

## Zelenjava, sadje, poljščine

### Toplotna obdelava, spremembe, kakovost

B. Žlender

1

Kulinarično pripravo SZP sestavljata:

- Predpriprava
- Toplotna obdelava

Namen:

- Prehranska vrednost, prebavljivost
- Senzorična kakovost
- Varnost in obstojnost

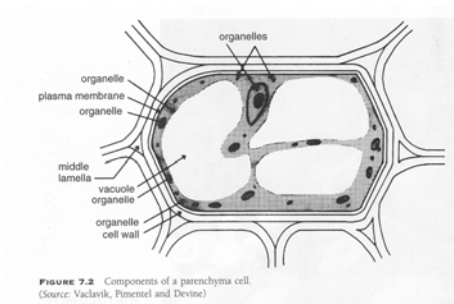
2

### Zgradba in sestava rastlinskih celic - kožno (povrhnjica) in parenhimsko tkivo

Parenhimsko tkivo sestavljajo:

- **celična stena** (podpora in zaščita vsebine)
  - primarna (hemiceluloza, celuloza, pektinske snovi)
  - sekundarna (+lignin)
- **protoplast**
  - plazemska membrana
  - citoplazma
  - organele (jedra, mitohondriji, ribosomi, plastidi (vitamini, pigmenti))
- **sredinska lamela** (cementirajoča komponenta)
- **vakuole** (celični sok –topni vitamini, flavonoidni pigmenti, sladkorji, anorg. soli, organske kisline, žveplove komponente)

3



4

---

---

---

---

---

---

---

---

### Sestavine rastlinskih tkiv

- Ogljikovi hidrati
- Proteini
- Maščobe
- Minerali
- Voda
- Rastlinske kisline
- Barvila
- Encimi

5

---

---

---

---

---

---

---

---

### Ogljikovi hidrati

#### ENOSTAVNI

- Monosaharidi (glukoza, fruktoza...)
- Disaharidi (saharoza...)

#### SESTAVLJENI

- Škrob (topen po TO)
- Celuloza –netopna vlaknina
- Hemiceluloza-netopna vlaknina
- Pektinske snovi – topne po TO
- Lignin (v stari zelenjavi) –netopen po TO

6

---

---

---

---

---

---

---

---

## Vsebnost vlaknin v različnih živilih (g/100 g)

	celuloza	druga netopna vlakna	topna vlakna	lignin	skupaj
pšenična moka enotna	1,6	6,5	2,8	2,0	12,9
pšenična moka bela	0,1	1,7	1,8	sledovi	3,6
ovsena	0,7	2,3	4,8	2,0	9,8
brokoli	1,0	0,5	1,5	Sledovi	3,0
zelje	1,1	0,5	1,5	0,3	3,4
grah	1,7	0,4	0,8	0,2	3,1
krompir	0,4	0,1	0,7	Sledovi	1,2
jabolka	0,7	0,4	0,5	-	1,6
kosmulja	0,7	0,8	1,4	-	2,9

7

### PROTEINI

- malo v sadju (<1%)
- veliko v stročnicah (grah, fižol, leča, soja)
- brez AK metionina –nižja biološka vrednost
- encimi (vpliv na barvo, teksturo, aromo)

### MAŠČOBE

- ≈5% suhe snovi v koreninah, steblih, listih
- <1% suhe snovi v sadju
- veliko v avokadu (16%), oljkah (14%)

### VITAMINI

- sadje in zelenjava prispevata nad 90% vitamina C, večino vit. A, B1
- izgube med namakanjem in TO

### VODA

- transportno sredstvo hranil

### MINERALI

- Ca, Mg, Fe

8

### Rastlinske kisline

(pomemben vpliv na barvo, vonj, okus, teksturo po TO)

#### HLAPNE

- mravljična  $\text{H-COOH}$
- očetna  $\text{CH}_3\text{-COOH}$
- propionska  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-COOH}$
- maslena  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$
- valerianska  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$
- kapronska  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$
- aroma – estri kislin:
  - banane →amilacetat
  - jabolka →amilformiat, amilacetat, amilkaproat

9

## Rastlinske kisline

### NEHLAPNE

- **Dikarboksilne:** oksalna, jantarna, fumarna, oksaloacetna,  $\alpha$ -ketoglutarinska
- **Hidroksikarboksilne:** jabolčna, vinska
- **Trikarboksilne:** citronska, izocitronska, cis-akonitna

### Hlapne in nehlapne kisline in njihove soli vplivajo na različne reakcije med TO:

- barva, diskoloracije
- tekstura
- aroma

10

Vrsta zelenjave	pH
Šparglji	5,4-5,8
Brokoli	5,2-6,5
Zelje	5,2-6,3
Korenje	4,9-5,5
Cvetača	5,7-6,5
Zelena	5,5-6,0
Korijander – listi	6,0-6,25
Jajčevci	5,3-5,8
Solata	6,0-6,4
Krompir	5,4-5,8
Grah	6,0-6,2
Rabarbara	3,1-3,4
Špinača	5,2-6,2
Sladki krompir	5,3-5,6
Repa	5,2-5,6
Paprika-zelena	5,1-6,0

### pH vrednosti izbrane zelenjave

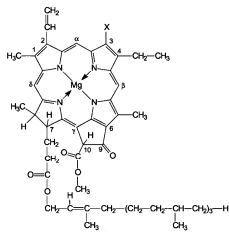
11

## Pigmenti

- klorofili
- karotenoidi
- antocianini
- antoksantini
- betalaini
- melanini

12

## KLOROFIL



**Figure 6.1** Chlorophyll. In chlorophyll a  $X = \text{CH}_3$  and  $\text{CHO}$  in chlorophyll b. The double bonds of the porphyrin ring system are shown positioned quite arbitrarily but in fact the  $\pi$ -electrons of systems such as this are completely delocalised. The  $\text{C}_{20}$  isoprenoid alcohol esterified to the propionyl substituent at position 7 is known as phytol.

13



14

## KLOROFIL

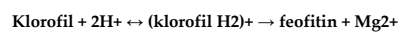
- v kloroplastih (fotosinteza)
- v maščobah topen tetrapirolni pigment

**diskoloracije povzročijo:**

- skladiščenje
- toplotna obdelava
- sprememba pH
- prisotnost mineralov Zn, Cu

**učinek kislin:**

- protoni vodika izrinejo Mg
- pojav feofitina: sivozelena (feofitin-a) do olivno zelena (feofitin-b) barva



**ukrepi med TO:**

- odkrita posoda prve 3 min. (hlapne kisline izparijo)
- veliko vode –učinek razredčenja (nehlapne kisline)

15

## KLOROFIL

### V ALKALNEM (Na-bikarbonat)

- hidroliza –odcepitev fitolne in metilne skupine → klorofilin
- svetlo zelena barva
- zmečanje texture (hidroliza netopnih vlaknin)
- NaCl/nevtralne soli → boljša ohranitev barve med TO

### TOPLOTNA OBDELAVA

- razgradnja klorofila
- vidni postanejo karotenoidni pigmenti

16

## KAROTENOIDI

### v maščobah topni rdeči, oranžni in rumeni pigmenti v kloroplastih

- karoteni ( $\alpha$ -karoten,  $\beta$ -karoten, likopen)
  - ksantofili – oksidirani derivati karotenov
- Več konjugiranih dvojnih vezi – bolj globoka barva

### reakcije:

- oksidacija (zbleditev, izguba barve)
- toplotna obdelava (pokrita posoda, kratek čas)
- kisline –zbleditev -izomerizacija cis- v trans-konfiguracijo
- baze –ni spremembe barve

17



18

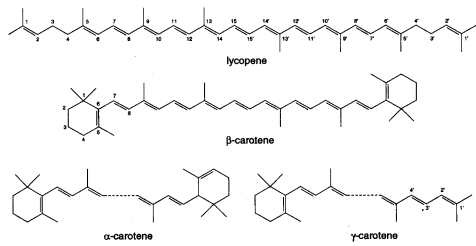


Figure 6.3 Carotene structures. The central region common to all carotenoids has been omitted here in  $\alpha$ - and  $\gamma$ -carotene and in Figure 6.4.

19

Ksantofili –rumeno-oranžni pigmenti v koruzi, papriki...

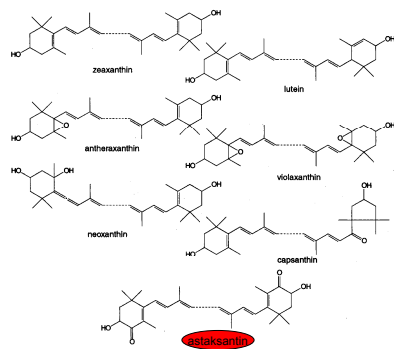


Figure 6.4 Xanthophyll structures.

20



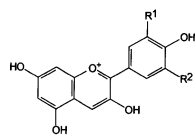
21

## ANTOCIANINI

Rožnati, rdeči, vijolični, modri pigmenti v cvetovih, sadju in zelenjavi

- **flavonoidi** -skupaj s polifenoli (glukozidi, aglikoni)
- **stabilnost** slaba -odvisna od pH in kisika
  - alkalno –vijolično-modre barve
  - kislo – živo-rdeče barve
  - kovine (Fe) – modro-zelena barva

22



	R <sup>1</sup>	R <sup>2</sup>	$\lambda_{max}^*$
pelargonidin	-H	-H	503
cyanidin	-OH	-H	517
peonidin	-OCH <sub>3</sub>	-H	517
delphinidin	-OH	-OH	526
petunidin	-OCH <sub>3</sub>	-OH	526
malvinidin	-OCH <sub>3</sub>	-OCH <sub>3</sub>	529

\*The  $\lambda_{max}$  values shown are those of the corresponding 3-glucoside anthocyanins at pH 3.

Figure 6.8 The structures of the anthocyanidins and the absorption maxima of anthocyanins.

23

## ANTOKSANTINI

Pigmenti v beli zelenjavi podobni antocianinu– manj oksidirani:

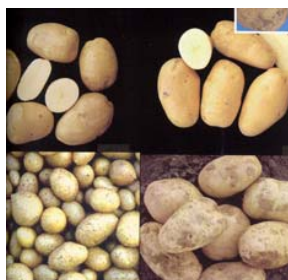
- flavon, flavonol, flavanon →bela do rumena barva

**vplivi na barvo:**

- podaljšano kuhanje →rjavo-zelen (Fe, klorogenska k.)
- →rožnat (pojav antocianinov)
- kislo okolje → barva svetlejša
- alkalno okolje ali Fe ali Al→rumene do rjave diskoloracije

24





25

## BETALAINI

1. BETACIANINI – purpurno rdeči
2. BETAKSANTINI – rumeni

### LASTNOSTI:

- vodotopen
- stabilen v kislem (pH 4,0 do 5,0)
- nestabilen v alkalnem
- dolgotrajna TO pri pH~7,0 + O<sub>2</sub> → rjave komponente

26

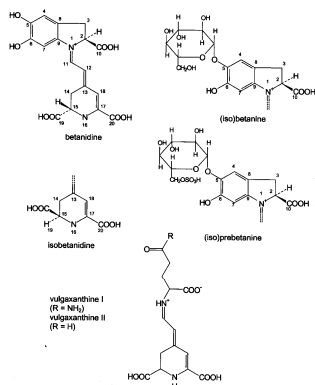


Figure 6.11 Betalaine structures.

27

### MELANIN encimsko (oksidativno) porjavenje

rjave diskoloracije in potemnitve med predpripravo sadja in zelenjave

oksidacija organskih fenolnih komponent s kisikom ob pomoči encimov fenolaz, fenoloksidaz, polifenolaz

Metode preprečevanja:

- preprečitev dostopa kisika
- dodatek reducentov (citronska k., askorbinska k.,  $\text{SO}_2$ , Sn-soli)
- dodatek NaCl, sulfhidrilnih komponent, glutationa, cisteina
- termična inaktivacija encimov (blanširanje)
- dodatek specifičnih inhibitorjev fenolaz (blokada Cu)-  $\text{CN}^-$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , 8-hidroksikinolin

### AROMATIČNE KOMPONENTE (žveplove snovi)

Viri: AK cistein, metionin, hlapne snovi, sulfati

čebulnice (rod *Allium*) –česen, čebula, por

- glukozi + kisline, baze, encimi  $\rightarrow$  OH + alilsulfidi, izotiocianati, fenoli
- sproščanje pospeši sekljanje in TO
- kuhanje v odprti posodi (S-komp. izhlapijo), nato v pokriti posodi z manj vode  $\rightarrow$  blaga aroma
- TO v maščobi  $\rightarrow$  intenzivna aroma

29

### AROMATIČNE KOMPONENTE (žveplove snovi)

križnice (rod *Brassica*) - zelje, ohrovt, brstični ohrovt, cvetača, repa, brokoli

- dolgotrajna TO  $\rightarrow$  ostra aroma ( $\text{H}_2\text{S}$ , dimetil disulfid)
- kratka TO, na začetku nepokrita posoda  $\rightarrow$  blaga aroma

30

### Toplotna priprava SZP

**metode:** kuhanje, parjenje, pečenje, cvrenje, praženje, dušenje, MV

**postopek:** čim krajši, vlažna TO → boljša hranilna in senzorična kakovost

**dejavniki**, ki vplivajo na:

- **barvo** – vrsta pigmentov, čas TO, metoda TO, kakovost posode, dodatki
- **teksturo** – čas TO, sestava, pH in T vode, Ca-ioni
- **aromo** – botanična skupina, dodatne sestavine (sladkor, maščoba, začimbe, dišavnice)

31

### Spremembe hranilnih komponent v SZP med TO

- **ogljikovi hidrati**
  - inverzija saharoze
  - karamelizacija sladkorjev
  - zaklepitev in retrogradacija škroba
  - polisaharidi celičnih sten
- **OH + amino kisline** → neencimska porjavenja (Maillardova reakcija)

32

#### INVERZIJA SAHAROZE (glukoza + fruktoza)

dejavniki:

- povečana kislost (oksalna, citronska, jabolčna, očetna k.)
- zmanjšana kislost (rdeča pesa, korenje)

#### KARAMELIZACIJA SLADKORJEV (nad tališčem –obarvani karameli)

- glukoza 145-149 °C
- fruktoza 98-102 °C
- saharoza 160-185 °C

Stopnja dehidracije → barva:

- rumen – karamelan
- rjav – karamelen
- temno rjav – karamelin

33

## ZAKLEJITEV IN RETROGRADACIJA ŠKROBA

**ŠKROB** – polisaharid v gomoljih in endospermu semen

**Amiloza** – linearna molekula več tisoč glukočnih enot povezanih z 1-4 glukoziidnimi vezmi

**Amilopektin** – razvejana molekula 106 glukočnih enot povezanih z 1-4 in 1-6 vezmi

**zaklejitev** (prehod v topno obliko):

- zabrekanje (40-45°C)
- nabrekanje (45-60°C)
- zaklejitev (60-100°C) – izgine kristalna struktura, topni škrob

**škrobna pasta (hidrokolid)** zamreži veliko vode, zgoščevanje

34

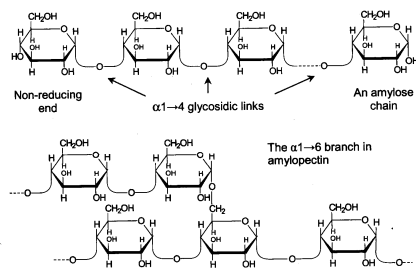


Figure 3.1 The chemical structures of amylose and amylopectin.

35

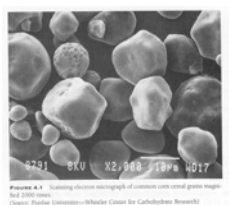


FIGURE 4.1 Scanning electron micrograph of cornstarch granules (magnified 1000 times). (Source: Purdue University—Whitaker Center for Carbohydrate Research)

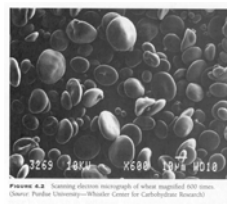


FIGURE 4.2 Scanning electron micrograph of wheat flour granules (magnified 1000 times). (Source: Purdue University—Whitaker Center for Carbohydrate Research)

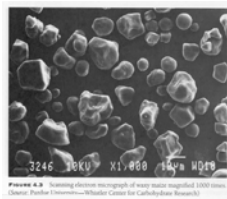


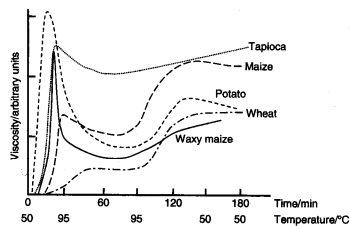
FIGURE 4.3 Scanning electron micrograph of waxy maize granules (magnified 1000 times). (Source: Purdue University—Whitaker Center for Carbohydrate Research)

36

## DEJAVNIKI ZAKLEJITVE

- vrsta škroba (različen čas in T)
- kislost →hidroliza→dekstrini→redki gel
- mešanje →brez grudic
- encimi (amilolitični)-  $\alpha$ -amilaza→ hidroliza → glukoza, maltoza, dekstrini
- maščobe, beljakovine →upočasnitev zaklejitve, zmanjšanje viskoznosti
- sladkor →upočasnitev zaklejitve in dvig  $T_z$ , redek gel
- temperatura – vrsta škroba
- podaljšanje časa zaklejitve →redki gel
- vrsta TO

37



**Figure 3.3** Brabender Amylograph traces of the gelatinisation of a number starches. The temperature is raised steadily from 50 to 95°C over the first half hour period. It is then maintained at 95°C for one hour and then brought down back to 50°C over the final half hour period. (Reproduced by permission from Dr D. Howling and Applied Science Publishers.)

38

## RETROGRADACIJA

- (prehod topnega v netopni škrob)
- zajame samo amilozo
- sprememba lastnosti škrobnih raztopin po TO (postanost):
  - zmanjšanje viskoznosti, gumijavost
  - odpuščanje vode
  - prazna aroma
  - posvitev barve

rešitev problema:

- uporaba amilopektinskih škrobov (voščene sorte koruze)
- uporaba modificiranih škrobov

39

## MODIFICIRANI ŠKROBI

- naravni škrobi obdelani s fizikalno-kemičnimi postopki
- **amilopektinski škrobi**
- **nabrekli škrobi**
- **kemijsko modificirani škrobi**
  - *depolimerizirani* – obdelani s HCl (čvrsti pros. geli)
    - maltodekstrini
  - *derivatizirani*
    - esterifikacija <1% glukočnih enot
    - organske kisline (ocetna), fosfati
    - stabilni/viskozni geli med zmrzovanjem
    - dobri emulgatorji
  - *zamreženi*
    - molek. reakcija na izbranih –OH skupinah
    - geli odporni na nizek pH, daljšo TO, strig (sterilizirane jedi)

40

## NAMEN UPORABE MODIFICIRANIH ŠKROBOV

- dobra sposobnost zgoščevanja
- obstojnost pri visokih T
- obstojnost med zmrzovanjem/tajanjem
- obstojnost na učinek kislin
- preprečevanje retrogradacije, sinereze
- topnost (tudi) v mrzli vodi

**sredstva za ločevanje škrobnih zmc** (preprečevanje oblikovanja kepic/grudic)

- maščoba
- hladna voda
- sladkor

41

## Polisaharidi celičnih sten (učinek toplotne obdelave)

- **celuloza** –ostane netopna, samo nabrekne
- **hemiceluloza**
  - ostane netopna
  - konverzija v sladkorje (kisline)
- **protopektini**
  - preidejo v pektin
  - zmehčanje parenhimskega tkiva
  - Ca-pektat (otrditev)

42

## NEENCIMSKA PORJAVENJA

(Maillardova reakcija –po Luis-Camille Maillard-u, 1878-1936)

- suha TO→sprememba barve in arome
- aminokisliline + sladkorji →kondenzacijski produkti→  
→interakcijski produkti

**Potek reakcije:**

- **začetek** karbonil-aminske reakcije
  - Amadorijeva preureditev (1-deoksi-1-alkilaminofruktoza)
  - Heynova preureditev (2-amino-2-deoksi-1-aldolaza)
- **karbonili, amini**

43

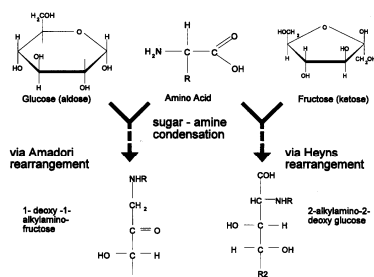


Figure 4.2 Initial Maillard browning reactions.

44

## NEENCIMSKA PORJAVENJA

**Potek reakcije:**

**2. Vmesne reakcije** (barva, aroma)

**a)karbonil-aminska kondenzacija**

- različni proteini, proste AK in sladkorj →specifične lastnosti obdelanih živil (pečen kruh, krompir...)
- (substituirane kisline, karbonili, ciklopenteni, furani, imidizoli, oksazoli, pirazini, pirol, tiazoli...)

**b)Amadorijeva preureditev** -v kislih razmerah

- (furfurali, amini, karbonili-pirivaldehid, piruvična kislina, diacetil...)

**c) Streckerjeva razgradnja** – aldehidni derivati

heterociklične aromatske komponente (oksazoli, qiunoksalini, pirazini...)

45

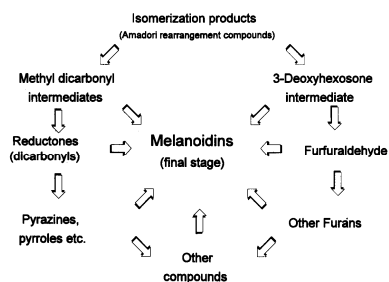


Figure 4.3 Intermediate stage of non-enzymatic browning.

46

## NEENCIMSKA PORJAVENJA

potek reakcije:

### 3. Končne reakcije

- neželeni produkti melanoidini
- pretemna barva, zažgana aroma
- karcinogene snovi

### POTREBNA KONTROLA Maillardovih r.!!!

- senzorična kakovost (barva, aroma)
- zmanjšanje bolj reaktivnih sladkorjev
- znižanje  $a_w$
- zmanjšanje prostih AK, lizina
- zdravstvena varnost (heterociklične aromatske komponente, akrilamid)

47

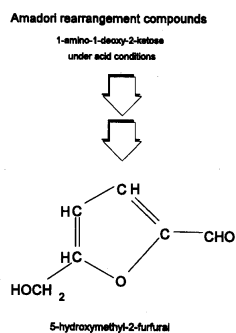


Figure 4.4 Formation of 5-hydroxymethyl-2-furfural.

48



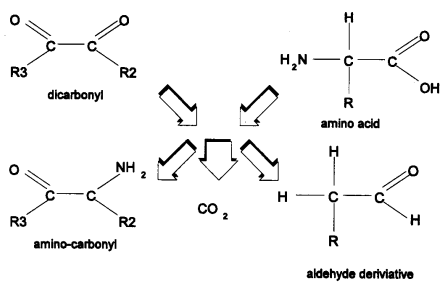


Figure 4.7 Strecker degradation of an amino acid.

49

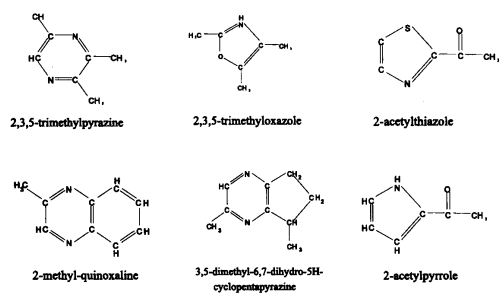


Figure 4.8 Heterocyclic compounds formed via amino-carbonyl condensation.

50

## TOPLLOTNA OBDELAVA KROMPIRJA

spremembe med toplotno obdelavo:

- zaklejšitev škroba (60-70°C)
- razgradnja pektinov (mehčanje)
- koagulacija beljakovin
- povečana prebavljivost vlaknin (celuloza, hemiceluloza)
- karamelizacija sladkorjev

hitrost mehčanja določajo:

- starost krompirja
- vsebnost kalcija
- dodatek soli
- metoda toplotne obdelave

51

### **diskoloracije:**

- encimsko potemnenje (fenolne komponente + encimi)
- potemnenje kuhanega krompirja (več tirozina) – potemnitev zgine pri pH=3
- neencimsko porjavenje – suha TO (karamelizacija, Maillardova r.)

### **skladiščenje:**

- normalno skladišče T=10-21°C
  - CA (3 % O<sub>2</sub>, 10% CO<sub>2</sub>, T=8°C
- dolgo skladiščenje, T<10°C → povečan sladkor (sladek okus)
  - prehitra karamelizacija sladkorjev med suho TO
  - test s pikrinsko k. (1ml PK + 1ml 20 % Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> + segrevanje)

52

## **TOPLLOTNA OBDELAVA SUHIH STROČNIC (FIŽOL, SOJA, LEČA, GRAH)**

**metoda:** kuhanje v vodi (normalni tlak, nadtlak)

### **čas kuhanja odvisen od:**

#### **trdote vode**

- Ca-, Mg-kloridi, hidrogen karbonati, sulfati →daljša TO
- Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, NaHCO<sub>3</sub> →krajša TO
- mehka voda →krajša TO

#### **poškodbe zrn →krajša TO**

#### **namakanje**

- absorpcija vode (mikropil) →podvojitev teže, krajša TO
- topla voda – skraščanje namakanja za 50%
- dodatek NaHCO<sub>3</sub> →skrajšanje namakanja in TO
- svetlejša barva, blaga aroma

53

### **Kuhanje v vodi (navodila)**

- zaklepitev škroba, denaturacija beljakovin, izluževanje polifenolov, mehčanje, pridobitev teže (2 do 2,5 x)
- izguba suhe snovi okrog 10 %
- soljenje upočasni kuhanje (dodatek NaCl ob koncu TO)
- dodatek kislin (paradižnikova mezga) podaljša TO
- dodatek NaHCO<sub>3</sub> skrajša TO
- pokrita posoda, nadtlak →krajša TO

54