



UGOTAVLJANJE VSEBNOSTI KAPSAICINA V VZORCIH PAPRIKE

Področje: INTERDISCIPLINARNE VEDE – PREHRANA - KEMIJA



Avtorici:

Nika Banovšek 2.č

Laura Kovač 2.č

Mentorica: Mojca Plevnik Žnidarec, univ. dipl. ing. kem. teh.

SREČANJE MLADIH RAZISKOVALCEV

MURSKA SOBOTA, 2016

KAZALO

ZAHVALA	3
POVZETEK	4
1. UVOD.....	5
2. HIPOTEZE	5
3. TEORETIČNI DEL	6
3.1 Kapsaicini	6
3.1.1 Alkaloidi.....	8
3.2 Zgodovina	9
3.2.1 Wilbur Lincoln Scoville	10
3.3 Medicina	11
3.4 Capsicum.....	12
3.4.1 Paprika	13
3.4.2 Čili.....	16
4. EKSPERIMENTALNI DEL	20
4.1 RAZISKOVALNE METODE.....	20
4.1.1 Materiali in kemikalije.....	20
4.2 Kromatografija.....	22
4.2.1 TEKOČINSKA KROMATOGRAFIJA VISOKE LOČLJIVOSTI (HPLC).....	23
4.2.2 Ekstrakcija	25
4.3 Rezultati in interpretacija.....	26
5. ZAKLJUČEK IN RAZPRAVA.....	31
6. VIRI IN LITERATURA.....	33

KAZALO SLIK:

Slika 1: Funkcionalne skupine kapsaicina	6
Slika 2: 3D zgradba kapsaicina.....	6
Slika 3: Strukturna formula kapsaicina	7
Slika 4: Evgenol Slika 5: Vanilin	7
Slika 6: Christian Friedrich Buchloz	9
Slika 7: Wilbur Lincon Scoville	10
Slika 8: Scovillova lestvica.....	10
Slika 9: Krema za zdravljenje sklepov	11
Slika 10: Čili Habanero Slika 11: Zvončasta paprika	13
Slika 12: Rocoto čili Slika 13: Paprika in njena anatomija	13
Slika 14: Hranilna vrednost zelene sladke paprike	14
Slika 15: Hranilna vrednost rdeče sladke paprike	14
Slika 16: Bolivijska mavrica.....	17
Slika 17: Carolina reaper	17
Slika 18: Rdeči Habanero.....	18
Slika 19: Bhut jolokia	18
Slika 20: Čili.....	19
Slika 21: Vzorci, katerim želimo določiti vsebnost kapsaicina	21
Slika 22: Vzorca mlete paprike, čilija, zmlete sveže rdeče in zelene paprike.....	21
Slika 23: Sveža rdeča paprika Slika 24: Sveža zmešana rdeča paprika.....	21
Slika 25: Primer kromatograma tankoplastne kromatografije	22
Slika 26: Shema HPLC aparature	23
Slika 27: Naprava HPCL uporabljena pri določanju kapsaicinov	24
Slika 28: Ekstrakcija vzorcev rdeče in zelene paprike	25
Slika 29: Norhidroksikapsaicin.....	31
Slika 30: Hidroksikapsaicin	31

KAZALO TABEL:

Tabela 1: Glavne sestavine čilija.....	18
Tabela 2: Rezultati vsebnosti Norhidroksikapsaicina	26
Tabela 3: Rezultati vsebnosti skupnih kapsaicinov	27
Tabela 4: Rezultati vsebnosti hidroksikapsaicina	27
Tabela 5: Skupno število kapsaicinov	28

ZAHVALA

Radi bi se zahvalili podjetju Frutarom Škofja vas, za pomoč pri izvajanju poskusov, saj naprave za tekočinsko kromatografijo visoke ločljivosti, v šoli nimamo. Še posebej bi se zahvalili dr. Marjanu Donku, za odobritev naših poskusov v podjetju in gospodu Alešu Doliški, za opravljene analize in razlago delovanja HPLC naprave. Vse zahvale grede tudi najini mentorici, profesorici Mojci Plevnik Žnidarec, za trud in potrpežljivost pri izdelovanju te raziskovalne naloge.

POVZETEK

Kapsaicini so snovi, ki so prisotne v vrstah iz rodu *Capsium* (čili habanero, zvončasta paprika, paprika, rocoto čili) in v ustih povzročajo pekoč občutek. To so zelo stabilni alkaloidi s formulo $C_{18}H_{27}NO_3$, ki nastajajo v kapsaicinskih žlezah, v notranjosti plodov. Prvi jih je odkril C. H. Bucholz, skozi zgodovino pa jih je preučevalo več znanstvenikov. Poleg tega, da so pogost dodatek jedem, imajo tudi različne zdravilne učinke na naša prebavila, ožilje, delujejo kot antioksidanti in podobno. V najini raziskovalni nalogi sva želeli ugotoviti dejansko vsebnost kapsaicinov, s pomočjo občutljive instrumentalne analizne metode, tekočinske kromatografije visoke ločljivosti HPLC, in primerjati vsebnost le-teh v različnih vrstah paprike. Izbrali smo vzorce sveže paprike različnih barv, posušen čili in vzorca mlete ostre in sladke rdeče paprike. Izmed analiziranih vzorcev sta pekoče kapsaicine vsebovala le posušen čili in ostra paprika v prahu, iz česar sva sklepali, da kapsaicine vsebujejo samo vroče vrste iz rodu *Capsium*.

1. UVOD

Začimbe so imele že v preteklosti pomembno vlogo v kulinariki, kakor tudi na trgu. Domnevajo, da so jih ljudje uporabljali že pred 6000 leti. Samo v Ameriki, na področju današnje Mehike, Peruja in Ekvadorja, naj bi prebivalci uporabljali čili, feferone in papriko že 10.000 let. Vrste paprik, čilijev in feferonov spadajo v Rod *Capsicum*, na primer: *Capsicum annuum*, *Capsicum baccatum*, *Capsicum chinense* ... Skupna lastnost jim je, da hrani dajejo pikanten oziroma pekoč okus. Kaj je vzrok za pikantnost vrste in Rodu *Capsicum*? Za Rod *Capsicum* je značilno, da vsebujejo kapsaicine - snovi, ki dajejo plodovom pekoč okus različnih jakosti. Pikantnost vrst se meri po Scovillovi lestvici.

Zaradi zanimivih izkušenj posameznikov in številnih informacijah o kapsaicinih pri pregledu nakaterih člankov, sva se odločili raziskati, kako je z vsebnostjo kapsaiciniov v različnih vzorcih paprike. Zanimalo nas je v katerih vrstah je le-teh več in njihovo vsebnost tudi kvantitativno določiti z validirano instrumentalno kemijsko analizo metodo.

Metode dela, ki sva jih pri raziskovanju uporabili so vključevale študij literature, spoznavanje teoretičnih osnov ekstrakcije in kromatografije in njuna uporabnost v praksi, pri eksperimentalnem delu.

2. HIPOTEZE

Na začetku najine raziskovalne naloge sva si tako zastavili naslednje hipoteze:

Hipoteza 1: Predvidevamo, da je vsebnost kapsaicina večja v čiliju kot v papriki.

Hipoteza 2: Predvidevamo, da je vsebnost kapsaicina v različnih vrstah paprike različna.

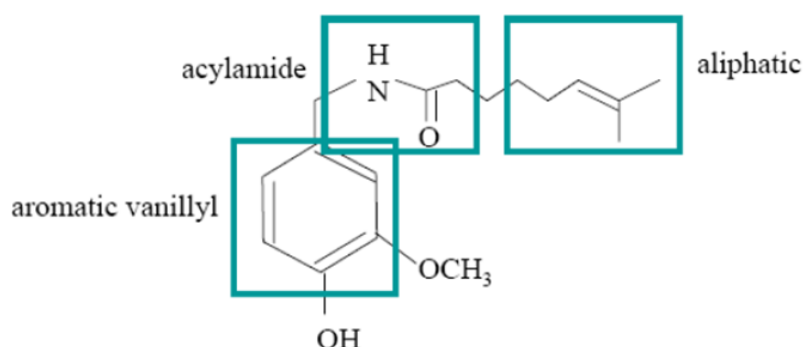
Hipoteza 3: Predvidevamo, da je več je kapsaicina v vzorcu ostre mlete paprike kot v vzorcu sladke.

3. TEORETIČNI DEL

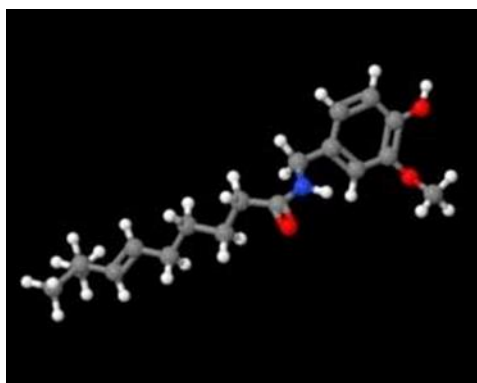
3.1 KAPSAICINI

Kapsaicin je snov, ki jo štejemo kot najmočnejšo izmed šestih kapsaicinoidov. Nahajajo se v vrstah iz Rodu *Capsicum* in pri sesalcih povzročajo pekoč občutek. Kapsaicin je zelo stabilen alkaloid, s formulo $C_{18}H_{27}NO_3$. Molsko maso ima $M(C_{18}H_{27}NO_3) = 305.4119 \text{ g/mol}$ in ga sestavljajo tri funkcionalne skupine. - VIR 2,3

Slika 1: Funkcionalne skupine kapsaicina



Slika 2: 3D zgradba kapsaicina

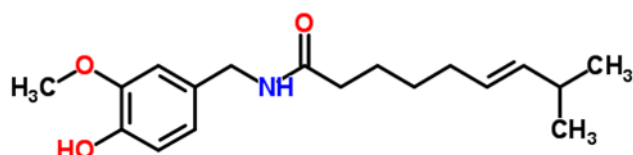


Temperatura na kapsaicin ne vpliva. Je snov brez barve, okusa in vonja, zato njegovo vsebnost v posamezni vrsti določimo samo s posebnimi kemijskimi metodami. Sprva so ljudje menili, da je vse stvar okusa, saj lahko nekateri zaužijemo bolj pekoča živila kot drugi in da imamo nekateri manj okušalnih brbončic na jeziku. Ob tem se začne nova diskusija, saj ostrina ni okus kot npr. sladko, kislo, slano ... Velik odmerek kapsaicina v nas vzbuja

neprijeten pekoč občutek oz. bolečino. Vzrok temu je vezava z vaniloidnim receptorjem imenovanim VR1, ki se nahaja na površini naših živčnih celic za bolečino in nas opozarja na dražljaje, ki prihajajo iz okolja. Ob stiku kapsaicina in VR1 se v živčne celice sprostijo natrijevi in kalijeve ioni, istočasno pa se ob tem sprosti tudi neurotransmitter, s pomočjo katerega signali z informacijo, da smo zaužili nekaj pikantnega, preko živcev pridejo v možgane. Signal je sproščanje maščobne molekule, ki je vezana na receptorje bolečine živčnih celic. Močnejša kot je vez med sproščanjem, večja je bolečina. Močnejšo vez lahko povzročijo ravno kapsaicini. Posledično se nam poviša srčni utrip in ob večjih količinah se začne izločati hormon endorfin.

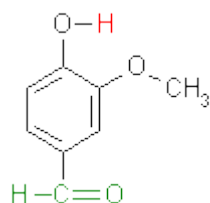
Velika večina kapsaicina se nahaja v plodu. Znanstveniki menijo, da se je kapsaicin razvil kot obramba pred napadalci, predvsem sesalci. –VIR 2

Slika 3: Strukturna formula kapsaicina

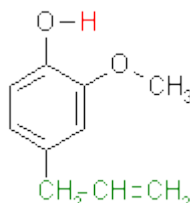


V kemijski strukturi si je zelo podoben z vanilinom in evgenolom, ki imata bistveno drugačni aromi od kapsaicina. Zelo dobro je topen v alkoholu in maščobah, v vodi pa ne. –VIR 3

Slika 4: Evgenol



Slika 5: Vanilin



3.1.1 ALKALOIDI

Alkaloidi so skupina snovi, ki jih najdemo v bakterijah, glivah, živalih, predvsem pa rastlinah. Za večino je značilna obročasta struktura z dušikovimi atomi in lastnost, da so zelo strupeni, kar zelo učinkovito ščiti rastlino pred zajedavci. Razvrščamo jih po kemijski strukturi, včasih pa so jih razvrščali glede na rastlinske skupine. Razdelimo jih na:

- pirolizidinski alkaloidi,
- piperidinski alkaloidi,
- tropanski alkaloidi,
- ksantinski alkaloidi ...

Alkaloidi so zaradi svojih farmakoloških učinkov velikokrat uporabljeni v medicini.

Primeri uporabe so:

- lokalni anestetiki,
 - pri zdravljenju malarije,
 - obravnavi srčnih aritmij ...
- VIR 4

3.2 ZGODOVINA

Christian Friedrich Bucholz je prvi odkril kapsaicin v čiliju leta 1816, ki pa ni bil čist. Bucholz je bil nemški kemik in farmacevt, ki se je rodil 19. 9. 1770 v Eislebenu. Od malega je kazal talent za kemijo, svoje sposobnosti je izboljšal in nadgradil v času asistiranja farmacevtu Karlu Wilhelmu Fiedlerju. V zadnjih letih svojega življenja je bil zaprt zaradi francoske okupacije Erfurta v letu 1813 in 9. 6. 1818 umrl v Erfurtu, zaradi bolezni. V svojem življenju je objavil več kot sto del, na področju kemije in farmacije, nekatera pomembnejša dela pa so bila prevedena tudi v angleščino in francoščino, vendar se jih večina ni ohranila zaradi francoske revolucije. –VIR 5,6

Slika 6: Christian Friedrich Bucholz



Leta 1876 je John Clough Thresh prvi pridobil skoraj čisti kapsaicin in predvideval, da sta strukturi vaniloidov in kapsaicinov zelo podobni. Sam je dal kapsaicinu tudi ime. –VIR 5

Prvi, ki je kapsaicin uspešno ločil pa je bil Karl Micko leta 1898. Pridobil je dokaj čisto snov v obliki kristalov, ki se začne taliti pri 63,5 °C. Na podlagi analiz je kapsaicinu podal formulo $C_{18}H_{28}NO_3$, ki pa je nemogoča. Odkril je hidroksidno in metoksilno skupino. Pripravil je benzoilov derivat, ki ni bil najbolj oster, vendar je s pomočjo njega zaznal vaniliji podoben vonj. Micko je izoliral kapsaicine paprike (*Capsicum annuum*) in popra (*Capsicum fastigiatum*). Iz enega kilograma popra je pridobil 5,5 gramov primitivnega kapsaicina, kar je dvajsetkrat več kakor pri papriki. – VIR 7

Na podlagi Mickove metode je leta 1919 E. K. Nelson določil pravo formulo kapsaicinov, ki je $C_{18}H_{27}NO_3$. – VIR 8

Prva sinteza kapsaicinov je bila uspešno izvedena leta 1930, izvedla pa sta jo E. Späth in S. F. Darling leta 1930. –VIR 5

3.2.1 WILBUR LINCOLN SCOVILLE

Slika 7: Wilbur Lincon Scoville



Wilbur Lincoln Scoville je bil prvi, ki je izmeril »ostrino« - jakost kapsaicinov. Rodil se je 18. 1. 1865 in umrl 10. 3. 1942. Deloval je kot farmacevt in kemik v farmacevtski družbi Park Davis. V letu 1912 je razvil organoleptični test, ki se danes imenuje Scovillov test. Test je sestavil tako, da je meril s koliko sladke vode mora kapsaicin razredčiti, da ne bo več pikantnega učinka. S testom se je uvedla tudi nova enota, ki se je poimenovala kar po izumitelju testa – Scoville SHU. Po njegovi lestvici ima navadna paprika enoto nič, čisti kapsaicin pa kar 16 milijonov teh enot. Danes se za preučevanje kapsaicinov uporablja posebna instrumentalna analizna metoda, imenovana tekočinska kromatografija visoke ločljivosti (HPLC) z enoto aste. Pogosteje zasledimo enote v Scovillih, saj lahko 15 aste enačimo z enoto enega Scovilla SHU.

– VIR 1

Slika 8: Scovillova lestvica

SHU	Primeri:
15,000,000–16,000,000	Čisti kapsaicin
8,600,000–9,100,000	Razredčeni kapsaicini
5,000,000–5,300,000	solzilec
855,000–1,463,700	Bhut Jolokia (čili duhov ali Azijski čili)
350,000–580,000	red savina habanero (rdeč savina, mehiški čili)
100,000–350,000	Piri piri, Madame Jeanette (Južna Amerika)
50,000–100,000	Pequin čili
30,000–50,000	Kajenski čili
10,000–23,000	Serrano čili
2,500–8,000	Jalapeno čili, Madžarska pekoča paprika, Tabasco
500–2,500	Paprika iz Nove Mehike, Poblano
100–500	Peperonchini
0	Navadna zelena paprika

3.3 MEDICINA

Kapsaicin se velikokrat uporablja v zdravstvene namene, ker deluje kot vazodilatator, kar pomeni, da po telesu širi kapilare in s tem povečuje prekrvavitev, predvsem v prebavnem traktu, pri čimer se pospeši prebava in izločanje plinov. Po raznih raziskavah so ugotovili, da lahko kapsaicin pomaga v boju proti raku ter posredno zmanjšuje LDL holesterol, agregacijo trombocitov in varuje pred srčno in možgansko kapjo. Redno uživanje kapsaicina naše telo oboroži z vitaminoma A in C ter bioflavonoidi. Ti pomagajo krepiti žilne stene, ki tako postajajo debelejšje in bolj prilagodljive na spremembe krvnega tlaka. Pomagal naj bi tudi pri zgubljanju odvečnih kilogramov in sicer tako, da se začnemo bolj znojiti in posledično je apetit manjši preko izločanja endorfinov. Po zaužitju hrane, ki vsebuje kapsaicine je potrebno manj insulina, za nižanje ravni krvnega sladkorja. Prav tako so ugotovili, da ugodno vplivajo na želodčno slinavko in s tem pozitivno učinkujejo pri čiru na želodcu. Kapsaicini so izvzeti iz tkiva čilijev in zmanjšajo nevrottransmitter za prenašanje bolečine (substance P), ki se nahaja v naših živcih. Uporablja se za zdravljenje osteoartritisa tako, da zmanjša bolečine in napetost v poškodovanih sklepih. Ker zavira tvorbo substance, ki je povezana s širjenjem vnetij, deluje protivnetno. Znanstveniki upajo, da ga bodo nekega dne lahko uporabljali kot zdravilo za artritis, luskavico in diabetično nevropatijo. Kapsaicin s svojim ogrevajočim, spodbujajočim delovanjem poveča količino sluzi, prečisti dihalne poti in je tako v pomoč pri kašlju in prehladu. Pekočina stimulira izločanje sluzi iz nosu, antibakterijske lastnosti kapsaicina pa omagajo v boju s kroničnim sinusnim vnetjem. – VIR 11

Zdravila, v katerih se nahaja kapsaicin, so največkrat kreme ali geli. Za zdravljenje niso nevarni, vendar ob interakciji s kožo začutimo vroč ali goreč občutek, saj se kapsaicin veže z receptorjem VR1, ki se nahaja na površini naših živčnih celic za bolečino in signale za bolečino pošlje v možgane. Rdečica na koži, po nanosu ob pravi in priporočeni količini, ni nič nenavadnega. Ob nepravilnem doziranju, se lahko na koži pojavijo opekline, zato je pri uporabi potrebno upoštevanje priloženih navodil. – VIR 10

Omeniti velja, da so nedavne raziskave pokazale, da je pekoča paprika sorte jalapeno, zelo učinkovita v boju proti raku na prostati. Kapsaicin je pri testiranih mišjih samcih, ki so zboleli za rakom na prostati, uničil kar 80 odstotkov vseh obolelih celic. Količina oziroma koncentracija kapsaicina, s katero bi dosegli enake učinke tudi pri bolnih moških, pa bi morala biti bistveno večja. – VIR 12

Slika 9: Krema za zdravljenje sklepov



Skupina znanstvenikov (Binstok, Bean in Woolf) z medicinske fakultete univerze Harvard, je jeseni leta 2007, dokazala učinkovitost kapsaicina v anesteziji in svoje rezultate objavila v uglednem časopisu Nature. To je bila majhna revolucija v spoznavanju učinkovitosti te snovi iz naravnega okolja.

Znanstveniki so v svojem odkritju uporabili kapasicine skupaj z manjšo dozo anestetika QX-314, derivatom lokalnega anestetika lidokaina in ugotovili, da se bolečina zmanjšuje. Novo odkrito dejstvo pri tem je bilo, da ob zmanjšanem občutku bolečine v istem času ni prišlo do otrplosti mišic in omamljenosti, do česar pride ob uporabi lokalnih anestetikov. Kapsaicin se omenja kot nova snov, ki bo lahko v uporabi pri lokalni anesteziji ob porodih, v stomatologiji in pri manjših operacijah, kadar pacienta ni potrebno popolnoma uspavati. –VIR 13

Kapsaicin lahko deluje v nas kot prehranski dodatek, ki naj bi pospešil prebavo s povečanjem izločanja želodčnih sokov in obrambo pred bakterijami, ki bi lahko povzročile okužbo. Pomaga tudi v boju proti driski, ki je posledica okužbe z bakterijami. Deluje kot antioksidant in varuje telesne celice pred škodljivimi molekulami – prostimi radikali, ki so zelo nestabilne in zato tudi zelo reaktivne. Kapsaicin lahko po mnenju strokovnjakov pomaga stanjšati sluz, ki jo je zato lažje spraviti iz pljuč, pljučno tkivo pa okrepi in pomaga zdraviti pljučni emfizem. – VIR 14, 15

3.4 CAPSICUM

Rod *Capsicum* je sestavljen iz različnih velikosti, oblik in barve vrst. Rastline imajo ravno olesenelo steblo, ki lahko pri tropskih pogojih zraste tudi do tri metre. Iz zvezdnato belih cvetov, v času zorenja nastanejo plodovi različnih, bolj ali manj intenzivnih barv. V sebi imajo bela semena, ob njih pa so kapsaicidne žleze, ki so razlog za pikantnost, saj vsebujejo kapsaicin. *Capsicum* spada v družino razhudnikov, zato je soroden s krompirjem, paradižnikom, jajčvcem in tobakom. – VIR 16, 17

Vrste, ki spadajo pod Rod *Capsicumov* so:

1. Čili Habanero (lat. *Capsicum chinese*)
2. Zvončasta paprika (lat. *Capsicum baccatum*)
3. Rocoto čili (lat. *Capsicum pubescens*)
4. Paprika (lat. *Capsicum annuum*)

Slika 10: Čili Habanero Slika 11: Zvončasta paprika



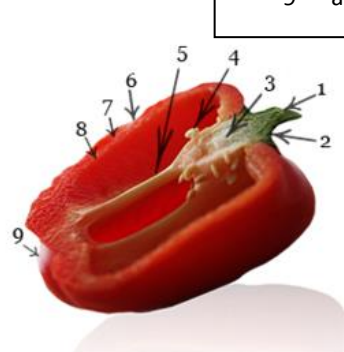
Slika 12: Rocoto čili



Slika 13: Paprika in njena anatomija



- | | |
|---|---|
| 1 | pecelj |
| 2 | krona |
| 3 | semena v katerih prevladuje
lecitin |
| 4 | placenta |
| 5 | kapsaicinske žleze proizvajajo
kapsaicin |
| 6 | endokarp |
| 7 | mesokarp |
| 8 | exocarp |
| 9 | apex |



Vrsta *Capsicum annuum* je bila v preteklosti razdeljena na ostre čilije in sladke čilije. V Veliki Britaniji so iz te razdelitve ustvarili nova poimenovanja. Ostri čili se danes imenuje kar čili, bolj sladke vrste pa imenujejo kar sladka zelena ali rdeča paprika.

3.4.1 PAPRIKA

Paprika (lat. *Capsicum annuum*) je enoletnica iz družine razhudnikov. Izvira iz Južne in Srednje Amerike, kjer jo gojijo kot zelenjadicno. Z Evrope je dobila stik v 16. stoletju, kamor jo je prinesel Krištof Kolumb. Danes so glavne pridelovalke Avstrija, Madžarska, Španija, Italija, Izrael, Nizozemska ... Pomembno vlogo ima tudi v deželah ob Sredozemskem morju. – VIR 18

»Ločimo zelenjavno, začimbno in paradižnikovo papriko. Plodovi zelenjavne paprike so različnih barv in oblik. Podolgovati, okrogli, oglati, koničasti ali ovalni plodovi tehtajo približno 250 gramov. Barva je lahko zelena, rdeča, rumena, oranžna, bela, vijoličasta in črna, odvisno od vrste. Zelena ni nič drugega kot rdeča, ki so jo obrali kot nedozorelo, zato se po daljšem časovnem obdobju skladiščenja pogosto obarva rdeče. Plodovi začimbne paprike so bistveno manjši od zelenjavne. Imenujemo jo tudi feferoni, čili ali španski poper. Paradižnikova paprika je križanec med zelenjavno papriko in rebrastim paradižnikom in jo

uporabljajo izključno za predelavo v paradižnikovo mezgo.«
<http://www.delo.si/clanek/113349>

Paprika vsebuje veliko več vitamina C kot limona, ki je pomemben za zdrave vezi, kosti in kožo. Rdeča paprika vsebuje veliko več provitamina A kot zelena, saj že z eno rdečo papriko pokrijemo polovico dnevnih potreb po provitaminu A in vitaminu B6. Paprika ima zelo malo kalorij (vsebuje preko 90 % vode). Poleg vitaminov in provitaminov vsebuje še balastne snovi, vitamin E, ki ima antioksidativne učinke ter vitamin K, ki pripomore k ohranjanju snovi. Vsebuje tudi folno kislino, ki je podpora za imunski sistem in veliko kalija in železa. – VIR 18

Slika 14: Hranilna vrednost zelene sladke paprike

Hranilne vrednosti	
Količina na 100g živila	
Energija (kcal)	20 kcal
Maščobe skupaj	0.17 g
Holesterol	0 mg
Ogljikovi hidrati skupaj	4.64 g
Beljakovine	0.86 g
Podrobnejša sestava živila je prikazana spodaj.	

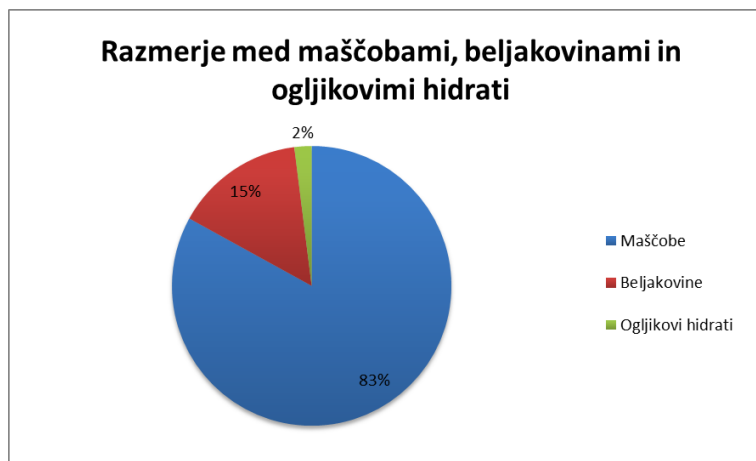
Slika 15: Hranilna vrednost rdeče sladke paprike

Hranilne vrednosti	
Količina na 100g živila	
Energija (kcal)	26 kcal
Maščobe skupaj	0.3 g
Holesterol	0 mg
Ogljikovi hidrati skupaj	6.03 g
Beljakovine	0.99 g
Podrobnejša sestava živila je prikazana spodaj.	

Najdemo jo v različnih barvah, od rumene, do rdeče in zelene. Ravno tej barvitosti pripisujemo velik pomen v zdravi prehrani. Rdeča paprika v sebi vsebuje likopen, ki ji daje značilno rdečo barvo, hkrati pa je poznan kot zaščita pred rakavimi obolenji. Paprika vsebuje

betakaroten, ki poleg riboflavinoidov nevtralizirajo proste radikale. Beta karoten telo pretvori v vitamin A, ki je pomemben za dober vid. Karotenoidi so obarvani rastlinski pigmenti. Gre za pomembno vrsto hranilnih snovi, ki vsebujejo alfakaroten, betakaroten, lutein/zeaksantin in likopen, vsi delujejo kot močni antioksidanti. V oranžni papriki najdemo zeaksantin, ki zaščiti telo pred sivo mreno. – VIR 18

Vse barve paprike pa vsebujejo velik odmerek vlaknin, ki pripomorejo k uravnavanju holesterola v krvi, ščitijo debelo črevo pred rakavimi obolenji in izboljšujejo prebavo s povečevanjem volumna blata.



Graf 1: Zelena sladka paprika

Iz grafa je razvidno, da se v papriki nahaja največ maščob – skupna količina 0,2 g. V njej najdemo še nasičene maščobne kisline in nenasičene maščobne kisline (obojih po 0,1 grama). Količina skupnih beljakovin v zeleni papriki znaša 0,86 grama. Prevladujeta predvsem aspartamska kislina (208 mg) in glutaminska kislina (194 mg), takoj za njima sledita še fenilalanin (94 mg) ter serin (54 mg). Od ogljikovih hidratov prevladujejo glukoza (1160 mg), saharoza (110 mg) in fruktoza (1120 mg), količina vlaknin pa je 1,7 g.

Ostale sestavine, ki na grafu niso predstavljene, so vitamini ter minerali ...

Med vitamini prevladujeta vitamin C (80,4 mg) ter vitamin A (IU), ki znaša 370 IU. 1IU je mednarodna enota, ki v vitaminu A predstavlja 0,3 µg retinola ali 0.6 µg beta karotena.

Med minerali prevladujeta kalij (175 mg) in fosfor (20 mg), kar 93,89 g paprike pa je sestavljeno iz vode. V papriki se nahaja tudi 0,43 g pepela.



Graf 2: Rdeča sladka paprika

Če primerjamo graf rdeče sladke paprike z grafom zelene sladke paprike, lahko ugotovimo, da se ne razlikujeta prav veliko. Še vedno prevladujejo maščobe, katerih skupna količina znaša 0,3 g. Podobno kakor pri zeleni papriki, prevladujejo nasičene maščobne kisline (0,1 g) in nenasičene maščobne kisline (0,2 g). Tudi v rdeči papriki je prisotna aspartamska kislina (284 mg) in glutaminska kislina (211 mg) ter fenilalanin in serin, ki sta zastopana v enaki količini; 50 mg. Njima sledi treonin (40 mg). Skupna količina beljakovin v rdeči sladki papriki znaša 0,99 g, kar je za 0,13 g več kot v zeleni. Vlaksnine, ki se nahajajo v rdeči papriki, predstavljajo 2,1 g. Med sladkorji prevladujeta fruktoza (2260 mg) in glukoza (1940 mg), medtem ko saharoze ne vsebuje, za razliko od zelene sladke paprike. Skupna količina ogljikovih hidratov je 6,03 g.

Med vitamini rdeče sladke paprike prevladujeta vitamin C (127,7 mg) in vitamin A (IU), ki znaša kar 3131 IU. Takoj za tem jima sledi riboflavin (0,1 mg). Med minerali prevladujeta, kalij (211 mg) in fosfor (26 mg). Rdeča sladka paprika je sestavljena iz 92,21 g vode in 0,47 g pepela.

3.4.2 ČILI

Čili je plod rastlin iz Rodu *Capsicum* in so pripadniki družine razhudnikov. Izvirajo iz Amerike, v Evropi so se razširili okoli 16. stoletja. Še danes se uporabljajo kot začimba, lahko pa tudi kot zdravilo. Na podlagi arheoloških raziskav in sklepanj, naj bi se razvili v Boliviji in južni Braziliji. Prvič naj bi bili gojeni v domačem okolju pred 6100 leti. Vrsta je dobro odporna na temperaturne in klimatske razmere. Najbolje uspeva v suhem in toplem podnebju, vendar ne preživi v mrzlem podnebju. Gojimo ga lahko kot trajnico, v območjih, kjer je temperatura celo leto med 16 °C in 30 °C. – VIR 19

Čili popestri okus v večini jedi in je največkrat uporabljen kot začimba. Pomembno vlogo igra v indijski kuhinji, kakor tudi v Ameriki, na Kitajskem in v Koreji. Poleg začimbe se lahko uporablja še za vlaganje, sušenje, polnjenje in prekajevanje. – VIR 19

Čilije razdelimo v več vrst, saj so nekateri posebni zaradi svoje pikantnosti, nekateri pa samo zaradi čudovitih barv plodov. Poznamo posebno vrsto čilija imenovan Bolivjska mavrica, ki ima plodove različnih barv; od vijolične do rdeče, oranžne in rumene. Barve te rastline nakazujejo stopnjo razvitosti ploda, ki jih rastlina producira vso leto, če jo gojimo v kontroliranih temperaturnih pogojih. V primeru vzgoje na prostem, pa potrebuje toplo in suho podnebje. –VIR 19

Slika 16: Bolivjska mavrica



Posebno mesto predstavlja čili Carolina reaper, ki izstopa med vsemi vrstami po svoji ostri pikantnosti. V latinščini ga imenujemo *Capsicum chinense* in je križanec med Bhut jolokio in rdečim habanerom.

Slika 17: Carolina reaper



Slika 18: Rdeči Habanero



Slika 19: Bhut jolokia



V tabeli 1 so našteje glavne sestavine čilija. 100 g čilija tako vsebuje:

Tabela 1: Glavne sestavine čilija

Glavne sestavine	
40 kcal	1,8 g beljakovin
0,6 g maščob	1,5 g ogljikovih hidratov
2,4 g vlaknin	90 g vode
0 mg holesterola	15 mg kalcija
0,7 mg železa	290 mg kalija
20 mg magnezija	2 mg natrija
0,28 mg cinka	0,15 mg vitamina A
0,8 mg vitamina E	0,08 mg vitamina B1
0,05 mg vitamina B2	0,06 mg vitamina B3
0,02 mg vitamina B6	180 mg vitamina C
0,05-1,7 % kapsaicina	0,12-0,35 % karotenoidov

Čili je uporaben tudi za hujšanje, saj se s povišano telesno temperaturo pospeši metabolizem maščob in ogljikovih hidratov. Na povišano temperaturo telo odgovori z znojenjem, ki nas hladi. Pri uživanju čilija se začneta sproščati hormona noradrenalin in adrenalin, kar nam dodatno zmanjša apetit. Priporočena količina dnevnega vnosa zmletega čilija je 28 gramov, ki ga pojemo skupaj z ostalimi obroki. Na tehnični fakulteti v Oxfordu so ugotovili, da se ob uživanju čilija, metabolizem tako pospeši, da telo pri vsakem obroku, ki znaša približno 700 kilokalorij (kcal), porabi 45 kilokalorij za povečano metabolno aktivnost, ki nastopi zaradi učinkovanja kapsaicinov. –VIR 21

Slika 20: Čili



Kot smo omenili, čili pri zaužitju zaradi kapsaicinov, oddaja določeno ostrino, ki je lahko za nas zelo neprijetna. Ostrino lahko pogasimo v približno po 7 do 10 minutah z zaužitjem kakšnega mlečnega izdelka, npr. mleka ali jogurta, saj se kapsaicini topijo v maščobah in ne v vodi. –VIR 21

4. EKSPERIMENTALNI DEL

4.1 RAZISKOVALNE METODE

Metoda določanja kapsaicinov v vzorcih paprike je kvantitativna, s predhodno pripravo le-teh z ekstrakcijo v izbranem topilu, sledi pa instrumentalna analizna metoda tekočinske kromatografije visoke ločljivosti (HPLC) in obdelava dobljenih kromatogramov.

Poleg navedenih analiznih metod smo med raziskovanjem izvedli še pregled in študij razpoložljivih virov in literature ter ovrednotili dobljene rezultate.

4.1.1 MATERIALI IN KEMIKAJIJE

Za analizo smo izbrali 5 vzorcev: svežo zeleno in rdečo papriko, ostro rdečo mleto papriko - Horgoško, sladko mleto rdečo papriko Kotanyi ter domač posušen čili.

Za eksperimentalni del pa smo potrebovali še spodaj zapisane materiale oz. kemikalije.

- električni mlinček
- steklene kozarčke za shranjevanje vzorcev
- pipete (50 mL)
- stresalnik (Tehtnica, Železniki EV 301)
- lij
- grobi filter papir
- syringe filter
- HPLC Midias
- 50 % acetonitril
- 50,1 % očetno kislino
- 70 % metanol

Slika 21: Vzorci, katerim želimo določiti vsebnost kapsaicina



Slika 22: Vzorca mlete paprike, čilija, zmlete sveže rdeče in zelene paprike



Pred izvedbo ekstrakcije, smo svežo rdečo in zeleno narezali na manjše koščke, potem pa zmleli v homogeno tekočo zmes (slika 24).

Slika 23: Sveža rdeča paprika



Slika 24: Sveža zmešana rdeča paprika



Ker je v tekoči homogeni zmesi velik delež vode, potrebujemo večjo maso vzorca za ekstrakcijo, kot pri suhih vzorcih.

4.2 KROMATOGRAFIJA

Pri kvantitativnem ugotavljanju vsebnosti kapsaicinov smo uporabili metodo kromatografije. Kromatografija je ena izmed separacijskih tehnik (ločb). V analizni kemiji je pogosto uporabljena instrumentalna metoda.

Pri kromatografskem procesu se sestavine zmesi porazdelijo med stacionarno in mobilno fazo. **Mobilna** faza se usmerjeno **giblje** skozi kromatografski sistem in potuje ob stacionarni fazi. Sestavine zmesi potujejo skozi kromatografski sistem z različno hitrostjo. Tiste sestavine, ki so v močnejši interakciji s stacionarno fazo, potujejo počasneje kot tiste, ki so v šibkejši interakciji – in to je tudi osnova ločevanja.

Ločitev zmesi na komponente je povezana z dvema procesoma:

- ✓ porazdelitvijo med fazama, ki se ne mešata – stacionarno in mobilno (porazdelitvena kromatografija - kjer je ločevanje zmesi na komponente povezano z različno topnostjo v obeh fazah),
- ✓ hitrostjo adsorpcije in desorpcije (adsorpcijska kromatografija pri kateri je bistvena sposobnost adsorpcije komponent v zmesi na stacionarno fazo in desorpcije na mobilno fazo).

Stacionarna faza mora biti izbrana tako, da je zadrževanje molekul na njej selektivno.

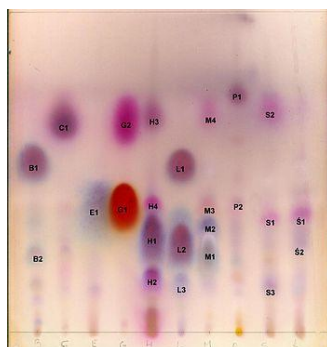
Mobilna faza je glede na agregatno stanje tekočina ali plin. Na tej osnovi razlikujemo med:

- tekočinsko kromatografijo (LC – liquid chromatography) in
- plinsko kromatografijo (GC – gas chromatography).

Plinsko kromatografijo naprej razdelimo na porazdelitveno kromatografijo plin-tekoče ter adsorpcijsko kromatografijo na trdnih sorbentih. Tekočinsko kromatografijo delimo na adsorpcijsko (tekoča-trdna), porazdelitveno (tekoča-tekoča), ionsko (tekoča-trdna) in izločitveno kromatografijo (tekoča-trdna).

Glede na stacionarno fazo pa je kromatografija lahko kolonska ali pa planarna (papirna in tankoplastna). – VIR 25

Slika 25: Primer kromatograma tankoplastne kromatografije



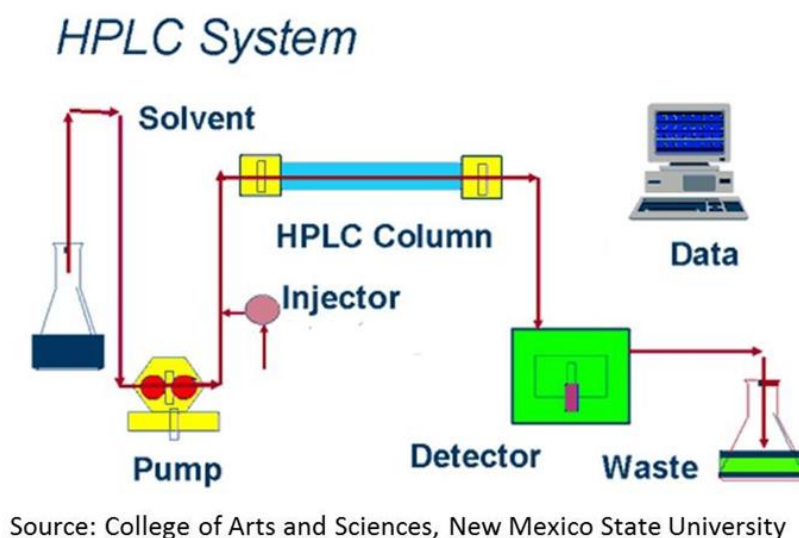
Obe fazi skupaj, stacionarna in mobilna, tvorita kromatografski sistem. Rezultat ločevanja barvil iz zmesi je grafični zapis, ki se imenuje kromatogram. Le-ta nam prikaže katera barvila so prisotna v vzorcu in s kakšno hitrostjo se ločujejo, zato lahko izračunamo tudi retenzijski faktor (R_f), ki je razmerje med potjo lise in potjo topila (slika 25 zgoraj).

4.2.1 TEKOČINSKA KROMATOGRAFIJA VISOKE LOČLJIVOSTI (HPLC)

Tekočinska kromatografija visoke ločljivosti, v angleščini high performance liquid chromatography (HPLC), je tekočinska kromatografija, ki poteka pri visokih tlakih. Pri njej so uporabljeni vsi prej naštetni načini separacije, vendar je samo za HPLC značilen porazdelitveni mehanizem med stacionarno fazo, analitom – preiskovano snovjo in mobilno fazo, ki temelji na koeficientu adsorpcije in porazdelitve.

Preiskovane komponente - analite raztopimo in jih pod visokim pritiskom potiskamo skozi kolono s pomočjo mobilne faze. Kolona je dolga napolnjena cev, z delci polnila, ki so prekriti s stacionarno fazo. Z izbiro ustreznih faz, dosežemo separacijo večkomponentne mešanice. Pri HPLC poznamo dve vrsti izpiranj in sicer gradientno, pri katerem lahko sestavo mobilne faze med separacijo programirano spreminjamo in izokratsko, pri kateri ostane polarnost mobilne faze v času separacije nespremenjena.

Slika 26: Shema HPLC aparature



Mobilna faza ne sme vplivati na lastnost kolone, mora topiti vzorec, mora biti kompatibilna z detektorjem in imeti nizko viskoznost. Sodobna HPLC naprava je opremljena z enim ali več rezervoarji iz stekla ali nerjavečega jekla, od katerih vsak vsebuje 500 mL ali več topila. Za odstranitev raztopljenih plinov in prahu, ki motijo delovanje detektorja se največkrat uporablja metoda prepihanja, pri kateri so raztopljeni plini odstranjeni iz raztopine z mehurčki internega plina, ki ni topen v mobilni fazi.

Za premagovanje upora pri pretoku mobilne faze skozi kolono je potreben visok tlak, ki ga zagotavlja črpalka. Črpalni sistem mora skrbeti za konstanten pretok mobilne faze, za pretok mobilne faze brez pulziranja, visok tlak na izhodu, zaželeno pa je še široko območje pretokov mobilne faze.

Vzorec je potrebno nanesti na kolono naenkrat, s pomočjo injektorja, brez vpliva na stacionarno fazo. Včasih se za zaščito kolone, med injektorjem in kolono, uporablja predkolona. Na ta način je preprečeno onesnaževanje kolone.

Kolone za HPLC so navadno iz nerjavečega jekla in so dolge od 3 do 25 cm. Kot že rečeno so polnjene z majhnimi delci, prekritimi s stacionarno fazo. V kolonah poteka ločevanje mešanice.

Detektorji morajo biti visoko občutljivi, imeti morajo visoko dinamično območje in linearnost v širokem območju.- VIR 25

Slika 27: Naprava HPCL uporabljena pri določanju kapsaicinov



Pri najini raziskovalni nalogi je bila analiza, s tekočinsko kromatografijo visoke ločljivosti HPLC, opravljena v podjetju Frutarom v Škofji vasi.

S pomočjo HPLC sistema MIDIAS smo določili vsebnost kapsaicinov. Pripravljen vzorec damo na avtomatski podajalec vzorcev in tako vstopi v HPCL sistem. Mobilna faza sistema je kombinacija 50 % acetonitrila : 50,1 % očetne kisline. V sistem injiciramo 10 mikrolitrov vzorca, ki potuje po koloni s stacionarno fazo. Tam poteka separacija. Pretok sistema je 1,5 mililitra na minuto. Detektor na koncu zazna kapsaicine in izpiše rezultate v obliki grafov na računalnik. Na osnovi vrhov in njihove površine, v ustreznem območju, se preračuna vsebnost preiskovanega analita v našem primeru kapsaicina.

4.2.2 EKSTRAKCIJA

Za kromatografsko analizno metodo je potrebno vzorce s preiskovanim analitom, v našem primeru s kapsaicini, predhodno pripraviti v usterzni koncentraciji. To naredimo z ekstrakcijo.

Ekstrakcija je metoda s katero odstranjujemo iz trdnih ali tekočih zmesi topne komponente s topilom. Ekstrakcija je sestavljena iz dveh postopkov. V prvi fazi spravimo zmes v stik s topilom, v drugi fazi pa ju ločimo. Ekstrakcijo razdelimo na:

- ekstrakcijo tekočih snovi in
- ekstrakcijo trdnih snovi. – VIR 22

Ekstrakcija trdnih snovi v glavnem temelji na različni topnosti posameznih spojin v ekstrakcijskem topilu. Topnost snovi je odvisna od tega, v kolikšni meri so molekule snovi sposobne tvoriti vezi s topilom. Zato si kot topilo vedno izberemo snov, ki dobro topi želeno snov, ostale pa čim manj. – VIR 23

Ekstrakcija tekočih snovi temelji na različni topnosti in porazdeljevanju spojin iz zmesi v dveh topilih, ki se med seboj ne mešata. Za izbiro primerne topila pri ekstrakciji tekočih snovi, mora topilo ustrezati določenim zahtevam kot na primer, da že v hladnem dobro raztaplja analit, ki ga hočemo izolirati, ne sme z njim reagirati ... - VIR 23

POSTOPEK EKSTRAKCIJE TRDNIH SNOVI

Zatehtamo ustrezno količino vzorca in dodamo s 50 mL pipeto 70 % raztopine metanola, premešamo in damo na stresalnik za 30 minut. Po 30 minutah filtriramo skozi grobi filter papir. Vzorec nato prefiltriramo skozi syringe filter 0,45 µm v HPLC vialo in damo na avtomatski podajalec vzorcev (autosampler) HPLC Sistema.

Slika 28: Ekstrakcija vzorcev rdeče in zelene paprike



4.3 REZULTATI IN INTERPRETACIJA

Po opravljeni kromatografiji dobimo grafične izpise, ki nam prikažejo značilne vrhove na določenem območju. Iz njih razberemo ali vzorci vsebujejo kapsaicine ali pa ne. Prišli smo do zanimivih rezultatov. Vzorca sveže zelene in rdeče paprike ter zmleta sladka rdeča paprika ne vsebujejo kapsaicina, medtem ko ga ostra zmleta paprika in posušen čili vsebujeta.

Sistem HPLC pri tem določi potrebno maso vzorca za analizo glede na njegovo agregatno stanje, program pa preračuna kromatografske vrhove na osnovi njihove površine v koncentracije mg /L, na koncu pa preračuna v enote pikantnosti Scoville.

Tabela 2: Rezultati vsebnosti Norhidroksikapsaicina

vzorci	m (mg)	area	V (mL)	zatehta g/L	kapsaicin (mg/L)	kapsaicin (mg/g)	faktor redčenja	kapsaicin (%)	kapsaicin (%)	kapsaicin (mg/kg)
sveža paprika rdeča	10612	0	50	212,2400	0,000	0	1	0,00000	0	0,0
sveža paprika zelena	10389	0	50	270,9600	0,000	0	1	0,00000	0	0,0
posušen čili	1124	0,4	50	22,4800	7,605	0,338281	1	0,0338	0,034	338,3
paprika v prahu sladka	3877	0	50	77,5400	0,000	0	1	0,00000	0	0,0
paprika v prahu ostra	2000	0,5	50	40,0000	9,506	0,237643	1	0,0238	0,024	237,6

Tabela 2 prikazuje vsebnosti Norhidroksikapsaicina v vzorcih paprik oziroma čilija. Največjo koncentracijo ima vzorec ostre melte Horgoške paprike z vrednostjo 9,5 mg/L, malo manjšo koncentracijo ima vzorec posušenega domačega čilija – 7,605 mg/L. Vsi ostali vzorci niso vsebovali norhidroksikapsaicina.

Tabela 3: Rezultati vsebnosti skupnih kapsaicinov

vzorci	m (mg)	area	V (mL)	zatehta g/L	kapsaicin (mg/L)	kapsaicin (mg/g)	kapsaicin (%)	kapsaicin (%)	kapsaicin (mg/kg)
sveža paprika rdeča	10612	0	50	212,2400	0,000	0	0,00000	0	0,0
sveža paprika zelena	10398	0	50	207,9600	0,000	0	0,00000	0	0,0
posušen čili	1124	1,2	50	22,4800	22,727	1,010999676	0,1011	0,101	1011,0
paprika v prahu sladka	3877	0	50	77,5400	0,000	0	0,00000	0	0,0
paprika v prahu ostra	2000	1,1	50	40,0000	20,833	0,52083333	0,0521	0,052	520,8

Tabela 4: Rezultati vsebnosti hidroksikapsaicina

Vzorci	m (mg)	area	V (mL)	zatehta g/L	kapsaicin (mg/L)	kapsaicin (mg/g)	faktor redčenja	kapsaicin (%)	kapsaicin (%)	kapsaicin (mg/kg)
sveža paprika rdeča	10612	0	50	212,2400	0,000	0	1	0,0000	0	0,0
sveža paprika zelena	10398	0	50	207,9600	0,000	0	1	0,0000	0	0,0
posušen čili	1124	0,7	50	22,4800	13,258	0,589749811	1	0,0590	0,059	589,7
paprika v prahu sladka	3877	0	50	77,5400	0,000	0	1	0,0000	0	0,0
paprika v prahu ostra	2000	0,5	50	40,0000	9,470	0,236742424	1	0,0237	0,024	236,7

Tabela 4 prikazuje koncentracije vsebovanega hidroksikapsaicina v posameznem vzorcu. Tokrat ima najvišjo vrednost vzorec domačega posušenega čilija za omenjeni kapsaicin, 13,258 mg/L, vzorec mlete rdeče Horgoške ostre paprike pa 9,47 mg/l, medtem v ostalih vzorcih ni sledi o kapsaicinih.

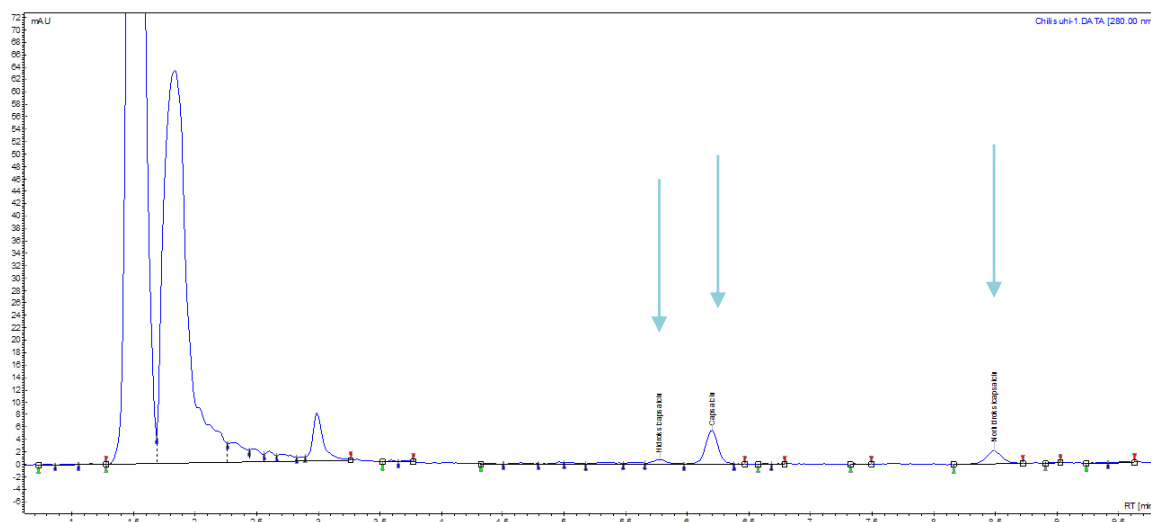
Tabela 3 pa prikazuje skupne kapsaicine. Koncentracija le-teh je v vzorcu posušenega domačega čilija 22, 727 mg/L , v ostri mleti Horgoški papriki pa 20,833 mg/L. V drugih vzorcih jih ni bilo.

Tabela 5: Skupno število kapsaicinov

vzorci	SHU
sveža paprika rdeča	0
sveža paprika zelena	0
posušen čili	16277
paprika v prahu sladka	0
paprika v prahu ostra	8385

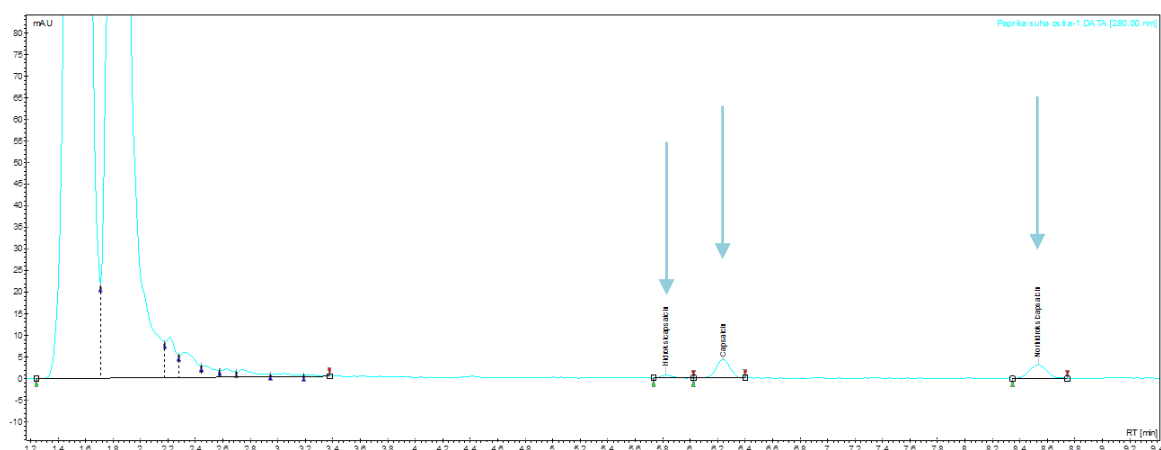
V tabeli 5 so izraženi skupni kapsaicini, ki jih program glede na koncentracije preračuna v Scoville. Iz rezultata 16277 SHU se da sklepati, da je domač posušeni čili vrste Serrano in ima izmed vseh petih vzorcev največ skupnih kapsaicinov, ostra mleta Horgoška paprika pa očitno glede na vrednost 8385 SHU vsebuje madžarsko pekočo papriko (slika 8). V ostalih vzorcih kapsaicinov ni bilo.

Graf 3: Kromatogram posušenega čilija



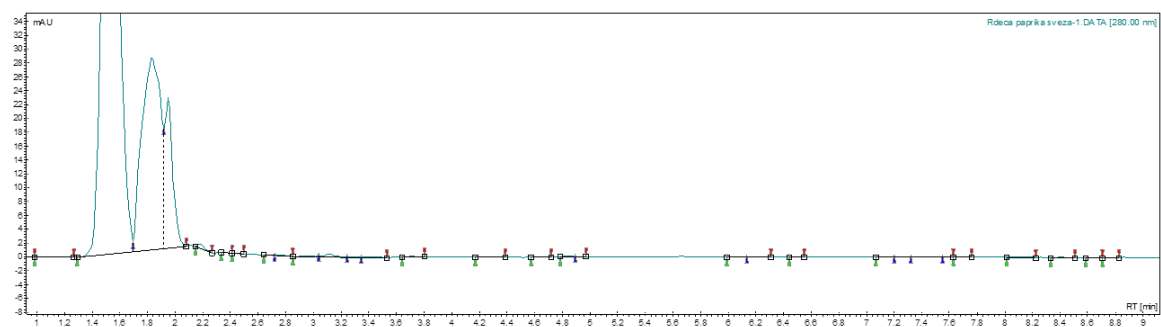
Puščice v grafu nakazujejo vrhove vsebovanih kapsaicinov - hidroksikapsaicina (H), skupnih kapsaicinov (C) in norhidroksikapsaicina (N). Površina vrhaov krivulj je zapisana v tabelah 2, 3, 4 za posamezno zvrst kapsaicinov. Za vzorec posušenega čilija je vsebnost hidroksikapsaicina (H) je 0,7, skupnih kapsaicinov (C) je 1,2 in norhidroksikapsaicina (N) 0,4.

Graf 4: Kromatogram ostre paprike v prahu

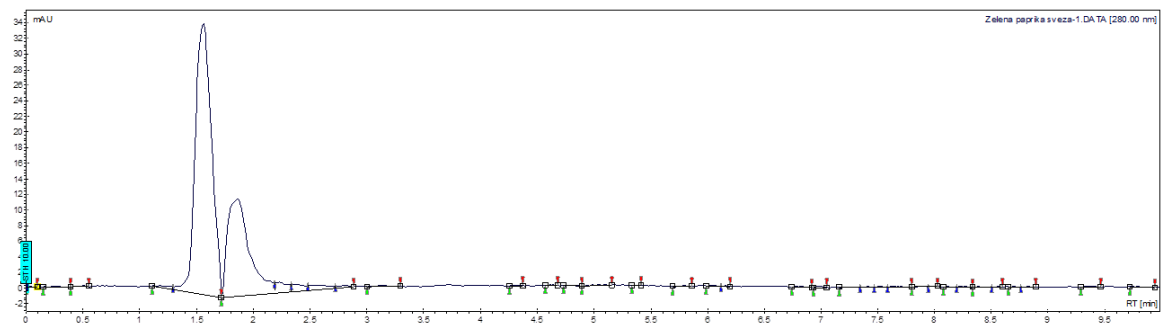


Tudi pri vzorcu mlete ostre paprike opazimo dva izrazitejša vrhova na grafu 4. Za skupne kapsaicine (C) je površina krivulje pod puščico 1,1. Površini ostalih dveh hidroksikapsaicina (H) in norhidroksikapsaicina (N) pa sta enaki 0,5.

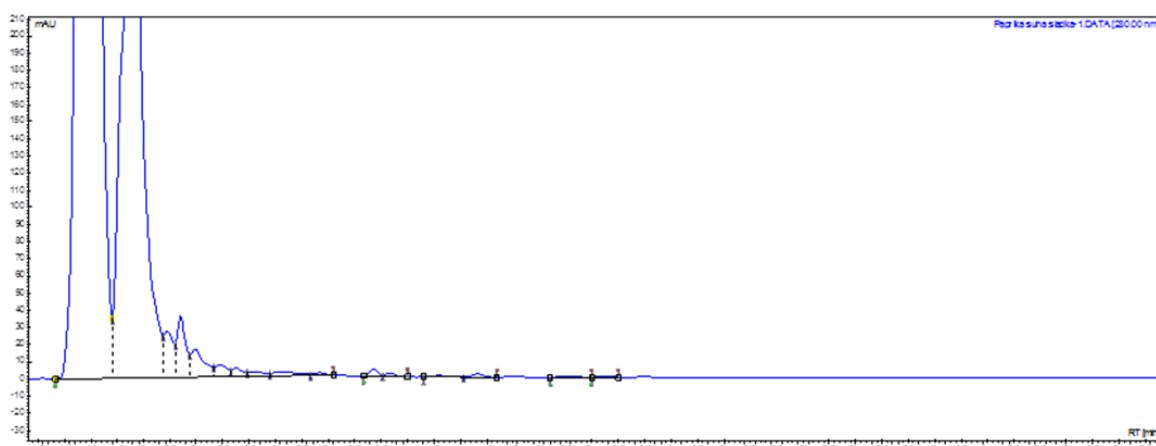
Graf 5: Kromatogram sveže rdeče paprike



Graf 6: Kromatogram sveže zelene paprike



Graf 7: Kromatogram mlete sladke paprike



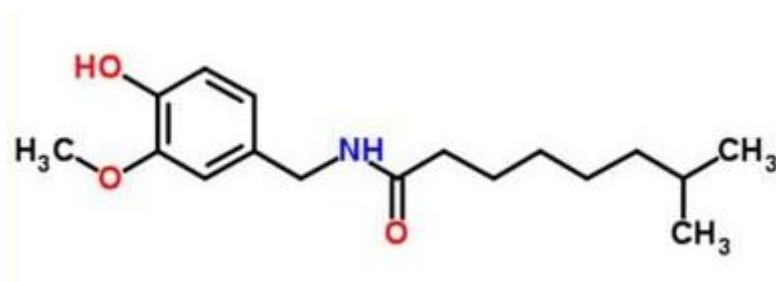
Grafi 5,6,7 nimajo izrazitih kromatografskih vrhov, kar pomeni, da v vzorcih sveže rdeče in zelene paprike ni kapsaicinov in enako velja tudi za vzorec mlete sladke paprike Kotanyi.

5. ZAKLJUČEK IN RAZPRAVA

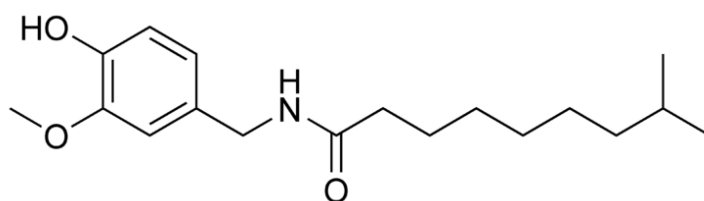
V najini prvi hipotezi sva predvidevali, da je v čiliju več kapsaicinov kot v papriki. To hipotezo lahko v celoti potrdiva, saj rezultati dejansko prikažejo največjo vrednost vsebovanih kapsaicinov v primerjavi z ostalimi vzorci paprik, ki smo jih analizirali. Čili vsebuje 16277 SHU kapsaicinov, ostra paprika pa 8385 SHU.

Hipotezo, ki navaja, da je količina kapsaicinov v različnih vrstah paprike različna, lahko le delno potrdimo, saj so rezultati pokazali, da je količina kapsaicinov, v sveži rdeči in zeleni papriki, kakor tudi v sladki rdeči papriki v prahu, enaka nič. Res pa je, da so vsi trije vzorci vzorci sladke paprike. V posušenem čiliju je vsebnost skupnih kapsaicinov večja kot pri vzorcu ostre mlete Horgoške paprike, enako velja za vsebnost hidroksikapsaicina, medtem ko je vsebnost norhidroksikapsaicina večja v vzorcu mlete ostre paprike, manjša pa v posušenem čiliju. Rezultati nam tako povedo, da je lahko v vzorcih več vrst kapsaicinov.

Slika 29: Norhidroksikapsaicin



Slika 30: Hidroksikapsaicin



Da je več kapsaicina v ostri papriki, kot v sladki, je bila najina tretja hipoteza, katero lahko popolnoma potrdiva. Iz rezultatov je razvidno, da sladke vrste paprike sploh niso vsebovale kapsaicinov, norhidroksikapsaicina ali hidroksikapsaicina. Ti rezultati so nama zelo olajšali delo, saj sva brez kakršnih koli težav medsebojno primerjali dobljene rezultate in hipotezo takoj potrdili. Na osnovi rezultatov in preračunanih koncentracij v Scovillove enote SHU, smo lahko natančno opredelili za katero vrsto čilija oziroma paprike gre, glede na preučeno literaturo. Čili naj bi bil Serrano, ostra paprika pa madžarska paprika.

S tem rezultatom sva prišli še do enega zanimivega zaključka. Na naših tržnih policah sta poimenovanji »ostra« in »sladka« mleta paprika, pravilno izbrani, če upoštevamo dejstvo, da je vsebnost kapsaicinov tista, ki to lastnost dejansko opredeljuje.

Med raziskavo sva prišli do zanimivih in uporabnih informacij o hranilni vrednosti paprik, čilijev ter o zdravilnih učinkih kapsaicinov. Vsekakor bi bilo zanimivo narediti analize na še več vzorcih različnih sort. V tem vidiva možnost nadaljnjih raziskav. Edina ovira je v tem, da v šolskem laboratoriju nimamo aparature HPLC, kar lahko pri večjem obsegu analiz predstavlja velik stroškovni zalogaj. Raziskovanje je bilo zelo poučno, zanimivo in je potekalo brez zapletov.

6. VIRI IN LITERATURA

- VIR 1: <http://www.nndb.com/people/218/000101912/> (dostop: 25.2.2016)
- VIR 2: <http://www.cenim.se/prehrana/kapsaicin-pekoci-alkaloid-v-cilijih/> (dostop: 25.2.2016)
- VIR 3: <http://www.kemija.org/index.php/kemija-mainmenu-38/24-kemijacat/42-zakaj-feferoni-peejo> (dostop: 25.2.2016)
- VIR 4: <http://www.divjivrt.si/rastline/index.php/zdravilne-rastline-in-kozmetika/112-rastlinske-ucinkovine/115-alkaloidi> (dostop: 29.2.2016)
- VIR 5: <http://samgcapsaicin.weebly.com/history-of-capsaicin.html> (dostop: 2.3.2016)
- VIR 6: <http://www.encyclopedia.com/doc/1G2-2830900695.html> (dostop: 2.3.2016)
- VIR 7: <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ja02228a011> (dostop: 2.3.2016)
- VIR 8: <http://pharmrev.aspetjournals.org/content/51/2/159.short> (dostop: 2.3.2016)
- VIR 9: <http://www.aktivni.si/prehrana/vroce-in-pekoce/> (dostop: 4.3.2016)
- VIR 10: <http://www.alter.si/tabla/showflat.php?Number=1824173> (dostop: 4.3.2016)
- VIR 11: <http://www.bodieko.si/cili> (dostop: 4.3.2016)
- VIR 12: <http://www.arthritisresearchuk.org/arthritis-information/complementary-and-alternative-medicines/cam-report/complementary-medicines-for-osteoarthritis/capsaicin.aspx> (dostop: 5.3.2016)
- VIR 13: <http://www.jutarnji.hr/kapsaicin---cudotvorna-molekula-iz-crvene-paprike/878170/> (dostop: 5.3.2016)
- VIR 14: <https://www.conquerha.com/what-is-capsaicin.php> (dostop: 11.3.2016)
- VIR 15: <http://www.webmd.com/pain-management/tc/capsaicin-topic-overview> (dostop: 11.3.2016)
- VIR 16: <http://www.drugs.com/npc/capsicum-peppers.html> (dostop: 7.3.2016)
- VIR 17: http://www.thechileman.org/guide_species.php (dostop: 7.3.2016)
- VIR 18: <http://www.nutris.org/prehrana/zivila-meseca/poletje/246-paprika.html> (dostop: 12.3.2016)
- VIR 19: <http://www.worldofchillies.com/Chilli-plant-varieties/Chilli-plant-varieties-Capsicum/Chilli-plants-Capsicum-Annuum.html> (dostop: 12.3.2016)
- VIR 20: <http://www.delo.si/clanek/113349> (dostop: 13.3.2016)
- VIR 21: <http://www.cilipipp.si/nova/sl/nekaj-o-ciliju/splosna-dejstva-o-ciliju> (dostop: 13.3.2016)
- VIR 22: http://projekti.gimvic.org/2003/2c/naravnabarvila/metoda_ekstrakcije.htm (dostop: 14.3.2016)
- VIR 23: http://studentski.net/gradivo/ulj_fkt_ki1_sep_sno_gradivo_03?r=1 (dostop: 14.3.2016)
- VIR 24: <http://pepperheadsforlife.com/the-scoville-scale/nordihydrocapsaicin/> (dostop: 14.3.2016)
- VIR 25 Lobnik, A.: Okoljska analitika, študijsko gradivo FS Maribor, 2006.

VIRI SLIK

- Slika 1: <https://www.worldofchemicals.com/162/chemistry-articles/chemistry-of-superhot-chillies.html> (dostop: 25.2.2016)
- Slika 2: <http://www.chemspider.com/Molecular-Formula/C18H27NO3> (dostop: 25.2.2016)
- Slika 3: <http://www.chemspider.com/Molecular-Formula/C18H27NO3> (dostop: 25.2.2016)
- Slika 4: <http://www.kemija.org/index.php/kemija-mainmenu-38/24-kemijacat/42-zakaj-feferoni-peejo> (dostop: 25.2.2016)
- Slika 5: <http://www.kemija.org/index.php/kemija-mainmenu-38/24-kemijacat/42-zakaj-feferoni-peejo> (dostop: 25.2.2016)
- Slika 6: <http://samgcapsaicin.weebly.com/history-of-capsaicin.html> (dostop: 2.3.2016)
- Slika 7: https://en.wikipedia.org/wiki/Wilbur_Scoville (dostop: 2.3.2016)
- Slika 8: <http://okusno.je/clanek/fokus/ste-prepricani-da-veste-kaj-je-pekoce.html> (dostop: 2.3.2016)
- Slika 9: <http://www.apipharma.hr/hr/proizvodi/kapsin-mast-s-ekstraktom-paprike-i-propolisom/> (dostop: 4.3.2016)
- Slika 10: http://www.thechileman.org/guide_species.php (dostop: 7.3.2016)
- Slika 11: http://www.thechileman.org/guide_species.php (dostop: 7.3.2016)
- Slika 12: http://www.thechileman.org/guide_species.php (dostop: 7.3.2016)
- Slika 13: http://www.thechileman.org/guide_species.php (dostop: 7.3.2016)
- Slika 14: <http://www.cenim.se/hranilne-vrednosti.php?id=2913> (dostop: 12.3.2016)
- Slika 15: <http://www.cenim.se/hranilne-vrednosti.php?id=3280> (dostop: 12.3.2016)
- Slika 16: <http://forums.gardenweb.com/discussions/2107491/chinese-five-color-or-bolivian-rainbow> (dostop: 12.3.2016)
- Slika 17: <http://www.instructables.com/id/Growing-the-Carolina-Reaper/> (dostop: 13.3.2016)
- Slika 18: <https://www.volimljuto.com/product/habanero-red-sadnica> (dostop: 13.3.2016)
- Slika 19: <http://www.pepperseeds.eu/bhut-jolokia.html> (dostop: 13.3.2016)
- Slika 20: <http://budiin.24sata.hr/interijeri/cili-papricice-ljuti-dodatak-vasem-balkonu-3087> (dostop: 12.3.2016)
- Slika 21: Vzorci, katerim želimo določiti vsebnost kapsaicina (avtorska fotografija N. Banovšek)
- Slika 22: Vzorca mlete paprike, čilija, zmlete sveže rdeče in zelene paprike (avtorska fotografija N. Banovšek)
- Slika 23: Sveža rdeča paprika (avtorska fotografija N. Banovšek)
- Slika 24: Vzorec sveže mlete rdeče paprike (avtorska fotografija N. Banovšek)

- Slika 25: https://sl.wikipedia.org/wiki/Tankoplastna_kromatografija (dostop: 15.3.2016)
- Slika 26: http://www.oezratty.net/wordpress/wp-content/WindowsLiveWriter/Les-dessous-techniques-du-squenage-du-gn_82A7/HPLC-process.jpg (dostop: 5.3.2016)
- Slika 27: Naprava HPLC (avtorska fotografija N. Banovšek)
- Slika 28: Ekstrakcija vzorcev rdeče in zelene paprike (avtorska fotografija N. Banovšek)
- Slika 29: <http://www.chemspider.com/Chemical-Structure.147689.html?rid=c584e461-f896-4061-9986-c758400a3793> (dostop: 15.3.2016)
- Slika 30: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dihydrocapsaicin.svg> (dostop: 15.3.2016)