

# PRIMJENA ADITIVA U PREHRAMBENOJ INDUSTRIJI

---

**Smolčić, Lucija**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2023**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:450953>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-27**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
**STRUČNI PRIJEDIPLOMSKI STUDIJ**  
**PREHRAMBENA TEHNOLOGIJA**  
**PIVARSTVO**

**LUCIJA SMOLČIĆ**

**PRIMJENA ADITIVA U PREHRAMBENOJ INDUSTRIJI**

**ZAVRŠNI RAD**

**KARLOVAC, 2023.**



**Veleučilište u Karlovcu**

Stručni prijediplomski studij Prehrambena tehnologija

Pivarstvo

Lucija Smolčić

**Primjena aditiva u prehrambenoj industriji**

Završni rad

Mentor: dr. sc. Jasna Halambek, v. pred.

Broj indeksa studenta: 0314617013

Karlovac, 2023.

## IZJAVA O AUTENTIČNOSTI ZAVRŠNOG RADA

Ja, **Lucija Smolčić**, ovime izjavljujem da je moj završni rad pod naslovom **Primjena aditiva u prehrambenoj industriji** rezultat vlastitog rada i istraživanja te se oslanja na izvore i radove navedene u bilješkama i popisu literature. Ni jedan dio ovoga rada nije napisan na nedopušten način, odnosno nije prepisan iz necitiranih radova i ne krši autorska prava.

Sadržaj ovoga rada u potpunosti odgovara sadržaju obranjenoga i nakon obrane uređenoga rada.

Karlovac, rujan 2023.

Lucija Smolčić

---

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

---

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel prehrambene tehnologije  
Stručni prijediplomski studij Prehrambena tehnologija

Završni rad

Znanstveno područje: **Biotehničke znanosti**  
Znanstveno polje: **Prehrambena tehnologija**

## Aditivi u prehrambenoj industriji

*Lucija Smolčić*

**Mentor:** Dr.sc. Jasna Halambek, v. pred.

### Sažetak

Aditivi u prehrambenoj industriji su tvari koje se dodaju hrani tijekom tehnološkog postupka proizvodnje, prerade, pakovanja, transporta i čuvanja. Oni prvenstveno služe za poboljšanje organoleptičkih svojstava hrane (boja, okus, miris i konzistencija), te njezino konzerviranje i čuvanje. Aditivi osiguravaju trajnost namirnica i dobar izgled od tvornice do skladišta, prodavaonice i na kraju, potrošača. Ljudi ih koriste već godinama, od soli u očuvanju mesa i ribe, šećera u džemovima pa do sumporovog dioksida u vinu. Neki od aditiva su bojila, sladila, konzervansi, antioksidansi i emulgatori. Države u svijetu imaju pravilnike o upotrebi prehrambenih aditiva, ali postoje i svjetska upravljačka tijela autorizirana da zaštite i poboljšaju ljudsko zdravlje, a koja kontroliraju uporabu aditiva. U ovom radu dan je pregled često korištenih aditiva u prehrambenoj industriji, njihova kategorizacija, mogućim štetnim posljedicama određenih aditiva na ljudsko zdravlje te načinima na koje se provode analize istih.

**Broj stranica:** 32

**Broj slika:** 4

**Broj tablica:** 1

**Broj literaturnih navoda:** 19

**Broj priloga:** -

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Ključne riječi:** antioksidansi, bojila, konzervansi, prehrambeni aditivi, sladila

**Datum obrane:**

### Stručno povjerenstvo za obranu:

1. dr. sc. *Sandra Zavadlav*, prof.struč.stud.
2. dr. sc. *Goran Šarić*, v. pred.
3. dr. sc. *Jasna Halambek*, v. pred.
4. dr. sc. *Ines Cindrić*, prof.struč.stud. (zamjena)

Rad je pohranjen u knjižnici Veleučilišta u Karlovcu , Trg J. J. Strossmayera 9, 4700 Karlovac, Hrvatska.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

---

**Karlovac University of Applied Sciences**  
**Department of Food Technology**  
**Professional undergraduate study of Food Technology**

**Final paper**

**Scientific Area: Biotechnical Sciences**  
**Scientific Field: Food Technology**

### **Additives in the Food Industry**

*Lucija Smolčić*

**Supervisor:** Ph.D. Jasna Halambek, senior lecturer

#### **Abstract**

Additives in the food industry are substances that are added to food during the technological process of production, processing, packaging, transportation and storage. They primarily serve to improve the organoleptic properties of food (colour, taste, smell and consistency), as well as its conservation and preservation. Additives ensure the durability of the food and its good appearance from the factory to the warehouse, stores and finally, to the consumer. People have been using them for years, from salt to preserve meat and fish, sugar in jams to sulphur dioxide in wine. Some of the additives are colours, sweeteners, preservatives, antioxidants and emulsifiers. Countries around the world have regulations on the use of food additives, but there are also global governing bodies authorized to protect and improve human health, which control the use of additives. This paper provides an overview of frequently used additives in the food industry, their categorization, the possible harmful effects of certain additives on human health, and the ways in which they are analysed.

**Number of pages: 32**

**Number of figures: 4**

**Number of tables: 1**

**Number of references: 19**

**Original in:** Croatian

**Key words:** antioxidants, colorants, food additives, preservatives, sweeteners

**Date of the final paper defense:**

#### **Reviewers:**

1. Ph.D. *Sandra Zavadlav*, college prof.
2. Ph.D. *Goran Šarić*, sen. lecturer
3. Ph.D. *Jasna Halambek*, sen. lecturer
4. Ph.D. *Ines Cindrić*, college prof. (substitute)

**Final paper deposited in:** Library of Karlovac University of Applied Sciences, J. J. Strossmayera 9 Square, Karlovac, Croatia.

## Sadržaj

<b>1. UVOD.....</b>	<b>1</b>
<b>2. TEORIJSKI DIO .....</b>	<b>3</b>
2.1. Klasifikacija aditiva u prehrambenim proizvodima .....	3
2.2. Sladila .....	5
2.3. Bojila.....	8
2.3.1. Prirodna bojila.....	9
2.3.2. Sintetska bojila.....	12
2.4. Konzervansi .....	13
2.5. Antioksidansi .....	15
2.6. Emulgatori, stabilizatori, zgušnjivači, tvari za želiranje, nosači.....	16
2.7. Regulatori kiselosti .....	18
2.8. Opasnosti za zdravlje .....	19
2.8.1 Preosjetljivost na aditive u prehrani.....	19
2.8.2. Indirektni aditivi.....	22
2.9. Analitičke metode u analizi aditiva prisutnih u hrani .....	24
<b>3. RASPRAVA.....</b>	<b>27</b>
<b>4. ZAKLJUČCI.....</b>	<b>30</b>
<b>5. LITERATURA .....</b>	<b>31</b>



## 1. UVOD

Aditivi u prehrambenoj industriji se odnose na sve vrste tvari koje se koriste u hrani ili samoju obradi hrane kako bi se očuvao ili poboljšao okus, izgled, vijek trajanja ili neka druga kvaliteta prehrambenog proizvoda. Aditiv je svaka tvar koja se sama po sebi ne konzumira kao hrana i nije niti prepoznatljiv sastojak određenog prehrambenog proizvoda. (Wu *i sur.*, 2022). Također, pojam aditiva ne označava tvari koje se dodaju kako bi se poboljšala nutritivna vrijednost hrane. Prehrambeni aditivi se dodaju pri proizvodnji hrane sa dvije osnovne namjene: kako bi hrana bila sigurna za uporabu tako da se spriječi rast mikroorganizama, oksidacija i ostale kemijske promjene i da bi se percepcija hrane kod potrošača poboljšala privlačnijim okusom, izgledom ili mirisom. Poznato je da se sol, odnosno natrijev klorid još 3000 godina pr. Kr. koristio kako bi se meso sporije kvarilo. S razvojem prehrambene industrije u dvadesetom stoljeću, upotreba novih aditiva je postala neizbježna. Preko 25000 tvari se koriste kao aditivi hrani u svijetu, no to varira o državi ili upravnom području.

Prehrambeni aditivi mogu se podijeliti u dvije velike skupine – prirodni i sintetski aditivi (Méndez-Vilas, 2017). Prirodni se aditivi proizvode tako da se izdvajaju iz sirovina biljnog ili animalnog podrijetla, dok se oni sintetski sintetiziraju iz organskih i neorganskih materijala te ekstrahiraju i pročišćavaju. Danas su mnogi prirodni aditivi zamijenjeni onim sintetskim a te proizvođači često koriste aditive u velikim količinama, što predstavlja potencijalne rizike za ljudsko zdravlje. Pretilost i nedostatak vitamina i minerala su jedno od njih. Najvažnija upravljачka tijela autorizirana da zaštite i poboljšaju ljudsko zdravlje, kao i da osiguraju kvalitetu i sigurnost prehrambenih proizvoda su Europska agencija za sigurnost hrane (EFSA) i Agencija za hranu i lijekove Sjedinjenih Američkih Država (FDA) (Wu *i sur.*, 2022). Upotreba aditiva je opravdana ukoliko za njima postoji tehnološka potreba, ne obmanjuje potrošače i ima dobro definiranu funkciju, kao na primjer očuvati nutritivnu vrijednost hrane ili njenu stabilnost. Sa globalnim tržištem koje prelazi 64 milijarde dolara, velike se količine aditiva unose u organizam milijarda potrošača dnevno (Chazelas *i sur.*, 2020).

Većina zemalja zahtjeva da svaki novi prehrambeni aditiv prođe kroz procjenu sigurnosti prije nego se odobri za uporabu u proizvodnji hrane. Također, novi podatci o toksičnosti već odobrenog aditiva će dovesti do ponovne procjene rizika za ljudsko zdravlje. Neke zemlje imaju redovno zakazane kontrole odobrenih prehrambenih aditiva i potrebe za testiranjem su povećane, sukladno novim saznanjima o štetnim učincima kemikalija. Cilj ovog rada je dati pregled osnovnih grupa aditiva koji se danas koriste u prehrambenoj industriji, s osvrtom na

moćuće zdravstvene probleme koje neki spojevi mogu prouzročiti kod ljudi, kao i metode kojima se ovi spojevi analiziraju.

## 2. TEORIJSKI DIO

### 2.1. Klasifikacija aditiva u prehrambenim proizvodima

Prema posljednjem Pravilniku o prehrambenim aditivima Ministarstva zdravstva i socijalne skrbi Republike Hrvatske (NN 62/2010), aditivi se prema svojim tehnološkim i funkcionalnim svojstvima mogu podijeliti na sladila, bojila, konzervanse, antioksidanse, nosače, kiseline, regulatore kiselosti, tvari za sprječavanje zgrudnjavanja, tvari protiv pjenjenja, tvari za povećanje volumena, emulgatore, učvršćivače, pojačivače arome, tvari za pjenjenje, tvari za želiranje, tvari za poliranje, tvari za zadržavanje vlage, modificirane škrobove, plinove za pakiranje, potisne plinove, tvari za rahljenje, sekvestrante, stabilizatore, zgušnjivače i tvari za tretiranje brašna. Zabranjeno je dodavanje aditiva neprerađenoj hrani, medu, neemulgiranim uljima i mas-tima biljnog i životinjskog podrijetla, maslacu, pasteriziranom i steriliziranom mlijeku, paste-riziranom vrhnju, fermentiranim nearomatiziranim mliječnim proizvodima i svježem siru, pri-rodnim mineralnim vodama i prirodnoj izvorskoj vodi, kavi i ekstraktu kave (osim aromati-ziranim instant proizvodima), nearomatiziranom čaju, šećeru kako je definiran Pravilnikom o šećerima i metodama analize šećera namijenjenih za konzumaciju, sušenoj tjestenini isključu-jući tjesteninu bez glutena i/ili tjesteninu namjenjenu hipoproteinskoj prehrani sukladno odred-bama Pravilnika o hrani za posebne prehrambene potrebe, nearomatiziranoj mlaćenici.

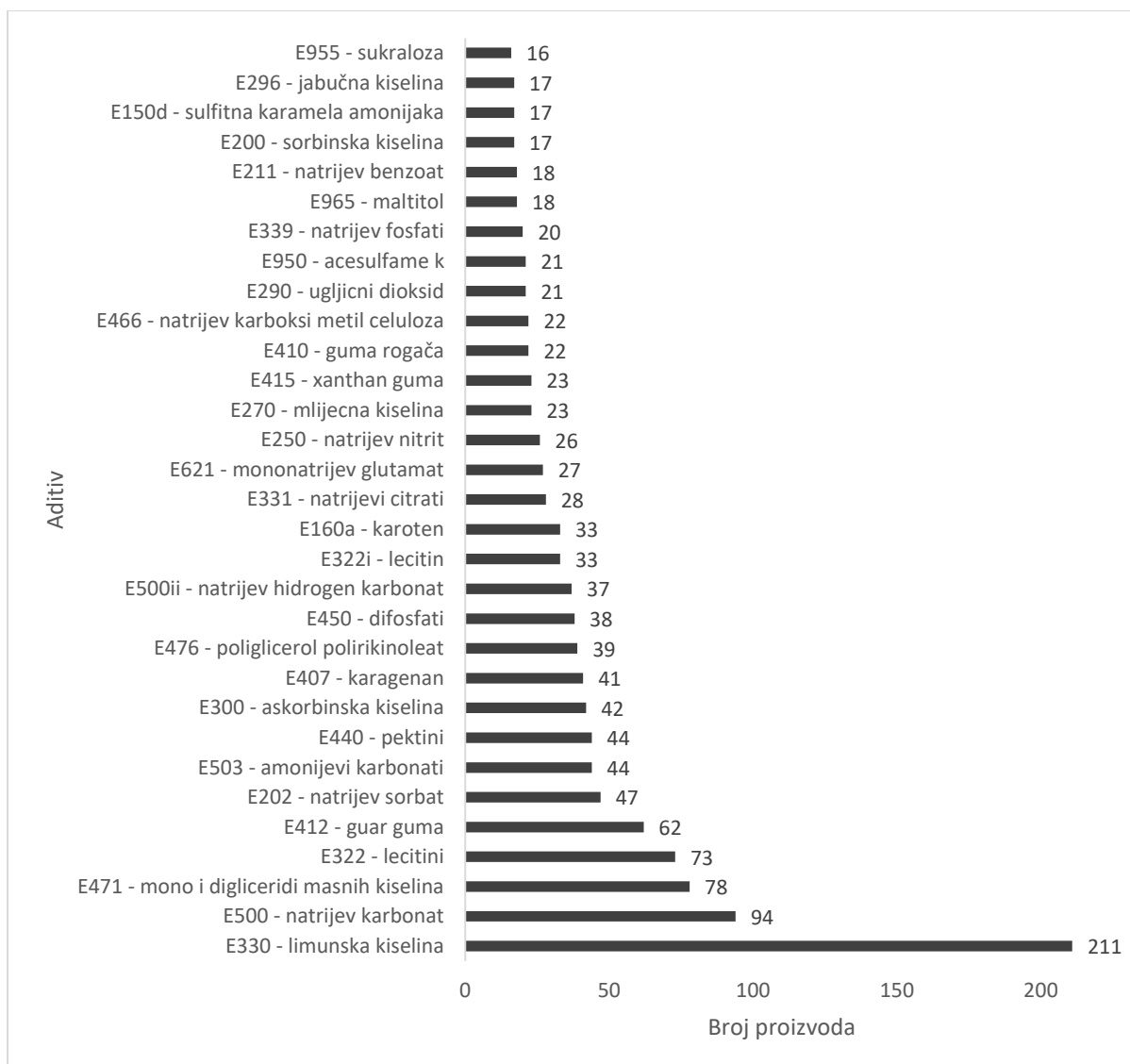
Kako bi se olakšala regulacija aditiva i informirala javnost, aditivima su dodijeljeni jedin-stveni brojevi. Europska Unija (EU) je uvela kodove koji započinju slovom E popraćenim bro-jem, a oni se koriste na području EU i Europskog udruženja za slobodnu trgovinu (EFTA). Sličan sustav označavanja koristi komisija *Codex Alimentarius* (FAO, WHO, 2016.) za među-narodni sustav obilježavanja (INS), no bez slova E. Ovom se metodom aditivi mogu lako kla-sificirati u različite grupe prema funkciji. U tablici (Tablica 1.) su navedeni tipični predstavnici grupa po kategorijama i njihovi pripadajući E brojevi.

**Tablica 1.** E brojevi i najčešće klase aditiva po brojevima. (Wu i sur., 2022).

<b>E brojevi</b>	<b>Klasifikacija aditiva</b>
E100-E199	bojila
E200-E299	konzervansi i kiseline
E300-E399	antioksidansi i regulatori kiselosti
E400-E499	emulgatori, stabilizatori i zgušnjivači
E500-E599	tvari za sprječavanje zgrudnjavanja i regulatori kiselosti
E600-E699	pojačivači arome
E900-E999	sladila, tvari za poliranje, tvari za pjenjenje i potisni plinovi
E1000	ostali aditivi

Europska agencija za sigurnost hrane (engl. European Food Safety Authority – EFSA) osnovana je 2002. godine temeljem Uredbe (EZ) br. 178/2002 i predstavlja referentno tijelo Europske unije za znanstvenu procjenu rizika vezanu za sigurnost hrane i hrane za životinje, prehranu, zdravlje i dobrobit životinja, biljno zdravlje i zaštitu bilja. Ima 3 glavna cilja vezana za prehrambene aditive: procijeniti sigurnost novih aditiva ili predložiti uporabu postojećih aditiva prije nego li su odobreni za upotrebu u EU, ponovno procijeniti sve prehrambene aditive koji su dopušteni za upotrebu prije 20. siječnja 2009 i odgovarati na zahtjeve Europske Komisije za recenzije određenih prehrambenih aditiva zbog novih znanstvenih informacija ili promjena uvjeta u kojima se koriste.

Preko 330 prehrambenih aditiva je odobreno za uporabu u Europi. Chazelas i sur. su 2020. godine istražili distribuciju i prisutnost prehrambenih aditiva u hrani i pićima dostupnim na francuskom tržištu pomoću svjetske baze podataka *Open Food Facts* otvorenog pristupa. *Open Food Facts* baza podataka ne sadrži podatke za svu industrijsku hranu dostupnu na tržištima, tako ni za ono Hrvatsko. Trenutačno ne postoji takva baza podataka. Za hrvatsko je tržište trenutačno zapisano tek 2505 proizvoda i njihov sastav, što je dovoljno za okvirnu predodžbu. Prema navedenim informacijama, u Hrvatskoj je najčešće dodavani aditiv limunska kiselina, a zatim natrijev karbonat i mono i digliceridi masnih kiselina (Slika 1.).



**Slika 1.** Broj proizvoda koji sadrži određeni aditiv u Republici Hrvatskoj prema podacima preuzetih iz baze podataka Open Food Facts; izvor: <https://world.openfoodfacts.org/country/croatia/additives>.

## 2.2. Sladila

Sladila su zamjena za šećer. Sladila su tvari koje se koriste za postizanje slatkog okusa, i imaju relativno nisku energetska vrijednost. Prirodna sladila poput eritrola, sorbitola, ksilitola i manitola su derivati šećera i često se upotrebljavaju u mliječnim proizvodima, čajevima, alkoholnim pićima, začinima, slatkišima. Umjetna sladila kao što su aspartam, ciklambat, saharin i sukraloza se primarno koriste u džemovima, pićima, desertima i mliječnim proizvodima. Nalaze se često u proizvodima s nižim kalorijskim vrijednostima i smanjenim udjelom šećera, koji su sve popularniji, pogotovo među populacijom koja pokušava smanjiti dnevni kalorijski unos. Nije još u potpunosti poznato kakav učinak prekomjerna konzumacija

sladila ima na ljudsko zdravlje, odnosno metabolizam glukoze i probavnih hormona. Malo je kliničkih studija pronašlo efekt sukraloze i acesulfama na metabolizam glukoze, a i mnogi rezultati istraživanja se ne podudaraju.

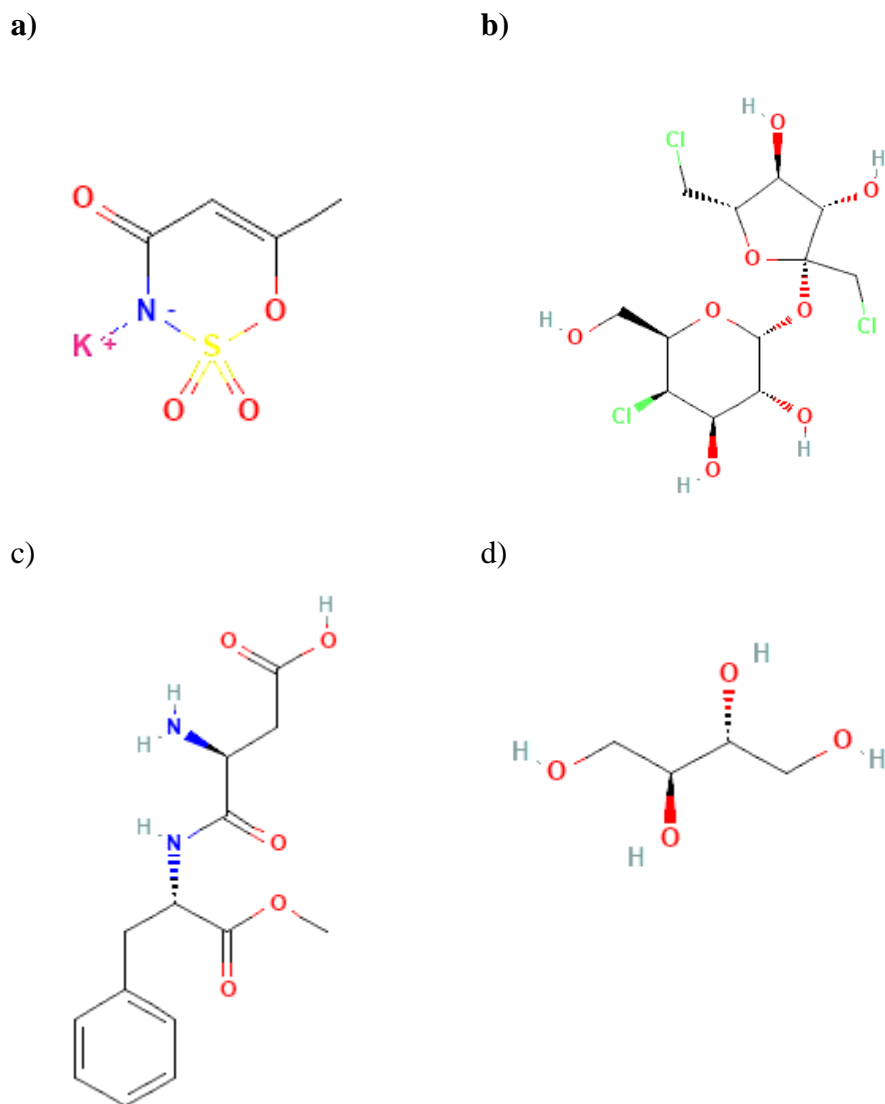
Kohortna studija iz 2022. je pronašla poveznicu između povećanog rizika za razvoj tumora i umjetnih sladila, s naglaskom na aspartam i acesulfam K. Umjetna sladila mijenjaju mikrobiom domaćina, dovode do smanjene sitosti i mijenjaju homeostazu glukoze što dovodi do povećanog unosa kalorija i debljanja. U gastrointestinalnom traktu žive mnogobrojne raznovrsne zajednice mikroba koji se naziva mikrobiom. Mikrobi u crijevima su od velike koristi svojem domaćinu, posebice za metabolizam i imunološki sustav. Čim dođe do poremećaja u odnosu domaćina i mikrobioma, može doći do poremećaja kao što su upalne bolesti, a to su upalne bolesti crijeva i grupa bolesti povezane sa pretilošću zajednički nazvane metabolički sindrom (Chassaing *i sur.*, 2015).

*Acesulfam, ciklamat i saharin* se često koriste u obliku soli natrija ili kalcija. Spomenuti spojevi su neglukozni, niskokalorični proizvodi izrazito slatkog okusa. Acesulfam K (E950) je učestalo sladilo na listi sastojaka koji se nalaze na pakiranjima proizvoda. Acesulfam K je 200 puta slađi okusom od glukoze, ali može ostaviti gorak okus u ustima u većim koncentracijama. Ne metabolizira se, dakle može se pronaći u urinu. Dokazano je na životinjama da ima negativan utjecaj na neurokognitivne funkcije (Wu *i sur.*, 2022).

*Aspartam* (L- $\alpha$  -aspartil-L-fenilalanin metil ester) je niskokalorično, umjetno, nesaharidno sladilo otkriveno 1965. godine. 200 puta je slađi od saharoze, jako male količine su potrebne da bi se postigao efekt slatkoće kao onaj od saharoze. Brzo se metabolizira i apsorbira, zato se nikad ne nalazi u krvi. U Europskoj uniji se označava kodom E951 (Wu *i sur.*, 2022; Ahmad *i sur.*, 2020).

*Sukraloza* je disaharid sintetiziran iz saharoze kemijskim procesom koji zamjenjuje hidroksilne grupe na molekulama saharoze s atomima klora i 600 je puta slađeg okusa u odnosu na saharozu, dakle slađa od aspartama. U Europskoj uniji je poznata pod kodom E955. Najčešće se upotrebljava u proizvodima kao što su slatkiši, bomboni i pića, ali i proteinskim pločicama i prahovima i niskokaloričnim prehrambenim proizvodima i pićima. Potpuna sigurnost pri velikim unosima sukraloze nije ustanovljena, potrebna su daljnja i dugotrajnija istraživanja. Prema nekim studijama, sukraloza ima utjecaj na zdravlje i mikrobiotu crijeva te utječe na metabolizam glukoze. Niske doze sukraloze mijenjaju mikrobiom crijeva u miševima (Ahmad *i sur.*, 2020).

*Eritritol* (E968) je još jedno popularno sladilo, ali prirodnog podrijetla. Nalazi se u nekom voću i fermentiranoj hrani, a industrijski se sintetizira fermentacijom iz glukoze. Prema EU nema kalorijsku vrijednost, stabilan je pri različitim temperaturama. Unatoč popularnosti i među zagovornicima zdrave prehrane, najnovija istraživanja iz časopisa *Nature* ukazuju na rizik od kardiometaboloških zdravstvenih problema kao rezultat redovitog unosa poliolnih sladila, pogotovo eritritola. Eritritol je povećao aktivnost trombocita, trombozu i povećao rizik za miokardijski infarkt ili moždani udar (Witkowski i sur., 2023).



**Slika 2.** Strukture sladila. a) acesulfam K b) sukraloza c) aspartam d) eritritol; izvor: National Center for Biotechnology Information (2023) <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>

### 2.3. Bojila

Svojstva hrane kao što su oblik, boja, okus, miris i tekstura uvelike utječu na čovjekovu percepciju prehrambenog proizvoda. Boje nas asociraju na već poznate okuse i stvara se predodžba o okusu koji se očekuje. Kao što i samo ime navodi, bojila su vrsta aditiva s funkcijom bojenja, naglašavanja prirodne boje koja se izgubi u obradi ili u svrhu postizanja privlačnije boje za potrošača. To je bilo koja boja, pigment ili druga tvar koja sama po sebi ili u reakciji sa drugim prisutnim tvarima mijenja boju hrane. Boja je vizualno svojstvo koje vidimo zbog distribucije svjetla u spektru. Pri interakciji svjetlosti i materije, dolazi do vidljivih boja, a ljudsko oko može percipirati valne duljine svjetlosti između 380 nm i 770 nm, tako i u hrani.

Bojila su prisutna i u prirodnim i sintetskim oblicima. Prirodna bojila mogu biti iz biljnih, životinjskih ili mineralnih izvora u kojima se prirodno nalaze. Sintetska bojila su popularnija pod nazivom umjetna bojila. Često će se na ambalaži proizvoda naći napomena “bez umjetnih bojila” zbog mogućih štetnih učinaka. U usporedbi sa prirodnim bojilima, umjetna bojila imaju neke prednosti kao što su stabilnost, mogućnost jednoličnog obojenja, niža cijena proizvodnje i mogućnost proizvodnje u većim količinama (Méndez-Vilas, 2017).

Prema Pravilniku o prehrambenim aditivima u Hrvatskoj, neke od namirnica kojima je zabranjen dodatak bojila su: neprerađena hrana, pakirana voda, mlijeko, ulja i masti životinjskog ili biljnog podrijetla, jaja, kruh, tjestenina, šećeri, proizvodi od rajčice u konzervi ili staklenkama, voće i povrće, vino i drugi proizvodi od grožđa, kao i med.

Prema odredbama Pravilnika o službenim kontrolama hrane životinjskog podrijetla (»Narodne novine« broj 99/07) 11 i Pravilnika o higijeni hrane životinjskog podrijetla (»Narodne novine« broj 99/07) 12, bojila koja se smiju koristiti za žigosanje, pečatiranje i ostale oznake na svježem mesu su E155 Brown HT, E133 Brilliant Blue FCF, E129 Allura Red AC, smjesa bojila E133 Brilliant Blue FCF i E129 Allura Red AC. Europska Unija je identificirala 43 bojila i svakome pridodala pripadajući E broj od kojih je 17 sintetskih bojila i 26 prirodnih pigmenata.

S druge strane prirodna bojila su oduvijek bila dio ljudske prehrane – klorofili, karotenoidi i antocijanini se nalaze u voću i povrću koje svakodnevno konzumiramo. U svijetu postoje pravila o sigurnoj uporabi aditiva hrani s naglaskom na bojila. Variraju od države do države. U Sjedinjenim Američkim Državama je dopušten veći broj bojila i aditiva nego u Europskoj uniji. U razvijenim zemljama upotreba bojila od strane prehrambene industrije ovisi



o raznim toksikološkim testovima (testovi za kancerogenost, mutagenost, teratogenost, reproduktivnu toksičnost, zadržavanje u tijelu, efekte na imunološki sustav) (Méndez-Vilas, 2017).

### 2.3.1. Prirodna bojila

*Annatto* (E160b) je jedno od starijih poznatih prirodnih karotenoida koje se koristi kao bojilo za hranu. Žuto-narančaste je boje i koristi se za bojanje dimljenje ribe, pića, pekarskih proizvoda i mliječnih proizvoda kao što su sirevi i margarin.

*Antocijanini* (E163) su skupina prirodnih polifenolnih pigmenta odgovornih za boju raznih voća i povrća od crvene do plave. Najčešći izvori antocijanina koji se koriste u prehrambenoj industriji su crno grožđe, bobice bazge i bobice crnog ribiza. Nalaze se i u cikli i crnim mrkvama.

*Karamela* (E150) čini 80% korištenih bojila hrane i dobiva se kontroliranim zagrijavanjem šećera uz dodatak katalizatora. Kako bi u tom slučaju započeo proces karamelizacije, potrebni su uvjeti većeg tlaka i temperature.

*Karoteni* (E160 a) se uglavnom dodaju u prehrambene proizvode s visokim udjelom masnih kiselina. Daju crveno-žuto obojenje

*Klorofil* (E140i) spoj koji se nalazi posvuda u prirodi, to je zeleni pigment koji je ujedno produkt fotosinteze biljaka. Koristi se u pekarskim proizvodima, mliječnim proizvodima, slatkišima, žitaricama i džemovima za postizanje zelene boje. Koristi se i kao komplementarno bojilo kada je potrebno smanjiti jačinu drugog bojila.

*Karmin* (E120) je crveni pigment koji se dobiva iz insekta *Dactylopius coccus*. On obitava u područjima Južne Amerike i Meksika. Reakcijom aluma i karminske kiseline iz insekta i njegovih jajašca nastaje karmin. Ovo je skup spoj i nije ekonomično koristiti ga kao bojilo u prehrambenoj industriji tako da se rijetko upotrebljava.

*Kurkumin* (E100) je spoj koji se dobiva iz biljke kurkume. *Curcuma longa* je biljka koja se uzgaja u mnogim tropskim zemljama, ponajviše u područjima Kine i Indije. Kurkumin je glavni pigment začina kurkume koji se koristi stoljećima u kuhinji i jedno od glavnih komponenti *curry* umaka. Koristi se u mliječnim proizvodima, pićima, žitaricama, senfu, koncentratima, zimnicama, kobasicama, slatkišima, sladoledu i pekarskim proizvodima.

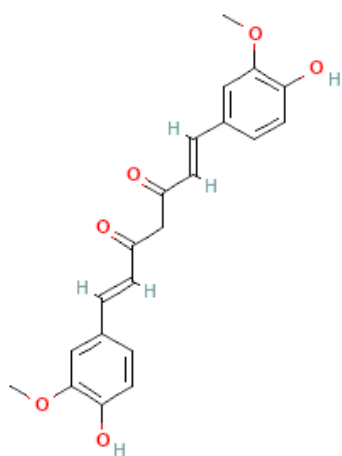
*Likopen* (E160d) je glavni spoj koji daje boju rajčici, spada u klasu karotenoida. Tamne je crvene boje.

*Lutein* (E161b) je još jedno bojilo u klasi karotenoida, glavno je bojilo ksantofila žute boje.

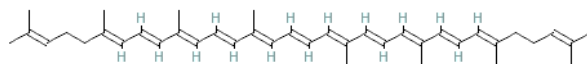
*Riboflavin* (E101), poznat i kao vitamin B2, se koristi kao bojilo koje daje žutu boju. Koristi se u proizvodima kao što su sorbeti, pića, slatkiši i sladoled. Blagog je mirisa i gorkog okusa.

Druga prirodna bojila koja se koriste su crnilo od sipe, crveni pigmenti cikle, *Vegetable Black* i ekstrakt paprike (Méndez-Vilas, 2017).

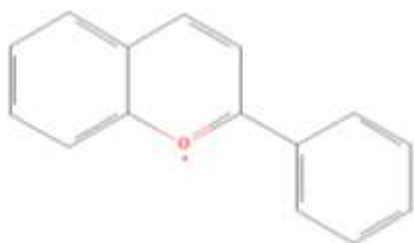
a)



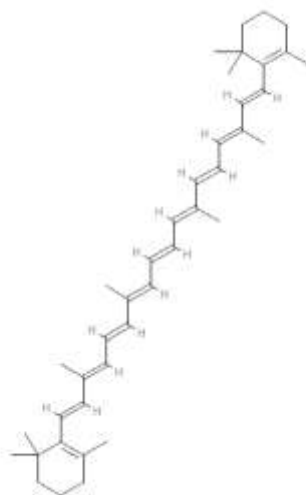
b)



c)



d)



**Slika 3.** Strukture prirodnih aditiva. a) kurkumin b) likopen c) antocijanin (flavilijum) d) beta karoten; izvor: National Center for Biotechnology Information (2023) <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>

### 2.3.2. Sintetska bojila

Bojila koja se ne nalaze u prirodi i dobivaju kemijskom sintezom se nazivaju sintetskim bojilima. William Henry Perkin je 1856. godine sintetizirao prvo sintetsko organsko bojilo svijetlo ljubičaste boje iz katrana. Puno je prednosti sintetskih bojila u odnosu na prirodna bojila, a to su jača sposobnost obojenja, više tonova, homogena distribucija boje, svjetlina, stabilnost, lakoća nanošenja i dugi vijek trajanja. Mogu se klasificirati prema topivosti na: sintetska bojila topiva u vodi, sintetska bojila topiva u mastima, *Lake* bojila (Amchova i sur., 2015).

Sintetska bojila topiva u vodi koriste se uglavnom za obojenje pića i slatkiša zbog svojih kemijskih karakteristika. Njihova primjena je prikazana u Tablici 2. Sintetska bojila topiva u mastima nisu dopuštena za upotrebu u prehrambenim proizvodima zbog svoje toksičnosti. U prošlosti su se koristila, no sada su zabranjena.

*Lake* bojila nisu topiva ni u vodi niti u mastima ili drugim otapalima, nego se nalaze u hrani u obliku disperzije i tako tvore obojenje. Koriste se u tortama, punjenjima za kekse i kolače, pićima u prahu, slatkišima, juhama i mješavinama začina (Méndez-Vilas, 2017).

**Tablica 2.** Sintetska bojila topiva u vodi i njihove funkcije (Méndez-Vilas, 2017).

Sintetska bojila topiva u vodi	Boja	Upotreba
Allura Red (E129)	Crvena	gazirana pića, žvakaće gume, umaci, juhe, vino
Amarant (E123)	crveno-smeđa	alkoholna i bezalkoholna pića, sladoled, džemovi
Sunset Yellow (E110)	narančasto-žuta	kruh, pića, žitarice, sladoledi, grickalice
Brilliant Blue (E133)	Plava	umaci, pića, slatkiši
Tartrazin (E102)	Žuta	kruh, pića, žitarice, kikiriki, sladoled, konzervirana hrana
Eritrozin (E127)	Crvena	mlijeko i pudinzi s okusom, žvakaće gume, slatkiši
Quinoline Yellow (E104)	zeleno-žuta	bezalkoholna pića, džemovi, konzervirana hrana, slatkiši, umaci
Brown HT (E155)	Smeđa	čokolada, torte i kolači, keksi

## 2.4. Konzervansi

Konzervansi su tvari koje štite hranu od propadanja uzrokovanog mikroorganizmima (bakterije, kvasci i plijesni). Većina namirnica je podložna kvarenju, zato što sadrže nutrijente koji su neophodni za rast mikroorganizama. Prisutstvo nepoželjnih mikroorganizama u hrani se mora strogo kontrolirati ne samo kako bi se usporio proces kvarenja hrane već i zbog sprečavanja nastanka bolesti koje prisutni mikroorganizmi mogu uzokovati. Iz ovog razloga su konzervansi vrlo važan i zapravo neizbježan aditiv u prehrambenoj industriji. Konzervansi zapravo sprječavaju kvarenje hrane stvaranjem uvjeta nepovoljnih za mikrobnu aktivnost, te stoga imaju bitnu ulogu u produživanju roka trajanja. Najčešće skupine tvari koje se koriste kao konzervansi su benzojeva kiselina i njezine soli, sorbinska kiselina i njezine soli, propionska kiselina i njezine soli, kalijevi i natrijevi nitrati i nitriti, SO<sub>2</sub>, octena kiselina i njezine soli itd.

Konzervansi mogu biti antimikrobni odnosno oni koji inhibiraju rast bakterija ili gljivica. Neki primjeri antimikrobnih konzervansa su kalcijev propionat, natrijev nitrat, natrijev nitrit i sulfiti (Abdulummeen i sur., 2012).

Skupini konzervansa sorbata pripadaju sorbinska kiselina (E200) te njezine soli natrijev sorbat (E201), kalijev sorbat (E202) i kalcijev sorbat (E203). Djelotvorni su protiv mnogih mikroorganizama, posebno kvasaca i plijesni, uključujući i one koje stvaraju mikotoksine. Ne smiju se koristiti u proizvodima za koje je potrebna fermentacija, upravo iz razloga što inhibiraju rast kvasaca. Za sorbate je karakteristično da ne sprječavaju oksidacijsko i enzimatsko posmeđivanje hrane, stoga se uvijek koriste u kombinaciji sa sumpornim dioksidom (E220) ili se mora provesti i pasterizacija.

U grupi benzoata najčešći konzervansi su benzojeva kiselina (E210) i njezine soli natrijev benzoat (E211), kalijev benzoat (E212) i kalcijev benzoat (E213). Benzoati u pravilu inhibiraju rast kvasaca i plijesni, dok su protiv bakterija nešto manje učinkoviti. Natrijev benzoat je najčešća sol koja se upotrebljava kao konzervans, no posljednih se godina sve manje koristi. Koriste se u industriji gaziranih pića, u umacima od soje, voćnim sokovima, kiselim krastavcima, jestivim premazima (glazure za torte, želatina u boji), gumenim bombonima, itd.

Nitriti i nitrati dozvoljeni su za uporabu u zemljama Europske unije kao kalijev nitrit (E249), natrijev nitrit (E250), natrijev nitrat (E251) i kalijev nitrat (E252). Osim što inhibiraju rast i razvoj patogenih anaerobnih bakterija, prvenstveno *Clostridium botulinum*, nitriti sudjeluju u formiranju i održavanju karakteristične crvene boje mesa reagirajući s mioglobinom te specifičnog okusa mesnih proizvoda.

Propionska kiselina i propionati obuhvaćaju grupu konzervansa označenih E-brojevima E280 (propionska kiselina), E281 (natrijev propionat), E282 (kalcijev propionat) i E283 (kalijev propionat). Najviše se koriste u proizvodnji kruha i pekarskih proizvoda jer sprječavaju rast plijesni kao što su *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor* i *Rhizopus*.

Sulfiti, nitrati i nitriti, benzoati i sorbati mogu izazvati neugodne reakcije kao što su urtikarija, pogoršanje simptoma astme, alergijski rinitis, crvenilo i kontaktni dermatitis (Abdulmumeen i sur., 2012).

## 2.5. Antioksidansi

Preklapanja su prisutna u kategorijama antioksidansa i konzervansa jer antioksidansi imaju sličnu ulogu u čuvanju hrane, tako da ne postoji jasna granica između konzervansa i antioksidansa (Franco i sur., 2019). Glavni cilj dodatka antioksidansa u hranu je sprječavanje procesa oksidacije, te samim time zaštita hrane od kvarenja. Preko 50 aditiva s funkcijom antioksidansa je odobreno od strane Europske Unije. Antioksidansi sprječavaju raspadanje vitamina i kvarenje masnoća, tako da kemijski vežu kisik iz zraka, prije nego li dođe do namirnice, no nedostatak im je što ne djeluju dugoročno.

U prehrambenim proizvodima se pojavljuju dvije vrste oksidacije: (i) enzimatska oksidacija voća, povrća i njihovih obrađenih proizvoda poput sokova, bezalkoholnih pića, voćnih namaza; (ii) oksidacija i užeženost masti i ulja. Prehrambena industrija zato koristi antioksidanse topive u mastima ili vodi. Prirodni antioksidansi se dodaju mesu, ribi, orašastim plodovima, voću i povrću, pićima i konzerviranoj hrani. Neki od primjera prirodnih antioksidansa koji se pojavljuju u hrani su askorbinska kiselina (vitamin C), tokoferoli (vitamin E), mliječna kiselina i limunska kiselina. Sintetski antioksidansi se često dodaju uljima, sirevima i čipsu kako bi se spriječila pojava hidroksiperoksida. Upotreba specifičnih aditiva ovisno o vrsti prehrambenog proizvoda ovisi više faktora: topljivost, antioksidativne karakteristike i sigurnost. No neki od antioksidansa predstavljaju i moguću opasnost za zdravlje. Butilhidroksianisol (BHA), butilhidroksitoluen (BHT) i galati se zato moraju koristiti u minimalnim dozama. BHA i BHT su derivati fenola i sintetski antioksidansi. Povezani su s razvojem tumora u štakorima, povećanim lučenjem probavnih enzima u jetri i rizikom za alergijsku reakciju. Galati su zabranjeni u hrani za bebe zbog rizika razvoja methemoglobinemije (Silva i Lidon, 2016; Wu i sur., 2022).

Među tokoferolima, koji se razlikuju brojem i pozicijom metilnih skupina na benzenskom prstenu,  $\alpha$ -tokoferol (E307) ima najveću biološku aktivnost zahvaljujući svojim antioksidativnim svojstvima. Ovaj vitamin E se prirodno nalazi u mnogim namirnicama, a posebice u biljnim mastima. Proces rafiniranja ulja iz hrane uzrokuje gubitak ovog vitamina, zato je potreban dodatak istog kako bi se spriječila oksidacija. Svi tokoferoli koji se koriste kao aditivi u hrani nisu topivi u vodi, ali su topivi u etanolu. Njihova visoka topivost u mastima olakšava homogenizaciju i zato su bitni u prevenciji oksidacije masti. Najčešće se koriste u uljima i emulgiranim mastima, ili hrani za djecu i bebe zbog svojih netoksičnih karakteristika (Silva i Lidon, 2016).

*Limunska kiselina* (E330) koristi se kao aditiv u brojnim prehrambenim proizvodima. Obično se koristi u karamelama, voćnim sokovima, nektarima i bezalkoholnim pićima, sladoledima, marmeladama, voćnim džemovima, želeima, konzerviranom voću i povrću, mliječnim proizvodima (topljeni sir, maslac, margarin i druge masnoće za mazanje), uljima i mastima, neobrađenoj ribi i školjkama, kobasicama, smrznutim ribljim proizvodima i dječjoj hrani. Nizak pH ove kiseline određuje njene široke tehnološke primjene - kao regulator kiselosti, antioksidans, a može djelovati i kao sinergist drugim antioksidansima (Silva i Lidon, 2016).

## **2.6. Emulgatori, stabilizatori, zgušnjivači, tvari za želiranje, nosači**

Puno funkcija aditiva u hrani se preklapaju, stoga se emulgatori, stabilizatori, zgušnjivači i tvari za želiranje kategoriziraju pod jednu grupu označenu brojevima od E400 do E499 u klasifikaciji E-brojeva, uz neke iznimke (EU, 2018). Emulzija je heterogena suspenzija stvorena kada se mikroskopske kapljice jedne nemiješive tekućine dispergiraju u drugu nemiješivu tekućinu (Wu *i sur.*, 2022). Stabilnost emulzija povećava se smanjenjem međupovršinske napetosti s pomoću emulgatora. Bez prisutnosti emulgatora, potrebna je fizička sila kako bi se faze vode i ulja dispergirale, na primjer, ulje dispergirano u vodi stvara mlijeko ili majonezu. Kada se stvori emulzija, ona nije stabilna i neće dugo ostati u tom stanju, doći će do razdvajanja faza. Kako bi se spriječilo odvajanje faza u prehrambenom proizvodu, emulgatori se dodaju za stabilnost.

Neki od poznatih emulgatora su lecitin (E322), natrijev laktat (E325), agar (E406), guar guma (E412), ksantan guma (E415) i natrijev alginat (E401), kao i emulgatorske soli (fosfati i polifosfati).

Primjena je emulgatora velika, a najčešće se upotrebljava prirodni emulgator lecitin (E322) koji se nalazi i u žumanjku jajeta. Lecitin se najčešće nalazi u čokoladama i čokoladnim namazima, a ksantan guma u majonezi, salatnim dresinzima i umacima (Cox *i sur.*, 2021).

U mesnoj industriji se najviše koriste emulgatorske soli, fosfatni i polifosfatni aditivi. Emulgatorske soli za razliku od pravih emulgatora, dodatkom u sustave koji sadrže masti, vodu i proteine, raspršuju proteine ujednačujući raspodjelu vode i masti oko njih. Poznata sposobnost polifosfata da potiču vezivanje vode u mesnom proizvodu je tehnološki opravdana, ali pretjerane količine fosfora u gotovom proizvodu svakako utječu na zdravstvenu ispravnost proizvoda



*Zgušnjivači* su tvari koje povećavaju viskoznost otopina ili hrane, koriste se kako bi se poboljšala tekstura hrane. Neki od najčešćih aditiva koji se koriste kao zgušnjivači su želatina, agar, karagenan, škrob i ksantan guma. Prekomjerna upotreba navedenih sredstava može dovesti do zdravstvenih problema, poput probavnih smetnji. Tvari za želiranje kao što su konjak guma, karaja guma i gelan guma se dodaju hrani kako bi se postigla specifična struktura i stabilnost stvaranjem gela. Većina stabilizatora i ugušćivača su polisaharidi, poput gume arabike, guar gume, karboksimetilceluloze, karagenana, agara, škroba i pektina.

*Nosači* su službeno tvari koje se koriste za otapanje, razrjeđivanje, raspršivanje ili druge fizikalne promjene aditiva ili aroma, prehrambenih enzima, hranjivih tvari i/ili drugih tvari koje se dodaju hrani u prehrambene i fiziološke svrhe, bez mijenjanja njezine funkcije.

## 2.7. Regulatori kiselosti

Regulatori kiselosti su tvari koje mogu kontrolirati ili modificirati pH vrijednost prehrambenih proizvoda i time utječu na enzimatske reakcije i reakcije oksidacije te inhibiciju rasta mikroorganizama. Pod ove spojeve spadaju organske i anorganske kiseline, baze i njihove konjugirane soli i djeluju sami ili u puferskom sustavu. Organske kiseline koje se najčešće koriste kao regulatori kiselosti su octena, limunska, mravlja, benzojeva i jabučna. One djeluju kao konzervansi, kelirajući agensi ili sekvestranti u pektin gelovima, sterilizatorima, tvarima protiv pjenjenja ili agensima za okus.

Baze koje se najčešće koriste su soli fosfata, laktati i citrati sa funkcijom pufera i održavanja boje i kompleksacije reakcija metala kako bi se poboljšala organoleptička kvaliteta hrane. Jake anorganske kiseline i baze se koriste u obradi povrća i voća. Ponekad pH vrijednost mora biti promijenjena u industrijskom procesu koristeći puferski sustav.

Najpoznatiji korišteni puferski sustavi su limunska kiselina/natrijev citrat (pH 2.1- 4.7), octena kiselina/natrijev acetat (pH 3.6 -5.6) i orto i pirofosfatni anioni (pH 2.0-12.0). Ovi puferi pomažu u kontroli pH vrijednosti i drže proteine stabilnima, bez uzrokovanja promjena mirisa i okusa hrane (Martins i sur., 2019).

Ostali aditivi koji su navedeni u službenom Pravilniku o prehrambenim aditivima Ministarstva zdravstva i socijalne skrbi (NN 62/2010) su sljedeći:

1. tvari za sprečavanje zgrudnjavanja - tvari koje dodatkom praškastim mješavinama ili hrani sprječavaju stvaranje većih nakupina ili gruda te održavaju sipkost
2. tvari protiv pjenjenja su tvari koje sprečavaju ili smanjuju pjenjenje
3. tvari za povećanje volumena su tvari koje povećavaju volumen hrane bez značajnog doprinosa povećanju energetske vrijednosti
4. emulgatorske soli su tvari koje dispergiraju bjelančevine sadržane u siru i time doprinose homogenoj razdiobi masti i drugih sastojaka
5. učvršćivači su tvari koje čine ili održavaju tkivo voća ili povrća čvrstim ili hrskavim ili sudjeluju u interakciji s tvarima za želiranje kako bi tvorile ili učvrstile gel
6. pojačivači arome su tvari koje pojačavaju postojeći okus i/ili miris hrane
7. tvari za pjenjenje su tvari koje omogućavaju homogeno raspršivanje plinovite faze u tekućoj ili krutoj hrani
8. tvari za poliranje (uključujući maziva) su tvari koje, kada se nanese na vanjsku površinu hrane, daju sjajan izgled ili tvore zaštitnu oblogu:
9. tvari za zadržavanje vlage su tvari koje sprečavaju isušivanje hrane

10. modificirani škrobovi su tvari dobivene putem jednog ili više kemijskih postupaka jestivih škrobova fizikalnim ili enzimatskim postupcima, a mogu biti obrađeni ili izbijeljeni kiselinom ili lužinom;
11. plinovi za pakiranje su plinovi drugačiji od zraka koji su uvode u ambalažu prije, tijekom ili nakon stavljanja hrane u spomenutu ambalažu
12. potisni plinovi su plinovi drugačiji od zraka koji potiskuju hranu iz spremnika;
13. tvari za rahljenje su tvari ili mješavine tvari koje oslobađaju plin i time povećavaju obujam tijesta ili tekućeg tijesta;
14. sekvestranti su tvari koji tvore kemijske komplekse sa metalnim ionima;
15. tvari za tretiranje brašna su tvari drugačije od emulgatora koje se dodaju brašnu ili tijestu za poboljšanje njegovih svojstava pri pečenju.

## **2.8. Opasnosti za zdravlje**

U zapadnjačkom svijetu, u zadnjim se desetljećima vidi porast konzumacije izrazito procesuirane hrane, odnosno hrane koja prolazi kroz višestruke fizikalne, biološke i/ili kemijske procese uz dodatke raznih prehrambenih aditiva prije nego li dođe do potrošača. Utjecaj prehrambenih aditiva na ljudsko zdravlje se danas sve više istražuje, odnosno provode se različite studije o njihovoj štetnosti. Najnovije znanstvene spoznaje o štetnosti nekih dopuštenih i čestih prehrambenih aditiva najčešće se pripisuju aditivima iz skupine bojila, pojačivača okusa i zaslađivača. Stav da su aditivi štetni i opasni za ljudsko zdravlje već je neko vrijeme prisutan kako u svijetu, tako i kod nas, no treba voditi računa o tome da se aditivi ipak nalaze u hrani u minimalnim, odnosno strogo propisanim količinama. Povećana konzumacija visoko prerađene hrane naravno da će dovesti do određenih zdravstvenih problema, pa je tako i za očekivati da takva hrana dovodi do povećanja tjelesne mase, kao i različitih alergijskih reakcija (Hall *i sur.*, 2019; Chazelas *i sur.*, 2020).

### **2.8.1 Preosjetljivost na aditive u prehrani**

Reakcije preosjetljivosti se očituju pojačanim imunološkim odgovorom u doticaju tijela s alergenom ili antigenom. Posljednjih godina dobivena su mnoga izvješća vezana uz reakcije preosjetljivosti na prehrambene aditive. U 2020. godini je Europska agencija za sigurnost hrane (EFSA) dovršila pregled aditiva i njihov utjecaj na pojavu preosjetljivosti, ali nije uključila sve aditive.

Simptomi preosjetljivosti na aditive u hrani su različitih manifestacija i bolest može imati ranu (do 2 sata nakon izlaganja alergenu), zakašnjelu (do 12 sati nakon izlaganja) ili kasnu (preko 12 sati nakon izlaganja) reakciju. Najčešće kliničke manifestacije reakcija na aditive u hrani su kronična urtikarija, angioedem i nešto rjeđe anafilaktička reakcija te pojačani simptomi atopičkog dermatitisa, bronhialne astme ili alergijskog rinitisa. Kod osjetljivijih pojedinaca, oralna konzumacija ili lokalni doticaj može uzrokovati nespecifične simptome poput hipotenzije, bolove u abdomenu, smetnje u probavnom traktu, svrbež i tahikardiju. Neki simptomi mogu biti posljedica akumulacije aditiva ili sličnih spojeva sadržanih u hrani kroz redovitu konzumaciju.

*Benzojeva kiselina* (E210) i njene natrijeve, kalijeve i kalcijeve soli (E211-E213) se koriste kao konzervansi zbog njihove antimikrobne aktivnosti. Benzoati se dodaju različitim prehrambenim proizvodima kao što su alkoholna pića sa niskim udjelom alkohola, bezalkoholnim pivama i proizvodima sa smanjenim udjelom šećera. Simptomi preosjetljivosti uključuju pojačanje simptoma postojećih kožnih ili respiratornih bolesti. EFSA smatra da je jedan od uzroka preosjetljivosti na benzoate već aktualan proces bolesti.

U nekim se prehrambenim proizvodima koriste esteri p-hidroksibenzojeve kiseline (PHBA) i njihove soli poznate pod imenom parabeni kao konzervansi. Pod ovu grupaciju spadaju etil i metil p-hidroksibenzoati i njihove soli. Koriste se u grickalicama na bazi krumpira i škroba, slatkišima za osvježanje daha, ali i u dekoracijama za slastičarstvo. Njihova upotreba je široka u kozmetici gdje su jedan od češćih kontaktnih alergena. Esteri PHBA i njihove soli se nakon kontakta sa kožom ili nakon oralnog unosa, apsorbiraju i metaboliziraju u PHBA i p-hidroksihipurnu kiselinu. Kroz zadnja dva desetljeća, opisano je ponavljanje simptoma nakon oralne primjene parabena. Dostupni podatci nalažu da nekim pacijentima koji boluju od idiopatske urtikarije ili rinitisa može doći do pogoršanja simptoma ili pojave novih konzumacijom parabena (Velázquez-Sámano *i sur.*, 2019).

*Sulfiti* (E220-E228) se primarno koriste kao konzervansi u proizvodima koji sadrže voće i povrće zbog svojih antiseptičkih svojstava. Mikroorganizmi mogu preuzeti tiolne skupine iz sumpornih spojeva i te skupine zatim reagiraju sa genetskim materijalom i proteinima. Također, sulfiti sprječavaju oksidaciju i inhibiraju Maillardovu reakciju i polifenolne oksidaze sprječavajući pojave smeđeg obojenja. Prema regulacijama EU, dopuštene količine sulfita koje se mogu dodati u proizvode su u rasponu od 10-2000 mg po kilogramu proizvoda pretvoreno u SO<sub>2</sub>. Dodatno, koriste se kao nosači u enzimima hrane i bojila (E150b i E150d). Sulfiti su odgovorni tako i za pojačanje simptoma astme. Prema literaturnim podacima, bronhospazmi su asocirani sa njihovom konzumacijom i mogu se pojaviti u do 8% pacijenata koji boluju od astme i uzimaju steroide. Još jedan od simptoma može biti i rinitis. Manje je učestalo kod djece.

*Octena kiselina* (E260) se koristi kao regulator kiselosti i konzervans. Dodaje se u neke sireve, konzervirano voće i povrće, proizvode koji sadrže svježe meso, kruh i kao pH regulator u proizvode na bazi žitarica i dječju hranu. Postoje slučajevi gdje su ljudi sa dijagnosticiranom preosjetljivosti na etanol doživjeli anafilaksu, napadaj astme i osip induciranih konzumacijom octene kiseline. Razlozi nisu poznati, ali istraživanja su pokazala da kod preosjetljivosti na etanol dolazi do pozitivnog kožnog testa za octenu kiselinu na preosjetljivost. Moguće je da su tu radi o slučajnosti, potrebna su daljnja istraživanja.

*Galati* se nalaze u mješavinama začina i mastima korištenima u instant jelima, pogotovo juhama i jušnim kockama, kao i u nekim slasticama. Postoje podatci koji ukazuju na to da izazivaju ili pogoršavaju kožne bolesti.

BHA (E320) i BHT (E321), sintetski fenolni antioksidansi koji se dodaju nekim mastima i začinima, odgovorni su za pogoršanje urtikarije kod nekih ljudi. U jednom je istraživanju zdravstveno stanje pacijenta poboljšano nakon izbacivanja E320 i E321 iz prehrane. Također mogu pridonijeti i razvoju astme i alergijskog rinitisa.

*Lecitini* (E322) se koriste kao antioksidansi u mastima, ali imaju i druge tehnološke funkcije. Koriste se i kao emulgatori i tvari protiv rahljenja. Glavni izvor lecitina je ulje soje, no mogu se dobiti i iz suncokretovog ulja, ulja repice i jaja. Konzumacija proizvoda koji sadrže lecitin može izazvati gastrointestinalne simptome, a dokazano je da radnici u pekarama mogu

doživjeti astmatični napad zbog većih količina sojinog lecitina. EFSA je do sada izdala dva dokumenta koja obrađuju pitanje sigurnosti lecitina. U dokumentima stoji da lecitini dobiveni iz jaja i soje mogu inducirati alergijsku reakciju. U kliničkoj praksi, kada je pacijent alergičan na jaja ili protein soje, potrebno je uzeti u obzir mogućnost da se radi o preosjetljivosti na lecitine.

*Glutamati* (E620-E625) su pojačivači okusa, odnosno tvari koje nemaju intenzivan okus, ali imaju mogućnost pojačavanja intenziteta već prisutnih okusa. Prirodno se nalaze u morskim algama, umacima istočno-azijskog podrijetla (soja, riba, školjkaši), nekim sirevima, rajčicama, kukuruzu, grašku, mahunama, školjkama. EU regulacije dopuštaju uporabu do 10 g glutamata po kilogramu proizvoda. Ove se restrikcije ne odnose se na zamjene za sol, začine i mješavine začina. Mononatrijev glutamat (MSG) je odgovoran za skup simptoma poznat pod imenom Kineski sindrom restorana (*eng. Chinese Restaurant Syndrome*). To je grupa simptoma koji se očituju nakon konzumacije hrane bogate ovim kemijskim spojem. To uključuje crvenilo u licu, valove topline, osjećaj tuposti u vratu koji se širi prema leđima i rukama, otupljenost ruku, pritisak u prsima i nesvjesticu. EFSA napominje da postoji postotak zdravih pojedinaca ili astmatičara koji će reagirati na doze MSG-a koje prelaze 3000 mg, no mehanizam djelovanja za sada nije poznat (Velázquez-Sámamo *i sur.*, 2019).

### **2.8.2. Indirektni aditivi**

Postoje dokazi koji ukazuju da postoje potencijalni negativni efekti direktnih, odnosno prethodno spomenutih aditiva, ali i indirektnih aditiva na zdravlje, pogotovo zdravlje djece. Indirektni aditivi su oni koji dolaze u kontakt s hranom, bilo da se nalaze u ljepilima, bojama, premazima, papiru, kartonu, plastici i drugim polimerima koji se koriste pri pakiranju ili proizvodnji.

Znanstveni radovi ukazuju na to da su mnogi aditivi koji dolaze u doticaj s hranom endokrini disruptori, odnosno tvari koje ometaju aktivnost hormona. Djeca su pogotovo osjetljiva na posljedice radi većeg unosa u odnosu na tjelesnu masu, metaboličkog sustava koji je još u razvoju i organa koji su u procesu razvoja osjetljiviji na hormonalne promjene. Neke od kemikalija koje stvaraju zabrinutost su bisfenoli, ftalati, nitrati i nitriti, perfluoroalkil supstance (PFA) (Trasande *i sur.*, 2018).

*Bisfenoli* su se intenzivno koristili sredinom 20. stoljeća, kada je bisfenol A (BPA) otkriven kao koristan sastojak u proizvodnji polikarbonatnih plastika i polimernih premaza u metalnim konzervama. Sada se često proizvodi reklamiraju kao „bez BPA“, a u nekim je inačicama zabranjena uporaba BPA. I dalje se koriste u polimernim premazima u metalnim pakiranjima u svrhu prevencije korozije i njenog doticaja s hranom i pićem. BPA se može vezati za estrogene receptor i izazvati odgovor kao da se estradiol vezao na vezno mjesto. Zato se klasificira kao endokrini disruptor. Istraživanja su pokazala da postoji povezanost između povećane izloženosti BPA i poremećaja endokrinog sustava u obliku smanjene plodnosti, promjena u vremenskom tijeku puberteta, razvoju mliječnih žlijezda, razvoju neoplazija.

*Ftalati*, odnosno esteri ftalatne kiseline se koriste u raznovrsnim proizvodima i mogu se klasificirati u dvije kategorije: ftalati niske i visoke molekularne mase. Oni niske molekularne mase se koriste u šamponima, losionima i kozmetici za očuvanje mirisa, dok se oni visoke molekularne mase koriste u proizvodnji plastike za fleksibilna pakiranja prehrambenih proizvoda. Brojnim je istraživanjima na životinjama i ljudima dokazano da su DEHP, benzil butil ftalat i dibutil ftalat antiandrogeni i utječu na muški fetalni genitalni razvoj. Dolazi do smanjenja koncentracije cirkulirajućeg testosterona u tijelu. Isti su asocirani sa promjenama u koncentracijama ostalih muških hormona i brojnosti i pokretljivosti spermatozoida. Epidemiološke studije su našle poveznicu između urinarnih metabolita ftalata i markera oksidativnog stresa. Oksidativni stres dalje utječe i na aktivnost transporta glukoze, promovira vazokonstrikciju, lijepljenje trombocita i lučenje protupalnih citokina.

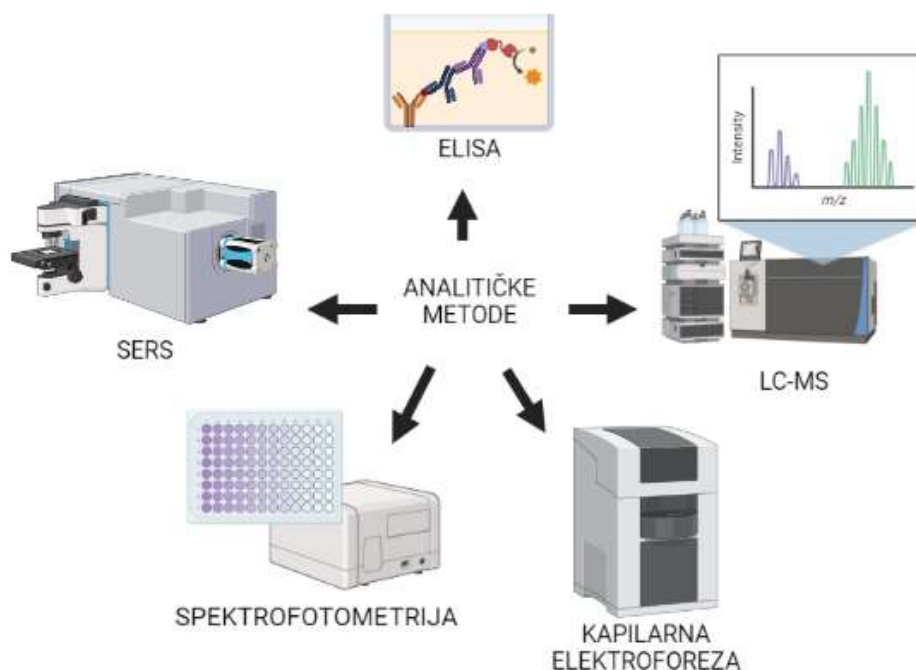
*Perklorati* najčešće ulaze u prehrambene proizvode kroz vodu ili kao komponenta umjetnih gnojiva. Također se koriste kao antistatički agens u plastičnim pakiranjima koji dolaze u kontakt sa suhom hranom koja ne sadrži slobodne masti ili ulje kao što je na primjer brašno ili šećer. Perklorati su poznati kao disruptori proizvodnje hormona štitnjače. Unos perklorata je zato posebno opasan za žene sa nedostatkom joda i njihov plod.

*Nitrati i nitriti* se godinama koriste kao konzervansi u suhomesnatim proizvodima i prerađenim mesnim i ribljim proizvodima te sirevima. Oni su prirodno prisutni u tijelu te u vodi i zemlji. Njihov je unos zato neizbježan, no prekomjeran unos bi mogao imati negativan utjecaj na ljudsko zdravlje. Jedni su od potencijalnih kancerogenih faktora u prehrani bogatoj prerađenim mesnim proizvodima. Mogu utjecati na funkciju štitnjače kao i perklorati, no u manjoj mjeri (Trasande i sur., 2018).

## 2.9. Analitičke metode u analizi aditiva prisutnih u hrani

Odabir analitičke metode uvjetovan je s više čimbenika kao što su: točnost, preciznost, ponovljivost, granica detekcije i kvantifikacije, radno područje, selektivnost i priprava uzorka. Na raspolaganju je veliki broj analitičkih metoda (spektroskopskih, kromatografskih, elektroanalitičkih), a izbor ovisi o svojstvima samoga uzorka (krutina, tekućina ili plin), o očekivanom udjelu aditiva, iskustvu analitičara, dostupnoj opremi i reagensima, vremenu analize, broju uzoraka koje je potrebno analizirati i o količini interferirajućih tvari prisutnih u uzorku. Najviše objavljenih znanstvenih radova povezano je s analizom aditiva koji kod potrošača izazivaju zdravstvene probleme ili nepoželjan okus kao što su regulatori kiselosti, boje, antioksidansi i konzervansi.

Analitičke metode koje se najviše koriste za analizu prehrambenih aditiva su kromatografija, spektrofotometrija, elektroforeza te druge optičke i elektrokemijske metode. Ovisno o strukturi i svojstvima analiziranih aditiva, odabiru se metode koje su najpogodnije za dobivanje željenih rezultata (Wu *i sur.*, 2022).



**Slika 4.** Grafički prikaz opisanih analitičkih metoda. Napravljeno pomoću *BioRender.com*



Najčešće korištene kromatografske tehnike za aditive su plinska (*engl. Gas chromatography, GC*) i tekućinska kromatografija (*engl. Liquid chromatography, LC*). Unatoč brojnim prednostima plinske kromatografije, oko 80% spojeva nije dovoljno stabilno ili hlapljivo da bi se odvojilo ovom tehnikom. Tekućinska kromatografija visoke učinkovitosti (*engl. High-performance liquid chromatography, HPLC*) koristi se u većini analitičkih postupaka za određivanje aditiva. Mobilna faza kod klasične tekućinske kromatografije (LC) protječe kroz kolonu pri atmosferskom tlaku uz pomoć pumpe ili pomoću gravitacije, a kod tehnike HPLC pri povišenom tlaku.

*Tekućinska kromatografija visoke djelotvornosti (eng. High performance liquid chromatography - HPLC)* je oblik kromatografije na stupcu i koristi se za razdvajanje i detekciju komponenti iz smjese. Funkcionira na način da je uzorak koji se detektira otopljen u mobilnoj fazi koja se zatim nanosi na kolonu u kojoj se nalazi stacionarna faza specifična za grupu spojeva koji se određuju i zatim na temelju brzine kojom se kreću komponente uzorka kroz kolonu dolazi do razdvajanja istih. Komponente koje imaju veći afinitet prema mobilnoj fazi kreću se brže, a komponente koje imaju veći afinitet prema stacionarnoj fazi sporije. Signal dolazi do detektora i rezultat je iskazan u obliku kromatograma. Prednosti ove metode su dobra selektivnost, visoka osjetljivost i reproducibilnost, no skupa je i dugo traje. Pogodna je za analizu konzervansa, sladila i antioksidansa.

*Masena spektrometrija* se izvodi u obliku GC-MS i LC-MS. GC-MS je analitička metoda koja kombinira plinsku kromatografiju i masenu spektrometriju za analizu komponenti u uzorku, dok LC-MS kombinira tekućinsku kromatografiju i masenu spektrometriju. Maseni spektrometar ionizira uzorak, najčešće u katione gubitkom elektrona i zatim se ioni sortiraju i razdvajaju na temelju mase i naboja. Detektor mjeri razdvojene ione i računalo obrađuje rezultate u obliku grafa. Obje metode omogućuju analizu i detekciju jako malih uzoraka i točnost u kvantifikaciji. Kao i kod HPLC-a, aparatura je skupocjena. Pogodna je za analizu sladila i antioksidansa.

*Spektrofotometrija* naziv za skup metoda kojima je osnova činjenica da svaki kemijski spoj apsorbira, transmitira ili reflektira svjetlost u elektromagnetnom spektru valnih duljina. Kada svjetlost prolazi kroz otopinu, dio te svjetlosti se apsorbira. Spektrofotometar mjeri količinu apsorbirane svjetlosti koja dolazi iz izvora zvanog monokromator. Ova metoda se često koristi za mjerenje koncentracije otopine, visoke je osjetljivosti, širokog linearnog dosega, brza i jednostavna te nije potreban veliki uzorak, no potrebna je baza podataka uzoraka.

Korisna je za detekciju boja, konzervansa i antioksidansa. Bojila su spojevi koji uvelike apsorbiraju svjetlost u vidljivom području. Zato je spektrofotometrija pogodna za njihovu kvantitativnu analizu. Mana ove analitičke metode je to što nije moguća kvalitativna analiza ovih spojeva, odnosno nije moguće odrediti o kojem se točno spoju odnosno aditivu radi. Generalno je preferirana metoda zbog jednostavnosti i niske cijene (Ntrallou i sur., 2020).

*Kapilarna elektroforeza* je analitička metoda koja se bazira na kretanju električki nabijenih čestica u otopini pod djelovanjem električnoga polja u uskoj kapilari prema jednoj od elektroda. Koristi za odvajanje molekula na temelju njihove elektroforetske pokretljivosti uz uporabu primijenjenog napona. Dakle, djelovanjem električnog polja analiti putuju različitom brzinom ovisno o njihovom naboju i ionskom radijusu. Brzina kojom se čestica giba izravno je proporcionalna primijenjenom električnom polju - što je jačina polja veća, to je pokretljivost brža. Ovo je jednostavna metoda visoke osjetljivosti za koju nije potreban veliki uzorak. Upotrebljava se za analizu bojila, konzervansa, sladila i antioksidansa (Wu i sur., 2022).

*SERS (eng. Surface Enhanced Raman Scattering)* spektroskopija je tehnologija koja se često koristi u analizi materijala, praćenju okoliša, u biomedicinskim poljima, kao i analizi hrane (Ai i sur., 2018). Ramanova spektroskopija je jedna od glavnih vibracijskih spektroskopskih tehnika, u kojima se spektri promatranih uzoraka dobivaju kao rezultat vibracija veza između atoma u molekulama uzorka. Nerazorna je tehnika kemijske analize koja koristi neelastično raspršivanje svjetlosti kako bi identificirala jedinstveni otisak prsta (fingerprint) molekule. Površinski pojačano Ramanovo raspršenje (SERS) je tehnika kod koje dolazi do povećanja presjeka Ramanovog raspršenja na molekulama koje su adsorbirane na ili u neposrednoj blizini metalnih nanočestica. Najpogodnija je za analizu bojila i sladila (Wu i sur., 2022).

### 3. RASPRAVA

Korištenje prehrambenih aditiva nije moderni izum. Najraniji prehrambeni aditivi, korišteni još prije 5000 godina, uključivali su ocat za kiseljenje povrća; soljenje i dimljenje radi očuvanja mesa i ribe; bilje za poboljšanje okusa; i biljne boje za poboljšanje izgleda hrane.

U prošlosti se sva hrana pripremala kod kuće, no tehnološki napredak i užurbani način života, itekako su se odrazili na prehrambene navike ljudi. Danas je put hrane od polja do stola sve duži, što povećava rizik i mogućnost nepovoljnog utjecaja na zdravstvenu ispravnost hrane. Uporabom aditiva taj rizik se bitno smanjuje, a hrana zadržava većinu svojih svojstava kroz duži vremenski period. Skoro sva prerađena hrana sadrži aditive kao što su sladila, konzervansi i bojila. S današnjim porastom u raznolikosti u proizvodnji hrane, tehnološkim poboljšanjima i promjenama u prehrani i načinu života modernog čovjeka, povećao se broj dorađenih prehrambenih proizvoda, a samim time i broj tvari koje se koriste kao aditivi. Prema zakonima Europske unije, aditivi su definirani kao tvari koje se same po sebi ne konzumiraju kao hrana i nisu uobičajen sastojak hrane, bez obzira imaju li neku hranjivu vrijednost ili ne. Aditivi se dodaju hrani pri proizvodnji, obradi, pakiranju, transportu i skladištenju te postaju izravno ili neizravno njezin sastavni dio.

Aditivi su originalno potjecali samo iz prirodnih izvora, no sa vremenom su uvedene metode sintetičke proizvodnje. Sintetski (umjetni) aditivi su sada dominantan oblik aditiva u proizvodnji zbog veće raspoloživosti. Također, često je potrebno koristiti više aditiva istovremeno radi postizanja poželjnih karakteristika prehrambenog proizvoda ili zbog činjenice da su neki aditivi i sami skloni degradaciji i potreban im je stabilizator, izazivajući sinergistički efekt aditiva.

Danas kada je prerađena hrana neizostavni dio svakodnevnog života modernog čovjeka, itekako je porasla svijest o tome što su to aditivi, u kojoj hrani se nalaze, a posebice svijest o njihovom mogućem štetnom utjecaju na zdravlje pojedinca. Umjereni unos aditiva je siguran, no potrebno je pripaziti i na ostale sastojke prerađene hrane kako bi se izbjegli ili smanjili negativni učinci prekomjernog unosa tih spojeva.

Jedna od zabrinutosti potrošača s obzirom na aditive u hrani, kako prirodne tako i umjetne, jest da njihova konzumacija može biti povezana s neželjenim učincima na ponašanje kao što je hiperaktivnost, posebno kod djece. Ipak, ono što najviše brine potrošače je mogućnost pojave različitih alergijskih reakcija i preosjetljivost na različite aditive. Takvi prehrambeni aditivi uključuju prehrambene boje i bojila (kao što su tartrazin, kinolin, Sunset Yellow), antioksidanse

(kao što su BHA i BHT), emulgatore i stabilizatore (različite gume i lecitin), arome i pojačivače okusa (mononatrijev glutamat (MSG), začini i umjetni zaslađivači) i konzervanse (benzoati, nitrati i sulfiti). Upravo iz tog razloga, većina ovih i drugih prehrambenih aditiva prošla je ponovnu procjenu na temelju njihove procjene rizika za ljudsko zdravlje.

Svrha provođenja procjene rizika za ljudsko zdravlje za bilo koji aditiv u hrani je određivanje sigurne razine unosa. Takva procjena određuje može li se određeni spoj dopustiti za upotrebu kao aditiv u hrani i u kojim količinama. Sigurna razina unosa definirana je kao ADI (Acceptable Daily Intake) / PDU (prihvatljivi dnevni unos), odnosno dnevni unos prehrambenog aditiva, za koji se ne očekuju značajni štetni učinci kada se konzumira tijekom života. ADI se obično izražava kao miligrami unesene kemikalije po kilogramu tjelesne težine. Bilo koja kemikalija za koju se procijeni da je i genotoksična i potencijalno kancerogena nije dopuštena za upotrebu kao aditiv u hrani (Tomaska, Brooke-Taylor, 2014).

Pretilost je velika zdravstvena prepreka u društvu koja uvelike pridonosi razvoju dijabetesa tipa 2 i kardiovaskularnih bolesti. Dokazi da konzumacija šećera ima veliki utjecaj na razvoj ove epidemije su stimulirali povećanu popularnost nenutritivnih ili niskokaloričnih zaslađivača kao što su aspartam i sukraloza. Nova istraživanja su potrebna kako bi se mogle usporediti različite vrste i formulacije nenutritivnih ili niskokaloričnih sladila i procijeniti koje su posljedice zamjene šećera sa nenutritivnim sladilima. Trebali bi se koristiti bolji alati i pristupi za procjenu i kako bi se mogla točnije kvantitativno izmjeriti konzumacija nenutritivnih sladila. Kako je njihova uporaba široka i u sve većem porastu, potrošači bi trebali biti oprezni s njihovim unosom (Azad *i sur.*, 2017).

Različita su stajališta vezana za prehrambene aditive i rizike za zdravlje povezane s njihovom konzumacijom. Puno ljudi smatra da sigurnosne regulacije nisu adekvatne za zaštitu potrošača. Potrošači vide pojam „prirodno“ kao bitnu stavku i prirodnu hranu sigurnijom i zdravijom od prerađene hrane. Poznato je da je hrana lijepih boja privlačnija i da djecu pogotovo privlače hrana i pića živih boja. Zato proizvođači dodaju bojila, kako bi hrana izgledala ukusnije. No, postoje istraživanja da sintetska bojila i neki drugi prehrambeni aditivi imaju štetne učinke na dječje ponašanje i ljudsko zdravlje. Bojila se koriste u različitim prehrambenim proizvodima – od proizvodnje gaziranih i drugih pića, slatkiša, pekarskim proizvodima, konzerviranom povrću i ostaloj konzerviranoj hrani, mliječnim proizvodima, mesu i ribi. Što se tiče zdravstvenih rizika, dodatak aditiva mora biti unutar ograničenja zadanih zakonom (Trasande *i sur.*, 2018).

Iako će laik prije posegnuti za proizvodom sa oznakom da se u njemu nalaze samo aditivi prirodnog podrijetla, oni nisu manje štetni zdravlju od onih sintetiziranih u laboratoriju. Mnogi aditivi prirodnog podrijetla su se kroz godine pokazali štetnima te nisu više na listi dopuštenih aditiva. Geografski položaj isto utječe na unos vrsta aditiva i njihovih količina. Neki aditivi, kao npr. kalijev bromat (Chauhan i sur., 2016) su dopušteni u Sjedinjenim Američkim Državama, a zabranjena u Europi. Dopuštene doze se također razlikuju.

Za određivanje aditiva u prehrambenim proizvodima razvijene su i unaprijeđene brojne analitičke metode koje se koriste u različite svrhe, od kvantifikacije aditiva, do provjere stabilnosti ili postupaka obrade hrane. Neovisno o izboru metode, potrebno je razraditi postupak uzorkovanja, obrade uzorka prije analize te način interpretacije dobivenih rezultata. Način uzorkovanja ovisi o veličini uzorka, troškovima, raznolikosti sastavnica uzorka. Određene vrste spojeva mogu utjecati na analizu te je stoga potrebno izabrati pogodnu metodu pripreme uzorka koja će smanjiti interferencije, biti brza, jednostavna, jeftina te ekološki prihvatljiva.

Sa razvojem novih materijala, pogotovo nanomaterijala, analitičke metode su se uvelike poboljšale. Metode određivanja aditiva su pokazale veliki napredak u analizi proizvoda prehrambene industrije. One se mogu i kombinirati s drugim metodama detekcije prehrambenih aditiva kako bi se zadovoljili zahtjevi za analizu istih i time poboljšala analitička izvedba. I dalje postoje prepreke kao što su veliki trošak, kompleksna predobradba uzoraka, odnosno postupci koji oduzimaju puno vremena s niskom efikasnošću detekcije (Wu i sur., 2022).

#### 4. ZAKLJUČCI

Potreba za aditivima u prehrambenoj industriji znatno je porasla u posljednjim desetljećima zbog stavova i navika potrošača, ali i ekonomske koristi koju oni donose prehrambenim proizvodima, poput jednostavnije proizvodnje, postojane kvalitete i duljeg roka trajanja. Prehrambeni aditivi se dodaju pri proizvodnji hrane sa dvije osnovne namjene: kako bi hrana bila sigurna za uporabu tako da se spriječi rast mikroorganizama, oksidacija i ostale kemijske promjene i da bi se percepcija hrane kod potrošača poboljšala privlačnijim okusom, izgledom ili mirisom. Kako bi se olakšala regulacija aditiva i informirala javnost, aditivima su dodijeljeni jedinstveni brojevi. Europska Unija (EU) je uvela kodove koji započinju slovom E popraćenim brojem, a oni se koriste na području EU i Europskog udruženja za slobodnu trgovinu (EFTA).

Danas kada je prerađena hrana neizostavni dio svakodnevnog života modernog čovjeka, itekako je porasla svijest o tome što su to aditivi, u kojoj hrani se nalaze, a posebice svijest o njihovom mogućem štenom utjecaju na zdravlje pojedinca. Iako je uporaba aditiva neizbježna u prehrambenoj industriji određeni aditivi u hrani povezuju se s određenim vrstama zdravstvenih rizika uključujući alergije, astmu i rak, promjene raspoloženja, iritacije ili kožne reakcije, migrene, hiperaktivnost, poremećaj spavanja i začepljenost nosa, što zahtijeva daljnja istraživanja i strožu regulaciju njihove uporabe u industriji.

Umjereni unos aditiva je siguran, no potrebno je pripaziti i na ostale sastojke prerađene hrane kako bi se izbjegli ili smanjili negativni učinci prekomjernog unosa tih spojeva. Stoga se preporuča pronaći ravnotežu u konzumaciji navedene hrane i sezonskih namirnica koristeći manje obrađenu hranu kako bi se smanjio unos aditiva.

## 5. LITERATURA

1. Abdulmumeen, H. A., Risikat, A. N. and Sururah, A. R. (2012): Food: Its preservatives, additives and applications, *International Journal of Chemical and Biochemical Sciences*, 36–47.
2. Ahmad, S. Y., Friel, J. K. and MacKay, D. S. (2020): Effect of sucralose and aspartame on glucose metabolism and gut hormones, *Nutrition Reviews*, 78 (9), 725–746.
3. Ai, Y., Liang, P., Wu, Y., Dong, W. (2018): Rapid qualitative and quantitative determination of food colorants by both Raman spectra and Surface-enhanced Raman Scattering (SERS), *Food Chemistry*, 241, 427–433.
4. Amchova, P., Kotolova, H. and Ruda-Kucerova, J. (2015): Health safety issues of synthetic food colorants, *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 73 (3), 914–922.
5. Bahna, S. L. and Burkhardt, J. G. (2018): The dilemma of allergy to food additives’, *Allergy and Asthma Proceedings*, 39 (1), 3–8.
6. Chauhan, D. and Jain, P. (2016): A scientific study of genotoxic-carcinogenic impacts of Potassium Bromate as food additive on human health’, *International Research Journal of Engineering and Technology*, 03 (06), 1136–1139.
7. Cox, S., Sandall, A., Smith, L., Rossi, M., Whelan, K. (2021): Food additive emulsifiers: A review of their role in foods, legislation and classifications, presence in food supply, dietary exposure, and safety assessment, *Nutrition Reviews*, 79 (6), 726–741.
8. EU (2018) ‘EU Approved additives and E Numbers’, *UK Food Standards Agency*, (i). <https://www.food.gov.uk/business-guidance/eu-approved-additives-and-e-numbers>.
9. Franco, R., Navarro, G. and Martínez-Pinilla, E. (2019): Antioxidants versus food antioxidant additives and food preservatives’, *Antioxidants*, 8 (11).
10. Hall, K. D. *et al.* (2019) ‘Erratum: Ultra-Processed Diets Cause Excess Calorie Intake and Weight Gain: An Inpatient Randomized Controlled Trial of Ad Libitum Food Intake (Cell Metabolism, 30 (1) (67–77.e3)).
11. Martins, F. C. O. L., Sentanin, M. A., De Souza, D. (2019): Analytical methods in food additives determination: Compounds with functional applications, *Food Chemistry*, 272, 732–750.
12. Méndez-Vilas, A. (2017): *Science within food up-to-date advances on research and educational ideas*, Formatex Research Center, Spain, ISBN-13 Collection: 978-84-947512-1-9.
13. Ntrallou, K., Gika, H., Tsochatzis, E. (2020): Analytical and sample preparation

- techniques for the determination of food colorants in food matrices', *Foods*, 9 (1), 58.
14. Pereira da Costa, M., Conte-Junior, C. A. (2015): Chromatographic Methods for the Determination of Carbohydrates and Organic Acids in Foods of Animal Origin', *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14 (5), 586–600.
  15. Silva, M. M., Lidon, F. C. (2016): An overview on applications and side effects of antioxidant food additives', *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 28 (12), 823–832.
  16. Tomaska, L. D., Brooke-Taylor, S. (2014): Food Additives: Food Additives – General. Encyclopedia of Food Safety, 449–454. doi:10.1016/b978-0-12-378612-8.00
  17. Trasande, L., Shaffer, R. M., Sathyanarayana, S. (2018): Food additives and child health', *Pediatrics*, 142 (2). doi: 10.1542/peds.2018-1410.
  18. Witkowski, M. *et al.* (2023): The artificial sweetener erythritol and cardiovascular event risk', *Nature Medicine*, 29 (3), 710–718.
  19. Wu, L., Zhang, C., Long, Y., Chen, Q., Zhang, W., Liu, G. (2022): Food additives: From functions to analytical methods', *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62 (30), 8497–8517.