturu dažādu šķirņu smiltsērkšķu sulās (Zvaigzne *et al.*, 2014). Rezultāti ir parādīti 8. att. Vislielākais kopējo karotenoīdu saturs tika konstatēts smiltsērkšķu 'Leikora' sulā (9.70 mg 100 ml⁻¹), bet 'Hergo' un 'Botanicheskaya-Lubitelskaya' sulās tas bija zemāks. Visās analizētajās smiltsērkšķu sulās, kuras apstrādātas ar UHT, kopējo karotenoīdu saturs samazinājās par aptuveni 10%.

E vitamīns. Smiltsērkšķu sulās nozīmīgs savienojums ir E vitamīns. Lielākais E vitamīna daudzums konstatēts smiltsērkšķu 'Leikora' sulā (12.38 mg 100 ml⁻¹), savukārt šķirņu 'Hergo' un 'Botanicheskaya-Lubitelskaya' sulās tas bija ievērojami zemāks - attiecīgi 6.32 un 6.74 mg 100 ml⁻¹ (8. att.). Pēc UHT apstrādes E vitamīna saturs nedaudz palielinājās, bet pieaugums nebija būtisks ($p > 0.05$).

Antioksidantu aktivitāte. Antioksidantu aktivitāte dažādu šķirņu smiltsērkšķu sulās tika noteikta, izmantojot trīs mērīšanas metodes: DPPH, FRAP un ABTS. Rezultāti parādīti 4. tabulā. Trīs izmantoto antioksidantu aktivitātes mērīšanas metožu rezultāti parādīja līdzīgas vērtību tendences visos analizētajos sulu paraugos. Pēc apstrādes UHT režīmā visās analizētajās sulās samazinājās antioksidantu aktivitāte, kas saistīta ar C vitamīnu un kopējiem fenola savienojumiem, tomēr šis samazinājums nebija būtisks ($p < 0.05$).

UHT apstrādes ietekme uz ķīmiskajiem parametriem, bioaktīvām vielām un antioksidantu aktivitāti jauktās apelsīnu-smiltsērkšķu sulās

UHT režīmā apstrādātā apelsīnu sula Navel tika sajauktā ar UHT apstrādātu smiltsērkšķu šķirņu 'Leikora', 'Hergo' un 'Botanicheskaya-Lubitelskaya' sulām. Pievienotās smiltsērkšķu sulas daudzums bija 10%, sulas tika pagatavotas bez cukura vai citu saldinātāju pievienošanas. Visas sajauktās sulas tika salīdzinātās ar šķirnes Navel apelsīnu sulu kā kontrolparaugu. Triju jauktu sulu paraugu ķīmisko parametru rezultāti ir parādīti 5. tabulā.

Smiltsērkšķu sulas pievienošana apelsīnu sulai salīdzinājumā ar kontroles paraugu ir samazinājusi TSS vērtības jauktajās sulās, bet samazinājums nebija nozīmīgs – vidēji par 5%. Sajauktu sulu kopējo skābju saturs visās jauktajās apelsīnu-smiltsērkšķu sulās ievērojami palielinājās.

C vitamīna saturs jauktajās apelsīnu smiltsērkšķu sulā Navel-'Leikora' palielinājās vairāk nekā divas reizes, savukārt Navel-'Hergo' un Navel-'Botanicheskaya-Lubitelskaya' maisījumos palielinājums bija mazāk (9. att.).

Kopējais karotenoīdu saturs smiltsērkšķu sulā ir ievērojami lielāks, kā kopējais karotenoīdu satura apelsīnu sulās, līdz ar to jauktajās sulās Navel-

‘Leikora’, Navel-‘Hergo’ un Navel-‘Botanicheskaya-Lubitelskaya’ karotenoīdu saturs ievērojami palielinājās līdz attiecīgi 2.30, 1.87 un 2.01 mg 100 ml⁻¹ ($p < 0.05$) un 1.59 mg 100 ml⁻¹ apelsīnu sulā Navel šķirnes. Jauktās apelsīnu smiltsērkšķu sulas saņēma papildus lielu E vitamīna daudzumu (10. att.). E vitamīna saturs Navel-‘Leikora’ sulā bija ievērojami lielāks (1.23 mg 100 ml⁻¹) nekā tā saturs Navel-‘Hergo’ un Navel-‘Botanicheskaya-Lubitelskaya’ jauktajos paraugos (attiecīgi 0.64 un 0.78 mg 100 ml⁻¹). Vienlaikus E vitamīna saturs visās jauktajās sulās bija ievērojami lielāks ($p < 0.05$) salīdzinājumā ar kontroles paraugu apelsīnu sulu, kurā E vitamīna saturs ir minimāls.

Navel šķirnes apelsīnu sulas (kontroles) paraugā kopējais fenola saturs bija 99.46 mg 100 ml⁻¹ (11. att.), kas divās jauktajās apelsīnu-smiltsērkšķu sulās ievērojami atšķiras ($p < 0.05$). Navel-‘Leikora’ un Navel-‘Hergo’ smiltsērkšķu paraugos kopējo fenola saturs palielinās par 20% un 16%, salīdzinot ar kontroles paraugu. Jauktais Navel-‘Botanicheskaya Lubitelskaya’ sulu paraugs neliecina par būtisku kopējā fenola atšķirību salīdzinājumā ar kontroles paraugu.

Antioksidantu aktivitāte jauktajās apelsīnu-smiltsērkšķu sulās bija ievērojami augstākas ($p < 0.05$) salīdzinājumā ar apelsīnu sulas kontroles paraugu (12. att.un 13. att.). Navel-‘Leikora’ jauktās sulas parauga antioksidantu aktivitāte bija augstāka, mērīto ar visām metodikā uzrādītajām metodēm. Kā redzams no iepriekš aprakstītajiem rezultātiem, Navel-‘Leikora’ jauktajā sulā bija augstākais C vitamīna, kopējo fenolu, karotinoīdu un E vitamīna saturs, salīdzinot ar diviem pārējiem jauktu sulu paraugiem.

Literatūrā nav atrasti dati par jauktu apelsīnu-smiltsērkšķu sulu antioksidantu aktivitāti. Hu *et al.* (2015) pētīja ieteikmi uz kvalitātes parametriem dažādās attiecībās jauktās piparu-apelsīnu sulās, kuras tika apstrādātas augstā spiedienā (HES) un augstas temperatūras īslaicīgā (HTST) pasterizācijā. Viņi ziņo, ka antioksidantu aktivitāte bija augstāka paraugos ar augstāku kopējā fenola saturu un askorbīnskābes saturu. Pētījumam viņi izmantoja DPPH un FRAP metodes.

Pētījumu rezultāti parādīja, ka UHT apstrādes metode ir piemērota apelsīnu un smiltsērkšķu sulu veiksmīgai termiskai apstrādei, secinot, ka ķīmisko parametru izmaiņas, bioloģiski aktīvo vielu un antioksidantu aktivitātes vērtības nav būtiskas ($p > 0.05$).

6. Apelsīnu un jauktu apelsīnu-smiltsērkšķu sulu sensorais vērtējums pēc UHT apstrādes

Svaigas sasaldētas, pēc tam atkausētas (kontrole), HTST un UHT apstrādātas apelsīnu Navel sulas sensorais novērtējums tika veikts, izmantojot patērētāju akceptēšanas testu, kura pamatā ir 9 punktu hedoniskā skala. Hedoniskā vērtēšanas rezultāti parādīti 14. attēlā.

Visaugstāko atzinumu "sevišķi patīk" saņēma sasaldētā un atkausētā apelsīnu sula, ar vispārīgo vērtējumu hedoniskajā skalā 8,5, amarža novērtēta ar

8,1 punktu, bet UHT apstrādātā apelsīnu sula hedoniskajā skalā tika vērtēta nedaudz zemāk, kā "mēreni patīk", attiecīgi ar 7.8 un 7.4 punktiem. Turpretim, tradicionālajā pasterizācijas procesā (HTST) apstrādātā sula starp vērtētajiem paraugiem saņēma zemāko vērtējumu "mazliet patīk" ar punktu skaiti hedoniskajā skalā kopumā 6.2, smarža un aromāts 6.0 punlti. Svaigajai sulai bija izteikts dabīgs aromāts, garša, koša krāsa, kas ļauj ekspertiem atklāt sensoro īpašību atšķirības. Rezultātu analīze atklāj, ka pēc abām termiskās apstrādes metodēm apstrādāto sulu sensorā kvalitāte nav būtiski mainījusies ($p > 0.05$), tomēr apelsīnu sula pēc UHT apstrādes ekspertiem patika labāk. Jo tās garšas īpašības vairāk līdzinājās svaiagai sasaldētai, tad atkausētai sulai.

Nākamais sensorās vērtēšanas objekts bija jauktos apelsīnu-smiltsērkšķu sulu trīs paraugi pēc UHT apstrādātes. Apelsīnu Navel sula tika secīgi sajaukta ar trīs šķirņu ('Leikora', 'Hergo' un 'Botanicheskaya-Lubitelskaya') smiltsērkšķu sulām, paraugi salīdzināti ar UHT apstrādātu apelsīnu Navel sulām (15. attēls). Paraugi, kas sajaukti ar 'Leikora' un 'Botanicheskaya Lubitelskaya' šķirņu smiltsērkšķu sulām, tika novērtēti kā „mazliet patīk” attiecīgi vispārīgais vērtējums ar 6.1 un smarža ar 6.4 punktiem, bet paraugs, kurā apelsīnu Navel sula sajaukta ar Hergo šķirnes smiltsērkšķu sulu, tika novērtēts augstāk par iepriekš minētajām kā „mēreni patīk” ar 7.2 punktiem no deviņiem. Starp visiem jauktos sulu paraugiem netika novērotas krāsas atšķirības. Viena no nevēlamām problēmām, ko eksperti atzīmēja, bija sulu maisījumu nelīela noslānošanās pēc UHT apstrādes, tomēr maisījumā 'Navel-Leikora' noslānošanās bija maz izteikta. Noslānošanās problēmu sekmīgi varētu atrisināt, ja sulu maisījumu pēc sajaukšanas homogenizē.

SECINĀJUMI

1. Svaigas apelsīnu sulas fizikāli-ķīmiskais sastāvs un bioaktīvo vielu daudzums vasaras šķirnes Valencija un ziemas Navel šķirnes apelsīnu augļos ir atšķirīgs un izmainās nogatavošanās periodā. Kopējo skābju saturs (TA) abu šķirņu augļos un sulas iznākums no augļiem samazinās, bet šķīstošās sausnas saturs (TSS), TSS/TA savstarpējo attiecību vērtība, kā arī kopējo cukuru daudzums sulā pakāpeniski palielinās. Bioaktīvo vielu: vitamīna C, kopējo fenolu savienojumu un hesperidina saturs sulā samazinās, savukārt kopējo karotenoidu un β -karotīna saturs palielinās. Ziemas šķirnes apelsīnu sulā ir augstāks vitamīna C saturs un augstāka antioksidantu aktivitāte, nekā vasaras šķirnes augļos, kuros savukārt kopējo karotinoīdu un β -karotīna saturs ir augstāks. Nobriešanas periodā abu šķirņu augļu sulā samazinās antioksidantu aktivitāte.
2. Augstas temperatūras īslaicīga termiskā pasterizācija (HTST) ietekmē bioloģisko aktīvo vielu daudzuma un antioksidantu aktivitātes izmaiņas ziemas un vasaras šķirņu apelsīnu sulās, kas ražotas ne no koncentrāta (NFC) un no koncentrāta (OJFC). Salīdzinot ar svaiagu, sasaldētu, pēc tam atjaunotu sulu, pasterizētā sulā vitamīna C, kopējo fenolu saturs un

antioksidantu aktivitātē būtiski samazinās ($p < 0.05$), bet ūdenī šķīstošā pektīna (WS) un karotenoidu saturs nedaudz palielinās, β -karotenoīda saturs būtiski nemainās ($p > 0.05$).

3. Pasterizētās (HTST) Navel un Valencia šķirņu apelsīnu sulās ne no koncentrāta (NFC) viena gada uzglabāšanas laikā aseptiskā iepakojumā pazeminātā temperatūrā ($5 \pm 2^\circ\text{C}$) notiek ķīmiskā sastāva un bioloģiski aktīvo vielu daudzuma izmaiņas. Šķīstošās sausnas saturā un kopējo skābju daudzuma izmaiņas abu šķirņu sulās nav būtiskas, savukārt C vitamīna, kopējo fenolu, hesperidīnu, kopējo karotinoīdu, β -karotīnu un ūdenī šķīstošā pektīna saturs tajās būtiski samazinās ($p < 0.05$), visvairāk ir samazinājies hesperidīna saturs: par 41.4% apelsīnu Valencia un par 42.6% Navel NFC sulā.
4. Eksperimentāli ir pierādīts, ka starp termiskās pasterizācijas (HTST) un apstrādes ultra-augstā temperatūrā (UHT) ietekmi uz bioloģiski aktīvo vielu izmaiņām apelsīnu sulā un antioksidantu aktivitāti kopumā nav būtiska atšķirība ($p > 0.05$): C vitamīna, kopējo fenolu, hesperidīnu un karotinoīdu daudzums UHT apstrādes procesā saglabājas nedaudz vairāk.
5. Smiltsērkšķu sulas ir bagātas ar vitamīnu C, kura saturs šķirnes 'Leikora' sulā ir vairāk kā divas reizes augstāks, salīdzinot ar citu pētīto smiltsērkšķu šķirņu sulām. Smiltsērkšķu sulas pievienošana apelsīnu sulai bagātina maisījumu ar vitamīnu C vairāk kā divas reizes un ar vitamīnu E, kura saturs apelsīnu sulā ir nenozīmīgs, paaugstina bioloģiski aktīvo vielu saturu un antioksidantu aktivitāti, tādējādi paplašinot vietējā tirgū sulu sortimentu ar pievienoto bioloģisko vērtību.
6. Apelsīnu sulas sensorās īpašības pēc apstrādes ultra-augstā temperatūrā (UHT) ir līdzīgas svaigai apelsīnu sulai. UHT procesā apstrādātas jauktas apelsīnu-smiltsērkšķu sulas atzinīgi novērtē eksperti rekomendējot komerciālai ražošanai
7. Pētījumā izvirzītā hipotēze: „Ultra-augstas temperatūras (UHT) apstrādes procesā apelsīnu un smiltsērkšķu sulās saglabājas bioloģiski aktīvās vielas, antioksidantu aktivitātē, kā arī sulu raksturojošās sensorās īpašības” ir apstiprināta.