

»Mladi za napredek Maribora 2015«

32. srečanje

VPLIV TEMPERATURE NA PRETVORBO ŠKROBA V SAHAROZO, GLUKOZO
IN FRUKTOZO PRI KROMPIRJEVIH GOMOLJIH SORTE 'DESIRÉE' IN
'MURA'

BIOTEHNOLOGIJA

RAZISKOVALNA NALOGA

Avtor: NIKA BREZNIK, URŠKA BRAČKO

Mentor: BERNARDA DEVETAK, ANDREJA URBANEK KRAJNC

Šola: II. GIMNAZIJA MARIBOR

PROSTOR ZA NALEPKO

Maribor, februar 2015

»Mladi za napredek Maribora 2015«

32. srečanje

VPLIV TEMPERATURE NA PRETVORBO ŠKROBA V SAHAROZO, GLUKOZO
IN FRUKTOZO PRI KROMPIRJEVIH GOMOLJIH SORTE 'DESIRÉE' IN
'MURA'

BIOTEHNOLOGIJA

RAZISKOVALNA NALOGA

PROSTOR ZA NALEPKO

Maribor, februar 2015

Kazalo vsebine

Kazalo slik	4
Kazalo grafov	5
Kazalo tabel	5
POVZETEK	6
ZAHVALA.....	6
1 UVOD	7
1.1 Cilj raziskovalne naloge	7
1.2 Raziskovalno vprašanje	7
1.3 Hipoteze	7
2 KROMPIR	8
2.1 Hranilna vrednost krompirja	8
2.2 Shranjevanje krompirja	8
2.3 Krompirjevi škodljivci	9
2.4 Sorte krompirja.....	10
3 GOMOLJ	11
4 OGLJIKOVI HIDRATI.....	12
4.1 Ogljikovi hidrati predstavljajo vir energije	12
4.2 Sinteza ogljikovih hidratov.	12
4.3 Razdelitev ogljikovih hidratov	13
5 RAZGRADNJA OGLJIKOVIH HIDRATOV	17
6 BARVNE REAKCIJE ZA DOLOČANJE REDUCIRAJOČIH SLADKORJEV.....	17
EKSPERIMENTALNI DEL	18
1 METODA	18
1.1 Vzorčenje.....	18
1.2 Obdelava vzorcev	19
1.3 Škrobni test.....	20
2 REZULTATI.....	20
2.1 Desirée.....	21
2.2 Mura	23
3 INTERPRETACIJA REZULTATOV	25
3.1 Desirée.....	25
3.2 Mura	27
3.3 Desiree in Mura	29

3.4 Razlika med 4 °C in 8 °C	29
5 DRUŽBENA ODGOVORNOST	31
6 ZAKLJUČEK	31
7 VIRI IN LITERATURA	32

Kazalo slik

SLIKA 1: KROMPIR (HTTP://SL.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KROMPIR#MEDIASVIEWER/FILE:POTATO_AND_CROSS_SECTION.JPG)	8
SLIKA 2: KROMPIR MED CVETENJEM (HTTP://SL.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KROMPIR#MEDIASVIEWER/FILE:S_TUBEROSUM-5.JPG)	9
SLIKA 3: KROMPIRJEV GOMOLJ 'MURA' (HTTP://WWW.SEMENARNA.SI/TL_FILES/KAZALO/AKTUALNO/2011/DAN%20SEMENSKEGA%20KROMPIRJA/NOVE%20S RTE%20SEMENSKEGA%20KROMPIRJA%202012-WEB.PDF)	10
SLIKA 4: GOMOLJ KROMPIRJA S POGANKI (HTTP://SL.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/GOMOLJ#MEDIASVIEWER/FILE:POTATO_EARLYROSE_SPROUTS.JPG)	11
SLIKA 5: REAKCIJA FOTOSINTEZE (HTTP://UPLOAD.WIKIMEDIA.ORG/MATH/C/7/3/C739DD7020C084A23058C28C31E2A3DF.PNG)	12
SLIKA 6: RAZDELITEV MONOSAHARIDOV (HTTP://SL.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/OGLEJKOVI_HIDRATI/MONOSAHARIDI.JPG)	13
SLIKA 7: GLUKOZA (HTTP://BS.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/GLUKOZA#MEDIASVIEWER/FILE:ALPHA-D-GLUCOPYRANOSE.SVG)	14
SLIKA 8: FRUKTOZA (HTTP://WWW.FOOD-INFO.NET/IMAGES/FRUCTOSE.GIF)	14
SLIKA 9: DISAHARIDI (HTTP://SL.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/OGLEJKOVI_HIDRATI/DISAHARIDI.JPG)	15
SLIKA 10: SAHAROZA (HTTP://WWW.KI3.NTF.UNI-LJ.SI/E-KEMIJA/FILE.PHP/1/OUTPUT/OH-POLISAHARIDI/FORMULA_SAHAROZE.JPG.PNG)	15
SLIKA 11: PRETVORBA ŠKROBA V GLUKOZO (HTTP://WWW.KI3.NTF.UNI-LJ.SI/E-KEMIJA/FILE.PHP/1/OUTPUT/OH-POLISAHARIDI/MALTOZA.JPG.PNG)	16
SLIKA 12: ŠKROB (HTTP://WWW.KI3.NTF.UNI-LJ.SI/E-KEMIJA/FILE.PHP/1/OUTPUT/OH-POLISAHARIDI/FORMULA_SKROB.JPG.PNG)	16
SLIKA 13: VZORCI NA STRESALNIKU	19
SLIKA 14: FILTRIRANJE VZORCEV	19
SLIKA 15: TEST Z JODOVICO	20

Kazalo grafov

GRAF 1: SPREMINJANJE VSEBNOSTI SLADKORJEV V ODSOTKIH PRI FRANCOŠKI SORTI 'DESIRÉE'	21
GRAF 2: VPLIV TEMPERATURE IN OBDOBJA SKLADIŠČENJA (INTERAKCIJA TxO) NA KONCENTRACIJO SAHAROZE V GOMOLJIH KROMPIRJA SORTE 'DESIRÉE'	21
GRAF 3: VPLIV TEMPERATURE IN OBDOBJA SKLADIŠČENJA (INTERAKCIJA TxO) NA KONCENTRACIJO GLUKOZE V GOMOLJIH KROMPIRJA SORTE 'DESIRÉE'	22
GRAF 4: VPLIV TEMPERATURE IN OBDOBJA SKLADIŠČENJA (INTERAKCIJA TxO) NA KONCENTRACIJO FRUKTOZE V GOMOLJIH KROMPIRJA SORTE 'DESIRÉE'	22
GRAF 5: SPREMINJANJE VSEBNOSTI SLADKORJEV V ODSOTKIH PRI SLOVENSKE SORTI 'MURA'	23
GRAF 6: VPLIV TEMPERATURE IN OBDOBJA SKLADIŠČENJA (INTERAKCIJA TxO) NA KONCENTRACIJO SAHAROZE V GOMOLJIH KROMPIRJA SORTE 'MURA'	23
GRAF 7: VPLIV TEMPERATURE IN OBDOBJA SKLADIŠČENJA (INTERAKCIJA TxO) NA KONCENTRACIJO GLUKOZE V GOMOLJIH KROMPIRJA SORTE 'MURA'	24
GRAF 8: VPLIV TEMPERATURE IN OBDOBJA SKLADIŠČENJA (INTERAKCIJA TxO) NA KONCENTRACIJO FRUKTOZE V GOMOLJIH KROMPIRJA SORTE 'MURA'	24

Kazalo tabel

TABELA 1: VPLIV TEMPERATURE IN OBDOBJA SKLADIŠČENJA NA KONCENTRACIJO POSAMEZNIH SLADKORJEV V GOMOLJIH KROMPIRJA SORT 'DESIRÉE' IN 'MURA'	20
---	----

POVZETEK

Ljudje posvečamo veliko pozornosti zdravi prehrani. Ker v človeški populaciji narašča število ljudi s sladkorno boleznijo, je zelo pomembno, koliko sladkorja dobimo v telo s sadjem in zelenjavo. Ker je krompir skoraj vsak dan na krožniku vsake slovenske družine, naju je zanimalo ali se v krompirjevem gomolju med skladiščenjem spreminja razmerje med škrobom in sladkorji kot so glukoza, fruktoza in saharoza. Za opazovanje in eksperimentiranje smo izbrali slovenski kultivar KIS 'Muro' in francoski kultivar 'Desiree' iz Kmetijskega Inštituta Slovenije. Krompirjeve gomolje obeh kultivarjev smo skladiščili pri dveh temperaturah, 4 °C in 8 °C. Ko smo naredili vzorce, smo rezultate obdelali s HPLC. Z namenom, da bi ugotovili tudi vsebnost škroba v krompirjevem gomolju, smo naredili barvno reakcijo z jodovico -škrobni test. Ker nismo opazili razlik med posameznimi vzorci, te metode nismo uporabili pri interpretaciji rezultatov. Rezultati posameznih meritev so prikazani v obliki grafov, tabel ter interpretaciji.

ZAHVALA

Za nastanek raziskovalne naloge je bilo vloženega ogromno truda in časa. Naloga pa ne bi bila tako uspešna, če ne bi imeli pomoči dveh čudovitih mentoric, ki sta nama ves čas stali ob strani, zato bi se jima radi zahvalili. Zahvaljujeva se tudi Fakulteti za kmetijstvo in biosistemske vede, saj so bili vsi poskusi izvedeni v njihovem laboratoriju. Prav tako bi se radi zahvalili Kmetijskemu inštitutu Slovenije za krompirjeve gomolje.

1 UVOD

1.1 Cilj raziskovalne naloge

Cilj najine raziskovalne naloge je bilo ugotoviti, kako skladiščenje pri dveh različnih temperaturah vpliva na količino saharoze, glukoze in fruktoze pri dveh različnih kultivarjih krompirjevih gomoljev.

1.2 Raziskovalno vprašanje

Ali temperatura vpliva na količino sladkorjev, glukoze, fruktoze in saharoze v krompirjevih gomoljih, če jih skladiščimo pri temperaturi 4 °C in 8 °C? Ali obstajajo razlike v količini sladkorja pri dveh različnih kultivarjih 'Desirée' in 'Mura'?

1.3 Hipoteze

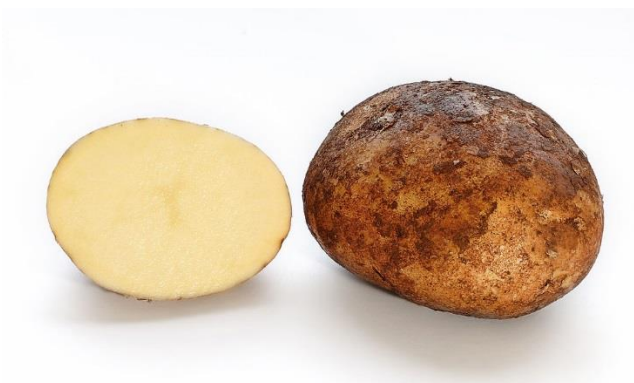
Najina hipoteza je bila, da bo vsebnost saharoze, glukoze in fruktoze pri temperaturi 8 °C večja kot pri temperaturi 4 °C, saj sva menili, da je za encime v krompirjevem gomolju ugodnejša višja temperatura in s tem tudi pretvorba škroba v sladkorje večja in s tem posledično tudi vsebnost teh sladkorjev v krompirju.

2 KROMPIR

Krompir (znanstveno ime *Solanum tuberosum*) je trajnica iz družine razhudnikovk, znana predvsem po gomoljih, ki se uporabljajo tudi kot živilo iz skupine povrtnin v prehrani ljudi. Beseda »krompir« se nanaša tako na užitne gomolje, kot na celo rastlino.

Danes je četrta najpomembnejša kulturna rastlina po količini pridelane hrane na svetu in bistven del kuhinje številnih kultur.

(Potato, 2015)



Slika 1: Krompir

(http://sl.wikipedia.org/wiki/Krompir#mediaviewer/File:Potato_and_cross_section.jpg)

2.1 Hranilna vrednost krompirja

Procentualno krompirjev gomolj vsebuje veliko količino vode - skoraj 80 %, 17,5 % ogljikovih hidratov, 2 % beljakovin in 0,1 % lipidov. Večino vsebnosti ogljikovih hidratov predstavlja škrob. Majhen, a pomemben del škroba je odporen na prebavo encimov v želodcu in tankem črevesu. Škrob ima podobne fiziološke učinke kot vlakna – nudi zaščito pred rakom na debelem črevesu, znižuje plazemske koncentracije holesterola in trigliceridov, povečuje sitost in celo zmanjšuje maščobe skladiščenja. Od mineralnih snovi vsebuje največ kalija (421 mg na 100 g) in fosforja (57 mg na 100 g), od vitaminov pa vitamin C (19,7 mg na 100 g). Ne vsebuje vitamina A.

(Potato, 2015)

2.2 Shranjevanje krompirja

Krompir za prehrano se mora najprej pravilno prebrati, osušiti, pustiti odležati v temnem prostoru, nakar se izloči vse gomolje z znaki gnilobe, okužbe s škodljivci in fizičnimi poškodbami, šele nato se ga skladišči za ozimnico v primernem temnem prostoru. Sončna svetloba povzroči v krompirju kopičenje zelo nevarnega alkaloida – solanina, ki je strupen. Takšen krompir postane pod kožico zelen, kar je posledica hkratnega pojava klorofila. Že samo en srednje velik zelen krompir v 1 kg krompirja je dovolj za zastrupitev s solaninom.

(Potato, 2015)

2.3 Krompirjevi škodljivci

Krompirjev molj (znanstveno ime *Phtorimaea operculella*) je najbolj nevaren škodljivec, ki se lahko zaredi na krompirju. Dolg je okoli 5 mm z razponom kril od 15 do 17 mm, sprednja krila so sivo-rjave barve s temnimi pegami, zadnja krila pa so rumenkaste barve. Sprednja krila so močnejše razvita kot zadnja, iz njegove zalege pa se razvije gosenica dolga približno 15 mm rumeno-bele barve. Gosenice se najprej razvijejo na zunanjem zelenem stebelu, nato pa pred zabubljenjem preidejo na gomolj, kjer se zabubijo. Po uskladičenju se razvijejo gosenice pod krompirjevo kožico in delajo prave rove v krompir ter povzročijo gnitje krompirja. Tak krompir ni užiten in mora biti strokovno odstranjen ter uničen.

(Krompir, 2015)

Pomemben patogen je tudi bakterija z znanstvenim imenom *Ralstonia solanacearum*, ki povzroča krompirjevo rjavo gnilobo ter bakterijsko vnetje krompirja in paradižnika in je v Evropi na vrhu spiska najhujših škodljivcev na krompirju. Kjer ga opazijo, morajo nemudoma hitro ukrepati, sicer lahko uniči letino.

(Krompir, 2015).



Slika 2: Krompir med cvetenjem
(http://sl.wikipedia.org/wiki/Krompir#mediaviewer/File:S._tuberosum-5.JPG)

2.4 Sorte krompirja

'MURA'

'Mura' je srednje pozna sorta, ki oblikuje 10 do 12 srednje debelih gomoljev, okroglo ovalne oblike s krem belim mesom. Kožica je svetla, očesa so plitva. Pridelek je zelo velik. Odporna je proti krompirjevemu virusu Y. Ima dolgo dormanco in se dobro skladišči. Je dobre kakovosti, primerna za kuhanje in pečenje. Je srednje pozna sorta za ozimnico.

(Semenarna Ljubljana, 2015)



Slika 3: Krompirjev gomolj 'Mura'

(http://www.semenarna.si/tl_files/KAZALO/aktualno/2011/Dan%20semenskega%20krompirja/Nove%20sorte%20semenskega%20krompirja%202012-web.pdf)

'DESIRÉE'

Sorta 'Desirée' spada v srednje pozno sorto. Je ovalno podolgovat krompir s svetlo rumenim mesom in rdečo kožico. Je odporen proti plesni na listih in gomolju. Krompir je občutljiv proti navadni krastavosti (bakterijski bolezn). Je čvrst tip krompirja.

(Roko, 2015)

3 GOMOLJ

Gomolj (latinsko *tuber*) je rastlinska struktura, namenjena shranjevanju založnih snovi, ki se razvije pri nekaterih rastlinah in jim pomaga preživeti obdobja, neugodna za rast. S pomočjo gomoljev se rastline tudi vegetativno razmnožujejo. Gomolji različnih rastlin se po izvoru in zgradbi med seboj razlikujejo, v splošnem pa nastanejo z odebelitvijo določenega dela rastline. Po izvoru jih delimo na stebelne in koreninske (Gomolj, 2015).

Stebelni gomolj je močno odebeljeno steblo, lahko se razvije iz različnih delov stebela, bodisi podzemnih, bodisi nadzemnih. Podzemne stebelne gomolje ločimo od koreninskih po tem, da imajo zalistne brste. Listi, ki kmalu odpadejo, so največkrat majhni in luskasti. Zgled za stebelni gomolj je gomolj krompirja, ki se razvije iz podzemnega stolona (živice), njegova »očesa« so brazgotine, ki ostanejo ob odpadu listov. Pri kolerabi se gomolj razvije iz olistanega nadzemnega dela, pri redkvici pa iz hipokotila. Koreninski gomolj nastane z odebeljevanjem stranskih korenin. Takšne gomolje ima na primer dalija.

V gomoljih je nakopičen škrob, ki je glavna založna snov rastlin. Skladišči se v amiloplastih (posebnem tipu levkoplastov), ki so jih celice v gomolju polne. Zaradi nakopičenih hranljivih snovi gomolje pogosto napadajo rastlinojede in vsejede živali. Tudi v prehrani človeka imajo gomolji pomembno mesto. Poleg krompirja zaradi gomoljev v različnih delih sveta gojijo sladki krompir, kasavo, jam, manioko, tapioko, topinambur in druge rastline.

(Gomolj, 2015)



Slika 4: Gomolj krompirja s poganki
(http://sl.wikipedia.org/wiki/Gomolj#mediaviewer/File:Potato_EarlyRose_sprouts.jpg)

4 OGLJIKOVI HIDRATI

Ogljikovi hidrati ali sladkorji v živalstvu in rastlinstvu skupaj z maščobami in beljakovinami tvorijo osnovo prehrane. So glavni vir energije, ki jo potrebujemo za življenje in delo. Ogljikovi hidrati so med vsemi organskimi snovmi najmočnejše zastopana in najbolj razširjena skupina kemijskih spojin.

(Stušek, 2011)

Skoraj vsi živi organizmi uporabljajo za energijo glukozo. Če je ni na dovolj na razpolago, se tvori v presnovi iz bolj kompleksnih ogljikovih hidratov, lipidov ali beljakovin.

Zaradi sladkega okusa številnih ogljikovih hidratov so dobili tudi ime saharidi (*saccharum* = lat. sadkor).

(Stušek, 2011)

Ogljikovi hidrati so v kruhu, krompirju, testeninah, rižu, sladkorju, medu ter v žitnih izdelkih.

4.1 Ogljikovi hidrati predstavljajo vir energije

Oksidacija ogljikovih hidratov, pri kateri nastaneta končna produkta ogljikov dioksid in voda, je naš sprotni vir energije.

(Stušek, 2011)

Ogljikovi hidrati so glavni vir energije v telesu. Med prebavo se pretvorijo v monosaharide, ti pa v glukozo, edini sladkor, ki prehaja v kri. Presežek glukoze v telesu se shranjuje kot rezerva v obliki glikogena v mišicah in jetrih.

(Stušek, 2011)

Ogljikovi hidrati so potrebni za normalen potek presnove v celicah. Tam se maščobe popolnoma razgrajujejo, iz njih pa se sprošča energija v primeru, ko imajo celice na razpolago nekaj »goriva« v obliki ogljikovih hidratov. Če telesu primanjkuje ogljikovih hidratov, se povečuje kislost telesnih tekočin. Ogljikovi hidrati pa so pomembni tudi za opravljanje specifičnih nalog. Možganske in druge celice lahko namreč pridobivajo energijo samo iz ogljikovih hidratov. Ti so pomembni pri izgrajevanju nekaterih telesnih sestavin, na primer hrustančevine, kostnine, izločkov sluznic, žlez...

(Stušek, 2011)

4.2 Sinteza ogljikov hidratov

Fotosinteza je zelo zapleten proces številnih zaporednih reakcij, pri katerem sta voda in ogljikov dioksid le izhodna reaktanta ter ogljikovi hidrati in kisik le končni produkti.

(Vilhar, 2011)



Slika 5: Reakcija fotosinteze

(<http://upload.wikimedia.org/math/c/7/3/c739dd7020c084a23058c28c31e2a3df.png>)

4.3 Razdelitev ogljikovih hidratov

Ogljikove hidrate delimo v enostavne in sestavljene.

(Vilhar, 2011)

Enostavni ogljikovi hidrati so monosaharidi in disaharidi.

Dobri viri preprostih ogljikovih hidratov so sadje, med, mleko in sladkor.

(Vilhar, 2011)

Sestavljeni ogljikovi hidrati so polisaharidi in vsebujejo več sto monosaharidov. Bogati viri sestavljenih ogljikovih hidratov so kruh, riž in krompir. Sestavljene ogljikove hidrate vsebujejo tudi balastne vlaknine. So pomemben del prebavne mase in olajšujejo delovanje črevesja. Dobimo jih s polnovrednimi žiti, sadjem in zelenjavo.

(Vilhar, 2011)

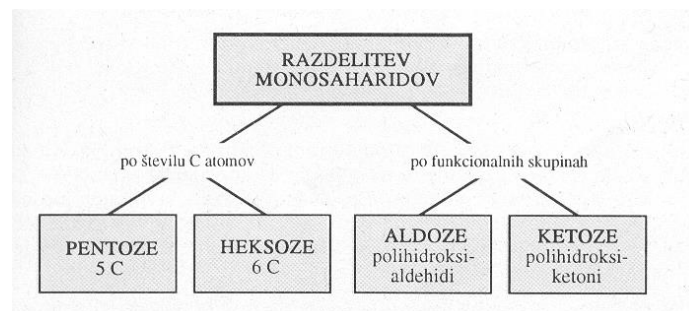
MONOSAHARIDI

Najpreprostejši ogljikovi hidrati so enostavni sladkorji ali monosaharidi. Njihovo ogljikovo ogrodje vsebuje tri do deset ogljikovih atomov. Monosaharidi pa se ne razlikujejo samo po številu atomov v ogljikovem ogrodju, ampak tudi po namestitvi drugih atomov na ogljikovem ogrodju. Monosaharidi so tako dober primer raznolikosti zgradbe organskih molekul, s katero je povezana tudi vloga teh molekul v celici. Pogosto ogljikovo ogrodje v monosaharidih, raztopljenih v vodi, ni linearno, ampak se sklene v obroč.

(Vilhar, 2011)

Med monosaharidi je največ takih, ki jih celica uporablja kot vir energije (glukoza, galaktoza in fruktoza). Nekatere monosaharide celica uporablja kot gradnike drugih organskih molekul, ki ne sodijo med ogljikove hidrate. Celica lahko monosaharide uporabi tudi kot surovino – snov, ki jo v kemijskih reakcijah lahko predela v drugo snov. Tako lahko denimo celica uporabi monosaharide kot izhodno surovino za izdelavo maščob.

(Vilhar, 2011)

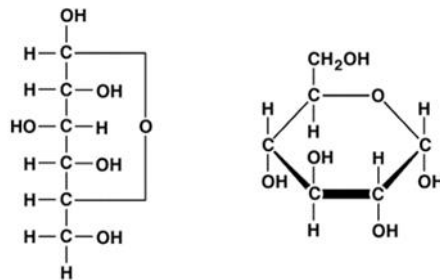


Slika 6: Razdelitev monosaharidov

(http://sl.wikipedia.org/wiki/Ogljikovi_hidrati/monosaharidi.jpg)

GLUKOZA (krvni sladkor, grozdni sladkor ali dekstroza) je aldoza ter je najbolj pomembni in najbolj razširjeni monosaharid. Njena molekulska formula je $C_6H_{12}O_6$. Ker v nespremenjeni obliki prehaja skozi črevesno steno v kri, je učinkovit vir energije. Glukoza uporabljamo za sadne sokove, bonbone in v zdravstvu. Industrijsko pridobivajo glukoza največ s hidrolizo škroba. Glukoza je tudi ključni ogljikov hidrat v našem organizmu. Vse druge ogljikove hidrate,

ki jih zaužijemo, mora organizem z encimskimi reakcijami najprej pretvoriti v glukozo, ki jo zatem z oksidacijo uporabi za sproščanje energije.
(Kornhauser, 1992)



Slika 7: Glukoza

(<http://bs.wikipedia.org/wiki/Glukoza#mediaviewer/File:Alpha-D-Glucopyranose.svg>)

V krvi zdravega človeka je od 70 do 100 mg glukoze v 100 ml krvi. Glukoza potuje v celice, kjer služi kot vir energije, ter v jetra, kjer se »skladišči« tako, da se veže v polisaharid glikogen. Če raven glukoze v krvi pade pod navedeno koncentracijo, se del glikogena iz jeter pretvori nazaj v glukozo. Kadar bolnik ne more dobiti glukoze z uživanjem ogljikovih hidratov, mu jo dodajajo neposredno v vene kot infuzijo.

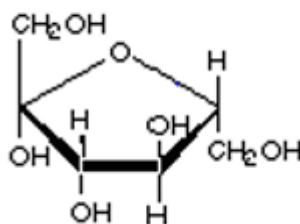
(Kornhauser, 1992)

Kadar nivo glukoze v krvi močno pade, dobimo hipoglikemični šok. Ta je značilen za zastrupitve z alkoholom. Kadar pa nivo glukoze v krvi močno poraste, bolnik pade v hiperglikemično komo. To največkrat povzroča sladkorna bolezen ali diabetes mellitus. Ta bolezen se razvije, če organizmu manjka hormon inzulin, ki sodeluje pri razgradnji glukoze. Pri diabetesu se glukozo pojavi tudi v urinu.

(Kornhauser, 1992)

FRUKTOZA ali sadni sladkor je ogljikov hidrat, natančneje enostaven ogljikov hidrat ali monosaharid. Najdemo ga v veliko različnih vrstah hrane; medu, sadju in nekateri zelenjavi. Skupaj z glukozo ter galaktozo sodi med tri najpomembnejše monosaharide v naši prehrani. Fruktosa je bela trdna snov in je najbolj topna izmed sladkorjev. Običajno jo najdemo v obliki saharoze (namizni sladkor), ki je disaharid sestavljen iz ene molekule fruktoze in ene molekule glukoze.

(Fruktoza, 2015)

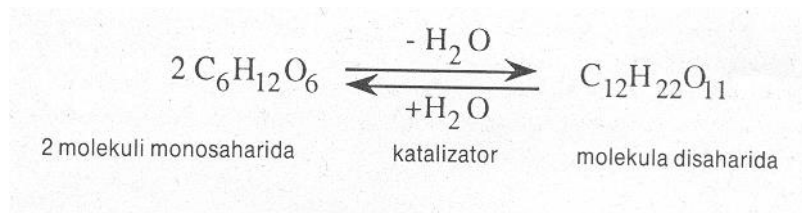


Slika 8: Fruktosa

(<http://www.food-info.net/images/fructose.gif>)

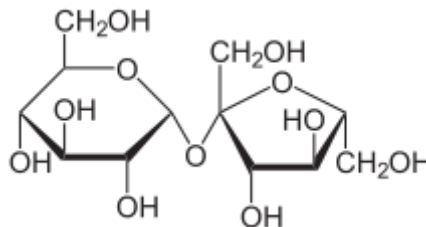
DISAHARIDI

Molekule disaharidov sestavljata po dve molekuli monosaharida. To napišemo: (Stušek, 2011)



Slika 9: Disaharidi
(http://sl.wikipedia.org/wiki/Ogljikovi_hidrati/disaharidi.jpg)

SAHAROZA je vrsta ogljikovih hidratov, znana tudi pod imenom namizni sladkor, beli sladkor, pogovorno tudi sladkor, ki se najpogosteje uporablja v vsakodnevni prehrani in prehrabeni industriji. Doma ga največkrat uporabljamo v kulinariki - za sladkanje. (Saharoza, 2015)



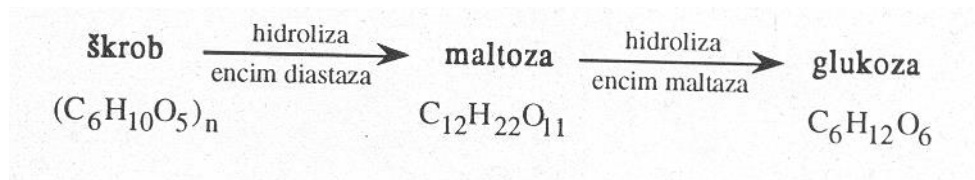
Slika 10: Saharoza
(http://www.kii3.ntf.uni-lj.si/e-kemija/file.php/1/output/oh-polisaharidi/formula_saharoze.jpg.png)

Spada med nereducirajoče disaharide. Je spojina fruktoze in glukoze, z molekulsko formulo $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$. Je brez barve in vonja, ima sladek okus. Pri sobni temperaturi je v trdnem agregatnem stanju. (Saharoza, 2015)

Saharozo pridobivamo iz sladkorne pese in iz sladkornega trsa, ker se iz teh dveh rastlin spleča pridobivanje. Za gojenje sladkornega trsa so primerni tropski kraji. Pridobivanje poteka tako, da izrežejo steblo, iz njega iztisnejo sok in vodo izparijo. Ko snov kristalizirajo, ostanejo kristalčki - sladkor. Saharoza je dobro topna v vodi, sok sladkorne pese vsebuje 10-17 % saharoze, medtem, ko sok sladkornega trsa 15-20 %. (Saharoza, 2015)

Njeno tališče je 186°C , vrelišča pa nima, saj pri visokih temperaturah razpade. (Saharoza, 2015)

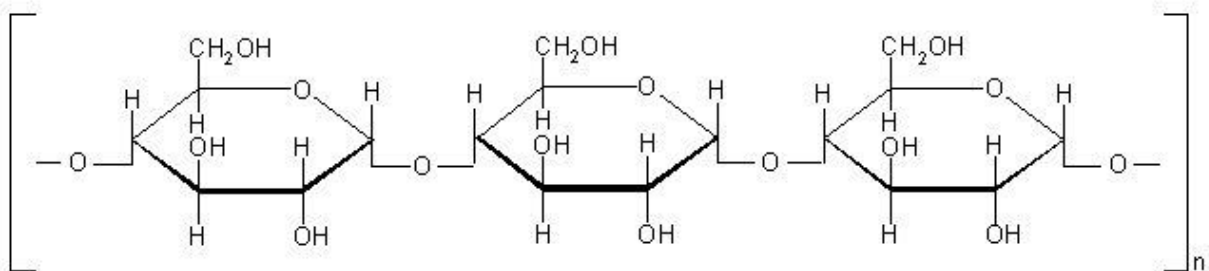
MALTOZA (sladni sladkor) nastane z razgradnjo škroba v kalečem ječmenu, ki omogoča encim diastaza. Maltozo lahko glive kvasovke vključijo v proces vrenja. (Atkins, 1995)



Slika 11: Pretvorba škroba v glukozo
 (<http://www.kii3.ntf.uni-lj.si/e-kemija/file.php/1/output/oh-polisaharidi/maltoza.jpg.png>)

POLISAHARIDI

ŠKROB je oblika rezervnega ogljikovega hidrata pri rastlinah. Škrob v krompirju in nekaterih žitnih vrstah je sestavljen iz dveh različno zgrajenih sestavljenih sladkorjev: iz amiloze in amilopektina. (Atkins, 2015)



Slika 12: Škrob
 (http://www.kii3.ntf.uni-lj.si/e-kemija/file.php/1/output/oh-polisaharidi/formula_skrob.jpg.png)

CELULOZA je ogrodna snov v celičnih stenah rastlin. Skoraj popolnoma čisto celulozo najdemo v vlaknih bombaža in bezgovem strženu. Les je zgrajen pretežno iz celuloze. Molekulo celuloze sestavlja od 8.000 do 12.000 molekul glukoze, ki se povezujejo v nitaste strukture. Celuloza ni topna v vodi, prebavni sokovi je ne morejo razgraditi. Čeprav je neprebavljiva, je pomembna kot balastna snov, ki pospešuje peristaltično gibanje črevesja. V vodi celuloza nabrekne. (Atkins, 2015)

AMILOZA sestavlja približno 20% mase škrobnega zrna in se nahaja v njegovem osrednjem delu. Zgrajena je iz 1000 - 4500 molekul glukoze, ki so povezane v nerazvejane, spiralasto zavite verige. (Atkins, 2015)

AMILOPEKTIN je glavna sestavina škrobnega zrna, saj sestavlja 80% njegove mase. Tvori koncentrično naložene plasti v škrobnem zrnu. Zgrajena je iz 600-500.000 molekul glukoze, ki se povezujejo v razvejane verige. Verige se razvejajo na vsakih 25 molekul glukoze. Včasih so enosmerno zasnovane verige molekul amilopektina tudi spiralasto zgrajene. Rižev, koruzni in druge vrste škroba vsebujejo samo amilopektin. V celici se škrob s pomočjo encima lahko razgrajuje v molekule glukoze, ki jih celica potrebuje za lastno presnovo, pridobivanje energije in izgrajevanje drugih snovi (npr. maščob). Rastline skladiščijo škrob predvsem v svojih podzemnih delih, v semenih in plodovih. Veliko škroba je v žitnih zrnih, krompirju, stročnicah, gomoljih tropskih rastlin in v strženu sagove palme. (Atkins, 2015)

5 RAZGRADNJA OGLJIKOVIH HIDRATOV

Škrob je polimer, sestavljen iz povezanih glukoznih enot. Shranjen v celičnih organelih, imenovanem amiloplasti. Razgradnja škroba poteka s pomočjo škrobne fosforilaze. Škrob se razgrajuje do saharoze, glukoze in fruktoze. Porablja se v glikolizi in dihanju. Saharoza se lahko razgrajuje dalje v glukozo in fruktozo. Saharoza nastane z vezavo med dvema monosaharidoma – glukozo in fruktozo. Pri nastanku vezi med monosaharidoma se odcepi molekula vode (dehidracija). Disaharid se lahko tudi razgradi nazaj v monosaharida, pri čemer se veže molekula vode (hidroliza). Glukoza in fruktoza vsebujeta šest ogljikovih atomov, vendar se zaradi različne namestitve karbonilne skupine pri glukozni ogljikovo orodje sklence v šestčlenski obroč, pri fruktozi pa v petčlenski obroč. Hidroliza saharoze poteka v vakuoli transfer reduciranih sladkorjev iz vakuole s pomočjo glukoze in fruktoze – transporterjev se shrani na tonoplastu. Hidrolizo saharoze pa omogoča encim invertaza (saharaza ali invertin, ki dvojni sladkor saharozo razdeli v dva enojna sladkorja, v grozdni sladkor (glukozo) in v sadnega (fruktozo ali levulozo). Njuno zmer imenujemo invertni sladkor. Pri nizkih temperaturah (pod 8 °C, ko se v vodi začnejo tvoriti kristali, ki lahko poškodujejo celico, se razgradnja saharoze poveča, saj pri tem veže vodo v sladkorje in ji onemogoča kristaliziranje. Zaradi povečane razgradnje se intenziteta dihanja povečuje, zmanjša pa se število ATP.

(Marangoni, 1996)

6 BARVNE REAKCIJE ZA DOLOČANJE REDUCIRAJOČIH SLADKORJEV

Reducirajoči sladkorji so sladkorji, ki reducirajo rahlo oksidirajoče snovi.

(Glaser, 2006)

Za določanje reducirajočih sladkorjev uporabljamo po navadi sledeče metode:

- Molisheva reakcija z α -naftolom
- Antronska reakcija
- Nastanek srebrovega ogledala
- Fehlingova reakcija
- Benedictova reakcija

Saharoza je disaharid, sestavljen iz α -D-glukoze in β -D-fruktoze. Ker v glikozidni vezi sodeluje tudi karbonilna skupina, raztopina saharoze ni reducirajoča in je zato ne moremo določiti s pomočjo reakcij, ki temeljijo na oksidaciji sladkorja. Določimo jo lahko tako, da jo hidroliziramo do monosaharidov (t. i. inverzija) in nato določimo le-te (Boyer, 2008).

EKSPERIMENTALNI DEL

Merili smo vsebnost sladkorjev v odvisnosti od časa skladiščenja. Pri analizi podatkov in statistične obdelavi smo si pomagali s programom StatGraph.

1 METODA

1.1 Vzorčenje

Izbrali smo dve sorti krompirjevih gomoljev. Francoski krompirjev gomolj sorte 'Desirée' in slovenski krompirjev gomolj sorte 'Mura'. Krompirjeve gomolje smo dobili na Kmetijskem inštitutu Slovenije. Za ti dve sorti smo se odločili na podlagi predhodnih raziskav, kjer smo ugotovili, da se ti dve sorti v vsebnosti sladkorjev najbolj razlikujeta.

KONTROLA

Vsako sorto krompirjevega gomolja smo olupili in narezali na kocke. Z multipraktikom smo jih zmiksali v kašo in vsakemu krompirju odvzeli 3 vzorce, ki smo jih obdelali.

KROMPIRJEV GOMOLJ 4 °C

Obe sorti krompirjevega gomolja sta bili shranjeni pri 4 °C. Vsako sorto krompirjevega gomolja smo na dan vzorčenja vzeli s 4 °C, olupili, narezali in zmiksali v kašo ter odvzeli 3 vzorce po 1 g.

KROMPIRJEV GOMOLJ 8 °C

Obe sorti krompirjevega gomolja sta bili shranjeni pri 8 °C. Vsako sorto krompirjevega gomolja smo na dan vzorčenja vzeli z 8 °C, olupil, narezali in zmiksali v kašo. Ter odvzeli 3 vzorce po 1 g.

DATUMI VZORČENJ

4.12.2014 smo vzorčili kontrolo in vzorce obdelali. Polovico vsake sorte krompirja smo skladiščili pri 4 °C in 8 °C.

15.12.2014 (prvo vzorčenje) sta bili sorti krompirjevega gomolja skladiščeni 11 dni. Vsakemu krompirjevemu gomolju pri vsaki temperaturi smo odvzeli po tri vzorce (skupaj 12 vzorcev) in jih obdelali.

23.12.2014 (drugo vzorčenje) sta bili sorti krompirjevega gomolja skladiščeni 19 dni. Vsakemu krompirjevemu gomolju pri vsaki temperaturi smo odvzeli po tri vzorce (skupaj 12 vzorcev) in jih obdelali.

5.1.2015 (tretjo vzorčenje) sta bili sorti krompirjevega gomolja skladiščeni 32 dni. Vsakemu krompirjevemu gomolju pri vsaki temperaturi smo odvzeli po tri vzorce (skupaj 12 vzorcev) in jih obdelali.

14.1.2015 (četrtο vzorčenje) sta bili sorti krompirjevega gomolja skladiščeni 41 dni. Vsakemu krompirjevemu gomolju pri vsaki temperaturi smo odvzeli po tri vzorce (skupaj 12 vzorcev) in jih obdelali.

1.2 Obdelava vzorcev

V steklene centrifugirke smo stehali 1 g vzorca in dodali 6 mL destilirane vode. Vzorce smo homogenizirali z Ultraturaxom za cca. 20 sekund nato pa jih stresali 30 minut pri sobni temperaturi na stresalniku. Nakar smo jih centrifugirali 20 minut pri 4 °C in 2500 rpm. Po končanem centrifugiranju smo ekstrakt prefiltrirali skozi 0,45 µm filter v krioviale. Ekstrakte smo analizirali po izokratski metodi HPLC (Waters 2695 Alliance, Waters 410 Differential Refractometer).



Slika 13: Vzorci na stresalniku

Kromatografski pogoji:

- Rezex™ 8 µm RCM-Monosaccharide Ca+2 (8%) LC Column 300 x 7.8, temperatura kolone: 65 °C
- temperatura vzorcev: 4 °C
- mobilna faza: voda
- inicitiranje: 30 µL
- čas trajanja analize: 30 minut



Slika 14: Filtriranje vzorcev

1.3 Škrobni test

Izvedli smo tudi test z jodovico, pri katerem smo kolobar krompirjevega gomolja namočili v jodovico. Temneje, kot se je kolobar obarval, več škroba je bilo prisotnega. Razlik v vsebnosti škroba ni bilo mogoče opaziti. Vsi kolobarji so bili enako močno obarvani.



Slika 15: Test z jodovico

2 REZULTATI

Tabela 1: Vpliv temperature in obdobja skladiščenja na koncentracijo posameznih sladkorjev v gomoljih krompirja sort 'Desirée' in 'Mura'

Rezultati ANOVA

Preglednica 1: Vpliv Temperature in obdobja skladiščenja na koncentracijo posameznih sladkorjev v gomoljih krompirja sort 'Desirée' in 'Mura'.

	'Desirée'			'Mura'			
	Saharozna	Glukoza	Fruktoza	Saharozna	Glukoza	Fruktoza	
Temperatura (T)	***	***	***	***	***	*	
Obdobje skladiščenja (O)	***	***	***	***	***	***	
T×O	*	***	***	***	ns	*	
Srednje vrednosti dejavnikov [mg g ⁻¹ SvS]							
Temperatura	4°C	1,80 ± 0,20a	6,00 ± 0,49a	5,39 ± 0,32a	1,25 ± 0,20a	8,42 ± 0,20a	6,77 ± 0,15a
	8°C	0,46 ± 0,10b	2,24 ± 0,12b	2,00 ± 0,08b	0,09 ± 0,02b	4,00 ± 0,14b	2,58 ± 0,13b
Obdobje skladiščenja	11 dni	0,86 ± 0,21b	2,96 ± 0,22b	2,85 ± 0,34c	0,27 ± 0,11c	5,28 ± 0,87c	4,12 ± 0,82b
	19 dni	0,94 ± 0,17b	3,55 ± 0,46b	3,48 ± 1,40b	0,44 ± 0,11c	5,96 ± 0,60b	4,73 ± 0,59a
	32 dni	0,90 ± 0,14b	4,72 ± 1,17a	4,21 ± 0,97a	0,71 ± 0,25b	6,26 ± 0,80b	4,79 ± 0,85a
	41 dni	1,81 ± 0,43a	5,26 ± 0,87a	4,17 ± 0,76a	1,26 ± 0,40a	6,99 ± 0,83a	5,07 ± 0,84a
Kontrola	0,196 ± 0,04	2,52 ± 0,08	1,96 ± 0,06	0,09 ± 0,04	2,97 ± 0,31	2,20 ± 0,22	

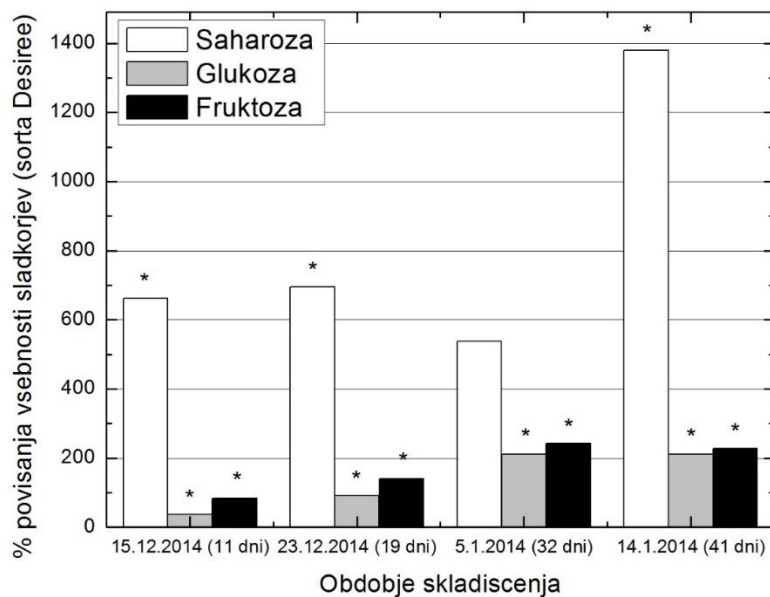
ns- ni statistično značilnega vpliva ($P > 0,05$)

*, ***, statistično značilen vpliv ($P < 0,05$ oziroma $P < 0,001$)

a-b srednje vrednosti označene z različnimi črkami se med seboj statistično značilno razlikujejo (Duncan test, $\alpha = 0,05$)

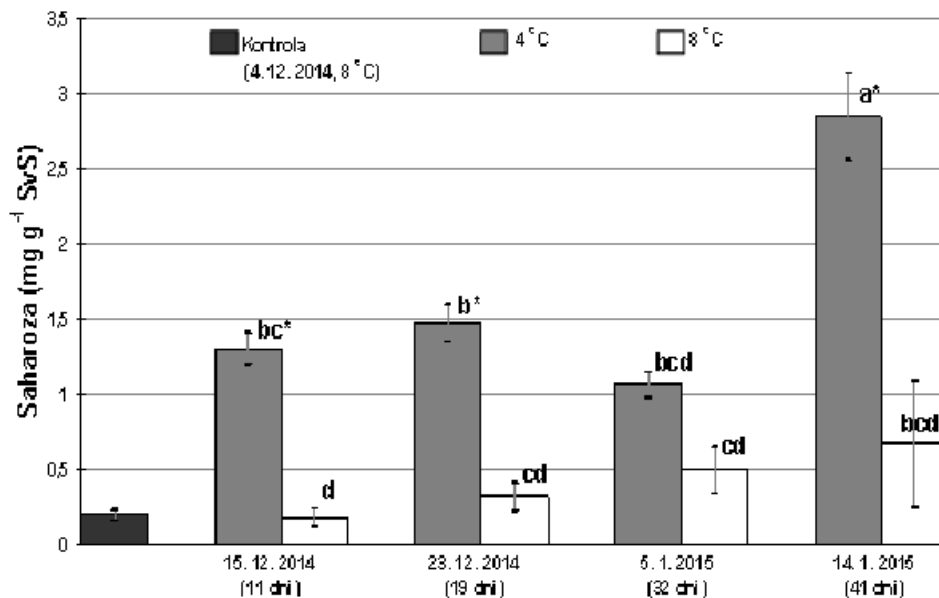
2.1 Desirée

Graf 1: Spreminjanje vsebnosti sladkorjev v odstotkih pri francoski sorti 'Desirée'



SAHAROZA

Graf 2: Vpliv temperature in obdobja skladiščenja (interakcija TxO) na koncentracijo saharoze v gomoljih krompirja sorte 'Desirée'

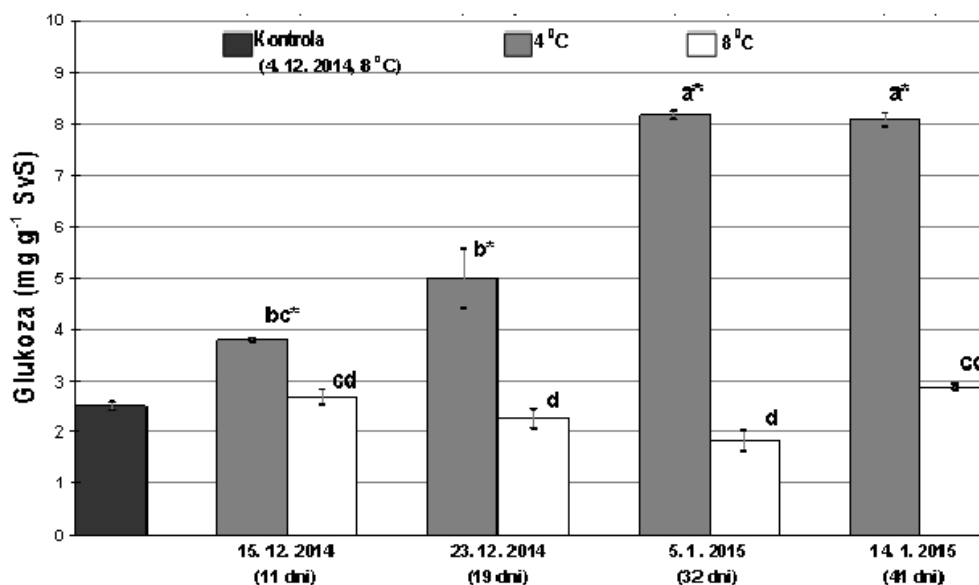


^{a-d} srednje vrednosti (\pm SEM) znotraj posameznih sladkorjev označene z različnimi črkami se med sabo statistično značilno razlikujejo (Tukey, $\alpha=0,05$)

* vrednosti označene z zvezdico (*) se statistično značilno razlikujejo od kontrole (t-test, $\alpha=0,05$)

GLUKOZA

Graf 3: Vpliv temperature in obdobja skladiščenja (interakcija TxO) na koncentracijo glukoze v gomoljih krompirja sorte 'Desirée'

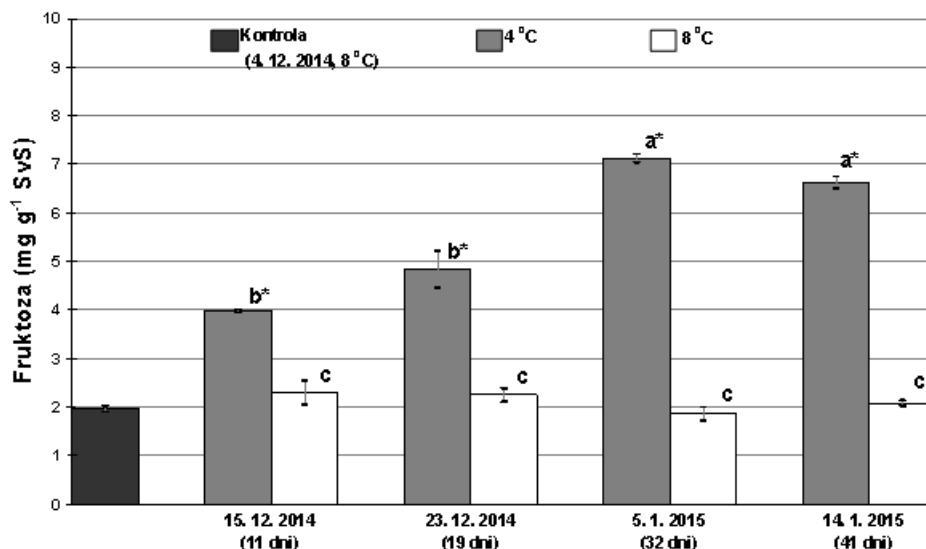


^{a-d} srednje vrednosti (\pm SEM) znotraj posameznih sladkorjev označene z različnimi črkami se med sabo statistično značilno razlikujejo (Tukey, $\alpha=0,05$)

* vrednosti označene z zvezdico (*) se statistično značilno razlikujejo od kontrole (t-test, $\alpha=0,05$)

FRUKTOZA

Graf 4: Vpliv temperature in obdobja skladiščenja (interakcija TxO) na koncentracijo fruktoze v gomoljih krompirja sorte 'Desirée'

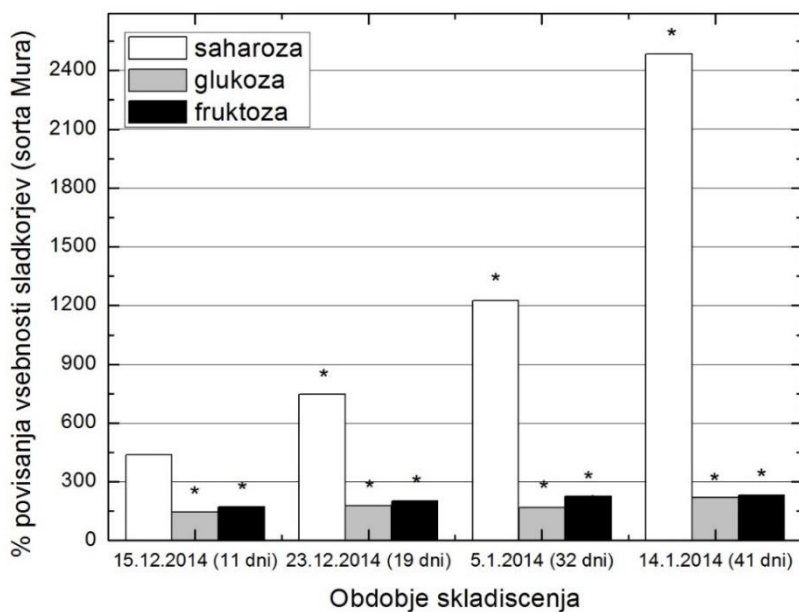


^{a-d} srednje vrednosti (\pm SEM) znotraj posameznih sladkorjev označene z različnimi črkami se med sabo statistično značilno razlikujejo (Tukey, $\alpha=0,05$)

* vrednosti označene z zvezdico (*) se statistično značilno razlikujejo od kontrole (t-test, $\alpha=0,05$)

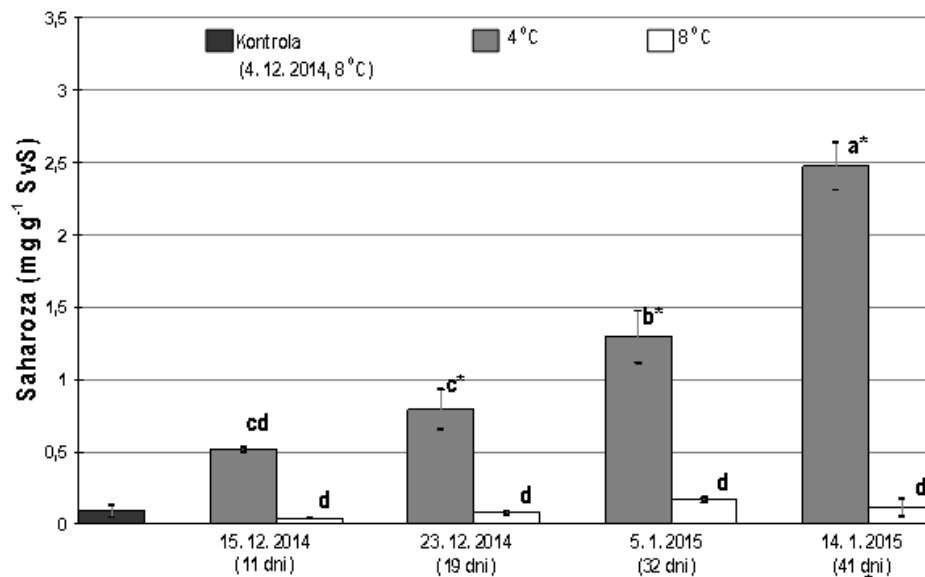
2.2 Mura

Graf 5: Spreminjanje vsebnosti sladkorjev v odstotkih pri slovenski sorti 'Mura'



SAHAROZA

Graf 6: Vpliv temperature in obdobja skladiščenja (interakcija TxO) na koncentracijo saharoze v gomoljih krompirja sorte 'Mura'

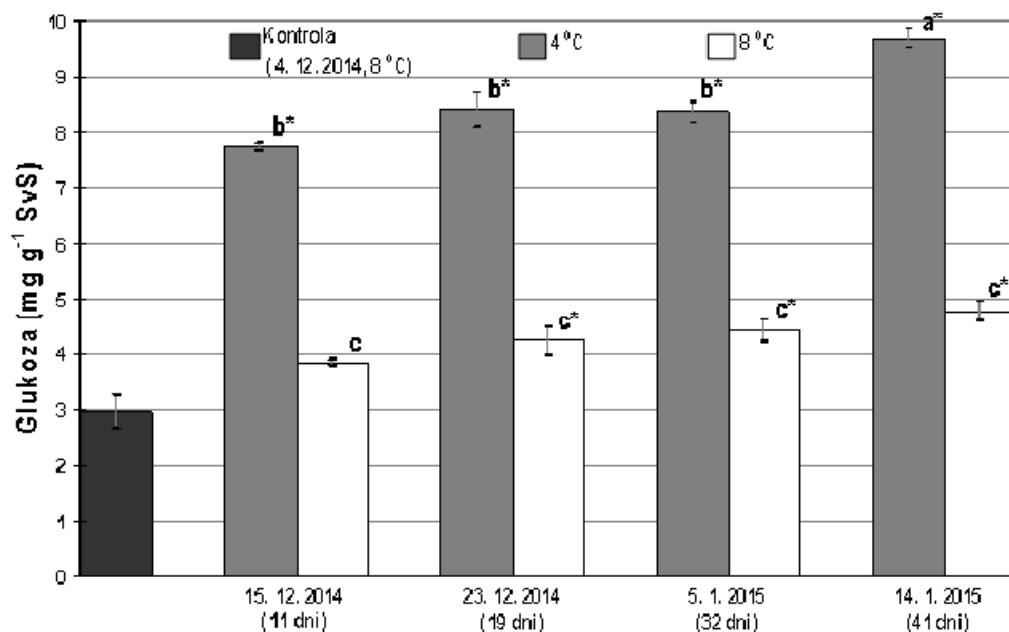


^{a-d} srednje vrednosti (\pm SEM) znotraj posameznih sladkorjev označene z različnimi črkami se med sabo statistično značilno razlikujejo (Tukey, $\alpha=0,05$)

* vrednosti označene z zvezdico (*) se statistično značilno razlikujejo od kontrole (t-test, $\alpha=0,05$)

GLUKOZA

Graf 7: Vpliv temperature in obdobja skladiščenja (interakcija TxO) na koncentracijo glukoze v gomoljih krompirja sorte 'Mura'

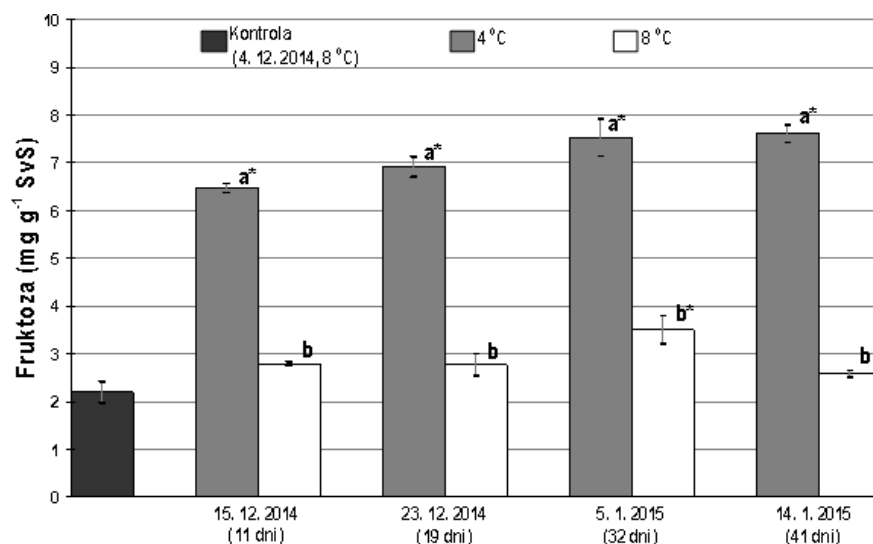


^{a-d} srednje vrednosti (\pm SEM) znotraj posameznih sladkorjev označene z različnimi črkami se med sabo statistično značilno razlikujejo (Tukey, $\alpha=0,05$)

* vrednosti označene z zvezdico (*) se statistično značilno razlikujejo od kontrole (t-test, $\alpha=0,05$)

FRUKTOZA

Graf 8: Vpliv temperature in obdobja skladiščenja (interakcija TxO) na koncentracijo fruktoze v gomoljih krompirja sorte 'Mura'



^{a-d} srednje vrednosti (\pm SEM) znotraj posameznih sladkorjev označene z različnimi črkami se med sabo statistično značilno razlikujejo (Tukey, $\alpha=0,05$)

* vrednosti označene z zvezdico (*) se statistično značilno razlikujejo od kontrole (t-test, $\alpha=0,05$)

3 INTERPRETACIJA REZULTATOV

V raziskovalni nalogi smo proučili vpliv temperature na pretvorbo škroba v saharozo, glukozo in fruktozo. Pri temperaturi 8 °C se je v krompirjevem gomolju pretvorilo bistveno manj škroba v saharozo in monosaharide kot pri nižji temperaturi. Ugotovili smo, da se saharoza, ki je disaharid sestavljen iz glukoze in fruktoze pri nižji temperaturi razgrajuje. Pri razgradnji disaharida pa se veže voda v krompirju. V krompirjevem gomolju je skoraj 80 % vode. Pri nizkih temperaturah se v vodi oblikujejo kristali, ki bi lahko poškodovali celice, zato se škrob, ki je shranjen v amiloplastih začne s pomočjo škrobne fosforilaze razgrajati. Škrob se razgradi v saharozo, glukozo in fruktozo. Saharozna pa se razgrajuje dalje do glukoze in fruktoze. Pri nižji temperaturi je zaradi obrambnega mehanizma razgradnje ogljikovih hidratov, v krompirjevem gomolju večja koncentracija sladkorjev. Pri 8 °C je bilo v krompirjevem gomolju več saharoze kot pri 4 °C, saj se škrob razgrajuje v saharozo samo za porabo v glikolizi in pa pri dihanju. Pri 4 °C pa je bilo več glukoze in fruktoze kot pri 8 °C, zaradi nizkih temperatur.

3.1 Desirée

SAHAROZA

Pri 4 °C se je vsebnost saharoze večala s časom skladiščenja. Pri tem odstopajo podatki zbranih po 32 dneh. V primerjavi s kontrolo se izmerjeni vrednosti statistično razlikujejo. Med prvim, drugim in tretjim vzorčenjem ni statističnih razlik. Četrto vzorčenje pa se statistično razlikuje od ostalih. Saharozna se je po 41 dneh skladiščenja v primerjavi s kontrolo povečala za 1380 %. Vsebnost saharoze je bila pri sorti 'Desirée' na začetku 0,2 mg/g SvS. Po 11 dneh se je vsebnost povišala na 1,5 mg/g SvS. Pri tretjem vzorčenju je koncentracija nekoliko padla na 1,3 mg/g SvS. Do 41 dne je vrednost ponovno narasla na 2,9 mg/g SvS, po tem času pa se vsebnost saharoze ni več spreminjala.

Pri 8 °C se je vsebnost saharoze manjšala s časom skladiščenja, vendar se vzorčenja statistično ne razlikujejo od kontrole. Prav tako med samimi vzorčenji ni statističnih razlik. Začetna vsebnost saharoze je bila 0,2 mg/g SvS. Vrednost je do prvega vzorčenja ostala nespremenjena. Pri drugem vzorčenju je vsebnost saharoze nekoliko narasla (0,3 mg/g SvS). Pri tretjem vzorčenju smo izmerili 0,5 mg/g SvS, pri četrtem pa 0,7 mg/g SvS.

Pri krompirjevem gomolju sorte 'Desirée' je vidna razlika v vsebnosti saharoze pri 4 °C in 8 °C. Največja razlika med vsebnostjo saharoze pri 4 °C in 8 °C je po 11 dneh, kjer je imel krompirjev gomolj pri 4 °C za kar 540 % večjo vsebnost saharoze kot pri 8 °C. Razlika se je z daljšanjem časa skladiščenja manjšala. Pri tem pa odstopajo rezultati zbrani po 32 dneh. Med vsebnostjo saharoze pri 4 °C in 8 °C so statistične razlike pri vseh vzorčenjih, razen pri tretjem vzorčenju ni statistične razlike. Najmanjša razlika v vsebnosti saharoze med 4 °C in 8 °C je po 41 dneh skladiščenja. Po tem času se vsebnost saharoze ni več spreminjala.

GLUKOZA

Pri 4 °C se je vsebnost glukoze povečevala z daljšanjem časa skladiščenja. Največja vsebnost glukoze pri 4 °C je po 32 dneh, nato pa je ostala konstanta. Med kontrolo in termini skladiščenja so statistične razlike, razen med prvim in drugim vzorčenjem jih ni. Vsebnost glukoze je na koncu za 211 % višja od kontrole. Vsebnost glukoze pri začetnem vzorčenju je bila 2,5 mg/g SvS. Ta se je v prvih 11 dneh narastla za 1 mg/g SvS. Koncentracija se je povečevala tudi do 19 dni vzorčenja. Vsebnost je narastla na 4,9 mg/g SvS. Pri tretjem vzorčenju je bila vsebnost 7,8 mg/g SvS. Največja vrednost je bila pri zadnjem vzorčenju, po 41 dneh, ko je vsebnost dosegla 7,9 mg/g SvS. Ta se po 41 dneh ne spreminja več.

Pri 8 °C se je vsebnost glukoze zmanjševala do 32 dne, nato pa naraščala do 41 dne. Največja koncentracija glukoze je bila pri četrtem vzorčenju, nato pa ostala konstantna. Vzorce se od kontrole statistično ne razlikujejo, prav tako tudi ni statističnih razlik med posameznimi vzorčenji. Vsebnost glukoze je bila na začetku 2,5 mg/g SvS in do 11 dne ostala ne spremenjena. Po 11 dnevju je začela vsebnost glukoze padati do 2,3 mg/g SvS (19 dan) ter padala do 32 dne, ko je imela najmanjšo vsebnost 1,6 mg/g SvS. Največjo vsebnost je imela 41 dan skladiščenja – 2,7 mg/g SvS.

Pri krompirjevem gomolju sorte 'Desirée' je vidna razlika v vsebnosti glukoze med 4 °C in 8 °C. Največja razlika med vsebnostjo glukoze pri 4 °C in 8 °C je bila po 32 dneh, kjer je imel krompirjev gomolj pri 4 °C za 390 % večjo vsebnost glukoze kot krompirjev gomolj pri 8 °C. Najmanjša razlika (40 %) v vsebnosti glukoze je bila po 11 dneh skladiščenja, torej na začetku, nato pa se je z daljšanjem časa skladiščenja povečevala. Razlika med vsebnostjo glukoze pa se je po 32 dneh skladiščenja zmanjšala na 195 %, po tem ostala konstantna. Med vsebnostjo glukoze pri 4 °C in 8 °C so pri drugem, tretjem in četrtem vzorčenju statistične razlike, pri prvem pa jih ni.

FRUKTOZA

Pri 4 °C se je vsebnost fruktoze povečevala z daljšanjem časa skladiščenja do tretjega vzorčenja. Nato se je vsebnost fruktoze začela zmanjševati. Med vzorčenji in kontrolo so statistične razlike. Med prvim in drugim vzorčenjem ni statističnih razlik, vendar se obe razlikujeta od tretjega in četrtega vzorčenja. Med tretjim in četrtem vzorčenjem prav tako ni statističnih razlik. Vsebnost fruktoze je pri tretjem vzorčenju za 300 % večja od vsebnosti fruktoze v kontroli. Pri četrtem vzorčenju je ta razlika padla na 240 % in ostala konstantna. Najmanjša razlika je med kontrolo in prvim vzorčenjem in sicer le 70 %. Vsebnost fruktoze je bila na začetku 2,0 mg/g SvS. Koncentracija fruktoze je bila med vzorčenji po prvem vzorčenju in sicer 3,6 mg/g SvS. Vsebnost fruktoze je do 19 dne narastla na 4,7 mg/g SvS in 32 dne dosegla najvišjo vsebnost 6,7 mg/g. Koncentracija fruktoze je do zadnjega vzorčenja padla za 0,3 mg/g SvS.

Pri 8 °C je vsebnost fruktoze naraščala do tretjega vzorčenja, do četrtega vzorčenja pa je količina padla. Vsebnost med vzorčenji je nihala. Med kontrolo in vzorčenji ni statističnih

razlik, prav tako ne med posameznimi vzorčenji. Vsebnost fruktoze je bila na začetku 2,0 mg/g SvS. Do prvega vzorčenja je vsebnost naraščala na 2,1 mg/g SvS in do drugega Qna 2,3 mg/g SvS. Koncentracija fruktoze med drugim in tretjim vzorčenjem je padla na 1,7 mg/g SvS in do četrtega vzorčenja narastla na 1,9 mg/g SvS.

Pri krompirjevem gomolju sorte 'Desirée' je vidna razlika med vsebnostjo fruktoze pri 4 °C in 8 °C. Največja razlika v vsebnosti glukoze je pri tretjem vzorčenju. Vsebnost fruktoze pri 4 °C je bila za 300 % večja kot vsebnost fruktoze pri 8 °C. Razlika se je zmanjšala na 240 % do četrtega vzorčenja, nato pa se več ni spreminjala. Najmanjša razlika se je pokazala na začetku (70 %), nato pa se do tretjega vzorčenja povečevala. Pri vseh vzorčenjih se je pojavila statistična razlika med vsebnostjo fruktoze pri 4 °C in 8 °C.

3.2 Mura

SAHAROZA

Pri 4 °C se je vsebnost saharoze povečevala z daljšanjem časa skladiščenja. Med prvim vzorčenjem in kontrolo ni statističnih razlik, pri drugem, tretjem in četrtem vzorčenju pa so statistične razlike v primerjavi s kontrolo. Med prvim in drugim vzorčenjem ni statističnih razlik. Med ostalimi vzorčenji pa so. Največ saharoze je po 41 dneh skladiščenja, v primerjavi s kontrolo je saharoze 2480 % več. Po prvem vzorčenju je bilo saharoze za 440 % več v primerjavi s kontrolo, nato pa je vsebnost naraščala. Pri drugem vzorčenju je narastla na 740 %, nato pa na 1230 %. V zadnjih 9 dneh pa se je za 2-krat povečala. Vsebnost saharoze je bila na začetku 0,1 mg/g SvS. Pri prvem vzorčenju se je vsebnost povečala na 0,5 mg/g SvS, pri drugem vzorčenju na 0,8 mg/g SvS, naraščanje se je nadaljevalo tudi do tretjega vzorčenja, kjer je bila vsebnost 1,3 mg/g SvS. Največja koncentracija je bila pri četrtem vzorčenju (41 dan), kjer je bila vsebnost 2,4 mg/g SvS.

Pri 8 °C je vsebnost saharoze nihala. Med vzorčenji in kontrolo ni statističnih razlik. Teh prav tako ni bilo med posameznimi vzorčenji. Na začetku je bila vsebnost saharoze 0,1 mg/g SvS. Vsebnost saharoze je do prvega vzorčenja padla na 0,03 mg/g SvS, do drugega vzorčenja pa se povišala na 0,08 mg/g SvS. Koncentracija je naraščala tudi do tretjega vzorčenja. Narastla je na 0,2 mg/g SvS. Do zadnjega vzorčenja pa padla nazaj na 0,1 mg/g SvS.

Pri krompirjevem gomolju sorte 'Mura' je vidna razlika med količino saharoze pri 4 °C in 8 °C. Po prvem vzorčenju je bilo pri 4 °C za 1530 % več saharoze kot pri 8 °C. Razlika v koncentraciji je pri drugem vzorčenju padla na 890 % in pada do tretjega vzorčenja (680 %). Največja razlika med vsebnostjo saharoze pri 4 °C in 8 °C se je pokazala pri četrtem vzorčenju, saj je bila vsebnost saharoze pri 4 °C za 2850 % večja kot vsebnost saharoze pri 8 °C. Pri drugem, tretjem in četrtem vzorčenju je statistična razlika med količino saharoze pri 4 °C in 8 °C, pri prvem vzorčenju pa statistične razlike ni.

GLUKOZA

Pri 4 °C se je vsebnost glukoze z daljšanjem časa skladiščenja večja. Med vzorčenji in kontrolo so vidne statistične razlike. Med prvimi tremi vzorčenji jih ni, četrto vzorčenje pa se od ostalih statistično razlikuje. Pri prvem vzorčenju je bila vsebnost glukoze za 140 % večja kot vsebnost pri kontroli. Koncentracija glukoze se je do drugega vzorčenja povečala na 180 %. Do tretjega vzorčenja je količina glukoze padla na 170 %. Največja razlika med vsebnostjo glukoze s kontrolo se je pokazala pri četrtem vzorčenju, kjer je bila vsebnost za 220 % večja kot pri kontroli. Na začetku je bila količina glukoze 3,0 mg/g SvS. Glukoza je do prvega vzorčenja narastla na 7,2 mg/g SvS. Vsebnost glukoze je naraščala dalje do 8,3 mg/g SvS. Potem je padala do tretjega vzorčenja. Padla je na 8,0 mg/g SvS. Pri četrtem vzorčenju je dosegla največjo vsebnost, in sicer 9,4 mg/g SvS.

Pri 8 °C se je vsebnost glukoze z daljšanjem časa večja. Prvo vzorčenje se od kontrole statistično ne razlikuje, ostala vzorčenja pa se v primerjavi s kontrolo statistično razlikujejo. Med posameznimi vzorci ni statističnih razlik. Vsebnost glukoze je bila na začetku 3,0 mg/g SvS. Koncentracija glukoze je bila pri prvem vzorčenju 3,3 mg/g SvS. Vsebnost glukoze je do drugega vzorčenja narastla na 4,2 mg/g SvS in nato padla (do 32 dne) na 3,9 mg/g SvS. Pri zadnjem vzorčenju je narastla na 4,5 mg/g SvS.

Pri krompirjevem gomolju sorte 'Mura' je vidna razlika med vsebnostjo glukoze pri 4 °C in 8 °C. Po prvem vzorčenju je bila pri 4 °C vsebnost glukoze za 120 % večja kot vsebnost glukoze pri 8 °C. Pri prvem vzorčenju je bila razlika največja. Pri drugem vzorčenju je bila količina glukoze pri 4 °C za 95 % večja kot pri 8 °C. Tu je razlika najmanjša. Nato je razlika do tretjega vzorčenja naraščala na 105 %, pri četrtem vzorčenju pa na 110 %.

FRUKTOZA

Pri 4 °C je vsebnost fruktoze z daljšanjem časa skladiščenja naraščala. Med vzorčenji in kontrolo so vidne statistične razlike. Med posameznimi vzorci pa ni statističnih razlik. Pri prvem vzorčenju je bila vsebnost fruktoze v primerjavi s kontrolo najmanjša. Vsebnost saharoze je bila za 170 % večja kot vsebnost fruktoze pri kontroli. Vsebnost se je do drugega vzorčenja povečala na 200 % v primerjavi s kontrolo. Pri tretjem vzorčenju je bila vsebnost fruktoze za 220 % večja v primerjavi s kontrolo. Največja je bila vsebnost fruktoze pri četrtem vzorčenju, kjer je bila za 230 % večja v primerjavi z vsebnostjo fruktoze pri kontroli. Na začetku je bila vsebnost fruktoze 2,2 mg/g SvS. Do prvega vzorčenja je vsebnost narastla na 6,0 mg/g SvS. Do drugega vzorčenja je narastla na 6,7 mg/g SvS. Vsebnost je naraščala dalje. Pri tretjem vzorčenju je bila koncentracija 7,2 mg/g SvS. Pri četrtem vzorčenju je bila vsebnost saharoze najvišja, in sicer 7,3 mg/g SvS.

Pri 8 °C je vsebnost fruktoze z daljšanjem časa skladiščenja naraščala prva tri vzorčenja, pri četrtem vzorčenju pa je vsebnost padla. Med prvim, drugim in četrtem vzorčenjem v primerjavi s kontrolo statističnih razlik ni. Le tretje vzorčenje se statistično razlikuje od kontrole. Med posameznimi vzorčenji ni statističnih razlik. Na začetku je bila vsebnost fruktoze 2,2 mg/g SvS.

Do prvega vzorčenja se je vsebnost povišala na 2,3 mg/g SvS. Količina se je poviša do drugega vzorčenja, in sicer na 2,7 mg/g. Pri tretjem vzorčenju je bila vsebnost fruktoze najvišja, in sicer 3,0 mg/g SvS. Nato pa je vsebnost do četrtega vzorčenja padala na 2,3 mg/g SvS.

Pri krompirjevem gomolju sorte 'Mura' je vidna razlika med vsebnostjo fruktoze pri 4 °C in 8 °C. Po prvem vzorčenju je bila koncentracija fruktoze pri 4 °C za 160 % večja kot vsebnost fruktoze pri 8 °C. Razlika se je do drugega vzorčenja zmanjšala, saj je bila samo še 140 %. Nato se do tretjega vzorčenja ni spremenila. Pri četrtem vzorčenju je bila razlika v vsebnosti fruktoze 220 %. Med vsebnosti pri 4 °C in 8 °C so statistične razlike pri vseh vzorčenjih.

3.3 Desiree in Mura

Krompirjev gomolj sorte 'Desirée' ima več saharoze kot krompirjev gomolj sorte 'Mura'. Več glukoze in fruktoze ima krompirjev gomolj sorte 'Mura' kot krompirjev gomolj sorte 'Desirée'.

Iz grafa 1 je razvidno, da se je med skladiščenjem močno povečala vsebnost saharoze, medtem ko so te spremembe pri fruktozi in glukozi minimalne pri krompirjevem gomolju sorte 'Desirée'.

Količina saharoze se je pri krompirjevem gomolju sorte 'Mura' ves čas skladiščenja povečevala in je statistično različna. Količina fruktoze in glukoze pa se je minimalno povišala, zato lahko rečemo, da je ta sorta manj primerna za prehrano kot sorta 'Desirée'.

3.4 Razlika med 4 °C in 8 °C

Preučili smo vpliv temperature na pretvorbo škroba v saharozo, glukozo in fruktozo. Pri višji temperaturi je bilo v krompirjevem gomolju bistveno manj sladkorjev kot pri nižji temperaturi. Ugotovili smo, da se saharoza, ki je disaharid sestavljen iz glukoze in fruktoze pri nižji temperaturi razgrajuje. Pri razgradnji disaharida pa se veže voda v krompirjevem gomolju. V njem je skoraj 80 % vode. Pri nizkih temperaturah se v vodi oblikujejo kristali, ki bi lahko poškodovali celice, zato se škrob, ki je shranjen v amiloplastih začne s pomočjo škrobne fosforilaze razgrajati. Razgradnja škroba poteka s pomočjo encima invertaze. Škrob se razgradi v saharozo, glukozo in fruktozo. Saharozna pa se razgrajuje dalje. Pri nižji temperaturi je zaradi obrambnega mehanizma razgradnje ogljikovih hidratov, v krompirjevem gomolju večja koncentracija sladkorjev. Pri 8 °C je bilo v krompirjevem gomolju več saharoze kot pri 4 °C, saj se škrob razgrajuje v saharozo samo za porabo v glikolizi in pa pri dihanju. Pri 4 °C pa je bilo več glukoze in fruktoze kot pri 8 °C, zaradi obrambnega mehanizma, pri katerem se voda veže v sladkorje in onemogoča nastajanje kristalov in poškodbo celic. Razlog za razliko med 4 °C in 8 °C je lahko tudi tako imenovano »nizko temperaturno slajenje«. To je fenomen, ki se zgodi kadar so krompirjevi gomolji izpostavljeni nizkim temperaturam, običajno pod 8 – 10 °C. Rezultat tega je kopičenje razčlenjenih škrobnih produktov, predvsem saharoze in zmanjšanje sladkorjev glukoze in fruktoze. Ta fenomen so znanstveniki odkrili že pred stoletji, vendar je razumevanje tega fenomena še zmeraj relativno nedokončano. Proizvodnja saharoze, glukoze in fruktoze v krompirjevih gomoljih pa ni posledica delovanja enega faktorja, ampak med seboj več povezanih faktorjev metabolizma ogljikovih hidratov sinteza škroba, glikoliza,

mitohondrijsko dihanje in glukonogeneza. Kateri mehanizem pa je točno odgovoren za nizko temperaturno slajenje je do zdaj neznano.

Tukaj bi radi dodali tudi, da smo hipotezo ovrgli, saj se je izkazalo, da je vsebnost sladkorjev pri 4 °C višja ko pri 8 °C. Najina hipoteza sva postavili, saj sva menili, da je za encime, ki razgrajujejo škrob v saharozo, glukozo in fruktozo ugodnejša višja temperatura, a se je izkazalo, da je aktivnost encimov pri nižji temperaturi višja, saj se z večjo vsebnostjo sladkorjev zmanjšuje količina proste vode in s tem nastajanje kristalov. Velik vpliv pa ima tudi tako imenovan fenomen »nizko temperaturno slajenje«.

5 DRUŽBENA ODGOVORNOST

Najina raziskovalna naloga je pomembna za bodočo družbo. Ugotovili sva, da se danes mnogo mladih in starejših ne zdravo prehranjuje. Zato sva se odločili, da bova izbrali dve najpogostejši sorti in preverili katera sorta krompirja vsebuje manj sladkorja. To bo v prihodnosti zelo pomembno, saj število sladkornih bolnikov zelo narašča. Pomembno je, da bodo bodoče generacije obveščene o tem, koliko sladkorja vsebuje določena sorta krompirja ter po kolikem času skladiščenja je krompirjev gomolj najmanj sladek.

6 ZAKLJUČEK

Rezultati raziskave kažejo, da se med skladiščenjem obeh sort poveča količina saharoze in ta je glede na začetno količino statistično značilna. Pri sorti 'Desirée' se v 32 dneh količina saharoze ni bistveno povečala, po 41 dneh pa je količina saharoze narasla za 1000 %. Količina fruktoze in glukoze se je minimalno spremenila. Pri sorti »Mura«, se po 41 dneh kar za 1700 % poveča količina saharoze, ostala dva sladkorja pa se minimalno spremenita. Iz podatkov lahko sklepamo, da je bila odločitev za analizo sladkorjev s HPLC metodo primerna, saj je jasno pokazala spremembe sladkorjev v krompirjevem gomolju dveh različnih sort. Z raziskavo smo ugotovili, da je za skladiščenje krompirja bolj primerna temperatura 8 °C, pretvorba sladkorjev pa je sortno specifična. Z nalogo smo dokazali, da se med skladiščenjem spreminja razmerje med škrobom in sladkorji in bi morali prodajalci krompirja na deklaraciji zapisati, koliko se sladkorji spremenijo v določenem letnem času posamezne sorte, da lahko potrošniki natančno določijo količino zaužitega krompirja na obrok.

7 VIRI IN LITERATURA

Potato. 2015. Wikipedija Potato. [online]. Dostopno na URL naslovu:
<http://en.wikipedia.org/wiki/Potato> [Citirano 4.2.2015, 19:25]

Krompir. 2015. Wikipedija Krompir. [online]. Dostopno na URL naslovu:
<http://sl.wikipedia.org/wiki/Krompir> [Citirano 4.2.2015, 19:26]

Semenarna Ljubljana. 2015. Sorte semenskega krompirja. [online]. Dostopno na URL naslovu:
http://www.semenarna.si/tl_files/KAZALO/aktualno/2011/Dan%20semenskega%20krompirja/Nove%20sorte%20semenskega%20krompirja%202012-web.pdf [Citirano 4.2.2015, 19:27]

Roko. 2015. Sorte semenskega krompirja. [online]. Dostopno na URL naslovu:
http://www.roko.si/docs/ROKO_SemenskiKrompir_PreglednicaSort_2015.pdf [Citirano 4.2.2015, 19:28]

Stušek P., Vilhar B. 2011. Biologija celice in genetike . Ljubljana: DZS.

Kornhauser, A. 1992. Organska kemija. Ljubljana: Državna založba Slovenije.

Atkins P. W. 1995. Kemija – zakonitosti in uporaba. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.

Gomolj. 2015. Wikipedija Gomolj. [online]. Dostopno na URL naslovu:
<http://sl.wikipedia.org/wiki/Gomolj> [Citirano 4.2.2015, 20:21]

Fruktoza. 2015. Wikipedija Fruktoza. [online]. Dostopno na URL naslovu:
<http://sl.wikipedia.org/wiki/Fruktoza> [Citirano 4.2.2015, 20:23]

Saharoza. 2015. Wikipedija Saharoza [online]. Dostopno na URL naslovu:
<http://sl.wikipedia.org/wiki/Saharoza> [Citirano 4.2.2015, 20:25]

Glaser M. 2006. Navodila za vaje iz fiziologije celice. Maribor: Zavod republike Slovenije za šolstvo.

Boyer, R. 2008. Temelji biokemije. Ljubljana: Študentska založba.