KOLONIZACIJA BILJNOG TKIVA HUMANO PATOGENOM BAKTERIJOM *Escherichia coli* O157:H7

Vladimira Seman, Timea Hajnal-Jafari,
Simonida Đurić, Dragana Stamenov

Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad
vladimira.seman@polj.edu.rs

Izvod

Ishrana svežim povrćem i voćem treba da omogući adekvatno usvajanje hranljivih sastojaka, vitamina i vlakana koji doprinose opštem zdravlju čoveka. Međutim, ako je sveža biljna hrana ili voda za piće neodgovarajuće mikrobiološke ispravnosti postavlja se pitanje koliko je njena konzumacija korisna za naše zdravlje. U cilju sprečavanja kontaminacije svežih namirnica patogenim mikroorganizmima potrebno je poznavati potencijalne izvore kontaminacije da bi se moglo sprečiti njihovo dospevanje do gajenih biljaka i kolonizacija biljnog tkiva. Mnogobrojne epidemije prouzrokovala je patogena bakterija *Escherichia coli* O157:H7, najčešće zbog upotrebe kontaminirane vode za navodnjavanje gajenih biljaka ili neodgovarajućeg organskog đubriva. U ovom radu je opisano kako dolazi do epifitne i endofitne kolonizaciju gajenih biljaka sa humano patogenom bakterijom *E. coli*.

Ključne reči: *Escherichia coli* O157:H7, kontaminacija, kolonizacija biljnog tkiva;

UVOD

Upotreba svežih namirnica u ishrani predstavlja osnovni preduslov za očuvanje zdravlja svakog živog bića. Osim što je neophodno da hrana bude nutritivno bogata, veoma je važno da u našoj ishrani koristimo zdravstveno ispravne namirnice. Zdravstveno bezbedne namirnice su one koje nisu hemijski i biološki kontaminirane i kao takve ne predstavljaju opasnost za čoveka. Međutim, kontaminacija hrane danas predstavlja ozbiljan javnozdravstveni problem u celom svetu sa posebnim osvrtnom na mikrobiološku kontaminaciju. Upotreba namirnica neodgovarajućeg mikrobiološkog kvaliteta može dovesti do povećanja broja morbiditeta, ali i mortaliteta na svetskom nivou. Posebno su ugrožene osobe sa oslabljenim imunološkim sistemom.

Jedan od prouzrokovaca bolesti koje se javljaju kao posledica konzumacije svežih namirnica je *Escherichia coli*, humano patogena bakterija, često prisutna na proizvodima koji su namenjeni za konzumaciju u svežem stanju. Epidemije

izazvane ovom bakterijom su u konstantnom porastu u proteklih 30 godina. Velika epidemija 1996. godine u Japanu prouzrokovana je konzumacijom klica bele rotkvice patogenom *E. coli* O157:H7 sa preko 10.000 inficiranih i 12 smrtnih ishoda (Wright i sar., 2017). Isti bakterijski soj je tokom 2005. godine u Švedskoj prouzrokovao veliki broj infekcija usled navodnjavanja zelene salate vodom koja je prethodno kontaminirana goveđim fecesom. Patogena *E. coli* O157:H7 je, u toku jedne godine, na području Sjedinjenih Američkih Država prouzrokovala pojavu epidemije čak tri puta usled upotrebe kontaminirane vode za navodnjavanje. Zelena salata, peršun, spanać, korijander, celer, krastavac i zelena salata kontaminirani patogenim bakterijama su takođe, bili uzroci pojave značajnih epidemija (Beuchat, 2002).

Prema podacima Centra za kontrolu i prevenciju bolesti (CDC, 2020), na području Sjedinjenih Američkih Država u poslednje 3 godine dva soja *E. coli* (O103 i O157:H7) izazvala su značajne infekcije kod većeg broja ljudi ishranom namirnicama kao što su klice deteline, meso bizona, mlevena junetina. Najčešće infekcije nastaju usled konzumacije rimske salate pri čemu je krajem 2019. godine zabeleženo čak 167 slučajeva infekcije u 27 zemalja SAD-a (najviše u državi Wisconsin), od čega je 85 osoba hospitalizovano.

Kada su u pitanju zemlje Evropske Unije (EU/EEA), u izveštaju Evropskog centra za prevenciju i kontrolu bolesti (ECDC), tokom 2018. godine potvrđeno je 8.658 slučajeva infekcije bakterijom *E. coli*, što je za 41% više u odnosu na period od 2014 do 2017. godine. Najviše zaraženih bilo je u Danskoj, Irskoj, Malti, Norveškoj i Švedskoj. Najveća stopa potvrđenih slučajeva zabeležena je kod dece uzrasta 0–4 godine (11,5 slučajeva na 100.000 stanovnika) (ECDC, 2018). Slučajevi u Srbiji nisu obuhvaćeni ovim izveštajem.

Prema podacima Instituta za javno zdravlje Vojvodine, mikrobiološke analize sprovedene tokom 2016. na uzorcima vode za piće poreklom iz javnih bunara pokazuju da je čak 47% uzoraka mikrobiološki neispravno pri čemu ½ od ukupnog broja fekalno kontaminiranih uzoraka sadrži bakteriju *E. coli*. Svega 21% uzoraka pokazalo se kao zdravstveno ispravno (Petrović, 2017). Slični podaci utvrđeni su tokom 2017. godine, gde se trećina uzoraka odlikuje zdravstvenom ispravnosću dok je kod preostalih uzoraka koji nisu odgovarajuće ispravnosti zabeleženo fekalno zagađenje od 23% (Petrović, 2018). Mikrobiološka analiza površinske vode na području grada Novog Sada, uzorkovane tokom 2018. godine, pokazuje da se u 51% kontrolisanih uzoraka nalazi bakterija *E. coli*, ali u propisanom broju. To je pokazatelj svežeg fekalnog zagađenja koji može predstavljati opasnost po zdravlje ljudi ukoliko dođe do prenamnožavanja ove bakterije. Međutim, incidencija oboljenja uzrokovanih upotrebom hrane i vode kontaminirane patogenom *E. coli* na području Novog Sada nije zabeležena u poslednje tri godine (Petrović, 2019).

Preveniranje mikrobiološke kontaminacije zahteva poštovanje svih higijenskih mera u proizvodnji hrane i tokom manipulacije proizvodima u toku berbe ili transporta, kod kojih je moguća kontaminacija. Osim toga, neophodna je kontinuirana kontrola vode koja se koristi za piće i navodnjavanje poljoprivrednih useva. Na kraju, da bi bili sigurni da je proizvod koji želimo da konzumiramo zdravstveno bezbedan, postoje metode koje to mogu i da potvrde.

Kontaminacija biljaka javlja se kao rezultat prisustva patogenih bakterija. One mogu kontaminirati proizvode u bilo kom delu proizvodnog lanca, od proizvodnje preko berbe pa sve do upotrebe. Potencijalni izvori mikrobiološke kontaminacije biljnih proizvoda su mnogobrojni, počevši od zemljišta na kom se odvija proizvodnja, preko vode za navodnjavanje, insekata koji su često prenosiooci bakterija i ne adekvatnog organskog đubriva. Neodgovarajuća higijena radnika tokom rada sa biljkama, zatim berba, transport ili prerada i pakovanje biljnih namirnica takođe su kritične tačke koje diktiraju bezbednost proizvoda. Smatra se da je predžetvena kontaminacija useva sa enteropatogenim bakterijama najčešći uzrok pojave mikrobiološki neispravnih proizvoda na tržištu (Ključev, 2012).

Humani patogeni mogu dospeti do biljaka i kolonizovati njihovu površinu. *E. coli* je jedna od humanih patogenih bakterija koja je vrlo često prisutna na svežim namirnicama koji se konzumiraju u sirovom stanju (Beuchat, 2002; Ključev, 2012). *E. coli* i drugi patogeni mogu da opstanu na spoljašnjem ali i unutrašnjim tkivima biljaka (Erickson, 2012; Hirneisen i sar., 2012; Hou i sar., 2013; Wright i sar., 2013; Martinez i sar., 2015). Ova sposobnost bakterija predstavlja veliku opasnost u proizvodnji hrane jer takva hrana nije bezbedna a bakterije se ne mogu ukloniti standardnim metodama.

Kolonizacija biljnog tkiva mikroorganizmima može biti epifitna i endofitna.

Epifitna kolonizacija biljnog materijala

Pod epifitnom kolonizacijom podrazumevamo naseljavanje nadzemnog dela biljke, njenog stabla i listova mikroorganizmima. Epifitni mikroorganizmi mogu biti slučajni i stalni (Jarak i Čolo, 2007). Humano patogene bakterije kao što je *E. coli* predstavljaju slučajnu mikrofloru koja dospeva do biljke i kolonizuje je kao svog sekundarnog domaćina. Načini dospevanja su različiti, najčešće preko zemljišta i vode za navodnjavanje. Kada bakterija dospe do površine biljke, tu se zadržava ako su uslovi za njeno razmnožavanje pogodni. Sposobnost kolonizacije, razmnožavanje i prodiranje bakterije unutar biljke zavisi od biljne vrste, starosti biljke i vrste biljnog tkiva (Merget i sar., 2019). Takođe zavisi i od faktora spoljašnje sredine (temperatura i vlažnost). Poznato je da povrtarske kulture zahtevaju visoke temperature za svoj razvoj kao i visoku vlažnost zemljišta zbog plitkog korenovog sistema. Voda koja se koristi za navodnjavanje, jutarnja rosa

ili kiša zaostaju na površini biljaka i mogu pogodovati umnožavanju bakterija i njihovom epifitnom transportu.

Transport *E. coli* može da se odvija preko stajnjaka koji je unesen u zemljište ili preko kontaminirane vode za navodnjavanje. Na taj način ona dospeva do korena biljke i/ili do nadzemnog dela biljke putem navodnjavanja. Način na koji bakterije migriraju od korena do nadzemnih delova biljke i dalje je nerazjašnjen (Solomon i sar., 2002). Dalje, transport može da se odvija sa površine starijih listova na novoformirane delove biljke.

Cooley i sar., (2003) pratili su kolonizaciju korena *Arabidopsis thaliana* bakterijom *E. coli* O157:H7 u laboratorijskim uslovima. Njihovi rezultati pokazuju da je najveći broj bakterija bio koncentrisan oko vrhova korena i mestima grananja lateralnih korenova i to u ranom periodu razvoja biljke, dok je u kasnijem periodu razvoja biljke, koren *Arabidopsis thaliana* bio ravnomerno kolonizovan ovom bakterijom (Ključev, 2012). Kada je u pitanju nadzemni deo biljke, rezultati Brandl i Amundsona (2008) dokazuju da su lisni nervi i predeo između nerava delova lista koji bakterije kolonizuju u najvećem procentu, bez obzira na starost lista. Takođe, njihovi rezultati ukazuju na to da se brojnost patogenih bakterija u kontrolisanim uslovima, kod mladih listova zelene salate može povećati od 500 do 740 puta dok je kod starijih listova stopa kolonizacije mnogo manja 50 do 150 puta. Isti eksperiment sprovedli su na otvorenom polju kako bi uporedili potencijal rasta bakterije *E. coli* O157:H7 na zelenoj salati u kontrolisanim i nekontrolisanim uslovima. Rezultati na otvorenom polju pokazuju da ova humano patogena bakterija može da opstane u nekontrolisanim uslovima ali nema sposobnost da se razmnožava u filisferi gajenih useva pri čemu dolazi do pada zastupljenosti njihove populacije. Važno je napomenuti da se zelena salata gaji u toplim i vlažnim uslovima koji pogoduju rastu bakterija.

Lopez-Velasco i sar. (2012) su poredili stopu rasta *E. coli* O157:H7 na listu spanaća (*in vitro*) u zajednici sa filisfernim bakterijama koji inhibiraju rast ove patogene bakterije. Najznačajnije inhibitorno delovanje ima *Paenibacillus polymyxa*. Ova filisferna bakterija inhibirala je rast *E. coli* pri čemu je brojnost u takvoj zajednici iznosila 2,33 (4,31 kontrola) CFU/ml, 3,64 (7,72 kontrola) CFU/ml, 7,27 (10,04 kontrola) CFU/ml nakon 12, 24 i 48 časova. Slične rezultate dobili su Cooley i sar. (2006) ali sa *Enterobacter asburiae* koja je inhibirala rast *E. coli* za 20–30 puta.

Endofitna kolonizacija biljnog materijala

Endofitna kolonizacija podrazumeva prodiranje mikroorganizama u biljna tkiva kao što su epidermalne i endodermalne (kortikalne) ćelije, ekstracelularni i intracelularni prostor. Smatra se da bakterije dospevaju u biljku kroz pukotine u epidermisu ili napukline koje su rezultat izbijanja lateralnih korenova. Humane

patogene bakterije stvaraju strukturne adhezione komponente koje imaju ulogu u pripajanju za ćeliju domaćina, kao i njihovoj patogenosti i virulentnosti. Adhezione komponente, fimbrije, pili i flagele, su najbolje okarakterisani faktori adherencije kod enterobakterija (Kljujev, 2012).

Internalizacija bakterija u biljna tkiva se definiše kao sposobnost bakterije da proдре u unutrašnja tkiva biljke gde može normalno da boravi u vanćelijskom prostoru apoplasta (Hora i sar., 2005). Internalizacija *E. coli* dokazana je oporavkom bakterije nakon površinske sterilizacije biljnog tkiva (Hirneisen i sar., 2012; Wright i sar., 2013; Erickson i sar., 2014).

Mnogobrojni rezultati pokazuju vrlo uspešnu kolonizaciju i internalizaciju ove bakterije u biljna tkiva. Naime, rezultati Wright i sar., (2013) pokazuju da kod proizvodnje spanaća u hidroponim uslovima, čak 81–91% biljaka pokazuje prisustvo unutrašnje populacije bakterija (koja čini oko 0,5% ukupne populacije bakterija). U korenu su se ove bakterije nalazile unutar ćelijskog zida epidermalnih i kortikalnih ćelija, i unutar apoplasta između biljnih ćelija. Zhou i sar. (2018) objašnjavaju pasivno kretanje *E. coli* O157:H7 kroz ksilemske provodne sudove kod paradajza (Slika 1). Jablasone i sar., (2005) su takođe dokazali da je moguć prodor *E. coli* O157:H7 u biljno tkivo. Naime, oni su primenili površinsku sterilizaciju biljnog materijala a zatim ispitali brojnost patogenih bakterija. Rezultati su pokazali da su bakterije prisutne.

Slika 1. Patogena bakterija *E. coli* O157:H7 unutar vaskulalnog sistema (ksilem) kod paradajza zabeleženo pomoću konfokalnog mikroskopa (uveličanje: 10x (levo) i 87x (desno)) (Zhou i sar., 2018)

Preživljavanje *Escherichia coli* na kontaminiranim biljkama

Humano patogene bakterije su sposobne da opstanu i do nekoliko dana na površini biljaka, unutar biljnog tkiva ili u zemljištu. Vreme preživljavanja je različito i zavisi od mnogobrojnih faktora, međutim rezultati istraživanja potvrđuju da je njihovo preživljavanje u vodi i zemljištu znatno duže od vremena opstanka na površini biljaka (Patel i sar., 2010; Kljujev, 2012). Nadzemni deo biljke izložen je stresnim faktorima spoljašnje sredine, visokim dnevnim temperaturama i sunčevom zračenju koje ne pogoduje njihovom razmnožavanju i opstanku. Sa druge strane, u zemljištu nema temperaturnih kolebanja, obezbeđeno je vlagom, organskom i neorganskom materijom koji predstavljaju idealnu sredinu za preživljavanje patogenih bakterija.

Epidemije do kojih je došlo u prethodnom periodu, najčešće su bile prouzrokovane ishranom svežim povrćem (pretežno lisnatim), stoga ono predstavlja ključni faktor u istraživanjima sa humano patogenim bakterijama. Rezultati Patel i sar. (2010) pokazuju da dva od ukupno pet ispitivanih sojeva *Escherichia coli* O157:H7 (3704 i RM 1908) imaju sposobnost preživljavanja na nadzemnom delu spanaća do 7 dana. Kada je u pitanju sposobnost preživljavanja istih sojeva u zemljištu, broj patogenih bakterija se postepeno smanjivao kroz vreme. Od inicijalnih 6,5 log CFU/200g zemljišta, broj bakterijskih ćelija se smanjio do 2,54 (soj 3704) i 2,06 (soj RM 1908) log CFU/200g zemljišta, što je zabeleženo poslednjeg dana eksperimenta (28. dan). Druga ispitivanja obuhvatala su poređenje perioda preživljavanja *E. coli* O157:H7 na biljkama u kontrolisanim-laboratorijskim uslovima i stakleničkoj proizvodnji salate. Rezultati ovog eksperimenta pokazuju da ovaj patogen može opstati duže od 2 nedelje na inokulisanoj površini dinje, dok se u uslovima veće vlažnosti period preživljavanja ovog patogena se povećava (Stine i sar., 2003).

Sadnice salate gajene na zemljištu koje je navodnjavano vodom kontaminiranom *E. coli* O157:H7 postupkom orošavanja, 20 dana od poslednjeg navodnjavanja, devet od jedanaest biljaka pokazalo je prisustvo ispitivane patogene bakterije (Solomon i sar., 2002). Sa druge strane, Islam i sar. (2004) su dokazali da *E. coli* O157:H7 može da preživi na salati do 77 dana a na peršunu i do 177 dana od rasađivanja.

Metode za detekciju patogenih bakterija na/u biljnom materijalu

Metode za detekciju patogenih bakterija treba da omoguće brzo i jednostavno dobijanje rezultata. Pod jednostavnim metodama podrazumavaju se tehnike koje ne zahtevaju mnogo vremena, materijalnog ulaganja i specijalnih aparata koji zahtevaju specijalno obučeni i stručni kadar. Cilj ovih metoda je brza detekcija i potvrda da je materijal sa kojim se radi bezbedan za upotrebu, što je

posebno značajno kod namirnica biljnog porekla koje se često koriste za ishranu u sirovom stanju, bez prethodne termičke obrade, pa stoga mogu predstavljati opasnost za zdravlje čoveka. Povrće i voće zadržava svežinu svega nekoliko dana nakon berbe, zato je brzina detekcije vrlo bitna stavka. Vršena su mnogobrojna istraživanja a neke od jednostavnih metoda je upotreba selektivnih hranljivih podloga za izolaciju patogenih bakterija. Najčešće se preporučuje upotreba sledećih hranljivih podloga: koliformni bujon (EC bujon), Baird Parkerova, MacConkeyeva podloga, peptonska voda, ljubičastocrveni žučni agar, Mosselov bujon (EE bujon), peptoni od kazeina itd. Jablasone i sar., (2005) su određivanje brojnosti patogenih bakterija vršili zasejavanjem tretiranog biljnog materijala na selektivne hranljive podloge. Pozitivni uzorci na prisustvo ove bakterije su konstatovani 9 dana nakon inokulacije biljaka, ali je broj bakterija bio prilično mali, što je bilo blisko detekcionom limitu za ove bakterije.

Itoh i sar., (1998) su pomoću fluorescentne i skening-elektron mikroskopije uspeali da dokažu endofitnu kolonizaciju klica rotkvice sa bakterijom *E. coli* O157:H7 i na mikrografijama pokažu prisustvo bakterije u ksilemskim sudovima. Prisustvo ove bakterije moguće je dokazati PCR analizom. Kljujev (2012) je uspeo da iz unutrašnjosti lista i sa površine i iz unutrašnjosti korena zelene salate izoluje patogenu bakteriju (*E. coli* K-12) i dokaže njeno prisustvo PCR metodom. Konfokalna mikroskopija (Slika 1) korišćena je u dokazivanju prisustva *E. coli* na biljnom materijalu u mnogobrojnim istraživanjima (Sirinutsomboon i sar., 2011; Hartman i sar., 2017; Zhou i sar., 2018).

ZAKLJUČAK

Mikrobiološka kontrola zemljišta i vode za navodnjavanje predstavlja najvažnije preventivne mere koje će osigurati kvalitet proizvoda. Da bi bio siguran da proizvodi zdravu hranu, svaki proizvođač bi trebalo da ih sprovodi, bez obzira na to da li hranu proizvodi za svoju porodicu ili za tržište. Humano patogene bakterije mogu da opstanu na biljnom materijalu duži vremenski period. Zbog te mogućnosti je potrebno sprečiti kontaminaciju u toku ili nakon berbe/žetve.

Generalno, higijenske mere zaštite u svakoj fazi proizvodnog procesa, adekvatna upotreba organskog đubriva i redovna mikrobiološka kontrola zemljišta i vode koja se koristi za navodnjavanje useva onemogućavaju kolonizaciju biljnog materijala bakterijom *E. coli* O157:H7 i osiguraće mikrobiološku ispravnost poljoprivrednih proizvoda.

LITERATURA

- Beuchat, L.R. (2002): Ecological factors influencing survival and growth of human pathogens on raw fruits and vegetables, *Microbes and Infect.*, 4, 413–423.
- Campbell, J.V., Mohle-Beotani J., Reporter R., Abbott S., Farrar J., Brandl M., Mandrell R., and Werner S.B. (2001): An outbreak of *Salmonella* serotype Thompson associated with fresh cilantro, *J. Infect. Dis.*, 183, 984–987.
- Centers for Disease Control and Prevention (2020): Reports of Selected *E. coli* Outbreak Investigations, June 2020. <https://www.cdc.gov/ecoli/outbreaks.html>
- Cooley, B.M., Chao D., Mandrell E.A. (2006): *Escherichia coli* O157:H7 survival and growth on lettuce is altered by the presence of Epiphytic Bacteria, *J Food Prot.*, 69(10), 2329–2335.
- Cooley, M. B., W. G. Miller, and R. E. Mandrell. (2003): Colonization of *Arabidopsis thaliana* with *Salmonella enterica* or enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157:H7 and competition by *Enterobacter asburiae*, *Appl. Environ. Microbiol.*, 69, 4915–4926.
- European Centre for Disease Prevention and Control (2020): Annual epidemiological report for 2018, Shiga toxin/verocytotoxin-producing *E. coli* infection. Stockholm, April 2020; Dostupno na: <https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/documents>.
- Hartmann, R., Fricke, A., Stützel, H., Mansourian, S., Dekker, T., Wohanka, W., & Alsanius, B. (2017): Internalization of *Escherichia coli* O157:H7 gfp + in rocket and Swiss chard baby leaves as affected by abiotic and biotic damage, *Letters in App Microbiol*, 65(1), 35–41. doi:10.1111/lam.12742.
- Hora, R., Warriner, K., Shelp, B.J., and Griffiths, M.W. (2005): Internalization of *Escherichia coli* O157:H7 following biological and mechanical disruption of growing spinach plants, *J Food Prot*, 68(12), 2506–2509.
- Hou, H., Chen, X., Thomas, A.W., Catania, C., Kirchhofer, N.D., Garner, L.E., Han, A. and Bazan, G.C. (2013): Conjugated Oligoelectrolytes Increase Power Generation in *E. coli*, *Microbial Fuel Cells. Adv. Mater.*, 25, 1593–1597. doi:10.1002/adma.201204271
- Islam, M., Doyle, M. P., Phatak, S. C., Millner, P., & Jiang, X. (2004): Persistence of enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157:H7 in soil and on leaf lettuce and parsley grown in fields treated with contaminated manure composts or irrigation water, *J Food Prot*, 67, 1365e1370.
- Itoh, Y., Y. Sugita-Konishi, F. Kasuga, M. Iwaki, Y. Hara-Kudo, N. Saito, Y. Noguchi, H. Konuma, and S. Kumagai. (1998): Enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157:H7 present in radish sprouts, *Appl. Environ. Microbiol.* 64, 1532–1535.
- Jablasone, J., Warriner, K., Griffiths, M., (2005): Interactions of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella Typhimurium* and *Listeria monocytogenes* in plants cultivated in a gnotobiotic system. *Int. J. Food Microbiol.* 99, 7–18.
- Jarak M. i Čolo J. (2007): Mikrobiologija zemljišta, Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet.

- Kirsten, A.H., Sharma M., and Kniel E.K. (2012): Human Enteric Pathogen Internalization by Root Uptake into Food Crops, *Foodborne Path Disease*, 396–405.
- Kljujev, I. (2012): Kontaminacija biljaka patogenim bakterijama iz vode za navodnjavanje, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Doktorska disertacija.
- Lopez-Velasco, G., Tydings, H. A., Boyer, R. R., Falkinham, J. O., i Ponder, M. A. (2012): Characterization of interactions between *Escherichia coli* O157:H7 with epiphytic bacteria in vitro and on spinach leaf surfaces. *I J of Food Microbiol*, 153(3), 351–357. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2011.11.026
- Brandl, M.T., Amundson, R. (2008): Leaf Age as a Risk Factor in Contamination of Lettuce with *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enterica*, *Applied and Environ Microbiology* Apr, 74 (8) 2298–2306, doi: 10.1128/AEM.02459–07.
- Erickson, M.C., Webb, C., Diaz-Perez, J.C., Phatak, S., Silvoy, J., Davey, L., Payton, A., Liao, J., Ma, L., Doyle, M. (2010): Surface and Internalized *Escherichia coli* O157:H7 on Field-Grown Spinach and Lettuce Treated with Spray-Contaminated Irrigation Water, *J Food Prot.* 73 (6), 1023–1029.
- Martinez, B., Stratton, J., Bianchini, A., Wegulo, S., Weaver, G. (2015): Transmission of *Escherichia coli* O157:H7 to internal tissues and its survival on flowering heads of wheat, *J Food Prot.* 78(3), 518–524.
- Merget, B., Forbes, K.J., Brennan, F., McAteer, S., Shepherd, T., Strachan, N.J.C., Holden, N.J. (2019): Influence of plant species, tissue type, and temperature on the capacity of Shiga-toxigenic *Escherichia coli* to colonize, grow, and be internalized by plants, *Appl Environ Microbiol* 85,e00123–19.
- Patel, J., Millner, P., Nou, X., & Sharma, M. (2010): Persistence of enterohaemorrhagic and nonpathogenic *E. coli* on spinach leaves and in rhizosphere soil, *Journal of Applied Microbiology*, 108(5), 1789–1796. doi:10.1111/j.1365–2672.2009.04583.x
- Petrović, V. (2017): ZDRAVSTVENO STANJE STANOVNIŠTVA GRADA NOVOG SADA ZA 2016. godinu, Institut za javno zdravlje Vojvodine.
- Petrović, V. (2018): ZDRAVSTVENO STANJE STANOVNIŠTVA GRADA NOVOG SADA ZA 2017. godinu, Institut za javno zdravlje Vojvodine.
- Petrović, V. (2019): ZDRAVSTVENO STANJE STANOVNIŠTVA GRADA NOVOG SADA ZA 2018. godinu, Institut za javno zdravlje Vojvodine.
- Sirinutsomboon, B., Delwiche, M.J., i Young, G.M. (2011): Attachment of *Escherichia coli* on plant surface structures built by microfabrication, *Biosystems Eng*, 108(3), 244–252.
- Solomon, E.B., Potenski, C.J. i Matthews, K.R. (2002): Effect of irrigation method on transmission to and persistence of *Escherichia coli* O157:H7 on lettuce, *J Food Prot* 65, 673– 676.
- Stine, S.W., Song, I., Choi, C.Y., i Gerba, C.P. (2003): Effect of environmental conditions on the survival of microbial pathogens on the surface of cantaloupe, abstr. P-092, p. 125. Abstr. 103rd Gen. Meet. Am. Soc. Microbiol. American Society for Microbiology, Washington, D.C.
- Wright, K.M., Crozier, L., Marshall, J., Merget, B., Holmes, A., Holden, J.N. (2017): Differences in internalization and growth of *Escherichia coli* O157:H7 within the apoplast of edible plants, spinach and lettuce, compared with the model

species *Nicotiana benthamiana*, Microbial Biotech, 10(3), 555– 569, <https://doi.org/10.1111/1751-7915.12596>.

Wright, K.M., Chapman, S., McGeachy, K. (2013): The endophytic lifestyle of *Escherichia coli* O157:H7: quantification and internal localization in roots, Phytopathology, 103(4), 333-340.

Zhou, B., Luo, Y., Bauchan, G.R., Feng, H. i Stommel, J.R. (2018): Visualizing pathogen internalization pathways in fresh tomatoes using MicroCT and confocal laser scanning microscopy, Food Control, 85, 276–282. doi:10.1016/j.foodcont.2017.09.027

Abstract

THE ABILITY OF HUMAN PATHOGENIC BACTERIA *Escherichia coli* O157:H7 TO COLONIZE PLANT TISSUE

**Vladimira Seman, Timea Hajnal-Jafari,
Simonida Đurić, Dragana Stamenov**

University of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Novi Sad, Serbia
E-mail: vladimira.seman@polj.edu.rs

Healthy diet supply needs to enable adsorption of nutrients, vitamins, and fibers which contribute to overall human health. However, it is debatable how beneficial the consumption of microbiologically contaminated drinking water or plant products is. In order to prevent food contamination it is necessary to determine the potential sources of contamination. Prevention of pathogenic bacteria transmission to cultivated plants and colonization of plant tissue is possible if the critical steps in plant production are known. Numerous epidemics were caused by pathogenic bacteria *Escherichia coli* O157:H7 mostly due to usage of contaminated irrigation water or fresh manure. This review describes the ability of the human pathogenic bacteria *E. coli* O157:H7 to colonize plant tissue and products.

Key words: *Escherichia coli* O157:H7, food contamination, colonization of plant tissue.