

Analiza uticaja
metoda
regenerativne
poljoprivrede na
nutritivnu vrednost i
bezbednost biljnih
proizvoda



ODRŽIVO
SAVESNO
EFIKASNO

Projekat za odgovorno upravljanje



Izdavač:
NALED

Za izdavača:
Violeta Jovanović

Autori:
Dr Žarko Kevrešan
Dr Predrag Ikonić
Dr Jovana Kos
Dr Slađana Rakita
Dr Nemanja Teslić
MSc Milorad Miljić

Stručni tim:
Slobodan Krstović
Todo Terzić
Jovana Perić

© NALED 2026

Ovaj dokument je pripremljen u okviru projekta „Javne nabavke i dobra uprava za veću konkurentnost“ uz podršku Švedske agencije za međunarodni razvoj i saradnju. Tumačenja i zaključci izneti u ovoj publikaciji ne moraju nužno odražavati stavove članova ili organa NALED-a. Svi napori su učinjeni kako bi se osigurala pouzdanost, tačnost i ažurnost informacija iznetih u ovoj publikaciji, NALED ne prihvata bilo kakav oblik odgovornosti za eventualne greške sadržane u publikaciji ili nastalu štetu, finansijsku ili bilo koju drugu, proisteklu u vezi sa njenim korišćenjem. Korišćenje, kopiranje i distribucija sadržaja ove publikacije dozvoljena je isključivo u neprofitne svrhe i uz odgovarajuće naznačenje imena, odnosno priznavanje autorskih prava NALED-a.

Uvod	5
Kontekst i ciljevi studije.....	5
Pregled literature.....	6
1. Faze transformacije agroekosistema	6
2. Uloga intenziteta gajenja - važan faktor	7
3. Mehanizmi uticaja na kvalitet proizvoda	8
4. Dosadašnji nalazi u literaturi	8
Materijal i metodi.....	9
Poreklo uzoraka	9
5. Proizvođač i lokacija	9
6. Karakteristike parcela - dostavljeni podaci	10
7. Ograničenja dizajna.....	11
Postupci uzorkovanja i priprema.....	12
8. Uzorkovanje.....	12
9. Priprema uzoraka.....	12
10. Skladištenje i rokovi analize.....	13
Analitičke metode.....	14
11. Osnovni hemijski sastav	14
12. Sastav makro komponenti.....	14
13. Mikro komponente	15
14. Senzorska svojstva	16
15. Zdravstvena bezbednost	16
Analiza podataka.....	17
Analiza trendova	17
Povrtarske kulture	17
16. Osnovni hemijski sastav	17
17. Sastav makro komponenti.....	18
18. Mikro komponente	21
19. Senzorska svojstva	27
Ratarske kulture.....	32
20. Osnovni hemijski sastav	32
21. Sastav makro komponenti.....	33
Zdravstvena bezbednost.....	36
Diskusija	38

Razlike među kulturama.....	38
22. Peršun lišćar.....	38
23. Šargarepa.....	39
24. Paštrnak.....	40
25. Suncokret.....	41
26. Soja.....	42
Značaj analiziranih parametara.....	43
27. Osnovni hemijski sastav.....	43
28. Dijetetska vlakna.....	44
29. Profil šećera.....	44
30. Sadržaj ulja i masnokiselinski profil.....	44
31. Sadržaj proteina i aminokiselinski profil.....	45
32. Mineralni sastav.....	45
33. Polifenolni profil.....	45
34. Aromatski profil.....	46
35. Senzorska analiza.....	46
36. Bezbednosni parametri.....	46
Zaključci.....	46
37. O nutritivnom profilu proizvoda.....	46
38. Značaj inverzija i kompleksnih obrazaca.....	47
39. Ekonomski i nutritivno relevantne razlike.....	47
40. Bezbednost hrane – ključni nalaz studije.....	47
41. Metodološka ograničenja i interpretacija.....	47
42. Ostvarenje ciljeva pilot studije.....	48
43. Preporuke za buduća istraživanja.....	48

Uvod

Kontekst i ciljevi studije

Regenerativna poljoprivreda je u globalnom fokusu kao potencijalno rešenje za višestruke izazove moderne poljoprivrede - degradaciju zemljišta, gubitak biodiverziteta, klimatske promene, i otpornost agroekosistema. Kroz principe minimalne obrade zemljišta, primene pokrovnih useva, diversifikovanih rotacija, i integracije stočarske proizvodnje, regenerativni sistemi teže obnovi i održavanju zdravlja zemljišta kao osnovnog resursa poljoprivredne proizvodnje.

U Srbiji, Nacionalna alijansa za lokalni ekonomski razvoj (NALED) aktivno promoviše regenerativne prakse kroz programe obuke, razvoj vodiča za proizvođače, i policy dijalog sa kreatorima politika. Ova promocija zasnovana je na dokumentovanim ekološkim benefitima - povećanju organske materije u zemljištu, poboljšanju strukture zemljišta, sekvestraciji ugljenika, i povećanju biodiverziteta.

Međutim, istorija poljoprivrednih inovacija pruža važne lekcije o neophodnosti pristupanja sa dužnom pažnjom pre masovne primene novih sistema proizvodnje. DDT, proglašen "čudo-rešenjem" za kontrolu insekata 1940-ih, masovno primenjen bez rigoroznog dugoročnog testiranja, tek posle 30 godina identifikovan je kao globalni zagađivač sa ozbiljnim ekološkim i zdravstvenim posledicama. Sličan obrazac viđen je kod azbesta, trans-masti, i drugih tehnologija gde su nenamerne negativne posledice otkrivene tek nakon decenija široke primene.

Stoga je i u slučaju regenerativne poljoprivrede, pre nego što se ona promoviše kao alternativa konvencionalnoj proizvodnji hrane, neophodno je sistematski testirati da li novi sistem:

1. Proizvodi bezbedne proizvode - da li eliminacija sintetičkih pesticida unosi nove rizike (patogeni iz komposta, mikotoksini zbog odsustva fungicida, akumulacija teških metala)
2. Obezbeđuje nutritivnu adekvatnost - da li proizvodi sadrže dovoljno esencijalnih nutrijenata (minerali, proteini, ulja, vitamini)
3. Pruža stabilnu i predvidljivu nutritivnu vrednost - ili nepredvidivo varira između sezona i parcela

Cilj ove pilot studije nije bio dokazati "superiornost" regenerativne poljoprivrede već sprovesti analizu koja će:

- Identifikovati eventualne kritične bezbednosne ili nutritivne deficite koji bi kontraindicirali regenerativnu proizvodnju
- Verifikovati bezbednost i nutritivnu adekvatnost proizvoda iz regenerativne proizvodnje
- Identifikovati intrigantne trendove koji opravdavaju investiciju u rigorozniju, longitudinalnu studiju
- Utvrditi koje parametre kvaliteta pratiti u budućim komparativnim studijama

Ovo je prva komparativna nutritivna analiza proizvoda iz regenerativne u odnosu na konvencionalnu poljoprivredu u Srbiji, koja obuhvata pet različitih kultura (tri povrtarske, dve ratarske) sa različitim periodima primene regenerativnih praksi (2 ili 5 godina).

Pregled literature

1. Faze transformacije agroekosistema

Prelazak iz konvencionalne u regenerativnu poljoprivredu nije trenutna transformacija već postepen proces tokom kojeg se agroekosistem stabilizuje kroz različite faze. Literatura o alternativnim sistemima proizvodnje dokumentuje predvidljivu trajektoriju:

Godina 1-3 (prelazni period): Ovu fazu često karakteriše privremeno smanjenje prinosa dok se sistem prilagođava. Mikrobiološke zajednice zemljišta počinju transformaciju - smanjenje patogena koji su bili kontrolisani sintetičkim inputima, povećanje saprofitnih bakterija i gljivica koje razgrađuju organsku materiju i uspostavljanje novih odnosa između biljke i mikrobioma. Organska materija tek počinje akumulaciju - mineralizacija je često brža od akumulacije u prvim godinama. Zdravlje zemljišta možda još nije dostiglo novu ravnotežu, a dostupnost nutrijenata može biti nestabilna dok se mikrobiološke zajednice koje mobilizuju elemente (fosfor, azot, mikroelementi) ne stabilizuju.

Godina 4-7: U ovoj fazi dolazi do stabilizacije mikrobioloških zajednica zemljišta, sa uspostavljanjem funkcionalne ravnoteže između različitih grupa organizama. Struktura zemljišta se poboljšava kroz akumulaciju organske materije i aktivnost zemljišne faune (kišne gliste, artropode). Prinosi se mogu vratiti ili čak prevazići početne nivoe jer poboljšano zdravlje zemljišta omogućava biljci efikasnije usvajanje nutrijenata i vode. Mineralna ishrana biljaka postaje stabilnija kroz razvijene mikrobiološke mehanizme mobilizacije nutrijenata.

Godina 7+: Maksimizovani ekosistemski servisi - zdravlje zemljišta dostiže optimum, produktivnost je stabilna, otpornost na klimatske ekstreme (suša, poplava) je povećana. Sistem je "sazreo" i stabilizovan.

2. Uloga intenziteta gajenja - važan faktor

Manifestacija efekata regenerativnog sistema ne zavisi samo od dužine primene već i od intenziteta gajenja kulture, koji određuje koliko se biljka oslanja na pufersku funkciju zemljišta.

Intenzivno gajene kulture (povrtarske): Povrtarske kulture karakteriše često đubrenje (3-5× tokom vegetacije) i često navodnjavanje (nedeljno ili češće u zavisnosti od meteoroloških uslova). Ovaj režim znači da biljka dobija hranjiva i vodu direktno iz spoljašnjih inputa tokom cele vegetacije, što smanjuje zavisnost od puferske funkcije zemljišta. Zemljište u ovom slučaju služi prvenstveno kao fizička potpora i trenutni izvor nutrijenata, ali njegova sposobnost da skladišti i postepeno otpušta hranjiva tokom dužeg perioda nije kritična jer se stalno interveniše novim đubrenjima.


Čak i nakon 5 godina poboljšanog regenerativnog zemljišta (povećana organska materija, razvijeniji mikrobiom, bolja struktura), njegova puferska uloga ostaje ograničena jer intenzivni inputi tokom sezone "zaobilaze" potrebu da zemljište skladišti i postepeno otpušta hranjiva. Poboljšano zdravlje zemljišta može uticati na sekundarne metabolite biljke (polifenoli, eterična ulja) kroz promenjene biotičke interakcije (različiti mikrobiom, različiti stresori), ali osnovni parametri kao što su minerali zavise više od trenutnog inputa nego od kapaciteta zemljišta.

Ekstenzivno gajene kulture (ratarske): Ratarske kulture karakterišu retka đubrenja (tipično 1-2× tokom sezone - osnovno + prihrana) i retko ili bez navodnjavanja. U ovom režimu, biljka se u velikoj meri oslanja na puferski kapacitet zemljišta - zemljište mora:

- a) Apсорbovati hranjiva prilikom retkih đubrenja
- b) Skladištiti ih u dostupnim ili potencijalno dostupnim formama
- c) Postepeno otpuštati tokom cele vegetacije kroz mineralizaciju organske materije i aktivnost mikrobioma

Ova puferska funkcija zahteva razvijeno zdravlje zemljišta - dovoljno organske materije da vezuje i skladišti elemente, aktivan mikrobiom koji mobilise nutrijente iz nedostupnih formi, i dobru strukturu koja omogućava retenciju vode između retkih ili odsutnih navodnjavanja.

Nakon samo 2 godine regenerativne primene, zemljište možda još nije razvilo dovoljnu pufersku funkciju jer je u prelaznom periodu - organska materija je u akumulaciji ali još nije dostigla optimum, mikrobiološke zajednice su u transformaciji, a struktura se tek popravlja. Ovo može rezultovati deficitom nutrijenata tokom kritičnih faza razvoja biljke (npr. nedovoljan fosfor tokom nalijeivanja semena suncokreta što rezultira nižom akumulacijom ulja), jer zemljište ne može još da obezbedi stabilan i kontinuiran priliv hranjivih elemenata kakav bi bio potreban.



Ovo bi moglo objasniti zašto suncokret pokazuje značajnu razliku u sadržaju ulja (-13,3%) uprkos kraćem periodu pod regenerativnom - ekstenzivno gajena kultura "testira" pufersku funkciju zemljišta koja još nije razvijena nakon 2 godine.

Soja kao poseban slučaj: Soja kao mahunarka ima sposobnost simbiotske fiksacije atmosferskog azota kroz *Rhizobium* bakterije. Ova sposobnost može "zaobilaziti" potrebu za zemljišnim azotom, što znači da se soja manje oslanja na pufersku funkciju zemljišta u pogledu azotne ishrane. Ovo bi moglo objasniti zašto soja ne pokazuje razlike u sadržaju proteina i aminokiselinskom profilu (koji zavise od azota) nakon samo 2 godine regenerativne primene.

3. Mehanizmi uticaja na kvalitet proizvoda

Regenerativna poljoprivreda može uticati na kvalitet poljoprivrednih proizvoda kroz nekoliko mehanizama:

Zdravlje zemljišta i mikrobiom: Povećana organska materija, raznovrsniji mikrobiom, i poboljšana struktura zemljišta mogu uticati na dostupnost i mobilizaciju mineralnih nutrijenata. Arbuskularne mikorizne gljivice, na primer, olakšavaju usvajanje fosfora i mikroelemenata (cink, bakar), dok azotofiksirajuće bakterije i bakterije koje solubilizuju fosfor mogu povećati dostupnost ovih elemenata bez sintetičkih đubriva. Međutim, ovi procesi zavise od vremena potrebnog da se mikrobiološke zajednice stabilizuju (godina 4-7).


Organska materija i vodni režim: Povećana organska materija poboljšava retenciju vode u zemljištu, što može smanjiti stres suše ili, obrnuto, može rezultovati različitim vodnim statusom biljke u poređenju sa konvencionalnom proizvodnjom. Vodni stres je poznat faktor koji utiče na sekundarne metabolite - blagi stres može aktivirati odbrambene puteve koji povećavaju polifenole, eterična ulja, ili druge bioaktivne komponente.

Odsustvo sintetičkih inputa: Eliminacija sintetičkih pesticida i đubriva može izložiti biljku različitim biotičkim (različit pritisak insekata, patogeni) i abiotičkim stresovima (drugačija dostupnost nutrijenata). Biljke reaguju na ove stresore aktivacijom sekundarnih metaboličkih puteva koji proizvode odbrambena jedinjenja (polifenoli, alkaloidi, terpenoidi). Ovo može objasniti razlike u aromatskim komponentama i polifenolima kod nekih kultura.

4. Dosadašnji nalazi u literaturi

Literatura o uticaju alternativnih sistema proizvodnje (organska, regenerativna) na kvalitet proizvoda pokazuje heterogene rezultate i često kontradiktornu sliku:

Povrtarske kulture: Neke studije dokumentuju više sekundarnih metabolita (polifenoli, vitamini C, karotenoidi) u organskoj/regenerativnoj proizvodnji, često



povezano sa aktivacijom odbrambenih mehanizama. Druge studije pokazuju promene u mineralnom sastavu - više nekih elemenata (kalcijum, magnezijum, gvožđe) ali niže drugih (kalijum, azot). Generalni konsenzus je da efekti nisu uniformni - zavise od specifične kulture, sorte, tipa zemljišta, klimatskih uslova, i dužine primene praksi.

Uljarice: Literatura o uticaju regenerativne/organske proizvodnje na sadržaj ulja i proteina u uljaricama je ograničena, posebno tokom prelaznog perioda (godina 1-3). Nekoliko studija sugerise potencijalno niže sadržaje ulja tokom ranih godina primene, ali longitudinalna istraživanja koja prate iste parcele kroz faze transformacije sistema su retka.

Gap u literaturi: Nedostaju komparativne studije iz regiona Zapadnog Balkana, specifično za klimatske i zemljišne uslove Srbije. Većina dostupnih studija dolazi iz Zapadne Evrope ili Severne Amerike, gde su klimatski uslovi (količina padavina, temperaturni režim) i tipovi zemljišta često drugačiji od uslova u Srbiji.

Materijal i metodi

Poreklo uzoraka

5. Proizvođač i lokacija

Uzorci biljnog materijala za ovo istraživanje dostavljeni su od strane proizvođača Geneza d.o.o. (preduzeće specijalizovano za organsku i regenerativnu proizvodnju), sa sedištem u opštini Kanjiža, Severna Bačka, Vojvodina, Srbija. Lokaciju proizvodnje karakteriše panonska kontinentalna klima sa prosečnim godišnjim temperaturama 11-12°C i količinom padavina 550-650 mm godišnje. Period uzorkovanja obuhvatio je vegetacionu sezonu 2025. godine, sa uzorkovanjima tokom juna (peršun lišćar), septembra-oktobra (soja i suncokret), i novembra (šargarepa i pastrnak).



Opština Kanjiža, Severna Bačka, Vojvodina, Srbija

Institut za prehrambene tehnologije (FINS) nije bio uključen u dizajn poljskih ogleda, agrotehniku, niti u gajenje biljaka. Uloga FINS-a bila je isključivo analiza kvaliteta dostavljenih uzoraka, bez uticaja na proizvodne prakse ili izbor parcela. Ova studija predstavlja komparativnu analizu dostavljenih uzoraka iz dva različita sistema proizvodnje - regenerativnog i konvencionalnog.

6. Karakteristike parcela - dostavljeni podaci

Prema informacijama dostavljenim od strane proizvođača, pet analiziranih biljnih vrsta gajeno je pod dva sistema proizvodnje: regenerativnim i konvencionalnim. Ključna karakteristika koja razlikuje ispitivane kulture jeste dužina primene regenerativnih praksi na parcelama.

Tabela 1: Pregled analiziranih kultura i perioda primene regenerativnih praksi

Kultura	Analizirani organ	Period regenerativne primene	Konvencionalna parcela	Period uzorkovanja
Peršun lišćar (<i>Petroselinum crispum</i>)	Vegetativni (list)	5 godina (2020-2025)	Standardne prakse	Jun 2025
Šargarepa (<i>Daucus carota</i>)	Vegetativni (koren)			Novembar 2025
Paštrnak (<i>Pastinaca sativa</i>)				
Suncokret (<i>Helianthus annuus</i>) Soja (<i>Glycine max</i>)	Reproduktivni (seme)	2 godine (2023-2025)	Standardne prakse	Septembar-oktobar 2025

Regenerativne prakse prema dostavljenim informacijama uključuju: minimalnu obradu zemljišta, korišćenje pokrovnih useva i rotaciju kultura, primenu organskih đubriva, kompostiranje, odsustvo ili minimalnu upotrebu sintetičkih pesticida, fokus na zdravlje zemljišta i biodiverzitet.

Konvencionalne prakse podrazumevaju: standardnu obradu zemljišta, primena mineralnih NPK đubriva, konvencionalnu zaštitu bilja, uobičajene agrotehničke mere za datu kulturu.

7. Ograničenja dizajna

Ova studija predstavlja komparativnu analizu dostavljenih uzoraka a ne kontrolisani poljski ogled. Kao takva, podleže određenim ograničenjima koja moraju biti jasno naznačena.

Ograničenje 1: Broj ponavljanja

Za svaku kulturu analiziran je jedan uzorak po sistemu proizvodnje (n=1 na nivou parcele). Ovo znači da ne postoje poljske replikacije koje bi omogućile inferentnu statističku analizu. Laboratorijske replikacije tokom analiza (duplikati ili triplikati) obezbeđuju procenu analitičke preciznosti, ali ne mogu zameniti biološke replikacije na nivou parcele. Rezultati se stoga prezentuju kao uporedna deskriptivna analiza trendova, ne kao statistički dokazane razlike.

Ograničenje 2: Zduživanje faktora

U ovom dizajnu, parcela = sistem proizvodnje = proizvođač, što znači da eventualne razlike između uzoraka mogu poticati od: (a) sistema proizvodnje (regenerativni vs konvencionalni), (b) karakteristika parcele (tip zemljišta,

istorija, mikroklima), (c) agrotehnike specifičnosti proizvođača, ili (d) interakcije svih navedenih faktora. Razdvajanje ovih efekata nije moguće bez kontrolisanog eksperimentalnog dizajna sa randomizacijom tretmana na homogenim parcelama.

Ograničenje 3: Vremenska komponenta

Podaci potiču iz pojedinačnih uzorkovanja tokom jedne vegetacione sezone (2025). Sezonska i inter-godišnja varijabilnost nije obuhvaćena, što znači da se trendovi uočeni u ovoj sezoni ne mogu automatski generalizovati na druge godine ili klimatske uslove.

Ova ograničenja ne umanjuju vrednost dobijenih podataka, već ih pozicioniraju kao pilot/eksplorativnu studiju koja generiše hipoteze za buduća istraživanja i demonstrira kompleksnost problema.

Postupci uzorkovanja i priprema

8. Uzorkovanje

Uzorkovanje peršuna liščara sproveo je istraživački tim FINS-a direktno na proizvodnim linijama proizvođača Geneza, uz prisustvo odgovornih osoba za proizvodnju. Biljni materijal je uzorkovan tokom tehnološke zrelosti pogodne za industrijsku preradu (jun 2025).

Ostale kulture (šargarepa, pastrnak, soja, suncokret) dostavljene su u FINS laboratorije od strane proizvođača u vidu pripremljenih uzoraka. Uzorci su transportovani u uslovima koji obezbeđuju očuvanje kvaliteta - sveži materijal (korenasto povrće, peršun) u rashladnim uslovima (4-8°C), materijal soje i suncokreta u suvim uslovima na sobnoj temperaturi.



9. Priprema uzoraka

Peršun liščar, šargarepa i pastrnak: Proizvođač Geneza je dostavio uzorke u dva stanja - sveže i sušeno. Sveži biljni materijal je po prijemu u laboratoriju sortiran

(uklanjanje oštećenih delova) i pripreman za neposredne analize (vlaga, senzorska evaluacija, određeni bioaktivni parametri).

Sušeni materijal je takođe dostavljen od strane proizvođača, prethodno podvrgnut komercijalnom sušenju pod kontrolisanim uslovima temperature i vremena karakterističnim za industrijsku preradu začinskog bilja i povrća. Sušeni materijal je dostavljen u hermetički zatvorenom pakovanju. Konačna vlažnost sušenog materijala bila je <10%, što je u skladu sa standardima za dugotrajno skladištenje.

Sušeni materijal je usitnjavan do finog praha neposredno pre analiza korišćenjem laboratorijskog mlina. Usitnjeni materijal je čuvan u zatvorenim staklenim kontejnerima na tamnom mestu na sobnoj temperaturi do analiza.

Soja i suncokret: Po prijemu u laboratoriju određena je konačna vlažnost (gravimetrijski) i materijal je čuvan u suvim uslovima. Seme je mehanički oljušteno (suncokret) ili direktno usitnjeno (soja) neposredno pre ekstrakcije ulja i analiza.

10. Skladištenje i rokovi analize

Svi uzorci su čuvani prema standardnim operativnim procedurama FINSLab akreditovane laboratorije, što podrazumeva kontrolisane uslove temperature, vlažnosti i svetlosti za svaki tip materijala. Analize su započete neposredno nakon prijema i pripreme uzoraka (u roku od 24-48h za sveži materijal, u roku od 7 dana za sušeni materijal i soju/suncokret), kako bi se minimizovala degradacija osetljivih komponenti.



Analičke metode

Svi uzorci su analizirani u akreditovanim laboratorijama FINS-a, uz primenu akreditovanih metoda i standardnih operativnih procedura FINSLab. Izuzetak predstavlja analiza vlakana koja je sprovedena u Centru za ispitivanje namirnica kao podugovorenoj laboratoriji.

11. Osnovni hemijski sastav

Sadržaj vlage: Gravimetrijska metoda sušenjem uzorka do konstantne mase na 105°C (FINSLab akreditovana procedura).

Suva materija: Računski određena kao 100 - % vlage.

Ukupna kiselost: Titracija standardnim rastvorom NaOH uz fenolftalein kao indikator, rezultati izraženi kao g/L odnosno kao procenat dominantne organske kiseline (limunska, jabučna, zavisno od materijala).

Proteini (samo soja): Kjeldahl metoda za određivanje ukupnog azota, konverzija u proteine primenom faktora 6,25 (FINSLab akreditovana procedura).

Sadržaj ulja: (suncokret, soja) Gravimetrijska metoda nakon ekstrakcije heksanom u Soxhlet aparatu. Rezultati izraženi kao % na svežu ili suhu masu (s.m.).

12. Sastav makro komponenti

Profil masnih kiselina: Gasma hromatografija sa plameno-jonizacionim detektorom (GC-FID) nakon transesterifikacije masnih kiselina u metil estre (FAME). Kapilarna kolona visokog razdvajanja, temperaturni program 160-240°C. Identifikacija na osnovu retencionih vremena FAME standarda. Rezultati izraženi kao g/100g ukupnih masnih kiselina.

Aminokiselinski sastav: (soja) Analiza aminokiselina izvršena je jonsko-izmenjivačkom hromatografijom korišćenjem Automatskog analizatora aminokiselina Biochrom 30+ (Biochrom, Cambridge, UK). Natrijum-akcelarovani puferski sistem sastoji se od skupa od četiri pufera sa pH vrednostima u rasponu između 3,2 i 9,2, i rastvora natrijum-hidroksida za regeneraciju, sa protokom od 35 ml/h. Tehnika je zasnovana na separaciji aminokiselina korišćenjem jak-kajonsko-izmenjivačke hromatografije, nakon koje sledi ninhidrinska reakcija i fotometrijsko detektovanje na 570 nm, osim za prolin koji je detektovan na 440 nm. Uzorci su prethodno hidrolizovani u 6M HCl (Merck, Germany), a za određivanje triptofana u 6M NaOH na 110 °C tokom 24 h. Nakon hidrolize, uzorci su ohlađeni na sobnu temperaturu i rastvoreni u 25 mL pufera za punjenje (pH 2,2) (Biochrom, Cambridge, UK). Pripremljeni uzorci su filtrirani kroz PTFE filter veličine pora 0,22 µm (Plano, Texas, USA), a filtrat je prenesen u vial

(Agilent Technologies, USA) i čuvan u frižideru pre analize. Pikovi aminokiselina su identifikovani poređenjem retencionih vremena sa retencionim vremenima standardnog rastvora aminokiselina (Amino Acid Standard Solution, Sigma-Aldrich, St. Louis, USA). Rezultati su izraženi kao masa aminokiseline (g) u 100 g proteina.

Šećeri: Sadržaj monosaharida, disaharida i poliola: Visoko-efikasna anjonsko-izmenjivačka hromatografija sa pulsno-amperometrijskom detekcijom (HPAEC-PAD) na Dionex ICS-6000+ sistemu sa elektrohemijjskim detektorom (zlatna radna elektroda, AgCl referentna elektroda). *Priprema uzorka:* Liofilizovani i usitnjeni uzorci (0,5 g) ekstrahovani sa 50 mL ultračiste vode u vrelom vodenom kupatilu (10 min), centrifugirano (8000 rpm, 4°C, 10 min), supernatant zamrznut (-20°C) i ponovo centrifugiran nakon odmrzavanja. *Separacija:* Monosaharidi, disaharidi i polioli odvojeni na Thermo Scientific Dionex CarboPac PA20 analitičkoj koloni (3 × 150 mm) izokratskom elucijom. *Eluenti:* 10 mM NaOH, 200 mM NaOH, ultračista voda. Temperatura separacije 30°C, detekcija na 25°C. *Kvantifikacija:* Ekstra-čisti standardi (>98% čistoće) za fruktozu, galaktozu, glukozu, saharozu, ramnozu, trehalozu, arabinozu, maltozu. Rezultati izraženi kao g/100g suve materije.

Dijetetska vlakna: Sadržaj rastvorljivih i nerastvorljivih dijetetskih vlakana: Enzimsko-gravimetrijska metoda prema AOAC 991.43. Uzorak se tretira termostabilnom α -amilazom, proteazom i amiloglukozidazom da bi se uklonili skrob i proteini. Rastvorljiva vlakna se precipituju etanolom, a nerastvorljiva vlakna se filtriraju, suše i mere gravimetrijski. Rezultati izraženi kao procenat na suhu materiju.

13. Mikro komponente

Vitamini: Vitamin C (L-askorbinska kiselina): HPLC metoda sa UV detekcijom ($\lambda=254$ nm), izokratska elucija, reverzno-fazna kolona C18. Ekstrakcija vodom ili metafosfornom kiselinom zavisno od matriksa. Rezultati izraženi kao mg askorbinske kiseline/100g svežeg materijala.

Pigmenti: Hlorofili (a i b): Spektrofotometrijska metoda nakon ekstrakcije acetonom. Apsorpcija merena na 645 nm i 663 nm, koncentracija računski određena prema Arnon-ovim jednačinama. Rezultati izraženi kao mg/g svežeg materijala.

Karotenoidi (ukupni): Spektrofotometrijska metoda nakon ekstrakcije organskim rastvaračem, apsorpcija na 450 nm, rezultati izraženi kao mg β -karotena/g.

Mineralni sastav: Makroelementi (Ca, K, Mg, Na) i mikroelementi (Fe, Zn, Cu, Mn): Atomska apsorpciona spektrofotometrija (AAS) nakon suvog spaljivanja uzoraka na 450°C. Interna FINSLab akreditovana procedura. Rezultati izraženi kao mg/kg suve materije (ppm).

Bioaktivna jedinjenja: Pojedinačni flavonoidi (apigenin, luteolin i njihovi glikozidi): HPLC metoda sa DAD detekcijom ($\lambda=340$ nm), gradijentna elucija metanol/voda sa kiselinom, reverzno-fazna C18 kolona. Identifikacija na osnovu retencionih vremena standarda i UV spektara. Rezultati izraženi kao $\mu\text{g/g}$ suve materije.

Aromatski profil i etarska ulja: Kvalitativni i kvantitativni sastav volatilnih jedinjenja. Gas hromatografija sa masenom spektrometrijom (GC-MS). Izolacija volatilnih jedinjenja destilacijom vodenom parom (Clevenger tip aparatura, 1h destilacija). Identifikacija komponenti upoređivanjem masenih spektara sa NIST bibliotekom i retencionim indeksima. Kvantifikacija na osnovu relativnih površina pikova. Rezultati izraženi kao relativni procenat od ukupnih volatilnih jedinjenja.

14. Senzorska svojstva

Instrumentalna kolorimetrija: CIE Lab sistem boje. Kolorimetar Konica Minolta CR-400 sa standardnim izvorom svetlosti D65 i uglom posmatranja 10° . Parametri: L^* (svetlina), a^* (crveno-zeleni opseg), b^* (žuto-plavi opseg). Merenja na reprezentativnim uzorcima svežeg i sušenog materijala. Proračun razlike u boji po formuli:

$$\Delta E_{ab^*} = ((L_2^* - L_1^*)^2 + (a_2^* - a_1^*)^2 + (b_2^* - b_1^*)^2)^{1/2}$$

- L^* – svetlina (0 = crno, 100 = belo)
- a^* – osa zeleno (-) \leftrightarrow crveno (+)
- b^* – osa plavo (-) \leftrightarrow žuto (+)
- indeksi **1** i **2** označavaju dve boje koje se porede (npr. referentni uzorak i mereni uzorak)

Senzorska analiza: Senzorska evaluacija sprovedena je deskriptivnom analizom od strane obučenih panelista FINSLab. Parametri evaluacije uključuju: izgled (uniformnost veličine, boja, prisustvo oštećenja), miris (intenzitet, karakterističnost za vrstu), ukus/aroma (intenzitet, prijatnost, specifični deskriptori), i tekstura (za sveži materijal). Za selektirane parametre (intenzitet arome) korišćena je gradaciona skala 0-100.


15. Zdravstvena bezbednost

Teški metali (Pb, Cd, Hg, As): Atomska apsorpciona spektrofotometrija (AAS) nakon suvog spaljivanja na 450°C . Interna FINSLab akreditovana procedura.

Pesticidne rezidue: Multi-residue skrining metoda GC-MS i LC-MS/MS za detekciju i kvantifikaciju širokog spektra pesticida. Interna FINSLab akreditovana procedura.

Mikotoksini: Određivanje mikotoksina (ukupni aflatoksini, aflatoksin B1, okratoksin A) izvršeno je primenom ELISA testa (Enzyme-Linked Immunosorbent Assay).

Analiza je rađena prema uputstvu proizvođača test kita. Rezultati su izraženi kao koncentracija mikotoksina ($\mu\text{g/kg}$ ili ppb).



Mikrobiološka bezbednost: U okviru mikrobioloških analiza rađena su ispitivanja sledećih parametara: ukupan broj mikroorganizama, ukupan broj kvasaca i plesni, i određivanje broja Escherichia coli. Mikrobiološke analize su rađene prema standardnim metodama: **Ukupan broj mikroorganizama:** SRPS EN ISO 4833-1:2014/A1:2022 - Horizontalna metoda za određivanje broja mikroorganizama — Deo 1: Brojanje kolonija na 30 °C tehnikom nalivanja ploče. **Ukupan broj kvasaca i plesni:** SRPS ISO 21527-2:2011 - Horizontalna metoda za određivanje broja kvasaca i plesni - Deo 2: Tehnika brojanja kolonija u proizvodima sa aktivnošću vode manjom od 0,95 ili jednakom 0,95; **Escherichia coli:** SRPS ISO 16649-2:2008 - Horizontalna metoda za određivanje broja β-glukuronidaza pozitivne Escherichia coli - Deo 2: Tehnika brojanja kolonija na 44 °C pomoću 5-bromo-4-hloro-3-indolil β-D-glukuronida. Rezultati su izraženi kao broj kolonija po gramu uzorka (cfu/g).

Analiza podataka

Svi analitički rezultati prezentovani su kao srednje vrednosti.

Rezultati se prezentuju kao uporedna deskriptivna analiza između regenerativnog i konvencionalnog sistema proizvodnje. S obzirom na dizajn studije (n=1 parcela po sistemu, bez poljskih replikacija), nije sprovedena inferentna statistička analiza (ANOVA, t-testovi). Razlike između sistema diskutuju se kao uočeni trendovi koji zahtevaju potvrdu kroz buduća istraživanja sa adekvatnim brojem replikacija.

Procentualne razlike između sistema računane su kao:

$$\text{Razlika (\%)} = [(\text{Regenerativna} - \text{Konvencionalna}) / \text{Konvencionalna}] \times 100$$

Pozitivne vrednosti ukazuju na više vrednosti u regenerativnoj proizvodnji, negativne na niže.

Analiza trendova

Povrtarske kulture

16. Osnovni hemijski sastav

Osnovni hemijski sastav obuhvata parametre koji određuju tehnološku vrednost i stabilnost biljnog materijala tokom skladištenja i prerade - sadržaj vlage i suve materije (povrtarske kulture), te makronutrijente kao što su proteini i ulja (ratarske kulture).

Ovi parametri su prvi indikatori kvaliteta i osnova za ocenu ekonomske vrednosti proizvoda.

Tabela 2: Osnovni hemijski sastav povrtarskih kultura

Parametar	Peršun lišćar		Šargarepa		Paštrnak	
	R	K	R	K	R	K
Vlaga - sveži (%)	85,5	88,4	77,5	77,7	77,5	77,7
Vlaga - suvi (%)	3,5	4,8	2,9	4,8	2,9	4,8
Suva materija - sveži (%)	14,5	11,6	22,5	22,3	22,5	22,3
Kiselost - sveži (g/L)	2,39	2,98	0,12	0,11	0,12	0,11
Kiselost - suvi (g/L)	15,9	15,4	0,79	0,92	0,79	0,92

R = Regenerativna; K = Konvencionalna

Peršun lišćar pokazuje izraženiju razliku u sadržaju suve materije u svežem stanju - regenerativni uzorak ima 14,5% naspram 11,6% kod konvencionalnog (+25%), što je najveća razlika uočena među povrtarskim kulturama. Korenasto povrće (šargarepa i paštrnak) pokazuje minimalne razlike u vlazi svežih uzoraka (<0,5%), što sugerise da sistem proizvodnje ima ograničen uticaj na hidrataciju korena u momentu berbe.

Konzistentan trend uočen kod sve tri povrtarske kulture jeste niža rezidualna vlaga u sušenim uzorcima regenerativne proizvodnje - šargarepa i paštrnak sa 2,9% naspram 4,8% konvencionalne (-40%), peršun sa 3,5% naspram 4,8% (-27%). Ova razlika može biti povezana sa višim inicijalnim sadržajem suve materije što rezultuje efikasnijim sušenjem, ili sa razlikama u strukturnim karakteristikama tkiva koje utiču na brzinu gubitka vode tokom sušenja.

Kiselost pokazuje minimalne razlike kod korenastog povrća (<10%), što je očekivano za kulture kod kojih organske kiseline nisu dominantna komponenta ukusa.

17. Sastav makro komponenti

Dijetetska vlakna obuhvataju rastvorljive i nerastvorljive komponente biljnog materijala koje ne bivaju razgrađene enzimima digestivnog sistema čoveka. Oba tipa vlakana imaju važne uloge u zdravlju digestivnog sistema. Analiza je sprovedena na sušenim uzorcima povrtarskih kultura.

Tabela 3: Sadržaj i sastav dijetetskih vlakana u povrtarskim kulturama

Tip vlakana	Peršun lišćar		Šargarepa		Paštrnak	
(% na s.m.)	R	K	R	K	R	K
Rastvorljiva	5,88	6,21	10,74	9,22	7,18	7,10
Nerastvorljiva	24,11	31,11	22,99	19,81	20,43	18,91
Ukupna	29,99	37,32	33,73	29,03	27,61	26,01

R = Regenerativna; K = Konvencionalna

Sve tri kulture imaju visok sadržaj ukupnih vlakana (26-37% na suhu materiju), što je očekivano za lisnato i korenasto povrće.

Peršun lišćar: Konvencionalna proizvodnja pokazuje više ukupnih vlakana (37,32% naspram 29,99%), što je primarno rezultat višeg sadržaja nerastvorljivih vlakana (31,11% naspram 24,11%, razlika ~7). Rastvorljiva vlakna su praktično identična (6,21% naspram 5,88%).

Šargarepa: Suprotan obrazac promena - regenerativna proizvodnja ima više ukupnih vlakana (33,73% naspram 29,03%). Ovo je rezultat viših rastvorljivih vlakana (10,74% naspram 9,22%) i viših nerastvorljivih vlakana (22,99% naspram 19,81%). Šargarepa je jedina kultura gde oba tipa vlakana idu u istom smeru - regenerativna viša za oba.

Paštrnak: Minimalne razlike - regenerativna ima neznatno više ukupnih vlakana (27,61% naspram 26,01%, razlika ~6%). Rastvorljiva vlakna praktično identična (7,18% naspram 7,10%), dok nerastvorljiva neznatno viša u regenerativnoj (20,43% naspram 18,91%, razlika +8%).

Ključna opservacija je da tri kulture pokazuju tri različita obrasca:

- Peršun: Konvencionalna > Regenerativna (za nerastvorljiva)
- Šargarepa: Regenerativna > Konvencionalna (za oba tipa)
- Paštrnak: Minimalne razlike

**SISTEM PROIZVODNJE
UTIČE NA SADRŽAJ
VLAKANA, ALI
OBRAZAC NIJE
UNIFORMAN.**

Sadržaj vlakana očigledno ne prati jednostavan obrazac "regenerativna viša" ili "konvencionalna viša" već je specifičan za pojedine kulture. Ovo sugerše da faktori kao što su sorta, fiziologija biljke, faza razvoja, ili specifični agrotehnički faktori mogu biti važniji od samog sistema proizvodnje.

Šećeri (monosaharidi i disaharidi) određuju slatkoću i energetska vrednost povrtarskih proizvoda, a njihov profil može uticati na senzorske karakteristike i tehnološka svojstva

tokom prerade. Kvantifikacijom je obuhvaćeno osam različitih šećera (trehaloza, arabinoza, glukoza, fruktoza, ramnoza, galaktoza, saharoza, maltoza).

Tabela 4: Sadržaj i sastav šećera u povrtarskim kulturama

Šećer g/100g sm	Peršun lišćar		Šargarepa		Paštrnak	
	R	K	R	K	K	R
SVEŽI UZORCI						
Saharoza	0,0232	0,0174	0,0148	0,0163	0,0163	0,0113
Maltoza	0,0352	0,0326	0,0015	0,0263	0,0263	0,0497
Glukoza	ND	0,0765	0,0024	0,0278	0,0227	0,0128
Fruktoza	0,0058	0,0022	ND	ND	0,0024	0,0035
Trehaloza	0,0343	0,0216	0,0002	0,0023	ND	ND
SUŠENI UZORCI						
Saharoza	0,1072	0,0047	0,0955	0,3382	0,0508	0,1123
Maltoza	0,0604	0,1365	0,0829	0,1066	0,2843	0,0117
Glukoza	0,0118	ND	0,0865	0,0063	0,0055	0,0101
Fruktoza	ND	0,0612	ND	ND	0,0191	ND
Trehaloza	0,0997	0,1041	0,1221	0,1602	0,0044	0,0232

R = Regenerativna; K = Konvencionalna

Saharoza

U ispitivanim kulturama ovo je najzastupljeniji disaharid.

Šargarepa pokazuje najizraženiju razliku kod sušenih uzoraka - konvencionalna ima 0,3382 g/100g naspram 0,0955 g/100g kod regenerativne, što predstavlja 3,5× višu vrednost u konvencionalnoj. Ovo je najveća apsolutna vrednost saharoze od svih kultura.

Peršun pokazuje inverzni obrazac - regenerativna suva ima značajno više saharoze (0,1072 vs 0,0047 g/100g, što je 23× razlika!) u odnosu na konvencionalnu.

Paštrnak takođe pokazuje inverzan obrazac - suvi regenerativni ima manje saharoze (0,0508 vs 0,1123 g/100g).

Maltoza:

Paštrnak pokazuje razliku u maltozi - suvi regenerativni ima 0,2843 g/100g naspram 0,0117 g/100g kod konvencionalnog, što je 24× razlika u korist regenerativne!

Šargarepa i peršun pokazuju manje razlike u maltozi, obično sa konvencionalnom nešto višom.

Glukoza i fruktoza:

Oba monosaharida prisutna su u niskim koncentracijama (<0,1 g/100g). Razlike između sistema su varijabilne i specifične za pojedine kulture.

Proces sušenja menja profil šećera - koncentracije se povećavaju zbog gubitka vode, a obrasci postaju složeniji.

**SISTEM PROIZVODNJE
UTIČE NA PROFIL ŠEĆERA,
ALI RAZLIKE SU SPECIFIČNE
ZA KULTURE I ČESTO
INVERZNE.**

Razlike su često velike (>10×) ali idu u različitim smerovima zavisno od kulture i tipa šećera. Ovo sugerše da profil šećera zavisi od kompleksne interakcije između sorte, fiziologije, stadijuma zrelosti, uslova sušenja i možda sistema proizvodnje, ali sistematski obrazac nije evidentan.

Ove razlike u profilu šećera mogu biti povezane sa senzorskim karakteristikama koje su detektovane u senzorskoj analizi, što sugerše da profil šećera ima funkcionalni značaj za percepciju kvaliteta.

18. Mikro komponente

Mineralni sastav obuhvata makroelemente (Ca, K, Mg, Na) i esencijalne mikroelemente (Fe, Zn, Cu, Mn) koji direktno određuju nutritivnu vrednost povrtarskih kultura. Sadržaj minerala u biljkama zavisi od obezbeđenosti zemljišta datim mineralima, ali i od fizičko-hemijskih osobina zemljišta koje utiču na njihovu dostupnost (pH, organska materija, mikrobiološka aktivnost). Ovi parametri su krucijalni za procenu nutritivne adekvatnosti i identifikaciju potencijalnih razlika između proizvodnih sistema.

Tabela 5: Mineralni sastav povrtarskih kultura

Element	Peršun lišćar		Šargarepa		Paštrnak	
mg/kg sm	R	K	R	K	R	K
MAKROELEMENTI						
Ca	9902	6888	3824	3022	2452	3045
K	18274	31853	15852	9439	12840	12716
Mg	3478	3497	1096	887	1682	1984
Na	10286	7404	3518	5455	655	836
MIKROELEMENTI						
Fe	328	117	22,8	45,0	26,7	32,1
Zn	28	39	37,8	22,7	18,9	22,2
Cu	17	18	11,9	8,1	9,3	13,0
Mn	54	44	10,4	5,6	11,2	10,8

R = Regenerativna; K = Konvencionalna

Peršun lišćar:

- Fe (+180%) - signifikantno viši u regenerativnoj
- Ca (+44%) i Mn (+23%) - viši u regenerativnoj
- K (-43%) i Zn (-27%) - niži u regenerativnoj
- Mg i Cu - praktično identični

Šargarepa:

- K (+68%), Zn (+66%), Cu (+46%), Mn (+85%), Ca (+27%) - viši u regenerativnoj
- Fe (-49%) i Na (-36%) - niži u regenerativnoj

Paštrnak:

- Većina minerala pokazuje minimalne razlike (<20%)
- Fe (-17%), Mg (-15%), Ca (-19%) - blago niži u regenerativnoj

SVAKA KULTURA POKAZUJE SPECIFIČAN OBRAZAC PROMENE MINERALNOG SASTAVA.

Peršun ima signifikantno više gvožđa (+180%) ali manje kalijuma (-43%) u regenerativnoj. Šargarepa ima više većine minerala osim gvožđa. Paštrnak pokazuje

minimalne razlike. Ovo sugeriše da uticaj sistema proizvodnje na mineralni sastav je specifičan za kulturu i ne može se generalizovati.

Polifenoli obuhvataju fenolne kiseline i flavonoidne komponente koje doprinose antioksidativnom kapacitetu biljnog materijala i imaju potencijalne zdravstvene benefite. Analiza polifenola sprovedena je na sušenim uzorcima povrtarskih kultura.

Tabela 6: Polifenolni sastav povrtarskih kultura

Šećer	Peršun lišćar		Šargarepa		Paštrnak	
	R	K	R	K	R	K
g/100g sm						
FENOLNE KISELINE						
Kafena kiselina	1,35	0,83	0,31	0,30	0,15	0,20
Ferulna kiselina	2,09	1,03	-	-	-	-
p-Hidroksicimetna	-	-	0,03	0,03	0	0
Vanilinska kiselina	-	-	0,02	2,48	0	0
Hlorogenska kiselina	-	-	0,03	0,81	0,03	0,03
Siringinska kiselina	-	-	0,02	0,56	0,02	0,02
FLAVONOIDI						
Apigenin	17,95	15,52	-	-	-	-
Luteolin	2,75	1,82	-	-	-	-
Apigenin-7-O-apiosilglukozid	24,49	18,64	-	-	-	-
Luteolin-7-O-apiosilglukozid	9,78	7,96	-	-	-	-

Luteolin-7-O-glukozid	9,11	6,97	-	-	-	-
Apigenin-7-O-glukozid	2,33	2,38	-	-	-	-
Luteolin derivat (C-glikozid)	3,16	3,19	-	-	-	-
Katehin	-	-	0,41	0,53	0,29	0,37
Epikatehin	-	-	0,03	10,31	0,04	0,04

R = Regenerativna; K = Konvencionalna

Napomena: Rezultati su izraženi u različitim jedinicama zavisno od kulture - peršun lišćar u mg/kg suve materije, šargarepa i pastrnak u µg/g svežeg uzorka, što reflektuje razlike u koncentracijama i tradicionalnom načinu izražavanja za različite matrikse.

Peršun lišćar pokazuje konzistentno više vrednosti u regenerativnoj proizvodnji za većinu identifikovanih jedinjenja:

- Ferulna kiselina: R = 2,09 vs K = 1,03 mg/kg (+103%)
- Kafena kiselina: R = 1,35 vs K = 0,83 mg/kg (+63%)
- Luteolin: R = 2,75 vs K = 1,82 mg/kg (+51%)
- Apiin: R = 24,49 vs K = 18,64 mg/kg (+31%)

**SISTEM PROIZVODNJE UTIČE
RAZLIČITO NA POLIFENOLNI
PROFIL ZAVISNO OD
KULTURE.**

Šargarepa pokazuje suprotan obrazac - konvencionalna proizvodnja ima više vrednosti:

- Epikatehin: K = 10,31 vs R = 0,03 µg/g (363× razlika)
- Vanilinska kiselina: K = 2,48 vs R = 0,02 µg/g (124× razlika)
- Hlorogenska kiselina: K = 0,81 vs R = 0,03 µg/g (27× razlika)
- Siringinska kiselina: K = 0,56 vs R = 0,02 µg/g (28× razlika)

Pastrnak pokazuje minimalne razlike (sve vrednosti 0,02-0,37 µg/g):

- Katehin: K = 0,37 vs R = 0,29 µg/g (+28%)
- Ostale komponente: razlike <10%

Važno je istaći razlike u apsolutnim nivoima između kultura:

- Peršun: Vrednosti u opsegu 0,83-24,49 mg/kg (relativno visoke koncentracije)
- Šargarepa: Vrednosti u opsegu 0,02-10,31 µg/g (niske koncentracije)
- Pastrnak: Vrednosti u opsegu 0-0,37 µg/g (vrlo niske koncentracije)

Peršun sadrži višestruko više polifenola od korenastog povrća, što je očekivano jer su lisnati delovi biljaka generalno bogatiji bioaktivnim jedinjenjima.

SVAKA KULTURA POKAZUJE SPECIFIČAN OBRAZAC PROMENE SASTAVA POLIFENOLNIH JEDINJENJA.

Razlike mogu biti posledica različitih sistema proizvodnje, mada bi za potvrdu ovog zaključka bilo potrebno uključiti analizu zemljišta i drugih faktora koji mogu uticati na akumulaciju polifenola (sorta, klimatski uslovi, agrotehnički faktori).

Tabela 7: Aromatski profil povrtarskih kultura-sveži uzorci

Element mg/kg sm	Peršun lišćar		Šargarepa		Paštrnak	
	R	K	R	K	R	K
FENILPROPANOIDI						
Apiole	36,6	43,4	3,4	ND	ND	ND
Myristicin	28,2	19,1	2,5	5,0	79,9	71,1
MONOTERPENI						
α -Pinene	0,5	0,9	7,2	ND	ND	ND
Myrcene	1,8	3,3	11,6	ND	ND	ND
Terpinolene	ND	ND	7,3	1,6	17,0	19,3
β -Phellandrene	3,4	5,4	ND	ND	ND	ND
Menthatriene	4,4	7,1	ND	ND	ND	ND
SESKVITERPENI						
trans-Caryophyllene	2,2	2,0	41,9	13,0	ND	ND
α -Humulene	ND	ND	3,6	ND	ND	ND
trans- α -Bisabolene	ND	ND	8,6	ND	ND	ND
POLIACETILENI						
Falcarinol	ND	ND	4,8	10,3	ND	ND

R = Regenerativna; K = Konvencionalna

Tabela 8: Aromatski profil povrtarskih kultura-sušeni uzorci

Element mg/kg sm	Peršun lišćar		Šargarepa		Paštrnak	
	R	K	R	K	R	K
FENILPROPANOIDI						
Apiole	64,7	65,3	ND	ND	ND	ND
Myristicin	12,7	11,7	ND	5,0	78	68
MONOTERPENI						
α -Pinene	2,6	ND	ND	1,55	ND	2
Myrcene	ND	3,3	ND	1,41	ND	ND
Terpinolene	2,9	3,9	ND	ND	9	17
β -Phellandrene	7,5	5,7	ND	ND	ND	ND
Menthatriene	4,4	7,1	ND	ND	ND	ND
SESKVITERPENI						
trans-Caryophyllene	ND	ND	23,1	24,6	ND	ND
α -Humulene	ND	ND	1,87	1,96	ND	ND
trans- α -Bisabolene	ND	ND	7,7	23,3	ND	ND

POLIACETILENI						
Falcarinol	ND	ND	19,3	13,0	ND	ND

R = Regenerativna; K = Konvencionalna

Aromatski profil obuhvata kvalitativni i kvantitativni sastav isparljivih jedinjenja koja određuju aromu i miris povrtarskih kultura. Količina izolovanih eteričnih ulja bila je niska što nije omogućilo kvantifikaciju ukupnog sadržaja, ali je omogućeno određivanje relativnog sastava glavnih komponenti.

Isparljiva jedinjenja grupisana su u četiri glavne hemijske klase: monoterpeni (laka, isparljiva jedinjenja C10), seskviterpeni (teža, stabilnija jedinjenja C15), fenilpropanoidi (aromatična jedinjenja), i poliacetileni (bioaktivne komponente specifične za familiju Apiaceae).

KVALITATIVNE RAZLIKE -

Prisustvo/odsustvo jedinjenja:

Najizraženiji obrazac uočen je kod šargarepe gde regenerativna proizvodnja sadrži čitav niz jedinjenja koja su potpuno odsutna u konvencionalnoj:

- Monoterpeni: α -pinene (7,2% u R, ND u K), myrcene (11,6% u R, ND u K)
- Seskviterpeni: α -humulene (3,6% u R, ND u K), trans- α -bisabolene (8,6% u R, ND u K), cis- α -bisabolene (4,5% u R, ND u K), caryophyllene oxide (5,5% u R, ND u K)

Ova kvalitativna razlika znači da regenerativni sistem aktivira puteve biosinteze koji su slabi ili neaktivni u konvencionalnom sistemu. Kod peršuna i paštrnaka kvalitativne razlike su minimalne - iste komponente su prisutne u oba sistema, ali u različitim količinama.

KVANTITATIVNE RAZLIKE - Distribucija komponenti:

Kod svih kultura gde su iste komponente prisutne u oba sistema, njihova relativna zastupljenost se razlikuje:

- Peršun: Myristicin viši u R (+47%), apiole viši u K (+19%)
- Šargarepa: trans-Caryophyllene 3× viši u R (42% vs 13%), terpinolene 4,5× viši u R (7,3% vs 1,6%)
- Paštrnak: Myristicin viši u R (+12%), terpinolene viši u K (+14%)

SISTEM PROIZVODNJE UTIČE NA KVANTITATIVNU DISTRIBUCIJU KOMPONENTI I NA KVALITATIVNU KOMPLEKSNOST PROFILA (PRISUSTVO/ODSUSTVO SPECIFIČNIH JEDINJENJA).

EFEKTI SUŠENJA:

Proces sušenja smanjuje ali ne eliminiše razlike između sistema proizvodnje. Laki monoterpeni gube se (>80% redukcija), ali teži fenilpropanoidi i seskviterpeni ostaju stabilni. Kvalitativne razlike (prisustvo/odsustvo) uglavnom perzistiraju nakon sušenja, što sugerira da su razlike u biosintetskoj mašineriji stabilna karakteristika sistema proizvodnje, ne samo trenutni metabolički status biljke. Kod sveže forme regenerativna ima viši myristicin i niži apiole. Nakon sušenja razlike u glavnim komponentama se smanjuju (apiole i myristicin praktično identični), ali druge komponente pokazuju različite profile.

Vitamin C: Vitamin C pokazuje različite obrasce između kultura. Peršun lišćar - praktično identičan sadržaj vitamina C između sistema (0,96 vs 0,97 mg/100g, razlika zanemarljiva). Šargarepa - konvencionalna ima viši vitamin C u svežoj formi (47 vs 31 mg/100g s.m., što je +52% više). Paštrnak - potpuno identičan sadržaj vitamina C između sistema (44 mg/100g s.m. u oba).

Samo šargarepa pokazuje razliku, i to u korist konvencionalne. Peršun i paštrnak ne pokazuju uticaj sistema proizvodnje na vitamin C. Ovo sugerira da vitamin C zavisi od kultura-specifičnih faktora i nije pod uniformnim uticajem sistema proizvodnje.

Tabela 9: Vitamin C u povrtarskim kulturama

Kultura	Forma uzorka	Jedinica	Konvencionalna	Regenerativna
Peršun lišćar	Sveža	mg/100g	0,96	0,97
Šargarepa	Sveža	mg/100g s.m.*	47	31
Paštrnak	Sveža	mg/100g s.m.*	44	44

*s.m. = suva materija

Pigmenti: pokazuju inverzije obrazaca između sveže i sušene forme kod obe kulture.

Peršun lišćar:

- Hlorofil a: Regenerativna viša u svežem (+25%), ali konvencionalna viša u sušenom (+52%)
- Hlorofil b: Približno jednako u svežem, ali konvencionalna dramatično viša u sušenom (+148%)
- Karotenoidi: Konvencionalna viša u svežem (+23%), ali regenerativna viša u sušenom (+24%)

Šargarepa (β -karoten):

- Sveža forma: Konvencionalna gotovo duplo viša (0,15 vs 0,08 mg/g, +88%)
- Suva forma: INVERZIJA - regenerativna gotovo duplo viša (1,05 vs 0,58 mg/g, +81%)

Ove inverzije ukazuju na kompleksnu interakciju između sistema proizvodnje i procesa sušenja. Razlike nisu jednostavne već zavise od stabilnosti pigmenata tokom termičke obrade, matrix efekata (prisustvo drugih jedinjenja), i potencijalno različitih uslova sušenja između uzoraka. Parametar koji je "superioran" u svežem stanju može biti "inferioran" nakon sušenja, što naglašava važnost praćenja kvaliteta kroz čitav lanac prerade.

Tabela 10: Pigmenti u povrtarskim kulturama (mg/g)

Kultura	Pigment	Sveži uzorci		Sušeni uzorci	
		Konv.	Regen.	Konv.	Regen.
Peršun lišćar	Hlorofil a	0,59	0,74	3,72	2,45
	Hlorofil b	0,39	0,41	1,59	0,64
	Ukupni karotenoidi	0,27	0,22	0,84	1,04
Šargarepa	β -karoten	0,15	0,08	0,58	1,05

Paštrnak nije analiziran za pigmente (beli koren sa minimalnim sadržajem karotenoida)

19. Senzorska svojstva

Senzorska analiza pruža direktan uvid u percepciju kvaliteta od strane potrošača, identifikujući razlike koje mogu biti relevantne za tržišnu prihvatljivost proizvoda. Za razliku od instrumentalnih parametara koji mere specifične hemijske komponente, senzorska evaluacija odražava integrisano iskustvo koje nastaje interakcijom svih komponenti - arome, ukusa, teksture i izgleda.

Osnovna senzorska evaluacija potvrdila je da svi uzorci zadovoljavaju standarde kvaliteta - izgled svojstven bez znakova uvelosti, miris i ukus karakteristični za kulturu. Gradaciona analiza intenziteta arome pokazala je razlike između sistema proizvodnje.

Aroma za sve tri povrtarske kulture pokazuje konzistentan obrazac - regenerativni uzorci imaju intenzivniju aromu u sušenom stanju u poređenju sa konvencionalnim. Kod peršuna lišćara ova razlika je kvantifikovana gradacionom skalom (80 vs 45 na skali 0-100, odnosno +78%), što predstavlja signifikantnu razliku u senzorskoj percepciji. Šargarepa i paštrnak takođe pokazuju izraženiju aromu i miris kod regenerativnih uzoraka, mada bez kvantitativne gradacije.

Slatkoća pokazuje različite obrasce - šargarepa iz regenerativne proizvodnje je slađa, dok je paštrnak iz regenerativne proizvodnje manje sladak u poređenju sa konvencionalnim. Ovo sugerše da uticaj sistema proizvodnje na senzorsku slatkoću nije uniforman već zavisi od specifičnosti kulture.

Boja takođe pokazuje razlike - regenerativna šargarepa ima intenzivniju narandžastu boju u poređenju sa bleđom konvencionalnom, što može biti povezano sa višim sadržajem karotenoida. Senzorska evaluacija svežeg paštrnaka pokazala je identičnu boju između regenerativnog i konvencionalnog uzorka - oba su imala tipičnu belu do krem boju karakterističnu za paštrnak. Miris je takođe bio približno jednak između sistema, sa prepoznatljivim karakterističnim mirisom na paštrnak prisutnim u oba uzorka.

Tabela 11: Senzorska svojstva povrtarskih kultura

Parametar	Regenerativna	Konvencionalna	Komentar
Peršun lišćar – sveži			
Izgled	Bez uvelosti	Bez uvelosti	Oba zadovoljavaju
Miris	Karakterističan	Karakterističan	Oba svojstvena vrsti
Ukus	Karakterističan	Karakterističan	Oba svojstvena vrsti
Peršun lišćar – suvi			
Intenzitet arome (0-100)	80	45	R intenzivnija (+78%)
Šargarepa – sveža			
Veličina/uniformnost	Neujednačena	Neujednačena	Obe varijabilne
Šargarepa – suva			
Miris	Prijatan	Neutralan	R aromatičnija
Aroma	Izražena	Slabija	R izraženija
Sladak ukus	Izraženiji	Manje izražen	R slađa
Boja	Intenzivno narandžasta	Bledo narandžasta	R intenzivnija
Paštrnak – sveži			
Veličina/uniformnost	Neujednačena	Neujednačena	Obe varijabilne
Paštrnak – suvi			
Miris	Aromatičan	Manje aromatičan	R aromatičniji
Ukus na paštrnak	Jači	Slabiji	R jači (+intenzitet)
Sladak ukus	Manje sladak	Slađi	K slađi

Morfološke karakteristike svežeg materijala (veličina, uniformnost) bile su neujednačene kod obe proizvodnje za korenasto povrće, što sugerira da ove karakteristike nisu primarno određene sistemom već sortom, uslovima rasta ili agrotehnikom.

Šargarepa iz regenerativne proizvodnje pokazivala je veću varijabilnost u morfologiji - koreni su bili krupniji ali neujednačeni po veličini, vizuelno suvlji. Konvencionalna šargarepa bila je uniformnija po veličini, vizuelno sočnija sa intenzivnijom slatkoćom.

Razgranatost korena (račvanje) uočena je u oba sistema proizvodnje, ali sa različitim obrascem - kod konvencionalne šargarepe račvanje se javljalo mnogo pliće (bliže vrhu korena), što može biti rezultat različite strukture zemljišta ili mehaničkih prepreka u zoni rasta korena. Dublje račvanje kod regenerativne može reflektovati drugačiju strukturu zemljišta nakon 5 godina regenerativnih praksi.

Oštećenja od navodnjavanja (pucanje korena) bila su prisutna u oba sistema, što reflektuje meteorološke uslove krajem vegetacione sezone 2025. godine. Ova oštećenja nisu specifična za sistem proizvodnje već za klimatske uslove i režim navodnjavanja.



I regenerativni i konvencionalni pastrnak pokazivali su neujednačene veličine i oblike, što je tipično za ovu kulturu koja ima tendenciju ka razgranatosti i varijabilnosti u zavisnosti od strukture zemljišta i prisustva mehaničkih prepreka u zoni rasta korena. Oba sistema proizvodnje pokazuju sličnu varijabilnost. Ono što je tipično za oba uzorka pastrnaka je oštećenje nastalo od vađenja (koren nema punu dužinu), što je posledica sušne godine i neophodnost vađenja korena iz suve zemlje.



Nakon procesa sušenja, senzorski profil pokazao je kod šargarepe razlike u intenzitetu arome i slatkoće:

- Regenerativna: Blago slatka sa karakterističnim mirisom na šargarepu, intenzivnija boja (narandžasta)
- Konvencionalna: Intenzivniji miris, aroma i slatkoća u odnosu na regenerativnu, ali svetlija boja

Nakon procesa sušenja, senzorski profil pokazao je razlike i kod paštrnaka:

- Regenerativni: Aromatičniji, jači ukus na paštrnak, manje sladak
- Konvencionalni: Slađi u odnosu na regenerativni, ali manje izražen karakterističan ukus paštrnaka

Instrumentalna analiza boje korišćenjem CIE Lab sistema omogućava objektivnu kvantifikaciju razlika u boji koje mogu, ali i ne moraju, biti vidljive golim okom. Ukupna razlika u boji (ΔE) predstavlja sintetički pokazatelj odstupanja u sva tri parametra kolorimetrijskog prostora (L^* - svetlina, a^* - crveno-zeleni opseg, b^* - žuto-plavi opseg) i ima direktnu povezanost sa percepcijom boje kod potrošača.

Tabela 12: Kolorimetrijski parametri


Element	Peršun lišćar		Šargarepa		Paštrnak	
mg/kg sm	R	K	R	K	R	K
SVEŽI UZORCI						
L* (svetlina)	43,2	44,2	56,2	57,2	86	88
a* (crveno-zeleno)	-10,2	-13,7	21,3	29,6	-3,2	-2,7
b* (žuto-plavo)	17,2	18,0	37,8	50,4	22	23
SUŠENI UZORCI						
L* (svetlina)	43,2	44,6	46	50	64	65
a* (crveno-zeleno)	-12,7	-11,3	18	22	0,25	0,43
b* (žuto-plavo)	16,2	17,5	21	25	20	21

Razlike u boji ΔE

Kultura	Forma uzorka	ΔE	Interpretacija
Peršun lišćar	Sveži	3,75	Jasno vidljiva razlika
	Suvi	2,37	Primetna razlika
Šargarepa	Sveža	15,2	Vrlo izražena razlika
	Suva	6,3	Jasno vidljiva razlika
Paštrnak	Sveži	2,0	Ispod praga jasne vidljivosti
	Suvi	1,1	Praktično zanemarljiva razlika

Interpretacija: $\Delta E < 1$ = nevidljiva razlika; 1-2 = jedva primjetna; 2-3.5 = primjetna; 3.5-5 = jasno vidljiva; 5-10 = velika razlika; $\Delta E > 10$ = vrlo izražena razlika





Instrumentalna analiza boje otkriva različite obrasce između tri povrtarske kulture, uprkos činjenici da su sve gajene pod istim periodom regenerativne primene.

Šargarepa pokazuje najizraženiju razliku od svih analiziranih parametara u celoj studiji - $\Delta E = 15,2$ za svežu šargarepu predstavlja razliku koja je nepogrešivo vidljiva golim okom i može imati direktan uticaj na izbor potrošača. Čak i nakon sušenja, razlika ostaje jasno vidljiva ($\Delta E = 6,3$), što sugerše da je razlika u boji rezultat hemijskog sastava (verovatno karotenoidi), ne samo površinskih karakteristika svežeg materijala. Ova razlika je konzistentna sa senzorskom evaluacijom koja je opisala regenerativnu šargarepu kao "intenzivno narandžastu" naspram "bledo narandžaste" kod konvencionalne.

Peršun lišćar pokazuje umerenu razliku - $\Delta E = 3,75$ za sveži materijal je na granici jasne vidljivosti ($>3,5$), dok suvi peršun ima $\Delta E = 2,37$ što je u opsegu primetne ali ne dramatične razlike. Ove vrednosti sugeršu da razlike postoje ali nisu toliko izražene kao kod šargarepe.

Paštrnak pokazuje minimalnu razliku - ΔE vrednosti ispod 2,0 za obe forme (sveža i suva) sugeršu da vizuelna razlika između sistema proizvodnje praktično ne postoji. Ovo je u skladu sa činjenicom da je paštrnak beo koren sa minimalnim sadržajem pigmenata.

Instrumentalna analiza boje pokazala se kao neophodan parametar za povrtarske kulture, posebno one kod kojih je boja važan atribut kvaliteta (šargarepa, lisnato povrće). Instrumentalna kolorimetrija mora ostati standardni deo evaluacije u budućim istraživanjima.

Ratarske kulture

20. Osnovni hemijski sastav

Osnovni hemijski sastav obuhvata parametre koji određuju tehnološku vrednost i stabilnost biljnog materijala tokom skladištenja i prerade - sadržaj vlage i suve materije (povrtarske kulture), te makronutrijente kao što su proteini i ulja (ratarske kulture). Ovi parametri su prvi indikatori kvaliteta i osnova za ocenu ekonomske vrednosti proizvoda.

Tabela 13: Osnovni hemijski sastav ratarskih kultura

Parametar	Suncokret		Soja	
	R	K	R	K
Vlaga. %	6,4	6,3	8,9	7,7
Proteini, % na s.m.	-	-	38,9	38,3
Ulja, %	41,0	47,3	19,8	19,8

R = Regenerativna; K = Konvencionalna

Vlaga semena je praktično identična kod oba sistema za obe kulture (razlike <2%), što je očekivano s obzirom da je vlažnost semena primarno određena uslovima sušenja nakon berbe, ne sistemom proizvodnje.

Sadržaj ulja predstavlja parametar sa najizraženijom razlikom u celoj studiji - suncokret iz regenerativne proizvodnje ima 41,0% ulja naspram 47,3% kod konvencionalnog, što predstavlja smanjenje od -13,3%. Ovo je ekonomski najrelevantnija razlika dokumentovana u ovom istraživanju. Nasuprot tome, soja pokazuje gotovo identičan sadržaj ulja između sistema (19,8% vs 19,8%).

Sadržaj proteina kod soje je minimalno različit (38,9% vs 38,3%, razlika +1,6%), što je u okviru prirodne varijabilnosti.

21. Sastav makro komponenti

Sadržaj ulja i profil masnih kiselina su ključni parametri kvaliteta uljarica koji određuju ekonomsku vrednost (sadržaj ulja) i nutritivnu/tehnološku vrednost proizvoda (sastav masnih kiselina).

Tabela 14: Profil masnih kiselina ratarskih kultura

Kategorija masnih kiselina	Suncokret		Soja	
g/100g ukupnih masnih kiselina	R	K	R	K
ZASIĆENE	12,1	11,5	15,6	15,9
- Miristinska (C14:0)	0,1	0,1	0,1	0,1
- Palmitinska (C16:0)	6,4	6,5	11,0	11,4
- Margarinska (C17:0)	-	-	0,1	0,1
- Stearinska (C18:0)	4,0	3,6	3,9	3,7
- Arahinska (C20:0)	0,8	0,7	0,8	0,7
- Behenska (C22:0)	0,7	0,7	0,4	0,4
MONONEZASIĆENE	27,2	24,1	22,7	23,3
- Palmitoleinska (C16:1)	0,1	0,1	0,1	0,1
- Oleinska (C18:1)	27,0	23,9	22,5	23,1
- Gondoiniska (C20:1)	0,1	0,1	-	-
POLINEZASIĆENE	60,7	64,4	53,9	56,1
- Linolna (C18:2, omega-6)	60,6	64,3	47,6	49,4
- Linolenska (C18:3, omega-3)	0,1	0,1	6,0	6,3
- Ostale polinezasićene			0,3	0,4

R = Regenerativna; K = Konvencionalna

Suncokret karakteriše profil masnih kiselina koji pokazuje minimalne razlike uprkos velikoj razlici u sadržaju ulja:

- Oleinska kiselina: R = 27,0% vs K = 23,9% (razlika +13%)
- Linolna kiselina: R = 60,6% vs K = 64,3% (razlika -6%)
- Zasićene: R = 12,1% vs K = 11,5% (razlika +5%)

Oleinska kiselina neznatno viša u regenerativnoj (27,0% vs 23,9%).

Linolna kiselina neznatno niža u regenerativnoj (60,6% vs 64,3%).

Ostale masne kiseline pokazuju minimalne ili nikakve razlike.

Ove razlike su male i ukazuju da sistem proizvodnje ne menja fundamentalno kvalitativnu kompoziciju ulja - oba sistema proizvode tipičan linolni tip suncokretovog ulja sa sličnim nutritivnim i tehnološkim karakteristikama. Blaga tendencija ka višoj oleinskoj kiselini u regenerativnoj može biti pozitivna za oksidativnu stabilnost, ali razlika nije dovoljno velika za praktični značaj.

**VELIKA RAZLIKA
U KVANTITETU
ULJA,
MINIMALNE
RAZLIKE U
KVALITETU**

**IDENTIČAN
KVANTITET (ULJA,
PROTEINI),
IDENTIČAN KVALITET
(PROFIL KISELINA)**

Soja - praktično identični rezultati: Zasićene masne kiseline praktično identične (17,5% naspram 17,4%). Mononezasićene neznatno više kod regenerativne (28,7% naspram 26,4%), primarno zbog oleinske kiseline. Polinezasićene neznatno niže kod regenerativne (53,9% naspram 56,1%).

Linolna kiselina (omega-6) - dominantna masna kiselina sojinog ulja - minimalna razlika (47,6% naspram 49,4%). Alfa-linolenska kiselina (omega-3) praktično identična (6,0% naspram 6,3%).

Odnos omega-6/omega-3 gotovo identičan (8,0 naspram 7,9).

Profil masnih kiselina kod soje takođe pokazuje minimalne razlike:

- Oleinska: R = 22,5% vs K = 23,1% (razlika -3%)
- Linolna (omega-6): R = 55,7% vs K = 54,5% (razlika +2%)
- Linolenska (omega-3): R = 6,0% vs K = 6,3% (razlika -5%)

Sve razlike su u opsegu <5%, što sugerise da sistem proizvodnje ne utiče na ni jedan ključni parametar kvaliteta sojine proizvodnje posle 2 godine primene.

Razlika između soje i suncokreta može biti povezana sa specifičnostima kultura - suncokret kao isključivo uljana kultura može biti osetljiviji na promene u dostupnosti nutrijenata ili vodnom režimu koje mogu uticati na akumulaciju ulja, dok soja kao proteinsko-uljana kultura može biti stabilnija. Alternativno, razlike mogu biti povezane sa različitim agrotehnikom, sortnim karakteristikama, ili specifičnim uslovima rasta tokom sezone 2025.

Sadržaj proteina i aminokiselinski profil su ključni parametri kvaliteta soje koji određuju nutritivnu vrednost za ishranu ljudi i životinja. Soja je najvažniji izvor biljnih proteina u globalnoj ishrani, a njen aminokiselinski profil je bogatiji od većine drugih biljnih izvora.



Tabela 15: Aminokiselinski profil soje

Aminokiselina	Regenerativna	Konvencionalna	Razlika
ESENCIJALNE AMINOKISELINE			
Lizin	2,83	2,82	+0,4%
Leucin	2,66	2,65	+0,4%
Fenilalanin	2,01	2,02	-0,5%
Valin	2,04	2,02	+1,0%
Izoleucin	1,70	1,68	+1,2%
Treonin	1,68	1,64	+2,4%
Histidin	0,942	0,953	-1,2%
Metionin	0,376	0,363	+3,6%
NAJZASTUPLJENIJE NEESENCIJALNE			
Glutaminska kiselina	6,60	6,46	+2,2%
Asparaginska kiselina	4,99	4,87	+2,5%
Serin	2,34	2,32	
Prolin	1,27	1,29	
Glicin	1,70	1,65	
Alanin	1,76	1,71	
Cistin	0,842	0,818	
Tirozin	1,30	1,31	
Arginin	2,41	2,46	
UKUPNO AMINOKISELINE	37,45	37,03	+1,1%

Ukupne aminokiseline pokazuju praktično identičan sadržaj - 37,45 g/100g kod regenerativne vs 37,03 g/100g kod konvencionalne, razlika od samo +1,1%. Ovo potvrđuje da ukupna količina proteina i aminokiselinski sastav tog proteina nisu pod uticajem sistema proizvodnje nakon 2 godine primene.

Esencijalne aminokiseline (koje ljudski organizam ne može sintetisati) pokazuju minimalne razlike:

- Lizin (najvažnija esencijalna aminokiselina, limitirajuća u žitaricama): 2,83 vs 2,82 g/100g - razlika +0,4%
- Metionin (limitirajuća aminokiselina u soji): 0,376 vs 0,363 g/100g - razlika +3,6% (najveća razlika, ali i dalje mala)
- Leucin, treonin, valin, izoleucin: razlike 0,4-2,4%
- Fenilalanin i histidin: minimalno niži u regenerativnoj (-0,5% i -1,2%)

Sve razlike u esencijalnim aminokiselinama su ispod 4%, što je u okviru analitičke i biološke varijabilnosti.



Najzastupljenije neesencijalne aminokiseline:

- Glutaminska kiselina (najzastupljenija aminokiselina u soji): 6,60 vs 6,46 g/100g - razlika +2,2%
- Asparaginska kiselina: 4,99 vs 4,87 g/100g - razlika +2,5%

Obe pokazuju blago više vrednosti u regenerativnoj, ali razlike su male.

**SISTEM PROIZVODNJE NE
UTIČE SIGNIFIKANTNO NA
SADRŽAJ PROTEINA NITI
NA AMINOKISELINSKI
PROFIL SOJE.**

Za razliku od suncokreta gde je sadržaj ulja pokazao signifikantnu razliku (-13%), soja pokazuje izuzetno male razlike u svim parametrima - proteini, ulja (iz prethodne sekcije 3.7: identično 19,8%), masne kiseline (<5%), i aminokiseline (<4%). Ovo sugerše da je soja kao kultura stabilnija u odnosu na

promene u sistemu proizvodnje, bar tokom ranih faza (2 godine) implementacije regenerativnih praksi.

Zdravstvena bezbednost

Bezbednost proizvoda je fundamentalni zahtev za bilo koji sistem proizvodnje hrane. Analiza bezbednosti obuhvatila je hemijske kontaminante (rezidue pesticida, teški metali, mikotoksini) i mikrobiološke parametre koji mogu predstavljati rizik po javno zdravlje. Testiranje je sprovedeno na povrtarskim i ratarskim kulturama iz regenerativne i konvencionalne proizvodnje.

Na osnovu sprovedenih laboratorijskih ispitivanja, utvrđeno je da ispitivani uzorci iz oba sistema proizvodnje ispunjavaju važeće regulatorne zahteve u pogledu bezbednosti i kvaliteta.

Rezidue pesticida: Testirano je 502 aktivne materije koje pokrivaju širok spektar pesticida korišćenih u konvencionalnoj poljoprivredi. Sve testirane supstance bile su ispod limita detekcije u oba sistema, što potvrđuje da su proizvodi bezbedni sa aspekta hemijskih rezidua.

Teški metali: Analiza teških metala (Pb, Cd, Hg, As) pokazala je da su sve vrednosti daleko ispod regulatornih limita u oba sistema. Ovo je posebno važno za regenerativnu proizvodnju koja koristi organska đubriva i kompost - rezultati potvrđuju da pravilno upravljan regenerativni sistem ne akumulira teške metale u biljnom materijalu.

Mikotoksini: Svi testirani mikotoksini (aflatoksini, ohratoksin A) bili su ispod limita detekcije. Ovo je značajan nalaz jer je postojala teorijska zabrinutost da bi odsustvo fungicida u regenerativnoj proizvodnji moglo povećati rizik od gljivičnih infekcija i

produkcije mikotoksina. Rezultati pokazuju da ova zabrinutost nije opravdana za testirane kulture pod datim uslovima.

Mikrobiološka bezbednost: Svi mikrobiološki parametri bili su u skladu sa propisima. Posebno je važno odsustvo patogenih bakterija (*E. coli* <10 cfu/g) što potvrđuje da korišćenje životinjskog komposta u regenerativnoj proizvodnji, kada je pravilno upravljano, ne predstavlja mikrobiološki rizik.

**OBA SISTEMA PROIZVODNJE -
REGENERATIVNI I
KONVENCIONALNI -
PROIZVODE BEZBEDNE
PROIZVODE.**

Na osnovu navedenog, može se zaključiti da ispitivani proizvodi, bez obzira na sistem proizvodnje, ne predstavljaju rizik po bezbednost potrošača u pogledu prisustva analiziranih hemijskih i mikrobioloških kontaminanata. Svi testirani bezbednosni parametri, bez izuzetka, bili su u skladu sa regulatornim zahtevima za oba sistema proizvodnje. Nije identifikovan nijedan bezbednosni rizik koji bi kontraindikirao regenerativnu proizvodnju.

Regenerativna poljoprivreda prošla je bezbednosni screening u ovoj pilot studiji - nije identifikovan nijedan rizik. Međutim, s obzirom da se radi o relativno novom sistemu proizvodnje, neophodan je kontinuirani bezbednosni monitoring kroz buduća istraživanja dok se ne akumulira dovoljan broj dokaza tokom dužeg vremenskog perioda i kroz različite uslove. Bezbednost ne može biti pretpostavka - mora biti redovno verifikovana.

Diskusija

Razlike među kulturama

Analiza pet kultura nakon različitih perioda primene regenerativnih praksi (2 ili 5 godina) otkriva heterogen obrazac gde različite kulture pokazuju različite odgovore na sistem proizvodnje.

22. Peršun liščar

Peršun liščar uzorkovan je tokom prvog otkosa u junu 2025. godine, pri čemu su konvencionalni uzorci prikupljeni 9. juna, a regenerativni 11. juna. Uzorci iz oba sistema proizvodnje analizirani su u svežem i sušenom stanju. Parcele na kojima je peršun liščar gajen u regenerativnom sistemu nalazile su se pod ovim režimom tokom petogodišnjeg perioda (2020–2025).


Rezultati analiza ukazuju na konzistentne i jasno izražene razlike između sistema proizvodnje u pogledu aromatskih i bioaktivnih komponenti peršuna liščara nakon pet godina primene regenerativnih praksi. Regenerativno proizvedeni peršun odlikovao se značajno intenzivnijom aromom, sa povećanjem u rasponu od 51% do 78%, što je povezano sa drugačijim i bogatijim profilom fenilpropanoidnih jedinjenja.

Sadržaj polifenola bio je viši u regenerativnim uzorcima za većinu analiziranih jedinjenja, pri čemu je sedam od devet identifikovanih komponenti pokazalo povećanje u rasponu od 16% do 103% u odnosu na konvencionalnu proizvodnju. Takođe, regenerativni uzorci imali su viši sadržaj miristicina u svežoj formi, sa razlikom od približno 47%, što doprinosi izraženijem karakterističnom mirisu i ukusu.

Analiza mineralnog sastava pokazala je viši sadržaj gvožđa, kalcijuma i mangana u regenerativno proizvedenom peršunu, dok su niže vrednosti kalijuma i cinka zabeležene u poređenju sa konvencionalnim uzorcima. Ovakav raspored ukazuje na selektivne promene u dostupnosti i usvajanju minerala uslovljene dugotrajnijom primenom regenerativnih praksi.

Određeni parametri pokazali su inverzne obrasce između sveže i sušene forme, naročito u slučaju pigmentata i pojedinih šećera, što ukazuje na interakciju sistema proizvodnje sa procesima prerade i stabilnošću pojedinih komponenti tokom sušenja.

Uprkos uočenim razlikama u hemijskom sastavu i senzorskim svojstvima, oba sistema proizvodnje daju bezbedan proizvod koji u potpunosti zadovoljava sve važeće regulatorne zahteve.



Treba naglasiti da se ovi rezultati odnose na jedan otkos tokom jedne vegetacione sezone (jun 2025. godine). Za donošenje pouzdanih zaključaka o dugoročnom uticaju regenerativnog sistema proizvodnje na kvalitet peršuna lišćara neophodna su višegodišnja ispitivanja koja bi obuhvatila različite klimatske uslove, sezonsku dinamiku, kao i veći broj uzoraka i replikacija.

23. Šargarepa

Šargarepa je uzorkovana u oktobru 2025. godine, nakon dostizanja tehnološke zrelosti. Uzorci iz oba sistema proizvodnje analizirani su u svežem i sušenom stanju. Parcele na kojima je šargarepa gajena u regenerativnom sistemu nalazile su se pod ovim režimom tokom petogodišnjeg perioda (2020–2025).


Rezultati analiza ukazuju da šargarepa pokazuje kompleksne i često inverzne razlike između konvencionalnog i regenerativnog sistema proizvodnje nakon pet godina primene regenerativnih praksi. Regenerativno proizvedena šargarepa odlikovala se bogatijim aromatskim profilom, koji obuhvata širi spektar monoterpena i seskviterpena, što je potvrđeno i senzorskom evaluacijom koja je ovu šargarepu opisala kao aromatičniju i izraženijeg ukusa.

U pogledu mineralnog sastava, regenerativni uzorci pokazali su značajno viši sadržaj kalijuma, magnezijuma, cinka i mangana, uz povećanje ukupnih vlakana u odnosu na konvencionalnu proizvodnju. Ovi nalazi ukazuju na potencijalni uticaj dugotrajnije primene regenerativnih praksi na dostupnost minerala i strukturu korena, što je dodatno potvrđeno uočenim razlikama u morfologiji, sa izraženijim i dubljim račvanjem korena kod regenerativno gajenih biljaka.

Sa druge strane, konvencionalno proizvedena šargarepa pokazala je viši sadržaj vitamina C u svežoj formi, kao i znatno viši sadržaj polifenolnih jedinjenja. Razlike u sadržaju β -karotena bile su zavisne od forme proizvoda, pri čemu je u svežem stanju konvencionalna šargarepa imala viši sadržaj, dok je u sušenoj formi regenerativna šargarepa pokazala veće vrednosti, što ukazuje na inverziju uslovljenu interakcijom sistema proizvodnje i procesa prerade.

Analiza sastava šećera ukazala je na viši sadržaj saharoze u sušenoj konvencionalnoj šargarepi, što je u skladu sa senzorskom percepcijom izraženije slatkoće. Regenerativni uzorci, iako hemijski profil šećera nije bio u potpunosti uniforman, senzorski su u većini slučajeva percipirani kao slađi, što ukazuje na složene sinergističke efekte između šećera i aromatskih jedinjenja.

Uprkos uočenim razlikama u hemijskom sastavu i senzorskim svojstvima, oba sistema proizvodnje daju bezbedan proizvod koji u potpunosti zadovoljava sve važeće regulatorne zahteve. Dobijeni rezultati potvrđuju da razlike u hemijskom sastavu



šargarepe nisu posledica analitičke varijabilnosti, već imaju funkcionalni značaj koji se manifestuje u percepciji kvaliteta proizvoda.

Treba naglasiti da se ovi rezultati odnose na jednu berbu tokom jedne vegetacione sezone (oktobar 2025. godine). Za donošenje pouzdanijih zaključaka o dugoročnom uticaju regenerativnog sistema proizvodnje na kvalitet šargarepe neophodna su višegodišnja ispitivanja koja bi obuhvatila različite klimatske uslove, kao i veći broj uzoraka i replikacija.

24. Paštrnak

Paštrnak je uzorkovan u oktobru 2025. godine, nakon dostizanja tehnološke zrelosti. Uzorci iz oba sistema proizvodnje analizirani su u svežem i sušenom stanju. Parcele na kojima je paštrnak gajen u regenerativnom sistemu nalazile su se pod ovim režimom tokom petogodišnjeg perioda (2020–2025).

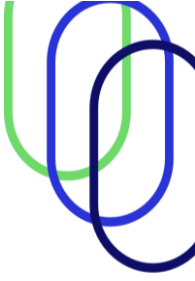
Paštrnak se karakteriše kao bela korenasta kultura sa veoma niskim sadržajem karotenoida, koji su u svim analiziranim uzorcima bili ispod praga detekcije, kao i intenzivnom karakterističnom aromom koja potiče od visokog sadržaja miristicina.

Rezultati analiza ukazuju na minimalnu diferencijaciju između konvencionalnog i regenerativnog sistema proizvodnje u pogledu većine ispitivanih hemijskih parametara. Instrumentalne analize pokazale su da su razlike u koncentracijama većine komponenti manje od 20%, dok je sadržaj vitamina C bio potpuno identičan u oba sistema proizvodnje (44 mg/100 g).

Senzorska evaluacija, međutim, ukazuje na izraženiju aromatičnost regenerativno proizvedenog paštrnaka, naročito u sušenoj formi. Ova razlika u senzorskom kvalitetu potvrđena je stabilnijim zadržavanjem pojedinih aromatičnih jedinjenja tokom procesa sušenja. Regenerativni uzorci pokazali su stabilniji sadržaj terpinolena, sa približno jednakim udelom u svežoj i sušenoj formi, dok je kod konvencionalnih uzoraka zabeležen značajan pad ovog jedinjenja tokom sušenja.

Sadržaj miristicina pokazao je različite trendove u zavisnosti od forme proizvoda. U svežem stanju, regenerativni uzorci imali su viši sadržaj miristicina u odnosu na konvencionalne, dok je u sušenoj formi zabeležena inverzija, sa višim sadržajem miristicina u konvencionalnom uzorku. Ovakva dinamika ukazuje na složenu interakciju između sistema proizvodnje i procesa prerade, kao i na mogućnost različite stabilnosti aromatičnih jedinjenja tokom sušenja.

Regenerativni suvi paštrnak imao je i povoljniju finalnu vlagu (2,94%) u poređenju sa konvencionalnim uzorkom (4,78%), što može doprineti boljoj stabilnosti proizvoda tokom skladištenja. Vлага u svežoj formi bila je praktično identična u oba sistema



proizvodnje. Mineralni profil i sadržaj polifenola pokazali su samo male razlike između uzoraka, pri čemu su koncentracije polifenola bile niske u oba sistema.

Analiza sastava šećera pokazala je razlike koje su u skladu sa rezultatima senzorske evaluacije. Regenerativni uzorci imali su niži sadržaj saharoze i znatno viši sadržaj maltoze u sušenoj formi, što je povezano sa percepcijom manje izražene slatkoće, ali jačeg karakterističnog ukusa paštrnaka.

Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da, iako su razlike u većini hemijskih parametara relativno male, regenerativni sistem proizvodnje nakon pet godina primene pokazuje konzistentnu prednost u pogledu senzorskog kvaliteta paštrnaka, naročito izraženu u sušenoj formi. Oba sistema proizvodnje daju bezbedan proizvod koji u potpunosti zadovoljava sve važeće regulatorne zahteve.

Treba naglasiti da se ovi rezultati odnose na jednu berbu tokom jedne vegetacione sezone (oktobar 2025. godine). Za donošenje pouzdanijih zaključaka o dugoročnom uticaju regenerativnog sistema proizvodnje na kvalitet paštrnaka neophodna su višegodišnja ispitivanja koja bi obuhvatila različite klimatske uslove, kao i veći broj uzoraka i replikacija.

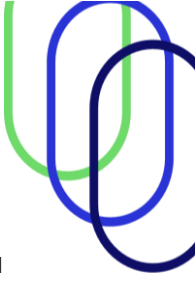
25. Suncokret

Suncokret je uzorkovan u oktobru 2025. godine, nakon dostizanja tehnološke zrelosti, pri čemu je sadržaj vlage u semenu bio ispod 10%. Parcele na kojima je gajen suncokret u regenerativnom sistemu nalazile su se pod ovim režimom u periodu od dve godine (2023–2025), što predstavlja kraći vremenski interval u poređenju sa povrtarskim kulturama koje su bile pod regenerativnim režimom pet godina.

Rezultati analiza ukazuju da suncokret pokazuje najizraženiju razliku u ovoj studiji, i to u pogledu sadržaja ulja. Regenerativno proizveden suncokret imao je značajno niži sadržaj ulja u poređenju sa konvencionalnim uzorkom (41,00% naspram 47,31%), što predstavlja razliku od 6,31 procentnih poena, odnosno relativno smanjenje od 13,3%.

Uprkos izraženoj razlici u kvantitativnom sadržaju ulja, kvalitativni profil masnih kiselina pokazao je minimalne razlike između sistema proizvodnje. U oba slučaja dobijeno je ulje tipičnog linolnog tipa, sa sličnim nutritivnim karakteristikama. Udeo oleinske kiseline bio je neznatno viši u regenerativnom uzorku (27,0% u odnosu na 23,9%), dok je sadržaj linolne kiseline bio blago niži (60,6% naspram 64,3%), bez značajnog uticaja na ukupni nutritivni kvalitet ulja.

Sadržaj vlage u semenu bio je praktično identičan u oba sistema proizvodnje (6,29% kod konvencionalnog i 6,41% kod regenerativnog uzorka), što ukazuje na uporedivu stabilnost i pogodnost za skladištenje.



Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da, iako regenerativni sistem proizvodnje nakon dve godine primene može biti povezan sa nižim sadržajem ulja u semenu suncokreta, ne dolazi do značajnih razlika u pogledu kvalitativnog sastava ulja. Oba sistema proizvodnje daju bezbedan i tržišno prihvatljiv proizvod, sa odgovarajućim sadržajem vlage i tipičnim profilom masnih kiselina, bez prisustva kontaminenata ili nepoželjnih komponenti.

Važno je naglasiti da se ovi rezultati odnose na jednu žetvu tokom jedne vegetacione sezone (oktobar 2025. godine), kao i na parcele koje su bile pod regenerativnim režimom relativno kratak period od dve godine. Za donošenje pouzdanijih zaključaka o uticaju regenerativnog sistema proizvodnje na sadržaj ulja i kvalitet suncokreta neophodna su višegodišnja istraživanja koja bi obuhvatila različite klimatske uslove, duži period primene regenerativnih praksi (najmanje 3–5 godina), kao i veći broj uzoraka i replikacija.

26. Soja

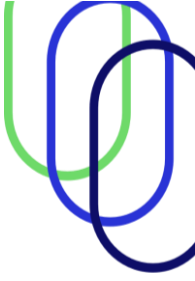
Soja je uzorkovana u oktobru 2025. godine, nakon dostizanja tehnološke zrelosti. Konvencionalni uzorak primljen je 9. oktobra, dok je regenerativni uzorak prikupljen 29. septembra. Parcele na kojima je gajena soja u regenerativnom sistemu nalazile su se pod ovim režimom u periodu od dve godine (2023–2025).

Analiza dobijenih rezultata ukazuje na gotovo potpuno odsustvo merljivih razlika između konvencionalnog i regenerativnog uzorka soje. Svi ispitivani parametri - uključujući sadržaj ulja, sadržaj proteina, profil masnih kiselina i aminokiselinski sastav - pokazali su minimalne varijacije koje se kreću u okviru prirodne biološke i/ili analitičke varijabilnosti između uzoraka.

Sadržaj ulja bio je praktično identičan u oba sistema proizvodnje (19,75% u odnosu na 19,84%), uz razliku od svega 0,5%. Slično tome, sadržaj proteina pokazao je minimalnu razliku od 1,6% (38,30% naspram 38,90%). Profil masnih kiselina bio je ujednačen, sa zanemarljivim razlikama u udelu zasićenih masnih kiselina, omega-3 i omega-6 masnih kiselina, pri čemu su sve razlike bile manje od 5%. Odnos omega-6/omega-3 masnih kiselina ostao je gotovo nepromenjen između uzoraka.

Aminokiselinski profil takođe nije pokazao značajne razlike između sistema proizvodnje. Ukupan sadržaj aminokiselina razlikovao se za svega 1,1%, dok su razlike u sadržaju esencijalnih aminokiselina, uključujući lizin, metionin i leucin, bile manje od 4%. Ukupno posmatrano, sve uočene razlike kretale su se u rasponu od 0,4% do 4,8%, što ne predstavlja nutritivno niti ekonomski značajnu razliku.

U poređenju sa kulturama koje su bile pod regenerativnim sistemom proizvodnje tokom dužeg vremenskog perioda (pet godina), poput peršuna, šargarepe i pastrnaka, soja - kao i suncokret - pokazuje znatno manje izražene razlike nakon kraćeg perioda



primene regenerativnih praksi. Pojava inverzija kod više kultura (npr. kod pigmentata, β -karotena, miristicina i šećera) ukazuje na složenu interakciju između sistema proizvodnje, procesa prerade i sezonske dinamike, što dodatno naglašava potrebu za oprezom pri tumačenju pojedinačnih rezultata.

Oba analizirana uzorka soje, konvencionalni i regenerativni, u potpunosti ispunjavaju zahteve propisane standardom SRPS E.B4.417:1990 (Uljano seme – Seme soje za industrijsku preradu – Uslovi kvaliteta) za sve ispitivane parametre. U tom smislu, oba sistema proizvodnje daju proizvod odgovarajućeg kvaliteta za industrijsku preradu.

Treba naglasiti da se ovi rezultati odnose na jednu berbu tokom jedne vegetacione sezone (oktobar 2025. godine), kao i na parcele koje su bile pod regenerativnim režimom relativno kratak period od dve godine. Za donošenje pouzdanijih zaključaka o uticaju regenerativnog sistema proizvodnje na kvalitet soje neophodna su višegodišnja ispitivanja koja bi obuhvatila različite klimatske uslove, duži period primene regenerativnih praksi (najmanje 3–5 godina), kao i veći broj uzoraka i replikacija.

Značaj analiziranih parametara

Rezultati ove studije ukazuju da efekti regenerativne poljoprivrede na nutritivna i bezbednosna svojstva proizvoda nisu uniformni, već zavise od kulture, trajanja primene regenerativnih praksi i interakcije sa procesima prerade. Stoga je za buduća istraživanja neophodan selektivan i racionalan izbor parametara, uz jasno definisane prioritete.

27. Osnovni hemijski sastav

Osnovni hemijski sastav predstavlja temelj evaluacije kvaliteta prehrambenih proizvoda i ujedno je standardni skup parametara propisan važećim srpskim pravilnicima i SRPS standardima za uljarice, povrtarske kulture i začinsko bilje. Bez obzira na to što pojedine kulture u ovoj studiji nisu pokazale značajne razlike između sistema proizvodnje, ovi parametri moraju ostati sastavni deo budućih istraživanja radi uporedivosti, regulatorne usklađenosti i praćenja potencijalnih dugoročnih trendova.

Posebnu pažnju u okviru osnovnog hemijskog sastava zahteva sadržaj ulja kod suncokreta, gde je uočen značajan pad u regenerativnom sistemu nakon dve godine primene. Ovakav nalaz zahteva longitudinalno praćenje kako bi se utvrdilo da li je reč o prolaznom efektu tokom prelaznog perioda, stabilnoj posledici regenerativnih praksi ili specifičnosti agroklimatskih uslova u posmatranoj sezoni.

Takođe, sadržaj suve materije u svežim uzorcima, naročito kod aromatičnih i lisnatih kultura poput peršuna, može imati praktični značaj za industrijsku preradu i treba ga zadržati kao pomoćni indikator.

28. Dijetetska vlakna

Dijetetska vlakna, iako nutritivno relevantna, ne pokazuju konzistentan obrazac razlika između sistema proizvodnje u ovoj studiji. Razlike su male, nedosledne i oba sistema obezbeđuju adekvatan sadržaj vlakana. Imajući u vidu relativno visoku cenu analize, dijetetska vlakna ne bi trebalo da budu rutinski parametar u evaluaciji regenerativnih sistema, osim u specifičnim istraživačkim projektima ili kada postoji jasno definisan nutritivni ili tržišni cilj. Resurse je efikasnije usmeriti ka parametrima koji pokazuju veću varijabilnost ili direktan bezbednosni značaj.

29. Profil šećera

Profil šećera pokazao se kao relevantan parametar zbog uočenih razlika koje imaju funkcionalni značaj i manifestuju se u senzorskoj percepciji, naročito u pogledu slatkoće. Iako sistematski obrazac još uvek nije jasno definisan i zahteva veći broj replikacija, postojanje konzistentne veze između hemijskog profila i senzorskih nalaza opravdava zadržavanje ovog parametra u budućim istraživanjima. Važno je, međutim, da se profil šećera ne posmatra izolovano, već kao deo integrisane evaluacije koja povezuje hemijsku, senzorsku i nutritivnu analizu.

30. Sadržaj ulja i masnokiselinski profil

Sadržaj ulja mora ostati prioritetni i obavezni parametar u svim budućim istraživanjima regenerativnih sistema kod uljarica. On predstavlja ključni ekonomski indikator koji direktno utiče na prinos, profitabilnost i industrijsku vrednost proizvoda. Razlika u sadržaju ulja kod suncokreta, uz stabilan sadržaj ulja kod soje, jasno pokazuje da efekti regenerativne poljoprivrede nisu uniformni i da zahtevaju višegodišnje praćenje.

Nasuprot tome, masnokiselinski profil ne treba da bude rutinski parametar, već da se primenjuje selektivno. Njegovo praćenje je opravdano u slučajevima kada postoji razlika u ukupnom sadržaju ulja, tržišni interes (npr. premium pozicioniranje), ili kada se rade istraživanja na specijalnim sortama. U situacijama gde je sadržaj ulja stabilan i gde genetika dominira nad sistemom proizvodnje, rutinska analiza profila masnih kiselina ne predstavlja efikasno korišćenje resursa.

31. Sadržaj proteina i aminokiselinski profil

Sadržaj proteina predstavlja prioritetni parametar u evaluaciji regenerativnih sistema kod soje, jer direktno određuje njenu tržišnu vrednost i industrijsku primenu. On je sortno uslovljen, regulatorno propisan i metodološki jednostavan za praćenje, te mora ostati standardni deo svake evaluacije.

Aminokiselinski profil, s druge strane, pokazuje visoku genetsku stabilnost i minimalnu osetljivost na sistem proizvodnje kada je sadržaj proteina stabilan. Zbog visoke cene i složenosti analize, njegovu primenu treba ograničiti na situacije u kojima se sadržaj proteina značajno razlikuje, postoji specifičan tržišni ili istraživački interes, ili se ispituju funkcionalne i specijalne sorte. Ovakav selektivan pristup omogućava efikasnije usmeravanje istraživačkih resursa.

32. Mineralni sastav

Mineralni sastav predstavlja jedan od najvažnijih parametara za buduća istraživanja regenerativne poljoprivrede. On ima direktan uticaj na nutritivnu adekvatnost ishrane, posebno u kontekstu minerala koji su često deficitarni u populaciji, poput gvožđa, cinka i kalcijuma. Istovremeno, promene u mineralnom profilu mogu ukazivati na potencijalne trade-off efekte, kao i na promene u dostupnosti hraniva i funkcionalnosti zemljišnog mikrobioma. Buduća istraživanja moraju uključiti veći broj replikacija, višegodišnje praćenje i paralelnu analizu zemljišta kako bi se uspostavila jasna veza između sistema proizvodnje i mineralnog sastava biljaka.

33. Polifenolni profil

Polifenolni profil ima različit značaj u zavisnosti od tipa kulture. Kod začinskog bilja i lišnatog povrća, gde su koncentracije polifenola visoke i nutritivno relevantne, ovaj parametar treba da ostane standardni deo evaluacije, sa potencijalom za tržišno diferenciranje proizvoda. Kod korenastog povrća, gde su koncentracije polifenola niske, rutinsko praćenje kompletnog profila nije opravdano, osim ako postoji specifičan nutritivni ili tržišni razlog. U takvim slučajevima, fokus treba usmeriti na ograničen broj dominantnih jedinjenja ili na povezivanje sa funkcionalnim svojstvima proizvoda.

34. Aromatski profil

Aromatski profil se pokazao kao jedan od najinformativnijih parametara, jer omogućava detekciju ne samo kvantitativnih, već i kvalitativnih razlika između sistema proizvodnje. Posebno je značajan u kulturama gde je aroma ključni atribut kvaliteta. Buduća istraživanja treba da koriste optimizovane analitičke pristupe, poput headspace GC-MS metode, uz obavezno povezivanje sa senzorskom analizom kako bi se hemijski nalazi interpretirali u kontekstu percepcije potrošača.

35. Senzorska analiza

Senzorska analiza se potvrdila kao neophodan i nezamenljiv deo evaluacije kvaliteta, naročito kod povrtnih i začinskih kultura namenjenih direktnoj konzumaciji. Ona omogućava integraciju svih hemijskih i nutritivnih promena u krajnju percepciju kvaliteta i mora ostati standardni element budućih istraživanja.

36. Bezbednosni parametri

Bezbednosni parametri predstavljaju osnovni preduslov za validaciju regenerativnih sistema proizvodnje. Praćenje pesticida i teških metala mora biti obavezno i kontinuirano, u skladu sa principom predostrožnosti i regulatornim zahtevima. Mikotoksini i mikrobiološka bezbednost treba da se prate selektivno, u zavisnosti od kulture, načina prerade i uslova skladištenja, uz poseban fokus na proizvode namenjene direktnoj konzumaciji i sisteme koji uključuju upotrebu organskog đubriva.

Zaključci

37. O nutritivnom profilu proizvoda

Rezultati ove studije jasno ukazuju da analizirani proizvodi iz regenerativnog i konvencionalnog sistema proizvodnje ne predstavljaju „bolje” ili „lošije”, već različite nutritivne profile sa različitim prednostima i ograničenjima. Nijedan od sistema ne pokazuje ukupnu nutritivnu superiornost. Oba sistema proizvode nutritivno adekvatne proizvode, bez identifikovanih kritičnih deficita esencijalnih nutrijenata.

Minimalne razlike kod pojedinih kultura, poput paštrnaka (razlike <20% za većinu parametara) i gotovo identični profili kod soje (razlike <5% za sve analizirane parametre), ukazuju da nisu sve kulture podjednako osetljive na sistem proizvodnje, naročito u ranim fazama implementacije regenerativnih praksi.

38. Značaj inverzija i kompleksnih obrazaca

Pojava inverzija kod pigmenata, šećera i aromatičnih jedinjenja (npr. miristicin) ukazuje na složenu interakciju između sistema proizvodnje, fiziologije biljke i procesa prerade. Iako ovi obrasci nemaju neposrednu praktičnu ili ekonomsku primenu u trenutnom obliku, oni imaju visoku istraživačku vrednost jer potvrđuju da regenerativna poljoprivreda može menjati metaboličke tokove, a ne samo apsolutne koncentracije pojedinačnih jedinjenja.

39. Ekonomski i nutritivno relevantne razlike

Centralni nalaz studije jeste da, izuzev sadržaja ulja kod suncokreta, razlike između sistema proizvodnje nisu ekonomski niti nutritivno dramatične. Smanjen sadržaj ulja kod suncokreta u regenerativnom sistemu nakon dve godine primene predstavlja jedini jasno identifikovan izazov, koji zahteva dodatnu pažnju, ali ne diskvalifikuje regenerativni sistem kao takav.

Ovaj nalaz potvrđuje da regenerativna poljoprivreda ne treba da se posmatra kao inherentno „superiorna“ ili „inferiorna“, već kao sistem koji proizvodi nijansirane efekte, trade-off odnose i potencijalne tržišne specifičnosti u zavisnosti od kulture i ciljeva proizvodnje.


40. Bezbednost hrane – ključni nalaz studije

Najznačajniji nalaz ove studije odnosi se na bezbednost proizvoda. Kod svih kultura i u oba sistema proizvodnje nisu identifikovani bezbednosni rizici. Testiranje obuhvatajuće širok spektar potencijalnih kontaminanata pokazalo je da su pesticidi ispod limita detekcije, teški metali daleko ispod regulatornih limita, mikotoksini nisu detektovani, a mikrobiološki parametri su u skladu sa važećim propisima.

Time su eliminisane ključne zabrinutosti povezane sa regenerativnim praksama, poput potencijalnog povećanja mikotoksina usled odsustva fungicida ili unosa patogena putem organskog đubriva. Regenerativna poljoprivreda je uspešno prošla inicijalni bezbednosni „screening“.

41. Metodološka ograničenja i interpretacija

Ova studija ima jasno definisana metodološka ograničenja koja moraju biti uzeta u obzir pri interpretaciji rezultata. Dizajn sa pojedinačnim uzorcima (n=1), bez replikacija unutar sistema, ne omogućava formalnu statističku analizu niti procenu varijabilnosti. Takođe, odsustvo detaljnih analiza zemljišta i kontrolisanih eksperimentalnih uslova onemogućava potpuno razdvajanje efekata sistema proizvodnje od uticaja sortnih karakteristika, prethodne istorije parcela i meteoroloških uslova.



Dodatno, razlika u trajanju primene regenerativnih praksi između uljarica (2 godine) i povrtarskih kultura (5 godina) znači da analizirane kulture predstavljaju različite faze stabilizacije regenerativnog sistema, što ograničava mogućnost generalizacije.

42. Ostvarenje ciljeva pilot studije

Cilj ove studije nije bio da donese konačne zaključke o superiornosti jednog sistema proizvodnje, već da identifikuje potencijalne bezbednosne ili nutritivne deficite koji bi kontraindikovali regenerativne prakse, kao i da prepozna trendove koji opravdavaju dalje, rigoroznije istraživanje.

U tom smislu, studija je u potpunosti ostvarila svoje ciljeve: nisu identifikovani „red flags“, potvrđena je bezbednost i nutritivna adekvatnost proizvoda, a istovremeno su identifikovani intrigantni obrasci koji opravdavaju nastavak istraživanja.

43. Preporuke za buduća istraživanja

Regenerativna poljoprivreda je u ovoj studiji uspešno prošla preliminarnu procenu: proizvodi su bezbedni, nutritivno adekvatni i ne pokazuju skrivene rizike. Istovremeno, uočeni su složeni i za kulturu specifični efekti koji zahtevaju dublje razumevanje. Ovo istraživanje predstavlja opravdan i neophodan prvi korak, a sada je vreme za dublju, rigorozniju nauku.

1. Nastavak istraživanja uz rigorozniji dizajn

Preporučuje se sprovođenje višegodišnje, multi-lokacijske studije sa adekvatnim brojem replikacija ($n \geq 3$), kontrolom ključnih konfuznih faktora i paralelnom analizom zemljišta. Minimalno trajanje istraživanja trebalo bi da bude 3–5 godina kako bi se obuhvatila stabilizacija regenerativnog sistema, naročito kod uljarica.


2. Fokus na relevantne parametre

Buduća istraživanja treba fokusirati na parametre koji su u ovoj studiji pokazali razlike ili potencijalni značaj:

- sadržaj ulja kod uljarica, posebno suncokreta;
- aromatski i bioaktivni profil kod povrtarskih i začinskih kultura;
- mineralni sastav, uz povezivanje sa karakteristikama zemljišta.

Rutinsko praćenje parametara koji se pokazuju stabilnim i genetski kontrolisanim treba ograničiti kako bi se resursi efikasnije koristili.

3. Kontinuirani bezbednosni monitoring



Bezbednosni parametri moraju ostati obavezni deo svih budućih istraživanja, u skladu sa principom predostrožnosti. Iako u ovoj studiji nisu identifikovani rizici, regenerativna poljoprivreda predstavlja relativno nov sistem i zahteva kontinuirano praćenje dok se ne akumulira dovoljan broj višegodišnjih dokaza.

4. Cilj budućih istraživanja

Cilj naredne faze istraživanja ne treba da bude dokazivanje superiornosti regenerativne poljoprivrede, već razumevanje kako optimizovati regenerativne prakse za različite kulture i različite ciljeve kvaliteta - nutritivne, senzorske, tehnološke i tržišne.



ODRŽIVO
SAVESNO
EFIKASNO

Projekat za odgovorno upravljanje



NALED



Sweden
Sverige