

# Preliminarne pretpostavke za kružnu ekonomiju u praksi

**Jasmina Ranilović<sup>1</sup>, Tanja Cvetković<sup>1</sup>, Stela Jokić<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Podravka d.d., Ante Starčevića 32, 48000 Koprivnica

<sup>2</sup>Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Franje Kuhača 18, 31000 Osijek

**Sažetak:** *Kružna ekonomija je prilika da Europa do 2050. postane klimatski neutralan kontinent. U EU se baca ili odbacuje oko 20% sve proizvedene hrane, čija vrijednost se kreće oko 143 milijarde eura. Primjena kružne ekonomije zahtijeva dobru analizu pretpostavki za recikliranje, ponovnu upotrebu ili obnovu duž lanca opskrbe, u cilju smanjenja otpada. Početna analiza u industrijskoj preradi hrane najčešće počinje provedbom istraživačko-razvojnih aktivnosti (TRL 2-4), radi dokaza mogućnosti iskorištenja otpada ili nusproizvoda za novu ili alternativnu primjenu, što vremenski može trajati od 1-5 godina (faza "sirovog" prototipa). Ukoliko su rezultati pozitivni, slijede faze eksperimentalnog razvoja (TRL 5-8) kojom se definiira završni prototip i komercijalizacija (TRL-9). Te aktivnosti mogu potrajati narednih 3-10 godina. U radu su prikazani rezultati istraživačko-razvojne faze na konkretnom primjeru iz industrijske prerade prehrambenih proizvoda.*

**Ključne riječi:** *nusproizvodi voća i povrća, kružna ekonomija, senzorska kvaliteta, potrošač*

## 1. Uvod

Linearan ekonomski model (uzmi-napravi-baci) nije održiv, jer su prirodni resursi značajno iscrpljeni, a bioraznolikost zbog masovne proizvodnje monokultura, ugrožena. Kružna ekonomija je suprotan model, model zatvorene petlje, koji kroz dijeljenje, recikliranje, ponovnu uporabu, popravak, obnavljanje materijala i proizvoda koliko god dulje je moguće, odgovara na izazov nedostatka resursa i nastanka otpada (model u kojem svi dobivaju engl. win-win apporach) [1]. Prema Izvještaju Svjetskog gospodarskog foruma iz 2021., globalna potrošnja materijala (biomasa, fosilna goriva, metali, minerali) će se udvostručiti do 2050. [2]. Biljna biomasa najčešće uključuje ostatke od poljoprivredno-prehrambene proizvodnje i šumske ostatke, a

životinjska biomasa životinjski otpad i ostatke [3]. Biomasa može biti važan izvor energije i materijala u 21. stoljeću, ali se njezina namjena mora analizirati kontekstualno. Sjemenke, kora, kožica, ljuska, komina i peteljke su najčešća biljna biomasa voća i povrća koja nastaje od poljoprivrednog uzgoja, prerade, distribucije do konzumacije. Nusproizvodi voća i povrća imaju u pravilu visok udio dijetalnih vlakana, npr. leguminoze od 65-85%, sjemenke rajčice 34%, sjemenke paprike 38- 42%%, komina rajčice oko 46%, brašno sjemenki paprike 40-60% [4,5,6,7]. Osim nutritivne vrijednosti, dijetalna vlakna imaju višestruko važan tehnološki učinak u hrani npr. zadržavanje vode, stabilizacija hrane s visokim udjelom masti, emulgiranje, stvaranje gelova, zgušnjavanje, zamjena masti te općenito utječu na teksturu i senzorska svojstva hrane [8]. Literaturno je dokazano da nusproizvodi voća i povrća imaju antioksidativnu, antimikrobnu, antifungalnu, antikancerogenu i antidijabetičku aktivnost te utječu na snižavanje kolesterola, zbog visokog udjela bioaktivnih molekula (polifenoli, karotenoidi, enzimi, mono i poli nezasićene masne kiseline itd.) [6]. Aplikacija brašna kožice rajčice u sladoledu imala je funkciju prirodne boje, ali i antioksidativno djelovanje, dok je njezin udio od 1 do 5% bio organoleptički najprihvatljiviji [9]. Dodatak komine rajčice u koncentraciji od 6% u pšenični kruh, pokazao je najveću organoleptičku prihvatljivost i dobra fizikalno-kemijska svojstva kruha, a dodatak liofilizirane komine rajčice u pripremanju džema, utjecao je na povećanje udjela dijetalnih vlakana i mogućnost stavljanja prehrambene tvrdnje "izvor dijetalnih vlakana" [10,11]. Dodatak brašna sjemenki grožđa, šipka, lubenice u pekarske proizvode, tjesteninu od durum (engl. pasta) ili mekše pšenice (engl. noodles), palačinke i kolača sa svrhom povećanja antioksidativne aktivnosti, kvalitete i udjela proteina, također su bili vrlo prihvaćeni od strane potrošača [5]. Proučavane su različite metode ekstrakcije bioaktivnih komponenata iz nusproizvoda pretežito na laboratorijskoj, rijetko na pilot skali, radi njihove primjene kao aditiva i prirodnih boja u prehrambenim proizvodima (npr. izolacija  $\beta$ -karotena ultrazvučnom ekstrakcijom, organskim otapalima). Dokazano je da upotreba enzima bromelina ekstrahiranog iz ananasa olakšava probavu hrane i omekšava goveđe meso, a on dokazano postoji i u pulpi, peteljki, kori i jezgri ananasa. Enzim lipaza također ima široku primjenu kao prehrambeni aditiv, a može biti ekstrahiran i iz nusproizvoda pogače masline, sjemenki i kore manga ili iz industrijskog otpada iz proizvodnje palminog ulja. Studije su pokazale da bioflavonoid hesperidin kojim obiluje citrusno voće može pomoći kod od upalnih procesa, osteoporoze i koštano skeletnih upala, oksidativnog stresa, prevencije kardiovaskularnih bolesti, protiv djelovanja mikroba i toksina, a novije studije potvrđuju, da hesperidin izoliran iz kore citrusa, može pomoći i u borbi protiv SARS-CoCV-2 virusa [12,13]. U preliminarnim istraživanjima kroz dvije sezone berbe paprike (*Capsicum annuum* L.) sorti Podravka i Slavonka, utvrđeno je da su sjemenke, sjemena loža, hladno prešano ulje sjemenki paprike i pogača zaostala nakon prešanja sjemenki, nutritivno vrijedan materijal i funkcionalan sastojak [7, 14].

Iz rezultata prikazanih akademskih radova većinom na laboratorijskoj razini, može se zaključiti da postoji velik potencijal za primjenu nusproizvoda voća i povrća kao

novog sastojka ili proizvoda u prehrambenoj, farmaceutskoj pa i kozmetičkoj industriji. Lau i suradnici zaključuju da njihova nova primjena u prehrambenoj industriji može biti dobra alternativa za jeftine funkcionalne proizvode [6]. U tradicionalnoj prehrambenoj industriji, da bi se napravio snažniji zaokret prema kružnoj ekonomiji, nakon utvrđivanja potencijala nusproizvoda kao novog sastojka, potrebno je napraviti ekonomsku računicu. Haas i suradnici, tvrde da recikliranje biomase nije ekonomski isplativo, međutim, drugačijim praksama u iskorištavanju zemlje i vode, te primjenom zaštitnih sredstava može se doprinijeti manjoj emisiji CO<sub>2</sub> [15]. Kao važne strategije i doprinos kružnosti ističu smanjenje nastanka prehrambenog otpada od žetve do konzumacije (oko 20-30% hrane se baci u tom lancu), promjenu prehrambenih navika u smjeru biljne prehrane i kaskadno iskorištavanje nusproizvoda. U svom preglednom radu iz 2022. o financijskom aspektu kružne ekonomije, de Souza Mello Gonçalves i suradnici zaključuju kako još uvijek nema dovoljno radova iz prakse koji bi se bavili tim aspektom kružne ekonomije, ali ističu da su se prema dosad objavljenim radovima, kao najveće prepreke istakle: visoka početna ulaganja i veličina poslovanja, kompleksna struktura poslovanja, veća izloženost riziku osobito za mikro i male kompanije [1]. Nove tehnologije 4. industrijske revolucije poput umjetne inteligencije, pametnih senzora i robota, pružaju velike mogućnosti za povećavanje produktivnosti poljoprivredne proizvodnje, optimizaciju prerade i smanjenja otpada, što nesumnjivo može ubrzati zelenu i digitalnu transformaciju prehrambenih sustava prema kružnosti [16].

Dosadašnji rezultati upućuju da bi svaka kompanija trebala imati vlastiti pristup kružnoj ekonomiji, jer to diktira veličina poslovanja, stanje tehnološke opremljenosti, lanac opskrbe i analiza rizika. Ključno je postavljanje dugoročnih strateških ciljeva kružnosti, s održivim ekonomskim i ekološkim indikatorima.

Rajčice i paprike uzgojene u Hrvatskoj, s obzirom na klimatske čimbenike, sortno porijeklo i njihovu namjenu (industrijska prerada), predstavljaju specifičnost, a nusproizvodi koji nastaju u njihovoj preradi, su za sada otpad i trošak. Cilj ovog rada je, pokazati rezultate vezane uz istraživačko razvojnu fazu analize nusproizvoda rajčice i paprike koji realno nastaju u procesu prerade, postupke njihove obrade i aplikaciju na različitim prehrambenim proizvodima, promatrano s aspekta funkcionalne primjene i prihvatljivosti u potrošača.

## 2. Materijal i metode

### 2.1 Paprika

Paprika (*Capsicum annuum* L.) sorti Podravka i Slavonka za potrebe analiza (i prerade), uzgojena je na području sjeverozapadne, kontinentalne Hrvatske. U industrijskoj preradi paprike (ajvar, konzervirana paprika), koristi se filet (meso) ploda paprike,

dok su iskoristivi nusproizvodi (sjeme, sjemena loža) otpad. Rezultati prikazani u ovom radu u vezi s nusproizvodima paprike nastali su u istraživačkom projektu Podravka d.d. "Razvoj inovativnih proizvoda od nusproizvoda tijekom prerade povrća KK.01.2.1.02.0069", sufinanciranom u programu "Konkurentnost i kohezija 2014.-2020." iz strukturnih i investicijskih fondova EU. Metodologija i analize na nusproizvodima paprike opisani su u prethodnim radovima [7, 14, 17]. Razvoj novih funkcionalnih sastojaka od nusproizvoda paprike, razvoj novih prehrambenih proizvoda s novim funkcionalnim sastojcima i senzorska ispitivanja prikazana u ovom radu, napravljeni su u laboratorijima za istraživanje i razvoj Podravke d.d. (Koprivnica, Hrvatska).

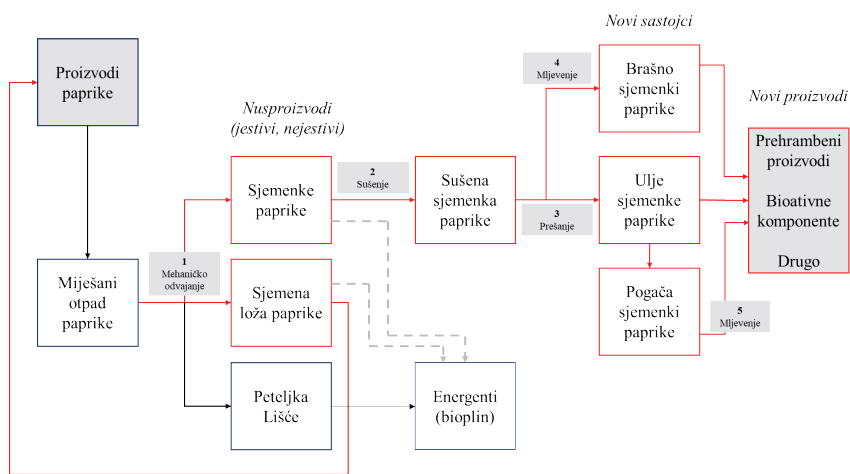
## 2.2 Rajčica

Komina rajčice za analize opisane u ovom radu, nastala je od rajčica uzgojenih na području Istre. Ona je sušena na tri načina, od čega: dva na zraku i u industrijskoj vakuum sušnici, a komina je nastala kao nusproizvod industrijske prerade rajčice. Ti postupci sušenja provedeni su od strane laboratorija za istraživanje i razvoj Podravka d.d.. Treći postupak sušenja komine bio je postupak liofilizacije, a proveden je na laboratorijskom uređaju (ALPHA 1-4 LSC (Martin Christ GmbH, Njemačka)), od komine nastale od ručno pasiranih svježih rajčica na Prehrambeno-tehnološkom fakultetu Osijek. Svi postupci sušenja i analize napravljeni su tijekom 2017. Liofilizirani uzorci komine rajčice i uzorci sušeni u vakuumu dodatno su smrznuti na temperaturu od  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  i čuvani 9,5 mjeseci, pa su i nakon tog perioda napravljene analize, izvršene u vanjskom laboratoriju. Razvoj novih proizvoda s brašnom liofilizirane komine rajčice s dodacima (kukuruzni ekstrudirani flips) za potrebe senzorskog testiranja i ispitivanja drugih fizikalnih svojstava proizvoda, napravljeni su na Prehrambeno-tehnološkom fakultetu Osijek, 2017., dok je senzorsko ispitivanje s potrošačima napravljeno u Podravka d.d.

## 3. Rezultati i diskusija

Na Slici 1 prikazani su mogući putevi sprečavanja nastanka biološkog otpada, izdvajanjem jestivih nusproizvoda u industrijskoj preradi paprike, za novu upotrebu ili energetske uporabe. Oko 20% ploda paprike u preradi, jestivi nusproizvodi su sjemenke paprike (2-3%) i sjemena loža (9-13%), a nejestivi dio peteljka (2-3%). Uz navedene nusproizvode zdravog ploda paprike, suhi listovi, zeleni i truli plodovi, te drugi otpad anorganskog porijekla, zajedno predstavljaju otpadnu biomasu organsko-anorganskog porijekla, koju proizvođač tj. onaj koji otpad stvara, mora zbrinuti prema Zakonu o održivom gospodarenju otpadom [18]. Obrada nusproizvoda za daljnju upotrebu, povezana je s medijem u koji se želi aplicirati, te može imati više faza in-

dustrijske obrade npr. četiri faze za dobivanje brašna sjemenki paprike i ulja sjemenki paprike i čak pet faza, ako se želi iskoristiti i brašno pogače sjemenki paprike zaostale nakon hladnog prešanja (Slika 1). Obrada svakako utječe na cijenu nove sirovine, te može, ali i ne mora biti usporediva s komercijalnim ekvivalentom. No ipak, vjerojatnije je da će biti skuplja, nego jeftinija, što tvrde Lau i suradnici [6].



Slika 1: Dijagram odvajanja i prerade nusproizvoda paprike

Brašno sjemenki paprike sorti Podravka i Slavonka prosječno ima oko 42% dijetalnih vlakana, 27% ulja, 17% proteina, 3% ugljikohidrata, 154 mg/100g ukupnih polifenola [7]. Dominira gorak okus i okus na ljusku kikirikija (interni podaci; nisu ovdje prikazani). U obradi sjemenke paprike radi dobivanja ulja (korak 3 na Slici 1), hladno prešanje je bila bolja metoda za čuvanje vitamina E, dok su svi ostali parametri bili podjednaki u usporedbi dviju metoda (hladno prešanje, ekstrakcija superkritičnim CO<sub>2</sub>) [7]. U ulju sjemenki paprike sorti Podravke i Slavonke postupkom prešanja, utvrđen je najviši udio linolne masne kiseline (C18:2) te se kretao od 75,37% za sortu Podravka do 77,69% za sortu Slavonka. Statistički značajna razlika utvrđena je u količini vitamina E njegovog izomera,  $\gamma$ -tokoferola. U hladno prešanom ulju sorte Podravka utvrđeno je 80,1 mg/100g, u sorti Slavonka 65,3 mg/100 g, što je bilo značajno više od ulja dobivenog ekstrakcijom CO<sub>2</sub> (16,0 mg/100 g za ulje sorte Slavonka i 44,7 mg/100 g za ulje sorte Podravka). Udio ukupnih polifenola utvrđen je u količini od 149,9 mg/100 g u ulju sjemenki paprike sorta Slavonka, a 158,2 mg/100 g u ulju sjemenki paprike sorta Podravka [7]. Ulje sjemenki paprike je narančaste boje, blagog okusa i mirisa na crvenu papriku, s notom sirovih orašastih plodova, karakteristične konzistencije ulja, dok je gorčina jedva primjetna od strane senzorskih

eksperata. Nakon hladnog postupka prešanja sjemenki, ostaje novi nusproizvod, a to je pogača. U pogači zaostaje oko 9% ulja, što ukazuje da taj postupak iako bolji za očuvanje bioaktivnih komponenata (vitamin E) u ulju, nije najefikasniji [19]. Međutim, zaostalo ulje se može skoro u potpunosti izdvojiti ekstrakcijom superkritičnim CO<sub>2</sub> (na udio manji od 0,5%). Samljevena pogača u brašno, ima izražen okus gorčine i ljuske kikirikija, baš kao i brašno sjemenki paprike, što je vjerojatno povezano s količinom dijetalnih vlakana (54%), ali i zaostalim uljem, u čijem sastavu ima polifenola, što je prije dokazano) (Slika 2).



**Slika 2:** Senzorski profil brašna pogače paprike; trenirani senzorski panel

U Tablici 1 prikazani su rezultati mjerenja nekih nutrijenata u brašnu komine rajčice osušene na tri različita načina (na zraku, u vakuumu i liofilizacijom). Brašno komine rajčice sušene liofilizacijom, ima najvišu nutritivnu kvalitetu po udjelu pigmenta likopena (63 mg/100 g), mononatrijevog glutaminata (1520 mg/100 g) i po antioksidativnom potencijalu (1728 AU). Iz rezultata je vidljivo, da se nakon 9,5 mjeseci čuvanja komine rajčice osušene i u vakuumu i liofilizacijom na temperaturi od -18 °C, količina bioaktivnih komponenata, osobito snaga antioksidativnog potencijala smanjila, u odnosu na početne količine (uzorke osušene odmah po nastanku komine).

**Tablica 1:** Nutritivna kvaliteta komine rajčice sušene različitim postupcima

Parametar	Jedinica	Brašno komine rajčice (sušena na zraku)	Brašno komine rajčice (sušena u vakuumu)	Brašno komine rajčice (sušena liofilizacijom)
Likopen	mg/100 g	1,1 - 14,5	36,7 - 9*	63 - 4,2*
Dijetalna vlakna	g/100 g	19,4 - 63,9	47 - 59,5*	38 - 56*
Proteini	g/100 g	2,7 - 6,7	13,4 - 16,1*	12,6 - 15,2*
Mononatrijev glutaminat	mg/100 g	/	290 - 78*	1520 - 86*
Antioksidativni potencijal	AU	/	159 - 130*	1728 - 133*

\*uzorak je analiziran nakon 9,5 mjeseci čuvanja na temperaturi  $-18^{\circ}\text{C}$

U Tablici 2 prikazani su rezultati aplikacije novih sastojaka na različitim prehrambenim matriksima. Dodatak brašna pogače paprike (zaostale nakon hladnog prešanja) u tekuću juhu od bundeve od samo 1%, značajno je utjecao na gorčinu, naknadni okus, veću gustoću i tamniju boju u usporedbi sa standardnom juhom ( $p < 0,05$ ). Dodatak hladno prešanog ulja sjemenki paprike u koncentracijama 5-7% kao potpuna zamjena suncokretovom ulju u povrtnom namazu, povrtnom umaku, humusu i salati od mahunarki bio je vrlo prihvatljiva okusna senzacija u potrošača. Hladno prešano ulje sjemenki paprike s dodatkom raznih prirodnih začina (čili, češnjak, limunska trava, metvica), najbolje je ocijenjen novi proizvod od strane potrošača, te uz senzorsku prihvatljivost, može nositi čak dvije prehrambene i zdravstvene tvrdnje, zbog udjela vitamina E i linolne kiseline [17]. Aplikacija brašna liofilizirane komine rajčice u kukuruzni flips utječe na smanjenje ekspanzijskog omjera, lomljivost, tvrdoću i promjenu boje [20]. Ali, dodatak brašna u koncentraciji od 10% kukuruznom flipsu i uz različite druge komponente za poboljšanje arome (ljuskice kvasca, čili, dimljena paprika, pogača buče, pogača lana), bili su vrlo prihvatljivi potrošačima (Tablica 2).

Ukoliko proizvod u svom sastavu ima sastojke ili je u cijelosti napravljen od nusproizvoda, osim okusa, prehrambene i zdravstvene tvrdnje na deklaraciji povećavaju njegovu dodatnu korist za potrošače koji brinu o zdravlju. A činjenica da je proizvod napravljen od nusproizvoda, dodatno bi mogla biti motiv za kupovinu takve hrane (engl. upcycled foods), osobito od strane ekološki osvještenih potrošača. Važno je istaknuti da u cijenu proizvoda, osim troška sirovine, ulazi i trošak ambalaže, te drugi režijski troškovi proizvodnje i rada, što treba uzeti u obzir kod održivog ekološkog dizajna novih proizvoda. Funkcionalna hrana ili sastojak s ili od nusproizvoda, prilika je za ostvarivanje socijalnog, društvenog i financijskog utjecaja, međutim potrebno je postaviti jasne indikatore uspješnosti [21,22]. Neki autori predlažu princip industrijske simbioze, koja počiva na povezanosti s drugim industrijama, kao ključ za ekološku industriju i prihvaćanje načela kružne ekonomije [24,24,25].

**Tablica 2:** Aplikacija obrađenih nusproizvoda paprike i rajčice iz industrijske prerade, u laboratorijskim i kulinarskim prehranbenim prototipovima

Novi sastojci	Aplikacija	Udio nusproizvoda	Funkcija u proizvodu	Prehrambena tvrdnja	Zdravstvena tvrdnja	Senzorska ocjena	Broj potrošača
Brašno pogače paprike (nakon izdvajanja ulja)	Tekuća krem juha od bundeve	Cca 1%	Poboljšanje teksture i senzorskih svojstava	/	/	Statistički se značajno više osjetila gorčina, naknadni okus, veća gustoća i tamnija boja u odnosu na standardnu juhu od bundeve ( $p < 0,05$ )	16 (trenirani senzorski eksperti)
Brašno pogače paprike (nakon izdvajanja ulja)	Povrtni namaz	Do 5%	Poboljšanje teksture i senzorskih svojstava	/	/	Statistički se značajno više osjetila gorčina, promijenila konzistencija, izgled i sjaj površine u odnosu na standardni umak ( $p < 0,05$ )	12 (trenirani senzorski eksperti)
Ulje sjemenki paprike	Povrtni umak	5-7%	Poboljšanje teksture i senzorskih svojstava	“Prirodan izvor dijetalnih vlakana” (samo povrtni namaz)	/	Visoko poželjan (7,4) <sup>2</sup>	60 [17]
Ulje sjemenki paprike	Začinsko ulje od sjemenki paprike sa čilijem i češnjakom, limunskom travom i metvicom	100%	Senzorska svojstva	1. “prirodni izvor vitamina E”, 2. “prirodni izvor linolne masne kiseline”	1. “vitamin E doprinosi zaštiti stanica od oksidativnog stresa”, 2. “linolna masna kiselina doprinosi održavanju normalnih razina kolesterola u krvi”	Visoko poželjan (začinsko ulje sjem. paprike s metvicom i aromom limun. trave 7,5, a s čilijem i češnjakom 7,4) <sup>2</sup>	50



**Tablica 2:** Aplikacija obradenih nusproizvoda paprike i rajčice iz industrijske prerade, u laboratorijskim i kulinarskim prehrambenim prototipovima (nastavak)

Novi sastojci	Aplikacija	Udio nus-proizvoda	Funkcija u proizvodu	Prehrambena tvrdnja	Zdravstvena tvrdnja	Senzorska ocjena	Broj potrošača
Ulje sjemenki paprike	Hummus <sup>1</sup>	5%	Poboljšanje teksture i senzorskih svojstava	/	/	Vrlo prihvatljiv (3,89) <sup>3</sup>	20 [17]
Ulje sjemenki paprike	Salata od mahunarki <sup>1</sup>	5%	Poboljšanje senzorskih svojstava	/	/	Vrlo prihvatljiv (4,23) <sup>3</sup>	20 [17]
Brašno liofilizirane komine rajčice	Kukuruzni ekstrudirani flaps s dodatkom brašna komine rajčice i aromama	10* - 15%**	Poboljšanje senzorskih svojstava	/	/	Prihvatljiv (4,7) <sup>4</sup>	62

<sup>1</sup> Kulinarski prototip;<sup>2</sup> Hedonistička skala prihvatljivosti 1 – 9 (najbolje);<sup>3</sup> na Likert skali 1 – 5 (najbolje);<sup>4</sup> na Likert skali 1 – 7 (najbolje); \* 10% dodane komine rajčice uz dodatak ljuskica kvasca, čilija, dimljene paprike, pogača buče, pogača lana; \*\* 15% dodane komine rajčice bez aroma

## 4. Zaključak

U radu su prikazani rezultati istraživačko-razvojne faze vezane uz obradu, karakterizaciju i aplikaciju nusproizvoda nastalih u industrijskoj obradi paprike i rajčice (TRL 3-4). Rezultati su pokazali da su nusproizvodi paprike i rajčice vrlo vrijedna sirovina za primjenu u prehrambenoj i farmaceutskoj industriji. Međutim iako su kao nusproizvodi slični po svom nutritivnom profilu, u sastavu bioaktivnih komponenata nisu, što uvjetuje njihovu aplikaciju, jer utječe na senzorska i funkcionalna svojstva te cijenu. Za komercijalizaciju takvih proizvoda, potrebne su investicije u tehnologiju, barem u prvoj (inicijalnoj) fazi izolacije i sušenja, nakon čega se nove sirovine iz sekundarnog izvora mogu čuvati, ali ne u duljem periodu, jer se gubi njihova izvorna, prirodna kvaliteta. Ulaganje u investicije nužno je izmjeriti u kontekstu veličine poslovanja, smanjenja troškova zbrinjavanja otpada koje postaje nova sirovina i prilika za prihod. Ishodi ove preliminarnе studije, mogu se koristiti za utvrđivanje financijskih i nefinancijskih indikatora, važnih za novi, ekološki dizajn proizvoda.

Procjenjuje se na osnovi ovog primjera, da je za transformaciju tradicionalne, velike prehrambene industrije iz linearnog na kružni model poslovanja, potrebno od 5 do 15 godina, što uključuje preliminarna ispitivanja, investicije i prilagodbu, sve do pozitivnih financijskih benefita. Nova znanja i kompetencije ljudi nužna su za umrežavanje dionika u industrijskoj simbiozi, za što je potrebna otvorenost vodstva i dugoročna posvećenost ciljevima. Za jači zamah u postizanju europskih zelenih ciljeva, državni poticaji će biti od velikog značaja za sve poslovne subjekte, bez obzira na njihovu veličinu. Neke prilike za hrvatsko gospodarstvo biti će otvorene u 2024., kroz "Poziv za jačanje strateških partnerstava za inovacije u procesu industrijske tranzicije", u sklopu integriranog teritorijalnog programa 2021.-2027. iz Europskog fonda za regionalni razvoj. Za istinsku transformaciju prema načelima kružne ekonomije, potreban je doprinos i drugih dionika osim industrije, osobito potrošača kao krajnjeg korisnika u prehrambenom lancu, koji svojim izborom hrane biljnog porijekla i smanjenjem nastanka prehrambenog otpada, može biti ključ uspjeha.

## 5. Literatura

- [1] de Souza Mello Gonçalves, B.; Flávio Leonel de Carvalho, F.C., de Camargo Fiorini, P.: Circular Economy and Financial Aspects: A Systematic Review of the Literature, *Sustainability*, **14** (2022) 3023, doi: 10.3390/su14053023
- [2] World Economic Forum, The Circularity GAP report 2021., Dostupno na <https://www.circularity-gap.world/2021> *Pristupljeno*: 2024-03-20
- [3] Capareda, S.C.: Biomass as Energy Source, *Introduction to biomass energy conversion, second edition*, CRC Press Taylor & Francis Group, ISBN: 978-1-032-27833-9 (hbk), (2023), str. 1-32

- [4] Fuentes, E.; Carle, R.; Astudillo, L.; Guzmán, L.; Gutiérrez, M.; Carrasco G, Palomo, I.: Antioxidant and antiplatelet activities in extracts from green and fully ripe tomato fruits (*Solanum lycopersicum*) and pomace from industrial tomato processing, *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, **2013** (2013) 867578, doi: 10.1155/2013/867578
- [5] Del Rio Osorio, L.L.; Flórez-López, E.; Grande-Tovar, D.: The Potential of Selected Agri-Food Loss and Waste to Contribute to a Circular Economy: Application in the Food, Cosmetic and Pharmaceutical Industries, *Molecules*, **25** (2021) 5151, doi: 10.3390/molecules26020515
- [6] Lau, J.Q.; Redzwan Sabran, M.; Shafie, S.R.: Utilization of Vegetable and Fruit By-products as Functional Ingredient and Food, *Frontiers in Nutrition*, **8** (2021) 661693, doi: 10.3389/fnut.2021.661693
- [7] Cvetković, T.; Ranilović, J.; Gajari, D.; Tomić-Obrdaj, H.; Šubarić, D.; Moslavac, T.; Cikoš, A.M.; Jokić, S.: Podravka and Slavonka Varieties of Pepper Seeds (*Capsicum annum* L.) as a New Source of Highly Nutritional Edible Oil, *Foods*, **9** (2020) 9, 1262, doi: 10.3390/foods9091262
- [8] O'Shea, N.; Arendt, E. K., & Gallagher, E.: Dietary fibre and phytochemical characteristics of fruit and vegetable by-products and their recent applications as novel ingredients in food products, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, **16** (2012) 1-10, doi: 10.1016/j.ifset.2012.06.002
- [9] Rizk, E.M.; El-Kady, A.T.; El-Bialy, A.R.: Characterization of carotenoids (lyco-red) extracted from tomato peels and its uses as natural colorants and antioxidants of ice cream, *Annals of Agricultural Sciences*, **59** (2014) 53-61, doi: 10.1016/j.aos.2014.06.008
- [10] Nour, V.; Ionica, M.E.; Trandafir, I.: Bread enriched in lycopene and other bioactive compounds by addition of dry tomato waste, *Journal of Food Science and Technology*, **52** (2015) 12, 8260-8267, doi: 10.1007/s13197-015-1934-9
- [11] Belović, M.; Torbica, A.; Pajić-Lijaković, I.; Matilović, J.: Development of low calorie jams with increased content of natural dietary fibre made from tomato pomace, *Food Chemistry*, **237** (2017) 1226-1233, doi: 10.1016/j.foodchem.2017.06.045
- [12] Gadhvi, K.; Vyas, S.; Karetha, K.: Peelings of citrus fruits as a precious resource of phytochemical and vital bioactive medicines during Covid: 19 periods, *International Journal of Botany Studies*, **5** (2020) 342-344
- [13] Haggag, Y.A.; El-Ashmawy, N.E.; Okasha, K.M.: Is hesperidin essential for prophylaxis and treatment of COVID-19 Infection? *Medical Hypotheses*, **144** (2020) 109957, doi: 10.1016/j.mehy.2020.109957
- [14] Cvetković, T.; Ranilović, J.; Jokić, S.: Quality of Pepper Seed By-Products: A Review, *Foods*, **11** (2022) 5, 748, doi: 10.3390/foods11050748
- [15] Haas, W.; Krausmann, F.; Wiedenhofer, D.; Heinz, M.: How Circular is the Global Economy?: An Assessment of Material Flows, Waste Production, and Recycling in the European Union and the World in 2005, *Journal of Industrial Ecology*, **19** (2015) 5, 765-777, doi: 10.1111/jiec.12244

- [16] Hassoun, A.; Cropotova, J., Trif, M., Rusu, A. V., Bobis, O., Nayik, G. A., Jagdale, Y. D., 1467 Saeed, F., Afzaal, M., Mostashari, P., Khaneghah, A. M., Rgenstein, J. M.: Consumer acceptance of new food trends resulting from the fourth industrial revolution technologies: A narrative review of literature and future, *Frontiers in Nutrition*, **9** (2022) 972154, doi: 10.3389/fnut.2022.972154 1471
- [17] Cvetković, T.: Dobivanje i karakterizacija ulja sjemenki hrvatskih sorti paprike *Capsicum annuum* L. te njegova primjena u prehrambenoj industriji i gastronomiji. Doktorski rad, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Sveučilište J. J. Strossmayera Osijek (2023)
- [18] Zakon o održivom gospodarenju otpadom, Narodne novine 94/13, 73/17, 14/19, 98/19
- [19] Kušević, T.: Proizvodnja ulja iz sjemenki paprike dvostupanjskom ekstrakcijom. Diplomski rad, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Sveučilište J. J. Strossmayera Osijek (2022)
- [20] Jozinović, A., Cvetković, T., Ranilović, J., Vađunec Bajrić, I., Nedić Tiban, N., Ačkar, Đ., Babić, J., Šubarić, D.: Properties of directly expanded corn snack products enriched with lyophilized tomato pomace, *Book of abstract 10th international congress and 12th croatian congress of cereal technologists Brašno-kruh '19.*, Grafika d.o.o., Osijek, ISSN: 1848-2554, (2019)
- [21] Goyal, S.; Chauhan, S., Mishra, P.: Circular Economy Research: A Bibliometric Analysis (2000–2019) and Future Research Insights, *Journal of Cleaner Production*, **287** (2021) 125011, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.125011
- [22] Sassanelli, C.; Rosa, P., Rocca, R., Terzi, S.: Circular Economy Performance Assessment Methods: A Systematic Literature Review, *Journal of Cleaner Production*, **229** (2019) 440-453, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.05.019
- [23] Saavedra, Y.M.B.; Iritani, D.R., Pavan, A.L.R., Ometto, A.R.: Theoretical Contribution of Industrial Ecology to Circular Economy, *Journal of Cleaner Production*, **170** (2018) 1514-1522, doi: 10.1016/j.jclepro.2017.09.260
- [24] Chertow, M.R.: Industrial Symbiosis: Literature and Taxonomy, *Annual Review of Environment and Resources*, **25** (2000) 313–337, doi: 10.1146/annurev.energy.25.1.313
- [25] Trianni, A.; Cagno, E.: Dealing with Barriers to Energy Efficiency and SMEs: Some Empirical Evidences, *Energy*, **37** (2012) 494–504, doi: 10.1016/j.energy.2011.11.005