

# Blanširanje-konvencionalni i novi postupci

---

**Dabić, Doris**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2016**

*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:159:757584>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-14**



*Repository / Repozitorij:*

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



**Sveučilište u Zagrebu**  
**Prehrambeno-biotehnološki fakultet**  
**Preddiplomski studij Nutricionizam**

**Doris Dabić**

6220/N

**BLANŠIRANJE-konvencionalni i novi postupci**

**ZAVRŠNI RAD**

**Modul:** Procesi pripreme hrane

**Mentor:** izv.prof.dr.sc. Suzana Rimac Brnčić

**Zagreb, 2016.**

## DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Završni rad

Sveučilište u Zagrebu  
Prehrambeno-biotehnološki fakultet  
Preddiplomski studij Nutricionizam  
Zavod za prehrambeno-tehnološko inženjerstvo  
Laboratorij za procesno-prehrambeno inženjerstvo

### BLANŠIRANJE-konvencionalni i novi postupci

Doris Dabić, 6220/N

**Sažetak:** Blanširanje je preliminarni postupak obrade voća i povrća vrućom vodom ili parom s ciljem inaktivacije enzima, promjene teksture i boje, okusa te istiskivanja intercelularnog zraka, a prethodi procesima konzerviranja kao što su zamrzavanje i sušenje. U zadnje vrijeme, primjenjuju se i novi postupci blanširanja. Mogu se podijeliti na toplinske i netoplinske postupke. U toplinske postupke blanširanja se ubrajaju omsko blanširanje, radiofrekventno i mikrovalno blanširanje. U netoplinske postupke blanširanja ubrajaju se ultrazvučno blanširanje, infracrveno blanširanje i blanširanje visokim tlakovima. U radu su navedeni osnovni mehanizmi djelovanja te prednosti i nedostaci pojedinih postupaka blanširanja.

**Ključne riječi:** Blanširanje, toplinski postupci, netoplinski postupci

**Rad sadrži:** 21 stranicu, 6 slika, 3 tablice, 24 literaturnih navoda

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u:** Knjižnica

Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta, Kačićeva 23, Zagreb

**Mentor:** izv.prof.dr.sc. Suzana Rimac Brnčić

**Rad predan:** 8. rujna 2016.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

Final work

University of Zagreb  
Faculty of Food Technology and Biotechnology  
Undergraduate studies Nutrition  
Department of Department of Biochemical Engineering  
Laboratory for Biology and Microbial Genetics

### BLANCHING-conventional and alternative methods

Doris Dabić, 6220/N

**Abstract:** Blanching is a preliminary unit operation prior to freezing, canning, or drying in which fruits or vegetables are heated for the purpose of inactivating enzymes, modifying texture, preserving color, flavor and removing trapped intercellular air. In recent time, new blanching procedures are applied. They can be divided into thermal and non-thermal processes. Thermal blanching processes include ohmic blanching, radio frequency and microwave blanching. The non-thermal processes blanching include ultrasound blanching, infrared blanching and high pressures blanching. In this work, the main mechanisms of action and the advantages and disadvantages of different blanching methods are presented.

**Keywords:** blanching, thermal treatments, nonthermal treatments

**Thesis contains:** 21 pages, 6 figures, 3 tables, 24 references,

**Original in:** Croatian

**Final work in printed and electronic (pdf format) version is deposited in:** Library of the Faculty of Food Technology and Biotechnology, Kačićeva 23, Zagreb

**Mentor:** izv.prof.dr.sc. Suzana Rimac Brnčić

**Thesis delivered:** September, 2016.

<b>1. UVOD.....</b>	<b>1</b>
<b>2. TEORIJSKI DIO.....</b>	<b>2</b>
<b>2.1. KONVENCIONALNO BLANŠIRANJE.....</b>	<b>2</b>
<b>2.2.1. TOPLINSKI POSTUPCI BLANŠIRANJA.....</b>	<b>4</b>
<b>2.2.1.1. Mikrovalno blanširanje.....</b>	<b>4</b>
<b>2.2.1.2. Radiofrekvencijsko blanširanje.....</b>	<b>8</b>
<b>2.2.1.3. Omsko blanširanje.....</b>	<b>11</b>
<b>2.2.2. NETOPLINSKI POSTUPCI BLANŠIRANJA.....</b>	<b>12</b>
<b>2.2.2.1. Blanširanje visokim tlakovima.....</b>	<b>13</b>
<b>2.2.2.2. Infracrveno blanširanje.....</b>	<b>14</b>
<b>2.2.2.3. Ultrazvučno blanširanje.....</b>	<b>16</b>
<b>3. ZAKLJUČCI.....</b>	<b>18</b>
<b>4. POPIS LITERATURE.....</b>	<b>19</b>

## 1. UVOD

Voće i povrće zbog velikog udjela različitih vitamina, minerala i ugljikohidrata ima posebnu važnost u ljudskoj prehrani. Međutim njihova konzumacija je ograničena samo na određeni dio godine zbog čega se često javlja potreba za konzerviranjem. Prije provođenja određenog procesa konzerviranja voće i povrće potrebno je pripremiti za taj proces podvrgavanjem određenim operacijama obrade kao što su čišćenje, pranje, uklanjanje nejestivih dijelova, usitnjavanje i termička obrada, a posljednja dva uzrokuju najveće promjene kemijskog sastava. Blanširanje se ubraja u procese pripreme voća i povrća za konzerviranje. Njime se inaktiviraju enzimi koji kataliziraju reakcije degradacije, istjeruje se zrak iz staničnog tkiva, mijenja se konzistencija hrane, stabilizira tekstura, boja, a ponekad se iz hrane uklanjaju nositelji nepoželjnog okusa i mirisa. Metode konvencionalnog blanširanja vodom i vodenom parom imaju određene nedostatke te se istražuje mogućnosti primjene novih metoda blanširanja.

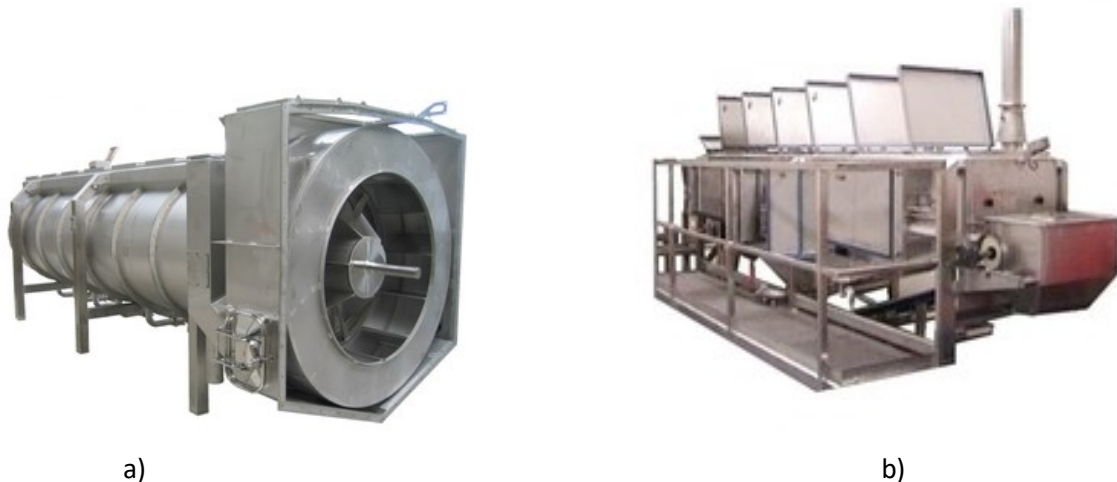
Nove metode blanširanja pokazale su određene prednosti u odnosu na primjenu konvencionalnih metoda, međutim potrebno je provesti još istraživanja kako bi se optimizirali procesni parametri te razvili uređaji za obradu u industrijskim razmjerima. Novi postupci blanširanja mogu se podijeliti u dvije skupine: toplinske i netoplinke postupke obrade. U toplinske postupke blanširanja ubrajaju se radiofrekvencijsko, mikrovalno i omsko blanširanje. U netoplinke postupke ubrajaju se infracrveno i ultrazvučno i blanširanje visokim tlakovima.

Cilj ovog rada bio je dati pregled osnovnih mehanizama djelovanja te prednosti i nedostatke pojedinih postupaka blanširanja voća i povrća.

## 2. TEORIJSKI DIO

### 2.1. KONVENCIONALNO BLANŠIRANJE

Blanširanje je postupak predobrade voća i povrća vrućom vodom ili strujom zasićene pare kojim se inaktiviraju enzimi koji kataliziraju reakcije degradacije, istiskuje se zrak iz staničnog tkiva, mijenja se konzistencija hrane, stabilizira tekstura, boja, smanjuje se volumen proizvoda, a ponekad se iz hrane uklanjaju nositelji nepoželjnog okusa i mirisa (Andress i Harrison, 2006). Provodi se prije procesa konzerviranja kao što su zamrzavanje i sušenje. U procesu blanširanja, s ciljem postizanja inaktivacije enzima, hrana se brzo zagrijava do određene temperature koja se održava određeno vrijeme. Hrana se zatim brzo hladi na sobnu temperaturu. Temperatura i vrijeme pri kojima se provodi postupak blanširanja ovisi o vrsti proizvoda, a najčešće je u rasponu od 70-100°C kroz 1-15 minuta. Čimbenici koji utječu na duljinu blanširanja pored temperature blanširanja su vrsta i sorta te stupanj zrelosti voća i povrća, veličina i oblik proizvoda koji se blanšira, te način zagrijavanja. Blanširanje vodenom parom provodi se pri temperaturi iznad 100°C kroz 25-180 sekundi. Konvencionalno blanširanje vrućom vodom na industrijskoj razini moguće je provesti diskontinuirano ili kontinuirano s različitim izvedbama uređaja za blanširanje (blanšeri), a proizvodi tokom zagrijavanja mogu biti već upakirani ili ne. Blanšeri mogu biti cijevni, bubnjasti i kontinuirani.



**Slika 1** - Blanšeri : a) za blanširanje vrućom vodom; b) za blanširanje vodenom parom

Enzimi koji dovode do promjene boje, teksture, razvoja nepoželjnih mirisa i razgradnje hranjivih tvari su lipoksigenaze, polifenoloksidaze, poligalakturonaze i klorofilaze. Dva toplinski postojana enzima prisutna u većini voća i povrća su katalaze i peroksidaze (Agüero i sur., 2008). Premda katalaze i peroksidaze ne dovode do značajnih promjena tijekom skladištenja, koriste se kao markeri uspješno provedenog postupka blanširanja. Peroksidaze su toplinski postojanije u odnosu na prethodno nabrojane enzime te odsutnost rezidualne aktivnosti peroksidaze upućuje da su manje toplinski postojani enzimi inaktivirani (Baysal i Demirdoven, 2006).

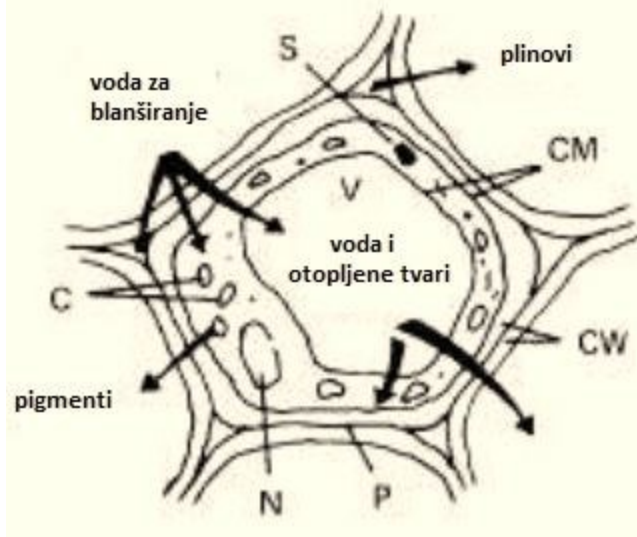
Osim navedenih prednosti odnosno razloga zbog kojih se blanširanje provodi, ono uzrokuje i neke nepoželjne promjene uslijed primjene povišenih procesnih temperatura. Dolazi do gubitaka hranjivih tvari uslijed njihovog otapanja u vodi, do promjene boje uslijed hidrolize klorofila te promjene teksture kao posljedice razgradnje pektina. U kolikoj mjeri će biti izraženi gubici pojedinih hranjivih tvari ovisio o usitnjenosti sirovine, dodirnoj površini sirovine i vode, načinu blanširanja, primijenjenoj temperaturi i vremenu blanširanja kao i o postupku hlađenja.

Vitamin C se često koristi kao indikator utjecaja procesa pripreme namirnica na promjenu njenog kemijskog sastava zbog njegove visoke topljivosti u vodi te podložnosti oksidaciji i enzimskoj razgradnji. Prosječni gubici na vitaminu C tijekom blanširanja utvrđeni su oko 30 % za grašak, 10 % za zeleni grah, 30 % za brokulu, i 40 % za špinat. Razlike u postotcima posljedica su različitih čimbenika kao što su dodirna površina, mehaničko oštećenje, različita enzimska aktivnost, stupanj zrelosti i postupanje s namirnicom prije procesa blanširanja.

Tijekom blanširanja može doći i do gubitka minerala kao posljedica njihove topljivosti u vodi. Nadalje, može doći i do gubitka folata uslijed njihove topljivosti pa tako blanširanjem špinata u vodi pri 100 °C kroz 3 minute gubi se 33 % folata (Puupponen-Pimia i sur., 2003).

Pri konvencionalnom blanširanju dolazi i do promjene teksture. Prema Xin i suradnicima (2015) blanširanjem mrkve dolazi do oštećenja i promjene stanične strukture (kidanja vodikovih i nekovalentnih veza u polimerima stanične membrane, degradacija pektina). Posljedično se gube adhezijske sile između stanica i turgorski tlak koji doprinosi njenoj čvrstoći, a konačna posljedica navedenog je gubitak membranskog integriteta i promjena teksture nakon blanširanja.





**Slika 2** - Efekti blanširanja na stanično tkivo: C-škrob; CM- promijenjena citoplazmatska membrana; CW-stanični zidovi malo promijenjeni; P-modificirani pektin; N-jezgra i citoplazmatski proteini denaturirani; C-kloroplast i kromoplast deformirani

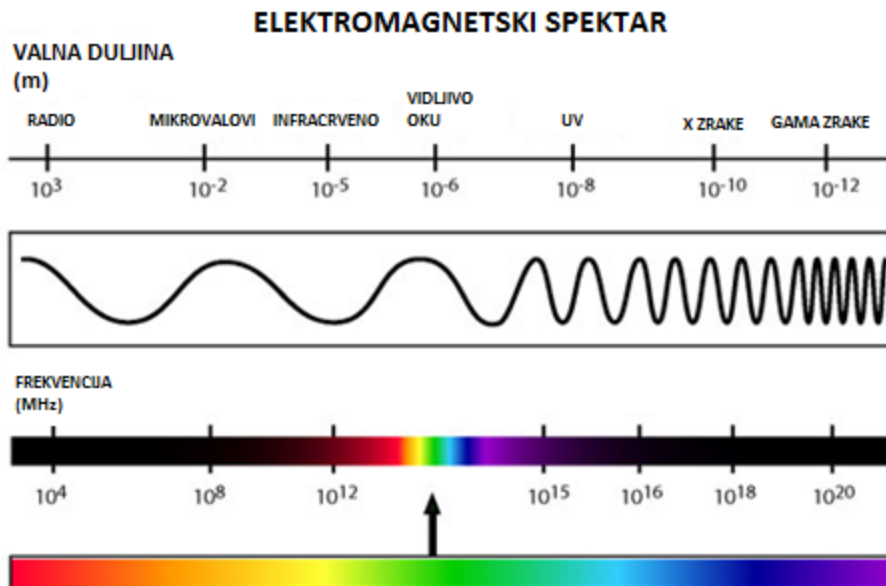
## 2.2. NOVI POSTUPCI BLANŠIRANJA

### 2.2.1. TOPLINSKI POSTUPCI BLANŠIRANJA

Novi toplinski postupci blanširanja mogu se podijeliti prema načinu zagrijavanja u direktne i indirektne postupke. U direktne se ubraja omsko blanširanje, a u indirektno radiofrekvencijsko blanširanje i mikrovalno blanširanje.

#### 2.2.1.1. Mikrovalno blanširanje

Mikrovalovi su elektromagnetski valovi u frekvencijskom rasponu od 300 MHz do 300 000 MHz.



**Slika 3 .** Elektromagnetski spektar

Prema definiciji, elektromagnetsko zračenje je gibanje energije i nastaje kao fizikalni fenomen protoka električne struje kroz vodič. Elektromagnetski valovi su titraji međusobno povezanog električnog i magnetskog polja, koji se šire prostorom. Protok struje kroz žicu rezultira stvaranjem dva polja, električnog i magnetskog, koja okružuju vodič, a promjena smjera gibanja struje (elektrona) uzrokuje pulsiranje oba polja i stvaranje elektromagnetnih valova koji se šire okomito na smjer struje koja ih je izazvala. Mikrovalovi, valovi kojima se prenose audio/video signali, infracrvene zrake i zrake vidljive svjetlosti pripadaju neionizirajućem zračenju. Mikrovalovi se odbijaju od metala, ali prolaze kroz papir, staklo i plastiku te u hrani zagrijavaju vodu.

Mikrovalne pećnice koriste razne kombinacije električnih krugova i mehaničkih uređaja za proizvodnju i kontrolu proizvodnje energije mikrovalova za grijanje i kuhanje. Općenito govoreći sustave mikrovalnih pećnica možemo podijeliti u dva dijela: kontrolna sekcija i visokonaponski dio. Kontrolna sekcija se sastoji od timera (elektronički ili elektromehanički), sustava za kontrolu i upravljanje izlazne snage, te raznih blokada i zaštitnih uređaja.

Komponente u visokonaponskom dijelu služe da napon kuće preusmjere na visoki napon. Visoki napon se zatim pretvara u energiju mikrovalova.

Mikrovalovi prolaze kroz određene materijale. Materijali kao što je staklo, plastika i papir su transparentni te ne podliježu utjecaju mikrovalova. Nadalje, mikrovalovi se reflektiraju od metalnih površina. Metalne površine unutrašnjosti mikrovalne pećnice zapravo formiraju rezonantnu šupljinu. Mikrovalovi prodiru i apsorbiraju se u nekoj tvari, prije svega u prehrambenim proizvodima. Kako energija prodire u hranu, njegova se moć postupno apsorbira ili izgubi na svakom uzastopnom sloju molekula. Stopa gubitka energije i dubina penetracije variraju ovisno o dubini, gustoći, kemijskim svojstvima i temperaturi hrane. Penetracija mikrovalova u hranu je limitirana pa tako prosječno za prehrambene proizvode iznosi 1 do 2 cm pri 2450 MHz. Stoga, budući da je intenzitet magnetskog polja manji u središtu hrane nego na površini, molekule bliže središtu ne podliježu potpunom učinku energije. Mikrovalovi se upotrebljavaju u prehrambenoj industriji u različite svrhe, za sušenje, koncentriranje, odmrzavanje, blanširanje, ali i za druge operacije, kao što su pasterizacija i sterilizacija (Ramesh i sur., 2002).

Mikrovalovi imaju ograničen energetske potencijal pa ne uzrokuju promjene u kemijskoj strukturi tvari. Uslijed djelovanja mikrovalova molekule materijala (hrane) se polariziraju brzinom koja ovisi o primijenjenoj frekvenciji, što dovodi do međusobnog trenja molekula i razvijanja topline. To je posebno izraženo kod vode te će namirnice koje sadrže više vode biti pogodnije za mikrovalnu obradu. Tijekom mikrovalne obrade može doći do različitih interakcija između najzastupljenijih sastojaka hrane (voda, ugljikohidrati, lipidi, proteini, minerali-soli). Budući da je primarni mehanizam djelovanja mikrovalova dipolna rotacija i akceleracija iona, interakcije sastojaka hrane kao posljedica mikrovalne obrade ovise u velikoj mjeri o udjelu vode i soli. Kod namirnica s manjim udjelom vode, otopljene soli su koncentrirane; ako udio suhe tvari postigne određeni stupanj zasićenja i taloži se tada će njihova ionska vodljivost biti ograničena. Namirnice s niskim udjelom vode općenito, zagrijavaju se mnogo češće zbog njihovog niskog toplinskog kapaciteta. Mikrovalovi se mogu koristiti i za inaktivaciju enzima polifenoloksidaze i peroksidaze i mikroorganizama (Wu i Yao, 2010).

Utjecaj mikrovalne obrade na pojedine sastojke hrane predmet je brojnih istraživanja, a ovisi o uvjetima obrade te vrsti i kemijskom sastavu namirnice.

**Tablica 1.** Udio vitamina pri mikrovalnom i konvencionalnom blanširanju povrća

VITAMIN	PROIZVOD	UVJETI BLANŠIRANJA		ZADRŽAVANJE VITAMINA %		REFERENCA
		MIKROVALOVI	VODA	MIKROVALOVI	VODA	
VITAMIN C	BROKULA	2 min	3 min, 100°C	79,2	61	Lorenz 1976
VITAMIN C	MAHUNA	650W,	2400 mL, 100°C	88,5	84,7	Muftugl 1986
	(300 g)	60 s, 2450 MHz	2 min			
VITAMIN C	ZELENI GRAŠAK	700 W, 2450 MHz , 6,5 min	12 min	88,7	84,3	Chung i sur. 1981
β-KAROTEN	(150 g + 100 mL vode)		VRELA VODA	102,3	101,3	
VITAMIN C	ŠPINAT	650W, 95 s, 100g	2 min, 100°C	310 mg/100 g	127 mg/100 g	Quenzer i burns 1981
KAROTEN			200 g	25 mg/100 g	30mg/100 g	
	500 g	700W, SA 50ml VODE	98 °C, 5L			
VITAMIN C	BROKULA	7 min	3 min	90	75	
	ŠPINAT	7 min	2 min	70	62	
	MAHUNA	7 min	3 min	75	59	
	MRKVA	7 min	3 min	100	66	
VITAMIN C	SMRZNUTI ŠPINAT	3990 W, 2450 MHz, 90 s	3,5 min	59,1	33,3	Poonne i sur. 1994
			90±2°C			
VITAMIN C	SMRZNUTA ENDIVIJA	4020 W, 2450 MHz, 90 s	3,5 min	84,5	10,3	
			90±2°C			
VITAMIN C	(50 g)		98±2°C, 2,5L			Ramesh i sur., 2002
	SPINAT	3,2 min	1,5 min	68,9	51	
KAROTEN	PAPRIKA BABURA	4,8 min	4,5 min	84,7	76,2	
	MRKVA	2 min	2 min	82,6	49,1	
	MRKVA			56,9	21,2	

Ramesh i suradnici (2002) su blanširali tri različite vrste povrća (špinat, mrkvu i papriku) na konvencionalan način u vodi i mikrovalnim blanširanjem pri 95°C te ispitivali utjecaj na aktivnost enzima i udio vitamina. Zaključili su da je pri mikrovalnom blanširanju inaktivacija peroksidaze učinkovita kao i kod konvencionalnog blanširanja u slučaju kada je omjer površina/volumen povrća manji (mrkva, parika), ali ne i za veće omjere (špinat). Udio vitamina kod svih vrsta povrća bio je viši nakon mikrovalnog u odnosu na konvencionalni postupak blanširanja ( Tablica 1.).

### 2.2.1.2. Radiofrekvencijsko blanširanje

Radiovalovi su elektromagnetski valovi u frekvencijskom rasponu od 1-300 MHz. Pri industrijskom zagrijavanju koriste se frekvencije u rasponu od 10-50 MHz (Tang i sur., 2005) . Za industrijske i medicinske svrhe dopuštena je primjena tri određene frekvencije:  $13,56 \pm 0,00678$ ;  $27,12 \pm 0,16272$  i  $40,68 \pm 0,02034$  MHz. Mikrovalno i radiofrekvencijsko zagrijavanje razlikuju se u valnim duljinama i frekvencijama. Radiofrekvencijsko zagrijavanje ima veću valnu duljinu, a nižu frekvenciju (npr. 11 m pri 27.12 MHz u slobodnom prostoru) od mikrovalnog zračenja (na pr. 0,12 m pri 2450 MHz u slobodnom prostoru) te stoga elektromagnetski valovi prodiru u proizvod puno dublje i to bez rizika o pregrijavanju površine ili stvaranja jače i manje zagrijanih područja koji se pojavljuju kod mikrovalnog zagrijavanja (Marra i sur., 2008.).

**Tablica 2.** Dubina prodiranja RF različite vrsta voća pri 20 °C i frekvenciji 27MHz (Wang i suradnici, 2003)

Voće	Dubina prodiranja (cm)
jabuka	15,2
Grejp	10,9
narandža	10,1
orah	653,6

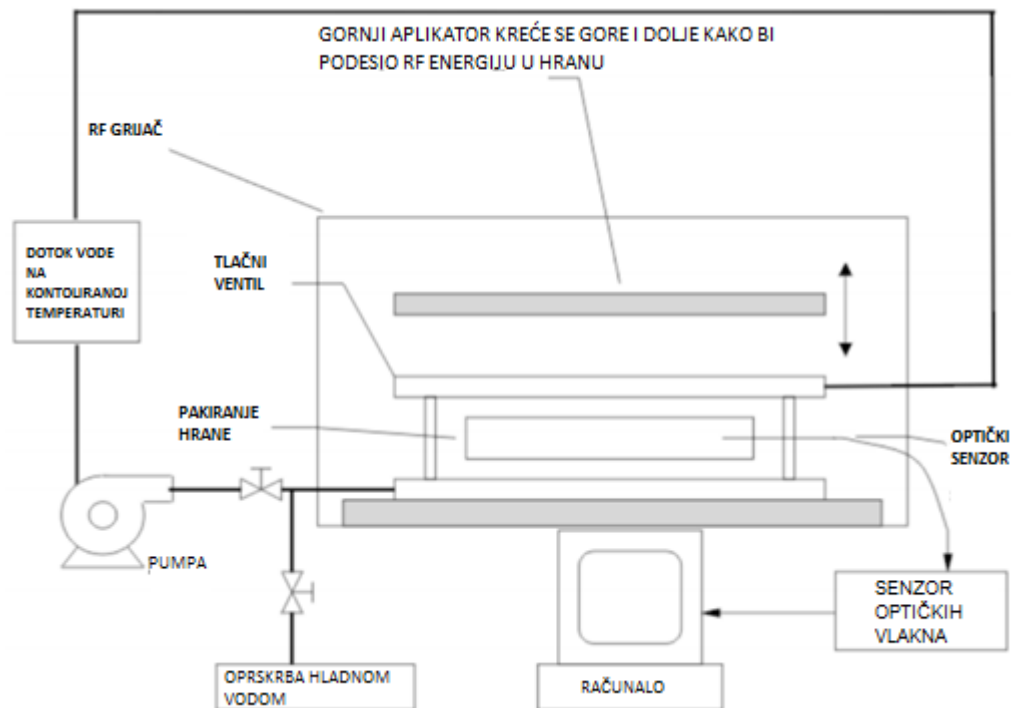
Poznavanje dielektričnih svojstava hrane ključno je za učinkovito mikrovalno i radiofrekvencijsko blanširanje. U **tablici 3** prikazana su dielektrična svojstva nekih vrsta voća i povrća pri različitim temperaturama i frekvencijama.

**Tablica 3.** Dielektrična svojstva voća i povrća ( Wang i sur., 2003a; Wang i sur., 2003b, Vekantesh i Raghaven, 2004)

Voće ili povrće	Temperatura (°C)	Dielektrična konstanta	
		Frekvencija	
		27.12 MHz	915 MHz
Jabuka (Golden Delicious)	20	72.5	74.3
	50	68.1	67.8
Jabuka (Red Delicious)	20	74.6	77.0
	50	68.7	68.9
Avokado	20	115.7	59.9
	50	137.9	57.9
Banana	23	–	64.0
Mrkva	23	–	59.0
Trešnja	20	91.2	73.7
	50	89.6	66.7
Krastavac	23	–	71
Grožđe	23	–	69
Luk	–	92	–
Naranča	20	–	84
	50	–	78
Papaja	–	88	–
Breskva	–	90	–

Voće ili povrće	Temperatura (°C)	Dielektrična konstanta	
		Frekvencija	
		27.12 MHz	915 MHz
Kruška	–	84	–
Krumpir	–	79	–
Jagoda	–	92	–

Glavni čimbenici koji utječu na dielektrična svojstva hrane tijekom blanširanja su: masa, geometrija, oblik, sadržaj vode, kemijski sastav (udio masti, proteina, ugljikohidrata, vode, soli), položaj, frekvencija primijenjenog polja, usmjerenost proizvoda i temperatura. Manzocco i suradnici (2008) ispitivali su utjecaj radiofrekvencijskog zagrijavanja na aktivnost enzima polifenoloksidaze i lipoksigenaze u modelnim sustavima te radiofrekvencijskog blanširanja jabuke pri 27,12 MHz kroz tri minute i usporedili s konvencionalnim blanširanjem u vodi pri 110 °C kroz tri minute. Zaključili su da radiofrekvencijsko električno polje uspješno inaktivira oksidacijske enzime polifenoloksidazu i lipoksigenazu, te da je je polifenoloksidaza osjetljivijana djelovanje radiofrekvencijskog električnog polja ta da jabuka blanširana radiofrekvencijskim postupkom ima bolja senzorska svojstva budući da tijekom postupka ne dolazi do narušavanja strukture. Uspoređujući radiofrekvencijski način blanširanja s tradicionalnim blanširanjem vodom, može se uvidjeti velika razlika u duljini postupka, uštedi energije i vode te smanjenju troškova vezanih za otpad.



**Slika 4.** Shematski prikaz radiofrekvencijskog uređaja (Wang i suradnici, 2003)

Radiofrekvencijsko blanširanje ima potencijala za industrijsku primjenu međutim potrebno je dodatno razviti uređaje i optimizirati uvjete za industrijsku proizvodnju, procijeniti troškove za inicijalnu instalaciju uređaja te utvrditi energetske troškove, učinkovitost i ekonomičnost.

### 2.2.1.3. Omsko blanširanje

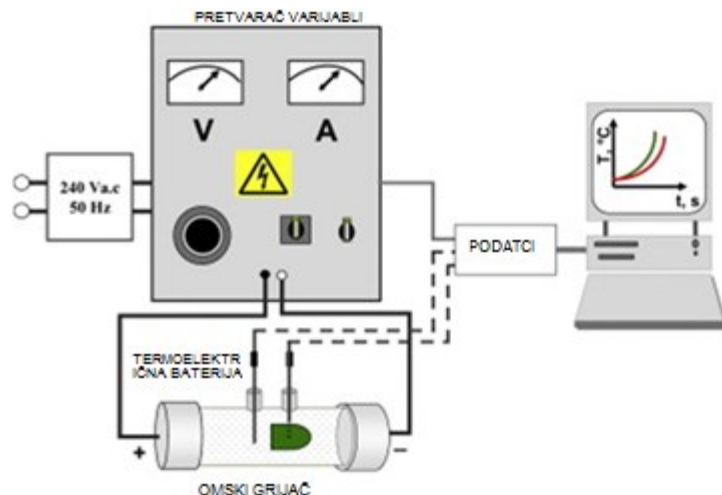
Omsko blanširanje ubraja se u toplinske metode blanširanja. Omsko grijanje temelji se na prolazu električne energije (niskofrekventne izmjenične struje: 50 ili 60 Hz) kroz prehrambeni proizvod koji služi kao vodič elektriciteta i pri čemu se on brzo i ravnomjerno zagrijava (Chen i sur., 2010). Količina topline koja se razvije proporcionalna je naponu struje što ukazuje na činjenicu da ukoliko se želi postići viša temperatura proizvoda mora se primijeniti struja višeg napona odnosno povećati udaljenost elektroda i uzemljenja.



Učinkovitost ohmskog zagrijavanja u velikoj mjeri ovisi o električnoj provodljivosti hrane. Većina hrane sadrži vodu i otopljene tvari (ione) što znači da električna struja može proći kroz hranu te generirati toplinu unutar nje (Jakób i sur., 2010).

U usporedbi s konvencionalnim blanširanjem, ohmsko blanširanje omogućuje brzo i ravnomjerno zagrijavanje, učinkovitija je pri inaktivaciji enzima i mikroorganizama, a u isto vrijeme smanjuje toplinska oštećenja zbog odsustva vruće površine koja je u direktnom kontaktu s hranom.

Pri ohmskom blanširanju proizvod može biti nezapakiran, u direktnom kontaktu sa elektrodama, ili može biti u pakiranju koji ima vodljiva područja koja omogućuju dotok struje u proizvod (Marra i sur., 2008).



**Slika 5.** Shematski prikaz uređaja za ohmsko blanširanje (Guida i suradnici, 2013)

Guida i suradnici (2013) su određivali utjecaj omskog blanširanja ( $24 \text{ V/cm}$ ,  $80 \text{ }^\circ\text{C}$ ) te blanširanja u vrućoj vodi ( $100 \text{ }^\circ\text{C}$ ) na aktivnost peroksidaze polifenoloksidaze, parametre boje [L, hue (h), Chroma (C),  $\Delta E^*$ ] i teksturu artičoka. Eksperimentalni podaci su pokazali da omsko blanširanje inaktivira oba ispitivana enzima pri nižoj temperaturi u odnosu na konvencionalni način blanširanja i u kraćem vremenu (360 sekundi ohmsko blanširanje, 480 sekundi konvencionalno blanširanje). Promjena boje bila je više izražena kod konvencionalnog načina blanširanja.

Rezultati istraživanja brojnih studija pokazala su da se omsko zagrijavanje može koristiti kao alternativa za konvencionalno blanširanje povrća budući da ohmsko blanširanje u znatnoj mjeri smanjuje količinu tvari koje se otapaju i ispiru u vodi za blanširanje. Nadalje, skraćuje se vrijeme blanširanja, nema opasnosti od oštećenja površine i pregrijavanja proizvoda te je bolje očuvana boja i tekstura tretiranog proizvoda (Jakob i sur., 2010; Mizrahi, 1996; Sastry i Barach, 2000). Jakob i suradnici (2010) navode nižu cijenu ulaganja u opremu u odnosu na radiofrekvencijsko i mikrovalno blanširanje.

### **2.2.2. NETOPLINSKI POSTUPCI BLANŠIRANJA**

Blanširanje visokim tlakovima (HP), infracrveno (IR) i ultrazvučno blanširanje se ubrajaju u netoplinske postupke blanširanja. U usporedbi s toplinskim postupcima blanširanja, ovim metodama se može izbjeći štetno djelovanje na okus, boju i nutritivne vrijednosti voća i povrća koje nastaje uslijed toplinske obrade. Ovi netoplinski postupci imaju brojne prednosti kao što su: homogenost, rok trajanja proizvoda sličan onima koji se toplinski obrade, bolje očuvanje prirodne kvalitete hrane (Xin i sur., 2015).

#### **2.2.2.1. Blanširanje visokim tlakovima**

Blanširanje visokim tlakovima ubraja se u nove postupke obrade voća i povrća, a primjenjuju se tlakovi od 100 do 1000 MPa, pri sobnoj temperaturi kroz nekoliko minuta. Povišeni tlak djeluje na nekovalentne kemijske veze (vodikove veze, hidrofobne i ionske veze), dok kovalentne veze nisu osjetljive na djelovanje visokih tlakova. Sastojci hrane male molekularne mase koje su odgovorne za specifičnu hranjivu vrijednost i senzorska svojstva hrane (tvari arome, vitamini) su uglavnom postojane prema djelovanju visokih tlakova zato što imaju mali udjel sekundarne, tercijarne i kvarterne strukture. Međutim, proteini i enzimi (i druge tvari velike molekularne mase) su osjetljivije na djelovanje visokih tlakova budući da dolazi do narušavanja njihove molekularne strukture. Denaturacija i konformacijske promjene koje se događaju na proteinima zbog djelovanja visokog tlaka značajno utječu na enzimsku funkcionalnost. Visoki tlak može djelovati na enzime na više različitih načina. Pri sobnoj temperaturi može uzrokovati njihovu

potpunu ili djelomičnu inaktivaciju kao posljedicu konformacijskih promjena proteinske molekule. Djelovanje visokog tlaka također može ubrzati ili usporiti enzimsku reakciju, povećati osjetljivost makromolekule supstrata na koji enzim djeluje te može ubrzati ili usporiti enzimске reakcije ako radi djelovanja visokog tlaka dođe do pucanja stanične membrane te posljedično dođe do kemijskih reakcija sastojaka koji su prije bili odvojeni (Krešić, 2009). Utjecaj visokog tlaka na brzinu i stupanj ireverzibilne enzimске denaturacije ovisi o sastavu i strukturi enzima, pH, tlaku, temperaturi, vrsti i koncentraciji otopine u kojoj je enzim prisutan.

Arroyo i suradnici (1999) utvrdili su da su plijesni, kvasci, Gram negativne bakterije i *Listeria Monocitogenesa* u potpunosti inaktivirani pod utjecajem tlaka od 300 do 350 MPa. Pri tlaku od 350 MPa senzorske karakteristike šparoge, luka, rajčice i karfiola su ostale ne promijenjene, a samo u karfiola je primijećena promjena boje.

Enzim polifenoloksidaza u mrkvi i krumpiru može biti inaktivirana pri primjeni tlaka od 900 MPa (Stute i sur.,1996). Enzimi poligalakturonaza i lipoksigenaza osjetljive su na djelovanje visokog tlaka te se inaktiviraju pri 600 MPa, temperaturi 20 °C kroz 1–5 min. (Terefe i sur., 2014).

Prednosti blanširanja visokim tlakovima je ravnomjerna i brza obrada sirovine te postizanje inaktivacije enzima uz istovremenu eliminaciju ili znatno skraćivanje postupka zagrijavanja, čime se izbjegava degradacija termolabilnih tvari te se zadržavaju okus, boja i nutritivna vrijednost.

### **2.2.2.2. Infracrveno blanširanje**

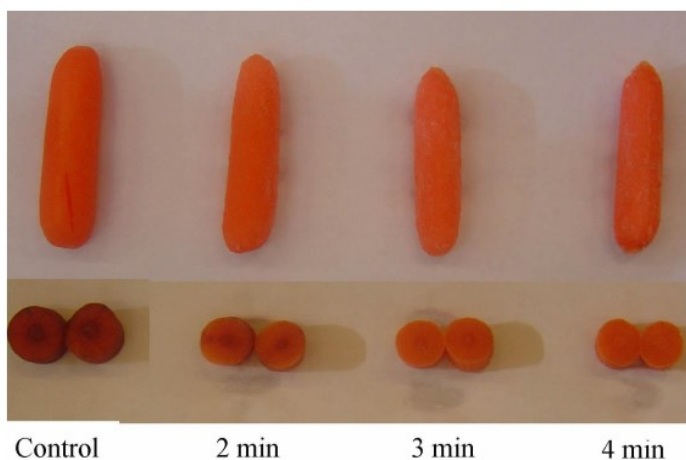
Infracrveno zračenje je elektromagnetsko zračenje koje pripada djelu spektra koji se nalazi između vidljivog djela spektra (0.38–0.78  $\mu\text{m}$ ) i mikrovalova (1–1000 mm). Ovisno o valnoj duljini dijeli se na tri područja:

- Blisko područje (0.78 to 1.4  $\mu\text{m}$ )
- Srednje područje (1.4 to 3.0  $\mu\text{m}$ )
- Daleko infracrveno područje (3.0 to 1000  $\mu\text{m}$ )

Prenosi se kao val i pretvara u toplinu kada dođe u kontakt sa hranom. Tijekom infracrvenog zagrijavanja grije se samo predmet, ne i zrak koji ga okružuje, a same nepravilnosti na površini predmeta ne uzrokuju neujednačeno zagrijavanje. Izlaganje hrane elektromagnetskom zračenju rezultira promjenom na elektronskom, vibracijskom i rotacijskom stanju atoma i molekula. Voda i organske komponente hrane poput proteina i škroba su komponente koje absorbiraju zračenje. Absorpcija energije ovisi o valnoj duljini zračenja, sastavu i strukturi hrane (Rastogi, 2012).

Vishwanathan i suradnici (2013) usporedili su utjecaj infracrvenog blanširanja (NIR 1,1-1,3  $\mu\text{m}$  kroz 3-18 minuta) mrkve i konvencionalnog načinom blanširanja u vodi ( $90^{\circ}\text{C}/ 5$  minuta) na aktivnost enzima peroksidaze i udio vitamin C. Udio vitamina C je mnogo veći nakon infracrvenog blanširanja (74 %) nego nakon blanširanja vodom (37 %). Aktivnost peroksidaze nakon blanširanja u vodi iznosila je 4,4 %, a nakon infracrvenog blanširanja 7,3 %.

Ponne i suradnici (1994) navode da zelena salata endivija i špinat nakon blanširanja infracrvenim zračenjem imaju bolju teksturu u usporedbi sa istim povrćem blanširanim vodom i vodenom parom.



**Slika 6.** Utjecaj infracrvenog blanširanja na enzimsku aktivnost i izgled mrkve (Pan i sur., 2005)

Gomez i suradnici (2005) također su provodili istraživanje utjecaj na teksturu mrkve uspoređujući IR blanširanje sa konvencionalnim koje koristi vruću vodu. Tako je 7 sekundi infracrvenog blanširanja zračenja uzrokovalo štetu na mrkvi od samo 0,5 cm dubine od površine,

a većina ostalih karakteristika poput turgora ostala su sačuvana. Gubljenje elektrolita je neznatno i komadi mrkve su jako slični sirovom materijalu nakon obrade.

Zhu i Pan (2009) utvrdili su da je vrijeme obrade jabuke je mnogo kraće kod infracrvenog načina blanširanja, a kvaliteta i boja jabuke su vrlo malo promijenjeni. Tanje kriške jabuke su brže blanširane od onih debljih.

Guiamba i suradnici (2015) u svom radu uspoređuju metode IR blanširanja (1,2  $\mu\text{m}$ , 2 i 10 minuta) s konvencionalnim blanširanjem vodom (65 i 90°C, 2 i 10 minuta) koje prethode sušenju manga u struji vrućeg zraka. Istraživanje je provedeno u svrhu inaktivacije polifenoloksidaze i proučavanja retencije vitamina C i  $\beta$ -karotena. IR blanširanje manga poboljšalo je retenciju vitamina C, ali ne i karotenoida. Polifenoloksidaza je u potpunosti inaktivirana nakon oba ispitivana postupka blanširanja.

IR blanširanje ima mnoge potencijale i prednosti kao što su: ujednačeno grijanje, visoka brzina prijenosa topline, smanjeno vrijeme obrade, niska potrošnja energije, jednostavna i kompaktna oprema te bolja kvaliteta proizvoda. Ova metoda blanširanja ne koristi vodu ili paru koja se koristi kod tradicionalnog načina blanširanja, a osim inaktivacije enzima, djelomično uklanja i vlagu iz proizvoda te stvara visoko kvalitetne proizvode (Xin i sur, 2015).

### **1.2.2.3.Ultrazvučno blanširanje**

Ultrazvučni valovi su valovi čija je frekvencija iznad 16 kHz, a s obzirom na intenzitet može se podijeliti na ultrazvuk niskog i ultrazvuk visokog intenziteta. Pri visokim frekvencijama, obično od 2 do 20 MHz, postižu se niski intenziteti, koji iznose od 100 mW/cm<sup>2</sup> do 1 W/cm<sup>2</sup> (Brnčić i sur., 2009). Pri ovim uvjetima ne dolazi do fizičkih oštećenja sirovine koja se obrađuju niti do promjene kemijskih svojstava.

U prehrambenoj industriji se koristi kao analitička metoda. Ultrazvukom niskih intenziteta može se određivati viskoznost, nepoželjna strana tijela, brzine protoka u cjevovodima, koncentracija i sastav hrane. Pri nižim frekvencijama, od oko 20 do 100 kHz, postižu se visoki intenziteti, koji iznose od 10 do 1000 W/m<sup>2</sup>. U prehrambenoj industriji ultrazvuk se također koristi pri različitim procesima u obradi hrane, kao što su: sušenje, sterilizacija, filtracija, inaktivacija mikroorganizama, kristalizacija, ekstrakcija, homogenizacija, stimulacija oksidacije te emulgiranje. Prolaskom ultrazvučnog vala u tekuću sredinu nastaju longitudinalni valovi i

naizmjenični ciklusi sažimanja i ekspanzije. Izmjenjivanje tlaka uzrokuje kavitacije, odnosno, formiranje mjehurića plina u tekućini, koji postižu veću površinu tijekom ekspanzije, čime se povećava difuzija plina i mjehurići još više ekspandiraju. Plin koji se stvara u mjehurićima može biti para tekućeg medija, neki drugi plin ili njihova kombinacija. Pri nižim intenzitetima, odnosno, nižim akustičnim tlakovima, difuzija plina kroz granicu između tekućeg medija i unutrašnjosti mjehurića uzrokuje naizmjenično povećanje i smanjenje volumena mjehurića. Ukoliko su te oscilacije umjerene, radi se o stabilnoj kavitaciji. Djelovanjem ultrazvuka višeg intenziteta dolazi do brže difuzije plina u mjehurić nego iz mjehurića u tekući medij, zbog čega se volumen mjehurića naglo povećava i dolazi do njegovog raspada, odnosno implozije, pri čemu se oslobađa toplina i tlak. Kad energija ultrazvuka nije dovoljna za održavanje plinske faze, u mjehuriću dolazi do brze kondenzacije. Sudaranjem tih kondenziranih molekula velikom brzinom, dolazi do nastajanja šok valova i stvaranja visokih temperatura (do 5500 K) i tlakova (do 100 MPa). Sposobnost ultrazvuka da izazove kavitacije ovisi o frekvenciji i intenzitetu ultrazvučnih valova, viskoznosti, površinskoj napetosti i gustoći proizvoda te temperaturi, tlaku i vlažnosti okoline (Brnčić i sur., 2009). Ultrazvučno blanširanje uključuje uranjanje voća u vodu ili hipertoničnu vodenu otopinu u kojoj se ultrazvuk koristi.

Prednost korištenja ultrazvuka je mogućnost obrade pri temperaturi okoline, bez nužnog zagrijavanja, zbog čega ne dolazi do degradativnih promjena (Mason, 1998). Prethodna istraživanja su pokazala da ultrazvuk uzrokuje formiranje mikrokanalića bez narušavanja makrostrukture voćnog tkiva. Obrada ultrazvukom se odvija pri sobnoj temperaturi, što pomaže očuvanju nutritivnih sastojaka, senzorskih karakteristika i smanjenju nepoželjnih promjena na strukturi voća. Kao posljedica djelovanja kavitacijskih mjehurića stvaraju se mikrokanalići u tretiranom materijalu, kroz koje se lakše izdvaja vlaga tijekom sušenja.

Yolmeh i sur. (2014) proučavali su utjecaj ultrazvučnog blanširanja (20 kHz, 19 mm promjer sonde) na aktivnost peroksidaze i udio vitamina C zelene mahune. Praćene su promjene na površini u odnosu na tri nezavisne varijable – temperatura (50–90 °C), vrijeme (45–225 s) i radni ciklus (0.2–0.8 s). Optimalni ultrazvučni uvjeti su postignuti pri temperaturi od 90°C, vremenu od 58,27 s i radnom ciklusu od 0,79 s. Pod tim uvjetima aktivnost peroksidaze svela se na 9,64 %, a gubitak na vitaminu C iznosio je 8,92 %.

### 3. ZAKLJUČCI

1. Novi postupci blanširanja su mikrovalno blanširanje, radiofrekvencijsko blanširanje, ohmsko blanširanje, infracrveno blanširanje, blanširanje visokim tlakovima i ultrazvučno blanširanje.
2. Mikrovalno blanširanje učinkovito inaktivira enzimsku aktivnost kao i konvencionalno blanširanje, međutim glavni nedostatak je pregrijavanja pojedinih dijelova sirovine koja se blanšira.
3. Mehanizam djelovanja radiofrekvencijskog blanširanja je isti kao kod mikrovalnog blanširanja, međutim provodi se pri nižim frekvencijama ( $13,56 \pm 0,00678$ ;  $27,12 \pm 0,16272$  i  $40,68 \pm 0,02034$  MHz) i višim valnim duljinama pa je moć prodiranja u obrađivani materijal veća i ravnomjernija. Hranjiva vrijednost ovako blanširanog voća i povrća je veća u odnosu na konvencijalni način blanširanja.
4. Prednosti ohmskog blanširanja u odnosu na konvencionalno blanširanje je bolja kakvoća proizvoda budući da se smanjuje količina tvari koje se otapa i ispire u vodi za blanširanje, skraćuje se vrijeme blanširanja, nema opasnosti od oštećenja površine i pregrijavanja proizvoda te se bolje očuva boja i tekstura tretiranog proizvoda
5. Prednosti infracrvenog blanširanja su ujednačeno zagrijavanje, visoka brzina prijenosa topline, kraće vrijeme obrade, niska potrošnja energije, jednostavna oprema te bolja kvaliteta proizvoda u odnosu na konvencionalno blanširanje.
6. Prednosti blanširanja visokim tlakovima je ravnomjerna i brza obrada sirovine te postizanje inaktivacije enzima uz istovremenu eliminaciju ili znatno skraćivanje postupka zagrijavanja, čime se izbjegava degradacija termolabilnih tvari te se zadržavaju okus, boja i nutritivna vrijednost.
7. Prednost ultrazvučnog blanširanja je u mogućnosti obrade sirovine pri temperaturi okoline u kraćem vremenu zbog čega se umanjuju degradativne promjene.

#### 4. POPIS LITERATURE

Agüero, M. V., Ansorena, M. N., Roura, S. I., del Valle, C. E. (2007) Thermal inactivation of peroxidase during blanching of butternut squash. *LWT - Food Science and Technology*. **41**, 401-407.

Arroyo, G., Sanz, P.D., Préstamo, G. (1999) Response to high-pressure, low-temperature treatment in vegetables: determination of survival rates of microbial populations using flow cytometry and detection of peroxidase activity using confocal microscopy. *Journal of Applied Microbiology*. **86**, 544.

Baysal, T., Demirdoven, A. (2006) A review: Lipoxygenase in fruits and vegetables. *Enzyme and Microbial Technology*. **40**, 491-496.

Chen, C.R., Abdelrahim, K., Beckerich, I. (2010) Sensitivity analysis of continuous ohmic heating process for multiphase foods, *Journal of Food Engineering*. **98**, 257-265.

Gomez, G.F., Toledo, R.T., and Sjöholm, I. (2005) Tissue damage in heated carrot slices. Comparing mild hot water blanching and infrared heating. *Journal of Food Engineering*. **67**, 381–385.

Guiamba, I.R.F., Svanberg, U. i Ahn', L. (2015) Effect of Infrared Blanching on Enzyme Activity and Retention of  $\beta$ -Carotene and Vitamin C in Dried Mango. *Journal of Food Science*. Vol. **80**, Nr. 6.

Guida, V., Ferrari, G., Pataro G., Chambery, A., Di Maro,A., Parente, A. (2013) The effects of ohmic and conventional blanching on the nutritional, bioactive compounds and quality parameters of artichoke heads. *LWT - Food Science and Technology*. **53**, 569-579.

Jakób, A., Bryjak, J., Wójtowicz, H., Illeová, V., Annus, J., Polakovič, M., (2010) Inactivation kinetics of food enzymes during ohmic heating. *Food Chemistry*. **123**, 369-376.



Manzocco, L., Anese, M. i Nicoli, M. C. (2008) Radiofrequency inactivation of oxidative food enzymes in model systems and apple derivatives. *Food Research International* . **41**, 1044–1049.

Marra, F., Zhang, L., Lyng, J. G. (2008) Radio frequency treatment of foods: Review of recent advances. *Journal of Food Engineering*. **91**, 497–508.

Rastogi, K. N. (2012) Recent Trends and Developments in Infrared Heating in Food Processing, Critical Reviews in *Food Science and Nutrition*, 52:9, 737-760,

Ponne, C.T., Baysal, T., Yuksel, D., (1994) Blanching leafy vegetables with electromagnetic energy. *Journal of Food Science*. **59**, 1037-1041.

Puupponen-Pimia, R., Hakkinen, S., Aarni, M., Suortti, T, Lampi, A., Eurola, M., Piironen, V., Nuutila, A., Oksman-Caldentey, K. (2003) Blanching and long-term freezing affect various bioactive compounds of vegetables in different ways. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. **83**, 1389-1402.

Ramesh, M. N., Wolf, W., Tevini, D., Bognar, A. (2002) Microwave Blanching of Vegetables. *Journal of food science*. **67**, 390-398.

Schiffmann, R.F. (1986.) Food product development for microwave processing. *Food Technol*, 94-98.

Stute, R., Eshtiagi, M.N., Boguslawski, S., Knorr, D. (1996) High pressure treatment of vegetables. *Process Technology Proceedings*. **12**, 271–276.

Terefe, S.N., Tepper, P., Ullman, A., Knoerzer, K., Juliano, P. (2015) High pressure thermal processing of pears: Effect on endogenous enzyme activity and related quality attributes. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. **33**, 55-66.

Venkatesh, M. S., Raghaven, G.S.V. (2004) An Overview of Microwave Processing and Dielectric Properties of Agri-food Materials. *Biosystems Engineering* 88 (1), 1–18.

Vishwanathan, K. H., Giwari, G. K., Hebbar, H. U. (2013) Infrared assisted dry-blanching and hybrid drying of carrot, *Journal of Food Engineering*. **91**, 89-94.

Wang, S., Tang, J., Johnson, J.A., Mitcham, E., Hansen, J.D., Hallman, G., Drake, S.R., Wang, Y. (2003) Dielectric properties of fruits and insect pests as related to radio frequency and microwave treatments. *Biosystems Engineering* 85 (2), 201–212.

Wang, Y., Wig, T.D., Tang, J., Hallberg, L.M. (2003b) Sterilization of foodstuffs using radio frequency heating. *Journal of Food Science* 68 (2), 539–544.

Xin, Y., Zhang, M., Xu, B., Adhikari, B., Sun, J. (2015) Research trends in selected blanching pretreatments and quick freezing technologies as applied in fruits and vegetables: A review. *International journal of refrigeration*. **57**, 11-26.

Yolmeh, M., Najafzadeh, M. (2014) Optimisation and modelling green bean's ultrasound blanching. *International Journal of Food Science and Technology*. **49**, 2678–2684.

Zhu, Y., Pan, Z., McHugh, T. H., Barrett, D. M. (2009) Processing and quality characteristics of apple slices under simultaneous infrared dry-blanching and dehydration with continuous heating. *Journal of Food Engineering*. **97**, 8-16 .