

Toplotna obdelava živil
Tehnološka sistematika postopkov TO
B. Žlender

1

TOPLOTNA OBDELAVA ŽIVIL

Smotri:

- oblikovanje senzorične kakovosti
- hranilne vrednosti
- prebavljivosti (beljakovine, škrob...)

Zgodovinski razvoj:

- pred 500 000 leti (Peking, Kitajska) → t.o. na odprtem ognju, žerjavici (toplotno sevanje)
- pred 12 000 leti keramična posoda (neolit, Mezopotamija, Palestina) → kuhanje v vodi
- pred 3 500 leti (bronasta doba) → cvrenje v olju, masti
- srednji vek (Denis Papin, 1690) → kuhanje z nadtlakom
- konec 19. – 20. stoletja → plinske in električne naprave za toplotno obdelavo
- po 1945. letu → visokofrekvenčno, mikrovalovno segrevanje (sevanje)
- konvekcijsko, indukcijsko, ohmsko segrevanje
- koekstruzija

2

TOPLOTNA OBDELAVA ŽIVIL

Empirija – TO nekoč:

- neracionalen, neznanstven pristop (visoke T, dolgi t TO)
- slaba kakovost hrane
- varnost ?

Sodobna procesna tehnika vodenja postopkov TO– danes:

- sodobna oprema za TO
- kontrolni instrumenti (T, RV, t...)
- sodobna načela TO → nizke T, kratek čas
- učinki: večja dobit, manjša uporaba energije, boljša senzorična in hranilna kakovost hrane/jedi, varnost

3

POSTOPEK TOPLOTNE OBDELAVE

A. Prenos toplotne energije (toplote) od vira na površino živila

B. Prenos toplote v samem živilu

kemijske in fizikalne spremembe na sestavinah v živilih:

- denaturacija beljakovin
- oksidacija, hidroliza, polimerizacija lipidov
- Maillardova reakcija porjavenja
- zaklepitev škroba
- spremembe pigmentov

C. Prenos mase

- odpuščanje vode, maščob, beljakovin
- difuzija teh sestavin skozi maso na površino živila
- izhlapevanje in izcejanje

4

Fizikalna delitev toplotnih postopkov (po načinu prenosa toplote)

1. Strujanje (konvekcija, vekcija) - prenosnika toplote

zraka → suhega ($c^*=1,0$) = pečenje

→ vlažnega ($c^*=2,0$) = parjenje (kuhanje v pari)

vode → ($c^*=4,2$) = kuhanje (kuhanje v vodi)

maščobe → ($c^*=1,76$) = praženje, cvrenje

2. Prevajanje (kondukcija) = pečenje na plošči

= peč. med dvema plošč.

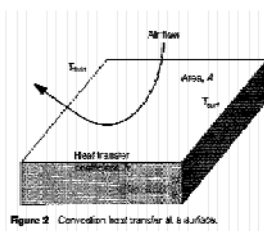
3. Sevanje (radiacija) → IR = pečenje na žaru

→ MV = mikrovalovno segrevanje

* c^* = specifična toplotna kapaciteta (kJ/kg °C); 1 kcal = 4.184 kJ

5

Konvekcija



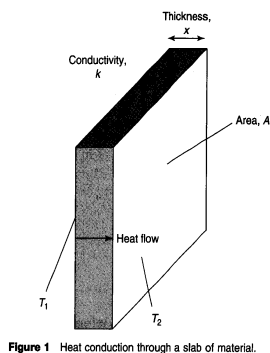
Tipične vrednosti h v procesih hlajenja živil so
okoli $5 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$ za naravno konvekcijsko hlajenje z zrakom,
okoli $20\text{-}30 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$ z prisiljeno vekcijo zraka in
 $200\text{-}500 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$ z hlajenjem v vodi (imerzija)

$$Q = hA (T_{\text{površine}} - T_{\text{fluida}})$$

h = koeficient površinskega prenosa toplote ($\text{W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$)
 A = površina (m^2)
(Newton)

6

Kondukcija



$$Q = \frac{kA}{x}(T_1 - T_2) \quad [1]$$

Fourier-ova relacija

Q= toplotni tok (W),
k= toplotna prevodnost ($\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$)
A= površina preko katere se prevaja toplota (m^2)
 x = razdalja prevajanja toplote (m);
 T_1, T_2 = temp. na obeh straneh objekta (K)

7

Sevanje

Prenos toplote direktno s segretega telesa na živo brez posrednika

Količina absorbirane toplote odvisna od:

- lastnosti površine telesa
- razlike v temperaturi med grelnim telesom in obsevanim živlom

8

Kulinarična delitev toplotnih postopkov

SUHI (nizek parcialni tlak vodne pare)

1. pečenje
2. pečenje na žaru
3. praženje (malo maščobe)
4. cvrenje

MOKRI (visok parcialni tlak vodne pare)

1. parjenje
2. kuhanje v vodi

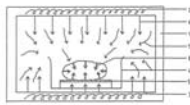
KOMBINIRANI

1. dušenje (suh + moker postopek)
2. 'INPRO' (praženje + mikrovalovno segrevanje)

DRUGI

1. mikrovalovno segrevanje

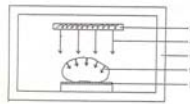
9



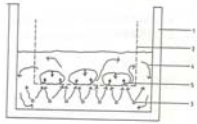
Pečenje.
1 – stena pečice, 2 – grelo, 3 – grelo, 4 – pekač, 5 – mrežica, 6 – sevana vročina, 7 – kroženje vročnega zraka, 8 – prevajanje toplote v mesu



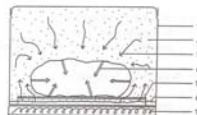
Praženje.
1 – grelo, 2 – pekač ali ponvi, 3 – prevajanje toplote v mesu, 4 – maščoba



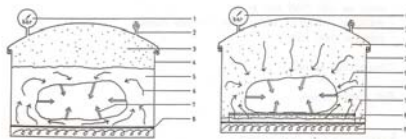
Pečenje na žaru.
1 – stena pečice, 2 – infrardeče grelo, 3 – mrežica, 4 – sevanje toplotnih žarkov, 5 – prevajanje toplote v mesu



Črvenje.
1 – cvrtnik (friteza), 2 – kotarica, 3 – grelo, 4 – kroženje vroče maščobe, 5 – prevajanje toplote v mesu

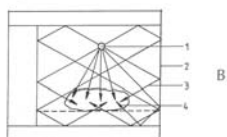
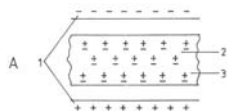


Parjenje brez nadtlaka.
1 – posoda (lonci), 2 – para in zrak, 3 – kroženje vlažnega zraka, 4 – prevajanje toplote v mesu, 5 – mrežica, 6 – majhna količina vode, 7 – grelo



Kuhanje v vodi z nadtlakom.
1 – manometer za kontrolo tlaka, 2 – varnostni ventil, 3 – para, 4 – stena posode (lonci), 5 – voda, 6 – prevajanje toplotnega kroženja vroče vode, 7 – prevajanje toplote v mesu, 8 – grelo

Parjenje z nadtlakom.
1 – manometer za kontrolo tlaka, 2 – ventil za izpuščanje pare, 3 – stena posode (lonci), 4 – para in zrak, 5 – prevajanje toplote s paro (kroženje pare), 6 – prevajanje toplote v mesu, 7 – mrežica, 8 – majhna količina vode, 9 – grelo



Mikrovalovno segrevanje.
A – Princip delovanja: 1 – dielektrično polje kondenzatorja, 2 – živilo, ki vsebuje vodo (meso), 3 – dipolne molekule vode v živilu
B – Mikrovalovna pečica: 1 – sevalo mikrovalov (magnetron), 2 – stena pečice (kovinska), 3 – mikrovalovi, ki se odbijajo od sten pečice po optičnih zakonih, 4 – prodiranje mikrovalov v globino mesa

KOMBINIRANI POSTOPKI

DUŠENJE → praženje (pečenje) + kuhanje (parjenje)

'INPRO' → praženje + MV
↓ ↓
senz.kak. T_{sk} ≥ 70 °C

KOMBINIRANO PEČENJE → kuhanje (parjenje) + pečenje
↓ ↓
zmehčanje veziva senz.kak.

13

VPLIV TOPLOTNIH POSTOPKOV NA KAKOVOST ŽIVIL IN UPORABNOST

14

SUHI POSTOPKI

V suhem okolju in pri visoki temperaturi potekajo:

- (neencimske) reakcije porjavenja (Maillardova r., karamelizacija sladk., polimerizacija lipidov, interakc. prod. proteini × lipidi)
- izsušitev površine
- spremembe pigmentov

Senzorične lastnosti (izrazite, pikantne):

- porjavela (rumena do zlatorjava) barva površine
- hrustljava tekstura (suha skorja)
- značilna, polna aroma (vonj, okus)

15

SUHI POSTOPKI

- **Živila:**
 - vse vrste mesa in rib (mehki kosi)
 - poljščine, zelenjava, sadje (z malo ali brez vlaknin)
 - različne vrste testa
- **Zdravstveni vidiki:**
 - težja prebavljivost
 - določene sestavine škodljive

ZMerna uporaba suhih postopkov!

16

VLAŽNI POSTOPKI

- **V vlažnem okolju in pri visoki temperaturi potekajo:**
 - ni reakcij porjavenja
 - ni izsuševanja površine
 - potekajo spremembe na pigmentih
- **Senzorične lastnosti:**
 - površina ni porjavela
 - površina je vlažna
 - značilna, bolj blaga aroma

17

VLAŽNI POSTOPKI

- **Živila:**
 - meso in ribe (bolj trdi kosi)
 - poljščine, zelenjava, sadje (tudi z veliko vlaknin)
 - različne vrste testa
- **Zdravstveni vidiki:**
 - bolj dietna hrana

18

KOMBINIRANI POSTOPKI

- suhi del postopka – senzorična kakovost
- vlažni del postopka – primerna kuhanost

19

PEČENJE

Vrste živil:

- meso (mehko)
- ribe
- perutnina
- zelenjava
- poljščine
- pekarski izdelki

Senzorična kakovost:

- neencimske reakcije porjavenja (Maillardova reakcija, karamelizacija....) in proces sušenja površine
- značilna:
 - barva
 - tekstura
 - aroma

20

PEČENJE

Hitrost postopka odvisna od:

- temperature obdelave
- vlažnosti zraka
- vektije (kroženje) zraka
- vrste (sestave) živila

21

PEČENJE - oprema

Peči(ce):

- a. način delovanja:
 - šaržne
 - kontinuirne
- b. pogoji delovanja:
 - običajne (naravna vekcija)
 - konvekcijske (umetna vekcija)
 - parno-konvekcijske (umetna vekcija + dovajanje pare)
- c. tehnična izvedba in zmogljivost:
 - običajne komore
 - tunnelske (s tek.trakovi - kovejerji)-ravne, krožne –večji tloris
 - rotacijske (horizontalne, vertikalne)-manjši tloris

22

PEČENJE-oprema

Merilna oprema:

- temperatura komore
- T_s v živilu
- RV, v (cirkulacija zraka)
- čas obdelave

23



24

PEČENJE NA ŽARU

Princip:

- sevanje IR žarkov (1-10 μ , 10^{14} Hz)
- kondukcija toplote (pečenje na plošči, na mreži)
- konvekcija toplote (segret zrak)

Vrste živil:

- praviloma manjši in tanjši kosi, lahko tudi večji kosi:
 - mesa (mehko)
 - rib
 - zelenjave
 - testa

25

PEČENJE NA ŽARU

Senzorične lastnosti:

- večja izraznost, pikantnost
 - barve
 - teksture
 - arome

26

PEČENJE NA ŽARU - postopki

- a. Pečenje nad žarjavico (žarino) (tleče lesno oglje, $T \sim 800^{\circ}\text{C}$)
- izrazita aroma (komponente dima)
 - težka kontrola T
 - individualna raba
 - zdravstveni vidik kakovosti?

- b. Pečenje nad električnimi ali plinskimi sevali ($T=400$ do 1800°C)
- manj izrazita aroma
 - lažja kontrola T
 - večja uporabnost



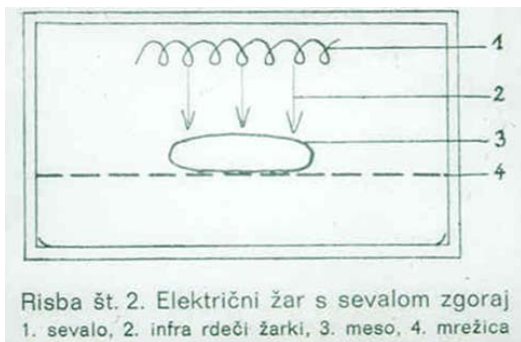
27

PEČENJE NA ŽARU - postopki

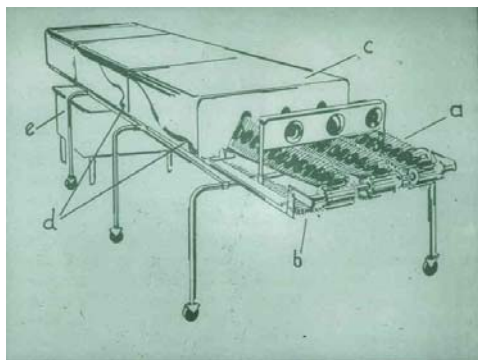
c. pečenje na plošči (med ploščama)($T=150-300\text{ }^{\circ}\text{C}$) (podobne senzorične lastnosti)

- dobra kontrola T
- kondukcija toplote
- uporabna metoda v velikoserijski proizvodnji

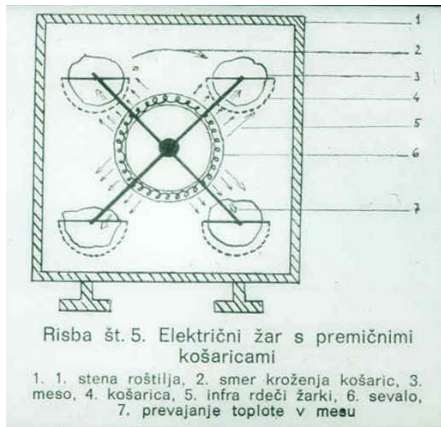
28



29



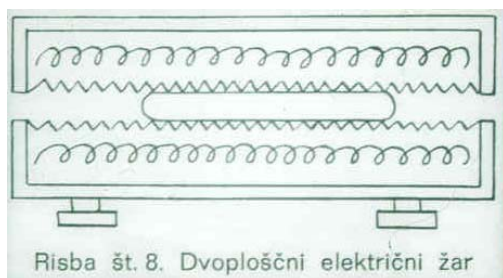
30



31



32



33

PRAŽENJE

- **Postopek:**

- plitva posoda
- malo maščobe ($T=130 - 200^{\circ}\text{C}$)
- vekcija + kondukcija toplote
- tenka živila, hiter postopek

- **Živila:**

- meso in izdelki (mehko)
- perutnina, ribe in izdelki
- zelenjava, poljščine
- testa

34

PRAŽENJE

- **Senzorične lastnosti:**

- porjavenje
- hrustljivost
- blaga aroma (vrsta maščobe !!)

- **Individualen postopek:**

- čiščenje posode
- zamenjava maščobe
- sestavni del kombiniranega postopka (dušenje, INPRO)

35

CVRENJE

- **Princip:**

- vekcija vroče maščobe ($T=130-200^{\circ}\text{C}$)
- živilo je potopljeno ali plava (imerzija, maščobna kopel)
- velika razširjenost postopka

-

- **Živila:**

- meso (mehko)
- sekljanci, preoblikovanci
- perutnina
- ribe
- zelenjava
- poljščine (krompir)
- sadje
- izdelki iz testa in jajc

36

CVRENJE - panade

Vloga:

- senzorične lastnosti (barva, hrustljivost, aroma)
- absorpcija maščobe manjša
- preprečevanje zlepljanja kosov živil med skladiščenjem in transportom

Sestavine:

- moka, jajca, drobtine, zdrobi, barvila, aromati (glutaminat)

Vrste:

- dunajska (moka, jajca, drobtine)
- pariška (moka, jajce)
- industrijska (tekoča faza + čvrsta faza)

37



38

CVRENJE – friteze (cvrtnjaki)

• Osnovni deli:

- posoda, kotel, korito za maščobo
- grelni elementi
- košare/pregrade za živila
- izpustni ventil za maščobo
- filter za maščobo
- merilni instrumenti (T, Ts, t...)

• Vrste:

- saržne, kontinuirne
- normalen tlak, nadtlak*
- namizne, talne

* krajši postopek, boljše ohranjanje vode v izdelku, boljša sočnost

39



40



Kontinuirna friteza

41

CVRENJE – maščobe za cvrenje

Kakovostne zahteve:

- nevtralna aroma
- kemijska stabilnost
- majhna absorpcija v živilo
- visoka točka dimljenja
- nizka absorpcijska sposobnost za tuje arome
- ne smejo se peniti
- oblikovanje atraktivne senzorične kakovosti izdelka
- zagotavljanje izenačenosti izdelkov
- dobra prebavljivost

42

CVRENJE – maščobe za cvrenje

Namenske maščobe za cvrenje:

- izbor naravnih (stabilnih) maščob
- kemijsko obdelane (hidrogenirane)
- fizikalno obdelane (rafinirane)
- stabilizirane z antioksidanti

43

CVRENJE – oskrba maščob za cvrenje

- **temperatura in čas segrevanja** primerna
- **globoki kotli** (oksidacija!)
- **čiščenje maščob** (filtracija) in **čuvanje** na hladnem (okrog 0°C) in temnem
- **nadomeščanje porabljenih** (absorbirane maščobe s svežo maščobo)
- **dnevno čiščenje cvrtnjaka** (vroča voda – pralno sredstvo – nevtralizacija (kis))
- **vlaganje suhih živil** v cvrtnjak (nevarnost, kvar)
- **soljenje** po cvrenju

44

CVRENJE – spremembe maščob

- **oksidacija, hidroliza:**
 - peroksidi, hidroperoksidi
 - proste maščobne kisline
 - aldehidi, ketoni, alkoholi, alkani
 - poliestri dvobazičnih kislin
 - metilciklopentan, cikloheksan
 - benzol, akrolein, krotonaldehid
 - CO, CO₂
- **izomerizacija**
 - laktoni (a in g)
- **polimerizacija (potemnitev)**
 - ciklični dimeri in polimeri

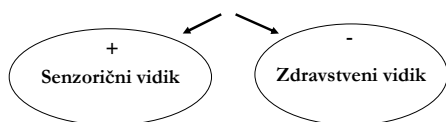
45

CVRENJE – spremembe maščob

d. Interakcijski produkti med lipidnimi komponentami ter:

- Beljakovinami
- Oglikovimi hidrati
- Minerali

Produkti reakcij porjavenja



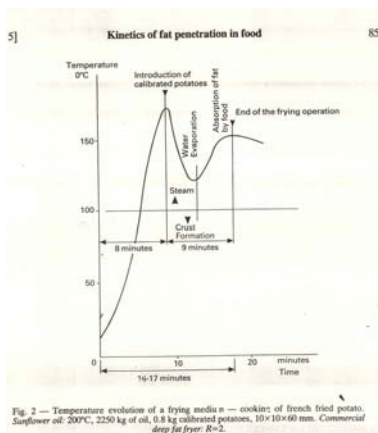
46

CVRENJE – absorbcija maščob

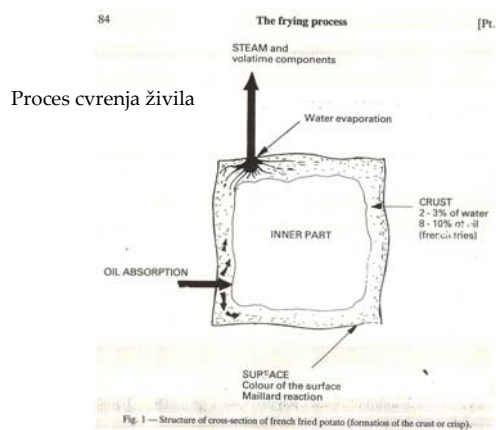
- Cilj cvrenja:
 - čim manjša absorbcija maščob
- Količina absorbirane maščobe
 - 10 % – 40 %
- Vplivi
 - temperatura in čas cvrenja
 - število sarž ('utrujenost' maščob)
 - vrsta in kakovost živila
 - velikost/površina živila
 - nasičenost maščob
 - sprememba točke dimljenja

47

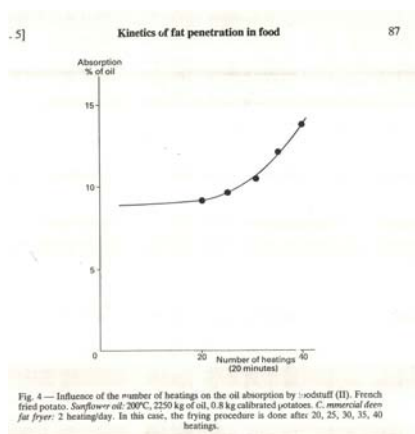
Kinetika
penetracije
maščobe
v živilo



48



49



50

CVRENJE

– klinični učinki spremenjenih maščob

- absorbcija maščob:**
 - dobra (oksidirani monomeri, ciklični monomeri) → toksičnost!
 - slaba (polimeri)
- razgradnja vitaminov (avitaminoze) in esencialnih aminokislin**
 - peroksidi in hidroperoksidi
- draženje črevesne sluznice in zmanjšanje absorpcije hranilnih snovi**
 - polimerizacijski produkti

51

CVRENJE

– klinični učinki spremenjenih maščob

4. mutagenost in kancerogenost:

- malonadehid
- hidroperoksidi
- holesterol-oksidi
- delta-laktoni

5. aterogenost (srce, ožilje)

6. nekroze – jeter in ledvic

52

Kontrola kakovosti maščob

1. kemijske metode

- **kislinsko št.** - proste MK (oksidacija, hidroliza M) → poslabšanje vonja in okusa
- **peroksidno št.** - primarni produkti oksidacije → brez vonja
- **p-anizidinsko št.** - vsebnost α in β aldehidov (rumenkasta barva)
- **maščobnokislinska sestava** (GC) - sprememba med oksidacijo, polimerizacijo, ciklizacijo, hidrolizo
- **polarne spojine** - pokazatelj hidrolize in oksidacije; >25% - maščoba neuporabna; bolj nenasičene maščobe – tvorba več polar. spojin; metode: kolonska kromatograf., tenkoplastna kromat.

53

Kontrola kakovosti maščob

2. Fizikalne metode

- **točka dimljenja** – indikator proste MK, mono- in diacil glicerole, heksan
- **lomni količnik** - trans izomere → Abbejev refraktometer
- **barva maščobe**
 - lovibondov tintometer,
 - kromometer Minolta (L^* , a^* , b^*)

54

Kontrola kakovosti maščob

3. Hitri testi

- **oxifrit test** – kolorimetrični test za žarkost (modra do olivnozeleno barva)
- **Fritest** – kolorimetrični test za hidrolitično žarkost (karbonilne komponente) – rumena do oranžna barva
- **test 3M** – kolorimetrični test za proste MK od 1,0 do 2,5% - indikatorski lističi
- **F.O.S.** (Food Oil Senzor) – merjenje dielektrične konstante –število polarnih molekul (nasičena olja-nižja vrednost)

55

VLAŽNI POSTOPKI

1. kuhanje v pari (parjenje)

- a. brez nadtlaka ($T = 85 - 98\text{ }^{\circ}\text{C}$)
- b. z nadtlakom ($T > 100\text{ }^{\circ}\text{C}$)

2. kuhanje v vodi

- a. s povrevanjem ($T = 85 - 98\text{ }^{\circ}\text{C}$)
- b. v vreli vodi ($T = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$)
- c. z nadtlakom ($T > 100\text{ }^{\circ}\text{C}$)

56

VLAŽNI POSTOPKI

Uporaba:

- sveža in zmrznjena zelenjava
- sadje
- meso in mesnine
- ribe
- testenine, riž ...
- juhe, omake
- jajca
- sveže in zmrznjeno testo
- pudingi, kreme, nadevi

57

VLAŽNI POSTOPKI – oprema za kuhanje/parjenje

- **kotli**

- normalen tlak -za občutljiva in/ali zmrznjena živila)
- nadtlak (varnostna oprema)- za manj občutljiva živila
- premični in fiksni
- posamični ali povezani v večje sisteme
- plitvi, globoki

- **omare**

- normalen tlak - za občutljiva in/ali zmrznjena živila
- nadtlak - za manj občutljiva živil

58



59



60

MIKROVALOVNO SEGREVANJE

a. fizikalne lastnosti mikrovalov

- **elektromagnetno sevanje**
- 915 MHz → visokofrekvenčno segrevanje (tajanje)
- 2450 MHz → mikrovakovno segrevanje (toplotna obdelava)



- **odboj od kovin (optični zakoni)**
- **propustnost neprevodnikov (keramika, steklo, papir, les, plastika)**
- **absorbcija – polprevodniki (živila)**

61

MIKROVALOVNO SEGREVANJE

b. princip segrevanja

- vzburjenje dipolnih molekul v živilu k nihanju (voda, elektroliti)
- trenje med dipoli → sproščanje toplote

$$\lambda_0 \sqrt{\epsilon_r}$$

$$d = \frac{2\pi \epsilon_r}{\lambda_0}$$

d = globina penetracije MV
 λ_0 = valovna dolž. MV
 ϵ_r = relativna dielektrična konstanta
 ϵ'' = faktor izgub

c. hitrost segrevanja

- večja vsebnost vode, hitreje segrevanje (idealne so tekočine)
- temperatura živila → nižja temperatura, hitreje segrevanje
- vsebnost soli → pospeši segrevanje
- maščobe → upočasnjeno segrevanje (blažilna sredstva)

d. posoda in pribor

- steklo, keramika, porcelan
- les, papir
- plastika (poliestri, teflon, melamin, metilpenten)

62

MIKROVALOVNO SEGREVANJE

e. varnost pri delu – je zagotovljena

f. hitrost segrevanja

- krajši čas obdelave
- boljši izkoristek energije
- **Manjši stroški priprave (13 – 18%)**

g. hranilna vrednost

- nizka temperatura TO
- kratek čas TO → stroga kontrola!!

63

MIKROVALOVNO SEGREVANJE

h. senzorična kakovost

- ni procesov porjavenja → podobno kuhanim živilom
- ukrepi za reakcije porjavenja
 - kombiniranje s suhim postopkom
 - dodatek IR seval v MV pečice
 - uporaba posode, ki absorbira MV (keramično steklo, feritni vložki)

64

MIKROVALOVNO SEGREVANJE



65