

Koncentracija glukozinolata i prinos sorata brokule u različitim rokovima uzgoja

Sažetak

Potrošnja brokule u Hrvatskoj porasla je tijekom posljednjih desetak godina zbog njezine izuzetne nutritivne vrijednosti koja ovisi o genetskim, abiotskim i agrotehničkim čimbenicima. Zbog genotipa, sorte brokule se razlikuju u koncentraciji bioaktivnih spojeva, odnosno, učinku na ljudsko zdravlje. Promjenjiv sastav i koncentracija fitotvari glavni su problem pri proizvodnji povrća kao funkcionalne hrane, od koje se očekuje ujednačena razina zdravstvene vrijednosti.

Budući da je na tržištu prisutan raznolik sortiment, postavljeno je istraživanje s ciljem odabira perspektivnih sorata brokule, za uzgoj u uvjetima sjeverozapadne Hrvatske, odgovarajućeg prinosa i koncentracije pojedinačnih te ukupnih glukozinolata u različitim rokovima uzgoja.

Najveći prinos tržnog vršnog cvata ostvarila je sorta Parthenon (13,3 t/ha) u proljetno-ljetnom roku, odnosno sorta Montop (15,0 t/ha) u ljetno-jesenskom roku uzgoja. Testirane sorte brokule statistički su se značajno razlikovale u koncentraciji ukupnih glukozinolata. Tijekom proljetno-ljetnog roka uzgoja u vršnom cvatu sorata brokule utvrđene su značajno veće vrijednosti ukupnih glukozinolata (12 do 22,5 $\mu\text{mol/g}$ suhe tvari), nego u ljetno-jesenskom uzgojnom roku (5,4 do 15,5 $\mu\text{mol/g}$ suhe tvari).

Cljučne riječi: *Brassica oleracea* L. var. *italica*, vršni cvat, glukobrasicin, glukorafanin

Uvod

Posljednjih godina raste interes potrošača za funkcionalnom hranom koja opskrbljuje organizam osnovnim hranjivim tvarima i ima dodatnu fiziološku vrijednost time što pozitivno utječe na zdravlje ljudi (Vallejo i sur., 2002.). Među funkcionalnim namirnicama biljnog porijekla, ističu se vrste roda *Brassica*, a posebice brokula jer je, uz vitamine, minerale i vlakna, prirodan izvor bioaktivnih spojeva (Mithen, 2003.).

Zdravstvena vrijednost kupusnjača, a time i brokule (*Brassica oleracea* L. var. *italica*), očituje se u prisutnosti glukozinolata koji predstavljaju sekundarne metabolite biljke. Ti spojevi nisu izravno bioaktivni već se produkti njihove enzimatske razgradnje (posebice sulforafan) smatraju učinkovitim u obrani organizma od slobodnih radikala i upalnih procesa (Fabek, 2010. prema Mithen i sur., 2000.).

Zbog pozitivnog učinka na ljudsko zdravlje zbog dokazane antikancerogene aktivnosti produkata razgradnje glukozinolata, porasla je potrošnja povrća iz porodice krstašica

¹ Sanja Fabek, dipl. ing. agr., Nina Toth, doc. dr. sc., Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za povrćarstvo, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb

(*Brassicaceae*), naročito brokule koja posljednjih desetak godina prolazi renesansu (Bellostas i sur., 2007; Fabek, 2010.).

Sorte brokule se, zbog genotipa, razlikuju u koncentraciji bioaktivnih spojeva, odnosno, učinku na ljudsko zdravlje. Promjenjiv sastav i koncentracija bioaktivnih spojeva (fitotvari), pogotovo glukozinolata, predstavljaju problem pri proizvodnji povrća kao funkcionalne hrane, od kojeg se očekuje ujednačena razina zdravstvene vrijednosti (Vallejo i sur., 2003.). Prema Ciešlik i sur. (2007.) glukozinolati su produkti sekundarnog metabolizma koje biljke stvaraju s ciljem zaštite od abiotskih i biotskih stresnih faktora.

Na količinu i sastav glukozinolata brokule utječu brojni čimbenici: genotip, rok uzgoja, razmaci sadnje (sklop), opskrbljenost tla hranivima, gnojidba i navodnjavanje. Također, količina bioaktivnih tvari ovisi o biljnom dijelu (vršni ili postrani cvat) te fazi njegovog rasta i razvoja, vremenu berbe (jutro ili večer), uvjetima kratkotrajnog skladištenja, ali i načinu pripreme brokule (Vallejo i sur., 2003; Cartea i Velasco, 2008.). Poznavanje utjecaja uzgojnih uvjeta na sastav i koncentraciju bioaktivnih spojeva brokule važno je za poboljšanje njezine kvalitete i nutritivne vrijednosti (Moreno, 2008.).

Budući da je na tržištu prisutan raznolik sortiment, cilj ovog istraživanja bio je izdvojiti perspektivne sorte brokule odgovarajućeg prinosa i koncentracije pojedinačnih te ukupnih glukozinolata za uzgoj u uvjetima sjeverozapadne Hrvatske tijekom različitih rokova uzgoja.

Materijal i metode

Istraživanje je provedeno u dva roka uzgoja (proljetno-ljetni i ljetno-jesenski) tijekom 2007. godine, na obiteljskom gospodarstvu u Zagrebu. U oba roka uzgoja, poljski su pokusi postavljeni po metodi slučajnog bloknoeg rasporeda u četiri ponavljanja.

Ručna sadnja presadnica s grudom supstrata provedena je 19. travnja u proljetno-ljetnom roku i 17. srpnja u ljetno-jesenskom roku na razmak 0,6 m x 0,5 m, čime je ostvaren sklop od 3,3 biljke/m².

Berba vršnog cvata u proljetno-ljetnom roku uzgoja započela je 57 dana nakon sadnje i trajala do 23. srpnja. U ljetno-jesenskom roku berba je započela 17. rujna, odnosno 62 dana nakon sadnje, i završila 22. studenoga.

U uzgoju su primijenjene agrotehničke mjere gnojidbe (200 kg N, 80 kg P₂O₅ i 215 kg K₂O/ha), zaštite, međuredne kultivacije i navodnjavanja prema potrebi.



Slika 1. Vršni cvat brokule pripremljen za tržište

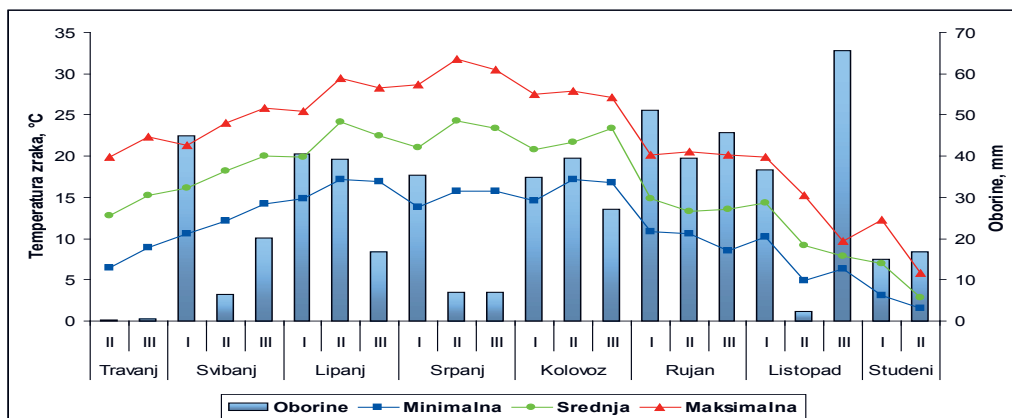
Tijekom višekratnih berbi mjerena je masa vršnog cvata temeljem koje je određivan tržišni prinos, a također su pripremani reprezentativni uzorci vršnog cvata brokule za liofilizaciju te kemijsku analizu. U liofiliziranim uzorcima cvata brokule metodom tekućinske kromatografije obrnutih faza desulfoglukozinolata određeni su pojedinačni (glukobrasicin i glukorafanin) te ukupni glukozinolati.

Statistička analiza rezultata obavljena je analizom varijance (ANOVA), a prosječne vrijednosti su testirane LSD testom na razini signifikantnosti $p \leq 0,05$ i $p \leq 0,01$.

Rezultati i rasprava

Meteorološki uvjeti tijekom proljetno-ljetnog i ljetno-jesenskog roka uzgoja brokule u 2007. godini, na području grada Zagreba, prikazani su u grafikonu 1. Nakon sadnje u proljetno-ljetnom roku uzgoja, u drugoj i trećoj dekadi travnja srednje dnevne dekadne temperature bile su nepovoljne za rast brokule (12,8 i 15,3 °C). Optimalne srednje dnevne temperature zraka za rast i razvoj brokule nakon sadnje su od 20 do 24 °C te od 15 do 18 °C tijekom generativnog rasta (Lešić i sur., 2004.). U vrijeme formiranja vršnog cvata, tijekom lipnja i prve dekade srpnja, srednje dnevne temperature bile su više od optimalnih (20, 24,1, 22,5 i 21,1 °C). U tom su razdoblju za razvoj cvata bile nepovoljne visoke vrijednosti maksimalnih dnevnih temperatura koje su u trećoj dekadi lipnja dostigle vrijednost od 34,5 °C (podaci nisu prikazani). Prema Lešić i sur. (2004.) visoke temperature u fazi razvoja cvata mogu uzrokovati pojavu sitnih i rahlih cvatova, podložnih prijevremenoj cvatnji.

Grafikon 1. Meteorološki uvjeti tijekom uzgoja brokule u 2007. godini



Količina oborina tijekom proljetno-ljetnog uzgojnog roka bila je nedovoljna i neravnomjerno raspoređena. Ukupna je količina oborina bila 211 mm, što je nedovoljno za pravilan rast i razvoj brokule te je prema potrebi provedeno navodnjavanje kišenjem. Prema Lešić i sur. (2004.) potrebna količina oborina tijekom vegetacije je oko 400 mm, a nedostatak vode tijekom formiranja i razvoja vršnog cvata uzrokuje formiranje malih te rastresitih cvatova na drvenastoj stabljici.

Tijekom ljetno-jesenskog roka uzgoja, ukupna količina oborina bila je 381 mm, značajno veća nego u proljetnom roku i optimalna za razvoj brokule te formiranje cvata. Oborine su ujedno bile i ravnomjerno raspoređene tijekom cijelog uzgojnog razdoblja, osim u drugoj dekadi listopada kada je zabilježeno samo 2,2 mm oborina. Ujedno, u jesenskom roku i temperaturni uvjeti tijekom formiranja vršnog cvata, odnosno tijekom rujna i prve dekade listopada, bili su povoljni (srednje dekadne temperature: 14,7, 13,3, 13,5 i 14,5 °C). Značajniji pad temperature započeo je u drugoj dekadi listopada (9,1 °C), no do tada je uglavnom završena berba vršnog cvata većine testiranih sorata brokule.

Iz tablice 1 vidljivo je da su tijekom ljetno-jesenskog roka uzgoja ostvarene veće vrijednosti mase vršnog cvata brokule, u rasponu od 321 (sorta Agassi) do 506 g (sorta Montop). U proljetno-ljetnom roku vrijednosti mase cvata varirale su od 257 (sorta Agassi) do 403 g (sorta Parthenon). U istraživanju Abercrombie i sur. (2005.) masa cvata brokule bila je u rasponu od 153 do 224 g, što je znatno niže od vrijednosti ostvarenih u oba roka uzgoja tijekom ovog istraživanja.

Statistički podjednaku masu sorti Montop u ljetno-jesenskom roku uzgoja ostvarile su sorte Green Magic, Lucky i Parthenon (457, 447 i 429 g), što je podjednako rezultatima ostvarenih u istraživanju Toth i sur. (2004.) u kojem su tijekom istog uzgojnog roka i u istim agroekološkim uvjetima sorte Captain i Lucky imale najveću masu i prinos vršnog cvata (516 i 431 g; 14,5 i 11,8 t/ha).

U istraživanju De Pascale i sur. (2005.) sorta Marathon ostvarila je prinos vršnog cvata od 9,7 t/ha, što je niže od prinosa koji je sorta Marathon ostvarila u proljetno-ljetnom (11,9 t/ha) i ljetno-jesenskom roku uzgoja (10,6 t/ha).

Prema Toth i sur. (2007.) prosječni prinos vršnog cvata u proljetno-ljetnom roku uzgoja bio je 6,3 t/ha, što je 44 % manje od prosječnog prinosa ostvarenog u istom uzgojnom razdoblju tijekom ovog istraživanja (11,3 t/ha). U proljetno-ljetnom uzgojnom roku samo su sorte Heraklion, Lucky i Agassi ostvarile statistički značajno manji prinos (9,4, 9,2 i 8,5 t/ha) od ostalih sorata kojima su vrijednosti prinosa bile u rasponu od 10,7 (sorta Belstar) do 13,3 t/ha (sorta Parthenon). U ljetno-jesenskom roku uzgoja sve su sorte osim sorte Agassi ostvarile prinos tržnog vršnog cvata veći od 10 t/ha. Najveći je prinos ostvarila sorta Montop (15,4 t/ha), statistički jednak sortama Green Magic, Lucky, Belstar i General (14,9, 14,9, 13,1 i 12,9 t/ha).

Tablica 1. Masa i prinos tržnog vršnog cvata brokule tijekom proljetno-ljetnog i ljetno-jesenskog roka uzgoja

Sorta	Proljetno-ljetni rok		Ljetno-jesenski rok	
	Masa g	Prinos t/ha	Masa g	Prinos t/ha
Agassi	257 d*	8,5 D	321 D	8,9 G
Belstar	326 abcd	10,7 ABCD	402 BCD	13,1 ABCD

Captain	355 abc	11,7 ABC	352 CD	11,1 DEFG
Chevalier	399 a	13,2 A	373 BCD	11,0 DEFG
Fiesta	360 abc	11,9 ABC	358 CD	10,3 EFG
General	375 a	12,4 AB	409 BC	12,9 ABCDE
Green Magic	359 abc	11,8 ABC	457 AB	14,9 AB
Heraklion	284 bcd	9,4 BCD	386 BCD	12,2 CDEF
Ironman	367 ab	12,1 ABC	371 BCD	9,8 FG
Lucky	278 cd	9,2 CD	447 AB	14,9 ABC
Marathon	360 abc	11,9 ABC	351 CD	10,6 DEFG
Montop	331 abcd	10,9 ABCD	506 A	15,4 A
Parthenon	403 a	13,3 A	429 ABC	12,5 BCDEF

*Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu, (a) $p \leq 0,05$ i (A) $p \leq 0,01$.

Prema Fahey i sur. (2001.), biljne vrste iz porodice krstašica razlikuju se specifičnim sadržajem pojedinačnih glukozinolata. Isti autori utvrdili su desetak glukozinolata u testiranim sortama brokule, među kojima prevladavaju indolni (neo-glukobrasicin i metoksi-glukobrasicin) te alifatski glukozinolati (glukoiberin i glukorafanin). Jeffery i sur. (2003.) navode da je glukorafanin prevladavajući pojedinačni glukozinolat u cvatu brokule, što je u skladu s navodima Ciešlik i sur. (2007.), dok Meyer i Adam (2008.) kao prevladavajuće pojedinačne glukozinolote u brokuli navode glukorafanin, glukobrasicin i neo-glukobrasicin.

Statističkom analizom rezultata utvrđena je visoko signifikantna razlika među sortama brokule u koncentraciji pojedinačnih glukozinolata (tablica 2). U svim sortama brokule, u oba roka uzgoja tijekom ovog istraživanja prevladavaju indolni glukozinolati (glukobrasicin i 4-metoksiglukobrasicin), što je suprotno navodima Ciešlik i sur. (2007.) gdje je udio indolnih u ukupnim glukozinolatima bio 16 %, a udio alifatskih znatno veći (83,5 %). Prevladavajući alifatski glukozinolat je glukorafanin, a tijekom oba se roka uzgoja u rangu statistički najviših vrijednosti ističe sorta Fiesta.

Prema Jeffery i sur. (2003.) sinteza alifatskih glukozinolata regulirana je genotipom (60 %) dok je manji utjecaj okoline te interakcije genotipa i okoline (5 i 10 %). Suprotno tome, sinteza indolnih glukozinolata je pod manjim utjecajem genotipa (12 %), okoline (33 %) te interakcije okoline i genotipa (21 %).

Ovisno o sorti, tijekom proljetno-ljetnog roka koncentracija glukorafanina bila je u rasponu od 1,36 (sorta Parthenon) do 4,14 $\mu\text{mol/g}$ suhe tvari (sorta Marathon). U istraživanju Abercrombie i sur. (2005.) koncentracija glukorafanina u cvatu brokule tijekom proljetnog uzgoja bila je u rasponu od 0,26 do 7,82 $\mu\text{mol/g}$ suhe tvari dok je u jesenskom roku varirala od 0,83 do 6 $\mu\text{mol/g}$ suhe tvari. U uvjetima povoljnijima za rast brokule, odnosno u ljetno-jesenskom roku uzgoja, tijekom 2007. godine vrijednosti glukorafanina bile su u rasponu od 0,72 (sorta Montop) do 3,52 $\mu\text{mol/g}$ suhe tvari (sorta Fiesta).

Tablica 2. Pojedinačni glukozinolati u vršnom cvatu sorata brokule ($\mu\text{mol/g}$ suhe tvari)

Sorta	Prolječno-ljetni rok		Ljetno-jesenski rok	
	Glukorafanin	Glukobrasicin	Glukorafanin	Glukobrasicin
Agassi	4,03 A*	12,71 A	2,85 B	2,33 I
Belstar	3,67 A	3,55 C	1,96 E	4,10 F
Captain	1,99 D	11,16 B	1,05 H	3,38 H
Chevalier	3,55 AB	3,43 C	1,82 F	4,27 E
Fiesta	4,05 A	4,01 C	3,52 A	2,03 J
General	2,78 BC	10,49 B	1,25 G	9,50 A
Green Magic	1,95 D	1,42 D	1,32 G	2,17 IJ
Heraklion	3,85 A	1,75 D	2,39 D	3,57 GH
Ironman	3,96 A	13,19 A	2,72 C	6,94 C
Lucky	2,06 CD	1,45 D	1,78 F	5,96 D
Marathon	4,14 A	2,37 D	2,80 BC	7,32 B
Montop	1,83 D	3,43 C	0,72 I	3,61 G
Parthenon	1,36 D	4,07 C	1,07 H	4,04 F

*Različita slova predstavljaju značajno različite prosječne vrijednosti prema LSD testu, $p \leq 0,01$

Prema Meyer i Adam (2008.) u konvencionalnom uzgoju brokule utvrđene su znatno niže prosječne vrijednosti glukorafanina i glukobrasicina (4,3 i 3,7 i $\mu\text{mol/g}$ suhe tvari) nego u brokuli porijeklom iz ekološkog uzgoja (5,4 i 5,2 $\mu\text{mol/g}$ suhe tvari). Navedeno je u skladu s rezultatima ostvarenim tijekom ovog istraživanja pri čemu je prosječna koncentracija glukobrasicina u oba roka uzgoja bila podjednaka (5,62 $\mu\text{mol/g}$ suhe tvari u proljetno-ljetnom i 4,55 $\mu\text{mol/g}$ suhe tvari u ljetno-jesenskom roku uzgoja). No, u proljetnom su roku vrijednosti glukobrasicina značajnije varirale (1,42 do 13,19 $\mu\text{mol/g}$ suhe tvari) nego u jesenskom uzgojnom roku (2,03 do 9,5 $\mu\text{mol/g}$ suhe tvari).

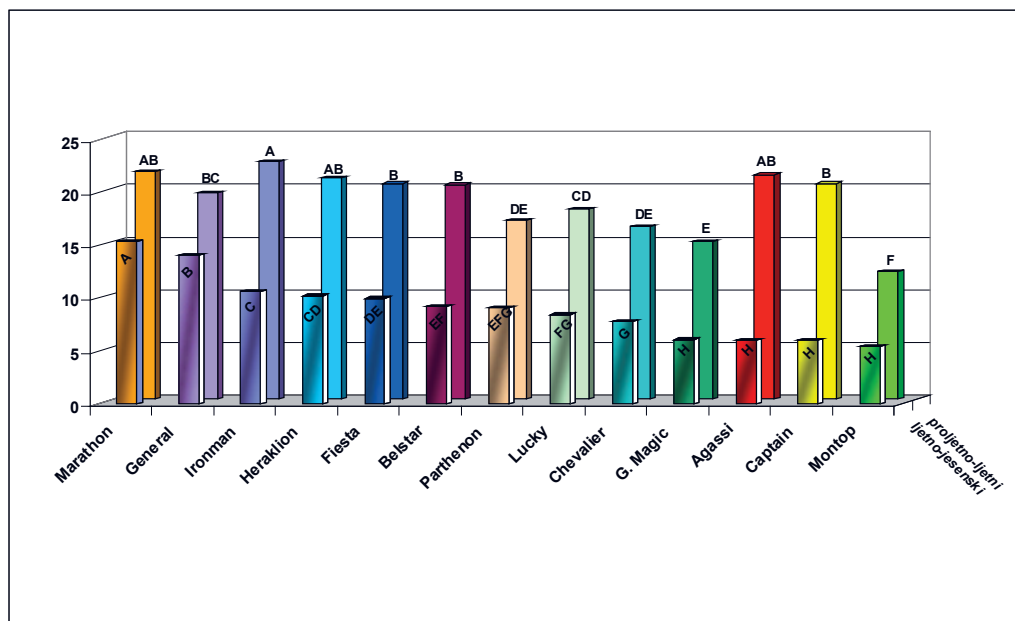
Testirane sorte brokule značajno su se razlikovale u koncentraciji ukupnih glukozinolata u vršnom cvatu (grafikon 2). Tijekom proljetno-ljetnog razdoblja ukupni glukozinolati bili su u rasponu od 12,04 (sorta Montop) do 22,48 $\mu\text{mol/g}$ suhe tvari (sorta Ironman) dok su u ljetno-jesenskom roku ostvarene niže vrijednosti koje su varirale od 5,46 (sorta Montop) do 15,45 $\mu\text{mol/g}$ suhe tvari (sorta Marathon).

U istraživanju Vallejo i sur. (2003.) prosječna koncentracija ukupnih glukozinolata bila je 17,26 $\mu\text{mol/g}$ suhe tvari, što je podjednako prosječnim vrijednostima ostvarenim tijekom proljetno-ljetnog roka u ovom istraživanju (18,85 $\mu\text{mol/g}$ suhe tvari). Tijekom ljetno-jesenskog roka uzgoja prosječna vrijednost ukupnih glukozinolata bila je 52 % manja od prosječne vrijednosti ostvarene u proljetno-ljetnom roku.

Prema Vallejo i sur. (2002.) ukupni glukozinolati tijekom proljetnog roka varirali su od 3,0 do 28,3 $\mu\text{mol/g}$ suhe tvari, a sorta Marathon je ostvarila nešto višu koncentraciju glukobrasicina (3,5 $\mu\text{mol/g}$ suhe tvari) od vrijednosti ostvarenih u uvjetima sjeverozapadne

Hrvatske (2,37 $\mu\text{mol/g}$ suhe tvari). Udio glukorafanina i ukupnih glukozinolata (2 i 6 $\mu\text{mol/g}$ suhe tvari) u cvatu sorte Marathon bio je značajno manji od vrijednosti ostvarenih u ovom istraživanju (4,14 i 21,6 $\mu\text{mol/g}$ suhe tvari).

Grafikon 2. Ukupni glukozinolati u vršnom cvatu brokule ($\mu\text{mol/g}$ suhe tvari)



U ljetno-jesenskom roku uzgoja utvrđena je manja koncentracija glukozinolata u cvatu testiranih sorata brokule, što je u skladu s rezultatima Velasco i sur. (2007.) te Cartea i Velasco (2008.) koji navode da je pri nižim temperaturama smanjena koncentracija glukozinolata, što objašnjavaju kao posljedicu niskih temperatura, kraće dužine dana i smanjene sunčeve radijacije. Ujedno, nedovoljna količina oborina tijekom uzgoja pozitivno utječe na sintezu glukozinolata što može biti posljedica povećane sinteze aminokiselina i šećera koji su prekursori u sintezi glukozinolata (Vallejo i sur., 2003.).

Martínez-Ballesta i sur. (2008.) navode da kvaliteta i količina vode za navodnjavanje utječe na prinos i količinu fitotvari te se zbog nedovoljne opskrbe vodom tijekom uzgoja udio glukozinolata u brokuli udvostručio. Naime, u stresnim uvjetima suše dolazi do promjena u hormonalnoj raspodjeli unutar biljke zbog čega dolazi do aktivacije hormona stresa (etilen, apscizinska i salicilna kiselina) koji povećavaju koncentraciju glukozinolata.

Iz navedenog se može zaključiti da se u proizvodnji brokule kao funkcionalne hrane izborom genotipa (sorte) te upravljanjem abiotским i agrotehničkim čimbenicima može utjecati na agronomska svojstva i sastav glukozinolata.

Zaključci

Najveći prinos tržnog vršnog cvata ostvarila je sorta Parthenon (13,3 t/ha) u proljetno-ljetnom roku, odnosno sorta Montop (15,0 t/ha) u ljetno-jesenskom roku uzgoja.

Tijekom proljetno-ljetnog roka uzgoja bio je veći utjecaj stresnih faktora okoline (visoke temperature i nedovoljna količina vode) na koje biljke reagiraju nižim prosječnim prinosom (11,3 t/ha), ali i povećanom sintezom glukozinolata (12 do 22,5 $\mu\text{mol/g}$ suhe tvari).

U ljetno-jesenskom roku uzgoja prinos tržnog vršnog cvata bio je u rasponu od 8,9 do 15,4 t/ha, dok je udio glukozinolata varirao do 5,4 do 15,5 $\mu\text{mol/g}$ suhe tvari.

Sorte Marathon i General ističu se visokim vrijednostima prinosa i koncentracije glukozinolata u različitim rokovima uzgoja te se mogu izdvojiti za daljnje istraživanje utjecaja drugih čimbenika na agronomska svojstva i kemijski sastav brokule.

Literatura

Abercrombie, J.M., Farnham, M.W., Rushing, J.W. (2005.). Genetic combining ability of glucoraphanin level and other horticultural traits of broccoli. *Euphytica* 143: 145-151.

Bellostas, Natalia, Kachlicki, P., Sørensen J.C., Sørensen, H. (2007.). Glucosinolate profiling of seeds and sprouts of *B. oleracea* varieties used for food. *Scientia Horticulturae* 114 (4): 234-242.

Cartea, María Elena and Velasco, P. (2008.). Glucosinolates in *Brassica* foods: bioavailability in food and significance for human health. *Phytochem. Rev.* 7:213-229.

Cieślak, E., Leszczyńska, T., Filipiak-Florkiewicz, A., Sikora, E., Pisulewski, P.M. (2007.). Effects of some technological processes on glucosinolate contents in cruciferous vegetables. *Food Chemistry* 105: 976-981.

De Pascale, S., Maggio, A., Barbieri, G. (2005.). Soil salinization affects growth, yield and mineral composition of cauliflower and broccoli. *Europ. J. Agronomy* 23(3): 254-264.

Fabek, Sanja (2010.). Brokula – proljetni ili jesenski uzgoj? *Gospodarski list* 13/14: 25.

Fahey J.W., Zalcmann A.T., Talay P. (2001.). The chemical distribution of glucosinolates and isothiocyanates among plants. *Phytochemistry* 56 (1): 5-51.

Jeffery, E.H., Brown, A.F., Kurilich, A.C., Keck, A.S., Matusheski, N., Klein, B.P. Juvik, J.A. 2003. Variation in content of bioactive components in broccoli. *Journal of Food Composition and Analysis* 16(3):323-330.

Lešić, Ružica, Borošić, J., Buturac, I., Čustić-Herak, Mirjana, Poljak, M., Romić, D. (2004.). *Povrćarstvo. Zrinski, Čakovec.*

Martínez-Ballesta, M. Carmen, López-Pérez, L., Hernández, M., López-Berenguer, Carmen, Fernández-García, Nieves, Carvajal, Micaela (2008.). Agricultural practices for enhanced human health. *Phytochem Rev* 7: 251-260.

Meyer, M. and Adam, S.T. (2008.). Comparison of glucosinolate levels in commercial broccoli and red cabbage from conventional and ecological farming. *Eur. Food Res. Technol.* 226:1429-1437.

Mithen, R.F., Dekker, M., Verkerk, R., Rabot, Sylvie, Johnson, I.T. (2000.). The nutritional significance, biosynthesis and bioavailability of glucosinolates in human foods. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 80: 967-984.

Mithen, R., Faulkner, K., Magrath, R., Rose, P., Williamson, G., Marquez, J. (2003.). Development of isothiocyanate-enriched broccoli and its enhanced ability to induce phase 2 detoxification enzymes in mammalian cells. *Theor. Appl.*

Gen. 106: 727-734.

Moreno, D.A., Carvajal, M., López-Berenguer, Carmen, García-Viguera, Cristina (2006.). Chemical and biological characterisation of nutraceutical compounds of broccoli. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* 41: 1508–1522.

Toth, Nina, Borošić, J., Žutić, Ivanka, Novak, B., Benko, B. (2004.). Introdokcija sorata brokule u sjeverozapadnu Hrvatsku. *Zbornik radova XXXIX znanstvenog skupa hrvatskih agronoma s međunarodnim sudjelovanjem, Opatija, Hrvatska*: 425-426.

Toth, Nina, Borošić, J., Žutić, Ivanka, Novak, B., Benko, B. (2007.). Yield components of broccoli cultivars grown in continental climate of Croatia. *Acta Horticulturae* 729: 255-260.

Vallejo, F., Tomás-Barberán, F.A., García-Viguera, Cristina (2002.). Potential bioactive compounds in health promotion from broccoli cultivars grown in Spain. *J. Sci. Food Agric.* 82:1293-1297.

Vallejo, F., García-Viguera, Cristina, Tomás-Barberán, F.A. (2003.). Changes in broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) health promoting compounds with inflorescence development.

J. Agric. Food Chem. 51: 3776-3782.

Vallejo, F., Tomás-Barberán, F.A., Gonzalez Benavente-García A., García-Viguera Cristina (2003.). Total and individual glucosinolate contents in inflorescences of eight broccoli cultivars grown under various climatic and fertilization conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 83(4): 307-313.

Velasco, P., Cartea, María Elena, González, C., Vilar, M., Ordás, A. (2007.). Factors affecting the glucosinolate content of kale (*Brassica oleracea acephala* group). *J. Agric. Food Chem.* 55:955–962.

Scientific study

Glucosinolates concentration and yield of broccoli cultivars in different growing periods

Summary

In recent decades, broccoli consumption in Croatia increased due to its exceptional nutritive value, which depends on genetic, abiotic factors and agronomic factors. Because of the genotype, there are significant variation in the concentration of bioactive compounds among broccoli cultivars which affects on the human health. Variations in concentration of phytochemicals is the major problem in the production of vegetables as functional food, while uniform level of health is expected. As numerous broccoli cultivars are available at the market, research with the aim to select promising hybrid broccoli cultivars for growing in agroecological conditions of northwestern Croatia, with high values of yield and concentration of individual and total glucosinolates in different growing periods.

The highest values of top inflorescence yield were achieved by 'Parthenon' (13.3 t/ha) in spring-summer growing period and 'Montop' (15.0 t/ha) in summer-autumn growing period. There were significant differences among broccoli cultivars in total glucosinolates concentration. The values of total glucosinolates in broccoli top inflorescence were significantly higher during spring-summer growing period (12 to 22.5 $\mu\text{mol/g}$ dry weight) than in summer-autumn growing period (5.4 to 15.5 $\mu\text{mol/g}$ dry weight).

Key words: *Brassica oleracea* L. var. *italica*, top inflorescence, glucobrassicin, glucoraphanin