

# Ne-toplinske tehnike - održive tehnike

---

Grbeš, Franjo

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Food Technology and Biotechnology / Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:159:334933>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-14**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Food Technology and Biotechnology](#)



**Sveučilište u Zagrebu**

**Prehrambeno – biotehnološki fakultet**

**Preddiplomski studij Prehrambena tehnologija**

**Franjo Grbeš**

7075/PT

**NE-TOPLINSKE TEHNIKE – ODRŽIVE TEHNIKE**

**ZAVRŠNI RAD**

**Predmet:** Prehrambeno – procesno inženjerstvo

**Mentor:** Izv. prof. dr. sc. Anet Režek-Jambrak

**Zagreb, 2017.**

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Završni rad

**Sveučilište u Zagrebu**

**Prehrambeno – biotehnološki fakultet**

**Preddiplomski sveučilišni studij Prehrambena tehnologija**

**Zavod za Prehrambeno – tehnološko inženjerstvo**

**Laboratorij za Procesno - prehrambeno inženjerstvo**

**Znanstveno područje: Biotehničke znanosti**

**Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija**

**Ne-toplinske tehnike – održive tehnike**

***Franjo Grbeš, 0058207005***

**Sažetak:** Ovaj rad bavi se istraživanjem ne-toplinskih metoda procesiranja koje se smatraju potencijalno korisnima kao zamjena za konvencionalne toplinske tehnike procesiranja. Radi boljeg razumijevanja, ukratko su objašnjene teorijske osnove najkorištenijih metoda. Cilj rada je istražiti održivost navedenih metoda kroz potrošnju energije tijekom procesiranja, emisiju stakleničkih plinova te samu kvalitetu konačnog proizvoda. Kao pomoć pri tome korištene su dvije analitičke metode koje se danas sve više koriste u industriji općenito: „Analiza životnog ciklusa“ (Life Cycle Assessment, LCA) te „Analiza kvalitete proizvoda“ (Quality Function Deployment, QFD). Na temelju istražene literature došlo se do zaključaka da je za ne-toplinsko procesiranje potrebno više energije (prvenstveno električne), ali se s druge strane vrijeme tretiranja može značajno smanjiti uz očuvanje karakterističnih senzorskih svojstava korištene sirovine.

**Ključne riječi:** LCA, ne-toplinske tehnike, održivost, QFD

**Rad sadrži:** 28 stranica, 8 slika, 2 tablice, 46 literaturnih navoda, 0 priloga

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Rad je u tiskanom i elektroničkom obliku pohranjen u knjižnici Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 23, 10 000 Zagreb**

**Mentor:** Izv. prof. dr. sc. Anet Režek Jambrak

**Pomoć pri izradi:** Izv. prof. dr. sc. Anet Režek Jambrak

**Datum obrane:** 13. lipnja 2017.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

Bachelor thesis

**University of Zagreb**

**Faculty of Food Technology and Biotechnology**

**University undergraduate study Food Technology**

**Department of Food engineering**

**Laboratory for Food processes engineering**

**Scientific area: Biotechnical Sciences**

**Scientific field: Food Technology**

**Non-thermal processing – sustainable processing**

***Franjo Grbeš, 0058207005***

**Abstract:** The aim of this article is to research nonthermal processing which are considered as potentially substitute for conventional thermal processing. For better understanding of nonthermal processing, in the first part of this article theoretical basics of the most used nonthermal techniques have been explained. Furthermore, scope of this work is to research sustainability of nonthermal processing through the energy consumption, emission of greenhouse gases and the product quality. Two analytical methods are used to help with sustainability assesment of nonthermal processing which are „Life cycle assessment“ (LCA) and „Quality function deployment“ (QFD). Based on resarched literature it could be concluded that nonthermal processing requires higher energy consumption (mainly electrical), however treatment time could be significantly decreased without losing characteristical sensory properties of used product.

**Keywords:** LCA, nonthermal processing, QFD, sustainability

**Thesis contains:** 28 pages, 8 figures, 2 tables, 46 references, 0 supplements

**Original in:** Croatian

**Thesis is in printed and electronic form deposited in the library of the Faculty of Food Technology and Biotechnology, University of Zagreb, Kačićeva 23, 10 000 Zagreb**

**Mentor:** Izv. prof. dr. sc. Anet Režek Jambrak

**Technical support and assistance:** Izv. prof. dr. sc. Anet Režek Jambrak

**Defence date:** June 13th 2017

## **SADRŽAJ**

<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>2. TEORIJSKI DIO</b> .....	2
<b>2.1. Ne-toplinske tehnike</b> .....	2
2.1.1. Ionizirajuće zračenje .....	2
2.1.2. Pulsirajuće električno polje .....	3
2.1.3. Visoki tlak .....	4
2.1.4. Visokofrekventna i mikrovalna energija .....	5
2.1.5. Ultrazvuk .....	6
<b>2.2. Analiza životnog ciklusa proizvoda (LCA)</b> .....	7
2.2.1. Metodologija LCA metode .....	8
2.2.2. Cilj i predmet istraživanja .....	8
2.2.3. Analiza ulaznih i izlaznih podataka .....	9
2.2.4. Određivanje utjecaja .....	10
<b>2.3. Analiza kvalitete proizvoda (QFD)</b> .....	10
2.3.1. Definicija QFD-a .....	10
2.3.2. Metodologija QFD-a .....	11
<b>2.4. Usporedba ne-toplinskih i konvencionalnih metoda procesiranja</b> .....	17
2.4.1. Primjena LCA metode u procjeni održivosti ne-toplinskih tehnika procesiranja .....	20
2.4.2. Primjena QFD metode .....	21
<b>3. ZAKLJUČAK</b> .....	23
<b>4. POPIS LITERATURE</b> .....	24

## 1. UVOD

U cilju proizvodnje mikrobiološki ispravnog proizvoda s minimalnim narušavanjem njegovih nutritivnih i senzorskih svojstava, stvoren je veliki interes u prehrambenoj industriji za razvojem i primjenom ne-toplinskih tehnologija poput visokog hidrostatskog tlaka („High pressure processing“, HPP), pulsirajućeg električnog polja (PEP), ultraljubičastog zračenja (UV), ultrazvuka i dr. Njihova glavna karakteristika je tretiranje namirnice pri sobnoj temperaturi u kratkom vremenu što može rezultirati uštedom energije, kraćem trajanju tehnološkog procesa, a u konačnici se dobiva minimalno procesiran proizvod koji sadrži organoleptička i nutritivna svojstva slična izvornoj sirovini. Zbog toga se ne-toplinske tehnike smatraju „zelenim“ - „green tehnologijama“.

Marketinško istraživanje tržišta također je bitan faktor u cjelokupnoj ideji proizvodnje jer njime definiramo i implementiramo subjektivne zahtjeve potrošača u konačan prehrambeni proizvod. U cilju kreiranja proizvoda po mjeri potrošača razvijena je metoda „Analiza kvalitete proizvoda“ (Quality Function Deployment, QFD) koja se doduše češće koristi u nekim drugim granama industrije, a manje u prehrambenoj industriji. Pored QFD, u ovom radu prati se i održivost pojedine metode, utjecaj na okoliš i procjena negativnog utjecaja određenih tehnoloških postupaka. Ekološki utjecaj sve je bitniji aspekt prehrambene industrije prema kojem se razvila standardna metoda - „Analiza životnog ciklusa proizvoda“ (Life Cycle Assessment, LCA) namijenjena određivanju tzv. ukupnog ciklusa proizvoda, od uzgoja do potrošnje te njegovog utjecaja na okoliš.

Imajući u vidu prethodno navedeno, svrha ovog rada je prikazati neke od ne-toplinskih tehnika koje se danas koriste u prehrambenoj industriji te kroz korištenje navedenih dviju metoda procijeniti kvalitetu dobivenog proizvoda te odrediti kvalitetu same provedbe procesa kroz utjecaj na okoliš, otpadne produkte i slično.

## **2. TEORIJSKI DIO**

Struktura rada osmišljena je tako da se u prvom dijelu opišu ne-toplinske tehnike (karakteristike postupaka te utjecaj na hranu kao tretirani sustav) nakon čega slijedi implementacija teorijske osnove navedenih dvaju metoda (LCA i QFD). U zadnjem dijelu rada prikazat će se rezultati tretiranja ovakvim postupcima što podrazumijeva potrošnju energije, kvalitetu konačnog proizvoda te utjecaj postupka na okoliš.

Zbog sve većih i kompleksnijih zahtjeva potrošača znanstvenici su posegnuli za novim tehnikama procesiranja hrane koje se mogu nazvati i ne-toplinske zbog takvog utjecaja na hranu. Neke od njih koje se danas više koriste su ultrazvuk, visoki hidrostatski tlak, ionizirajuće zračenje, pulsirajuće električno polje, mikrovalovi i radiofrekvencije te neke druge. Navedene tehnike danas dolaze do sve većeg značaja, a mogu djelovati destruktivno na mikroorganizme ili pak enzime, a neke od njih se koriste i za poboljšanje senzorskih svojstava namirnica. Potrebno je voditi računa o dizajnu procesa obrade i praćenju procesa, kako bi se smanjile ili izbjegle moguće negativne posljedice na sastojke hrane (oksidacija, stvaranje slobodnih radikala itd.).

### **2.1. Ne-toplinske tehnike**

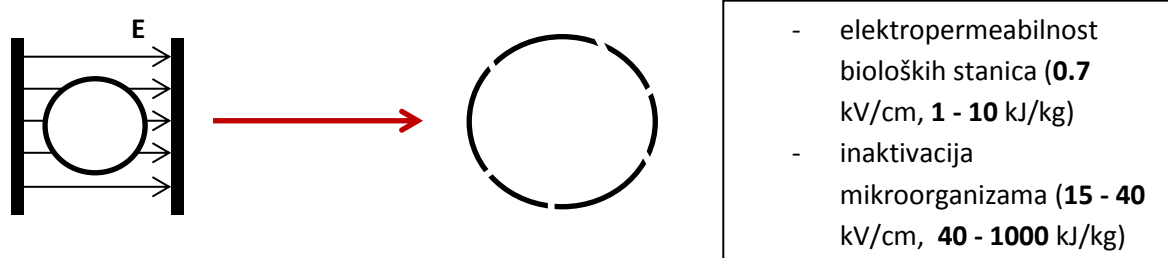
#### **2.1.1. Ionizirajuće zračenje**

Jedna od najstarijih metoda je primjena ionizirajućeg zračenja, s kojom se počelo još 50-ih godina 20. stoljeća kada je ustanovljeno letalno djelovanje ionizirajućeg zračenja na stanice gdje se zbog toga koristilo primarno u medicini. Pod pojmom ionizirajuće zračenje primarno se misli na elektronske emisije odnosno  $\beta$ -zrake,  $\gamma$ -zračenje te X-zrake. Zračenje ovih valnih duljina ima dovoljno energije za izbijanje elektrona iz atoma nakon čega atom izložen zračenju ostaje pozitivno nabijen te nastaje slobodni elektron koji lako može stvoriti interakcije s drugim atomima nakon čega isti postaju negativni. Takvim djelovanjem u namirnici mogu nastati slobodni radikali, pobuđeni i reaktivni atomi i ioni. Iako ne postoji točno razjašnjen mehanizam djelovanja ionizirajućeg zračenja na molekule u namirnicama, postoji nekoliko teorija mogućeg djelovanja. Pretpostavlja se da energija ionizirajućeg zračenja može direktno izbiti elektrone iz atoma odnosno molekula u namirnici dok se jedna od teorija temelji na radiolizi vode te reakcijama produkata radiolize s molekulama (Thakur i Singh, 1994). Obje teorije pretpostavljaju strukturne promjene na molekulama koje konačno mogu dovesti do inaktivacije mikroorganizama prekidanjem diobe stanica ili pak strukturnim promjenama DNK. Kako je kod toplinskih tehnika esencijalni faktor temperatura, tako je to kod korištenja ionizirajućeg zračenja

doza zračenja koja određuje efektivnost djelovanja tretmana na izloženi proizvod. Granična doza zračenja od 10kGy smatra se dozom kod koje ne dolazi do senzorskih promjena na namirnici (Diehl, 2002). Pored toga, važan faktor je i otpornost prisutnih mikroorganizama na takva zračenja koja je razlikuje za različite mikroorganizme, ali i za pojedine oblike. Tako su spore otpornije od vegetativnih oblika, a anaerobni oblici su otporniji od aerobnih.

### 2.1.2. Pulsirajuće električno polje

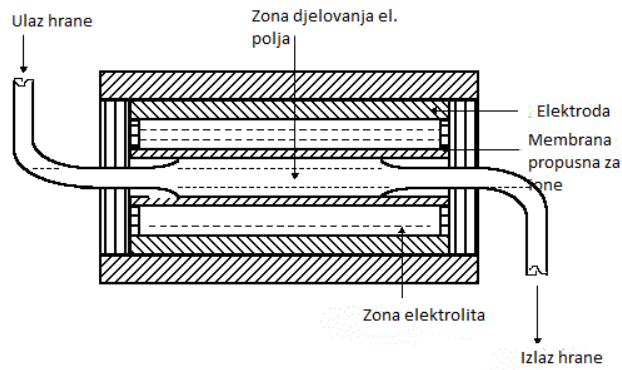
Obrada pulsirajućim električnim poljem temelji se na provođenju namirnice između dvije elektrode gdje se stvaraju pulsevi visokih napona. Tehnika se temelji na punjenju kondenzatora izvorom istosmjernje struje koji se nakon toga prazne u obliku pulseva. Proces je s tog gledišta energetski povoljniji od toplinskih tehnika, a dodatna prednost je kratko vrijeme izlaganja pulsevima visokih napona. Primjenu pulsirajućeg električnog polja moguće je provesti na različite načine i to eksponencijalno padajućim ili pravokutnim valovima, bipolarnim ili oscilirajućim pulsevima. Oblici valova imaju različit letalni utjecaj na mikroorganizme. Primarno mjesto djelovanja takvih pulseva je omotač stanice odnosno stanična membrana i stanična stijenka kod organizama koji posjeduju istu.



**Slika 1.** Prikaz elektroporacije i jakosti el. polja potrebne za promjene na stanicama (Toepfl i sur., 2006)

Pulsevi visokog napona imaju mogućnost destabilizacije lipidno – proteinskog sloja stanične stijenke. Takav destabilizirani sloj postaje propustan za molekule koje inače ne propušta što uzrokuje bubrenje i krajnje pucanje stanične stijenke. Ta pojava se naziva elektroporacija (Sale i Hamilton, 1968). Osim toga, tretman pulsirajućim električnim poljem pokazao se nedovoljnim za inaktivaciju spora u proizvodima (Grahl i Maerkl, 1996).

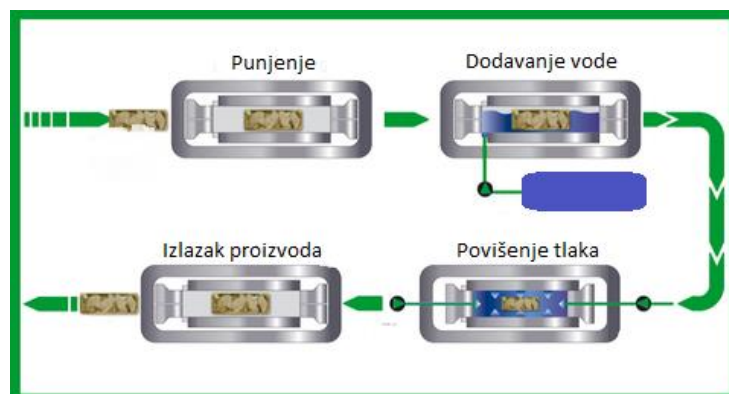




**Slika 2.** Shematski prikaz uređaja za tretiranje pulsirajućim el. poljem (Butler, 2012)

### 2.1.3. Visoki tlak

Korištenje visokog tlaka u prehrambenoj industriji danas je pronašlo široku primjenu kao jedan od postupaka hladne pasterizacije namirnica. Češće je korištenje visokog hidrostatskog tlaka gdje se kao medij za prenošenje tlaka koristi voda. Namirnice se stavljaju u komoru za tretiranje, u ambalaži ili bez nje, gdje se podvrgava visokom tlaku. Medij za prenošenje tlaka osigurava ravnomjerno djelovanje tlaka sa svih strana na namirnicu pa volumen i oblik namirnice nisu osobito važni pri izračunu procesnih parametara. Tlakovi kojim se podvrgava namirnica kreću se od 100 do 850 MPa bilo da su namirnice tekuće ili krute. Uz zračenje, visoki tlak efektivna je metoda tretiranja za krute namirnice (Lado i Yousef, 2002).



**Slika 3.** Shematski prikaz uređaja za tretiranje visokim tlakom (Beckman, 2015)

Visoki tlak kao takav ne može znatno utjecati na kemijske veze u namirnici odnosno utječe na slabije kemijske veze kao što su vodikove veze i ionske interakcije. Time visoki tlak utječe na nativnu strukturu proteina i izravno utječe na strukturu stanične membrane čime može inaktivirati mikroorganizme.

#### 2.1.4. Visokofrekventna i mikrovalna energija

Visokofrekventna i mikrovalna energija imaju dužu povijest korištenja u prehrambenoj industriji bilo da se koriste u svrhu konzerviranja ili za odmrzavanje i slične postupke. Djelovanje mikrovalova i radiofrekvencija na hranu temelji se na tzv. dielektričnom zagrijavanju za koje su potrebne molekule dipolnog karaktera. Izlaganjem elektromagnetskom zračenju takvih frekvencija dolazi do gibanja molekula u hrani (prvenstveno vode) prilikom čega se povećava trenje među molekulama te dolazi do oslobađanja topline (Roher i Bulard, 1985). Osim dipolnih molekula od kojih je voda najčešća u hrani utjecati na zagrijavanje, odnosno zaslužni za to mogu biti i slobodni ioni. Jasno je da takvo elektromagnetsko zračenje u namirnicama izaziva toplinski efekt prilikom čega može doći do denaturacije proteina, razmatanja nukleinskih kiselina te povišena temperatura može utjecati na strukturu stanične membrane stanica. Pored toplinskog učinka koji je neupitan kod ove metode obrade, postoji mogućnost pojave elektroporacije staničnih membrana mikroorganizama što uzrokuje inaktivaciju istih. Iako visokofrekventno i mikrovalno zračenje nema dovoljnu energiju za cijepanje "jačih" kemijskih veza u molekulama hrane (pr. kovalentne veze) može utjecati na vodikove veze koje su slabije. U prehrambenoj industriji mikrovalovi se često koriste za odmrzavanje, kuhanje određenih emulzija te za dehidraciju. Za učinkovitu primjenu mikrovalova i visokofrekventnog zračenja potrebno je poznavati ponajprije dielektrična svojstva same namirnice, zatim debljinu namirnice što uvjetuje prodiranje zračenja. Zračenja se ovisno o frekvenciji razlikuju po moći prodiranja, ali i mogućnosti zagrijavanja tretirane namirnice (Lovrić, 2003).

### 2.1.5. Ultrazvuk

Primjena energije zvuka smatra se sve prihvatljivijim alternativnim postupkom kod obrade namirnica u smislu konzerviranja tj. produženja iskoristivosti iste. Pored toga ultrazvuk je već prihvaćena tehnika u prehrambenoj industriji za mjerenje razine, mjerenje protoka u cjevovodima itd. Samo područje zvuka može se podijeliti na čujno područje (do 18kHz) te ultrazvučno područje (iznad 18kHz) dok se područje ultrazvuka dijeli na tri dijela: dijagnostički ultrazvuk, ultrazvuk visoke frekvencije (niski intenzitet) i ultrazvuk visoke snage (visoki intenzitet i niske frekvencije) (Lovrić, 2003). Mehanizam na kome se zasniva korištenje ultrazvuka u prehrambenoj industriji temelji se na fenomenu kavitacije. Emitiranjem zvučnih valova najčešće pomoću sonde u tretiranoj tekućini dolazi do nastanka longitudinalnih valova koji dovode do stvaranja faza kompresije i ekspanzije koje se pojavljuju naizmjenično. Upravo zbog promjena tlaka dolazi do kavitacije i do stvaranja kavitacijskih mjehurića kojima se volumen povećava u zoni ekspanzije sve do kritične veličine. U trenutku kad mjehurić dosegne kritičnu veličinu dolazi do kondenzacije pare i implodije samog mjehurića. Molekule koje kondenziraju tim putem međusobno se sudaraju gdje u točkama sudara dolazi do ekstremnog porasta temperature, čak i do 5000 °C uz povišenje tlaka (Butz i Tauscher, 2002) . Objašnjeni mehanizam smatra se letalnim za mikroorganizme pa se ultrazvuk koristi s tim ciljem (Hoover, 2000).

Da bi tretman ultrazvukom uspio izazvati kavitaciju potrebno je poznavati i odrediti procesne parametre kao što su frekvencija i intenzitet ultrazvuka. Nadalje, potrebno je poznavati svojstva proizvoda koji se tretira (površinska napetost, viskoznost itd.) te primijeniti odgovarajući temperaturni režim i tlak kod procesa obrade. Ovisno o frekvenciji i inenzitetu ultrazvuka mogu se razlikovati i nastale kavitacije. Pri manjim intenzitetima i frekvencijama veličina kavitacijskog mjehurića ne mijenja se znatno kroz naizmjenične cikluse ekspanzije i kompresije tako da ne dolazi do implodije mjehurića. Pri takvoj kavitaciji nastali mjehurići vibriraju i praktički stvaraju strujanje u tekućini (Wu i Nyborg, 2008).



**Slika 4.** Grafički prikaz implozije kavitacijskog mjehurića  
(Acoustical Society of America, 2013)

Letalni učinak ultrazvuka na mikroorganizme temelji se na nekoliko pojava koje uzrokuje na stanice. Lokalna povišenja temperature koji se događaju zbog implozije mjehurića uzrokuju oštećenje stanične stijenke koja tada postaje propusnija. Raspadanjem mjehurića može doći do oslobađanja iznimno reaktivnih slobodnih radikala koji nastaju razgradnjom molekula otapala i ostalih otopljenih tvari koje se nalaze u otopini. Slobodni radikali reakcijskim mehanizmima mogu stvoriti vodikov peroksid koji se koristi kao baktericid (Joyce i sur., 2003). Također zbog implozije mjehurića dolazi do stvaranja posmičnih sila koje mehanički oštećuju prisutne stanice. Važno je naglasiti da se učinak ultrazvuka može poboljšati primjerice povišenjem temperature (termosonikacija) ili tlaka (manosonikacija) pa se tako ultrazvuk danas često kombinira s povišenom temperaturom što daje vrlo učinkovit postupak. Tadađer je moguće primijeniti obradu uz povišenu temperaturu i tlak (manotermosonikacija). Kao najvažniji parametri procesiranja ultrazvukom smatraju se amplituda ultrazvučnog vala te kontaktno vrijeme odnosno vrijeme trajanja procesa. Kako bi se osigurala učinkovita inaktivacija mikroorganizama, posebnu pažnju potrebno je dati razlikama gram-pozitivnih i gramnegativnih bakterija pa prema tome i podesiti parametre procesa zbog razlike u građi stanične stijenke (količina peptidoglikana).

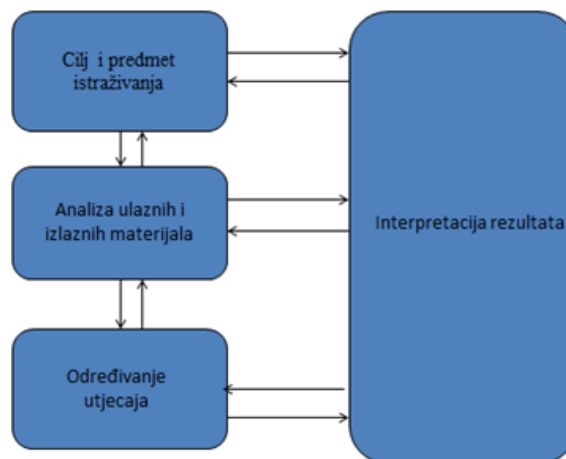
## 2.2. Analiza životnog ciklusa proizvoda (LCA)

Tehnika analize životnog ciklusa proizvoda počela je s razvitkom 60-ih godina dvadesetog stoljeća prema ISO standardu 1404x te kao takav proučava tri najvažnije faze proizvoda:

razvoj, proizvodnja i na kraju sama uporaba. Pristup LCA je široko prihvaćen od znanstvenika širom svijeta pa se i upotrebljava za široki spektar proizvoda kao što su prehrambeni proizvodi, strojevi i mnogi drugi.

### 2.2.1. Metodologija LCA metode

Kao što je već navedeno, prvotni koncept LCA metode razvijen je 60-ih godina dvadesetog stoljeća koji je do danas dosta napredovao najviše utjecajem znanstvenika koji se bave zaštitom okoliša i proučavanjem okolišnih promjena koje se događaju u zadnje vrijeme. Kako su prvenstveno atmosferske promjene danas česte i sve izraženije, ljudi su svjesni da je nešto potrebno promijeniti pa je tako došlo to sve intenzivnijeg razvitka LCA metode. Danas se kao osnovni ciljevi ove metode mogu navesti usporedba alternativnih proizvoda i procesa, usporedba životnih ciklusa određenih proizvoda te određivanje točki u životnom ciklusu proizvoda gdje se mogu napraviti znatna poboljšanja. Kako bi metoda bila korisna u određivanju navedenih ciljeva, najprije je potrebno odrediti odnosno definirati osnove faze LCA metode i njihove ciljeve. Prema najnovijim radovima i istraživanjima definirane su tri osnovne faze metode, a to su cilj i predmet istraživanja, analiza materijala koji ulaze i izlaze iz procesa koja se temelji na izradi baze podataka i na kraju određivanje samog utjecaja procesa/proizvoda prvenstveno na okoliš. Svaki od pojedinih koraka potrebno je interpretirati i odrediti mu značenje te ga potom usporediti s bazom podataka kako bi se mogao donijeti valjan zaključak.



**Slika 5.** Grafički prikaz osnovnih faza LCA metode

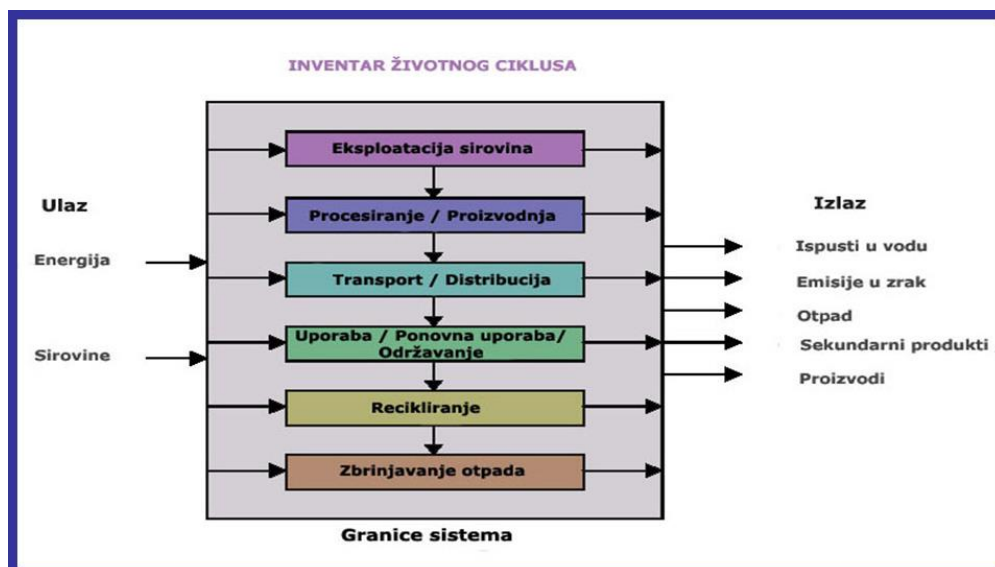
### 2.2.2. Cilj i predmet istraživanja

Ovo je prvi i osnovni korak koji je potrebno valjano odrediti jer se na njemu temelje sve ostale činjenice i zaključci. Najprije je potrebno odrediti svrhu uporabe dane metode,

zatim očekivani proizvod (zaključak) istraživanja, granice sustava na kojemu se primjenjuje metoda, pretpostavke koje se mogu postaviti na temelju znanja o procesu koji se proučava te na kraju funkcionalne jedinice. Od navedenih postavki koje se preliminarno određuju važno je dobro odrediti funkcionalnu jedinicu sustava prema kojoj se onda normaliziraju svi prikupljeni podaci. Funkcionalna jedinica najčešće je određena masom tvari, iako se u nekim dosadašnjim istraživanjima za funkcionalnu jedinicu koristila nutritivna ili pak ekonomska vrijednost proizvoda.

### 2.2.3. Analiza ulaznih i izlaznih podataka

Od iznimne je važnosti napraviti popis materijala, procesa i energije koji su uključeni u promatrani proces. Često se prikupljaju podaci o transportu raznih sirovina, podaci o ekstrakciji tvari iz sirovina itd. Ovaj proces je dugotrajan jer zahtjeva prikupljanje podataka o jediničnim procesima koji se odvijaju u proizvodnji te o materijalima i tvarima koje ulaze i izlaze iz istih. Podaci koji se prikupljaju su kvalitativni i kvantitativni. Kako se ne bi morali prikupljati podaci za neki proces više puta izrađene su baze podataka koje sadržavaju takve podatke. Takve baze uvelike skraćuju rad, a sastavni su dio istoimenog softvera . Najčešći primjeri ulaznih podataka (veličina) su voda, zatim energija te sirovina koja je potrebna za proces. Od izlaznih podataka mogu se izdvojiti produkti i nus-produkti, proces, emisija plinova u atmosferu te na kraju otpad koji je potrebno odgovarajuće zbrinuti.



**Slika 6.** Grafički prikaz ulaznih i izlaznih komponenti

#### 2.2.4. Određivanje utjecaja

Nakon što se prikupe prije navedeni podaci potrebno ih je na neki način kategorizirati te iz njih konačno izvući određene zaključke o utjecaju promatranog procesa na okoliš. Prikupljeni podaci svrstavaju se u skupine prema vrsti utjecaja na okoliš koje se određuju pomoću 4 postupka ove faze: klasifikacija (sistematizacija), karakterizacija, normalizacija te na kraju kvantifikacija. Klasifikacija se temelji na početnom razdvajanju dobivenih podataka u grupe prema utjecaju na okoliš koje se najčešće koriste. Nakon toga slijedi karakterizacija koja služi za procjenu jakosti potencijalnog utjecaja na već postojeće probleme u okoliše. Primjerice, određivanje utjecaja emisije ugljikovog dioksida (CO<sub>2</sub>) kao nus-produkta nekog procesa na globalno zatopljenje. Postupkom normalizacije mogu se usporediti procesi koji utječu na isti okolišni faktor kao što je utjecaj emisije ugljikovog dioksida i metana na globalno zatopljenje. Kvantifikacijom se obuhvaćaju prethodna 3 postupka i daje im se konkretna, kvantitativna vrijednost nakon čega mogu biti uspoređivani. Postavljene su tri najvažnije kategorije utjecaja, a podijeljene su kao globalni, regionalni i lokalni efekti (utjecaji). Globalni efekti ili bolje rečeno globalni problemi su prvenstveno globalno zagrijavanje te smanjenje količine ozona u stratosferi. Navedeni problemi uglavnom su posljedica prekomjerne emisije različitih plinova. Pod regionalnim efektima podrazumijeva se zagađenje vode, sniženje pH vrijednosti istih itd. Nakon prethodno odrađenog dijela, važno je dobivene podatke interpretirati u smislu da nam ti zaključci mogu poduprijeti korištenje jedne, ili nekorištenje neke druge metode. Na temelju donesenih tvrdnji o određenom procesu pomoću ove metode, isti proces se može redizajnirati kako bi se štetni utjecaj smanjio u određenoj mjeri.

### **2.3. Analiza kvalitete proizvoda (QFD)**

#### 2.3.1. Definicija QFD-a

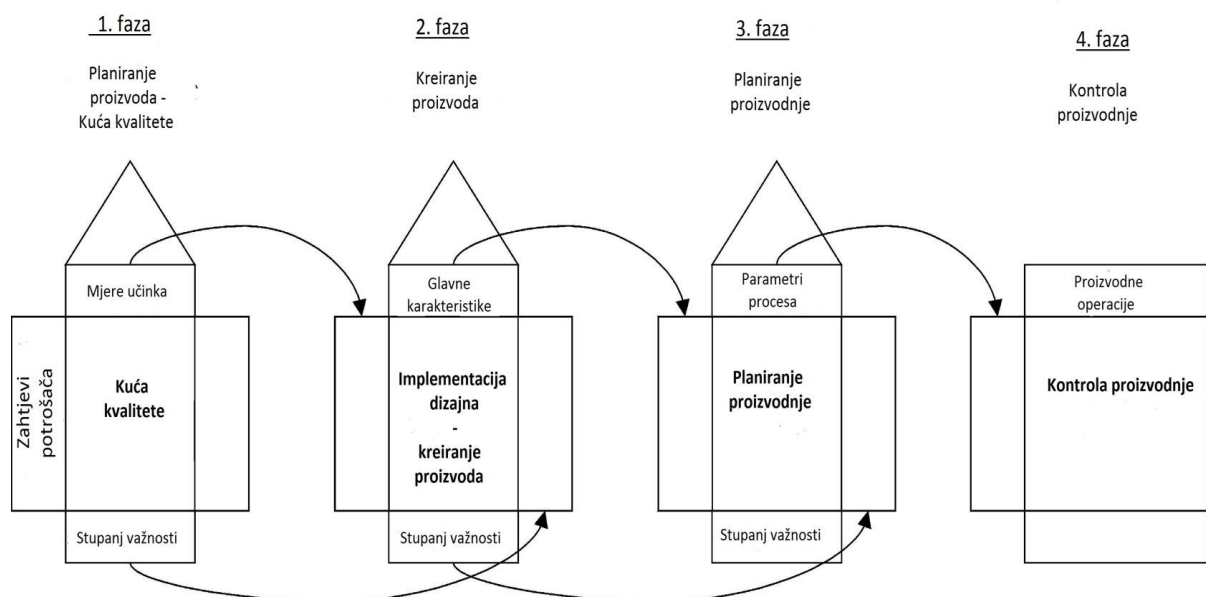
Quality function deployment je metoda za stvaranje i/ili poboljšanje proizvoda i usluga na osnovi subjektivnih želja i zahtjeva potrošača u svakoj pojedinoj fazi razvoja i proizvodnje. U kontekstu QFD-a, svaki termin ima određeno značenje; „quality/kvaliteta“ predstavlja osluškivanje želja i zadovoljenje zahtjeva potrošača, „function/funkcija“ definira plan razvoja ili unaprjeđenja uz postavljanje kontrolnih točaka cjelokupnog procesa dok se „deployment/implementacija“ odnosi na vrijeme odrade i subjekte

upravljanja procesom. Ova metoda predstavlja moćan alat jer u obzir uzima glas potrošača, tj. njegove subjektivne kriterije kvalitete koje prevodi u objektivne informacije poput tehničkih specifikacija s mogućnošću njihovog kvantificiranja i korištenja prilikom stvaranja i proizvodnje (Reilly,1999). Štoviše, u fokusu razmatranja QFD-a su upravo potrebe klijenata koje se izražavaju u sintagmama poput „brza priprema“, „sigurno za upotrebu“, „minimalno procesirano“, „premium kvaliteta“, a prema kojim se uspostavljaju krajnji ciljevi proizvodnje pomoću servisa za dizajniranje. On predstavlja integrirani sustav različitih komponenti u kojem svaka od njih ima svoju specifičnu ulogu. Kako bi učinak implementacije zahtjeva kupaca bio maksimalno ostvaren, ključna je organizacija tvrtke i uzajamna komunikacija svih sudionika. U konačnici, ova efikasna i brza metoda pruža mogućnost poboljšanja tržišne kompetitivnosti u kraćem vremenu na tri načina: smanjenjem troškova, stvaranjem visokokvalitetnog proizvoda/usluge koju potrošač želi iznova kupiti i kraćim vremenom inovacije.

### 2.3.2. Metodologija QFD-a

Quality function deployment koristi određene principe konkurentnog inženjerstva u smislu zajedničkog angažiranja pojedinih grupa ljudi zaduženih za specifične zadatke (prehrambeni inženjeri, marketinški stručnjaci, menadžeri) u svakoj fazi proizvodnog procesa (Becker Associates Inc., 2000).

QFD je četvero-fazan model sastavljen od četiri matrice od kojih svaka predstavlja specifičniji aspekt svih zahtjeva proizvoda. Samo najbitniji dijelovi iz svake faze su ugrađeni u sljedeću fazu, tj. matricu.





**Slika 7.** Grafički prikaz četverofaznog QFD modela (Benner i sur., 2003)

Po redu, svaka matrica predstavlja sljedeće:

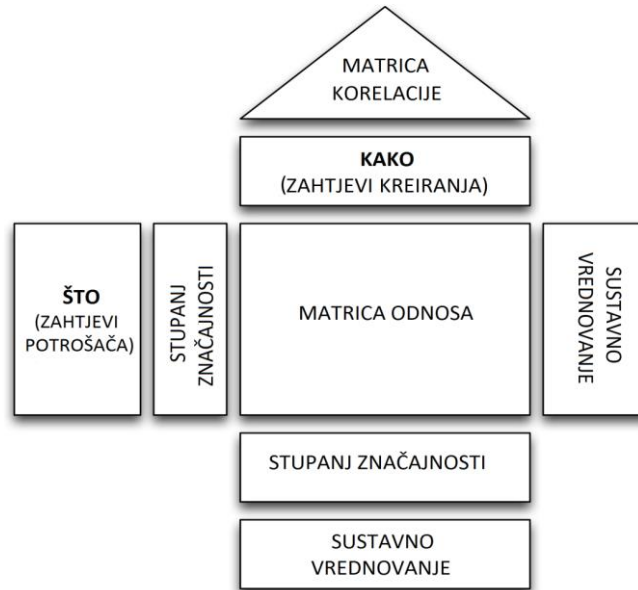
1. Planiranje proizvoda – ova faza obuhvaća gradnju tzv. „Kuće Kvalitete“, a vodi ju marketinški odjel tvrtke. Mnoge organizacije provode samo ovu fazu QFD procesa. U ovoj matrici, dokumentiraju se: zahtjevi potrošača, mjerenja proizvoda, garancijski podaci, prilike za postizanjem konkurentnosti, tehnička sposobnost organizacije da upozna i primijeni potrošačke zahtjeve. Ova matrica smatra se kritičnom za cjelokupan uspjeh primjene QFD –a jer je od presudne važnosti prikupiti dobre podatke od strane potrošača koji su na kraju temelj za gradaciju ostalih matrica.

Prema Cohenu (1995), mnoge organizacije zaustavljaju se na ovom koraku formiranja modela, čak i u Japanu, gdje se metoda uvelike primjenjuje u mnogim industrijama. Cohen (1995.) objašnjava ovu činjenicu manjkom specifikacija u literaturi, odnosno, nedostatkom postupaka formiranja preostale tri matrice na prvu.

**Kuća kvalitete – House of quality (HOQ)**

Naziv je dobila po karakterističnom obliku kuće, a zove se još i „faza planiranja proizvoda“. Svrha ove matrice je prevođenje jezika potrošača u jezik proizvođača ugradnjom određenih karakteristika kvalitete u proizvod.

HOQ se sastoji od sedam tzv. soba koje sadrže informacije koje se odnose na željeni proizvod. Prema Hauseru i Clausingu (1988), to je konceptualna mapa koja osigurava sredstva za interfunkcionalno planiranje i uzajamnu komunikaciju.



**Slika 8.** Grafički prikaz „Kuće kvalitete“ (Benner i sur, 2003)

a) Glas potrošača – Voice of customer (VOC)

Konstrukcija „kuće kvalitete“ započinje određivanjem zahtjeva potrošača koji odgovaraju na pitanje „ŠTO?“, a to im je ujedno i kratica (postoje i drugi termini poput; karakteristike kvalitete ili glas potrošača). Lista tih zahtjeva obično je pribavljena od marketinškog istraživanja tržišta (drugi izvori mogu biti razne ankete, žalbe potrošača, informacije od strane preprodavača itd.), a uglavnom se zapisuju doslovno prema riječima potrošača (Hauser i Clausing, 1988).

Ponekad, zahtjevi znaju biti preopćeniti i nejasni za direktnu implementaciju te se kao takvi moraju detaljnije opisati.

Diferencija zahtjeva kvalitete uglavnom se provodi prema tzv. Kanovom modelu. Postoje tri tipa zahtjeva kvalitete koji se trebaju uzeti u obzir prilikom primjene QFD-a (Kano i sur., 1984):

- Jednodimenzionalna kvaliteta – predstavlja poželjnu karakteristiku proizvoda u cilju zadovoljenja potrošača (npr. topla kava kao poželjna, prevruća/prehladna kao nepoželjna)

- Obavezna kvaliteta – predstavlja primarne sastavnice/očekivanja proizvoda bez kojih bi on prestao vrijediti kao takav; njihova odsutnost je vrlo nezadovoljavajuća, a vrlo često ostanu neprimijećena od strane potrošača (npr. kontrola kvalitete)
- Atraktivna kvaliteta – vrsta kvalitete iznad primarnih očekivanja potrošača; njihova odsutnost ne izaziva nezadovoljstvo, ali sama prisutnost stvara veliko zadovoljstvo od strane potrošača koji se rado vraća takvom proizvodu.

#### a) Zahtjevi kreiranja – Design requirements

Nakon utvrđivanja liste zahtjeva kvalitete prema kupcu, postavlja se pitanje „KAKO?“, odnosno, na koji način ih zadovoljiti. Prema tome, potrebno je definirati točne postupke koji će opisati način njihovog ostvarenja i koji odgovaraju na prethodno postavljeno pitanje.

#### b) Matrica odnosa – Relations matrix

Matrica odnosa, smještena između „sobe zahtjeva“ i „sobe postupaka“ opisuje jačinu povezanosti između istih te omogućava provjeru u slučaju neadekvatnog prijevoda zahtjeva u postupak (ASI, 1992.). Odnosi između zahtjeva i postupaka nisu uvijek u omjeru 1:1 te postoje određene razine povezanosti: slaba, srednja i jaka. Prazna kolona inicira nepovezanost zahtjeva i postupaka što bi značilo da sam prijevod nije dobro proveden.

#### c) Matrica korelacije – Correlation matrix

Matriks korelacije, smješten na samom vrhu HOQ, sadrži poveznice između odabranih postupaka kreiranja i pokazuje njihov međusobni utjecaj. Njegova uloga je provođenje odricanja jednog postupka u zamjenu za dobivanje drugog poželjnog postupka kako bi se povećala ukupna učinkovitost. Pozitivne korelacije između postupaka označavaju međusobnu podršku, a negativne korelacije pokazuju kako oni nepovoljno utječu jedan na druge što pomaže u postupku eliminacije pojedinog postupka (ASI, 1992; Cohen, 1995; Hauder i Clausing, 1988).

#### d) Stupanj značajnosti – Importance level

Stupanj značajnosti sadrži relativnu značajnost svakog zahtjeva od strane potrošača i odabranog postupka kreiranja, a uspostavlja se procjenom od strane potrošača. Koriste

se skale određenog raspona (1-5) ili (1-10) koje odražavaju značajnost neke potrebe prema odabranoj veličini. Umnožena veličina broja sa odgovarajućim faktorom predstavlja u konačnici povezanost između želja potrošača i odabranih postupala kreiranja te se na taj način dobivaju oni najpotrebniji postupci kreiranja proizvoda koji će zadovoljiti kupca.

#### e) Sustavno vrednovanje – Benchmarking

Ova jedinica HOQ pruža procjenu tržišnog konkurenta u odnosu na odgovarajuću tvrtku. Metoda se provodi za dva glavna parametra: zahtjeve potrošača koji se mjere individualno uz obavezno utvrđivanje ostvarenog zadovoljstva istim te postupke kreiranja proizvoda kod kojih se mjeri stupanj realizacije/izvođenja, od strane potrošača.

2. Kreiranje proizvoda – matrica u kojoj se gradi koncept proizvoda i bilježe glavne specifikacije proizvoda. Vođena je od strane inženjerskog odjela od kojeg se zahtjeva kreativnost i inovativnost na osnovi raspoloživih podataka dostupnih iz prve faze.

Konstrukcija ove matrice započinje uvrštavanjem najvažnijih prethodno definiranih postupaka kreiranja HOQ u njezin lijevi odjeljak i njihovih prioriteta u desni dio matrice. Na taj način, postupci prve faze QFD-a postaju temelj razvoja njegove druge faze (ASI, 1992).

3. Planiranje procesa proizvodnje – faza određivanja procesnih parametara/ciljanih vrijednosti i postavljanja procesa u dijagram toka od strane proizvodnih inženjera. Na način kao u prethodnoj matrici, kritični parametri kreiranja proizvoda postaju baza cjelokupnog procesa proizvodnje kao odlučujući u stvaranju proizvoda po mjeri potrošača (Cohen, 1995).

4. Kontrola procesa –posljednja faza QFD-a koja je, prema Cohenu (1995), tablica u kojoj se definiraju kritične točke procesa i preventivne mjere za njihovo sprječavanje. Sadrži listu predmeta koji se moraju uzeti u obzir prilikom svih koraka proizvodnje poput: postavki strojeva, kontrolnih metoda, veličine i frekvencije uzimanja uzoraka, kontrolnih dokumenata. Također, utvrđuju se alati za nadgledanje procesa proizvodnje, definiranje i održavanje rasporeda nadgledanja i organiziranje profesionalnih edukacija za operatere procesa. Zajedno ju vodi odjel za kontrolu kvalitete i proizvodni inženjeri.

Ovu metodu razvili su profesori Yoji Akao i Shigeru Mizuno u Japanu kasnih šezdesetih godina 20.st.(Mizuno i Akao, 1994).

Kontrola kvalitete (QC) je u Japanu imala velik značaj već 1968. godine kada su gotovo sve tvrtke imale praksu uvođenja ovog sistema na neki način (Mizuno, 1969). Međutim, uspostava kvalitete na nivou razvoja samog proizvoda nije bila potpuno formirana zbog nedostatka poznavanja ključnih točaka prilikom dizajniranja proizvoda koje bi uvjetovale željenu kvalitetu.

Prema Hofmeisteru (1991.), ova metoda se koristi u prehrambenoj industriji od 1987.g. Mnogi autori ju smatraju korisnim alatom prilagođenim specifičnim zahtjevima koji se odnose na svaki prehrambeni proizvod/proces. Međutim, danas nema puno objavljenih primjera njene cjelovite primjene u poboljšanju/ stvaranju prehrambenih proizvoda na industrijskoj i znanstvenoj razini (Hofmeister i sur., 1991.). Iako postoji par publikacija aplikacije QFD-a u prehrambenoj industriji, one samo općenito opisuju način njene primjene, a fokus je na izgradnji prve matrice – HOQ. Nadalje, nakon proučavanja limitiranih znanstvenih radova, postalo je jasno da postoje znatne poteškoće u primjeni ove metode na hranu, a posebno se to odnosi na cjelokupan četverofazni model – uglavnom se koristi samo prva matrica planiranja proizvoda, dok se ostale rijetko nadograđuju. Costa i sur. (2001) spomenuli su da je QFD metoda prikladnija za poboljšanje nego za kreiranje proizvoda.

Glavni uzrok je pitanje prilagodbe same metode na hranu koja je sastavljena od živih, metabolički aktivnih i promjenjivih komponenata za razliku od točno specificiranih i nepromjenjivih komponenata koje se koriste u drugim industrijama u kojima se metoda uvelike primjenjuje. Mogući razlozi spore integracije QFD-a u prehrambenoj industriji su: kompleksnost prehrambenih proizvoda (interakcije između komponenata, utjecaj procesa obrade na funkcionalna svojstva), varijabilnost i velike razlike u zahtjevima između potrošača, utjecaj mnogobrojnih faktora na kvalitetu proizvoda, nedovoljna osviještenost prehrambenih inženjera o samoj metodologiji i potencijalu kojeg pruža i dr. Hofmeister (1991) spominje tzv. „QFD mapu za prehrambenu industriju“ u kojoj su definirana dva moguća puta ugradnje želja i zahtjeva potrošača u proces razvoja prehrambenog proizvoda, a to su - put implementacije pakiranja i put implementacije hrane. Svaki od njih sadrži četverofazni model, ali različito kombiniran pa su tako u putu implementacije hrane kombinirane 2. i 3. faza jer u prehrambenoj industriji na finalnu kvalitetu proizvoda jednako utječu i izvorni sastojci i proces proizvodnje, dok se put

implementacije pakiranja sastoji od izvorne 4 matrice, bez međusobnog spajanja. Međutim, Hofmeister (1991) u ovom modelu razvija jedan zahtjev kroz matrice pri čemu su interakcije između mnogih različitih na taj način zanemarene.

#### 2.4. Usporedba ne-toplinskih i konvencionalnih metoda procesiranja

Iako su konvencionalne toplinske metode obrade hrane još uvijek gotovo nezamjenjive zbog jednostavnog koncepta primjene, efikasnosti u pogledu mikrobiološke sigurnosti proizvoda i relativno malih troškova, ideja uvođenja ne-toplinskih tehnika na području prehrambene industrije postaje sve zanimljivija. Glavni razlog je pozitivan utjecaj tih metoda na ekološki sustav te mogućnost uštede energije i očuvanja nutritivno vrijednih spojeva.

Uvođenjem ne-toplinskih tehnika (PEP, ultrazvuk, HPP i dr.) mogle bi se postići energetske uštede, smanjenje količine otpadne vode, smanjenje emisije štetnih plinova, veći stupanj pouzdanosti i produktivnosti (Masanet i sur., 2008). Također, njihova primjena mogla bi utjecati na 50%-tno smanjenje utroška električne energije korištene za rashladne procese (Dalsgaard i Abbots, 2003).

- **potrošnja energije**

Ultrazvuk se pokazao učinkovitim i čistom metodom za korištenje prilikom ekstrakcije. Velika prednost očituje se u uštedama vremena i minimalnim utjecajem na okoliš, iako zahtijeva visoke investicijske troškove. Premda se u ovom slučaju radi na primjeru malog kapaciteta, uštede energije prilikom primjene konvencionalnih metoda i ekstrakcije potpomognute ultrazvukom prikazane su u **Tablici 1.** na primjeru proizvodnje ulja.

Metoda ekstrakcije	Potrošnja el.energije za (kWh)
Soxhlet	<b>8</b>
Maceracija na točki vrenja otapala	<b>9</b>
Ekstrakcija potpomognuta ultrazvukom	<b>0,25</b>

**Tablica 1.** Potrošnja energije za različite postupke ekstrakcije ulja (Chemat i sur., 2016)

U jednoj od studija (Lung i sur., 2006) u kojoj ukazuju na potencijalne uštede energije koristi se pulsirajuće električno polje kao ne-toplinska metoda. Ispitivanje, tj. pasterizacija PEP-om vršila se na uzorcima soka naranče nakon kojeg je ustanovljeno smanjenje utroška prirodnog plina kao goriva tokom proizvodnje za čak 100%. Topefl (2006) je pak proveo istraživanje na pasterizaciji tekućih namirnica PEP-om koje je pokazalo visoku cijenu operativnih troškova, 1-2 € centa/ L ili 0.74- 1,49 kn/L, što je cca 10 puta više od primjene klasičnih toplinskih tehnika. Uspoređujući tretiranje soka naranče pulsirajućim električnim poljem i konvencionalnom pasterizacijom došlo se do zaključaka da je korištena ne – toplinska tehnika otprilike 150% skuplja od tradicionalne toplinske obrade (Sampedro i sur., 2012.)

Međutim, kombinacijom pasterizacije i PEP-a dobivamo kraće vrijeme tretiranja, uštede energije za cca 60 kJ/kg sirovine u svrhu postizanja 6-log redukcije *E.coli* (Heinz i sur., 2002).

Poznato je da se visoki hidrostatski tlak u prilično velikoj mjeri koristi u industriji (u usporedbi s ostalim ne – toplinskim tehnikama) pa su tako istraživanja pokazala, uspoređujući visoki hidrostatski tlak, PEP i toplinsko procesiranje, da je za konvencionalno toplinsko procesiranje potrebna specifična energija od 167-228 J/g dok te vrijednosti iznose dvostruko više za hidrostatski tlak (338-483 J/g) (Rodriguez-Gonzalez i sur., 2015). Dobiveni podaci temelje se na energiji potrebnoj za inaktivaciju *E. Coli* u voćnom soku jabuke.

Jedan od glavnih razloga odsustva ne-termalnih tehnologija u prehrambenoj industriji je nedostatak relevantnih podataka i analize ukupne potrošnje i isplativosti na konkretnim primjerima. Kao presudan faktor, uzimaju se visoki investicijski troškovi i povišeni troškovi proizvodnje (Góngora-Nieto i sur.,2002).Prema jednom istraživanju (Sampedro i sur., 2012), ukupni troškovi pasterizacije narančinog soka metodom PEP-a za postizanje 5-log redukcije procijenjeni su na 3.7 centa/L (0,26 lipa/L), dok ukupna cijena konvencionalne pasterizacije za isti sok iznosi 1,5 centa/L (0,11 lipa/L).

S ekološke strane, klasične toplinske metode indirektno utječu na povećanje broja polutanata u zraku (dim, CO<sub>2</sub>, organske komponente) i na količinu otpadne vode. Upravo se iz tog razloga razmatraju ne-toplinske metode koje mogu učinkovitije doprinijeti smanjenju zagađenja ekosustava ukoliko se koriste obnovljivi izvori energije.

- **smanjenje vremena potrebnog za tretiranje**

Prema podacima o tretmanu voćnog soka jabuke (Noci i sur., 2008) , pri 72 °C u trajanju od 26 sekundi doći će do 6-log redukcije *E. coli*. U istom istraživanju, korištena je tehnika PEP-a gdje je postignuta 5.4-log redukcija iste bakterije u voćnom soku jabuke prilikom čega je korištena jakost el. polja od 40kV/cm uz trajanje postupka od 100μs. Nadalje, kombiniranim tretmanom PEP-om (40kV/cm i 100μs) i UV zračenja (valna duljina od 254 nm, trajanje procesa 30min te snaga izvora zračenja 30W) postignuta je 6.2-log redukcija mikroorganizama. Važno je naglasiti da je degradacija fenolnih komponenti u tretiranim voćnim sokovima korištenjem ne – toplinskih tehnika smanjena za više od 50% (kombinacija PEP i UV).

- **emisija plinova**

U jednom od istraživanja implemenitirana je LCA metoda kako bi se opisao postupak proizvodnje obnovljive energije iz otpada nastalog tokom proizvodnje nektra od breskve (De Menna i sur., 2014.). Utvrđena je visoka emisija CO<sub>2</sub> od 0.91 kg CO<sub>2</sub>/L proizvedena od strane zemnog plina kao korištenog goriva dok se u integriranom sustavu primjene bioenergije proizvedene iz nusprodukata, emisija CO<sub>2</sub> smanjila za cca 30%. Međutim, zabilježena je viša emisija dušikovog monoksida što smanjuje prethodno naveden pozitivan efekt smanjene produkcije CO<sub>2</sub> (Cherubini i sur., 2009; Cherubini i Ulgiati, 2010).

- **očuvanje senzorskih svojstava**

Boja soka kao vrlo bitno senzorsko svojstvo uvjetovana je najviše udjelom antioksidanasa i prirodno prisutnih enzima. U jednom od istraživanja (Dede i sur., 2007) dokazana je veća antioksidacijsku aktivnost za HPP tretirane voćne sokove u usporedbi s termički obrađenim sokovima, uvjetovanom većom količinom askorbinske kiseline. Ispitivani sokovi rajčice i mrkve zadržali su više od 80% ukupne antioksidacijske aktivnosti nakon HPP tretmana. Također, primjećena je sporija promjena boje soka u usporedbi s toplinski obrađenim sokovima kod kojih se boja odmah promijenila nakon tretmana.

Za razliku od HPP-a, ultrazvučni tretman utjecao je statistički značajno na promjenu testiranih senzorskih karakteristika (aroma,boja,okus, miris i sveukupna kvaliteta), iako one nisu uvjetovale odbojnost proizvoda za konzumaciju (Legin i dr., 2003). Kavitacija inducirana ultrazvukom imala je značajan utjecaj na promjenu boje i okusa testiranih sokova.



#### 2.4.1. Primjena LCA metode u procjeni održivosti ne-toplinskih tehnika procesiranja

Koncept metode analize životnog ciklusa proizvoda (LCA) razvijen je kako bi se za određenu metodu mogao točno procijeniti utjecaj na okoliš prvenstveno kroz sve kritične točke (uzgoj sirovine, procesiranje, pakiranje itd.). Pošto većina ne – toplinskih metoda nije još komercijalizirana, odnosno, nisu još u tolikoj mjeri prihvaćene od strane industrije, nema konkretnih podataka koji bi se mogli sakupiti metodom analize životnog ciklusa (LCA) kao što su količina ispušnih plinova, organske tvari koje zaostaju nakon proizvodnje i slično (Rodriguez-Gonzalez i sur., 2015.). Podaci koji se mogu usporediti za navedene skupine tehnika procesiranja su uglavnom cijena takvih postrojenja te moguća potrošnja energije za određene procese.

Cjelokupna analiza životnog ciklusa primjenjena je na proizvodnju soka od rajčice i lubenice gdje su se koristile ne-termalne tehnike PEP i HPP uz toplinski tretman zasebno (Aganović i sur., 2016). Eksperimenti su provedeni do iste mikrobiološke aktivacije uzimajući u obzir kapacitet proizvodnje. Pratili su se parametri poput: uvjeta tretiranja, ukupne potrošnje energije, količina korištene vode i sredstava za čišćenje. Za procjenu LCA, usporedno su praćena dva sistema: jedan je obuhvaćao samo jednu fazu ukupnog životnog ciklusa proizvoda, a to je prerada voća u sokove (uključen postupak pasterizacije) dok je drugi proširio implementaciju na uzgoj kulture korištene za preradu i naknadni tretman nusprodukata nastalih tokom prerade – „od polja do stola“.

Značajan faktor tijekom procjene LCA bila je količina utrošene energije za pojedini način tretiranja sirovine. U **Tablici 2.** prikazani su podaci o utrošku energije koji se odnose na kapacitet od 120L/h.

	Toplinski tretman (kWh)	PEP (kWh)	HPP (kWh)
Rajčica	4,56	14,42	21,72
Lubenica	4,36	14,30	21,72

**Tablica 2.** Potrošnja energije različitih metoda za tretiranje soka rajčice i lubenice (Aganović i sur., 2016)

Što se tiče potrošnje energije, može se uočiti najveći utjecaj HPP-a na utrošak energije, ne uzimajući u obzir samu proizvodnju voća. Ipak, prema ovom istraživanju, najveći

utjecaj na ekološki sustav (čak 85 %) imala je proizvodnja potrebnih PET boca od 250 ml za ambalažu sokova.

Najveći ukupni utjecaj životnog ciklusa proizvoda prema ekosustavu povezan je sa samom proizvodnjom sirovine, zajedno s procesiranjem. Moguća optimizacija negativnog utjecaja može se postići racionalizacijom proizvodnje kultura, selekcijom sorti lubenice i odabirom adekvatnijeg polimernog ambalažnog materijala (HDPE > PET).

U drugom praćenom sistemu („od polja do stola“), najveći utjecaj na okoliš imala je proizvodnja rajčica u staklenicama u Nizozemskoj (oko 50%) te prijevoz lubenica od Španjolske do Njemačke (oko 30%). Sukladno tome, proizvodnja soka od rajčice pokazala je ukupni veći utjecaj na ekotokičnost i potrošnju neobnovljivih izvora energije dok je sok od lubenice pokazao utjecaj na stvaranje veće količine otpada (oko 50%). Razlike u emisiji stakleničkih plinova pri proizvodnji između korištenih tehnika su zanemarive.

Konačno, s perspektive LCA metode, nisu uočene značajne razlike u utjecaju svih triju upotrijebljenih tehnologija na ekosustav s obzirom na prvi praćeni sistem koji je uzimao u obzir samo potupak prerade sokova, iako je nešto veći utjecaj imala tehnologija HPP u odnosu na preostale dvije.

Osim navedenog istraživanja (Aganović i sur., 2016) postoji još svega nekoliko radova koji se bave implementacijom LCA metode radi istraživanja ukupnog utjecaja procesa na okoliš koji zbog svoje teme istraživanja nisu uklopljeni u ovaj rad. Zbog malog opsega radova koji se bave korištenjem metode Analize životnog ciklusa teško je u potpunosti usporediti pojedine ne-toplinske metode procesiranja.

#### 2.4.2. Primjena QFD metode

QFD metoda nailazi na široku primjenu za velik broj proizvoda, ali je navedeni četverofazni model prilično teško primjeniti na prehrambene proizvode prvenstveno zbog toga jer su to kompleksi sustavi (Benner i sur., 2003). Prva matrica ovog modela poznatija kao „Kuća kvalitete“ može poslužiti za napredak proizvoda, a sinergističko djelovanje svih matrica doprinosi povezivanju zahtjeva potrošača za kvalitetnim proizvodom i same proizvodnje istog.

Navedene dvije metode moguće je povezati s ne-toplinskim metodama procesiranja upravo radi procjene održivosti i samim time potencijalne veće upotrebe u prehrambenoj industriji (QFD metoda se rijetko koristi zbog navedenih razloga). Također, pomoću LCA metode moguće je dizajnirati i optimirati cjelokupni proces (od uzgoja sirovine do pakiranja gotovog proizvoda) kroz analizu ulaznih i izlaznih komponenti (objašnjeno u poglavlju 2.2.3.). Osim toga, sve je važnija usporedba ne-toplinskih i konvencionalnih metoda pa LCA služi jako dobro u tu svrhu.

### 3. ZAKLJUČAK

1. Ne-toplinske tehnike procesiranja potencijalna su alternativa toplinskim tehnikama u prehrambenoj industriji ili pak njihova kombinacija.
2. Ovakve metode imaju niz prednosti nad konvencionalnima kao što su značajno smanjenje vremena tretmana, očuvanja nutritivno (vitamini, antioksidansi) i senzorsko (tvari boje i arome) vrijednih komponenti.
3. Najveći nedostaci novih metoda su velika potrošnja energije te također visoki početni investicijski troškovi koji su i dalje razlog slabog korištenja u prehrambenoj industriji budući da imaju niz prednosti.
4. Emisija stakleničkih plinova ne odstupa značajno za istražene metode procesiranja.
5. Na temelju analize životnog ciklusa proizvoda postoje mjesta (kritične točke) gdje bi se mogla postići poboljšanja odnosno smanjiti utjecaj na okoliš kao što su dobra poljoprivredna praksa (proizvodnja same sirovine) te pakiranje gotovog proizvoda (korištenje nekih drugih ambalažnih materijala umjesto PET-a).
6. Metoda analize životnog ciklusa (LCA) može se uspješno primjeniti u prehrambenoj industriji te ima potencijala za daljnje istraživanje i izradu baze podataka koja bi omogućila podatke o utjecaju pojedinih metoda procesiranja na okoliš kroz potrošnju energije, emisiju plinova, korišteni ambalažni materijal i slično.
7. Metoda analize kvalitete proizvoda još uvijek ne nalazi široku primjenu što se tiče prehrambene industrije jer je hrane vrlo kompleksan sustav za razliku od proizvoda za koje se QFD uspješno primjenjuje. Moguća rješenja su preinaka četverofaznog modela ili pak razvijanje novog, pogodnijeg modela za prehrambene proizvode.

#### 4. POPIS LITERATURE

Akao Y. (1990) *Quality Function Deployment*, Productivity Press, Cambridge MA. Becker Associates Inc.

Akao Y., Mazur G. (2003) The leading edge in QFD: past, present and future. *International Journal of Quality & Reliability Management* **20**: 20 – 35.

Aganovic K., Grauwet T., Kebede B.T., Toepfl S., Heinz V., Hendrickx M., Van Loey A. (2014) Impact of different large scale pasteurisation technologies and refrigerated storage on the headspace fingerprint of tomato juice. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* **26**: 431 - 444.

Aganovic K., Smetana S., Grauwet T., Toepfl S., Mathys A., Van Loey A., Heinz V. (2016) Pilot scale thermal and alternative pasteurization of tomato and watermelon juice: an energy comparison and life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production* **141**: 514 - 525.

ASI. (1992). *Quality function deployment. Three-day workshop held by the American Supplier Institute.*

Bayindirli A., Alpas H., Bozođlu F., Hizal M. (2006) Efficiency of high pressure treatment on inactivation of pathogenic microorganisms and enzymes in apple, orange, apricot and sour cherry juices. *Food Control* **17**: 52 - 58.

Bech A. C., Hansen M., Wienberg L. (1997) Application of House of Quality in translation of consumer needs into sensory attributes measurable by descriptive sensory analysis. *Food Quality and Preference* **8**: 329 - 348.

Beckman C., Nomva Packs (2015). Pressure is Fresher: High Pressure Processing, <<https://nom-snacks.myshopify.com/blogs/nomva-packs/36107073-pressure-is-fresher-high-pressure-processing>> Pristupljeno 05. lipnja 2017.

Benner M., Linnemann A.R., Jongen W.M.F., Folstar P. (2003) Quality Function Deployment - can it be used to develop food products?. *Food Quality and Preference* **14**: 327 - 339.

Butler J., Olive Oil Times (2012) 'Zapping' May Make Olive Oil Extraction Faster, Cheaper, <<https://www.oliveoiltimes.com/olive-oil-making-and-milling/zapping-olive-oil-extraction/25781>> Pristupljeno 05. lipnja 2017.

Butz P., Tauscher B. (2002) Emerging technologies: chemical aspects. *Food Research International* **35**: 279 – 284.

Chemat F., Rombaut N., Sicaire A-G., Meullemiestre A., Fabiano-Tixier A-S., Abert-Vian M. (2016) Ultrasound assisted extraction of food and natural products. Mechanisms, techniques, combinations, protocols and applications. A review. *Ultrasonics Sonochemistry* **34**: 540 - 560.

Cherubini F., Ulgiati S. (2010) Crop residues as raw materials for biorefinery systems - a LCA case study. *Applied Energy* **87**: 47 - 57.

Cherubini F., Bird N.D, Cowie A., Jungmeier G., Schlamadinger B., Woess-Gallasch S. (2009) Energy- and greenhouse gas-based LCA of biofuel and bioenergy systems: key issues, ranges and recommendations. *Resources, Conservation and Recycling* **53**: 434 - 447.

Cohen L. (1995) Quality function deployment: how to make QFD work for you. Reading, MA: Addison-Wesley Publishing Company.

Corrado S., Ardente F., Sala S., Saouter E. (2015) Modelling of food loss within life cycle assessment: From current practice towards a systematisation. *Journal of Cleaner Production* **140**: 847 - 859.

Costa A. I. A., Dekker M., Jongen W. M. F. (2001) Quality function deployment in the food industry: a review. *Trends in Food Science and Technology* **11**: 306 - 314.

Dalsgaard H., Abbots A. (2003) Improving energy efficiency. U: Mattson B. i Sonesson (Eds.). Environmentally-friendly food processing. Boca Raton, SAD: CRC Press.

Deliza R., Rosenthal A., Abadio F.B.D., Silva C.H.O, Castillo C.(2005) Application of high pressure technology in the fruit juice processing: benefits perceived by consumers. *Journal of Food Engineering* **67**: 241 - 246.

De Menna F., Vittuari M., Molari G.(2015) Impact evaluation of integrated food-bioenergy systems: A comparative LCA of peach nectar. *Biomass and bioenergy* **73**: 48-61.

Diehl J.F. (2002) Food irradiation - past, present and future. *Radiation Physics and Chemistry* **63**: 211 – 215.

- Góngora-Nieto M. M., Sepúlveda D. R., Pedrow P., Barbosa-Cánovas G. V., Swanson B. G. (2002) Food processing by pulsed electric fields: Treatment delivery, inactivation level, and regulatory aspects. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie* **35**: 375–388.
- Grahl T., Maerkl H. (1996) Killing of microorganisms by pulsed electric fields. *Applied Microbiology and Biotechnology* **45**: 148 – 157.
- Hauser J.R., Clausing D. (1988) The House of Quality. *Harvard Business Review* **66**: 63-73.
- Heinz V., Toepfl S., Knorr D. (2002) Impact of temperature on lethality and energy efficiency of apple juice pasteurization by pulsed electric fields treatment. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* **4**: 167–175.
- Herceg, Z. (2011) Procesi u prehrambenoj industriji, Plejada. str. 40.
- Hofmeister, K.R. (1991) Quality function deployment: market success through customer-driven products. U: Graf E., Saguy I.S., Food product Development : from concept to market, str. 189-210, Van Nostrand and Reinhold, New York.
- Hoover, D. G. (2000), Ultrasound. *Journal of Food Science* **65**: 93–95.
- Hospido A., Davis J., Berlin J., Sonesson U. (2010) A review of methodological issues affecting LCA of novel food products. *International Journal of Life Cycle Assessment* **15**: 44-52.
- Joyce E., Al-Hashimi A., Mason T.J. (2011) Assessing the effect of different ultrasonic frequencies on bacterial viability using flow cytometry. *Journal of Applied Microbiology* **110**: 862–870.
- Kano N., Seraku N., Takahashi F., Tsuji S. (1984) Attractive quality and must-be quality. *Journal of the Japanese Society for Quality Control* **14**: 147 – 156.
- Lado B.H., Yousef A.E. (2002) Alternative food-preservation technologies: efficacy and mechanisms. *Microbes and Infection* **4**: 433 – 440.
- Lovrić T. (2003) Procesi u prehrambenoj industriji s osnovama prehrambenog inženjerstva, HINUS. str. 238 – 283.

- Lung R., Masanet E., McKane A. (2006) The role of emerging technologies in improving energy efficiency: Examples from the food processing industry. U: Proceedings of the Industrial Energy Technologies Conference, New Orleans, Louisiana.
- Masanet E., Worrell E., Graus W., Galitsky C. (2008) Energy efficiency improvement and cost saving opportunities for the fruit and vegetable processing industry, an energy star guide for energy and plant managers. Tehničko izvješće: Environmental Energy Technologies Division.
- Mason T.J., Paniwnyk L., Lorimer J.P. (1996) The uses of ultrasound in food technology. *Ultrasonics Sonochemistry* **3**: 253–260.
- Noci F., Riener J., Walkling-Ribeiro M., Cronin D., Morgan D., Lyng J. (2008) Ultraviolet irradiation and pulsed electric fields (PEF) in a hurdle strategy for the preservation of fresh apple Juice. *Journal of Food Engineering* **85**: 141–146 .
- Reilly N.B. (1999) The Team based product development guidebook, ASQ Quality Press, Milwaukee Wisconsin.
- Rodriguez-Gonzalez O., Buckow R., Koutchma T., Balasubramaniam V. M. (2015) Energy Requirements for Alternative Food Processing Technologies - Principles, Assumptions, and Evaluation of Efficiency. *Comprehensive reviews in food science and food safety* **14**: 536 - 554.
- Roher M.D., Bulard R.A. (1985) Microwave sterilization. *JADA* **110**: 194 – 198.
- Roy P., Nei D., Orikasa T., Xu Q., Okadome H., Nakamura N., Shiina T. (2007) A review of life cycle assessment (LCA) on some food products. *Journal of Food Engineering* **90**: 1 - 10.
- Sale A.J., Hamilton W.A. (1968) Effects of high electric fields on micro-organisms. 3. Lysis of erythrocytes and protoplasts. *Biochimica et Biophysica Acta* **163**: 37 – 43.
- Sampedro F., McAloon A., Yee W., Fan X., Zhang H.Q., Geveke D.J. (2013) Cost analysis of commercial pasteurization of orange juice by pulsed electric fields. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* **17**: 72 - 78.
- Thakur B.R., Singh R.K. (1994) Food irradiation-chemistry and applications. *Food Reviews International* **10**: 437 – 473.



Tiwari B.K., O'Donnell C.P., Cullen P.J. (2009) Effect of non-thermal processing technologies on the anthocyanin content of fruit juices. *Trends in Food Science and Technology* **20**: 137 - 45.

Wu J., Nyborg W. L. (2008) Ultrasound, cavitation bubbles and their interaction with cells. *Advanced Drug Delivery Reviews* **60**: 1103–1116.

# Izjava o izvornosti

*Izjavljujem da je ovaj završni rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u njegovoj izradi nisam koristio drugim izvorima, osim onih koji su u njemu navedeni.*

---

Ime i prezime studenta