

Osnovna šola Ljubečna

**KAKO SE SPREMINJAJO LASTNOSTI JABOLK
MED RAZLIČNIMI NAČINI SKLADIŠČENJA?**

RAZISKOVALNA NALOGA



Avtor:
Jan Horvat, 9. b

Mentorica:
Marjeta Gradišnik Mirt,
predmetna učiteljica

Mestna občina Celje, Mladi za Celje

Celje, marec 2024

Osnovna šola Ljubečna

**KAKO SE SPREMINJAJO LASTNOSTI JABOLK
MED RAZLIČNIMI NAČINI SKLADIŠČENJA?**

RAZISKOVALNA NALOGA

Avtor:
Jan Horvat, 9.b

Mentorica:
Marjeta Gradišnik Mirt,
predmetna učiteljica

Jezikovni pregled:
Petra Merc,
prof. slovenščine

Mestna občina Celje, Mladi za Celje

Celje, marec 2024

Vsebina

Vsebina.....	3
SEZNAM SLIK, TABEL IN GRAFOV	4
Povzetek	6
1 UVOD.....	7
1.1 Namen naloge.....	7
1.2 Hipoteze	8
1.3 Metode dela.....	8
2 TEORETIČNE OSNOVE.....	9
2.1 Jablana	9
2.2 Jabolko	10
2.3 Sorte jablan	11
2.4 Skladiščenje jabolk.....	12
2.4.1 Dihanje plodov.....	12
2.4.2 Klet.....	12
2.4.3 Specializirana hladilnica.....	13
2.5 Lastnosti merjenih parametrov v jabolkih	13
2.5.1 Sladkorji	14
2.5.2 Glukoza	14
2.5.3 Škrob.....	15
2.5.4 pH vrednost	16
2.5.5 Vitamin C	17
2.5.6 Količina vode	19
2.5.7 Trdota	19
3 METODOLOGIJA DELA.....	20
3.1 Določanje količine sladkorjev v jabolkih.....	20
3.2 Določanje količine glukoze v jabolkih	21
3.3 Določanje škroba v jabolkih	21
3.4 Določanje pH vrednosti v jabolkih	21
3.5 Določanje količine vitamina C oziroma askorbinske kisline v jabolkih....	22
3.6 Določanje količine vode v jabolkih	24

3.7	Določanje trdote jabolk	25
4	REZULTATI OPAZOVANJ IN MERITEV	26
4.1	Rezultati ugotavljanja količine sladkorjev v jabolkah	27
4.2	Rezultati ugotavljanja količine glukoze v jabolkah	28
4.3	Rezultati ugotavljanja škroba v jabolkah	29
4.4	Rezultati ugotavljanja pH vrednosti.....	31
4.5	Rezultati ugotavljanja količine askorbinske kisline v jabolkah	32
4.6	Rezultati ugotavljanja količine vode v jabolkah.....	33
4.7	Rezultati ugotavljanja trdote jabolk	34
5	RAZPRAVA O REZULTATIH OPAZOVANJ IN MERITEV	35
5.1	Ustreznost zastavljenih hipotez.....	38
	Zaključek.....	39
	Bibliografija.....	40
6	PRILOGE.....	43

SEZNAM SLIK, TABEL IN GRAFOV

Slika 1:	Skeletna formula aciklične oblike glukoze – aldoza.....	15
Slika 2:	Skeletna formula ciklične oblike glukoze	15
Slika 3:	Skeletna formula amiloze	16
Slika 4:	Skeletna formula amilopektina	16
Slika 5:	Skeletna formula askorbinske kisline.....	18
Slika 6:	Skeletna formula dehidroaskorbinske kisline	18
Slika 7:	Določanje trdote	25
Slika 8:	Škrobni test, izveden 22. 9. 2023 na plodovih sorte zlati delišes in 4. 10. 2023 na plodovih sorte topaz.....	29
Slika 9:	Škrobni test, izveden 17. 11. 2023 na plodovih sorte zlati delišes in topaz, skladiščene v kleti in hladilnici.....	29
Slika 10:	Škrobni test, izveden 12. 1. 2024 na plodovih sorte zlati delišes in topaz, skladiščene v kleti in hladilnici.....	30

Tabela 1: Povprečne mesečne temperature v domači kleti.....	26
Tabela 2: Povprečna vrednost skupnih sladkorjev v jabolčnem soku.....	27
Tabela 3: Povprečna masna koncentracija glukoze v jabolčnem soku	28
Tabela 4: Povprečna pH vrednost jabolčnega soka.....	31
Tabela 5: Povprečna masa askorbinske kisline v 20 ml jabolčnega soka.....	32
Tabela 6: Povprečna količina vode v jabolkih	33
Tabela 7: Povprečna trdota jabolk	34

Graf 1: Temperatura in relativna zračna vlažnost v kleti	26
Graf 2: Povprečne vrednosti sladkorjev v jabolčnem soku	27
Graf 3: Povprečna vrednost glukoze v jabolčnem soku	28
Graf 4: Povprečna pH vrednost jabolčnega soka	31
Graf 5: Povprečna masa askorbinske kisline v 20 ml jabolčnega soka.....	32
Graf 6: Povprečna količina vode v jabolkih	33
Graf 7: Povprečna trdota jabolk	34

POVZETEK

Vsi se zavedamo, da je uživanje sadja zelo pomembno, saj s tem dobimo veliko različnih vitaminov in mineralov. Že star slovenski pregovor pravi: »Jabolko na dan, odžene zdravnika stran.« Zanimalo me je, kako se med različnima načinoma skladiščenja, med domačo kletjo in specializirano hladilnico, spreminja količina skupnih sladkorjev, glukoze, škroba, vitamina C, vode, pH vrednosti ter trdota jabolk. Testne vzorce, ki so pripadali sortama zlati delišes in topaz, sem dobil iz sadjarskega podjetja Mirozan d.o.o. Pred skladiščenjem sem polovico vzorcev uskladiščil v domačo klet, kjer sem vsakodnevno meril temperaturo in relativno vlažnost, drugo polovico pa sem uskladiščil v specializirano hladilnico. Pred skladiščenjem sem v mesecu septembru opravil laboratorijsko delo, pri katerem sem meril skupne sladkorje s refraktometrom, glukozo z glukoznimi lističi, škrob z jodovico, vitamin C s titracijo, količino vode s sušenjem, pH vrednost s pH metrom, trdoto pa sem meril s penetrometrom. Nato sem meritve in opažanja opravil še v mesecu novembru in januarju. Ugotovil sem, da je količina skupnih sladkorjev in glukoze med skladiščenjem narasla, ostalim parametrom pa je vrednost padla. Ugotovil sem tudi, da so jabolka v specializirani hladilnici ohranila boljše fiziološke lastnosti kot v domači kleti.

1 UVOD

Vsi se zavedamo, da je uživanje sadja zelo pomembno, saj s tem naše telo dobi veliko različnih vitaminov in mineralov. Nekateri ljudje imajo radi sadje malo bolj sladkega okusa, drugi kislega, tretji sladkokislega ali celo nekoliko grenkega. Že star slovenski pregovor pravi: »Eno jabolko na dan odžene zdravnika stran.« Jabolko je tudi eden najbolj priljubljenih sadežev, ki ga ljudje uživamo. Pogosto imamo okoli svojega doma jablane in si jih lahko kar sami pridelamo. V jesenskem času jih v domačem okolju skladiščimo v kletih ali shrambah. Pri specializiranih sadjarskih podjetjih pa jih uskladiščijo v specializirane hladilnice, v katerih podaljšajo njihovo svežino.

1.1 NAMEN NALOGE

Zanimalo me je, kako se med domačim, tradicionalnim, kletnim skladiščenjem in specializiranim skladiščenjem spreminjajo nekateri parametri jabolk. Želel sem ugotoviti, kako se spreminja količina sladkorjev, glukoze, škroba, vitamina C, vode ter pH vrednost. Meril pa sem tudi trdoto. Kot testne vzorce sem dobil jabolka iz sadjarskega podjetja Mirosan d. o. o. z dolgoletno tradicijo, ki se ukvarja s pridelavo sadja in sadnih sadik. Njihovi sadovnjaki se nahajajo v Savinjski dolini v Libojah. Za svojo raziskovalno nalogo sem izbral dve sorti jablan, in sicer dobro poznano klasiko zlati delišes in novejšo sorto topaz. Tako sem si postavil sedem raziskovalnih vprašanj.

1. Kako se spreminja količina sladkorjev v izbranih sortah jabolk med različnima načinoma skladiščenja?
2. Kako se spreminja količina glukoze v izbranih sortah med različnima načinoma skladiščenja?
3. Kako se spreminja količina škroba v izbranih sortah med različnima načinoma skladiščenja?
4. Kako se spreminja pH vrednost v izbranih sortah med različnima načinoma skladiščenja?
5. Kako se spreminja količina vitamina C oziroma askorbinske kisline v izbranih sortah med različnima načinoma skladiščenja?
6. Kako se spreminja količina vode v izbranih sortah med različnima načinoma skladiščenja?
7. Kako se spreminja trdota v izbranih sortah med različnima načinoma skladiščenja?

1.2 HIPOTEZE

Glede na sedem zastavljenih raziskovalnih vprašanj sem zasnoval sedem hipotez.

1. Domnevam, da bo količina sladkorjev med skladiščenjem izbranih sort jabolk padala, ker se porabljajo za dihanje in druge procese, vendar bodo plodovi iz specializirane hladilnice vsebovali več sladkorjev, saj dihanje in procesi v specializirani hladilnici potekajo počasneje kot v domači kleti.
2. Domnevam, da bo količina glukoze med skladiščenjem izbranih sort jabolk padala, ker je glukoza le monosaharid med sladkorji, vendar pa bodo plodovi iz specializirane hladilnice vsebovali več glukoze, saj dihanje in procesi v specializirani hladilnici potekajo počasneje kot v domači kleti.
3. Domnevam, da bo količina škroba med skladiščenjem izbranih sort jabolk padala, vendar bodo plodovi iz specializirane hladilnice vsebovali več škroba kakor plodovi iz domače kleti, saj bo hidroliza škroba potekala hitreje v domači kleti zaradi višjih temperatur kot v specializirani hladilnici.
4. Domnevam, da bo količina kislin manjša oziroma da bo pH vrednost rastla med skladiščenjem izbranih sort jabolk, saj so kisline udeležene v metaboličnih procesih, vendar bo količina kislin v specializirani hladilnici počasneje upadala, ker so metabolični procesi v plodu upočasnjeni.
5. Domnevam, da bo količina vitamina C oziroma količina askorbinske kisline med skladiščenjem izbranih sort jabolk padala, saj vitamin C spada med manj obstojne snovi, vendar pa bo količina vitamina C večja v specializirani hladilnici zaradi večje možnosti za obstojnost kot v domači kleti.
6. Domnevam, da bo količina vode med skladiščenjem izbranih sort jabolk padala zaradi transpiracije plodov, torej izhlapevanja vode v okolico. Vendar bo količina vode v plodovih večja v specializirani hladilnici, saj ob nižji temperaturi in višji relativni vlažnosti izhlapi manj vode kot v domači kleti.
7. Domnevam, da bo trdota jabolk med skladiščenjem padala, saj bo v plodu vse manj pektina in celuloze in bodo stene celic šibkejše, vendar bo trdota manjša pri plodih, ki so bili uskladiščeni v domači kleti, ker bodo procesi v jabolkih potekali hitreje.

1.3 METODE DELA

Ko sem se odločil za temo svoje raziskovalne naloge, je bilo seveda na vrsti načrtovanje dela in poteka raziskovalne naloge. Najprej sem se napotil v Osrednjo knjižnico Celje, kjer sem si izposodil nekaj knjig o sadjarstvu, poglobljeno sem preučil določena poglavja iz raznih učbenikov kemije, hkrati pa sem podrobno pregledal

priročnik za analizo živil. Določena poglavja sem skrbno preučil, ker pa nisem vsega povsem razumel, sem obiskal strokovnjaka g. Filipa Kompleta iz podjetja Mirosan in se z njim pogovoril o podrobnostih. Hkrati pa sem si pomagal s svojim raziskovalnim delom iz predhodnega leta, ki je bilo nekoliko podobno, ampak precej manj zapleteno kot letošnja naloga, saj lani še nisem imel dovolj znanja. Po preučevanju literature in razgovoru s strokovnjakom sem še enkrat pretehtal raziskovalna vprašanja in izpilil hipoteze. Nato sva skupaj z mentorico izdelala načrt laboratorijskega dela. Sam postopek in metode dela bom opisal v tretjem poglavju. Sledilo je kabinetno delo, torej analiza rezultatov laboratorijskega dela in poročanje.

2 TEORETIČNE OSNOVE

V teoretičnem delu naloge sem zbral različne strokovne vsebine, ki bi mi pomagale pri razlagi rezultatov laboratorijskega dela. Pogosto prihaja pri meritvah do odstopanja, ki si ga brez poglobljenega razumevanja sadjarstva in kemije ne znamo predstavljati. Zato sem v teoretičnem delu izpisal nekaj strokovnih vsebin iz sadjarskih in kemijskih priročnikov.

2.1 JABLANA

V nadaljevanju bom opisal zgodovino ter splošne botanične lastnosti jablane (*Malus domestica Borkh*).

Prvotna domovina jablan je na Bližnjem vzhodu (Mezopotamija). Najstarejše ostanke jablan, stare vsaj 6500 let, so arheologi odkrili na območju Jeriha v dolini reke Jordan in v Mali Aziji. Zdravilno moč jabolk so poznali že Egipčani, ki so jablane sadili vzdolž reke Nil. O njih so pisali stari Grki in Rimljani. Prav njihov je pregovor, ki se je ohranil do današnjih dni: »Jabolko na dan odžene zdravnika stran«. Drugi pregovor pa pravi, da bi zdravniki ostali brez posla, če bi mi vsak večer pred spanjem pojedli eno jabolko. S pohodi Rimljanov so se različne sorte jablan razširile po vsej Evropi, celo na britanske otoke. Pomembno vlogo pri tem so imela tudi germanska in slovanska plemena. V starem veku so jablane sadili naključno. Sadovnjaki kot poseben prostor za sadna drevesa so se pojavili šele v srednjem veku, najprej znotraj samostanskih in pozneje tudi grajskih obzidij. V tretjem stoletju pred našim štetjem je grški botanik Teofrast predstavil cepljenje, kar je omogočilo izbor in ohranitev določenih lastnosti plodov pri razmnoževanju in tako nastanek različnih sort. Sodeč po Valvazorju so na prelomu v novi vek na naših tleh poznali že več sto sort jablan (Sorte slovenskih jabolk, 2023).

Žlahtna jablana je medvrstni križanec, saj je pri njenem nastanku sodelovalo več vrst. Domovina žlahtne jablane je verjetno Kavkaz ali širše območje osrednje Azije, kjer še danes lahko najdemo številne oblike številnih jablan. Divja oblika jablane, ki jo najdemo po evropskih gozdovih, je lesnika (*Malus sylvestris*). S spontanim križanjem in mutacijami so se znotraj žlahtne jablane pojavili sejanci, ki so jih ljudje že v kameni dobi nabirali in presegali v bližino svojih bivališč. Razvoj cepljenja pomeni tudi razmnoževanje sort. Cepljenje so poznali že nekaj let pred našim štetjem. Žlahtno jablano so v Evropo zanesli Rimljani in druga seleča se ljudstva, pred tem so poznali in nabirali izvorno, avtohtono lesniko (Štampar, 2014, str. 222).

Jablani najbolj ustrezajo globoka, dobro navlažena in rodovitna tla. Zraste od 5 do 10 m visoko. Drevo ima gosto razvejano krošnjo, lahko pa je gojena tudi kot špalirni grm. Spomladi se na jablani razvijejo večcvetne, pokončne češulje na večinoma vodoravno štrlečih vejicah. Jablana ima eliptične do jajčaste liste s pravilno nažaganimi listnimi robovi. Listi na jablani so premenjalno nameščeni. Jablana cveti v mesecu maju. Njeni cvetovi so do 3 cm dolgi in pecljati. Pecelj je polsteno dlakav. Cvet ima 5 zelenih časnih in 5 venčnih listov, ki so običajno od bele do rožnate barve. Cvetno odevalo varuje 10 do 20 prašnikov z rumenimi prašnicami. Plodnica je podrasla (Godet, 2000, str. 198).

2.2 JABOLKO

V nadaljevanju bom povzel fiziološke in kemijske lastnosti plodov jablan, torej jabolk.

Površina plodov je pokrita z običajno kožico, le-ta sestoji iz epidermija, ki ima najpogosteje eno plast celic, in hipodermija, ki ima več plasti celic. Celice epidermija imajo odebeljeno zunanjo membrano, stran celične stene, ki se imenuje kutikula. Kutikula je najpogosteje pokrita s tanjšo ali debelejšo voščeno prevleko. Najuporabnejši del plodu je njegov mesnati del, parenhim plodu, ki ga pogosto imenujemo mezokarp. Mesnati del plodu je sestavljen iz raztreseno povezanih celic parenhima. Velikosti teh celic se zvečujejo od obrobja proti središču, spreminja pa se tudi oblika celic. Celice parenhima so lahko izpopolnjenje s škrobom ali sokom. Parenhimske celice so oddaljene z medceličnimi prostori, v katerih je navadno zrak. Od velikosti medceličja je odvisna tudi specifična teža plodov. Neužitni deli ploda so pri pečkatem sadju pecelj, pečišče, pečke in čaša. Iz pečk pa lahko izdelujemo olje. Prav tako pa lahko uporabimo neužitne dele plodov kot organsko gnojilo, deloma pa tudi kot hrano za živino (Gvozdenović, 1989, str. 8-10).

Sadje ima zelo zapleteno in raznovrstno kemično sestavo. Četudi je v plodu veliko kemičnih snovi, jih je mogoče v groben razvrstiti na organske in anorganske. Skupino

anorganskih snovi sestavljajo voda (H₂O) in plini (O₂, CO₂, in N₂). V skupino organskih snovi pa spadajo sladkorji, organske kisline, aminokisline, proteini, encimi, lipidi, aromatične snovi, etilen, vitamini in hormoni (Gvozdenović, 1989, str. 10).

2.3 SORTE JABLAN

V naslednjih dveh podpoglavjih bom opisal obe sorti jablan, katerih plodove sem uporabil pri laboratorijskem delu. V posvetu s strokovnjakom iz Mirošana, gospodom Filipom Kompletom, sem se odločil za sorte, ki so bolj tolerantne na različne bolezni in škodljivce ter se pogosteje uporabljajo za namene skladiščenja.

2.3.1 ZLATI DELIŠES

Sorta zlati delišes je naključni sejanec, ki ga je okrog leta 1890 v Virginiji odkril Anderson H. Mullins. Njena materna sorta je grimes golden, opraševalec pa najverjetneje sorta golden reinette. Zlati delišes je zelo občutljiv na škrlup in manj občutljiv za plesen in ognjevko (Čebulj, 2022, str. 12). Je ena najbolj razširjenih sort na svetu. Zori v drugi polovici meseca septembra, uporaben pa je od oktobra do januarja. Plodovi so večinoma srednje debeli do debeli, na preobloženih drevesih pa so drobnejši, okroglo kopasti. Meso je zeleno rumenkasto do kremasto, sočno, čvrsto, sladko, z blago kislino in žlahtno aromo. Koža je suha in gladka, bolj ali manj prekrita s sivo do rumeno rjavo mrežasto rjo. Plodovi so občutljivi na pritiske in udarce (Drevesnica Barbo, b. d.).

2.3.2 TOPAZ

Sorta topaz je češkega porekla, vzgojena je bila na žlahtniteljski postaji Stržovice. Starševski par sta sorti rubin in vanda. Lastnik sorte je Institute of Experimental Botany iz Prage. V okusu prevladuje kislina. Spada med sorte, ki so nagnjene k izmenični rodnosti. Sorta topaz predstavlja vodilno sorto v ekološki pridelavi jabolk pri nas. Ta ima v primerjavi z osnovno sorto prelito obarvane plodove (Čebulj, 2022, str. 23). Plod je srednje debel do debel, kožica je zeleno rumena, tri četrtine je prekrita s prižasto oranžno rdečo barvo, meso čvrsto, sočno, kiselkasto, aromatično. V okusu prevladuje prijetna kislina, ki spominja na stare sorte jabolk. Zelo je tolerantna na škrlup, netolerantna pa na plesen (Rast Baznik, b. d.).

2.4 SKLADIŠČENJE JABOLK

Staro pravilo skladiščenja je, da iz slabega blaga ni mogoče narediti dobrega. Zato moramo pred skladiščenjem pravilno ugotoviti kakovost plodov, namenjenih za shranjevanje. Plodovi za čim daljše skladiščenje morajo biti čim bolj enako fiziološko zreli. Biti morajo zdravi, brez znamenj, fizioloških obolenj, kajti sicer jih lahko skladiščimo le za krajši čas (Gvozdenović, 1989, str. 64-65).

2.4.1 DIHANJE PLODOV

Vsa živa rastlinska tkiva dihalo. Sadni plodovi dihalo tudi po tem, ko so obrani, med transportom, shranjevanjem pa vse do končne porabe ali predelave. Z dihanjem se sprošča energija, ki je nujno potrebna živim bitjem za procese metabolizma, prenos snovi v druga tkiva in za vzdrževanje propustnosti membran (Gvozdenović, 1989, str. 18).

Najpogostejše in najbolj navadno dihanje sadnih plodov je aerobno dihanje. Normalna atmosfera je bogata s kisikom, ki je v običajnih razmerah tkivom dostopen v neomejenih količinah. Toda če kisika ni, se začne anaerobno dihanje, ko glukoza razpade v pirovat. Glukoza tedaj razpade prek pirogrozdne kisline v mlečno kislino ali v acetaldehid in etanol v procesu, ki se imenuje fermentacija. Koncentracija kisika, pri kateri se začne anaerobno dihanje, je odvisna od tkiva, vrste, sorte, zrelosti in temperature. Uveljavljeno je mnenje, da začno jabolka pri nizkih temperaturah (1 do 2,5 °C) dihati anaerobno, ko količina kisika pade pod 1 % (Gvozdenović, 1989, str. 20).

Intenzivnejše dihanje sadja med zorenjem spremlja tudi povečano sproščanje hlapnih snovi, od katerih je posebno pomemben etilen oz. eten (C_2H_4), ki pospešuje zorenje. Etilen pri posebno sadnih vrstah z izrazitim klimakteričnim vzponom dihanja močno pospeši zorenje plodov in povzroči propadanje plodov. S povišanjem temperature ali s temperaturnimi stresi je izzvana sprememba v metabolizmu, ki pospešuje nastajanje etilena (Gvozdenović, 1989, str. 24).

2.4.2 KLET

Za dobro skladiščenje je pomembna temna klet, v kateri sta pozimi primerna temperatura (2–5 °C) in pravšnja vlaga (sorazmerna, relativna zračna vlaga 80–92 %). Paziti moramo, da temperatura v prostoru ne pade pod 0 °C, ker se na plodovih pojavijo porjavitve in ti propadejo. Prav tako temperatura ne sme biti previsoka, ker se procesi zorenja pospešeno nadaljujejo in sadje po krajšem času prezori. Če je klet

presuha, plodovi izgubljajo vodo in kožica se naguba. Pazimo, da v istem prostoru ne shranjujemo drugega zrelega sadja ali zelenjave (npr. krompir), ker dodatno izločanje etilena pospešuje prezoritev obranih sadežev. Tudi uskladiščeni plodovi izločajo etilen (vonj po zrelem sadju), zato je treba prostor nekajkrat tedensko prezračiti, saj lahko na tak način skladiščimo sadje več mesecev. Ko obiramo plodove, pazimo, da uskladiščimo samo popolnoma zdrave in nepoškodovane. Kajti samo en nagnit plod v sadnem zaboju lahko v zelo kratkem času povzroči propad večine plodov v njem. Temu se izognemo, če redno pregledujemo sadeže v zaboju in obolele sproti izločimo. Pomembno je, da pred skladiščenjem počistimo prostor in vso embalažo dobro operemo ter če je možno, tudi razkužimo. Tako preprečimo, da bi sadje zgnilo zaradi neustrezne embalaže in higiene v skladišču (Štampar, 2014, str. 216).

2.4.3 SPECIALIZIRANA HLADILNICA

Poznamo več vrst hladilnic, vendar bom v nadaljevanju opisal le ULO hladilnico, ker je bila uporabljena kot specializirana hladilnica v raziskovalni nalogi.

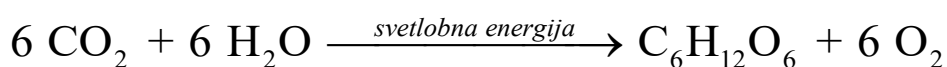
ULO je izpopolnjena metoda skladiščenja v kontrolirani atmosferi (CA). Pri dolgotrajnem skladiščenju sadja se že vrsto let uporablja kontrolirana atmosfera s konstantno sestavo zraka. Strategija nadzora skladiščne atmosfere je običajno prilagojena vrsti in sorti sadja. Količino kisika zmanjšamo na minimum, ki ga plodovi še prenesejo, količino CO₂ pa povečamo in s tem upočasnimo procese zorenja in kvarjenja. Normalno je v ozračju 21 % kisika in 0,03 % CO₂, v CA pa spustimo kisik na 1 –1,5 % in CO₂ povečamo na 1,5 %, ostalo pa zapolnimo z dušikom (N₂) (Hribar, Vidrih, & Zlatič, 2008). Pri sistemu ULO (Ultra Low Oxygen) se vzdržuje vsebnost kisika na meji bioloških možnosti dihanja plodov, torej neposredno nad vrednostjo, pod katero se začne anaerobni metabolizem. Ta meja je glede na sorte in vrste sadja od 0,8 do 1,2 %. Ker obstaja veliko tveganje, da se začne anaerobno dihanje, je potrebna zelo natančna merilna tehnika za vzdrževanje takšnega režima. Koncentracija ogljikovega dioksida pri skladiščenju v ULO je običajno znatno višja od koncentracij v normalni kontrolirani atmosferi. Temperatura skladiščenja je od 0 °C do 3 °C (Gvozdenović, 1989, str. 258).

2.5 LASTNOSTI MERJENIH PARAMETROV V JABOLKIH

V nadaljevanju bom opisal vse lastnosti merjenih parametrov, in sicer sladkorje, glukozo, škrob, pH vrednost, vitamin C, količino vode in trdoto.

2.5.1 SLADKORJI

Glavni vir sladkorjev v rastlini je glukoza, ki nastane pri fotosintezi. Pri procesu fotosinteze se spajata ogljikov dioksid in voda ter nastane glukoza in kisik. Da proces poteče, pa je potrebna svetlobna energija. Nato rastlina glukozo uskladišči v gomoljih, koreninah, semenih, v katerih je zaloga hrane za novo rastlino ali pa jo s pomočjo encimov spremeni v druge sladkorje, na primer sadni sladkor, ki ga strokovno imenujemo fruktoza (Graunar, Podlipnik, & Mirnik, 2016, str. 82). Količina sladkorjev se, odvisno od razmer shranjevanja, zmanjšuje hitreje ali počasneje zaradi porabe za dihanje in druge procese, sladkorji pa se tudi med skladiščenjem spreminjajo iz sestavljenih v enostavne (Gvozdenović, 1989, str. 67).



Enačba 1: Fotosinteza

Z refraktometrom v stopinjah Brix (°Bx) ugotavljamo količino suhe snovi v plodu. Glavni delež suhe snovi, okoli 85 %, predstavljajo sladkorji, kot so glukoza, saharoza, fruktoza itn. Sok ploda damo na ploščico refraktometra, zapremo s pokrovčkom, pogledamo proti svetlobi in odčitamo vrednost (Štampar, 2014, str. 207).

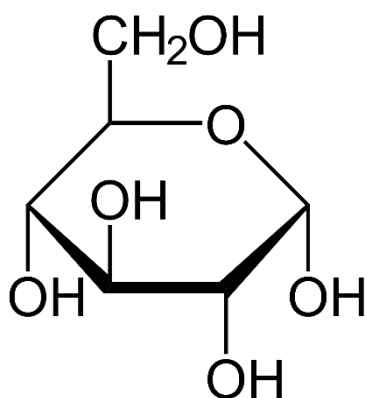
Načelo delovanja refraktometra temelji na uporabi pojava loma svetlobnega toka. Ko svetlobni žarek prehaja iz ene snovi v drugo, odstopa od premočrtne smeri za določen kot. Razmerje med kotom vstopa svetlobnega snopa v snov in njegovim lomnim kotom na meji med dvema medijema se imenuje koeficient oziroma indeks loma. Glavni optični element refraktometra je prizma, na katero se nanese preskusna snov. Prizma je izdelana iz materiala z visokim lomnim količnikom. Zaradi tega se vpadna svetloba, ki prehaja skozi snov in prizmo, lomi pod dovolj velikim kotom. Skozi sistem optičnih leč svetloba vstopi v refraktometrično lestvico. Glede na lomni kot je svetlobni žarek višji ali nižji na lestvici instrumenta. Osvetljeni del lestvice bo tedaj svetel in predstavlja količino suhe snovi, del, na katerega svetlobni žarek ne pade, bo temen. Vrednost kota loma svetlobe je odvisna od sestave raztopine in njene koncentracije (Hiddenshell, b. d.).

2.5.2 GLUKOZA

Glukoza oz. grozdni sladkor nastane v rastlini pri fotosintezi in ima molekulsko formulo $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$. Uvrščamo jo med ogljikove hidrate, ki pa spadajo v kisikovo družino organskih spojin. Ogljikovi hidrati se delijo na monosaharide (en obroč), disaharide

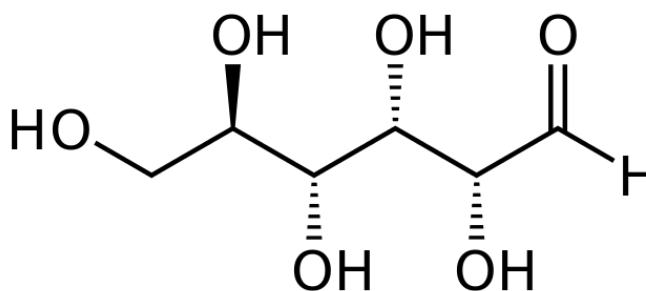
(dva obroča), oligosaharide (2–10 obročev) in polisaharide (10 obročev in več). Glukoza ima le en obroč, kar pomeni, da je monosaharid.

Glukozo poznamo v ciklični (obroč) in aciklični obliki (veriga), ki jo imenujemo aldoza. Vendar pa je v raztopini le 0,25 % aldoze, več kot 99 % pa ciklične oblike glukoze (Graunar, Podlipnik, & Mirnik, 2016, str. 84).



Slika 2: Skeletna formula ciklične oblike glukoze

Vir: <https://bit.ly/glukose1>



Slika 1: Skeletna formula aciklične oblike glukoze – aldoza

Vir: <https://bit.ly/4b28Whb>

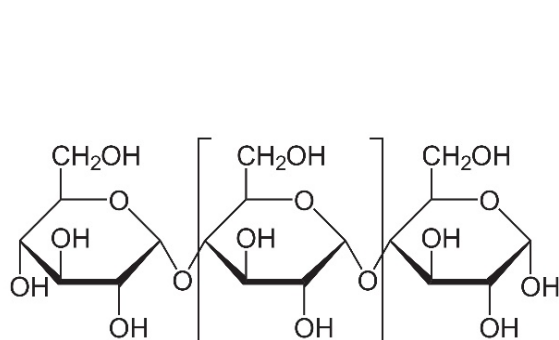
Glukozo lahko merimo tudi z glukoznimi lističi. Nanje kapnemo raztopino ali pa listič pomočimo v raztopino, za katero nas zanima vrednost glukoze v njej. Na lističu je indikator, ki se različno obarva, odvisno od količine glukoze. Barvo, ki je nastala na lističu, primerjamo z barvno skalo na škatlici indikatorja in odčitamo vrednost glukoze (Štampar, 2014, str. 208).

2.5.3 ŠKROB

Škrob spada med ogljikove hidrate. Sestavljen je iz veliko monomerov glukoze, kar pomeni, da je polisaharid. V škrobu se glukoza s pomočjo encimov povezuje na dva načina, zato je škrob sestavljen iz amiloze in amilopektina. Glukoza se povezuje s kondenzacijsko polimerizacijo, pri kateri se kondenzira voda (H_2O) (Graunar, Podlipnik, & Mirnik, 2016, str. 87).

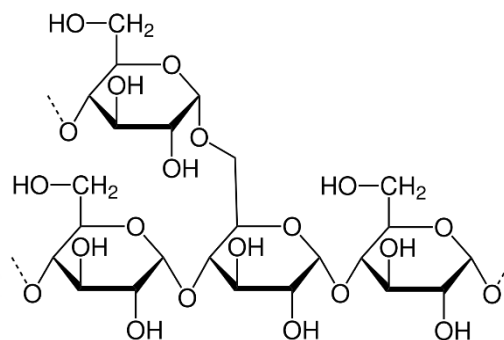
Amiloza je homopolimer glukoze, v katerem se posamezne glukozne enote povezujejo z α 1→4. Nastane nerazvejana veriga, ki vsebuje 250–1000 glukoznih podenot. Zaradi kota v α 1→4 vezi se molekula zvije v desnosučno vijačnico, v kateri enemu obratu ustreza 7 molekul glukoze. V spiralo se lahko vključijo majhne molekule, ki povzročijo obarvanje. Jod amilozo obarva modro (Župančič & Javornik, 2008).

Prav tako kot amiloza je amilopektin sestavljen iz glukoze, le da se tokrat poleg α 1 $\rightarrow$ 4 vezi na vsakih 25–30 monomernih enot pojavi tudi α 1 $\rightarrow$ 6 vez. Na ta način nastaja razvejana α vijačnica. Ta razvejanost poveča število aktivnih mest za ustrezne encime in omogoča hitrejšo razgradnjo škroba. Amilopektin je glavna sestavina škroba in predstavlja približno 80 % njegove mase. V vodi je netopen. Tako kot pri amilozi se lahko v vijačnico vključijo majhne molekule. Jod povzroči rdeče-vijolično obarvanje amilopektina (Župančič & Javornik, 2008).



Slika 3: Skeletna formula amiloze

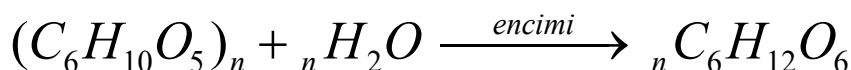
Vir: <https://bit.ly/3wlb9o7>



Slika 4: Skeletna formula amilopektina

Vir: <https://bit.ly/3OPJwtt>

Razpadanje škroba na enostavnejše sladkorje imenujemo hidroliza škroba. Pri tem procesu sta potrebna škrob in voda, ta pa se spreminjata v glukozo. Da proces poteče, so potrebni encimi. Hidroliza spada med počasnejše procese in poteka hitreje pri višjih temperaturah (Graunar, Podlipnik, & Mirnik, 2016, str. 93).



Enačba 2: Hidroliza škroba

V procesu dozorevanja in skladiščenja plodov se škrob pretvarja v sladkor. Ta proces lahko spremljamo s škrobnim testom. Za testiranje moramo izbrati nekaj jabolk, ki jih po sredini prečno prerežemo ter obarvamo z raztopino kalijevega jodida – jodovico. Za 1 liter jodovice moramo v 1 litru destilirane vode raztopiti 10 g kalijevega jodida (KI) in 3 g joda (I_2). Raztopina je občutljiva na svetlobo, zato jo hranimo v steklenici rjave barve in v temnem prostoru (Gutman, 2019).

2.5.4 pH VREDNOST

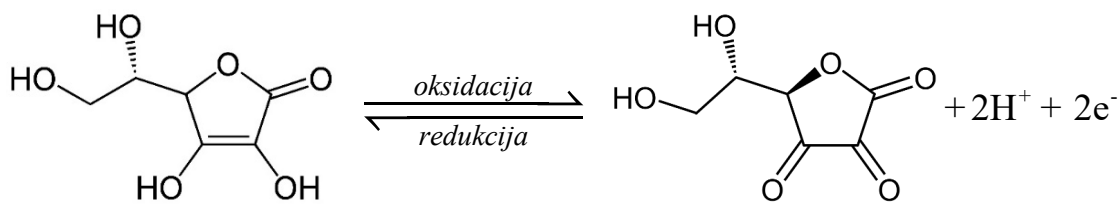
V sadju so organske kisline v celični tekočini ali nevezane v obliki soli, estrov itn. V sadju je največ citronske in jabolčne kisline, jabolčne je v jabolku od 0,3 % do 0,9 %. Skupna količina kislin se spreminja, ko plodovi rastejo. Te spremembe so odvisne tudi

od vrst sadja. Skupna količina kislin v jabolku doseže najvišjo stopnjo, ko je jabolko približno na polovici svoje rasti, potem pa se polagoma zmanjšuje. Obenem ko se spreminja skupna količina kislin, se spreminja tudi pH vrednost soka v jabolku. Po obiranju se skupna količina kislin zmanjšuje relativno hitreje kot količina sladkorjev. Dinamika spremembe skupne količine kislin je odvisna od razmer, v kakšnih je sadje shranjeno. Dokazano je, da se njihova količina precej manj spreminja, če shranjujemo plodove v kontrolirani ali ULO atmosferi, kot pa če jih shranjujemo v kleti. Zato so plodovi iste sorte, shranjeni v kontrolirani ali ULO atmosferi, veliko bogatejši s kislinami in boljše kakovosti kot tisti, shranjeni v kleti (Gvozdenović, 1989, str. 26).

Kislost jabolčnega soka lahko ocenimo s pomočjo pH lističev ali izmerimo s pH metrom. pH je merilo kislosti ali bazičnosti raztopin. Raztopine so lahko različno kisle ali različno bazične. Koliko je raztopina kislja ali bazična, merimo s pomočjo pH lestvice. Vrednosti pH raztopin segajo od 0 do 14. Kisle raztopine imajo pH nižji od 7, bazične višji od 7, nevtralne snovi pa imajo pH natančno 7. Čim bolj je pH vrednost blizu 0, tem bolj je kislina kislja. Čim bolj je pH proti 14, tem bolj je raztopina bazična (Graunar, Podlipnik, & Mirnik, 2016, str. 16). Če uporabljamo pH meter, le-tega s sondo namočimo v raztopino, katere pH vrednost nas zanima. pH meter s stekleno elektrodo meri električno napetost, ta pa je odvisna od koncentracije oksonijevih ali hidroksidnih ionov. pH meter je treba predhodno umerjati s standardnimi raztopinami pufov, pomembna pa je tudi temperatura, pri kateri merimo (Zmazek, 2014, str. 87).

2.5.5 VITAMIN C

Vitamin C v kemiji poimenujemo askorbinska kislina, ki ima kemijsko formulo $C_6H_8O_6$. Je vodotopen vitamin, ki je ključen antioksidant v človeškem telesu. Uvrščen je na seznam Svetovne zdravstvene organizacije esencialnih zdravil, saj se uporablja za zdravljenje skorbuta, tj. bolezni, pri kateri se pojavi napaka pri nastanku kolagena zaradi pomanjkanja askorbinske kisline. V nasprotju s prepričanjem splošne populacije redno uživanje vitamina C kot prehranskega dodatka ne preprečuje prehlada, lahko pa skrajša čas obolelosti. Vitamin C lahko dobimo s hrano v dveh oblikah, in sicer kot askorbinsko kislino, ki je močan reducent, ali v oksidirani obliki kot dehidroaskorbinsko kislino. Čeprav se vitamin C nahaja v telesnih tekočinah večinoma v reducirani obliki, sta tako askorbinska kislina kot tudi dehidroaskorbinska kislina biološko aktivni in se v organizmu v encimsko kataliziranih reakcijah oksidacije in redukcije pretvarjata druga v drugo (Inštitut Jožef Stefan, 2018).



Slika 5: Skeletna formula askorbinske kisline

Vir: <https://bit.ly/49IHfOZ>

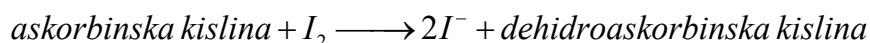
Slika 6: Skeletna formula dehidroaskorbinske kisline

Vir: <https://bit.ly/3I5HSAC>

Vitamin C je ob nepravilnem ravnanju z živali med manj obstojnimi vitamini. Pri vitaminu C je vsekakor potrebno upoštevati, da je izredno občutljiv na zunanje dejavnike. Njegova količina se v živalih lahko drastično zmanjša z neustreznim skladiščenjem živil in neustrezno pripravo ter obdelavo hrane (Vetrnik & Korošec, b. d.).

Askorbinska kislina se v naravi nahaja v številnih vrstah sadja in zelenjave. Človeški organizem ne more proizvajati askorbinske kisline, zato jo moramo pridobiti s hrano (ABC zdravja, 2014). Vitamini v človeškem organizmu so sestavni del posameznih encimov, znani kot aktivatorji encimov. Sodelujejo pri sintezi RNA in DNA oziroma ključnih procesih, povezanih z reprodukcijo, rastjo in razvojem. Sodelujejo v procesih razgrajevanja ogljikovih hidratov, lipidov in beljakovin, v katerih se sprošča energija, nujna za biokemične in fiziološke procese. Vitamini spopolnjujejo učinek hormonov (Gvozdenović, 1989, str. 12).

Metoda določanja koncentracije vitamina C v raztopini deluje na osnovi redoks titracije z jodom. Ko v vzorec dodamo jod, ta povzroči oksidacijo askorbinske kisline v dehidroaskorbinsko kislino, jod pa se reducira v jodidne ione. Jod se reducira do jodida, dokler je prisotna askorbinska kislina. Ko se vsa askorbinska kislina oksidira, začne odvečni jodid reagirati s škrobnim indikatorjem in tvori kompleks temno modre barve. Takrat dosežemo končno točko titracije (Inštitut Jožef Stefan, 2018).



Enačba 3: Redoks titracija z jodom

2.5.6 KOLIČINA VODE

V skupini anorganskih snovi ima najpomembnejšo vlogo voda (H_2O), saj je vode v sadju najpogosteje od 75 do 90 odstotkov, pri jabolkih pa kar od 84 do 86 odstotkov. Količina vode v plodovih je odvisna tudi od tega, koliko vode vsebujejo pred obiranjem, velika količina vode pa lahko poveča verjetnost za večjo transpiracijo (Gvozdenović, 1989, str. 10).

Transpiracija je najpomembnejši način izločanja vode iz sadnih plodov – v obliki vodnih hlapov. Močno jo lahko zmanjšamo pri nizkih temperaturah ter z reguliranjem relativne vlažnosti zraka v skladiščnem prostoru. Z naraščanjem temperature se zvišuje intenzivnost transpiracije pa tudi koncentracija kisika in ogljikovega dioksida, ki upočasni ali pospešita vse metabolične procese. Posledica prevelikega izgubljanja vode je, da plodovi venijo, se grbančijo in izgubljajo sočnost, zato se njihova kakovost precej zmanjša, izgubi pa se tudi precej mase, vendar se ta izgublja tudi z dihanjem (Gvozdenović, 1989, str. 67).

Določanje vsebnosti vode v živilu spada med pomembne metode določanja kakovosti živil. Voda v živilih je v obliki proste vode ali vezane. Običajno je v živilih več proste vode, ki jo je lahko določati. Sušenje lahko poteka pri normalnem zračnem tlaku ali v vakuumskem sušilniku. Pri normalnem zračnem tlaku poteka na predpisani temperaturi – običajno 105 °C do konstantne teže (Hmelak, 2010, str. 45).

2.5.7 TRDOTA

Trdota se med zorenjem in skladiščenjem stalno zmanjšuje. To je odvisno od sestave celičnih sten in količine pektinov ter celuloze pa tudi od količine sladkorjev s pet ali šest atomi ogljika. Trdota je posebno odvisna od stanja jabolk pred obiranjem. Zmanjševanje trdote plodov je med skladiščenjem predvsem odvisna od prehajanja netopnih snovi v pektin ter količine sladkorjev (Gvozdenović, 1989, str. 27).

Trdoto merimo s penetrometrom. Ta naprava meri silo, ki je potrebna, da se bat določene velikosti ugrezne v meso do določene globine. Pri jabolki odstranimo tri kvadratne centimetre kože, čim manj globoko. Trdoto izmerimo na vseh štirih straneh ploda. Enota za merjenje trdote pa je kg/cm^2 (Štampar, 2014, str. 207).

3 METODOLOGIJA DELA

V tretjem poglavju bom natančno opisal, po katerih metodah sem pridobil rezultate. Pridobivanje meritev in opažanj je potekalo pri laboratorijskem delu, ki sem ga opravil v učilnici za kemijo. Le pridobivanje rezultatov trdote je potekalo v delovnem laboratoriju v podjetju Mirozan. Jabolkom sem pred skladiščenjem v klet in specializirano hladilnico opravil vse meritve in opažanja, nato pa sem vsakodnevno meril temperaturo in relativno vlažnost v domači kleti. Prve meritve in opažanja za sorto zlati delišes sem opravil 22. 9. 2023, za sorto topaz pa 4. 10. 2023, saj plodovi sorte topaz niso bili dovolj zreli za obiranje v istem času kot plodovi sorte zlati delišes. Nato sem polovico vzorcev uskladiščil v domači kleti, polovico pa v specializirani hladilnici v podjetju Mirozan. Naslednji meritvi sem opravil najprej po dveh, nato še po štirih mesecih, in sicer 17. 11. 2023 in 12. 1. 2024. Ponovljivost poskusov sem dosegel tako, da sem za posamezno meritev uporabil 3 do 4 jabolka ter izvedel 3 do 4 meritve in opažanja.

Priprava na laboratorijsko delo je potekalo tako, da sem z mentorico obiskal podjetje Mirozan, v katerem so mi iz specializirane hladilne celice vzeli vzorce dveh sort jabolk. Sam sem v šolo prinesel jabolka iz domače kleti, nato pa sem za vsako sorto in za oba načina skladiščenja posebej izvedel meritve in zapisal opažanja.

3.1 DOLOČANJE KOLIČINE SLADKORJEV V JABOLKIH

Količino sladkorjev sem meril s pomočjo refraktometra, in sicer v merski enoti stopinje Brix. Refraktometer sem predhodno umeril z destilirano vodo. Za delo sem potreboval plastično posodo, strgalo za ribanje jabolk, gazo za precejanje, dve večji čaši (600 ml), filtrirni papir, lijak in štiri manjše čase (50 ml). Najprej sem si moral pridobiti jabolčni sok, zato sem iz treh do štirih jabolk prečno izrezal približno pol centimetra širok listič, ki sem ga kasneje potreboval za določanje škroba v jabolkih, ostalo pa sem zribal v plastično posodo in dobljeno preko gaze iztisnil v prvo večjo čašo. Nato sem tekočino iz prve večje čaše prefiltriral v drugo skozi filtrirni papir in tako sem dobil filtrat jabolčnega soka, ki sem ga enakomerno razporedil v štiri oštevilčene manjše čaše.

Iz vsake čaše sem naredil eno meritev skupnih sladkorjev s pomočjo refraktometra. S kapalko sem skrbno kanil nekaj kapljic na stekleno prizmo in zaprl s pokrovčkom. Nato sem refraktometer usmeril proti svetlobi in s skale stopinj Brix odčital rezultat ter ga skrbno zabeležil. Na koncu sem izračunal povprečne vrednosti za posamezno sorto in način skladiščenja.

3.2 DOLOČANJE KOLIČINE GLUKOZE V JABOLKIH

Preostanek prefiltriranega jabolčnega soka sem namenil nadaljnjim meritvam. Količino glukoze sem določal z glukoznimi lističi tako, da sem štiri lističe namočil v štiri čaše. Nato sem počakal približno 30 sekund in s škatlice glukoznih lističev primerjal barvo, ki je nastala na lističu, ter odčital koncentracijo glukoze v enoti mg/l. Na koncu pa sem prav tako izračunal povprečne vrednosti za posamezno sorto in način skladiščenja.

3.3 DOLOČANJE ŠKROBA V JABOLKIH

Škrob v jabolkih sem določal s pomočjo škrobnega testa. Za škrobni test sem sam pripravil jodovico po recepturi, ki sem jo opisal v teoretičnem delu naloge. Potreboval sem tehniko, merilni valj, 600 ml čašo, 2 žlički, kalijev jodid, jod in destilirano vodo. Predvideval sem, da bom potreboval pol litra jodovice. Zato sem z merilnim valjem odmeril 500 ml destilirane vode, stehal 5 g kalijevega jodida in 1,5 g joda. V destilirano vodo sem najprej stresel jod in v raztopino postopoma dodal kalijev jodid. Nato sem raztopino dalj časa mešal na magnetnem mešalu, da se je jod popolnoma raztopil. Jodovico sem iz čaše prelijal v temno steklenico, saj je jodovica občutljiva na svetlobo, in jo shranil v temnem prostoru.

Za vsako sorto in način skladiščenja sem si pripravil dve do tri petrijevke, v katere sem nalil pol centimetra jodovice. Nato sem predhodno prihranjene lističe jabolk pomočil v petrijevko, počakal nekaj trenutkov in jih obrnil, zopet počakal nekaj trenutkov in fotografiral. Rezultate sem dobil tako, da sem fotografije posameznih škrobnih testov, pridobljenih v različnih časovnih obdobjih, primerjal med seboj.

3.4 DOLOČANJE pH VREDNOSTI V JABOLKIH

S pomočjo pH metra sem določal pH vrednost oz. količino kislin v jabolčnem soku. pH vrednost sem meril tako, da sem v posamezno čašo, v kateri je bil jabolčni sok, pomočil pH meter, počakal toliko časa, da se je vrednost na pH metru ustalila, in zapisal vrednost s pH metra. Na koncu pa sem izračunal povprečne vrednosti za posamezno sorto in način skladiščenja.

3.5 DOLOČANJE KOLIČINE VITAMINA C OZIROMA ASKORBINSKE KISLINE V JABOLKIH

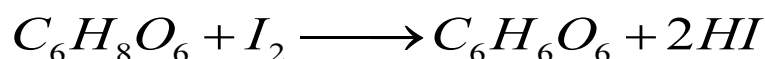
Količino vitamina C oziroma količino askorbinske kisline sem ugotavljal na osnovi redoks titracije z jodom. Za določanje količine askorbinske kisline sem potreboval natančno 0,005 M jodovo raztopino, zato sem jo lastnoročno naredil na Šolskem centru Celje. Pripravil sem jo tako, da sem na analizni tehnici natehtal 325 mg joda in 500 mg kalijevega jodida ter v merilnem valju nameril 250 ml destilirane vode. Nato sem v čašo nalil pol odmerjene destilirane vode in vanjo sprva dodal ves natehtan jod, postopoma pa še ves natehtan kalijev jodid. Nato sem jo pustil mešati na magnetnem mešalu, da se je jod res dobro raztopil. Vsebino sem preli v 250 ml merilno bučko in dodal preostanek destilirane vode do oznake. Jodovico sem pred vsakimi meritvami naredil znova, saj je bila pri tej meritvi potrebna res natančna koncentracija. Za titracijo sem potreboval še 0,5 odstotni škrobni indikator, ki sem ga tudi vsakič pripravil znova. Pripravil sem ga tako, da sem natehtal 200 mg škroba in ga vmešal v 50 ml vroče destilirane vode. Raztopino sem dobro premešal in jo pred uporabo ohladil.

Ostali prefiltriran jabolčni sok sem uporabil za določanje količine askorbinske kisline. Ker sem bil s količino soka omejen, sem moral vzorec jabolčnega soka razredčiti, da sem lahko optimalno videl preskok barve in s tem končno točko titracije. Vzorec sem pripravil tako, da sem iz vsake čaše z merilnim valjem odmeril 20 ml jabolčnega soka, ga zlil v erlenmajerico in z drugim merilnim valjem odmeril 100 ml destilirane vode, ki sem jo prav tako zlil v erlenmajerico, in tako vzorec razredčil šestkrat. Vzorcju sem dodal še 2 ml škrobnega indikatorja in magnet za mešanje na magnetnem mešalu. Nato sem bireto natančno napolnil do oznake s prej omenjeno 0,005 M jodovo raztopino. Pripravljen vzorec v erlenmajerici sem namestil na magnetno mešalo, ki je bilo tik pod bireto, vklopil mešalo in po kapljicah dodajal jodovo raztopino, dokler ni prišlo do temnomodrega obarvanja, ter ob končni točki titracije zapisal porabljen volumen jodove raztopine. Za vsako sorto in način skladiščenja sem titracijo izvedel štirikrat.



Slika 7: Priprava vzorcev za titracijo
Vir: osebni arhiv

Maso askorbinske kisline v vzorcu sem nato izračunal na osnovi množin obeh snovi. S spodnjo kemijsko enačbo lahko pojasnimo, kaj se dogaja ob dodajanju jodove raztopine v vzorec, dokler je prisotna askorbinska kislina. Askorbinska kislina se ob dodajanju joda spremeni v dehidroaskorbinsko kislino, jod pa se spremeni v jodidne ione.



Enačba 4: Reakcija med titracijo

Iz urejene kemijske enačbe reakcije askorbinske kisline z jodom sledi naslednji zapis. Ta nam pove, da je razmerje množine askorbinske kisline proti množini joda ena proti ena, kar pomeni, da je množina askorbinske kisline enaka množini joda, ki je reagiral z askorbinsko kislino.

$$\frac{n(C_6H_8O_6)}{n(I_2)} = \frac{1}{1} \Rightarrow n(C_6H_8O_6) = n(I_2)$$

Enačba 5: Razmerje množine askorbinske kisline proti množini joda

Ker poznamo natančno koncentracijo in volumen jodove raztopine, lahko izračunamo množino joda, ki je reagiral z askorbinsko kislino. Množino joda lahko izračunamo iz spodnje enačbe, pri kateri n predstavlja množino, c znano množinsko koncentracijo, ki je 0,005 M, V pa volumen jodove raztopine, ki sem jo porabil, do preskoka barve pri titraciji. Ker vemo, da je množina joda enaka množini askorbinske kisline, tako dobimo tudi množino askorbinske kisline.

$$n(C_6H_8O_6) = n(I_2) = c(I_2) \cdot V(I_2)$$

Enačba 6: Izračun množine joda in askorbinske kisline

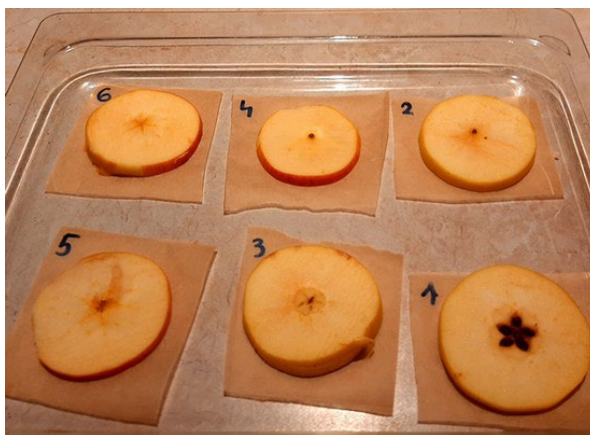
Iz množine askorbinske kisline lahko s pomočjo molske mase askorbinske kisline izračunamo maso askorbinske kisline v vzorcu, tako da množino pomnožimo z molsko maso. Ker pa sem predhodno vzorec razredčil z vodo, moram sedaj to upoštevati pri računanju mase askorbinske kisline. Vzorec, ki je imel volumen (V_V) 20 ml, sem razredčil s 100 ml vode, kar pomeni, da je bil končni volumen raztopine (V_R) 120 ml. Zaradi predhodnega redčenja moram izračunano maso askorbinske kisline množiti s količnikom volumna končne raztopine (V_R) in volumnom vzorca (V_V). Spodnja enačba prikazuje, kako se izračuna masa askorbinske kisline z upoštevanim redčenjem. Iz izračunanih mas askorbinske kisline sem izračunal še povprečno maso posamezne sorte in načina skladiščenja.

$$m(C_6H_8O_6) = \frac{c(I_2) \cdot V(I_2) \cdot M(C_6H_8O_6) \cdot V_R}{V_V}$$

Enačba 7: Izračun mase askorbinske kisline z upoštevanim redčenjem

3.6 DOLOČANJE KOLIČINE VODE V JABOLKIH

Količino vode v jabolkih sem določal s sušenjem v pečici. Najprej sem iz jabolka posamezne sorte in načina skladiščenja prečno izrezal tanek listič, ki je imel debelino manj kot pol centimetra. Nato sem iz papirja za peko izrezal dvanajst lističev, kolikor sem imel tudi vzorcev, jih oštevilčil ter stehtal, zabeležil njihovo maso, nanje postavil posamezen listič jabolka in jih stehtal še z vzorcem ter zabeležil maso z vzorcem za posamezni listič. Vzorce jabolk sem položil na pekač in jih postavil v predhodno ogreto pečico na 105 °C. Jabolka sem sušil tako dolgo, da so imela na koncu konstantno maso.



Slika 8: Vzorci pripravljeni na sušenje
Vir: osebni arhiv

Odstotek vode v jabolkah sem izračunal s spodnjo enačbo, pri kateri m_1 predstavlja maso vzorca pred sušenjem, m_2 pa maso po končanem sušenju. Maso vzorca pred sušenjem in po njem sem dobil tako, da sem maso lističa odštel od mase lističa z vzorcem. Na koncu pa sem izračunal povprečne vrednosti za posamezno sorto in način skladiščenja.

$$\% \text{ vode} = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1} \right) \cdot 100\%$$

Enačba 8: Izračun odstotkov vode

3.7 DOLOČANJE TRDOTE JABOLK

Trdoto jabolk sem določal z dvema jabolkoma posamezne sorte iz različnega načina skladiščenja, saj sem bil količinsko omejen s jabolki. Ti dve jabolki sta bili uporabljeni samo za določanje trdote. Trdoto sem določal s penetrometrom. Jabolko sem najprej z lupilnikom olupil na štirih mestih, čim manj globoko. Nato sem penetrometer ponastavil in ga na olupljenem mestu zarinil do oznake na penetrometru in zapisal vrednost trdote. Enoto, ki sem jo uporabil, je kg/cm^2 . Na koncu pa sem prav tako izračunal povprečne vrednosti za posamezno sorto in način skladiščenja.



Slika 9: Določanje trdote

Vir: osebni arhiv

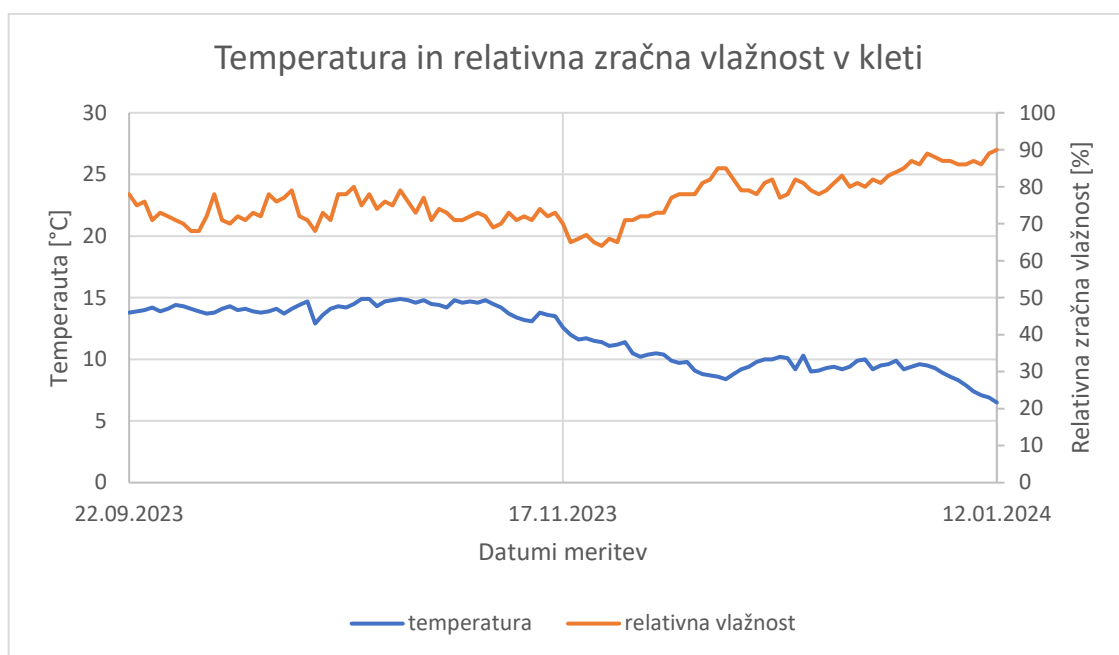
4 REZULTATI OPAZOVANJ IN MERITEV

V četrtem poglavju bom predstavil rezultate meritev, ki sem jih pridobil pri laboratorijskem delu. V vsakem podpoglavju bodo predstavljeni in opisani rezultati merjenih parametrov.

V nadaljevanju bom podal povprečno mesečno temperaturo in povprečno vlažnost kleti, saj imata ta dva parametra veliko vlogo pri skladiščenju in s pomočjo teh podatkov lahko sklepamo, da je prišlo do določenih sprememb v plodovih.

Tabela 1: Povprečne mesečne temperature v domači kleti

mesec	temperatura [°C]	relativna zračna vlažnost [%]
september	14,10	72,00
oktober	14,24	74,26
november	12,72	70,37
december	9,44	80,61
januar	8,28	87,33



Graf 1: Temperatura in relativna zračna vlažnost v kleti

V tabeli 1 sem podal povprečno temperaturo in relativno vlažnost v zraku za en mesec, v grafu 1 pa niso podane le povprečne vrednosti za vsak mesec, ampak za vsak dan skladiščenja plodov v kleti. Za vsak dan sem podal vrednosti v prilogi 11. Iz grafa 1 je razvidno, da je temperatura med skladiščenjem padala, najbolj od drugega

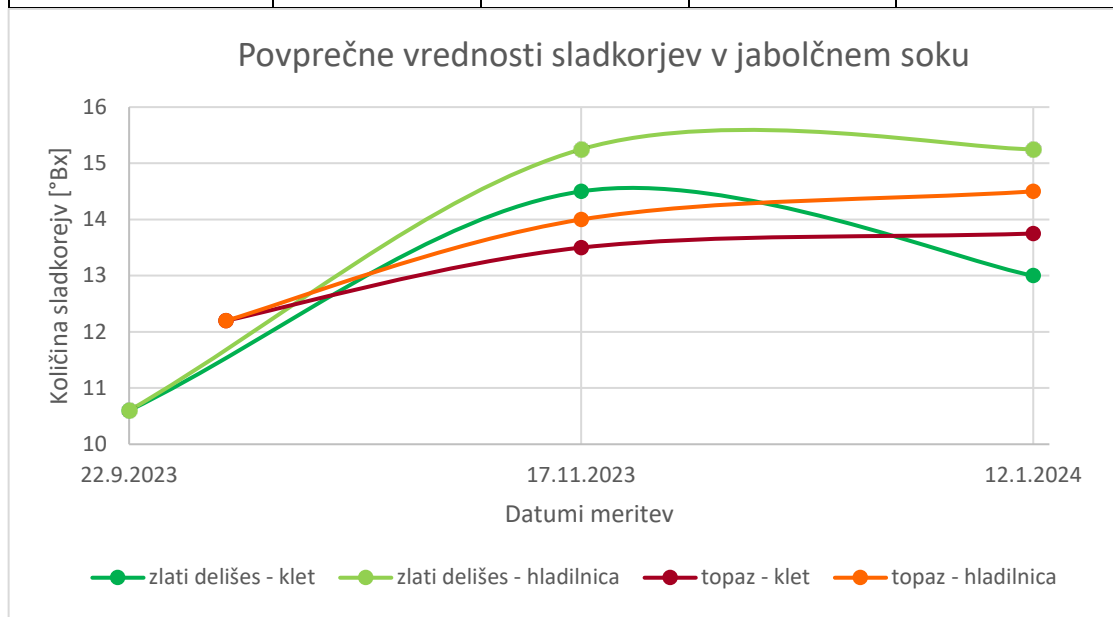
merjenja do zadnjega. Prav tako pa je relativna vlažnost najbolj naraščala od drugega merjenja do zadnjega.

4.1 REZULTATI UGOTAVLJANJA KOLIČINE SLADKORJEV V JABOLKIH

Količino skupnih sladkorjev sem določal s pomočjo refraktometra. Iz dobljenih rezultatov sem za posamezno sorto in način skladiščenja izračunal povprečne vrednosti in jih zapisal v tabeli 2.

Tabela 2: Povprečna vrednost skupnih sladkorjev v jabolčnem soku

Datumi meritev	Povprečna vrednost sladkorjev [°Bx] v jabolčnem soku			
	zlati delišes		topaz	
22. 9. / 4. 10. 2023	10,60		12,20	
	klet	hladilnica	klet	hladilnica
17. 11. 2023	14,50	15,25	13,50	14,00
12. 1. 2024	13,00	15,25	13,75	14,50



Graf 2: Povprečne vrednosti sladkorjev v jabolčnem soku

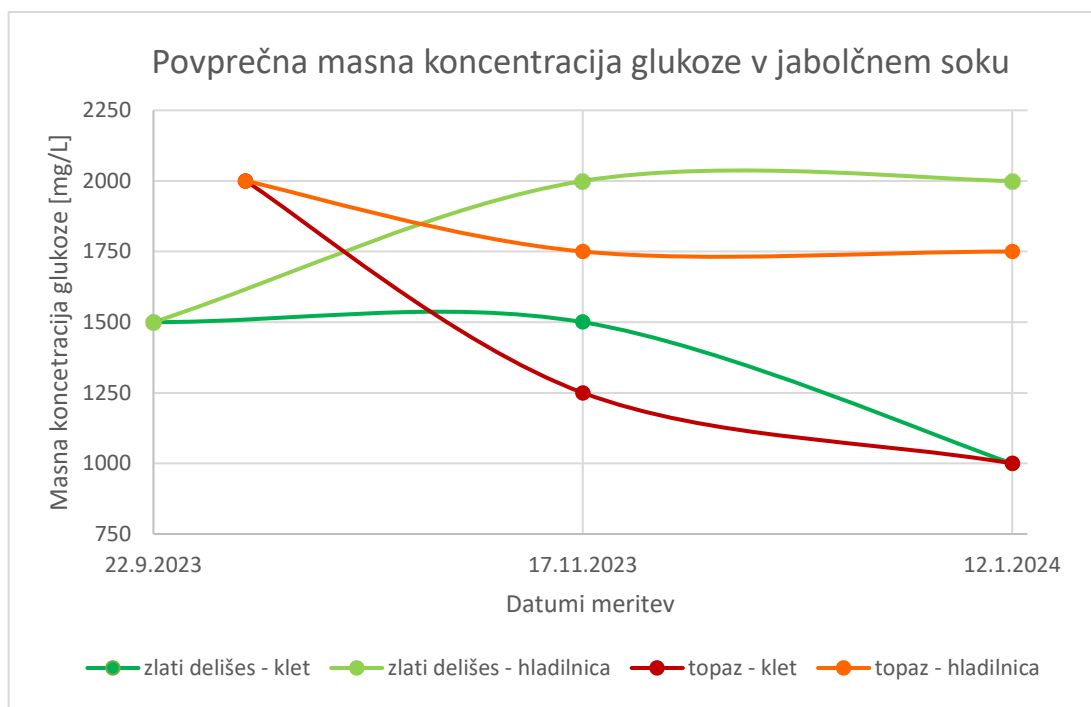
Iz tabele 2 in grafa 2 je razvidno, da količina sladkorjev s skladiščenjem narašča. Sprva je količina skupnih sladkorjev pri obeh sortah in načinih skladiščenja naraščala. Nato pa je količina skupnih sladkorjev pri sorti zlati delišes in topaz, ki sta bila skladiščeni v kleti, začela padati. Jabolkom iz specializirane hladilnice se količina skupnih sladkorjev ni zelo spremenila.

4.2 REZULTATI UGOTAVLJANJA KOLIČINE GLUKOZE V JABOLKIH

Količino glukoze sem določal z lističi za glukozo. Iz dobljenih vrednosti masne koncentracije sem za posamezno sorto in način skladiščenja izračunal povprečne koncentracije in jih zapisal v tabeli 3.

Tabela 3: Povprečna masna koncentracija glukoze v jabolčnem soku

Datum meritev	Povprečna masna koncentracije glukoze [mg/l] v jabolčnem soku			
	zlati delišes		topaz	
22. 9. /4. 10. 2023	1500		2000	
	klet	hladilnica	klet	hladilnica
17. 11. 2023	1500	2000	1250	1750
12. 1. 2024	1000	2000	1000	1750



Graf 3: Povprečna vrednost glukoze v jabolčnem soku

Iz tabele 3 in grafa 3 je razberljivo, da se količina glukoze v jabolkih različno spreminja glede na sorto in način skladiščenja. Pri sorti zlati delišes, ki je bil skladiščen v kleti, se povprečna vrednost glukoze do druge izvedbe meritve ne spremeni, nato se vrednost za šestino zniža. Pri isti sorti, skladiščeni v hladilnici, povprečna vrednost naraste za tretjino. Nasprotno, pri sorti topaz, ki je bila skladiščena v kleti, povprečna vrednost do drugega merjenja vrednosti močno pade, do tretjega merjenja pa še malo. Vendar je potrebno upoštevati, da je bila začetna vrednost glukoze pri sorti topaz višja kakor

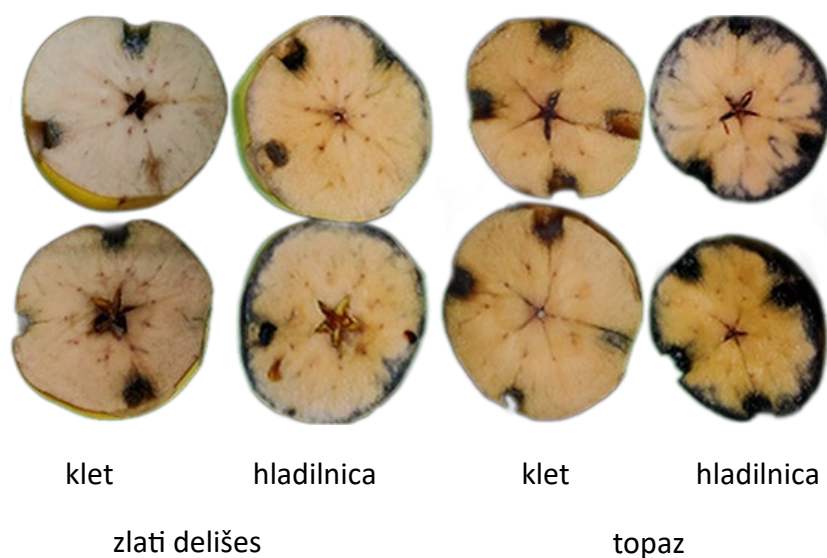
pri sorti zlati delišes. Pri sorti topaz skladiščeni v hladilnici povprečna vrednost do drugega merjenja malenkost pade, nato pa se ustali.

4.3 REZULTATI UGOTAVLJANJA ŠKROBA V JABOLKIH

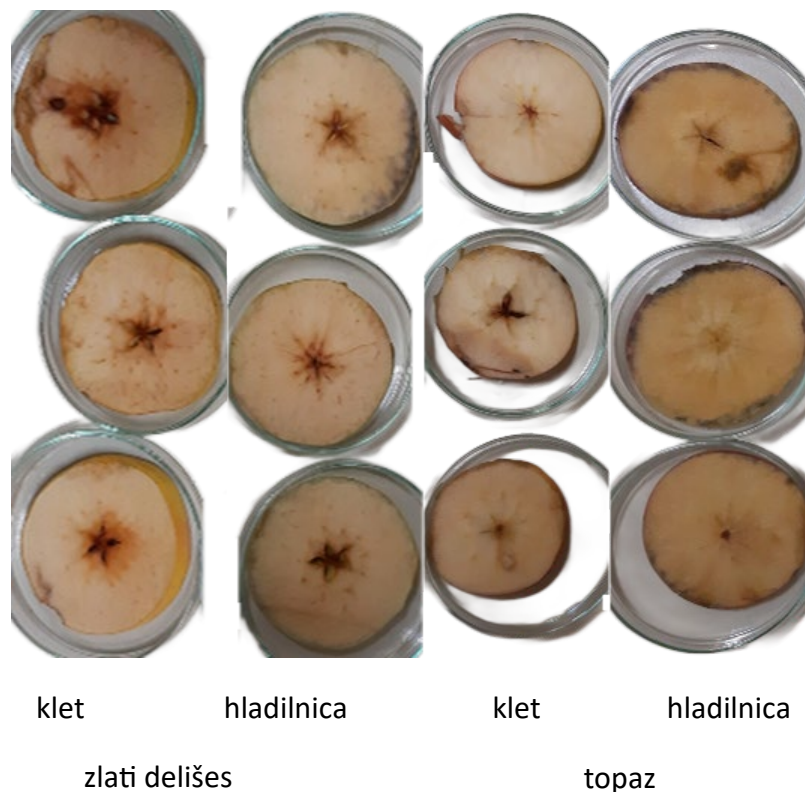
Škrob v jabolkih sem ugotavljal s škrobnim testom, in sicer tako, da sem iz posamezne sorte jabolk in načina skladiščenja prečno izrezal listič, ga pomočil v petrijevko, v kateri je bila jodovica, s koncentracijo za določanje škroba. Na predelih, kjer je bil škrob, se je jod obarval temno modro do črno. Nato sem jabolka fotografiral in rezultate dobil tako, da sem fotografije zložil po vrsti od prvega opažanja do zadnjega.



Slika 10: Škrobni test, izveden 22. 9. 2023 na plodovih sorte zlati delišes, in 4. 10. 2023 na plodovih sorte topaz



Slika 11: Škrobni test, izveden 17. 11. 2023 na plodovih sorte zlati delišes in topaz, skladiščene v kleti in hladilnici



Slika 12: Škrobni test, izveden 12. 1. 2024 na plodovih sorte zlati delišes in topaz, skladiščene v kleti in hladilnici

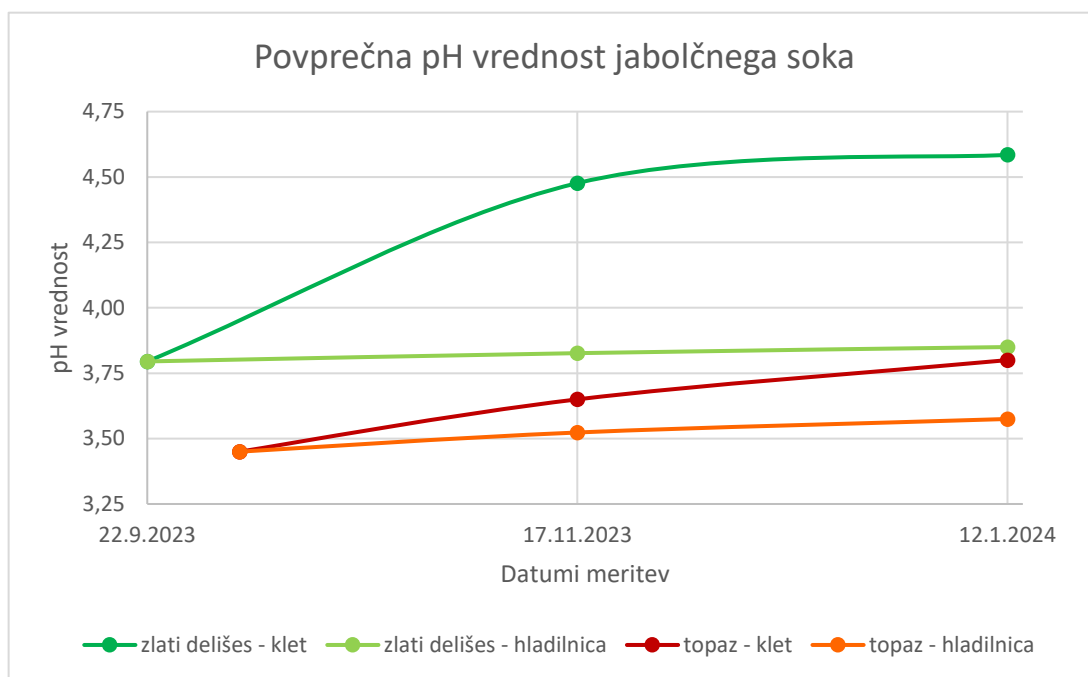
Slike 10, 11 in 12 prikazujejo, kako se spreminja količina škroba v izbranih sortah jabolk in načinih skladiščenja. Pred skladiščenjem sta obe sorti imeli kar nekaj škroba po skoraj celotni površini izrezanega lističa. Ob drugem opazovanju je bilo pri obeh sortah, ki sta bili skladiščeni v kleti, manj škroba oz. že skoraj nič, samo še tanek pas ob robovih, v plodovih skladiščenih v hladilnici pa se količina škroba ni tako zmanjšala. Ob zadnjem opazovanju ni prišlo do nikakršnega temno modrega obarvanja pri nobeni sorti in načinu skladiščenja, kar pomeni, da ni bilo nič več škroba v vseh vzorcih.

4.4 REZULTATI UGOTAVLJANJA pH VREDNOSTI

Količino kislin oziroma pH vrednost sem določal s pomočjo pH metra. Iz dobljenih rezultatov sem za posamezno sorto in način skladiščenja izračunal povprečne vrednosti in jih zapisal v tabeli 4.

Tabela 4: Povprečna pH vrednost jabolčnega soka

Datumi meritev	Povprečna pH vrednost jabolčnega soka			
	zlati delišes		topaz	
22. 9. / 4. 10. 2023	3,80		3,45	
	klet	hladilnica	klet	hladilnica
17. 11. 2023	4,48	3,83	3,68	3,52
12. 1. 2024	4,59	3,85	3,80	3,58



Graf 4: Povprečna pH vrednost jabolčnega soka

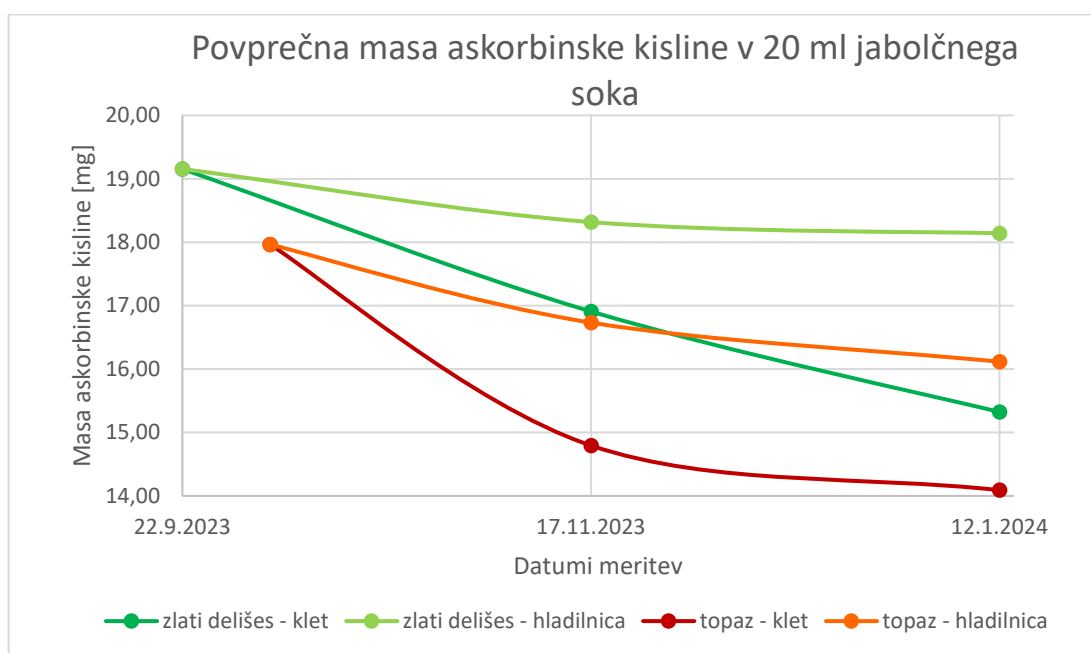
Iz grafa 4 in tabele 4 je razvidno, da pH vrednost pri plodovih, uskladiščenih v kleti, narašča, kar pomeni, da količina kislin pada. V plodovih sorte zlati delišes, ki so bili uskladiščeni v kleti, je pH vrednost močno narasla že ob drugem merjenju, ob tretjem pa še malenkost. Pri sorti topaz, ki je bila skladiščena prav tako v kleti, pa je pH vrednost skozi vsa merjenja naraščala. Hkrati je potrebno upoštevati tudi, da je bila pH vrednost pri sorti topaz nižja kakor pri sorti zlati delišes. Pri obeh sortah, ki sta bili skladiščeni v hladilnici, je pH vrednost zelo rahlo naraščala.

4.5 REZULTATI UGOTAVLJANJA KOLIČINE ASKORBINSKE KISLINE V JABOLKIH

Količino askorbinske kisline v vzorcu sem določal z redoks titracijo z jodom. Maso askorbinske kisline sem izračunal na osnovi množin obeh snovi. Iz volumna porabljene jodove raztopine sem po prej opisanem postopku izračunal maso askorbinske kisline. Nato pa sem izračunal še povprečne mase za posamezno sorto in način skladiščenja. Povprečne vrednosti sem podal v tabeli 5.

Tabela 5: Povprečna masa askorbinske kisline v 20 ml jabolčnega soka

Datumi meritev	Povprečna masa askorbinske kisline [mg] v 20 ml jabolčnega soka			
	zlati delišes		topaz	
22. 9. / 4. 10. 2023	19,15		17,97	
	klet	hladilnica	klet	hladilnica
17. 11. 2023	16,91	18,32	14,79	16,73
12. 1. 2024	15,32	18,14	14,09	15,98



Graf 5: Povprečna masa askorbinske kisline v 20 ml jabolčnega soka

Iz tabele 5 in grafa 5 je razberljivo, da količina askorbinske pri vseh sortah in načinih skladiščenja pada, vendar različno. Pri plodovih obeh sort, ki sta bili skladiščeni v kleti, je količina askorbinske kisline strmo padala, najbolj pri sorti topaz. Plodovom, ki pa so bili uskladiščeni v hladilnici, je količina askorbinske kisline počasneje padala kot plodovom, ki so bili skladiščeni v kleti. Najmanj je količina askorbinske kisline padla

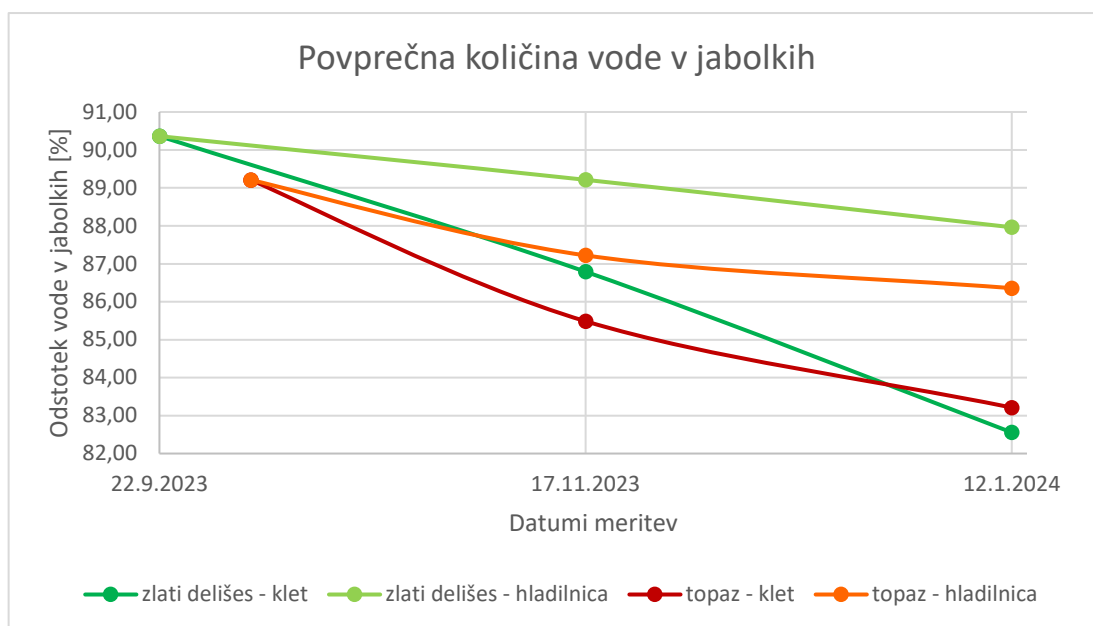
pri plodovih sorte zlati delišes, ki so bili uskladiščeni v hladilnici. Vendar je potrebno upoštevati, da je imela sorta zlati delišes na začetku višjo vrednost kakor sorta topaz.

4.6 REZULTATI UGOTAVLJANJA KOLIČINE VODE V JABOLKIH

Količino vode v jabolkih sem določal s sušenjem. Najprej sem stehal papir za peko, nato še listič iz jabolk pred sušenjem in ko se je masa lističa ustalila, sem s sušenjem zaključil in izračunal, koliko odstotkov vode je bilo v jabolkih pri posamezni sorti in načinu skladiščenja.

Tabela 6: Povprečna količina vode v jabolkih

Datum meritev	Povprečna količina vode [%] v jabolkih			
	zlati delišes		topaz	
22. 9. / 4. 10. 2023	90,36		89,21	
	klet	hladilnica	klet	hladilnica
17. 11. 2023	86,79	89,21	85,49	87,22
12. 1. 2024	82,56	87,96	83,21	86,10



Graf 6: Povprečna količina vode v jabolkih

V tabeli 6 in grafu 6 sem podal povprečno količino vode v jabolkih. Iz podanega je razvidno, da je odstotek vode v jabolkih pri plodovih, ki so bili uskladiščeni v kleti, hitreje padal kot plodovom, ki so bili skladiščeni v hladilnici. Vendar je potrebno upoštevati, da je bil odstotek vode v jabolkih pri sorti zlati delišes pred skladiščenjem višji kakor pri sorti topaz. Najmanj vode je v povprečju izgubila sorta zlati delišes, ki je

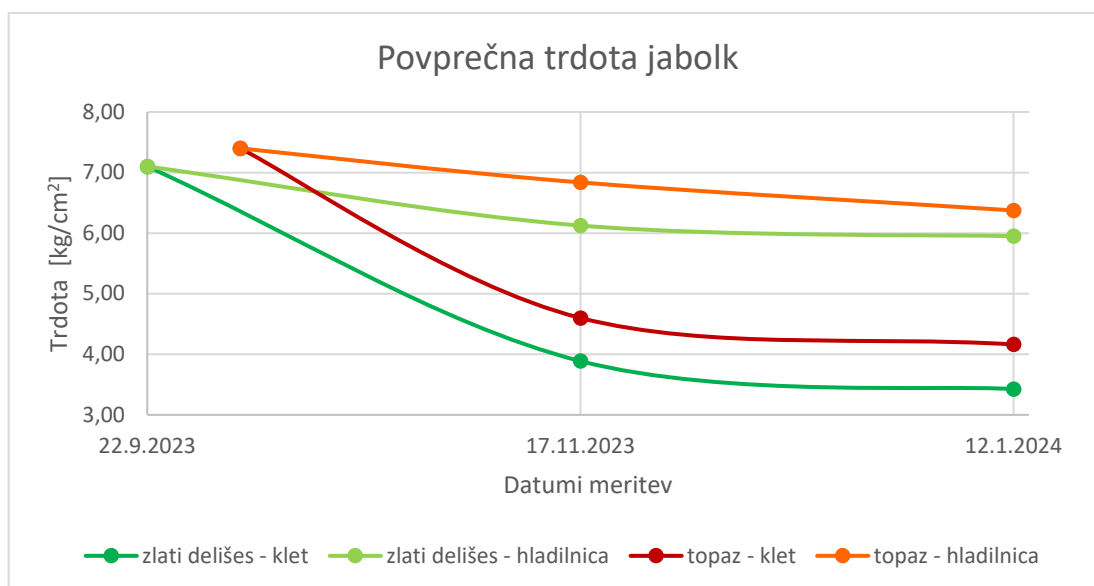
bila skladiščena v hladilnici, največ pa ista sorta, vendar plodovi, ki so bili skladiščeni v kleti.

4.7 REZULTATI UGOTAVLJANJA TRDOTE JABOLK

Trdoto jabolk sem meril s penetrometrom. Najprej sem vsakemu jabolku olupil kožico na štirih mestih, nato pa penetrometer zarinil do oznake na njem in odčital vrednost. Povprečne vrednosti za posamezno sorto in način skladiščenja sem podal v tabeli 7.

Tabela 7: Povprečna trdota jabolk

Datumi meritev	Povprečna trdota jabolk [kg/cm ²]			
	zlati delišes		topaz	
22. 9. / 4. 10. 2023	7,10		7,40	
	klet	hladilnica	klet	hladilnica
17. 11. 2023	3,89	6,13	4,60	6,84
12. 1. 2024	3,43	5,95	4,16	6,38



Graf 7: Povprečna trdota jabolk

V tabeli 7 in grafu 7 sem prikazal povprečno trdoto jabolk za posamezno sorto in način skladiščenja. Pri plodovih, ki so bili skladiščeni v kleti, je trdota strmo padla že ob drugem merjenju, ob tretjem merjenju pa še malo, najbolj je trdota padla jabolkom sorte zlati delišes, ki so bili skladiščeni v kleti. Plodovom, ki so bili skladiščeni v hladilnici, se ni trdota drastično spremenila, najmanj se je trdota plodov spremenila sorti topaz, ki je bila skladiščena v hladilnici.

5 RAZPRAVA O REZULTATIH OPAZOVANJ IN MERITEV

Vzorke jabolk sem dobil v sadjarskem podjetju Mirozan, ki se nahaja v Savinjski dolini, v kraju Kasaze. V tem podjetju se že vrsto let ukvarjajo s sadjarstvom. Od g. Filipa Kompleta sem dobil osnovne napotke, kako bi lahko izdelal teoretični in praktični del svoje raziskovalne naloge. Za njegove napotke sem mu zelo hvaležen, saj so mi pomagali pri razumevanju vsebine raziskovalnega dela. Kljub temu sem se moral tudi sam temeljito poglobiti v teoretične osnove, da bi poglobil razumevanje svoje teme in da bi med raziskovanjem lažje razumel postopke in analiziral rezultate meritev. Laboratorijskega dela, ki sem ga opravljal, ni mogoče ponoviti, saj je vezano na sezono skladiščenja jabolk.

Zelo so me presenetili rezultati količine skupnih sladkorjev. Kako je lahko količina sladkorjev med skladiščenjem narasla, kljub temu da jabolko ni bilo na jablani in ni potekala proizvodnja sladkorjev pri fotosintezi ter skladiščenje založnih snovi v jabolkih. V literaturi sem prebral, da se že pred obiranjem sestavljeni sladkorji, kot so disaharidi, oligosaharidi in polisaharidi, spreminjajo v enostavnejše sladkorje oziroma monosaharide, med skladiščenjem pa se ta proces še pospeši. Pred skladiščenjem je bila količina skupnih sladkorjev nižja kakor med skladiščenjem, saj so takrat prevladovali sestavljeni sladkorji, ki jih z refraktometrom ne moremo določiti. Z refraktometrom lahko določimo le v vodi topne sladkorje. Predvideval sem, da se bo količina skupnih sladkorjev med skladiščenjem zmanjševala zaradi procesov metabolizma v plodu, ki potekajo tudi po tem, ko je plod že obran. Zakaj je potem količina sladkorjev, ki sem jih določal s refraktometrom, v plodu pri skladiščenju naraščala. Enostavni sladkorji so se res porabljali za procese metabolizma v plodu, vendar pa so se sestavljeni sladkorji hitreje spreminjali v enostavnejše, kot so enostavni sladkorji porabljali za procese metabolizma, zato je bilo v plodovih škroba čedalje manj. To potrjujejo tudi fotografije jabolk, ki sem jih izpostavil škrobnemu testu. Pokažejo nam, da se v plodu od obiranja med skladiščenjem količina škroba zmanjšuje, saj so plodovi na prerezu čedalje manj temno modro obarvani. Rezultati škrobnega testa so lahko del pojasnila, zakaj je količina skupnih sladkorjev merjenih z refraktometrom rasla med skladiščenjem. Pomembno je tudi omeniti, da se je škrob hitreje spremenil v enostavnejše sladkorje v plodovih, ki so bili skladiščeni v domači kleti, najverjetneje zaradi višjih temperatur, kar je spodbudilo hitrejšo hidrolizo škroba. Hkrati pa je bilo v kleti več etilena oziroma etena, ki hormonsko pospešuje zorenje plodov. V specializirani hladilnici so bili pogoji za skladiščenje boljši oziroma optimalnejši za daljši obstoj plodov in med drugim tudi optimalnejši počasnejšo hidrolizo škroba v enostavne sladkorje. V literaturi sem prebral, da nekatere sorte niso najboljšega okusa takoj po obiranju. Pri velikih sadjarskih podjetjih takšne sorte

sprva takoj po obiranju sploh ne prodajajo, ampak jo uskladiščijo v specializirane hladilnice, kjer plodovi dozori in se sestavljeni sladkorji spremenijo v enostavnejše. Gospod Filip Komplet mi je pokazal, da lahko s pomočjo tabele številčno ocenimo vrednost škroba v plodu jabolka. Čeprav sem se trudil, odčitavanja nisem najbolje razumel, zato sem se oprl na fotografije rezultatov škrobnega testa od samega obiranja do končnega skladiščenja, kjer sem lahko le ocenil zmanjšano količino škroba.

Zanimivi so bili tudi rezultati pH vrednosti oziroma količina kislin. Kisline med drugim sodelujejo pri procesih v plodu in se tako porabljajo, posledično pa se pH vrednost dvigne. pH vrednost se lahko zviša tudi tako, da k raztopini, ki ima nižji pH, dodamo raztopino, ki ima višji pH. Eden od procesov, pri katerem nastaja raztopina s približno nevtralno pH vrednostjo, je alkoholno vrenje oziroma alkoholna fermentacija. Pri alkoholni fermentaciji se porablja glukoza ($C_6H_{12}O_6$), ki se s pomočjo encimov spreminja v alkohol etanol (C_2H_5OH) in ogljikov dioksid (CO_2). V procesu ne sodeluje kisik, kar pomeni, da je proces anaeroben. To je lahko del pojasnila, kako se je porabljala glukoza oziroma se je količina glukoze manjšala. Hkrati pa nastajanje etanola spremeni tudi pH vrednost, saj ima etanol skoraj nevtralno pH vrednost, kar pomeni, da se pH vrednost dviguje. Procese v smeri alkoholnega vrenja je bilo možno opaziti, ko sem ob rezanju jabolka zlati delišes iz domače kleti v januarju med drugim zavonjal tudi alkohol. Lahko pa so se kisline z alkoholi vezale v estre, morda zato zrelo sadje tudi tako diši. Skladno s teorijo sem ugotovil, da se količina kislin v specializirani hladilnici znižuje počasneje kot v domači kleti. Domnevam, da je to posledica upočasnitve procesov v jabolkih zaradi kontrolirane atmosfere.

Količina vitamina C oziroma askorbinske kisline je pričakovano padala, saj vitamini nasploh sodijo med manj obstojne snovi. Vendar pa je določanje askorbinske kisline zelo zahtevno. Najtežje je bilo določiti enak preskok barve pri vseh vzorcih. Zato sem predhodno naredil titracijo z znano koncentracijo askorbinske kisline v jabolčnem soku z dodanim vitaminom C, Apfelsaft, ki je bil kupljen v trgovini Spar. Sok sem najprej razredčil, da sem lahko optimalno videl preskok barve, nato sem dodal škrobni indikator in titriral. Poskus sem štirikrat ponovil in izračunal povprečno porabo 0,005 M jodove raztopine. Potem sem izračunal maso vitamina C v vzorcu in primerjal, kolikšno je bilo odstopanje izračunane mase pri titraciji v primerjavi z navedeno maso askorbinske kisline v kupljenem soku. Ugotovil sem, da je pri titraciji prišlo do 5 % odstopanja od vrednosti, ki so bile navedene na deklaraciji jabolčnega soka Apfelsaft. Pri titraciji askorbinske kisline z jodovico sem se nadvse trudil biti natančen, saj je bilo težko oceniti, kdaj nastopi končna točka titracije. Iz poskusa z jabolčnim sokom Apfelsaft lahko ocenim, da sem pri določanju vitamina C imel 5 % napako.

Pritegnile so me vrednosti količine vode v jabolkih. Količino vode sem določal s sušenjem in nato preračunal, koliko odstotkov vode je bilo v jabolkih. Vrednosti so predpostavljeno padale, saj je plod dihal in tako se je iz jabolka izločala voda v obliki vodnih hlapov. Če bi bila relativna zračna vlažnost v kleti višja, bi plodovi izgubili manj vode. Pričakovano pa je bilo tudi, da bodo plodovi, ki so bili skladiščeni v kleti, izgubili več vode, saj je bila v specializirani hladilnici relativna vlažnost kontrolirana in v optimalnih vrednostih. Na plodovih, ki so bili skladiščeni v kleti, sem opazil, da se je na površini pojavila snov, ki je bila podobna vosku. Pobrskal sem po literaturi in ugotovil, da je to res vosek, saj se na tak način plod na naraven način zaščiti, da izgubi čim manj vode.

Poleg raznovrstnih sladkorjev, kislin, vitamina C in vode je v plodu jabolka še cela množica drugih snovi. Zavedam se, da so nekatere prisotne snovi morda motile kemijske in fizikalne analize, ki sem jih opravljal. Pri kemijski analizi sem izbiral parametre, ki jih lahko določim s pomočjo pripomočkov, ki jih imamo na voljo v osnovni šoli. Poskusov nisem delal v specializiranih laboratorijih, ampak le v učilnici za kemijo. Zavedam se, da rezultati zato niso tako zanesljivi, je pa iz njih razvidna primerjava izmerjenih količin med jabolki, ki so bile skladiščene v domači kleti in med jabolki, ki so bile skladiščene v specializirani ULO hladilnici.

Trdota jabolka je v kleti pričakovano strmo padala. To je bila posledica manjšanja trdnosti celičnih sten. Snovi, ki gradijo celične stene, so se bodisi spreminjale v druge, enostavnejše snovi, bodisi so se porabljevale pri procesih v jabolkih. Da se je trdota plodov, ki so bili skladiščeni v kleti, manjšala, je bilo vidno že na otip, bili so precej mehkejši glede na plodove iz hladilnice. Meso plodov, ki so bili skladiščeni v kleti, oziroma mezokarp je bilo zelo zdrizasto, plodovi iz hladilnice pa se na otip sploh niso spremenili.

Hitrejše spremembe skladiščenja plodov v kleti je bilo opaziti tudi na barvi plodov. Pred skladiščenjem je bila sorta zlati delišes svetlo zelene barve, sorta topaz pa rumeno rdeče barve. Ob zadnjih meritvah in opazanjih pa je bila barva plodov, ki so bili skladiščeni v hladilnici, enaka kakor pred skladiščenjem. Drugače je bilo pri plodovih, ki so bili skladiščeni v kleti. Plodovi sorte zlati delišes so bili rumeni, plodovi sorte topaz pa rdeče oranžni.

5.1 USTREZNOST ZASTAVLJENIH HIPOTEZ

V prvi hipotezi sem predvideval, da bo količina sladkorjev v jabolkih med skladiščenjem padala. Te hipoteze ne morem potrditi, saj vrednosti, ki so zbrane v tabeli 2 in grafu 2, to zanikajo. Vrednosti so proti predvidevanju rastle.

V drugi hipotezi sem predpostavil, da bo količina glukoze v jabolkih med skladiščenjem padala. Tudi te hipoteze ne morem potrditi, saj vrednosti, ki so zbrane v tabeli 3 in grafu 3, to zanikajo.

Tretja hipoteza je predvidevala, da bo količina škroba v jabolkih med skladiščenjem padala, zato se bodo izrezani lističi v stiku z jodovico vedno manj temno obarvali. V plodovih, ki so bili skladiščeni v hladilnici, je količina škroba počasneje padala. To hipotezo lahko potrdim. V dokaz so fotografije, posnete med 22. 9. 2023 in 12. 1. 2024 (slike 10, 11 in 12).

V četrti hipotezi sem predpostavil, da bo količina kislin v jabolčnem soku padala oziroma bo pH vrednost rasla med skladiščenjem. To hipotezo lahko tudi potrdim, saj je pH vrednost med skladiščenjem rastla, vendar različno. Plodovom, ki so bili skladiščeni v kleti, je pH vrednost hitreje rastla kot plodovom iz hladilnice. V dokaz sta tabela 4 in graf 4.

Peta hipoteza je predvidevala, da bo vrednost vitamina C oziroma vrednost askorbinske kisline padala, saj vitamin C spada med manj obstojne snovi. To hipotezo lahko potrdim. Ampak je količina askorbinske kisline počasneje padala v plodovih, ki so bili skladiščeni v hladilnici, kakor plodovom, ki so bili skladiščeni v kleti. V dokaz sta tabela 5 in graf 5.

Šesta hipoteza je predpostavljala, da bo količina vode v jabolkih med skladiščenjem padala. To hipotezo lahko potrdim. Vendar je predvidevano počasneje padala količina vode v plodovih, ki so bili skladiščeni v hladilnici, kakor plodovom, ki so bili skladiščeni v kleti. V dokaz sta tabela 6 in graf 6.

V sedmi hipotezi sem predvideval, da bo trdota jabolk padala med skladiščenjem. To hipotezo lahko potrdim, v dokaz sta tabela 7 in graf 7. Toda trdota se je pričakovano hitreje nižala plodovom, ki so bili skladiščeni v kleti, kakor plodovom iz hladilnice.

ZAKLJUČEK

Prednosti učenja z raziskovalnim delom so zelo velike. Pridobil sem nova znanja, ki jih pri pouku ne bi. Natančno sem spoznal in preizkusil metode raziskovalnega dela, ki so zajemale poglobljanje v strokovno literaturo, skrbno načrtovanje hipotez in skladno z njimi načrtovanje metod laboratorijskega dela. Izziv je bila je tudi izvedba poskusov, ki so trajali vsaj pet ur, za kar je bila potrebna posebna vztrajnost. Ni lahko po šestih urah pouka še pet ur popoldne vztrajati pri natančnem laboratorijskem delu, hkrati beležiti meritve, fotografirati in na koncu še vse pospraviti. Največji izziv je bil sam zapis raziskovalne naloge, ki zajema poznavanje pravil zaporedja zapisa, poznavanje strokovnega besedišča, natančnost pri poimenovanju in poznavanje jezikovnih pravil.

V samem procesu izdelave raziskovalne naloge sem nekaj korakov izvedel pomanjkljivo. Fotografiral sem veliko, vendar mi mnogo fotografij ni uspelo ali pa niso uporabne za objavo. Najzahtevnejši del pri laboratorijskem delu je bilo določanje vitamina C, saj je titracija zahteven postopek in zahteva ogromno koncentracije in natančnosti pri izvajanju.

Tudi prihodnje leto želim raziskovati na področju kemije. Z novimi znanji bom kos še težjim nalogam. Svoje delo želim nadaljevati v povezavi s kemijo na področju sadjarstva.

Ob koncu se za vzpodbudo in pomoč pri raziskovalnem delu zahvaljujem mentorici ge. Marjeti Gradišnik Mirt, podjetju Mirozan za vzorce in g. Filipu Kompletu za vse zelo potrebne napotke. Hvala tudi učiteljici slovenščine, ge. Petri Merc, za jezikovni pregled naloge.

BIBLIOGRAFIJA

- ABC zdravja. (27. 1 2014). *Abeceda vitaminov*. Pridobljeno 20. 1. 2024 iz ABC zdravja: <https://www.abczdravja.si/hrana/abeceda-vitaminov/>
- Čebulj, A. (2022). *Sadni izbor za Slovenijo 2022*. Ljubljana: Javna služba v sadjarstvu.
- Drevesnica Barbo. (b. d.). *Zlati delišes*. Pridobljeno 15. 11. 2023 iz Sadjarstvo: https://sadjarstvo.com/zlati_delises
- Godet, J. D. (2000). *Domača drevesa in grmi*. Radovljica: Didakta.
- Graunar, M., Podlipnik, M., & Mirnik, J. (2016). *Kemija danes 2*. Ljubljana: DZS.
- Gutman, Z. K. (2019). *Jablana*. Pridobljeno 7. 1. 2024 iz Integrirano varstvo rastlin: <https://www.ivr.si/rastlina/jablana/>
- Gvozdenović, D. (1989). *Od obiranja sadja do prodaje*. Ljubljana: Kmečki glas.
- Hiddenshell. (b. d.). *Kje se uporablja refraktometer?* Pridobljeno iz Hiddenshell: <https://hiddenshell.ru/sl/gde-ispolzuetsya-refraktometr-pravilnoe-ispolzovanie/>
- Hmelak, A. G. (2010). *Tehnik Žan*. Maribor: Izobraževalni center Piramida.
- Hribar, J., Vidrih, R., & Zlatič, E. (2008). Zbornik referatov 2. slovenskega sadjarskega kongresa z mednarodno udeležbo, Krško. *Stanje in trendi pri skladiščenju jabolk*, 421–427. Ljubljana: Strokovno sadjarsko društvo Slovenije.
- Inštitut Jožef Stefan. (22. 3. 2018). *Določanje količine vitamina C v hrani*. Pridobljeno 16. 1. 2024 iz Inštitut Jožef Stefan: http://tehnologije.ijs.si/wp-content/uploads/2020/06/STEM4YouthKemijavKmetijstvu_SI_final_dijaki.pdf
- Rast Baznik. (b. d.). *Topaz*. Pridobljeno 23. 1. 2024 iz Rast Baznik: <https://www.rastbs.si/katalog/sadne-sadike/jablane-odporne-sorte/264>
- Sorte slovenskih jabolk*. (31. 8. 2023). Pridobljeno 10. 1. 2024 iz Naša super hrana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano: <https://www.nasasuperhrana.si/clanek/sorte-slovenskih-jabolk/>
- Štampar, F. (2014). *Sadjarstvo* (Izv. 3). Ljubljana: Kmečki glas.
- Vetrnik, L., & Korošec, Ž. (b. d.). *Vitamin C*. Pridobljeno 20. 1. 2024 iz Inštitut za nutricionistiko: <https://www.nutris.org/prehrana/abc-prehrane/vitamini/103-vitamin-c.html>

Zmazek, B. (2014). *Kemija 2*. Ljubljana: Zavod Republike Slovenije za šolstvo.
Pridobljeno 23. 1. 2024 iz E-učbeniki.

Župančič, B., & Javornik, U. (2008). *Škrob*. Pridobljeno 4. 1. 2024 iz Wiki FKKT:
<https://wiki.fkkt.uni-lj.si/index.php/%C5%A0krob>

Mentor/-ica Marjeta Gradišnik Mirt v skladu z 20. členom Pravilnika o organizaciji mladinske raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje, zagotavljam, da je v raziskovalni nalogi z naslovom **KAKO SE SPREMINJAJO LASTNOSTI JABOLK MED RAZLIČIMI NAČINI SKLADIŠČENJA**,

katere avtor je Jan Horvat:

- besedilo v tiskani in elektronski obliki istovetno,
- pri raziskovanju uporabljeno gradivo navedeno v seznamu uporabljene literature,
- da je za objavo fotografij v nalogi pridobljeno avtorjevo dovoljenje in je hranjeno v šolskem arhivu,
- da sme Osrednja knjižnica Celje objaviti raziskovalno nalogo v polnem besedilu na knjižničnih portalih z navedbo, da je raziskovalna naloga nastala v okviru projekta Mladi za Celje,
- da je raziskovalno nalogo dovoljeno uporabiti za izobraževalne in raziskovalne namene s povzemanjem misli, idej, konceptov oziroma besedil iz naloge ob upoštevanju avtorstva in korektnem citiranju,
- da smo seznanjeni z razpisni pogoji projekta Mladi za Celje.

Celje, 6.3.2024



Podpis mentorja

Marjeta Gradišnik Mirt

Podpis odgovorne osebe

[Signature]

POJASNILO

V skladu z 20. členom Pravilnika raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje je potrebno podpisano izjavo mentorja (-ice) in odgovorne osebe šole vključiti v izvod za knjižnico, dovoljenje za objavo avtorja (-ice) fotografskega gradiva, katerega ni avtor (-ica) raziskovalne naloge, pa hrani šola v svojem arhivu.

6 PRILOGE

Priloga 1: Podrobne vrednosti meritev plodov sorte zlati delišes z dne 22. 9. 2023

Število ponovitev	Količina sladkorjev [°Bx]	pH vrednost	Masna koncentracija glukoze [mg/L]	Trdota [kg/cm ²]	Masa vitamina C [mg]	Količina vode [%]
1.	10,8	3,81	1000	7,1	16,91	91,71
2.	10,4	3,84	2000	7,0	21,14	90,48
3.	10,6	3,78	2000	7,2	18,49	88,90
4.	-	-	1000	7,1	20,08	-

povprečje	10,6	3,81	1500	7,10	19,15	90,36
-----------	------	------	------	------	-------	-------

Priloga 2: Podrobne vrednosti meritev plodov sorte topaz z dne 4. 10. 2023

Število ponovitev	Količina sladkorjev [°Bx]	pH vrednost	Masna koncentracija glukoze [mg/L]	Trdota [kg/cm ²]	Masa vitamina C [mg]	Količina vode [%]
1.	11,5	3,46	2000	7,4	16,91	89,15
2.	12,8	3,44	2000	7,8	18,49	89,63
3.	12,5	3,42	2000	7,2	16,91	88,84
4.	12,0	3,48	2000	7,2	19,55	-

povprečje	12,2	3,45	2000	7,4	17,97	89,21
-----------	------	------	------	-----	-------	-------

Priloga 3: Podrobne vrednosti meritev plodov sorte zlati delišes, skladiščene v kleti, z dne 17. 11. 2023

Število ponovitev	Količina sladkorjev [°Bx]	pH vrednost	Masna koncentracija glukoze [mg/L]	Trdota [kg/cm ²]	Masa vitamina C [mg]	Količina vode [%]
1.	13,5	4,55	1500	3,70	16,38	87,18
2.	15,5	4,45	2000	3,90	17,44	87,46
3.	14,5	4,43	2000	4,45	16,91	85,73
4.	-	-	1500	3,50	16,91	-

povprečje	14,5	4,48	1750	3,89	16,91	86,79
-----------	------	------	------	------	-------	-------

Priloga 4: Podrobne vrednosti meritev plodov sorte zlati delišes, skladiščene v hladilnici, z dne 17. 11. 2023

Število ponovitev	Količina sladkorjev [°Bx]	pH vrednost	Masna koncentracija glukoze [mg/L]	Trdota [kg/cm ²]	Masa vitamina C [mg]	Količina vode [%]
1.	15,5	3,80	2000	6,20	17,44	89,79
2.	15,0	3,83	2000	6,15	19,02	87,22
3.	15,5	3,85	2000	6,05	18,49	90,63
4.	15,0	3,83	2000	6,10	18,32	-
povprečje	15,25	3,83	2000	6,13	18,32	89,21

Priloga 5: Podrobne vrednosti meritev plodov sorte topaz, skladiščene v kleti, z dne 17. 11. 2023

Število ponovitev	Količina sladkorjev [°Bx]	pH vrednost	Masna koncentracija glukoze [mg/L]	Trdota [kg/cm ²]	Masa vitamina C [mg]	Količina vode [%]
1.	14,0	3,55	2000	4,45	14,79	85,10
2.	13,0	3,69	1000	4,80	15,32	85,63
3.	13,5	3,71	1000	4,50	14,27	85,73
4.	-	-	1000	4,65	14,79	-
povprečje	13,5	3,65	1250	4,60	14,79	85,49

Priloga 6: Podrobne vrednosti meritev plodov sorte topaz, skladiščene v hladilnici, z dne 17. 11. 2023

Število ponovitev	Količina sladkorjev [°Bx]	pH vrednost	Masna koncentracija glukoze [mg/L]	Trdota [kg/cm ²]	Masa vitamina C [mg]	Količina vode [%]
1.	13,0	3,54	2000	6,95	15,32	87,41
2.	15,0	3,52	2000	6,75	18,49	89,40
3.	14,0	3,51	2000	7,15	16,73	84,85
4.	-	3,52	1000	6,50	16,38	-
povprečje	14,0	3,52	1750	6,84	16,73	87,22

Priloga 7: Podrobne vrednosti meritev plodov sorte zlati delišes, skladiščene v kleti, z dne 12. 1. 2024

Število ponovitev	Količina sladkorjev [°Bx]	pH vrednost	Masna koncentracija glukoze [mg/L]	Trdota [kg/cm ²]	Masa vitamina C [mg]	Količina vode [%]
1.	13,0	4,57	1000	3,25	14,79	80,82
2.	13,5	4,58	1000	3,50	15,85	83,98
3.	12,5	4,59	1000	3,40	15,32	82,87
4.	13,0	4,60	1000	3,55	15,32	-
povprečje	13,0	4,59	1000	3,43	15,32	82,56

Priloga 8: Podrobne vrednosti meritev plodov sorte zlati delišes, skladiščene v hladilnici, z dne 12. 1. 2024

Število ponovitev	Količina sladkorjev [°Bx]	pH vrednost	Masna koncentracija glukoze [mg/L]	Trdota [kg/cm ²]	Masa vitamina C [mg]	Količina vode [%]
1.	15,5	4,00	2000	6,30	15,85	86,20
2.	15,0	3,87	2000	6,05	18,14	85,93
3.	15,0	3,68	2000	6,00	19,02	91,75
4.	15,5	3,85	2000	5,45	19,55	-
povprečje	15,25	3,85	2000	5,95	18,14	87,96

Priloga 9: Podrobne vrednosti meritev plodov sorte topaz, skladiščene v kleti, z dne 12. 1. 2024

Število ponovitev	Količina sladkorjev [°Bx]	pH vrednost	Masna koncentracija glukoze [mg/L]	Trdota [kg/cm ²]	Masa vitamina C [mg]	Količina vode [%]
1.	14,0	3,81	1000	4,00	12,68	86,84
2.	13,5	3,78	1000	4,25	14,09	86,69
3.	14,0	3,79	1000	4,10	12,15	76,10
4.	13,5	3,82	1000	4,30	17,44	-
povprečje	13,75	3,80	1000	4,16	14,09	83,21

Priloga 10: Podrobne vrednosti meritev plodov sorte topaz, skladiščene v hladilnici, z dne 12. 1. 2024

Število ponovitev	Količina sladkorjev [°Bx]	pH vrednost	Masna koncentracija glukoze [mg/L]	Trdota [kg/cm ²]	Masa vitamina C [mg]	Količina vode [%]
1.	14,0	3,60	2000	6,60	15,85	89,72
2.	15,0	3,56	2000	6,25	16,38	84,68
3.	14,5	3,55	2000	6,40	16,91	84,68
4.	-	3,59	1000	6,25	15,32	-
povprečje	14,5	3,58	1750	6,38	16,12	86,36

Priloga 11: Meritve temperature in relativne vlažnosti v domači kleti

datum	temperatura [°C]	relativna vlažnost [%]	datum	temperatura [°C]	relativna vlažnost [%]
22.09.2023	13,8	78	14.10.2023	14,4	72
23.09.2023	13,9	75	15.10.2023	14,7	71
24.09.2023	14,0	76	16.10.2023	12,9	68
25.09.2023	14,2	71	17.10.2023	13,6	73
26.09.2023	13,9	73	18.10.2023	14,1	71
27.09.2023	14,1	72	19.10.2023	14,3	78
28.09.2023	14,4	71	20.10.2023	14,2	78
29.09.2023	14,3	70	21.10.2023	14,5	80
30.09.2023	14,1	68	22.10.2023	14,9	75
1.10.2023	13,9	68	23.10.2023	14,9	78
2.10.2023	13,7	72	24.10.2023	14,3	74
3.10.2023	13,8	78	25.10.2023	14,7	76
4.10.2023	14,1	71	26.10.2023	14,8	75
5.10.2023	14,3	70	27.10.2023	14,9	79
6.10.2023	14	72	28.10.2023	14,8	76
7.10.2023	14,1	71	29.10.2023	14,6	73
8.10.2023	13,9	73	30.10.2023	14,8	77
9.10.2023	13,8	72	31.10.2023	14,5	71
10.10.2023	13,9	78	1.11.2023	14,4	74
11.10.2023	14,1	76	2.11.2023	14,2	73
12.10.2023	13,7	77	3.11.2023	14,8	71
13.10.2023	14,1	79	4.11.2023	14,6	71

datum	temperatura [°C]	relativna vlažnost [%]	datum	temperatura [°C]	relativna vlažnost [%]
5.11.2023	14,7	72	15.12.2023	10,2	77
6.11.2023	14,6	73	16.12.2023	10,1	78
7.11.2023	14,8	72	17.12.2023	9,2	82
8.11.2023	14,5	69	18.12.2023	10,3	81
9.11.2023	14,2	70	19.12.2023	9	79
10.11.2023	13,7	73	20.12.2023	9,1	78
11.11.2023	13,4	71	21.12.2023	9,3	79
12.11.2023	13,2	72	22.12.2023	9,4	81
13.11.2023	13,1	71	23.12.2023	9,2	83
14.11.2023	13,8	74	24.12.2023	9,4	80
15.11.2023	13,6	72	25.12.2023	9,9	81
16.11.2023	13,5	73	26.12.2023	10	80
17.11.2023	12,6	70	27.12.2023	9,2	82
18.11.2023	12	65	28.12.2023	9,5	81
19.11.2023	11,6	66	29.12.2023	9,6	83
20.11.2023	11,7	67	30.12.2023	9,9	84
21.11.2023	11,5	65	31.12.2023	9,2	85
22.11.2023	11,4	64	1.01.2024	9,4	87
23.11.2023	11,1	66	2.01.2024	9,6	86
24.11.2023	11,2	65	3.01.2024	9,5	89
25.11.2023	11,4	71	4.01.2024	9,3	88
26.11.2023	10,5	71	5.01.2024	8,9	87
27.11.2023	10,2	72	6.01.2024	8,6	87
28.11.2023	10,4	72	7.01.2024	8,3	86
29.11.2023	10,5	73	8.01.2024	7,9	86
30.11.2023	10,4	73	9.01.2024	7,4	87
1.12.2023	9,9	77	10.01.2024	7,1	86
2.12.2023	9,7	78	11.01.2024	6,9	89
3.12.2023	9,8	78	12.01.2024	6,5	90
4.12.2023	9,1	78			
5.12.2023	8,8	81			
6.12.2023	8,7	82			
7.12.2023	8,6	85			
8.12.2023	8,4	85			
9.12.2023	8,8	82			
10.12.2023	9,2	79			
11.12.2023	9,4	79			
12.12.2023	9,8	78			
13.12.2023	10	81			
14.12.2023	10	82			