

OBUOLIŲ BIOCHEMINIAI POKYČIAI SANDĖLIAVIMO METU

Raimonda GUDELAITIENĖ, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Agronomijos fakultetas,
el. paštas: raimonda.gudelaitiene@vdu.lt

Santrauka

Obuoliai (*Malus domestica* Borkh) dėl savo juslinių savybių ir maistinės vertės yra vienas iš populiariausių vaisių pasaulyje. Obuolių juslines savybes lemia cheminė sudėtis. Dėl didelio fenolinių junginių kiekio obuoliai laikomi potencialiu natūralių antioksidantų šaltiniu. Laikant obuolius po derliaus nuėmimo atsiranda negrįžtamų pokyčių. Dėl mikroorganizmų veiklos ar skynimo metu atsiradusių mechaninių pažeidimų, obuoliai gali pradėti pūti, ilgiau laikant sumažėja minkštumo kietumas, prastėja skonis, nes vaisiai sensta ir jų kokybė blogėja. Kontroliuojant laikymo sąlygas, obuolių kokybės pokyčius galima pristabdyti.

Žieminių veislių obuoliai 'Jonagold', 'Ligol', 'Ariva', 'Gloster', 'Šampion' ir 'Skaistis' buvo laikyti kontroliuojamos atmosferos kameroje nuo 2023 m. spalio iki 2024 balandžio mėnesio. Tyrimai buvo atlikti vieną kartą per šešias savaites. Buvo nustatyti natūralūs masės nuostoliai, vitamino C kiekis standartiniu metodu ir tirpios sausos medžiagos refraktometrinio metodu. Didžiausi masės nuostoliai buvo 'Ariva' obuolių. Per pirmą sandėliavimo mėnesį buvo prarasta 62,8 proc. šios veislės vaisių, o viso sandėliavimo laikotarpiu – net 77,4 proc. Mažiausi masės nuostoliai susidarė 'Ligol' (3,1 proc.) ir 'Jonagold' (3,6 proc.) obuolių. Didžiausi vitamino C kiekiai nustatyti spalio mėnesį penkiose iš šešių veislių obuoliuose. Esmingai didžiausią vitamino C kiekį sukaupe 'Jonagold' 3,42 mg 100 g⁻¹ obuoliai, o mažiausias kiekis rastas tos pačios veislės vasario mėnesį atliktuose tyrimuose 1,72 mg 100 g⁻¹. Didžiausią tirpių sausų medžiagų kiekį sukaupe 'Gloster' 14,8 proc., o esmingai mažiausią 'Ligol' 10,9 proc. veislės obuoliai.

Reikšminiai žodžiai: obuoliai, sandėliavimas, masės nuostoliai, vitaminas C, tirpios sausos medžiagos.

Ivadas

Obuoliai – vieni iš svarbiausių vaisių, kuriuos galima vartoti ištisus metus. Dėl didelio fenolinių junginių kiekio obuoliai ir jų šalutiniai produktai laikomi potencialiu natūralių antioksidantų šaltiniu (Syed et al., 2025). Šių dienų vartotojai yra labai reiklūs kokybei. Renkantis obuolius visų pirma atkreipiamas dėmesys į juslines savybes: išvaizdą, skonį, kvapą, tekstūrą, taip pat traškumą, sultingumą, rūgštumą ir saldumą. Todėl vaisiams, tiekiamiems į rinką, keliami kokybės reikalavimai ne tik išorinėms savybėms, bet ir sveikatą stiprinančioms savybėms (Szpadzik et al., 2024). Sunokę švieži obuoliai normaliomis sąlygomis išsilaiko neilgai, greitai praranda drėgmę, taip pat keičiasi cheminė sudėtis, mažėja vaisių maistinė vertė. Didžiausią įtaką cheminei sudėčiai turi veislė, taip pat augimvietė, oro sąlygos, vaismedžių priežiūra. Vaisių kokybei taip pat didelę reikšmę turi derliaus nuėmimo laikas, nes didžiausią biocheminių medžiagų kiekį būna sukaupe jau sunokę vaisiai (Drogoudi, Pantelidis, 2011). Jeigu vaisiai nuskinti per anksti, jie mažiau atsparūs mechaniniams pažeidimams saugojimo metu, jautresni fiziologiniams sutrikimams, dėl ko mažėja vaisių masė, prastėja juslinės savybės: jų blankesnė odelės spalva, mažesnis cukraus kiekis ir prastesnis skonis, obuolių odelės paviršiuje dar nėra susiformavęs vaško sluoksnis, kuris apsaugo vaisius nuo aplinkos poveikio (Jemric et al., 2016; Lee et al., 2024). Tačiau, jeigu vaisiai nuimami per vėlai, jų laikymo laikas sutrumpėja ir jie tampa jautresni puviniams, mechaniniams pažeidimams, didesniams CO₂ kiekiui sandėlyje, jų senėjimo procesas būna greitesnis. Tokie vaisiai yra mažiau traškūs ir sultingi, turi didelį cukraus ir rūgštingumo santykį, todėl jų juslinės savybės yra prastesnės (Syed et al., 2023). Siekiant kuo ilgiau išsaugoti kokybišką produkciją, obuoliai laikomi reguliuojamos atmosferos kameroje, kuriose nustatomos optimalios laikymo sąlygos.

Tyrimo tikslas – ištirti obuolių biocheminius pokyčius sandėliavimo metu.

Iškeltam tikslui pasiekti buvo sprendžiami šie **uždaviniai**:

1. Įvertinti obuolių masės nuostolius.
2. Įvertinti cheminės sudėties pokyčius laikymo metu.

Tyrimų objektas ir metodai

Tyrimo objektas – žieminių obuolių (*Malus domestica* Borkh.) 'Jonagold', 'Ligol', 'Ariva', 'Gloster', 'Šampion' ir 'Skaistis' veislių vaisiai. Obuoliai surinkti Rasos ir Vitalijaus Petronių ūkyje, esančiame Pajuodžio kaime, Troškūnų seniūnijoje, Anykščių rajone. Obuoliai buvo auginti laikantis nacionalinės kokybės sistemos reikalavimų. Obuoliai nuskinti 2023 m. spalio 3 d. Kiekvienos veislės vidutinio dydžio vaisiai nuskinti nuo 5–6 vaismedžių skirtingų vainiko vietų, bendra ėminio masė sudarė apie 20 kg. Nuskinti vaisiai atvėsinti ir tą pačią dieną patalpinti į kontroliuojamos atmosferos kamerą, kurioje nustatyti tokie parametrai: temperatūra – 2 °C, santykinis oro drėgnis – 94 proc., dujų sudėtis: O₂ – 2 proc., CO₂ – 2 proc., N₂ – 96 proc. Biocheminiams pokyčiams obuoliuose įvertinti tyrimai atlikti šviežiai nuskintuose vaisiuose ir sandėliavimo metu 6 savaičių intervalais. Tyrimai buvo atlikti 2023–2024 m. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos (VDU ŽŪA) Atviros prieigos Žemės ir miškų jungtinio tyrimų centro Augalinių žaliavų kokybės laboratorijoje ir Maisto žaliavų, agronominių ir zootechninių tyrimų laboratorijoje.

Tyrimų metodai: natūraliems masės nuostoliams įvertinti kiekvienos veislės obuolių sudaryti 1,3–1,5 kg ėminiai, kurie buvo pasverti prieš dedant į kamerą ir kartą per šešias savaites. Vitamino C kiekis nustatytas standartiniu metodu titruojant mėginius 2,6-dichlorfenolindofenolio Na druskos tirpalu iki rožinės spalvos (LST ISO 6557–2:2000). Tirpios sausos medžiagos nustatytos refraktometru (LST ISO 2173:2004).

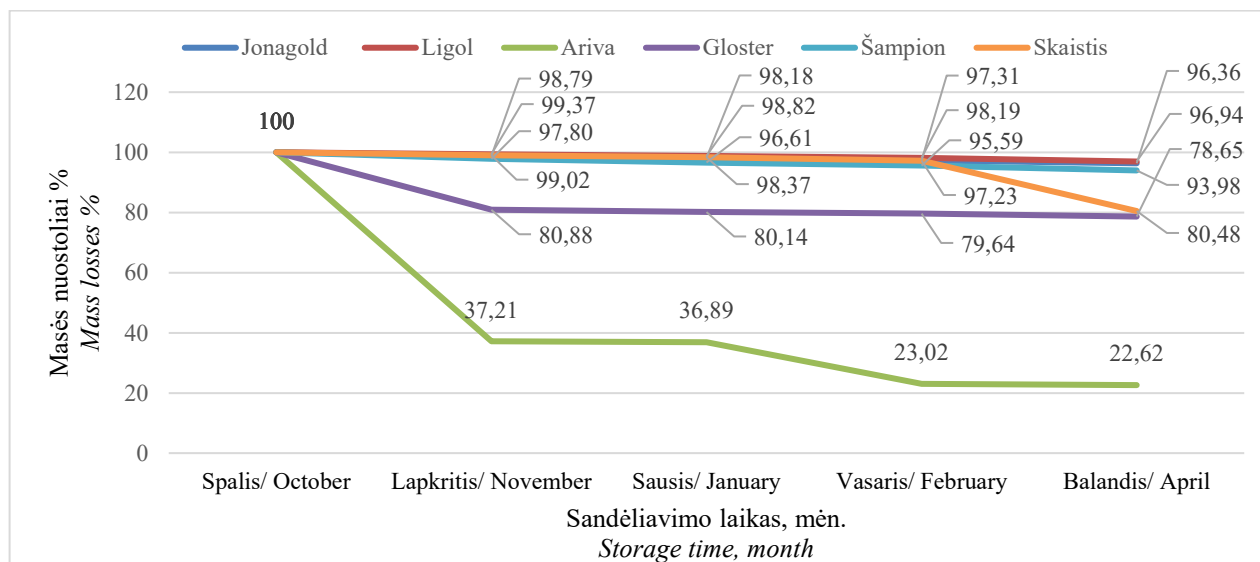
Tyrimų duomenys statistiškai apdoroti dviejų veiksmų dispersinės analizės metodu ANOVA, naudojant kompiuterinę programą STATISTICA. Apskaičiuoti bandymų duomenų aritmetiniai vidurkiai ir standartiniai nuokrypiai. Statistinis patikimumas įvertintas Fišerio (LSD) testu. Skirtumai statistiškai patikimi, kai $p \leq 0,05$.

Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

Pasaulio sveikatos organizacija (PSO) ir Maisto ir žemės ūkio organizacija (FAO) rekomenduoja vienam žmogui per dieną suvartoti ne mažiau kaip 400 g vaisių ir daržovių. Ši dieta padėtų išvengti lėtinių ligų, tokių kaip širdies ligos, vėžys, diabetas ir nutukimas, taip pat išvengti kai kurių mikroelementų trūkumo ar trūkumą sumažinti (World Health Organization, 2020).

Vaisių kokybę apima išorinė išvaizda, vidinės fizikinės ir cheminės savybės ir maistinė vertė (Sidhu et al., 2023). Kad laikymo metu vaisių masės ir kokybės nuostoliai būtų mažesni, turi būti sudarytos optimalios laikymo sąlygos. Sandėliavimas reguliuojamos atmosferos kameroje obuolių derlių be didesnių nuostolių padeda išlaikyti iki 12 mėnesių (Sidhu et al., 2023). Mažas deguonies kiekis slopina vaisių kvėpavimą, todėl į aplinką išskiriamas ir mažesnis kiekis CO₂. Laikymo metu padidėjus CO₂ koncentracijai pažeidžiamos ląstelės ir vaisiai gali uždusti (Sidhu et al., 2023). Mažos deguonies koncentracijos aplinkoje yra lėtinamas vaisių nokimo procesas, slopinama etileno gamyba ir ląstelių sienelės ardančių fermentų aktyvumas (Zheng et al., 2024). Didelę įtaką laikomų vaisių kokybei daro ir laikymo temperatūra. Per žemą temperatūrą pažeidžia ląstelių membranas ir vaisiai gali pradėti gesti (Sidhu et al., 2023). Skirtingų veislių obuolių laikymo temperatūra skiriasi, todėl dėl netinkamai parinktos temperatūros gali atsirasti fiziologinių pažeidimų (Argenta et al., 2023).

Siekiant nustatyti laikomų obuolių masės nuostolius, obuoliai buvo pasverti prieš laikymą ir sveriami periodiškai laikymo metu. Didžiausi masės nuostoliai susidarė 'Ariva' veislės obuolių (žr. 1 pav.). Pirmą sandėliavimo mėnesį buvo prarasta 62,8 proc. obuolių, per visą sandėliavimo laikotarpį – net 77,4 proc. Mažiausi masės nuostoliai buvo 'Ligol' (3,1 proc.) ir 'Jonagold' (3,6 proc.) veislių obuolių.



1 pav. Obuolių natūralūs masės nuostoliai %

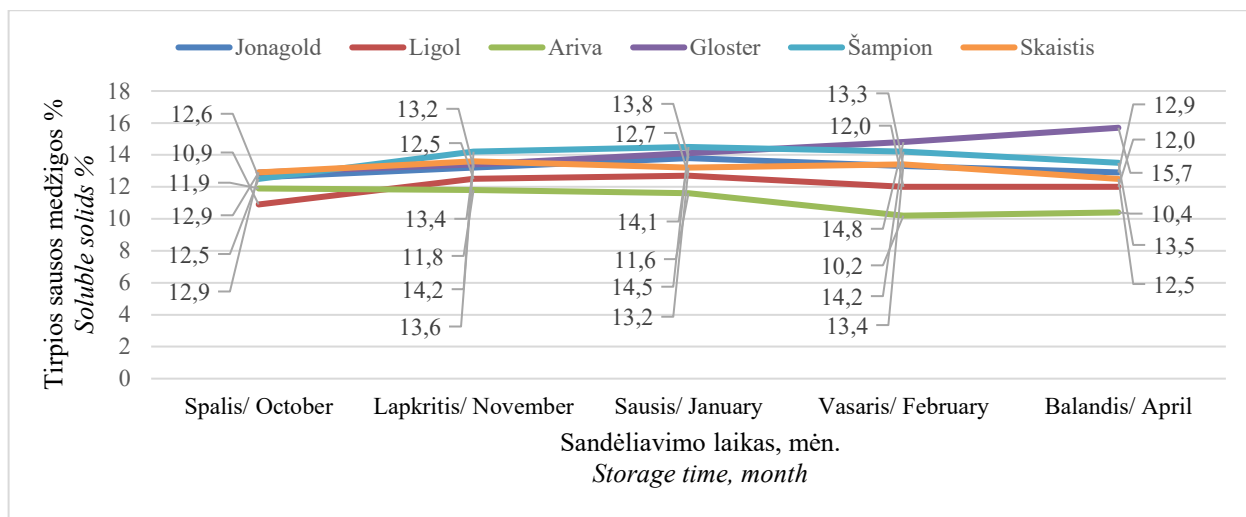
Fig. 2. Natural mass losses of apples in %

Obuolių masės nuostoliai priklauso ne tik nuo obuolių kokybės, bet gali susidaryti ir dėl veislei netinkamos laikymo temperatūros. Šios priežastys ir galėjo nulemti tokius didelius 'Ariva' veislės obuolių masės nuostolius.

Obuolių juslines savybes lemia susikaupusių tirpių sausų medžiagų kiekis, kurį daugiausia sudaro cukrūs. Tirpių sausų medžiagų kiekis labai priklauso nuo veislės, obelų augimo koregavimo, meteorologinių sąlygų ir kitų aplinkos veiksnių (Iwanami et al., 2023).

Sandėliavimo metu obuolių tirpių sausųjų medžiagų kiekiai kito nuo 10,9 proc. 'Ligol' vaisiuose iki 15,7 proc. 'Gloster' vaisiuose (žr. 2 pav.). 'Ariva', 'Skaistis' ir 'Jonagold' vaisiuose tirpių sausųjų medžiagų kiekis neesminiai sumažėjo, kitų veislių vaisiuose padidėjo. Esminiai didžiausias tirpių sausų medžiagų kiekis laikymo metu susikaupė 'Gloster' vaisiuose, mažiausias liko 'Ariva' vaisiuose.

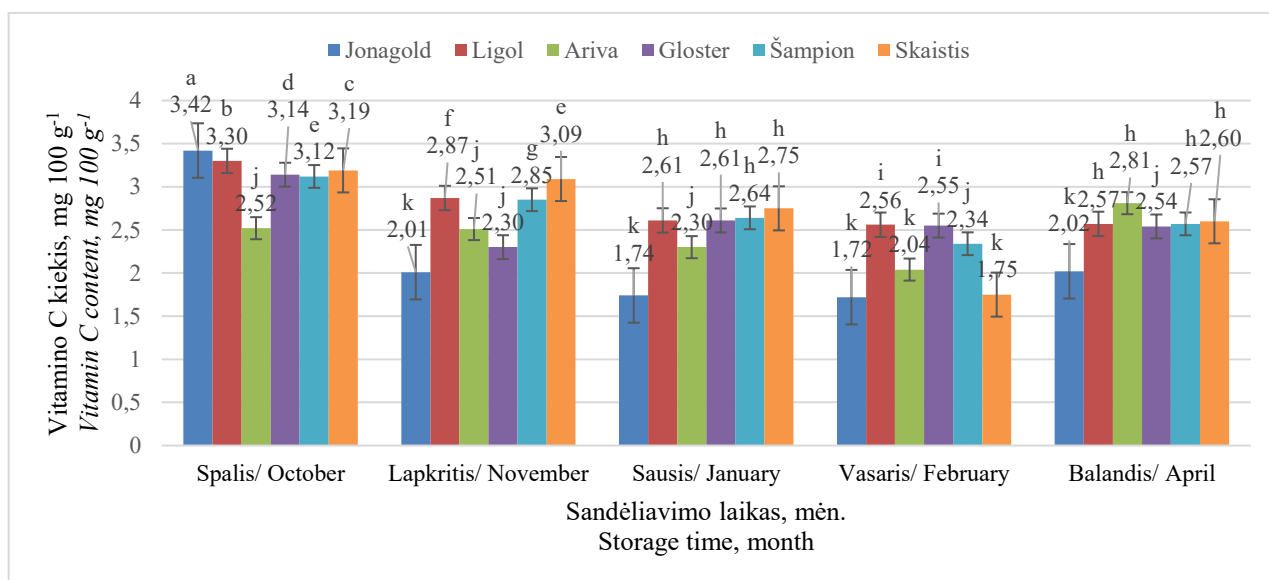
Obuoliuose kaupiasi vitaminas C, vitaminas B₆, taip pat mineralinės medžiagos: azotas, fosforas, kalis, kalcis, kurie turi didelę įtaką obuolių kokybei sandėliavimo metu (Wood, 2024; Sidhu et al., 2023). Vitamino C kiekis obuoliuose priklauso nuo veislės, auginimo sąlygų ir gali varijuoti tarp 2,3 ir 31,1 mg 100 g⁻¹ (Spadzik et al., 2024). Ferreira ir kt. (2024), atlikę tyrimą nustatė, kad laikymo sąlygos daro didelę įtaką vitamino C išsilaikymui.



2 pav. obuolių tirpios sausosios medžiagos %

Fig. 2. Apple soluble solids in %

Atlikus vitamino C kiekio analizę, gauti rezultatai parodė, kad, laikymo metu vitamino kiekis obuolių vaisiuose mažėjo (žr. 3 pav.). Didžiausi vitamino C kiekiai buvo nustatyti po derliaus nuėmimo 'Jonagold' vaisiuose – 3,42 mg 100 g⁻¹, tačiau šios veislės obuoliuose vitamino C kiekiai sandėliavimo metu sumažėjo 1,7 karto ir laikymo pabaigoje buvo mažiausi, lyginant su kitų veislių vaisiais.



Pastaba: Tarp variantų vidurkių, pažymėtų ne ta pačia raide (a,b,c...), yra esminiai skirtumai ($p < 0,05$)

Note: Different letter superscripts indicate significant (a,b,c...) differences between treatments ($p < 0,05$)

3 pav. Vitamino C kiekis obuoliuose mg 100g⁻¹

Fig. 3. Apple vitamin C content mg 100g⁻¹

Vitamino C kiekis sandėliavimo metu sumažėjo visų veislių obuoliuose, išskyrus 'Ariva'. Šios veislės obuolių vaisiuose vitamino C kiekis laikymo pabaigoje buvo esminiai didesnis 1,1 karto, lyginant su vaisiais prieš sandėliavimą.

Išvados

1. Didžiausi masės nuostoliai susidarė 'Ariva' veislės obuolių. Per visą sandėliavimo laikotarpį jie pasiekė net 77,4 proc. Netinkama laikymo temperatūra galėjo nulemti tokius didelius šios veislės obuolių masės nuostolius.

2. Sandėliavimo metu obuolių tirpių sausųjų medžiagų kiekiai kito nuo 10,9 proc. iki 15,7 proc. 'Ariva', 'Skaistis' ir 'Jonagold' vaisiuose tirpių sausųjų medžiagų kiekis neesminiai sumažėjo, 'Ligol', 'Gloster', 'Šampion' vaisiuose neesminiai padidėjo.

3. Vitamino C kiekis sandėliavimo metu sumažėjo visų veislių obuoliuose nuo 1,2 iki 1,7 karto, išskyrus 'Ariva' vaisius, kuriuose sandėliavimo pabaigoje nustatytas 1,1 karto didesnis, lyginant su vaisiais prieš sandėliavimą.

Literatūra

1. Argenta, C. L., Wood, M. R., Mathis, P. J., Thewes, R. F., Nesi, N. C., Neuwaldas, A. D., (2023). Factors affecting development of disorders expressed after storage of 'Gala' apple fruit. *Postharvest biology and technology*, 112439.
2. Drogoudi, P. D., Pantelidis, G. (2011). Effects of position on canopy and harvest time on fruit physico-chemical and antioxidant properties in different apple cultivars. *Scientia horticulturae*, 752–760.
3. Ferreira, C., Ribeiro, C., Nunes, M.F., (2024). Effect of storage conditions on phenolic composition, vitamin C and antioxidant activity of 'Golden Delicious' and 'Red Delicious' apples. *Postharvest biology and technology*, 112754.
4. Iwanami, H., Tanoka, M. Y., Hanada, T., Baba, T., Sakamoto, D. (2023). Meteorological and tree-management factors related to soluble solids content of apple fruit and crop load management for producing high soluble solids content fruit in high-density planted 'Fuji'. *Scientia Horticulturae*. 111755.
5. Jemrić, T., Fruk, I., Fruk, M., Radman, S., Sinkovič, L., Fruk, G., (2016). Bitter pit in apples: pre-and postharvest factors: A review. *Spanish Journal of Agricultural Research*, v.14, n.4, 1-12.
6. LST ISO 2173:2004 Vaisių ir daržovių gaminiai. Tirpių sausųjų medžiagų nustatymas. Reraktometrinis metodas. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 8 p.
7. LST ISO 6557-2:2000 Vaisių ir daržovių gaminiai. Askorbo rūgšties kiekio nustatymas, 2 dalis. Įprastiniai metodai. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 6 p.
8. Szpadzik, E. Molska- Kawulok, K., Krupka, T., Przyblko, S. (2024). Physico-Chemical Analysis of the Fruits and Consumer Preferences of New Apple (*Malus × domestica* Borkh) Hybrids Bred in Poland. *Agriculture*.
9. Syed, M. J., Yasmin, S., Lone, H.A., Mir, I. J., Irfan, M., Dinkar, V., Raja, H. W. (2025). Differential quantity of key bioactive compounds and their antioxidative potential in novel apple genotypes: A correlative study for potential therapeutics. *Heliyon*, e42148.
10. Wood, M. R., Freidas, S. T., Argenta, L. C., Neuwald, D. A. (2024). Influence of pre-harvest calcium application on the concentration and distribution of ascorbic acid and mineral content in apple cultivars at harvest and during storage. *Postharvest biology and technology*. 112979.
11. World Health Organization. Prieiga per internetą: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet>. (žiūrėta 2025-03-10).
12. Zheng, Y., Jiang, Y., Yang, X., Fu, Z., Zhao, Z., Li, X., Yang, K., Jia, X. (2024). Automatic periodical negative air ions reduce postharvest decay and maintain texture and flavor quality of 'Fuji' apple during long-term cold storage. *Food chemistry*:x. 101972.

BIOCHEMICAL CHANGES IN APPLES DURING STORAGE

Abstract

Apples (*Malus domestica* Borkh) are one of the most popular fruits in the world due to their sensory properties and nutritional value. The sensory properties of apples are determined by their chemical composition. Due to the high content of phenolic compounds, apples are considered a potential source of natural antioxidants. Post-harvest storage of apples causes irreversible changes. Due to the activity of microorganisms or mechanical damage during picking, apples may begin to rot, the hardness of the pulp decreases with longer storage, the taste deteriorates, as the fruits age and their quality deteriorates. By controlling the storage conditions, changes in apple quality can be slowed down.

Apples of winter varieties 'Jonagold', 'Ligol', 'Ariva', 'Gloster', 'Champion' and 'Skaistis' were stored in controlled atmosphere chambers from October 2023 to April 2024. The tests were performed once every six weeks. Natural mass loss, vitamin C content by the standard method and soluble dry matter by the refractometric method were determined. The biggest mass losses were in 'Ariva' apples. During the first month of storage, 62.8 pct. of this variety was lost, and 77.4 pct. during the entire storage period. The lowest mass losses were noted by 'Ligol' 3.1 pct. and 'Jonagold' 3.6 pct. varieties. The highest amounts of vitamin C were determined in October in five out of six varieties of apples. Essentially, the highest amount of vitamin C was accumulated by 'Jonagold' 3.42 mg 100 g⁻¹ apples, while the lowest amount was found in the February tests of the same variety at 1.72 mg 100 g⁻¹. The highest amount of soluble dry matter was accumulated by 'Gloster' 14.8 pct., and significantly the lowest by 'Ligol' 10.9 pct.

Keywords: apples, storage, natural mass losses, vitamin C, soluble solids.