

PRAKTISKĀ PIEREDZE

TOMĀTU KVALITĀTES IZMAIŅAS DAŽĀDOS AUDZĒŠANAS APSTĀKĻOS

Ingrīda Augšpole¹, Māra Dūma², Ina Alsīņa¹, Laila Dubova¹, Daiga Sergejeva¹

¹LLU Lauksaimniecības fakultāte, ²LLU Pārtikas tehnoloģijas fakultāte
ingrida.augspole@llu.lv

Kopsavilkums. *Pētījumā izmantoti tomāti, kuri audzēti rūpnieciskajā stikla siltumnīcu kompleksā „Mežvidi” un Latvijas Lauksaimniecības universitātes (LLU) Augsnes un augu zinātņu institūta eksperimentālajā polikarbonāta siltumnīcā. LLU siltumnīcā audzētas tomātu šķirnes ‘Diamantino’ F1, ‘Encore’ F1, ‘Balzano’ F1, ‘Chocomate’ F1. Siltumnīcā „Mežvidi” audzētas ‘Bolzano’ F1, ‘Diamantino’ F1, ‘Straliena’ F1, ‘Chocomate’ F1 un ‘Encore’ F1 tomātu šķirnes. Izmantotas – LED un augsta spiediena nātrija (Na) lampas. LLU siltumnīca bija aprīkota arī ar indukcijas (IND) lampu, bet siltumnīca „Mežvidi” ar augstspiediena nātrija lampu, kas aprīkota ar papildu zilo lampu (Na+zila). Pētījuma mērķis bija noteikt ķīmisko sastāvu – C vitamīna saturu, kopējo organisko skābju saturu un šķīstošās sausas saturu eksperimentālajā un rūpnieciskajā siltumnīcā audzētos tomātos ar dažādu lampu apgaismojumu. LLU siltumnīcas tomātiem zem HPSL apgaismojuma lampām bija ievērojami augstāks C vitamīna saturs ($p < 0.05$), salīdzinot ar „Mežvidu” siltumnīcā audzētiem tomātiem. Savukārt titrējamās skābes saturs tomātu šķirnei ‘Bolzano’ F1 un ‘Encore’ F1 rūpnieciskajā stikla siltumnīcu kompleksā „Mežvidi” audzētos tomātos bija augstāks ($p < 0.05$) nekā LLU siltumnīcā audzētos tomātos. Šķīstošās sausas saturs bija būtiski lielāks ($p < 0.05$) LLU siltumnīcā audzētās tomātu šķirnēs.*

Atslēgas vārdi: tomāti, C vitamīns, kopējās skābes, šķīstošā sausa, apgaismojums.

Ievads

Tomāti satur minerālvielas – jodu, kāliju, fosforu, boru, magniju, nātriju, mangānu, kalciju, dzelzi, varu, cinku un daļu no cukura – fruktozes vai glikozes. Tie ir bagāti ar daudziem vitamīniem – A, B, B₂, B₆, C, E, K, PP un beta karotīnu. Tomāti satur organiskās skābes (citronskābi, ābolskābi, vīnskābi un skābeņskābi). Tajos ir arī antioksidants – likopēns –, kas piešķir augļiem un dārzeņiem sarkano krāsu.

Tomāti ir vieni no visvairāk patērētajiem dārzeņkopības produktiem pasaulē. Šķīstošās sausas saturs un skābums ir vieni no svarīgākajiem parametriem, nosakot tomātu gatavību (Huang *et al.*, 2018). Dārzeņos šķīstošā sausa ir kopējo šķīstošo cukuru saturs, ko nosaka refraktometriski °Brix vienībās (Schulz–Witte, 2011). Šķīstošā sausa ietekmē dārzeņu saldumu (Gajewski *et al.*, 2010) un uzglabāšanas perioda garumu, kā arī kvalitātes īpašības (Rashidi, 2011). C vitamīns uzlabo dārzeņu kvalitāti un paildzina glabāšanas laiku. To bieži lieto, novērtējot vispārējo uztura kvalitāti pārtikas produktos (Gamboa–Santos *et al.*, 2012). Zinātniskos materiālos (Leong, Oey, 2012; Singh *et al.*, 2012) ir minēts, ka C vitamīns reaģē uz dažādiem apkārtējās vides un stresa faktoriem, piemēram, gaismas, temperatūras, sala, mitruma un sausuma, atmosfēras piesārņotājiem – metāliem vai herbicīdiem. L-askorbīnskābei ir raksturīga reducēšanās un fermentatīva Mailarda reakcija, kas var ievērojami samazināt C vitamīna saturu. Skābekļa klātbūtnē askorbīnskābe ar enzīma askorbīnskābes oksidāzi oksidējas, veidojot mazāk stabilo dehidroaskorbīnskābi, kurai arī piemīt C vitamīna aktivitāte (Martín–Belloso, Soliva–Fortuny, 2011). Oksidēšanās augu audos sākas tūlīt pēc ražas novākšanas. Līdz ar to uzglabāšanas laikā dažiem dārzeņiem rodas C vitamīna zudums (Jany *et al.*, 2008).

Mūsdienās apgaismojuma tehnoloģija arvien attīstās, un tāpat arī gaismas avoti, ko izmanto siltumnīcu mākslīgā apgaismojuma nodrošināšanai. Mainās izmantotā gaismas avota tips, tā spektrs, gaismas atdeves efektivitāte un citi parametri. Līdz ar gaismu izstarojošo diožu (LED) tehnoloģijas ieviešanu, kļuva iespējams kontrolēt gaismas daudzumu (fotonu emisiju), regulējot strāvu, turklāt kombinējot dažādu pusvadītāju kristālu LED čipus (SMD tipa) vai pašus kristālus (COB tipa), tāpat iespējams pielāgot gaismas spektru konkrētai augu audzēšanai. Nātrija lampas lietošana augus nodrošina ar apgaismojumu viļņu garumā 550–650 nm, kas ietekmē augu antioksidantu aktivitāti, palielina monosaharīdu un samazina nitrātu akumulāciju. Šādā apgaismojumā dārzeņiem palielinās C vitamīna saturs (Bliznikas *et al.*, 2012). Līdzīgu apgaismojumu šajā viļņu garumā nodrošina arī indukcijas lampa. Lampu gaisma ar viļņu garumu

660 nm tomātiem var būtiski palielināt ražu. Tomātiem nodrošinot apgaismojumu 455, 470 nm, palielinās lapu laukums, sausnas masa un biomasa, kā arī fotosintētisko pigmentu sastāvs augos (Samuoliene *et al.*, 2013).

Darba mērķis bija noteikt ķīmisko sastāvu – C vitamīna saturu, kopējo organisko skābju saturu un šķīstošās sausnas saturu eksperimentālajā un rūpnieciskajā siltumnīcā audzētos tomātos ar dažādu lampu apgaismojumu.

Materiāli un metodes

Pētījumu norises vieta – Latvija, 2018. gads, Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Lauksaimniecības fakultāte, Augsnes un augu zinātņu institūta Augu bioloģijas laboratorija. Tomāti ķīmiskai analīzei novākti decembra mēnesī un analizēti otrā dienā pēc ražas novākšanas.

C vitamīna saturs ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$) noteikts, izmantojot titrimetrisko metodi ar 2.6-dihlorfenolindolfenolu (AOAC, 1990).

Kopējās skābes ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$) noteiktas, izmantojot titrimetrisko metodi (Moneruzzaman *et al.*, 2008).

Šķīstošā sausna °Brix noteikta atbilstoši standartam ISO 2173:2003 ar refraktometru (*KRUSS HR18 Manual Refraktometer*, Vācija).

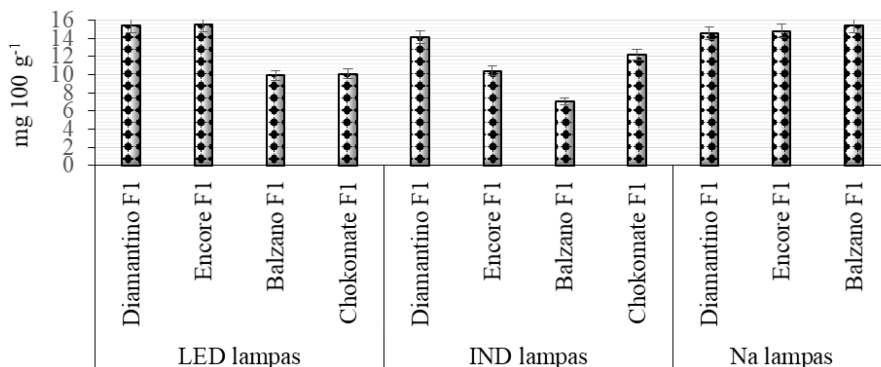
Tomātu agrotehnika. Latvijas Lauksaimniecības universitātes Augsnes un augu zinātņu institūtam piederošajā polikarbonāta siltumnīcā vidējā dienas temperatūra bija $20 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$, nakts temperatūra $>+10 \text{ }^\circ\text{C}$. Izmēģinājumā izmantoja tomātu šķirnes ‘Encore’ F1, ‘Diamantino’ F1, ‘Balzano’ F1, ‘Chocomate’ F1. Tomāti bija potēti. Katram stādam izveidotas divas galotnes. Tomātus audzēja 15 l konteineros. Tika izmantots substrāts ‘Kekkila’ ($\text{pH H}_2\text{O } 5.6$, $\text{N} - 80 \text{ mg L}^{-1}$, $\text{P} - 30 \text{ mg L}^{-1}$, $\text{K} - 200 \text{ mg L}^{-1}$, kūdras frakcija 0–25 mm). Tomātus mēsloja katru nedēļu – vienu nedēļu izmantoja kalcija nitrātu ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$), katru otro nedēļu – NPK komplekso mēslojumu (NPK 12-12-36) ar mikroelementiem (B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn). Tomātus laistīja katru darba dienu, nodrošinot augsnes mitrumu robežās no 25 līdz 35%. Augiem divas reizes nedēļā izlauza pazares, bet vienu reizi divās nedēļās izlauza auga apakšējās lapas, atstājot vienu lapu, līdz pirmajam augļu ķekaram, kurš sāka krāsoties. Tomātus audzēja, izmantojot trīs veidu lampas: LED, indukcijas (IND) un augstspiediena nātrija (Na) lampas. Tomātus audzēja rindā vienu aiz otra. Lai nodrošinātu vienmērīgu apgaismojumu tomātu galotnēm un pirmajām 5 lapām, tomātus guldināja pretēji pulksteņa rādītāja virzienam ar aprēķinu, lai tomātu galotnes visos variantos saņemtu apgaismojumu ar intensitāti $\mu\text{ol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

Rūpnieciskajā stikla siltumnīcu kompleksā ‘Mežvidi’, SIA ‘Latgales dārzeņu loģistika’ Kārsavas novadā tomātu audzēšanai un aizsardzībai izmantoti bioloģiskie augu aizsardzības līdzekļi. Vidējā dienas temperatūra bija $20 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$, nakts temperatūra $>+10 \text{ }^\circ\text{C}$. Izmēģinājumā izmantoja tomātu šķirnes ‘Bolzano’ F1, ‘Diamantino’ F1, ‘Straliena’ F1, ‘Chocomate’ F1 un ‘Encore’ F1. Katram stādam izveidotas divas galotnes. Tomātus audzēja, izmantojot LED, augsta spiediena nātrija (Na) lampas un augstspiediena nātrija lampas, kas aprīkotas ar papildus zilo lampu (Na+zila). Siltumnīcu kompleksā ‘Mežvidi’ tomātu audzēšanas apstākļi bija līdzīgi kā Latvijas Lauksaimniecības universitātes Augsnes un augu zinātņu institūtam piederošajā polikarbonāta siltumnīcā.

Analizētie tomāti eksperimentālajā un SIA ‘Mežvidi’ siltumnīcā tika iestādīti, audzēti un novākti analizēšanai vienādā laika periodā.

Rezultāti un diskusijas

Iegūtie rezultāti liecina, ka C vitamīna saturs būtiski atšķīrās ($p < 0.005$) dažādu šķirņu tomātos (skat. 1. att.). Viszemākais askorbīnskābes saturs ($7.06 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) tika noteikts tomātu šķirnē ‘Balzano’ F1 (indukcijas lampas apgaismojums), savukārt šķirnes ‘Balzano’ F1 tomātos LED lampas apgaismojumā C vitamīna saturs ir nedaudz augstāks – $9.9 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ (par 29%).

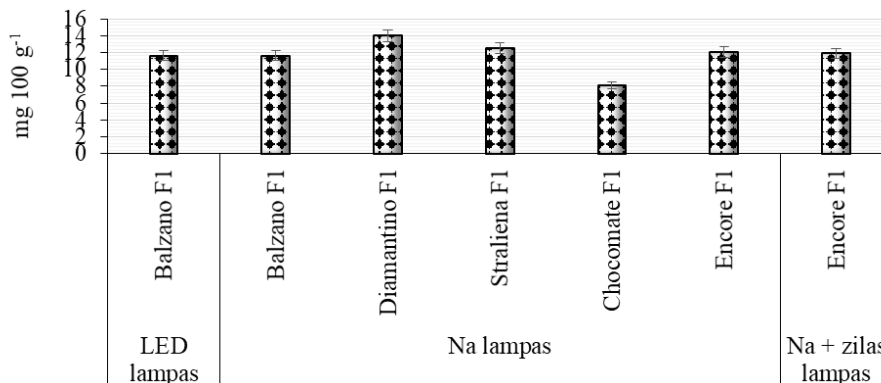


1. att. C vitamīna saturs eksperimentālajā siltumnīcā audzētos tomātos.

C vitamīna paaugstināšanos salātos LED lampu apgaismojumā novēroja arī lietuviešu zinātnieki (Bliznikas *et al.*, 2012). Savukārt Na lampas apgaismojumā C vitamīna saturs bija 15.4 mg 100 g⁻¹ – par 54% augstāks. Starp tomātu šķirnēm ‘Diamantino’ F1 pie visiem lampu apgaismojumiem netika konstatētas būtiskas atšķirības ($p > 0.005$), C vitamīna saturs tajās bija vidēji 14.7 mg 100 g⁻¹. Nebija nozīmīgu atšķirību starp ‘Encore’ F1 tomātiem pie LED un Na lampu apgaismojuma, savukārt ievērojami zemāks C vitamīna saturs ($p < 0.005$) – par 33% – tika novērots pie IND lampām.

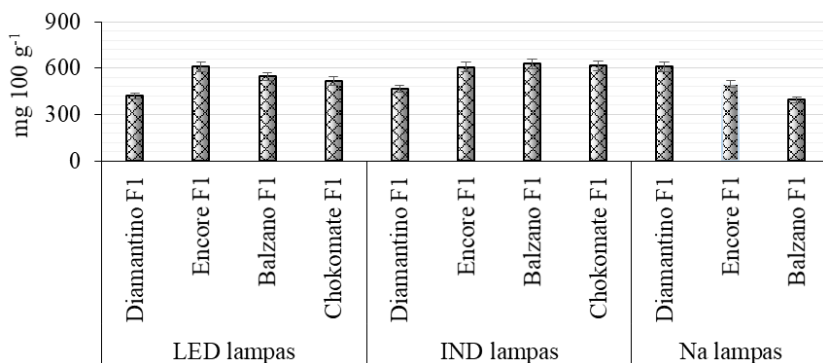
Analizējot SIA „Mežvidi” tomātus, augstāku C vitamīna saturu uzrādīja ‘Diamantino’ F1 tomātu šķirne zem Na lampām – 14 mg 100 g⁻¹, kas bija līdzīgi ar LLU audzētajiem tomātiem (skat. 2. att.). Būtiski zemāks C vitamīna saturs ($p < 0.005$) bija ‘Chokomate’ F1 tomātos zem Na lampu apgaismojuma – 8.12 mg 100 g⁻¹. Pārējās tomātu šķirnēs un lampu apgaismojumos C vitamīna saturā ievērojamas atšķirības netika konstatētas ($p > 0.005$).

Ja salīdzina eksperimentālajā siltumnīcā un SIA „Mežvidi” siltumnīcā audzētos tomātus, eksperimentālajā siltumnīcā audzētos tomātos bija būtiski augstāks C vitamīna saturs (vidēji 12.7 mg 100 g⁻¹) salīdzinājumā ar SIA „Mežvidi” audzētajiem tomātiem (11.7 mg 100g⁻¹). Šajā pētījumā konstatētais C vitamīna saturs bija līdzīgs ar citu pētnieku ziņotajām vērtībām (Oliveira *et al.*, 2013). C vitamīna saturs dārzeņos var atšķirties atkarībā no vides un stresa faktoriem, piemēram, gaismas intensitātes, temperatūras, mitruma apstākļiem, gaisa piesārņojuma utt. (Singh *et al.*, 2012).



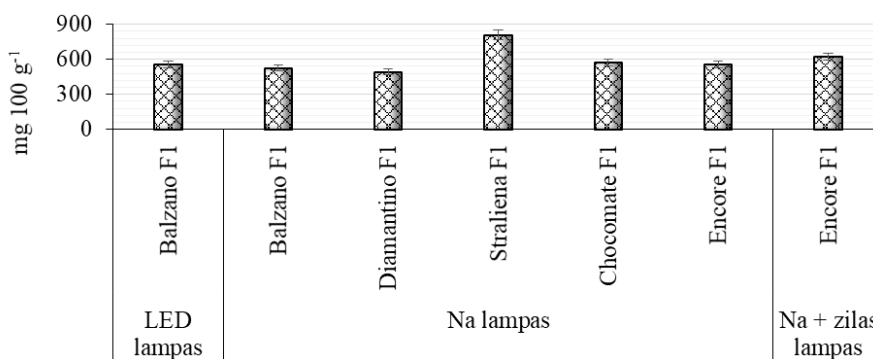
2. att. C vitamīna saturs SIA „Mežvidi” siltumnīcā audzētos tomātos.

Tomātu kopējais skābju saturs ir atkarīgs no ietvērto organisko skābju satura audos. Manāmi augstāku kopējo skābju saturu uzrādīja ‘Encore’ F1 zem LED apgaismojuma (610 mg 100 g⁻¹) un IND lampu apgaismojuma (608 mg 100 g⁻¹), savukārt pie Na lampu apgaismojuma kopējo organisko skābju saturs samazinājās (490 mg 100 g⁻¹) (skat. 3. att.). Būtiski zemāku ($p < 0.005$) kopējo skābju saturu uzrādīja tomāti ‘Diamantino’ F1 zem LED lampu apgaismojuma (410 mg 100 g⁻¹) un ‘Balzano’ F1 zem Na lampu apgaismojuma (395 mg 100 g⁻¹), kas zem Na lampu apgaismojuma ‘Diamantino’ F1 bija par 31% augstāks (610 mg 100 g⁻¹) salīdzinājumā ar LED lampu apgaismojumu.



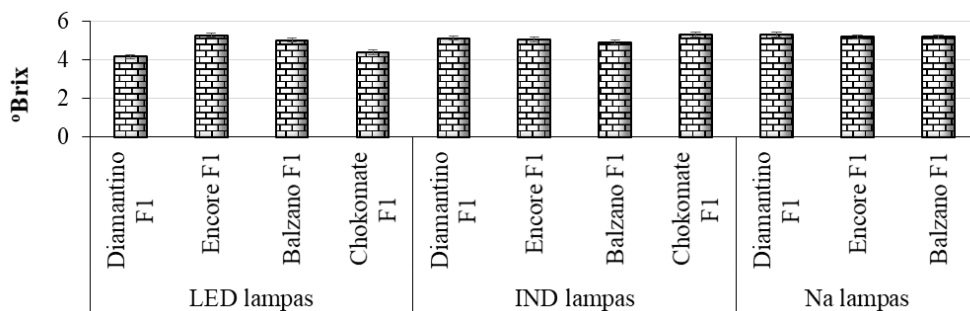
3. att. **Kopējo skābju saturs eksperimentālajā siltumnīcā audzētos tomātos.**

Analizējot „Mežvidu” tomātus, krietni augstāks ($p < 0.005$) kopējo skābju saturs bija ‘Straliens’ F1 tomātu šķirnei (ķiršu tomāti) 810 mg 100 g⁻¹ un ‘Encore’ F1 pie Na+zilā apgaismojuma 621 mg 100 g⁻¹ (skat. 4. att.). Starp pārējām analizētajām tomātu šķirnēm un apgaismojumu būtiskas atšķirības netika novērotas ($p > 0.005$). Salīdzinot eksperimentālajā LLU siltumnīcā un „Mežvidu” siltumnīcā audzētos tomātus, nācās secināt, ka SIA „Mežvidi” audzētajos tomātos bija daudz augstāks kopējo skābju saturs (590 mg 100g⁻¹) salīdzinājumā ar LLU audzētajiem tomātiem (538 mg 100 g⁻¹). Iegūtie rezultāti apstiprināja, ka kopējo skābju satura vidējās vērtības bija līdzīgas ar citu autoru publicētajiem datiem (Moneruzzaman *et al.*, 2008).



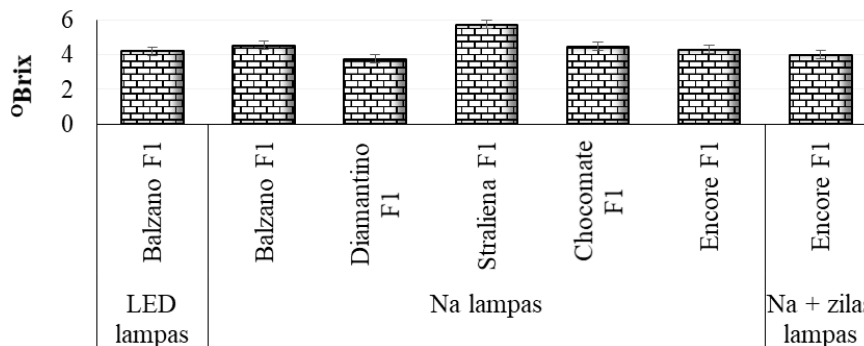
4. att. **Kopējo skābju saturs SIA „Mežvidi” siltumnīcā audzētos tomātos.**

Šķīstošā sausna ir kopējo šķīstošo cukuru saturs, ko nosaka refraktometriski °Brix vienībās. Šķīstošā sausna ir viens no svarīgākajiem augļu un dārzeņu kvalitātes faktoriem. °Brix līmenis robežās no 4.0 līdz 9.9 norāda uz augstāko tomātu kvalitāti. Savukārt ir zināms, ka tomātu augļu nogatavināšanās laikā mainās šķīstošās sausnas saturs. Turklāt šis saturs palielinās no nobriedušas zaļās stadijas līdz sarkanajam posmam (Moneruzzaman *et al.*, 2008). Eksperimentālajā siltumnīcā audzētos tomātos ‘Diamantino’ F1 šķīstošās sausnas saturs bija 4.2 °Brix un ‘Chokomate’ F1 – 4.4 °Brix zem LED apgaismojuma lampām (skat. 5. att.). Starp pārējām tomātu šķirnēm un izmantoto apgaismojumu būtiskas atšķirības šķīstošās sausnas saturā netika konstatētas ($p > 0.005$).



5. att. **Šķīstošās sausnas saturs eksperimentālajā siltumnīcā audzētos tomātos.**

SIA „Mežvidi” audzētajos tomātos ievērojami augstāks šķīstošās sausnas saturs bija ‘Straliena’ F1 tomātos (5.72 °Brix), ko varētu skaidrot ar šīs šķirnes īpatnībām (skat. 6. att.). Savukārt zemāks šķīstošās sausnas saturs bija ‘Diamantino’ F1 zem Na lampu apgaismojuma (3.7 °Brix) un ‘Encore’ F1 zem Na+zilās lampas apgaismojuma (3.9 Brix), starp pārējām tomātu šķirnēm un apgaismojuma veidiem būtiskas atšķirības netika konstatētas ($p>0.005$).



6. att. Šķīstošās sausnas saturs SIA „Mežvidi” siltumnīcā audzētos tomātos.

Salīdzinot SIA „Mežvidi” un eksperimentālajā siltumnīcā audzētās tomātu šķirnes, būtiski augstāks šķīstošās sausnas saturs tika konstatēts LLU analizētajos tomātos pie visiem apgaismojumiem (vidēji 5.1 °Brix), kas SIA „Mežvidi” tomātos vidēji bija 4.1 °Brix (par 11.8%, kas ir būtisks rādītājs).

Secinājumi

Tomātiem, kas audzēti eksperimentālajā siltumnīcā zem LED apgaismojuma lampām, tika konstatēts ievērojami augstāks C vitamīna saturs ($p<0,05$), salīdzinot ar SIA „Mežvidi” siltumnīcā audzētiem tomātiem.

Savukārt titrējamās kopējās skābes saturs tomātu šķirnei ‘Balzano’ F1 (524.10 mg 100 g⁻¹) un ‘Encore’ F1 (557.71 mg 100 g⁻¹) rūpnieciskajā stikla siltumnīcu kompleksā „Mežvidi” audzētos tomātos bija augstāks nekā eksperimentālajā LLU siltumnīcā audzētos tomātos, attiecīgi – 394.81 mg 100 g⁻¹ un 498.08 mg 100 g⁻¹.

Šķīstošās sausnas saturs bija būtiski lielāks ($p<0.05$) LLU eksperimentālajā siltumnīcā audzētās tomātu šķirnēs.

Siltumnīcu apgaismojuma lampām un tomātu audzēšanas vietai ir nozīmīga ietekme ($p<0.05$) saistībā ar analizēto tomātu ķīmisko parametru vidējām vērtībām.

Lai noteiktu, kuru no lampām būtu ieteicams izmantot tomātu audzēšanā, ir nepieciešams turpināt iesāktos pētījumus.

Pateicība

Pētījumi veikti ERAF projekta Nr. 1.1.1.1/16/A/261 „Jaunu vadības metožu izstrāde siltumnīcu augu apgaismojuma sistēmām to enerģētisko un ekoloģisko parametru uzlabošanai (uMOL)” ietvaros.

Izmantotā literatūra

1. Bliznikas Z., Žukauskas A., Samuiliene G., Viršile A., Brazaityte A. et al. (2012). Effect of supplementary pre-harvest LED lighting on the antioxidant and nutritional properties of green vegetables. *Acta horticulture*, p. 1–8.
2. Gajewski M., Szymczak P., Radzanowska J. (2010). Sensory Quality of Orange, Purple and Yellow Carrots Stored under Controlled Atmosphere. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 38 (3), p. 169–176.
3. Gamboa-Santos J., Soria A.C., Perez-Mateos M., Carrasco J.A., Montilla A., Villamiel M. (2013). Vitamin C content and sensorial properties of dehydrated carrots blanched conventionally or by ultrasound. *Food Chemistry*, p. 782–788.

4. Huang Y., Lu R., Chen K. (2018). Assessment of tomato soluble solids content and pH by spatially-resolved and conventional Vis/NIR spectroscopy. *Journal of Food Engineering*, 236, p.19–28.
5. Jany M.N.H., Sarker C., Mazumder M.A.R., Shikder M.F.H. (2008). Effect of storage conditions on quality and shelf life of selected winter vegetables. *Bangladesh Agricultural University*, 6 (2),p. 391–400.
6. Leong S.Y., Oey I. (2012). Effect of endogenous ascorbic acid oxidase activity and stability on vitamin C in carrots (*Daucus carota* subsp. sativus) during thermal treatment. *Food Chemistry*, 134, p. 2075–2085.
7. Martín-Belloso O., Soliva-Fortuny R. (2011). *Advances in Fresh-Cut Fruits and Vegetables Processing*. Taylor and Francis Group, LLC: Boca Raton, p. 410.
8. Moneruzzaman K. M., Hossain A. B. M. S., Sani W., Saifuddin M. (2008). Effect of stages of maturity and ripening conditions on the biochemical characteristics of tomato. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*, Vol. 4 (4), p. 329–335.
9. Oliveira A. B., Moura C. F. H., Gomes-Filho E., Marco C. A., Urban L., Miranda M. R. A. (2013). The impact of organic farming on quality of tomatoes is associated to increased oxidative stress during fruit development. *PLoS ONE*. Vol. 8 (2). p. 56354.
10. Rashidi M. (2011). Modeling of carrot firmness based on water content and total soluble solids of carrot. *Agricultural and Biological Science*, Vol. 6, (8), p. 62–65.
11. Samuoliene G., Jankauskiene J., Brazaityte A., Viršile A. (2013). Led irradiance level affects growth and nutritional quality of Brassica microgreens. *Central European Journal of Biology*, 8(12), p. 1241–1249.
12. Schulz-Witte J. (2011). Diversität wertgebender Inhaltsstoffe bei *Daucus carota* L. *Dissertation. Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Quedlinburg, Deutschland*, s. 288.
13. Singh D. P., Beloy J., McInerney J.K., Day L. (2012). Impact of boron, calcium and genetic factors on vitamin C, carotenoids, phenolic acids, anthocyanins and antioxidant capacity of carrots (*Daucus carota*). *Food Chemistry*, 132, p. 1161–1170.