

# Nitrati u povrću - prijetnja zdravlju

---

Lamešić, Davor

Master's thesis / Diplomski rad

2022

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:151:447559>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-05-19**



Sveučilište Josipa Jurja  
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet  
agrobiotehničkih  
znanosti Osijek**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical  
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of  
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU**  
**FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK**

Davor Lamešić, mag.ing.agr.

Diplomski sveučilišni studij Povrćarstvo i cvjećarstvo

**NITRATI U POVRĆU - PRIJETNJA ZDRAVLJU**

Diplomski rad

Osijek, 2022.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Davor Lamešić, mag.ing.agr.

Diplomski sveučilišni studij Povrćarstvo i cvjećarstvo

**NITRATI U POVRĆU - PRIJETNJA ZDRAVLJU**

Diplomski rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. izv. prof. dr. sc. Tomislav Vinković, predsjednik

2. izv. prof. dr. sc. Brigita Popović, mentor *Brigita Popović*

3. izv. prof. dr. sc. Vladimir Ivezić, član

Osijek, 2022.

## SADRŽAJ

1.	UVOD .....	1
1.1	Gnojidba i dušik .....	4
1.2	Dušična gnojiva.....	6
2.	NITRATNA DIREKTIVA I EUROPSKI ZELENİ PLAN.....	8
2.1	Ograničenje nitrata u RH.....	11
2.2	Zakonodavni okvir u svijetu.....	12
3.	ČIMBENICI KOJI UTJEČU NA RAZINU NITRATA .....	13
3.1	Redukcija nitrata u post-harvest aktivnostima .....	15
4.	UTJECAJ SUSTAVA PROIZVODNJE NA UDIO NITRATA.....	17
4.1	Razine nitrata i nitrita u konvencionalnim i ekološkim proizvodima .....	18
5.	UDIO NITRATA U POVRĆU U RH.....	20
6.	UTJECAJ NITRATA I NITRITA NA ZDRAVLJE.....	22
6.1	Unos nitrata i nitrita i kancerogena oboljenja .....	23
6.2	Unos nitrata i nitrita i kardiovaskularne bolesti .....	25
7.	ZAKLJUČAK .....	26
8.	POPIS LITERATURE .....	27
9.	SAŽETAK.....	32
10.	SUMMARY .....	33
11.	POPIS SLIKA .....	34
12.	POPIS TABLICA.....	35

**TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA**

**BASIC DOCUMENTATION CARD**

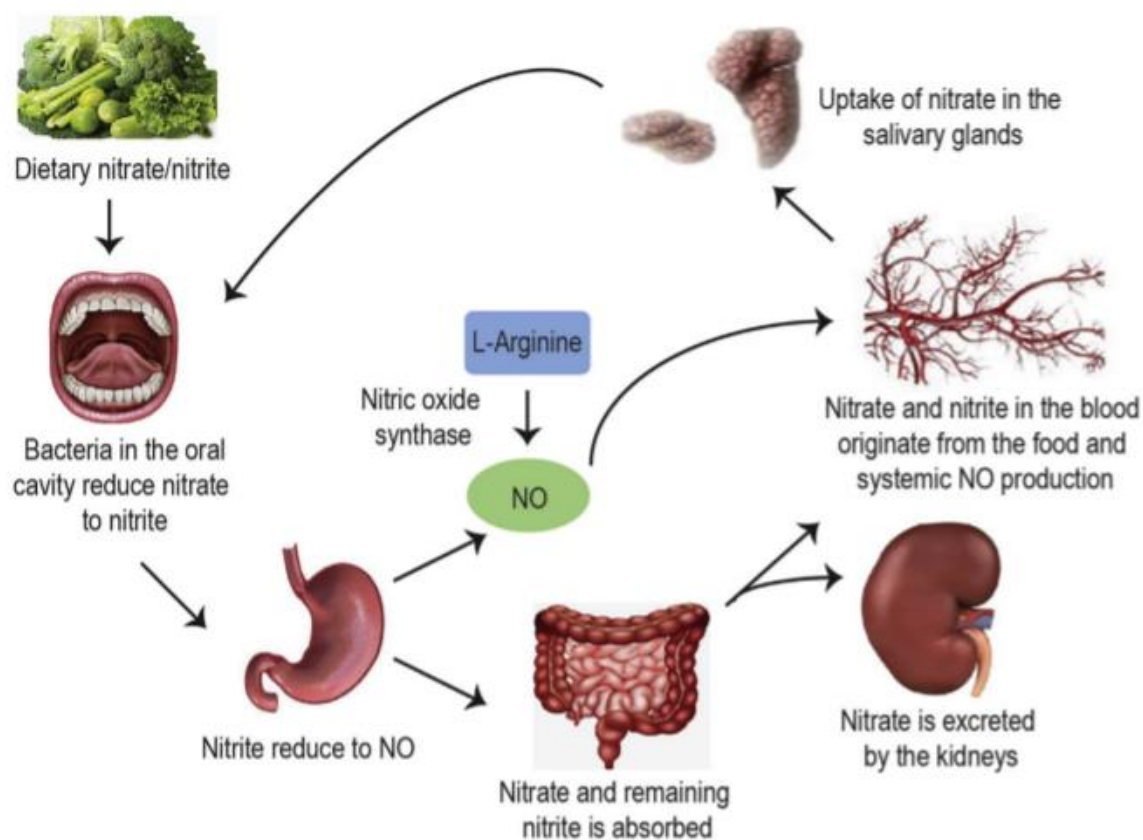
## 1. UVOD

Ususret trećoj industrijskoj revoluciji dolazi do porasta ukupnog stanovništva na Zemlji. Nebrojeno puta postavljeno pitanje prehrane sve rastućeg stanovništva zanemareno je, prvenstveno zbog kapitalističkih vrijednosti njegovanih od strane globalnog društva. Porastom životnog standarda i zadovoljavanjem nekoliko razina, definiranih Maslowljevom piramidom ljudskih potreba, javila se potreba o preventivnoj brizi za zdravljem. Kao glavno pitanje svih bogatijih svjetskih država nametnula se kvaliteta hrane konzumirane od strane njihovih stanovnika te očuvanje bioraznolikosti i okoliša, odnosno njihove životne sredine. U životnom okruženju kakvo je stvoreno na Zemlji, povrće se zbog mikro i makro elemenata, odnosno svojeg nutritivnog sastava nametnulo kao jedan od najvažnijih segmenata ljudske prehrane. Samim time evidentno je kako je zdravo povrće neophodno za očuvanje zdravlja. Ljudi su jeli povrće od samog početka svog postojanja. Naziv "povrće" dolazi od latinske riječi *vegetus* što znači biti živahan. Većina povrća koje se danas konzumira, koristilo se prije nekoliko tisuća godina. Postoji mnogo informacija o vitaminima i hranjivim tvarima, prirodnoj medicini i liječenju bolesti uz pomoć nutritivnih elemenata dobivenim kroz unos povrća u organizam.

Osim korisnih učinaka za ljudsko zdravlje, znanstvena istraživanja pokazuju kako su u povrću osobito danas, prisutni i štetni elementi. Neki od štetnih elemenata prepoznatih kao prijatnija ljudskom zdravlju su nitrati, koji ne izazivaju probleme ljudskom organizmu, ali zbog metaboličkih procesa u ljudskome tijelu, nitrati mikrobiološkom i enzimskom aktivnošću prelaze u nitrite.

Nitrati i nitriti jesu spojevi koji se prirodno nalaze i pojavljuju u ljudskom tijelu. Vrlo često su nitrati i nitriti dodavani od strane proizvođača hrane u procesu proizvodnje kako bi doprinijeli dužem roku trajanja namirnica. Nitrati i nitriti su spojevi sastavljeni od dušika i kisika. Nitrati ( $\text{NO}_3$ ) sastoje se od jednog atoma dušika i tri atoma kisika, dok se Nitriti ( $\text{NO}_2$ ) sastoje se od jednog atoma dušika, ali za razliku od nitrata imaju jedan atom kisika manje, pa se tako na dušik vežu dva atoma kisika. Nitrati su u svome obliku inertni, odnosno relativno su stabilni i mala je vjerojatnost njihove kemijske promjene, odnosno štetnosti za ljudsko zdravlje. Problemi, odnosno promjene nastaju kada dođu u kontakt s bakterijama u ustima ili enzimima u tijelu uslijed čega može doći do otpuštanja atoma kisika i prelaska u nitrite koji mogu biti štetni za ljudsko zdravlje.

Prema članku nitrati u zelenom povrću nepoznatog autora (<https://www.hapih.hr>) nitrati nisu pretjerano toksični za ljudski organizam, ali njihovi metaboliti nitriti, odnosno dušikov oksid (NO) i N – nitrozo u probavnom traktu, aktivnošću crijevnih bakterija, mogu stvarati spoj nitrozamin koji može imati potencijalno štetan učinak na zdravlje. Nitriti mogu oksidirati željezo u hemoglobinu, čija je osnovna zadaća prijenos kisika, pri čemu nastaje methemoglobin koji nema sposobnost vezanja i prenošenja kisika, te može doći do hipoksije, odnosno smanjenog dotoka kisika u stanice i tkiva, uslijed čega može doći do problema u funkcioniranju organa, sustava i stanica.



Slika 1. Unos nitrata u organizam i prijelaz u dušikov oksid (Izvor: Liu i sur., 2020.)

Oksidacijom enzima L-arginina djelovanjem enzima dušik oksid sintaze dolazi do nastanka dušikovitog oksida (Slika 1.). U gornjem dijelu tankog crijeva dolazi do apsorpcije nitrata iz hrane, koji kasnije prelazi u krvotok gdje dolazi do miješanja s nitratima koji su nastali kao krajnji produkt metabolizma dušikovitog oksida. Bubrezi izlučuju najveći dio nitrata iz krvotoka, a dio se apsorpira i nakuplja u žlijezdama slinovnicama. Nitrati u nitrite prelaze u

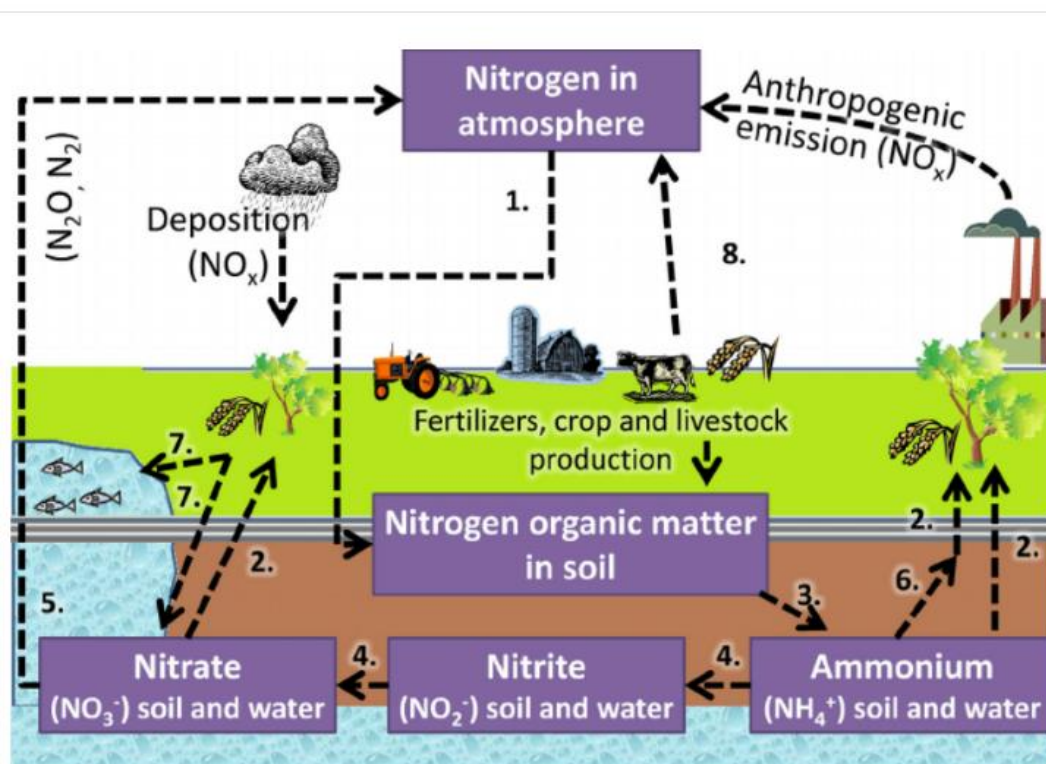
ustima djelovanjem bakterija, a zatim daljnjim djelovanjem probavnog sustava nitriti prelaze u dušikov oksid u želucu.

Nitriti iz svog oblika mogu preći u dušikov oksid, koji je koristan za tijelo, ali i nitrozamini, što može biti štetno. Proizvođači hrane, osobito u mesno prerađivačko industriji dodaju nitrite mesu kako bi sačuvali boju kod sušenog mesa. Bez nitrita, ali i drugih aditiva meso bi uslijed djelovanja kisika vrlo brzo poprimilo smeđu boju.

Cilj diplomskog rada je uz metode analize i sinteze, indukcije i dedukcije, komparacije i kompilacije istražiti koji su to elementi koji utječu na povećanu sintezu nitrata u povrću, koje povrće je najpodložnije nakupljanju nitrata te kroz različita znanstvena istraživanja uvidjeti koliku prijetnju zdravlju predstavljaju nitrati, odnosno njihovi metaboliti.

## 1.1 Gnojidba i dušik

Gnojidba je jedna od osnovnih i najvažnijih agrotehničkih mjera koje doprinose postizanju stabilnih i visokih prinosa u poljoprivrednoj proizvodnji. Osnovna zadaća gnojidbe osim osiguravanja visokih i stabilnih prinosa otpornih na ostale faktore koji utječu na visinu prinosa, jeste i očuvanje plodnosti tla. Uz organsku tvar, za očuvanje plodnosti tla, neophodno je osim mikro elemenata u tlu, očuvati i makro elemente od kojih su za biljnu proizvodnju najznačajniji (N) Dušik, (P) Fosfor i (K) Kalij. Sva tri navedena elementa najčešće su predmetom aplikacije u svakodnevnoj poljoprivrednoj proizvodnji, ali gnojidba dušikom zahtjeva učestaliju i racionalniju primjenu zbog izrazito visoke pokretljivosti, odnosno mogućnosti njegovih gubitaka isparavanjem i ispiranjem. Dušik je jedan od najzastupljenijih kemijskih elemenata u zemljinoj atmosferi. Njegov značaj iskazan je i kroz činjenicu kako je dušik komponenta mnogih molekula poput hormona, aminokiselina, vitamina, enzima i nukleotida.



The nitrogen cycle; (1) uptake of nitrogen by plants from the atmosphere, (2) uptake of ammonium and nitrate by plants from soil and water, (3) ammonification, (4) nitrification, (5) denitrification, (6) nitrate immobilization by soil sorption, (7) nitrate leaching from the soil, (8) release of ammonia ( $NH_3$ ), gaseous nitrogen and nitrous oxide to the atmosphere.

Slika 2. Kruženje dušika u prirodi (Izvor: <https://www.researchgate.net>, 2019.)



Prema znanstvenom mišljenju izrađenom od strane grupe autora za HAH, u živim tkivima, dušik je zastupljen kao četvrti najčešći element, iza ugljika, kisika i vodika. Sastavni je dio kružnog ciklusa, u kojem dolazi do kontinuirane izmjene dušika između organizama i okoliša.

Walters, (1996.) u knjizi *Nitrates and nitrites in food and wather* navodi kako su nitrati važna karika u lancu koji dovodi do kruženja dušika u prirodi, odnosno fiksiranja dušika i rhizobium bakterije. Bakterije koje se nalaze u korijenskim kvržicama mahunarki uključujući grah, djetelinu, lucernu i soju igraju važnu ulogu u ciklusu dušika reducirajući elementarni dušik u amonijak. Njegovo pretvaranje u nitrat (proces nitrifikacije) događa se posrednim stvaranjem nitrita, koje u dva stupnja postižu različiti mikroorganizmi. Mnoge biljke mogu apsorbirati i koncentrirati nitrata, ali se samo mali dio može koristiti. Dušik se može ugraditi u proteine ili može poslužiti kao element čija je svrha terminalni prihvata elektrona za respiratorni lanac kloroplasta. U tlu, kao i u jezerima i drugim vodnim tijelima, nitrati se razgrađuju do dušika i/ili dušikovih oksida (denitrifikacija). Prirodni nitrati, kao i nitrati koji se apliciraju kroz gnojivo, mogu se koristiti za sintezu bioloških komponenti, posebice proteina.

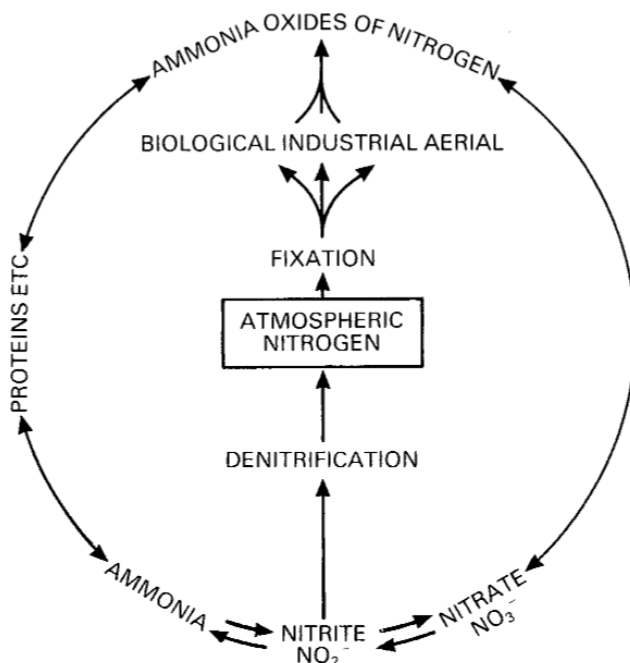


Fig. 5.1 — Elements of the nitrogen cycle.

Slika 3. Elementi dušikovog ciklusa (Izvor: Walters, 1996.)

Biljni i životinjski otpad vraća dušik u tlo, od čega se dio reciklira, a dio ispušta u atmosferu kako bi se završio ciklus dušika (slika 2). Nitrati su potrebni za razvoj biljaka. Prema Christy i sur. (1973.) biljke apsorbiraju više od 90% dušika u obliku nitrata. Sadržaj nitrata u biljkama određen je genetskim varijablama koje utječu na njihove metaboličke obrasce i količinu nitrata dostupnog u tlu. Višak gnojiva unesen prekomjerno, odnosno iznad kapaciteta biljaka za njegovo iskorištenje, može dovesti do nakupljanja nitrata. Prema Delwicheu (1970.), fiksacija dušika može premašiti denitrifikaciju za otprilike 10% na cijelom planetu.

## **1.2 Dušična gnojiva**

Dušična gnojiva moguće je kategorizirati kao tekuća i kruta; amonijska, nitratna, amonijsko-nitratna i amidna. Amonijska dušična gnojiva su amonijev sulfat, amonijev klorid, amonijev hidrogenkarbonat. Nitratna dušična gnojiva su natrijev nitrat poznat i pod nazivom čilska salitra, kalcijev nitrat poznat pod nazivom norveška salitra i dr. Amonijsko - nitratna dušična gnojiva su amonijev nitrat, kalcijev amonijev nitrat i amonijev sulfonitrat. Najpoznatija amidna gnojiva su Urea i Kalcijev cijanamid. Tekuća dušična gnojiva su anhidrirani amonijak, Urea amonijev nitrat, amonijev hidroksid. Tekuća gnojiva imaju svoje specifičnosti, pa tako prema Vukadinović i Vukadinović (2011.), UAN se primjenjuje unošenjem u tlo i folijarnom aplikacijom. Moguća je njegova aplikacija kao čistog, razrijeđenog ili pomiješanog s pesticidima i mikroelementima. Također kao i fertigacijom, te kemigacijom. Nerazrijeđeno UAN gnojivo primijenjeno folijarno može dovesti do paljenja lista i drugih dijelova biljaka ovisno o vanjskoj temperaturi i biljnoj vrsti. Autori navode kako je adekvatna folijarna primjena prilikom oblačnog vremena i kod biljaka koje su u fazi brzog vegetativnog porasta te imaju prilagođen metabolizam za ugradnju reduciranih oblika N (75 % od ukupnog N u UAN-u je reducirani N) u organsku tvar.

Tekući anhidrirani amonijak u svome obliku je najkoncentriranije dušično gnojivo koje ima uspješnu primjenu za uzgoj većine poljoprivrednih vrsta i to isključivo predstjetveno. Uslijed aplikacije navedenog gnojiva dolazi do naglog, ali i prolaznog djelovanja na porast alkalizacije tla. Takva pH reakcija uslijed aplikacije u tlo prekriveno biljkama dovelo bi do oštećenja korijena, ali i sjemena biljaka. Aplikacija se obavlja prilikom adekvatne razine vlažnosti tla radi sprječavanja gubitaka isparavanjem. Primjerice kod udjela vode u tlu od 15 % gubici gotovo da ne variraju u odnosu na dubinu aplikacije. Gubici dušika mogu znatno

porasti volatilizacijom uslijed aplikacije na neutralnim i lužnatim tlima, a osobito kod nestručne primjene. (Vukadinović V. i Vukadinović V., 2011.)

Osim navedenih gnojiva, velika količina dušika osobito u ekološkoj proizvodnji dolazi od stajskog gnojiva. Različiti su postotni udijeli dušika unutar stajskog gnojiva ovisno o životinjskoj vrsti kojoj gnojivo pripada.

Tablica 1. Sastav stajskog gnojiva (Lončarić i Popović, 2015.)

Gnojivo	N	P	K	C/N	NH <sub>4</sub> /NO <sub>3</sub>	Na	Cl
	(g kg <sup>-1</sup> )	(kg ha <sup>-1</sup> )				(kg ha <sup>-1</sup> )	
<b>Svježe goveđe</b>	10,2	167	93	36,6	18,7	33	113
<b>Svježe konjsko</b>	11,3	144	125	25,3	5,9	28	189
<b>Svježe svinjsko</b>	12,4	480	12	24,2	19	23	14
<b>Svježe pileće</b>	29,9	85	24	13,5	20,4	17	47
<b>Kompost Goveđi</b>	18,9	136	82	16,1	0,14	33	116
<b>Kompost Konjski</b>	17,9	113	100	14,7	0,05	21	132
<b>Kompost Svinjski</b>	18,1	441	12	11,9	0,64	23	18
<b>Kompost pileći</b>	31,3	139	40	11,6	14,8	28	77
<b>Lubrikompost</b>	23,2	82	45	10,6	0,10	5	-

## 2. NITRATNA DIREKTIVA I EUROPSKI ZELENI PLAN

Europska unija kao najvažnija europska zajednica određuje strategije i cilj razvoja svih članica pojedinačno, ali i europskog kontinenta. Jedan od takvih strateških ciljeva izoliran je kroz Direktivu Vijeća 91/676/EEZ, odnosno direktivu o nitratima. Prema navedenoj direktivi Europska Unija planira smanjiti onečišćenje voda uzrokovano nitratima iz poljoprivrednih izvora i spriječiti daljnje onečišćenje. Direktiva o nitratima sastavni je dio okvirne direktive o vodama i jedan je od ključnih instrumenata u zaštiti voda od onečišćenja koja dolaze iz poljoprivrede. Direktivom o nitratima utvrđuje se niz koraka koje države članice trebaju poduzeti kako bi se očuvao okoliš od onečišćenja.

Važnost direktive o nitratima 91/676/EEZ moguće je razumjeti kroz činjenicu visoke tehnološke razvijenosti država članica Europske Unije, a sukladno razvijenosti visoka je prisutnost poljoprivrednih inputa koji sadržavaju korisne, ali u prekomjernoj količini i štetne tvari. Naravno svrha velike količine inputa nije postizanje toksičnosti proizvoda nego postizanje visokih prinosa. Prema navedenoj Direktivi Poljoprivredna područja zauzimaju skoro polovinu državnog područja Europske unije i društvo u cjelini ostvaruje višestruke koristi od poljoprivredne proizvodnje. Međutim, neke poljoprivredne aktivnosti stvaraju opterećenje na vodna tijela te utječu na zdravlje ključnih vodenih ekosustava, ali i okoliša u cjelini. Na temelju podataka Eurostata, u razdoblju od 2012. do 2014. na razini skupine EU-28 upotrijebljeno je 9,2 kilo-tona dušika u obliku životinjskog gnoja, što je smanjenje od 2,6 % u odnosu na razdoblje 2008.–2011. Upotreba životinjskog stajnjaka s visokim udjelom dušika povećala se za više od 5 % u članicama Mađarskoj i Latviji, dok se u Bugarskoj, Cipru, Češkoj, Malti, Poljskoj, Rumunjskoj i Sloveniji smanjila za više od 5 %.

Direktivom o nitratima od država članica zahtijeva se određivanje potencijalno ranjivih zona na onečišćenje nitratima. Navedeno predstavlja prepoznavanje područja na kojima mjera odvodnjavanja odvodi mogućnost tranzicije nitrata kroz njihov medij kretanja, vodu, u vode koje su onečišćene ili one koje su u opasnosti da budu onečišćene. Pri određivanju zona ranjivih na onečišćenje nitratima države članice umjesto određivanja pojedinačnih zona mogu odlučiti primjenjivati program djelovanja na svojem cjelokupnom poljoprivrednom zemljištu (Direktiva Vijeća 91/676/EEZ).

Direktiva o nitratima dopušta mogućnost odstupanja od maksimalne količine od 170 kg dušika iz stajskog gnoja po hektaru godišnje u prepoznatim ranjivim zonama, pod uvjetom da su ispunjeni nepristrani kriteriji iz Priloga III. Direktivi te da količine koje odstupaju ne dovode u pitanje ostvarivanje ciljeva Direktive. Standardi upravljanja koji se zahtijevaju od poljoprivrednika kojima je odobreno odstupanje viši su i uključuju dodatne obveze u pogledu plana upravljanja hranjivim elementima te dodatna ograničenja u pogledu upravljanja zemljištem (Direktiva Vijeća 91/676/EEZ).

Dio stavki koje su definirane prilogom III. su: kapacitet spremnika stajskog gnojiva; mora premašivati kapacitet potreban za skladištenje gnojiva tijekom najduljeg razdoblja u kojem je na snazi zabrana njegove uporabe u ranjivim područjima, osim u slučaju kada se nadležnom tijelu dokaže da će se sva količina gnojiva koja premašuje trenutni kapacitet spremnika, odložiti na način koji nije štetan za okoliš, Ove mjere, za svako pojedinačno poljoprivredno gospodarstvo ili stočnu jedinicu, osiguravaju da količina stajskog gnojiva, upotrijebljena u godini dana, uključujući gnojivo rasprostranjeno od samih životinja, ne premaši određenu količinu po hektaru. Spomenuta količina po hektaru odgovara količini gnojiva koje sadrži 170 kg dušika i dr. (Direktiva Vijeća 91/676/EEZ).

Osim nitratne direktive, akti koji definiraju plan održivog razvoja i zdrave hrane svakako je i Europski zeleni plan. Prema dokumentu objavljenom od strane Europske Komisije (Komunikacija komisije Europskom Parlamentu, Europskom Vijeću, Vijeću, Europskom gospodarskom i socijalnom Odboru i Odboru regija) Zeleni plan sastavni je dio strategije Komisije za provedbu Programa Ujedinjenih naroda do 2030. i ciljeva održivog razvoja. Jedan od navedenih strateških segmenata je i strategija „od polja do stola” čiji je cilj pridonijeti uspostavljanju kružnoga gospodarstva. Jedna od zadaća svakako je i smanjiti utjecaj sektora prerade hrane i maloprodaje na okoliš djelovanjem na cjelokupni opskrbeni lanac, odnosno u području prijevoza, skladištenja, pakiranja i rasipanja hrane. Sve navedeno uključuje i borbu protiv prijevara s hranom i sigurnost hrane, uz jačanje provedbe i istraživačkih kapaciteta na razini Europske unije te pokrenuti postupak za utvrđivanje novih inovativnih prehrambenih proizvoda i hrane za životinje, kao što su plodovi mora na bazi algi i slični proizvodi koji bi doprinijeli kvaliteti finalnog proizvoda. Strategijom „od polja do stola” nastoji se poticati održiva potrošnja hrane i promicati cjenovno pristupačna zdrava hrana za sve. Proizvodnja hrane i dalje uzrokuje onečišćenje zraka, vode i tla, pridonosi gubitku biološke raznolikosti i klimatskim promjenama te troši prekomjerne količine

prirodnih resursa, dok se znatan dio hrane rasipa. Loša prehrana istovremeno doprinosi pretilosti i bolestima poput raka, dijabetesa i sl.

Važno je razlikovati zdravstveno prihvatljivu hranu od zdrave hrane. Zdrava hrana je ona kojoj teže svi pojedinci čiji je cilj povećanje, ali i očuvanje zdravlja uz nutritivno bogatstvo hrane. Zdravstveno prihvatljiva hrana svakako je hrana koja zadovoljava minimalne kriterije definirane od strane nadležnih institucija, ali nije nužno hrana koja ljudskom organizmu osigurava sve potrebne nutrijente koje organizam zahtjeva i treba. Čak i u 2021. godini vidljive su česte pojave zdravstveno neispravne hrane na hrvatskom tržištu. Zelenim se planom nastoje spriječiti takvi događaji.

## 2.1 Ograničenje nitrata u RH

U Republici Hrvatskoj dozvoljena razina nitrata definirana je pravilnikom Ministarstva zdravstva „O najvećim dopuštenim količinama određenih kontaminanata u hrani“ NN 146/2012. Prema navedenom pravilniku Kontaminant jest svaka tvar koja u hranu nije dodana namjerno, te se u toj hrani nalazi kao posljedica rukovanja hranom na razini: proizvodnje (uključujući primarnu proizvodnju i veterinarsku medicinu), prerade, pripreme, obrade, skladištenja i stavljanja na tržište ili kao rezultata onečišćenja okoliša. Definicija kontaminanta ne obuhvaća strane tvari kao što su primjerice komadići insekata, životinjske dlake i slično. Nitrati su uz mnoge druge tvari definirani kao kontaminanti.

Razina nitrata u zelenom lisnatom povrću nadzirana je s posebnom pozornošću od strane Ministarstva zdravstva i Ministarstva poljoprivrede. Rezultate analitičkih izvješća navedene Državne institucije prosljeđuju Europskoj agenciji za sigurnost hrane.

Hrana		Najveće dopuštene količine (mg NO <sub>3</sub> /kg)	
1.1	Svježi špinat ( <i>Spinacia oleracea</i> ) <sup>(2)</sup>		3 500
1.2	Konzerviran, duboko smrznut ili smrznut špinat		2 000
1.3	Svježa zelena salata ( <i>Lactuca sativa</i> L.) (uzgojena u stakleniku i na otvorenom), izuzev zelene salate navedene pod točkom 1.4.	ubrana od 1. listopada do 31. ožujka:	5 000
		zelena salata uzgojena u stakleniku	4 000
		zelena salata uzgojena na otvorenom	4 000
		ubrana od 1. travnja do 30. rujna:	
		zelena salata uzgojena u stakleniku	
		zelena salata uzgojena na otvorenom	3 000
1.4	Zelena salata vrste »Iceberg«	zelena salata uzgojena u stakleniku	2 500
		zelena salata uzgojena na otvorenom	2 000
1.5	Rucola ( <i>Eruca sativa</i> , <i>Diplotaxis</i> sp, <i>Brassica tenuifolia</i> , <i>Sisymbrium tenuifolium</i> )	ubrana od 1. listopada do 31. ožujka:	7 000
		ubrana od 1. travnja do 30. rujna:	6 000
1.6	Preradena hrana na bazi žitarica i dječja hrana za dojenčad i malu djecu <sup>(3) (4)</sup>		200

Slika 4. Najveće dopuštene količine nitrata (izvor: Pravilnik NN 146/2012)

## **2.2 Zakonodavni okvir u svijetu**

Američka agencija za zaštitu okoliša definirala je maksimalnu dopuštenu količinu unosa anorganskih nitrata na 0,10 mg/L (ili 10 ppm nitratnog dušika) i nitrita na 1 ppm nitritnog dušika (Federal Register. 1991;CFR Parts 141–143(56 (20)):3526–97).

Svjetska zdravstvena organizacija također je zauzela stav i definirala prihvatljivi dnevni unos (ADI) za nitratne ione na 3,7 mg/kg tjelesne težine i za nitritne ione na 0,06 mg/kg tjelesne težine (EFSA J. 2008;689:1–79).

Isto tako kao i prethodna dva tijela, Agencija za zaštitu okoliša postavila je ograničenje za nitrate od 1,6 mg nitratnog dušika/kg tjelesne težine/dan (ekvivalentno 7,0 mg nitratnog iona/kg tjelesne težine/dan). Procjene prosječnog unosa nitrata i nitrita iz hrane u Sjedinjenim Državama i Europi variraju od 40–100 do 31-185 mg/dan, respektivno (Toxicol Rev. 2003;22(1):41–51. 21.).

Unosi nitrita variraju od 0 do 20 mg/dan. Procjenjuje se da je unos nitrata iz drugih izvora osim povrća, uključujući pitku vodu i suhomesnate proizvode, u prosjeku 35-44 mg/osobi/dan za čovjeka od 60 kg (EFSA J. 2008;689:1–79).



### 3. ČIMBENICI KOJI UTJEČU NA RAZINU NITRATA

Pozicija nitrata u biljkama najčešće je u staničnim vakuolama odakle se transportiraju kroz ksileme, uz vodu i hranjive tvari iz korijena do lišća. Floemi prenose produkte fotosinteze od lišća prema točkama rasta biljke, koji mogu biti razna tkiva biljke ili plod. Navedeni proces utječe na distribuciju nitrata između lišća i skladišnih organa kao što su sjemenke ili plodovi. Stoga lisnati usjevi kao što su kupus, salata i špinat imaju relativno visoke količine nitrata za razliku od krumpira, mrkve, poriluka, luka, graha, graška i mahunarki čije su zabilježene količine nitrata ipak nešto niže. Sustav ovakvog prijenosa rezultira time da mladi listovi imaju manju količinu nitrata od starijih listova u kojima se oni nakupljaju. Takav odnos se najbolje može zamijetiti kod biljke kupusa *Brassica oleracea var. Capitata* gdje je najveća zabilježena količina nitrata u vanjskim listovima, dok je značajno manja količina pronađena u unutrašnjosti (Greenwood i Hunt, 1986.). Količina nitrata koja se nalazi u zelenom lisnatom povrću ovisi o nizu čimbenika, uključujući godišnje doba, intenzitet svjetla, temperaturu, uvjete rasta, način korištenja gnojiva i skladištenje (Dich i sur., 1996.)

Keeton (2017.) u svojoj knjizi *Nitrite and nitrate in Human Health And Disease*, navodi kako razine nitrata rastu kako dnevne temperature padaju ispod idealne razine, stoga zemljopisno područje i sezona žetve, odnosno berbe imaju značajan utjecaj na koncentraciju nitrata. Autor navodi kako se dušična gnojiva intenzivnije koriste u zatvorenom prostoru, te da sukladno tomu biljke u staklenicima skupljaju veće količine nitrata od biljaka koje rastu vani. Navedena tvrdnja ne mora nužno biti pravilo, jer gledajući oblike poljoprivredne proizvodnje u praksi, u Republici Hrvatskoj moguće je pronaći proizvođače povrća koji se bave ekološkom proizvodnjom u staklenicima, gdje dušična gnojidba nije izrazito značajnija od primjerice gnojidbe dušikom kod konvencionalnih proizvođača povrća na otvorenom.

Isti autor nadalje navodi kako biljke koje se uzgajaju u sjeni, na visokim nadmorskim visinama s malo sunca i tijekom suše razvijaju veće količine nitrata od biljaka uzgojenih u uvjetima gdje su imali idealan omjer svjetlosnog režima i vlažnosti. Također razine nitrata kod lisnatog povrća u vedrim danima često mogu biti niže od onih koje se beru ujutro ili tijekom olujnog vremena.

Prema znanstvenom mišljenju o riziku od nitrata iz povrća kreiranom od strane grupe autora za HAH, akumulacija nitrata ovisi o vrsti tla i njegovom mineralnom sastavu. Nitrati imaju sposobnost kretanja kroz tlo uz pomoć vode. S obzirom da je voda medij za kretanje nitrata nedostatak vode u tlu dovodi do sprječavanja njihove pokretljivosti, ali i sprječavanja

ispiranja. Također recipročno, prekomjerna prisutnost vlage u tlu može doprinijeti smanjenju razine nitrata u tlu, ispiranjem i uzimajući u omjer sadržaj vode i nitrata dostupnih biljci. Takva pojava može ograničiti rast biljke te dovesti do denitrifikacije tla.

Grašak i grah, odnosno biljke koje se hrane putem floema sadrže manje, a korjenasto povrće najmanje količine nitrata. Uslijed nepridržavanja dobre poljoprivredne prakse, odnosno ograničenja definiranih nitratnom direktivom, nekontrolirana primjena dušičnih gnojiva može dovesti do povećane količine anorganskih dušičnih spojeva u tlu i površinskim vodama (grupa autora za Hrvatsku agenciju za hranu, 2016.).

Mnogi znanstvenici navode kako njihova istraživanja potvrđuju da je jedan od ključnih čimbenika koji doprinose asimilaciji nitrata u biljnim dijelovima i intenzitet svjetlosti.

U lisatom povrću jedan od ključnih faktora koji utječu na razinu nitrata jeste i intenzitet svjetlosti, odnosno aktivnosti koje se događaju posljedično kao što su asimilacije dušika i transporta elektrona prilikom procesa fotosinteze u lišću. Značajne razlike u intenzitetu svjetla tijekom različitih mjeseci mogu pri uzgoju salate na području zapadne Europe izazvati višestruke promjene u sadržaju nitrata u biljkama, odnosno biljnim dijelovima (Eysinga Van, 1984).

Na koji način intenzitet svjetlosti utječe na sadržaj nitrata može se zaključiti gledajući kroz prizmu vremena proizvodnje. Zimski usjevi, odnosno plodovi općenito sadrže veću količinu nitrata od onih uzgajanih u ljetnom periodu, odnosno sezoni u istom okruženju. Također, biljke koje se uzgajaju na području sjeverne Europe sadrže veću razinu nitrata u odnosu na područja južne Europe (Weightman i sur., 2006.). Navedene razlike autori Kanaan i Economakis (1992.) objašnjavaju činjenicom kako ljetni period biljkama osigurava veće količine svjetla zbog kojeg biljke uzgojene u tom proizvodnom periodu posljedično imaju nižu razinu nitrata jer se povećava rast biljaka. Navedeno se može objasniti i razumjeti kroz indirektnu potrošnju nitrata u procesu fotosinteze, kao potrebnog hranjiva u metaboličkim procesima biljaka. Zbog prisutnosti svjetlosne energije proces fotosinteze je učestaliji i intenzivniji u vrijeme sunčanih dana, pa je zbog toga izraženiji i sam rast biljaka, odnosno njihova metabolička aktivnost. Slijedom navedenog moguće je doći do zaključka do kojeg su došli autori Gangolli i sur. (1994.) u svome radu, da posljedično utjecaju nedostatka svjetlosti, a samim time i veće gnojidbe u području staklenika, voće i povrće iz stakleničkog uzgoja ima veći sadržaj nitrata.

### 3.1 Redukcija nitrata u post-harvest aktivnostima

Prema istraživanju autora Pate, (1973.), Andrews, (1986.) i Wallace, (1986.) preuzetom u znanstvenom mišljenju izrađenom od strane grupe autora za HAH navedeno je kako čuvanje svježeg povrća na sobnoj temperaturi može dovest do opadanja koncentracije nitrata u tom povrću uz istovremeno povećanje nitrita. Enzimi nitratne reduktaze i mikroorganizmi mogu dovesti do rasta sadržaja nitrata u povrću. Čuvanjem povrća u hladnjaku 7 dana na temperaturi od 5 °C, sadržaj nitrata se ne mijenja, što pokazuje kako navedeni čimbenici stavljaju nitrat reduktazu van funkcije.

U znanstvenom mišljenju izrađenom od strane grupe autora za HAH, navedeno je kako različita istraživanja o sadržaju nitrata u špinatu od autora (Phillips, 1968.; Chung i sur., 2004), nigerijskom lisnatom povrću od autora (Ezeagu i Fafunso, 1995.; Ezeagu, 1996.), kineskom kupusu od autora (Chung i sur., 2004), ali i mnoga druga navode kako sobna temperatura utječe na smanjenje sadržaja nitrata, ali istodobno utječe na povećanje sadržaja nitrita s protokom vremena.

Prema istraživanju autora Sánchez-Echaniz i sur. (2001.) prelazak nitrata u nitrite se može dodatno ubrzati čuvanjem termičko obrađene hrane, odnosno povrća u hladnjaku. Autori navode kako bez obzira što methemoglobinemija koju uzrokuje konzumiranje kašastog povrća iz komercijalne hrane, odnosno kupovne hrane za dojenčad iz trgovačkih lanaca, nije prijavljena, uz to što je poznato kako prerada hrane uništava enzimatske komplekse u špinatu koji mogu reducirati nitrate i pretvoriti ih u nitrite, može doći do povećanja količine nitrata u kašicama od zelenog povrća koje su čuvane u hladnjaku. Autori navode kako je mogućnost navedene pojave povezana s oslobađanjem nitrat reduktaze koja uzrokuje stvaranje nitrita, posebice u povrću koje sadrži visoku razinu nitrata poput špinata i blitve. Preporuka autora je brza konzumacija navedene hrane, ili duboko zamrzavanje ukoliko je konzumacija odgođena na više od 24 sata.

Tablica 2. Usporedba udjela nitrata u sirovom i kuhanom povrću, (izvor: Hamzeh i sur, 2020.)

Vrsta povrća	Oblik	Minimalna razina nitrata u suhom materijalu (mg/kg)	Najveća razina nitrata u suhom materijalu (mg/kg)	Prosječna razina	Standardna devijacija	Sigurnost
Lišće cikle	Sirovo	3102	15394	7599,33	40,39	0,001
	Kuhano	2541	13393	6698,22	46,47	
Peršin	Sirovo	2101	11524	5628,89	28,17	0,0001
	Kuhano	1764	10385	4947,77	31,68	
Kupus	Sirovo	1533	10873	4504,89	29,35	0,0001
	Kuhano	1232	9953	3959,33	31,20	
Mrkva	Sirovo	1251	5742	3517,22	14,90	0,001
	Kuhano	806	4981	3045,66	18,68	
Rajčica	Sirovo	527	7823	3332,78	21,81	0,001
	Kuhano	468	9281	3196,33	25,47	

Autori Dejonckheere i sur., (1994.) u svome istraživanju navode kako je poznata topivost nitrata u vodi. Upravo to obilježje može se upotrijebiti za njihovu redukciju. Pranje lisnatog povrća može 10-15 % smanjiti razinu nitrata. Također smanjivanje razina nitrata postiže se i termičkom obradom povrća. Autori Mozolewski i Smoczynski (2004.) dokazali su kako se razina nitrata i nitrita smanjuje u rasponu između 18 i 75% nakon pripreme obrade, odnosno pranja, ljuštenja i ispiranja krumpira. Istraživanje autora Rytel i sur. (2005.) pokazuje kako je sadržaj nitrata u dvije sorte krumpira, (Inovator i Santana) izmjeren prije guljenja, znatno smanjen nakon prerade u pommes frites. Oko 30 % nitrata je uklonjeno pripremnom obradom odnosno ljuštenjem. Rezanje, predprženje i blanširanje dodatno su umanjili sadržaj nitrata. Nakon termičke obrade, odnosno prženja sadržaj nitrata iznosio je od 5 do 6 % (16-18 mg/kg) od početnog sadržaja suhe tvari.

#### 4. UTJECAJ SUSTAVA PROIZVODNJE NA UDIO NITRATA

Sustavi poljoprivredne proizvodnje mogu se kategorizirati u nekoliko osnovnih skupina.

- Konvencionalna proizvodnja ,
- Integrirana proizvodnja,
- Ekstenzivna proizvodnja,
- Ekološka proizvodnja.

Konvencionalna proizvodnja obuhvaća sustav proizvodnje u kojemu je karakteristična visoka prisutnost gnojiva i zaštitnih sredstava. U takvom obliku proizvodnje povećani su inputi s ciljem ostvarenja veće proizvodnosti po jedinici površine. Takav sustav često nije dugoročno održiv zbog visoke razine zagađenja okoliša, ali i narušavanja bioraznolikosti.

Integrirana poljoprivredna proizvodnja obuhvaća sustav proizvodnje u kojemu se koriste inputi u vidu gnojiva i zaštitnih sredstava, ali se njihova primjena nastoji reducirati određenim agrotehničkim mjerama. U takvome sustavu aplikacija gnojiva radi se uz prethodnu analizu tla, aplikacija herbicida nastoji se smanjiti kultivacijom korova, aplikacija pesticida održavanjem prirodnih neprijatelja i sl.

Ekstenzivna proizvodnja obuhvaća sustav proizvodnje u kojemu je niža razina kapitalnog ulaganja, a nešto viša razina rada. Takav sustav proizvodnje često ima za rezultat znatno niže prinose od prethodno navedenih.

Ekološka proizvodnja jeste sustav poljoprivredne proizvodnje u kojemu su dopušteni inputi koji su sukladni Uredbama EZ 834/2007 i 889/2008. Intencija Europske Unije povećanje je ekološke proizvodnje zbog zdrave i zdravstveno prihvatljive hrane koja je njezin produkt, ali i očuvanja okoliša zbog prohibicije upotrebe herbicida i velikog broja pesticida, ali i mineralnih gnojiva.

U pogledu usporedbe utjecaja sustava proizvodnje na udio nitrata u povrću najčešće se uspoređuju oprečni sustavi konvencionalne intenzivne proizvodnje i ekološke proizvodnje. Svrha njihove usporedbe jest upravo u razumijevanju, odnosno utvrđivanju prednosti gledajući kroz prizmu zdravstvene ispravnosti hrane, kao i očuvanja okoliša.

#### 4.1 Razine nitrata i nitrita u konvencionalnim i ekološkim proizvodima

U svome radu autori Gruszecka-Kosowska i Baran (2016.) navode kako je analizirano 52 uzorka svježeg povrća bez tragova oštećenja i bolesti. Analizirano je povrće: zelena salata *Lactuca sativa*, špinat *Spinacia oleracea*, rotkvice *Raphanus sativus*, cikla – korijen i listovi *Beta vulgaris*, repa *Brassica rapa*, korabica *Brassica oleracea*, kopar *Anethum graveolens*, kupus *Brassica oleracea* var. *Capitata*, vlasac *Allium schoenoprasum*, kelj *Brassica oleracea* var. *Sabellica*, grah *Phaseolus vulgaris*, mrkva *Daucus carota*, lišće i korijen peršina *Petroselinum crispum*, krastavac *Cucumis sativus*, cvjetača *Brassica oleracea* var. *botrytis*, poriluk *Allium ampeloprasum*, celer *Apium graveolens*, brokula *Brassica oleracea* var. *Italica*, rajčica *Solanum lycopersicum*, krumpir *Solanum tuberosum*, luk *Allium cepa*, paprika *Capsicum annuum*, rabarbara *Rheum rhabarbarum*. Autori navode da su ekološki proizvodi certificirani od strane kontrolnih tijela, dok su konvencionalni proizvodi uzgojeni od strane malih proizvođača, odnosno proizvođača čija gospodarstva ne prelaze veličinu od 15 ha. Konvencionalni proizvodi uzgojeni su ekstenzivnim metodama, te su bili podloženi nenajavljenim kontrolama kako bi se utvrdilo koriste li sredstva, odnosno mineralna gnojiva ili sredstva za zaštitu bilja. Proizvođači na čijim proizvodima je provedeno istraživanje odabrani su nasumično na tržnici u Krakówu.

Analizom povrća utvrđeno je kako je koncentracija nitrata u povrću iz certificiranog ekološkog uzgoja bila manja nego u slučajevima konvencionalnog, ranije definiranog uzgoja i to kod deset vrsta povrća. Gotovo 80 % niža koncentracija nitrata utvrđena je u slučaju certificiranog ekološkog celerovog korijena, 60 % niža razina kod certificiranog ekološkog krastavca, 50 % niža razina nitrata u korijenu peršina, mrkve i krumpira iz certificirane ekološke proizvodnje, gotovo 40 % nižu razinu nitrata kod peršinovog lišća i rajčice, 30 % nižu razina kod rotkvice te 10 % niža razina kod kupusa i karfiola. (Gruszecka-Kosowska i Baran, 2016.) Kod 12 analiziranih povrtnih vrsta iz certificirane ekološke proizvodnje, razina nitrata bila je veća nego iz povrća uzgojenog konvencionalnim, odnosno tradicionalnim ekstenzivnim metodama. Brokula iz ekološke proizvodnje sadržavala je 10 puta veću razinu nitrata, oko 2 puta veću razinu sadržavali su listovi kelja, celera, cikle, vlasca, špinata, luka i kopra, 40 % više nitrata u lukovicama luka, 30 % više u slučaju zelene salate i graha. Slična razina utvrđena je kod paprike iz konvencionalnog i ekološkog uzgoja i to je bila razina od 550 mg NO<sub>3</sub> kg<sup>-1</sup> što je prekoračenje dopuštene razine od 200 mg NO<sub>3</sub> za gotovo 2,7 puta. (Gruszecka-Kosowska i Baran, 2016.)

Autori Nunez de Gonzalez, i sur. (2015.) istraživali su koncentracije nitrata i nitrita u sirovom često konzumiranom povrću dostupnom u Sjedinjenim Američkim Državama. Autori navode kako nije bilo značajne razlike u koncentraciji nitrita između konvencionalnog i ekološkog povrća. Značajne razlike u količinama nitrata utvrđene su između konvencionalnog i ekološkog povrća. Razlike su utvrđene kod brokule iz Los Angelesa i Raleigha, kupusa iz Chicaga, celer u Dallasu i špinat u Raleighu. Autori navode kako je konvencionalna brokula iz Los Angelesa sadržavala je 512 mg/kg u svježem stanju, dok je 196 mg/kg u svježem stanju sadržavala ekološka brokula. Isto tako, konvencionalna brokula u svježem stanju iz Raleigha sadržavala je 553 mg/kg nitrata, u usporedbi sa samo 8 mg/kg za brokulu u svježem stanju iz ekološke proizvodnje. Konvencionalni kupus iz Chicaga je imao sadržaj nitrata od 475 mg/kg u svježem stanju, dok je ekološki kupus je sadržavao 53 mg/kg u svježem stanju. Koncentracija nitrata u konvencionalno proizvedenom celeru iz Dallasa iznosio je 2052 mg/kg u svježem stanju, dok je celer proizveden po principima ekološke proizvodnje sadržavao je 390 mg/kg u svježem stanju. Svježi špinat proizveden na ekološki način uzet u mjestu Raleigha također je imao niži sadržaj nitrata pri 755 mg/kg, u usporedbi sa svježim špinatom koji je proizveden na konvencionalni način i to s 3155 mg/kg. Špinat je sadržavao najveće količine nitrata, izuzev u dva slučaja. Autori navode da na mjestima gdje je analizirano ekološko i konvencionalno povrće, deklarirano ekološko povrće sadržavalo je manje nitrata u odnosu na konvencionalno povrće. U navedenoj situaciji autori objašnjavaju kako niža koncentracija nitrata može biti posljedica smanjene upotrebe nitratnih gnojiva, specifičnosti pojedinih sorti, uvjeta skladištenja povrća i sl. Čimbenici koji bi mogli doprinijeti većoj koncentraciji nitrata kod konvencionalnog povrća mogu biti upotreba visoko dušičnih, nitratnih gnojiva ili zbog visokog sadržaja nitrata u tlu ili vodi korištenoj u proizvodnji.

Navedeni autori nisu jedini koji su u svojim istraživanjima došli do podataka koji ukazuju na to da ekološki proizvodi imaju nešto niži sadržaj nitrata. Autor Worthington (2001.) u svome je istraživanju analizirao 176 uzoraka biljaka iz ekološke i konvencionalne proizvodnje. Istraživanje autora pokazalo je kako 72% analiziranih uzoraka s većom količinom nitrata dolazi iz konvencionalne proizvodnje. Veći udio nitrata pronađen je kod 24% analiziranih biljnih uzoraka iz ekološke proizvodnje.

## 5. UDIO NITRATA U POVRĆU U RH

Prema znanstvenom mišljenju o riziku od nitrata u povrću napravljenom od strane grupe autora za Hrvatsku agenciju za hranu (2016.) u Hrvatskoj su izvršena ispitivanja količina nitrata u povrću u periodu od dvije godine, odnosno u 2012. i 2013. godini. Ispitivanja su izvršena na području gradova Zagreba, Osijeka, Rijeke i Splita i to za vrste povrća: Salata *Lactuca sativa*, Špinat *Spinacia oleracea*, Kelj *Brassica oleracea* var. *Sabellica*, Blitva *Beta vulgaris*, Kupus *Brassica oleracea*, Rukola *Eruca vesicaria* ssp. *Sativa* u 2012. godini, te Salata *Lactuca sativa*, Špinat *Spinacia oleracea*, Kelj *Brassica oleracea* var. *Sabellica*, Blitva *Beta vulgaris*, Kupus *Brassica oleracea*, Rukola *Eruca vesicaria* ssp. *Sativa*, Koraba *Brassica oleracea* var. *Gongylodes*, Komorač *Foeniculum vulgare*, Hren *Armoracia*, Brokula *Brassica oleracea* var. *Italica*, Celer *Apium graveolens* u 2013. godini.

Tablica 3. Zbirni prikaz srednjih vrijednosti količine nitrata za 2012. i 2013., (izvor: Grupa autora za Hrvatsku agenciju za hranu, 2016.)

Vrsta povrća	Količina nitrata (mg(kg) – Proljeće	Količina nitrata (mg(kg) – Jesen	Prosječna količina nitrata (mg(kg)
Salata	699	961	830
Špinat	696	1336	1016
Kelj	603	1181	892
Blitva	934	1033	983
Kupus	599	342	471
Rukola	3558	3845	3702
Ostalo povrće	816	853	835

Prema navedenom istraživanju grupe autora, rezultati u tablici iznad prikazuju kako je količina nitrata veća je u uzorcima povrća uzetim u jesenskom periodu, u odnosu na uzorke povrća uzetih u proljetnom periodu, osim u slučaju kupusa. Rezultati istraživanja također su pokazali kako su najniže količine nitrata određene u kupusu, a najveće u rukoli. Vrijednosti nitrata dobivenih za povrtne kulture: salata, špinat, kelj i blitva su približno jednake.



Špinat je jedno od povrća koje može najbolje apsorbirati nitrata iz tla, akumulirajući tisuće miligrama po kilogramu. Kao rezultat toga, njegova pretvorba u nitrit tijekom skladištenja je pomno ispitana, s obzirom na sposobnost proizvoda da oksidira oksihemoglobin u met oblik, koji nije sposoban transportirati kisik i djeluje kao prekursor kancerogenih N-nitrozo spojeva. Svježi, smrznuti, konzervirani uzorci špinata i uzorci dječje hrane imali su početne koncentracije nitritnog dušika manje od jednog miligrama nitritnog dušika po kilogramu težine svježeg špinata, prema Phillipsu (1968.). Međutim, skladištenje na sobnoj temperaturi rezultiralo je brzim padom sadržaja nitrata, prijelazom u nitritni oblik i samim time povećanjem koncentracije nitrita.

## 6. UTJECAJ NITRATA I NITRITA NA ZDRAVLJE

Nitrati su kroz pitku vodu, meso, povrće i neke prerađene namirnice neizbježni za unos u ljudski organizam. Prema sedmom poglavlju knjige autora Hill (1996.) autori Packer i Leach (1996.) tvrde kako je moguće pretpostaviti da izloženost nitratima i nitritima za ljudski organizam može imati štetne učinke. Autori navode da iako je Hartman u svome radu (1982.) iznio da za nitrate i nitrite pri normalnim unesenim količinama nema dokazanog toksikološkog djelovanja na zdravlje organizma.

Ljudski organizam je specifičan u smislu povezanih reakcija na pojedine ulazne elemente. Zdravstvena istraživanja teško je promatrati jednosmjerno. Promatranjem utjecaja samih nitrata na ljudsko zdravlje ne postižu se relevantni rezultati upravo zbog naknadnog djelovanja njihovih metabolita nitrita, odnosno dušikovog oksida (NO) i N – nitroze u probavnom traktu, koji uz aktivnost bakterija i enzima iz crijeva, mogu prijeći u spoj nitrozamin čiji učinak na zdravlje svakako nije zanemariv.

Za kategorizaciju procijene izloženosti nitratima i nitritima prema poglavlju autora Klurfeld (2017.) potrebno je ispuniti četiri osnovna uvjeta:

- Izrađena relevantna baza podataka o svim spojevima koji se nalaze u hrani, vodi i drugim izloženim izvorima,
- Metode određivanja izloženosti hrani i piću, odnosno izloženosti spojevima koji dovode, odnosno osiguravaju uvijete za stvaranje nitrozamina,
- Potrebno je poznavati izloženost kancerogenim nitrozaminima da kod izloženosti organizma uobičajenim koncentracijama nitrata i nitrita nije dokazana toksičnost
- Potrebno je znati koliki udio egzogenih ili endogenih nitrata ili nitrita se nakon konzumacije pretvara u kancerogene nitrozamine.

Autori navode da osim prethodno navedenih čimbenika, neophodno je i poznavanje drugih bioloških mehanizama uz koje svi navedeni spojevi mogu dovesti do potencijalnog stvaranja kancerogenih izraslina, odnosno mogu imati neželjene efekte.

## 6.1 Unos nitrata i nitrita i kancerogena oboljenja

Unos nitrata i nitrita i njihov odnos s karcinomom, točnije rakom želuca i drugih gastrointestinalnih karcinoma, opsežno su proučavani (Mirvish, 1995). Prema sveukupnom istraživanju Internacionalne agencije za istraživanja kancerogenih oboljenja (1987.) interes za nitrate i nitrite kao čimbenike koji povećavaju rizik za stvaranje kancerogenih tvorevina proizlazi iz stvaranja N-nitrozo, odnosno nitroznih spojeva, potencijalnih karcinogena, iz nitrita (anorganski nitrati nisu podložni reakcijama nitrozacije) u želucu. Za tumor želuca podaci su još uvijek ne podudarni, jer je vrlo malo potencijalnih skupina procijenilo ovaj odnos, a i rezultati iz studije ne pokazuju povezanost (Song i sur., 2015).

Prema autorima Lajous i Willett (2017.) zeleno lisnato povrće, najveći su izvor nisko kaloričnih organskih nitrata, te su upravo zbog toga bili predmetom istraživanja, čiji su nitrati bili potencijalni uzročnici nekoliko vrsta karcinoma.

Bryan i sur (2012.) navode kako postoji nesklad, odnosno nedosljednost korelacijama izloženosti nitratima i nitritima. Autori navode kako se navedena tvrdnja može tumačiti kroz analiziranje prehrambenih navika sudionika istraživanja, budući da se izloženost procjenjuje na temelju sjećanjima ispitanika o konzumiranim namirnicama. Autori tvrde da ako pojedinci koji imaju nutritivno uravnoteženu prehranu, u usporedbi s onima koji nemaju uravnoteženu prehranu vjerojatnije će imati višu razinu nitrata. Lošija prehrana ispitanika može dovesti do veće izloženosti nitritima kod ispitanih pojedinaca, čime bi povezanost nitrata i nitrita s pojavom karcinoma želuca dovedena u pitanje, odnosno u odnos s drugim elementima. Isti autori navode kako u studiji slučajeva provedenoj u Nebraski (Ward i sur., 2008.) dijeta, odnosno prehrana u kojoj su kombinirani nitrati i nitriti iz životinjskih izvora bila je povezana, ali bez pretjeranog značaja, s karcinomom želuca. Ono što autori naglašavaju jeste da je u istoj studiji uočeno kako su isključivo nitrati iz biljnih izvora bili povezani s pojavom karcinoma želuca. Navedena studija isključuje utjecaj nitrita iz povrća na istraživani karcinom.

U zaključku svog rada autori Bryan i sur (2012.) navode kako su nitrati i nitriti izrazito važni biološki spojevi. Autori navode kako je za proces N-nitrozacije potrebno neuobičajeno stanje organizma te da mnoge starije studije nisu izrađene na adekvatan način što je utjecalo na ishode tih studija. Autori navode da bi se buduće epidemiološke studije trebale kvalitetnije planirati te obuhvatiti više okolnih čimbenika u procesu kancerogenizacije organizma. Osim toga, buduća istraživanja o povezanosti unosa nitrata i nitrita s pojavama karcinoma autori

navode kako treba klasificirati te proučiti i tumoraste tvorevine na području kardiovaskularnog sustava. Autori zaključuju kako povezanost između unosa nitrata i nitrita te nitrozamina i kancerogenih tvorevina probavnog sustava nisu dokazane u novijim studijama iako starije i „lošije“ studije pokazuju potencijalne rizike.

S druge strane, složenost organizma i problematike utjecaja nitrata na zdravlje moguće je ogledati kroz rad autora Ward i sur, (2010.) koji su u svome radu prikazali povećani rizik od karcinoma štitnjače kod osoba koje su konzumirale iznadprosječnu razinu nitrata kroz duži vremenski period. Autori navode kako je povećani unos nitrata kroz prehrambene navike bio povezan s povećanim rizikom od raka štitnjače

Kada se govori o ljudskome zdravlju neophodno je ozbiljno i detaljno pristupiti problematici te istraživanja provoditi nepristrano upravo zbog posljedica koje se mogu odraziti na društvo. Činjenice pokazuju kako postoje mnoga istraživanja čiji rezultati impliciraju na postojanje rizika od pojave kancerogenih oboljenja prilikom unosa nitrata i nitrita odnosno produkata dobivenih njihovom probavom. Isto tako postoje studije koje takve rizike smatraju zanemarivim ili nepostojećim. Svakako je potrebno provesti detaljnija ispitivanja kako bi se neupitno utvrdila povezanost između kancerogenih oboljenja te unosa nitrata i nitrita te ukoliko postoje opasnosti, porijeklo nitrata koji dovode do narušavanja zdravlja.

## 6.2 Unos nitrata i nitrita i kardiovaskularne bolesti

Informacije u različitim istraživanjima o utjecaju nitrata i nitrita na pojavu kancerogenih tvorevina relativno su oprečne. Novije studije tvrde kako nije dokazan utjecaj nitrata i nitrita na pojavu karcinoma, bez obzira na mogućnost tvorbe nitrozamina. Istraživanja su poprilično suglasna glede unosa nitrata i njihovog utjecaja na zdravlje kardiovaskularnog sustava.

Prema radu autora Lajous i Willett (2017.) kardiovaskularne bolesti poput koronarne bolesti srca ili moždanog udara nemaju epidemiološku povezanost s unosom nitrata i nitrita. Naprotiv, prema meta analizi 23 studije koju su izvršili autori Gan i sur. (2015.) unos voća i povrća ima pozitivne učinke na koronarne bolesti srca. Prema autorima Raubenheimer i sur, (2019.) dokazi koji su pruženi kroz razna istraživanja otklanjaju negativan pogled na nitrate. Upravo navedena istraživanja upućuju da je povećana konzumacija povrće koje sadrži nitrate potencijalno rješenje za postizanje prevencije, očuvanja, pa čak i ključan aspekt u obnovi, odnosno ozdravljenju srca i krvnih žila. Autori navode kako dostupni podaci dovode do zaključka kako pozitivni učinci prehrane koja osigurava unos nitrata na kardiovaskularni sustav djelomično djeluje kroz modulaciju imunoloških i upalnih aspekata.

Nitrati i nitriti dobiveni iz povrća pokazali su se kao supstrati za stvaranje endogenog NO i drugih bioaktivnih dušikovih oksida koji imaju potencijalno zaštitne učinke na kardiovaskularno zdravlje kao i zdravlje metabolizma. (Liu i sur., 2020.) Prema Farah i sur., (2018.), NO, odnosno dušikov oksid se može generirati iz nitrita i hranom, putem nitrat reduktaze. Prema Kleinbongard i sur. (2006.) smanjena količina dušikovitog oksida u plazmi dovodi do povećanja rizika od kardiovaskularnih bolesti. Autori navode da iako postoji korelacija u plazmi, nije poznato reflektira li se isto na srce ili drugo tkivo u pogledu rizika od ishemijske ozljede ili bolesti. Unos nitrata kroz prehranu može biti prva faza u obrani organizma od kardiovaskularnih bolesti.

## 7. ZAKLJUČAK

Urbanizacija društva dovela je do unaprjeđenja svih aspekata ljudskog života u svrhu unaprjeđenja kvalitete života. Najvažniji aspekt za unaprijediti svakako jeste ljudsko zdravlje. Hipokrat je u vrijeme svog djelovanja govorio „Neka hrana bude tvoj lijek, a lijek neka bude hrana“. Kako bi ostvarenje tih riječi bilo moguće, nužno je proizvoditi i distribuirati prvenstveno zdravstveno prihvatljivu, a zatim i zdravu hranu. Nitrati zajedno sa metabolitima u koje se razlažu prilikom probavnih procesa u ljudskome tijelu mogu predstavljati potencijalnu opasnost za ljudsko zdravlje. Samo to je dovoljno za detaljnije proučavanje njihovog puta u cjelokupnom procesu. Problematika u tome smislu je što je put nitrata od polja do organizma preko povrća, odnosno hrane. Mnogi su elementi koji utječu na sintezu nitrata u povrću. Prvenstveno to je vrsta povrća kroz genetsku predispoziciju pojedine vrste, ali isto tako i sortiment. Nadalje ono što svakako utječe direktno ili indirektno jeste i količina i intenzitet svjetlosti što se direktno može povezati s podnebljem odnosno brojem sunčanih sati, ali i vrstom proizvodnje u pogledu uzgoja u stakleniku i otvorenog uzgoja. U pogledu intenziteta svjetlosti značajan utjecaj ima i vrijeme berbe uzgajanih kultura. Znanstvena istraživanja prikazuju kako postoje aktivnosti nakon berbe, a prije konzumacije, kojima se razina nitrata može smanjiti. Aktivnosti poput pranja, ljuštenja i termičke obrade mogu dovesti do znatnog smanjenja sadržaja nitrata. Isto tako, važno je voditi računa o tome kako čuvanje povrća na sobnoj temperaturi te kod nekih vrsta i u frižideru, može dovesti do smanjenja sadržaja nitrata, ali istodobnog rasta sadržaja nitrata. Utjecaj nitrata i njihovih metabolita na ljudsko zdravlje je tema koja je svakako istraživana kod povijest, a svakako će biti predmet zanimanja i u budućnosti. Prekomjeren unos nitrata u organizam može dovesti do nestabilnosti tog istog organizma. Pojava kancerogenih tvari, odnosno karcinoma uslijed unosa nitrata i dalje nije u potpunosti razjašnjena jer postoje istraživanja koja dovode do oprečnih zaključaka. Iako se u navedenoj temi mnogi znanstvenici ne slažu, suglasje je postignuto na temu utjecaja nitrata na kardiovaskularni sustav, odnosno njegova oboljenja. Istraživanja prikazuju kako je djelovanje nitrata na kardiovaskularni sustav u stanju njegovog oboljenja može doprinijeti oporavku. Postoje intencije da nitrati, odnosno njihov nedostatak može biti pokazatelj potencijalnog rizika od oboljenja kardiovaskularnog sustava. Problematika utjecaja nitrata na ljudsko zdravlje nije jednostavna. Ljudski organizam je složen sustav na kojeg mnogi čimbenici imaju utjecaj. Upravo zbog toga potrebno je uložiti sve napore u razjašnjavanje dvojbi i jasno i egzaktno definiranje točne količine nitrata koja je potrebna organizmu za postizanje ravnoteže.

## 8. POPIS LITERATURE

1. Andrews, M. (1986): The partitioning of nitrate assimilation between root and shoot of higher plants: mini-review. *Plant Cell Environ.* 9:511-519.
2. Bryan N. S., Ivy J. L. (2015.): Inorganic nitrite and nitrate: evidence to support consideration as dietary nutrients. *Nutrition Research.* 35(8):643–54.
3. Bryan, N. S., Alexander, D. D., Coughlin, J. R., Milkowski, A. L., Boffetta, P. (2012.): Ingested nitrate and nitrite and stomach cancer risk: An updated review. *Food and Chemical Toxicology*, 50(10):3646–3665.
4. Christy, M., Brown, J. R., Smith, G. (1973.): Nitrate and water. University Of Missouri, Columbia Science and Technology Guide.
5. Chung, J. C., Chou, S. S. , Hwang, D. F. (2004): Changes in nitrate and nitrite content of four vegetables during storage at refrigerated and ambient temperatures. *Food Additives and Contaminants*, 21:317-322.
6. Dejonckheere, W., Steurbaut, W., Drieghe, S., Verstraeten, R., Braeckman, H. (1994): Nitrate in food commodities of vegetable origin and the total diet in Belgium 1992-1993. *Microbiologie Aliments-Nutrition* 12:359-370.
7. Delwiche, C. C. (1970.): The nitrogen cycle, *Scientific American*, 223:137-146.
8. Dich, J., Jarvine, R., Knekt, P., Penttil, P. L. (1996): Dietary intakes of nitrate, nitrite and NDMA in the Finnish Mobile Clinic Health Examination Survey. *Food Additives and Contaminants*, 541-552.
9. Environmental Protection Agency (1991.) National Primary Drinking Water Regulations: Final Rule, 40. *Federal Register*; CFR 141–143:3526–97 .
10. European Food Safety Authority (2008.): Nitrate in vegetables: scientific opinion of the panel on contaminants in the food chain. *EFSA J.* 689:1–79 .
11. Eysinga Van, R. (1984): Nitrate and glasshouse vegetables. *Fertilizer Research*, 5: 149-156.
12. Ezeagu, I. E. (1996): Nitrate and nitrite contents in ogi and the changes occurring during storage. *Food Chemistry* 56(1):77–79.
13. Ezeagu, I. E., Fafunso, M. A. (1995): Effect of wilting and processing on the nitrate and nitrite contents of some Nigerian leaf vegetables. *Nutrition and Health*, 10:269-275.

14. Farah, C., Michel, L. Y. M. , Balligand, J. L. (2018.): Nitric oxide signalling in cardiovascular health and disease. *Nature Reviews Cardiology*, 15(5):292–316.
15. Gan, Y., Tong, X., Li, L., Cao, S., Yin, X., Gao, C., Herath, C., Li, W., Jin, Z., Chen, Y., Lu, Z., (2015.): Consumption of fruit and vegetable and risk of coronary heart disease: A meta-analysis of prospective cohort studies. *International Journal of Cardiology*, 183:129–137.
16. Gangolli, S. D., Van Den Brandt, P. A., Feron, V. J. (1994): Nitrate, nitrite and N-nitroso compounds. *European Journal of Pharmacology*, 292(1):1-38
17. Gangolli, S. D., Van Den Brandt, P. A., Feron, V. J., Janzowsky, C., Koeman, J. H., Speijers, G. J., Spiegelhalder, B., Walker, R., Wisnok, J. S. (1994.) Nitrate, nitrite and N-nitroso compounds. *Eur J Pharmacol.* 292(1):1–38.
18. Greenwood, D. J., Hunt, J. (1986): Effcct of nitrogen fertiliser on the nitrate contents of field vegetables grown in Britain. *Journal of Science of Food and Agriculture* 37, 373-383.
19. Gruszecka-Kosowska, A., Baran, A. (2016.): Concentration and health risk assessment of nitrates in vegetables from conventional and organic farming, *Human and Ecological Risk Assessment*, 23(4):727-740 .
20. Hartman, P. E. (1982): Nitrates and nitrites: ingestion, pharmacodynamics and toxicology. *Chemical Mutagens*, 7:211–294.
21. International Agency for Research on Cancer (1987.): Overall evaluations of carcinogenicity: an updating of IARC monographs volumes 1 to 42. International Agency for Research on Cancer by the Secretariat of the World Health Organization, Lyon.
22. Kanaan, S. S., Economakis, C. D. (1992): Effect of climatic conditions and time of harvest on growth and tissue nitrate content of lettuce in nutrient film culture. *Acta Horticulturae*, 323:75–80.
23. Keeton, J. T.: History of Nitrite and Nitrate in Food. Bryan, S. N. i Loscalzo, J. (ur.) Nitrite and Nitrate in Human Health and Disease (drugo izdanje), Humana Press, New York, 85-96.
24. Kleinbongard P., Dejam A., Lauer T., Jax T., Kerber S., Gharini P., Balzer, J., Zotz R. B., Scharf, R. E., Willers, R., Schechter, A. N., Feelisch, M., Kelm, M. (2006.): Plasma nitrite concentrations reflect the degree of endothelial dysfunction in humans. *Free Radical Biology and Medical*. 40(2):295–302.



25. Klurfield, D. M. (2017.): Nitrite and Nitrate in Cancer. Bryan, S. N. i Loscalzo, J. (ur.) Nitrite and Nitrate in Human Health and Disease (drugo izdanje), Humana Press, New York, 311-322.
26. Lajous, M., Willett, C. W. (2017.): Nutritional Epidemiology of Nitrogen Oxides: What Do the Numbers Mean?. U: Bryan, S. N. i Loscalzo, J. (ur.) Nitrite and Nitrate in Human Health and Disease, Humana Press, New York, 99-108.
27. Liu, Y., Croft, K. D., Hodgson, J. M., Mori, T., Ward, N. C. (2020.): Mechanisms of the protective effects of nitrate and nitrite in cardiovascular and metabolic diseases. *Nitric Oxide* 96:35-43
28. Lončarić, Z., Popović B. (2015.): Organska gnojiva. Gnojidba povrća, organska gnojiva i kompostiranje, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek, 61 - 102
29. Mensinga, T. T., Speijers, G. J., Meulenbelt, J. (2003.): Health implications of exposure to environmental nitrogenous compounds. *Toxicol Rev.* 22(1):41–51.
30. Michaud, D. S., Holick, C. N., Batchelor, T. T., Giovannucci, E., Hunter, D. J. (2009.): Prospective study of meat intake and dietary nitrates, nitrites, and nitrosamines and risk of adult glioma. *American Journal of Clinical Nutrition*, 90(3):570–577.
31. Mirvish, S. S. (1995.): Role of N-nitroso compounds (NOC) and N-nitrosation in etiology of gastric, esophageal, nasopharyngeal and bladder cancer and contribution to cancer of known exposures to NOC. *Cancer Letters* 93(1):17–48.
32. Mozolewski, W., Smoczynski, S. (2004): Effect of culinary processes on the content of nitrates and nitrites in potatoes. *Pakistan Journal of Nutrition*, 3(6):357-361.
33. Nuñez de González, M. T., Osburn, W. N., Hardin, M. D., Longnecker, M., Garg, H. K., Bryan, N. S., Keeton, J. T. (2015.): A survey of nitrate and nitrite concentrations in conventional and organic-labeled raw vegetables at retail. *Journal Food Science*, 80(5):942-949.
34. Packer, P. J., Leach, S. A. (1996.): Human exposure, pharmacology and metabolism of nitrate and nitrite: U Hill, M. Nitrates and nitrites in food and water, Woodhead Publishing Ltd., Cambridge. 131-155.
35. Pate, J. S. (1973): Uptake, assimilation and transport of nitrogen compounds by plants. *Soil Biology and Biochemistry*, 5(1):109-119.

36. Phillips, W. E. J. (1968): Changes in the nitrate and nitrite contents of fresh and processed spinach during storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 16:88–91.
37. Phillips, W. E. J. (1968): Changes in the nitrate and nitrite contents of fresh and processed spinach during storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 16(1):88–91.
38. Raubenheimer, K., Bondonno, C., Blekkenhorst, L., Wagner, K. H., Peake, J. M., Neubauer, O. (2019.): Effects of dietary nitrate on inflammation and immune function, and implications for cardiovascular health. *Nutrition Reviews* 0(0):1-16.
39. Rytel, E., Gołubowska, G., Lisinska, G., Peksa, A., Aniołowski, K. (2005): Changes in glycoalkaloid and nitrate contents in potatoes during French fries processing. *The Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(5):879–882.
40. Salehzadeh, H., Maleki, A., Rezaee, R., Shahmoradi, B., Ponnet, K. (2020) The nitrate content of fresh and cooked vegetables and their healthrelated risks. 15(1).
41. Sánchez – Echaniz, J., Benito, J., Mintegui, S. (2001.): Methemoglobinemia and consumption of vegetables in infants. *Pediatrics pub.*, 107:1024-1028.
42. Song, P., Wu, L., Guan, W. (2015.): Dietary nitrates, nitrites, and nitrosamines intake and the risk of gastric cancer: a metaanalysis. *Nutrients*. 7(12): 9872–9895.
43. Vukadinović, V., Vukadinović, V. (2011.): *Ishrana bilja*, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek.
44. Wallace, W. (1986): Distribution of nitrate assimilation between the root and shoot of legumes and a comparison with wheat. *Physiologia Plantarum*, 66:630 – 636.
45. Walters, C. L. (1996.): *Nitrate and nitrite in food*: U Hill, M. Nitrates and nitrites in food and water, Woodhead Publishing ltd., Cambridge. 93-107.
46. Ward, M. H., Heineman, E. F., Markin, R. S., Weisenburger, D. D. (2008.): Adenocarcinoma of the stomach and esophagus and drinking water and dietary sources of nitrate and nitrite. *International Journal of Occupational and Environmental Health* 14(3):193–197.
47. Ward, M. H., Kilfoy, B. A., Weyer, P. J., Anderson, K. E., Folsom, A. R., Cerhan, J. R. (2010): Nitrate Intake and the Risk of Thyroid Cancer and Thyroid Disease. *Epidemiology*, 21(3):389–395.

48. Weightman, R. M., Dyer, C., Buxton, J., Farrington, D. S. (2006): Effects of light level, time of harvest and position within field on variability of tissue nitrate concentration in commercial crops of lettuce (*Lactuca sativa*) and endive (*Cichorium endiva*). *Food Additives and Contaminants*, 23:462–469.
49. Worthington, M. S. (2001.): Nutritional Quality of Organic Versus Conventional Fruits, Vegetables, and Grains. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 7(2), 161–173.

#### WEB stranice

1. Direktiva vijeća o zaštiti voda od onečišćenja uzrokovanog nitratima iz poljoprivrednih izvora, 12. prosinca 1991., <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/?uri=CELEX%3A31991L0676>, (15.11.2021.).
2. Europski zeleni plan, <https://mingor.gov.hr/europski-zeleni-plan-5703/5703>, (15.11.2021.).
3. HAH, Znanstveno mišljenje o riziku od nitrata iz povrća, 08. studenog 2016., <https://www.hah.hr/wp-content/uploads/2015/10/znanstveno-misljenje-o-riziku-od-nitrata-iz-povrca.pdf>, (20.12.2021.).
4. HAPIH, Nitrati u zelenom povrću, 18.06.2020.: <https://www.hapih.hr/nitrati-u-zelenom-povrcu>, (11.11.2021.).
5. Izvješće komisije vijeću i europskom parlamentu o zaštiti voda od onečišćenja uzrokovanog nitratima iz poljoprivrednih izvora na temelju izvješća država članica za razdoblje 2012.-2015., 04.05.2018. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/hr/> (11.11.2021.).
6. Ministarstvo zdravlja, Pravilnik o najvećim dopuštenim količinama određenih kontaminanata u hrani, 28.12.2012. [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2012\\_12\\_146\\_3162.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2012_12_146_3162.html), (03.12.2021.).
7. Szklarek, S., The nitrogen cycle 1 uptake of nitrogen by plants from the atmosphere, 2014., [https://www.researchgate.net/figure/The-nitrogen-cycle-1-uptake-of-nitrogen-by-plants-from-the-atmosphere-2-uptake-of\\_fig1\\_263329333](https://www.researchgate.net/figure/The-nitrogen-cycle-1-uptake-of-nitrogen-by-plants-from-the-atmosphere-2-uptake-of_fig1_263329333) (15.11.2021.).

## 9. SAŽETAK

Nitrati su zbog načina proizvodnje, potrebe za gnojidbom i drugim proizvodnim čimbenicima neizbježan dio asimilata nakupljenih u povrću. Neke biljne vrste su zbog svojih prirodnih genetskih obilježja sklonije nakupljanju nitrata od drugih, istu značajku imaju i pojedine sorte u odnosu na druge. S obzirom na zanemarivu, ili eventualno malu mogućnost utjecaja na nakupljanje nitrata u biljkama, postoje aktivnosti nakon berbe kojima je moguće reducirati udio nitrata. Zakonodavni okviri propisuju dopuštene količine nitrata u povrću. Iako se i prirodno nalaze u ljudskom organizmu, unos nitrata kroz hranu može predstavljati potencijalni rizik za zdravlje. Nitrati često nisu ti koji predstavljaju direktan problem ljudskom organizmu, ali uslijed kontakta s bakterijama i enzimima u probavnom procesu organizma, dolazi do prijelaza nitrata u nitrite, a kasnije i do dušikovog oksida, te postoji opasnost do stvaranja nitrozamina. Istraživanja pokazuju različite podatke o kancerogenosti nitrata za organizam, ali isto tako postoje indicije da nitrati imaju blagotvorno djelovanje na kardiovaskularni sustav. Ljudsko zdravlje je prioritet, te je upravo zbog toga potrebno nastaviti istraživati navedenu temu, s obzirom na sve veću izloženost nitratima.

Ključne riječi: povrće, nitrati, nitriti, dušik, zdravlje, organizam

## **10. SUMMARY**

Nitrates are an inevitable part of assimilates accumulated in vegetables due to the method of production, the need for fertilization, and other production factors. Due to their natural genetic characteristics, some plant species are more prone to nitrate accumulation than others, and some varieties have the same characteristics compared to others. Due to the negligible, or the possibly small possibility of influencing the accumulation of nitrates in plants, there are post-harvest activities that can reduce the proportion of nitrates. Legislative frameworks prescribe permissible levels of nitrate in vegetables. Although naturally occurring in the human body, nitrate intake through food can pose a potential health risk. Nitrates are often not a direct problem for the human body, but due to contact with bacteria and enzymes in the body's digestive process, nitrates are converted into nitrites, and later nitric oxide, and there is a risk of nitrosamine formation. Studies show different data on the carcinogenicity of nitrates to the body, but there are also indications that nitrates have a beneficial effect on the cardiovascular system. Human health is a priority, and that is why it is necessary to continue researching this topic, given the increased exposure to nitrates.

Keywords: vegetables, nitrates, nitrites, nitrogen, health, organism

## 11. POPIS SLIKA

<b>Broj slike</b>	<b>Naziv slike</b>	<b>Broj stranice</b>
<b>Slika 1.</b>	Unos nitrata u organizam i prijelaz u dušikov oksid	2
<b>Slika 2.</b>	Kruženje dušika u prirodi	4
<b>Slika 3.</b>	Elementi dušikovog ciklusa	5
<b>Slika 4.</b>	Najveće dopuštene količine nitrata	11

## 12. POPIS TABLICA

<b>Broj tablice</b>	<b>Naziv tablice</b>	<b>Broj stranice</b>
<b>Tablica 1.</b>	Sastav stajskog gnojiva	7
<b>Tablica 2.</b>	Usporedba udjela nitrata u sirovom i kuhanom povrću	16
<b>Tablica 3.</b>	Zbirni prikaz srednjih vrijednosti količine nitrata za 2012. i 2013.	20

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek  
Sveučilišni diplomski studij, smjer: Povrćarstvo i cvjećarstvo

Diplomski rad

## Nitrati u povrću – prijetnja zdravlju

Davor Lamešić, mag.ing.agr.

### Sažetak :

Nitrati su zbog načina proizvodnje, potrebe za gnojivom i drugim proizvodnim čimbenicima neizbježan dio asimilata nakupljenih u povrću. Neke biljne vrste su zbog svojih prirodnih genetskih obilježja sklonije nakupljanju nitrata od drugih, istu značajku imaju i pojedine sorte u odnosu na druge. S obzirom na zanemarivu, ili eventualno malu mogućnost utjecaja na nakupljanje nitrata u biljkama, postoje aktivnosti nakon berbe kojima je moguće reducirati udio nitrata. Zakonodavni okviri propisuju dopuštene količine nitrata u povrću. Iako se i prirodno nalaze u ljudskom organizmu, unos nitrata kroz hranu može predstavljati potencijalni rizik za zdravlje. Nitrati često nisu ti koji predstavljaju direktan problem ljudskom organizmu, ali uslijed kontakta s bakterijama i enzimima u probavnom procesu organizma, dolazi do prijelaza nitrata u nitrite, a kasnije i do dušikovog oksida, te postoji opasnost do stvaranja nitrozamina. Istraživanja pokazuju različite podatke o kancerogenosti nitrata za organizam, ali isto tako postoje indicije da nitrati imaju blagotvorno djelovanje na kardiovaskularni sustav. Ljudsko zdravlje je prioritet, te je upravo zbog toga potrebno nastaviti istraživati navedenu temu, s obzirom na sve veću izloženost nitratima.

**Rad je izrađen pri:** Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

**Mentor:** izv. prof. dr.sc. Brigita Popović

**Broj stranica:** 35

**Broj grafikona i slika:** 4

**Broj tablica:** 3

**Broj literaturnih navoda:** 57

**Broj priloga:** 0

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Ključne riječi:** povrće, nitrati, nitriti, dušik, zdravlje, organizam

**Datum obrane:** 08.04.2022.

**Stručno povjerenstvo za obranu:**

1. izv. prof. dr. Tomislav Vinković, predsjednik

2. izv. prof. dr. Brigita Popović, mentor

3. doc. dr. sc. Vladimir Ivezić, član

**Rad je pohranjen u:** Knjižnica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilištu u Osijeku, V. Preloga

1.



## **BASIC DOCUMENTATION CARD**

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek**  
**Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek**  
**University Graduate Studies, course: Vegetables and flowers**

**Graduate thesis**

### **Nitrates in vegetables – health threat**

Davor Lamešić, mag.ing.agr.

#### **Abstract:**

Nitrates are an inevitable part of assimilates accumulated in vegetables due to the method of production, the need for fertilization, and other production factors. Due to their natural genetic characteristics, some plant species are more prone to nitrate accumulation than others, and some varieties have the same characteristics compared to others. Due to the negligible, or the possibly small possibility of influencing the accumulation of nitrates in plants, there are post-harvest activities that can reduce the proportion of nitrates. Legislative frameworks prescribe permissible levels of nitrate in vegetables. Although naturally occurring in the human body, nitrate intake through food can pose a potential health risk. Nitrates are often not a direct problem for the human body, but due to contact with bacteria and enzymes in the body's digestive process, nitrates are converted into nitrites, and later nitric oxide, and there is a risk of nitrosamine formation. Studies show different data on the carcinogenicity of nitrates to the body, but there are also indications that nitrates have a beneficial effect on the cardiovascular system. Human health is a priority, and that is why it is necessary to continue researching this topic, given the increased exposure to nitrates.

**Thesis performed at:** Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

**Mentor:** PhD, Brigita Popović, associate professor

**Number of pages:** 35

**Number of figures:** 4

**Number of tables:** 3

**Number of references:** 57

**Number of appendices:** 0

**Original in:** Croatian

**Keywords:** vegetables, nitrates, nitrites, nitrogen, health, organism

**Thesis defended on date:** 08.04.2022.

#### **Reviewers:**

**1. Ph. D, Tomislav Vinković, associate professor, president**

**2. Ph. D. Brigita Popović, associate professor mentor**

**3. Ph. D, Vladimir Ivezić, associate professor, member**

**Thesis deposited at:** Library, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, V. Preloga 1.