



UNIVERZITET U NOVOM SADU  
POLJOPRIVREDNI FAKULTET

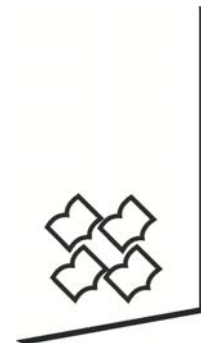


# SUŠENJE I DORADA VOĆA I GROŽĐA

# PRAKTIKUM

Ivan Pavkov  
Milivoj Radojčin  
Zoran Stamenković





# SUŠENJE I DORADA VOĆA I GROŽĐA P R A K T I K U M

Dr Ivan Pavkov

Dr Milivoj Radojčin

Zoran Stamenković, Msc



UNIVERZITET U NOVOM SADU  
POLJOPRIVREDNI FAKULTET

---

**Novi Sad, 2017.**

# EDICIJA „POMOĆNI UDŽBENIK“

## Osnivač i izdavač Edicije:

*Poljoprivredni fakultet, Univerziteta u Novom Sadu*

*Trg Dositeja Obradovića 8, 21000 Novi Sad*

## Godina osnivanja:

1954

## Glavni odgovorni urednik edicije:

*Dr Nedeljko Tica, redovni profesor*

*Dekan Poljoprivrednog fakulteta Univerziteta u Novom Sadu*

## Članovi komisije za izdavačku delatnost:

*Dr Ljiljana Nešić, vanredni profesor – predsednik*

*Dr Branislav Vlahović, redovni profesor – član*

*Dr Milica Rajić, redovni profesor – član*

*Dr Nada Plavša, vanredni profesor – član*

Udžbenik je odobren odlukom Nastavno–naučnog veća Poljoprivrednog fakulteta Univerziteta u Novom Sadu od 22.05.2017. Sva prava zadržava izdavač.

ISBN 978 – 86- 7520 – 406 - 0

CIP - Каталогизација у публикацији  
Библиотека Матице српске, Нови Сад

664.854(075.8)

### **ПАВКОВ, Иван**

Sušenje i dorada voća i grožđa : praktikum / Ivan Pavkov, Milivoj Radojčin, Zoran Stamenković. - Novi Sad : Poljoprivredni fakultet, 2017 (Petrovaradin : Futura). - 86 str. : ilustr. ; 30 cm. - (Edicija Pomoćni udžbenik)

Tiraž 20. - Bibliografija.

ISBN 978-86-7520-406-0

1. Радјочин, Миливој 2. Стаменковић, Зоран  
а) Воће - Дорада б) Воће - Сушење  
COBISS.SR-ID 315958535

## **Autori:**

Dr Ivan Pavkov, docent, Poljoprivredni fakultet Univerzitet u Novom Sadu

Dr Milivoj Radojčin, docent, Poljoprivredni fakultet Univerzitet u Novom Sadu

Zoran Stamenković, MSc, istraživač saradnik, Poljoprivredni fakultet Univerzitet u Novom Sadu

## **Glavni odgovorni urednik:**

Dr Nedeljko Tica, redovni profesor

Dekan Poljoprivrednog fakulteta Univerziteta u Novom Sadu

## **Urednik:**

Dr Milan Tomić, vanredni profesor

direktor Departmana za poljoprivrednu tehniku,

Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu

## **Tehnički urednik:**

Dr Ivan Pavkov, docent, Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu

## **Izrada crteža i unos teksta:**

Autori

## **Recenzenti:**

Dr Nenad Magazin, vanredni profesor

Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Novom Sadu

Dr Aleksandra Tepić Horecki, vanredni profesor

Tehnološki fakultet, Univerzitet u Novom Sadu

## **Izdavač:**

Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad

**Zabranjeno preštampavanje i fotokopiranje. Sva prava zadržava izdavač.**

## **Štampanje odobrio:**

Komisija za izdavačku delatnost, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad

## **Tiraž:**

20

## **Mesto i godina štampanja:**

Novi Sad, 2017.

## P R E D G O V O R

Osnovna namena praktikuma je da pomogne studentima u razumevanju teorijskog dela iz predmeta *Sušenje i dorada voća i grožđa*. Predmet se sluša na četvrtoj godini osnovnih studija, studijskog programa Voćarstvo i vinogradarstvo na Poljoprivrednom fakultetu u Novom Sadu kao izborni.

Praktikum se sastoji iz dve celine. Prvi deo čine praktične vežbe koje se obavljaju u laboratoriji. Cilj je da se studenti upoznaju sa metodama merenja pojedinih veličina i uređajima - instrumentima koji se koriste za njihovo merenje, a sastavni su deo pojedinih tehnologija sušenja i dorade voća i grožđa. Izmerene veličine upisuju se u predviđene tabele, obrađuju se izmereni podaci, izračunavaju tražene vrednosti, crtaju odgovarajući dijagrami. Program laboratorijskih vežbi prilagođen je mogućnostima Laboratorije za biosistemsko inženjerstvo, Poljoprivrednog fakulteta u Novom Sadu.

Drugi deo čine zadaci. Za svaku oblast koja se teorijski obrađuje pripremljeno je nekoliko zadataka. U zadacima se izračunavaju materijalni bilansi pojedinih tehnologija sušenja i dorade voća. Veličine koje su merene u praktičnom delu vežbi koriste se u zadacima. Na taj način su objedinjeni podaci dobijeni laboratorijskim merenjem sa računskim primerima iz prakse.

Prilikom formiranja laboratorijskih vežbi i računskih zadataka korišćena su sopstvena merenja i iskustva, ali isto tako upotrebljena je literatura data u prilogu. Autori su se trudili da laboratorijske vežbe i zadaci budu bliski realnim situacijama u praksi.

**SADRŽAJ:**

LISTA SIMBOLA

<b>DEO I: LABORATORIJSKE VEŽBE</b> .....	1-28
1. MERENJE OSNOVNIH FIZIČKIH OSOBINA .....	1
1.1. Osnovne dimenzije ploda voća.....	1
1.2. Sferičnost ploda voća .....	3
1.3. Zapremina ploda voća .....	4
1.4. Gustina ploda voća.....	5
1.5. Nasipna gustina biomaterijala.....	6
2. ODREĐIVANJE MEHANIČKOG SASTAVA SVEŽEG VOĆA – RANDMAN .....	7
3. MERENJE VLAŽNOSTI.....	9
3.1. Termogravimetrijska metoda merenja vlažnosti .....	9
3.2. Automatski termogravimetrijski uređaj za merenje vlažnosti .....	11
4. MERENJE AKTIVNOSTI VODE .....	13
5. MERENJE GUSTINE TEČNOSTI.....	15
6. MERENJE KONCENTRACIJE U VODI RASTVORLJIVE SUPSTANCE.....	18
7. KINETIKA KONVEKTIVNOG SUŠENJA VOĆA .....	20
8. KOMBINOVANO SUŠENJE VOĆA .....	24
<b>DEO II: REŠENI RAČUNSKI ZADACI</b> .....	29-66
9. GUSTINA TEČNOSTI.....	31
10. BINARNI SISTEMI .....	37
11. MASENI BILANS SUŠENJA I DORADE VOĆA I GROŽĐA .....	46
12. LITERATURA .....	67
13. PRILOZI.....	69

## LISTA SIMBOLA

A	[m <sup>2</sup> ; ha]	- Površina;
a	[mm]	- Dužina (najveća izmerena dimenzija);
a <sub>w</sub>	[-]	- Aktivnost vode;
b	[mm]	- Širina (najveća dimenzija normalna na pravac merenja dužine);
C	[%; Bx°]	- Koncentracija komponente u binarnom sistemu;
c	[kg/kg; m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	- Udeo komponente u binarnom sistemu (maseni ili zapreminski);
c	[mm]	- Debljina (najveća dimenzija normalna na pravac dužine i širine);
d <sub>e</sub>	[-]	- Ekvivalentni prečnik;
M	[kg]	- Masa;
m	[kg]	- Masa;
O	[%]	- Udeo nekorisnog dela ploda – otpad;
p	[Pa; bar]	- Pritisak;
R	[%]	- Randman - udeo korisnog dela ploda za preradu;
SG	[%]	- Povećanje suve materije;
t	[°C]	- Temperatura;
U	[kg/h; kg/dan]	- Učinak preradnog sistema;
V	[m <sup>3</sup> ]	- Zapremina;
W	[kg]	- Masa vlage;
x	[kg]	- Apsolutna vlažnost vazduha.

**Indeksi:**

0	- Početna vrednost;
1, 2, 3,	- Promena vrednosti posmatrane veličine;
d	- Dan (Dnevni);
h	- Časovi;
k	- Kutija;
m	- Materijal;
n	- Nasipna;
q	- Specifična.
r	- Rastvor;
s	- Smeša dve ili više komponenti
sm	- Suva materija;
st	- Suvi termometar;
t	- Tečnost;



u	- Ukupno;
v	- Zapreminski udeo;
vt	- Vlažni termometar;
w	- Voda, vlaga.

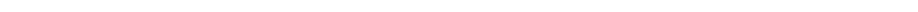
**Grčki simboli:**

$\sigma$	[-]	- Sferičnost;
$\omega$	[kg/kg, %]	- Vlažnost u odnosu na vlažnu bazu;
$\omega^s$	[kg/kg <sub>sm</sub> , % <sub>sm</sub> ]	- Vlažnost u odnosu na suhu bazu;
$\rho$	[kg/m <sup>3</sup> ]	- Gustina;
$\tau$	[h]	- Vreme.





# I DEO: LABORATORIJSKE VEŽBE





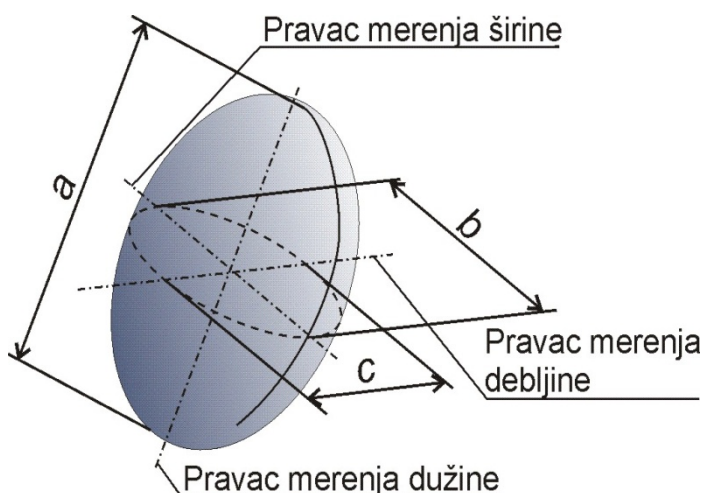
## 1. MERENJE OSNOVNIH FIZIČKIH OSOBINA

Sušenje i dorada voća i grožđa podrazumeva primenu različitih tehnoloških procesa. Inženjerski pristup u projektovanju i upravljanju tehnološkim procesima zahteva poznavanje osnovnih fizičkih osobina sirovine koja se prerađuje. Cilj prve vežbe je upoznavanje studenata sa metodama merenja i izračunavanja: osnovnih dimenzija voća, definisanje njihovog oblika, gustine i nasipne gustine.

### 1.1. Osnovne dimenzije ploda voća

Osnovne dimenzije biomaterijala, a samim tim i voća, definišu se pomoću tri karakteristične veličine na sledeći način (slika 1.1.):

- a – dužina [mm] (najveća izmerena dimenzija);
- b – širina [mm] (najveća dimenzija normalna na pravac merenja dužine);
- c – debljina [mm] (najveća dimenzija normalna na pravac merenja dužine i širine).



Slika 1.1. Merenje karakterističnih dimenzija biomaterijala (voća)

**Zadatak 1.1.** Izmeriti tri karakteristične dimenzije izabranog svežeg voća uz pomoć pomičnog merila. Nakon toga izračunati srednju vrednost merene veličine:

$$\bar{a} = \sum_{i=1}^n \frac{a_i}{n} [mm]; \bar{b} = \sum_{i=1}^n \frac{b_i}{n} [mm]; \bar{c} = \sum_{i=1}^n \frac{c_i}{n} [mm]$$

1. Voćna vrsta: \_\_\_\_\_

Broj merenja n [-]	Dužina a [mm]	Širina b [mm]	Debljina c [mm]
1.			
2.			
3.			
Srednja vrednost ( $\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}$ )			

2. Voćna vrsta: \_\_\_\_\_

Broj merenja n [-]	Dužina a [mm]	Širina b [mm]	Debljina c [mm]
1.			
2.			
3.			
Srednja vrednost ( $\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}$ )			

3. Voćna vrsta: \_\_\_\_\_

Broj merenja n [-]	Dužina a [mm]	Širina b [mm]	Debljina c [mm]
1.			
2.			
3.			
Srednja vrednost ( $\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}$ )			

## 1.2. Sferičnost ploda voća

Oblik se može deskriptivno (opisno) izraziti na različite načine. U tehnici se traži kvantitativno izražavanje neke osobine. Zbog toga su uvedeni pojmovi zaobljenosti i sferičnosti ( $\sigma$ ). Vrednost sferičnosti lopte  $\sigma = 1$ , što je telo udaljenije od oblika lopte vrednost sferičnosti se približava nuli  $\sigma = 0$ . Sferičnost proizvoda se izračunava na osnovu izraza (1.1) i (1.2):

$$\sigma = \frac{d_e}{a} \quad (1.1)$$

$$d_e = \sqrt[3]{a \cdot b \cdot c} \quad (1.2)$$

gde je:  $\sigma$  - sferičnost [-];  $d_e$  – ekvivalentni prečnik [mm];  $a$  – dužina [mm],  $b$  – širina [mm],  $c$  – debljina [mm].

**Zadatak 1.2.** Izračunati sferičnost plodova voća koristeći podatke izmerene u zadatku 1.1.

1. Voćna vrsta: \_\_\_\_\_

$$d_e = \sqrt[3]{abc} =$$

$$\sigma = \frac{d_e}{a} =$$

2. Voćna vrsta: \_\_\_\_\_

$$d_e = \sqrt[3]{abc} =$$

$$\sigma = \frac{d_e}{a} =$$

3. Voćna vrsta: \_\_\_\_\_

$$d_e = \sqrt[3]{abc} =$$

$$\sigma = \frac{d_e}{a} =$$

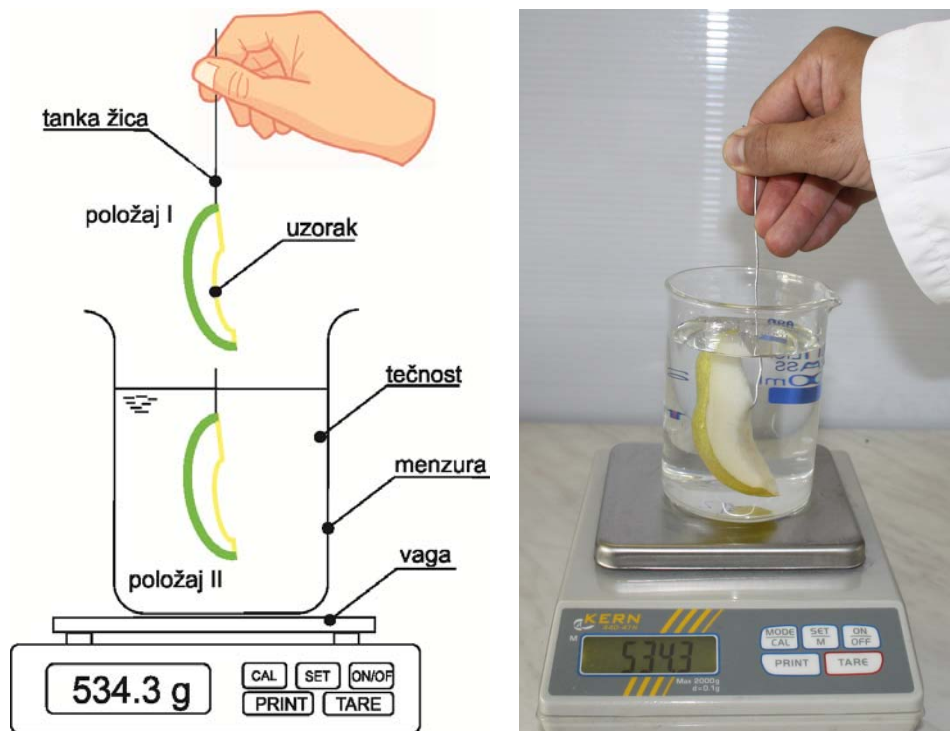
### 1.3. Zapremina ploda voća

Često se ukazuje potreba poznavanja zapremine poljoprivrednih proizvoda. Zbog raznolikosti oblika i veličina poljoprivrednih materijala metode određivanja zapremine su različite. Najjednostavniji metod određivanja zapremine većih plodova i proizvoda prikazan je na slici 1.2. Tečnost se sipa do određenog nivoa vodeći računa o tome da, kada se zaroni uzorak, ne dođe do preliivanja tečnosti iz posude. Posuda sa tečnošću se postavi na vagu i odmeri se masa  $M_I$ . U tom momentu uzorak je u položaju - I. Nakon toga se uzorak spusti da u potpunosti bude potopljen, ali da ne dodiruje dno ili bočne strane posude, te se odmeri masa  $M_{II}$ , što odgovara položaju uzorka - II.

Na bazi ta dva merenja izračunava se zapremina po jednačini 1.3. (koja sledi iz *Arhimed*-ovog zakona):

$$V_m = \frac{M_{II} - M_I}{\rho_t} \quad (1.3)$$

gde je:  $M_I$  – masa posude sa tečnošću [kg];  $M_{II}$  – masa posude sa uronjenim plodom [kg];  $V_m$  - zapremina ploda [ $m^3$ ];  $\rho_t$  - gustina tečnosti [ $kg/m^3$ ].



Slika 1.2. Određivanje zapremine ploda voća



**Zadatak 1.3.** Izmeriti zapreminu ploda izabrane voćne vrste ( $V_m$ , [m<sup>3</sup>]) pomoću vage, graduirane staklene menzure i tečnosti poznate gustine.

1. Voćna vrsta: \_\_\_\_\_

$$V_m = \frac{M_{II} - M_I}{\rho_t} =$$

2. Voćna vrsta: \_\_\_\_\_

$$V_m = \frac{M_{II} - M_I}{\rho_t} =$$

#### 1.4. Gustina ploda voća

Vrednost gustine (sopstvena gustina biomaterijala) je definisana za materijal u celini po opštem izrazu iz fizike, kao odnos mase uzorka (objekta) i njegove zapremine. Izračunava se na osnovu izraza (1.4):

$$\rho = \frac{m}{V_m} \quad (1.4)$$

gde je:  $\rho$  – gustina [kg/m<sup>3</sup>];  $m$  - masa uzorka [kg];  $V_m$  - neto zapremina mase uzorka [m<sup>3</sup>].

**Zadatak 1.4.** Izmeriti gustinu plodova voća ( $\rho$ , [kg/m<sup>3</sup>]). Pomoću analitičke vage izmeriti masu plodova korištenih u zadatku 1.3 i njihove izračunate vrednosti zapremine ( $V_m$ ).

1. Voćna vrsta: \_\_\_\_\_

$$\rho = \frac{m}{V_m} =$$

2. Voćna vrsta: \_\_\_\_\_

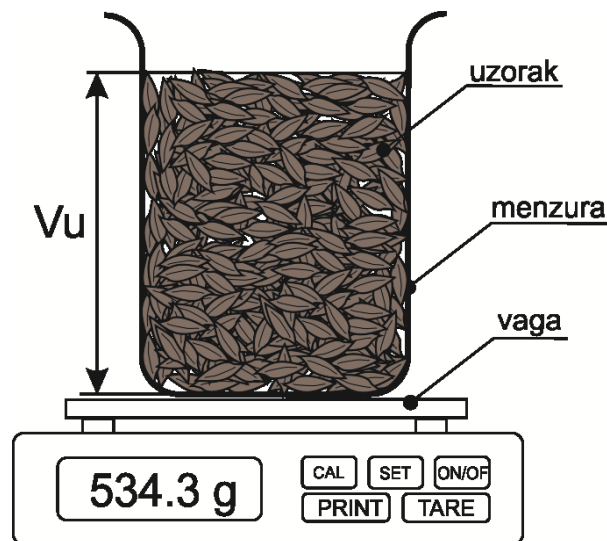
$$\rho = \frac{m}{V_m} =$$

### 1.5. Nasipna gustina biomaterijala

Nasipna gustina (nasipna masa) je, takođe, fizičko svojstvo nasutog materijala. Ona predstavlja odnos mase ( $m$ ) i ukupne zapremine nasutog materijala ( $V_u$ ). Za merenje se koristi analitička vaga i staklena gradušana menzura. Nasipna gustina se izračunava pomoću izraza:

$$\rho_n = \frac{m}{V_u} \quad (1.5)$$

gde je:  $\rho_n$  – nasipna gustina [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ];  $m$  - masa uzorka [ $\text{kg}$ ] i  $V_u$  - ukupna zapremina mase uzorka [ $\text{m}^3$ ].



Slika 1.3. Određivanje nasipne gustine biomaterijala

**Zadatak 1.5.** Odrediti nasipnu gustinu biomaterijala ( $\rho_n$ , [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]) koristeći analitičku vagu i staklenu menzuru.

1. Biomaterijal: \_\_\_\_\_

$$\rho_n = \frac{m}{V_u} =$$

2. Biomaterijal: \_\_\_\_\_

$$\rho_n = \frac{m}{V_u} =$$

## 2. ODREĐIVANJE MEHANIČKOG SASTAVA SVEŽEG VOĆA - RANDMAN

Poznavanje mehaničkog sastava svežeg voća predstavlja osnovni uslov za ekonomski isplativo sušenje voća i ostale vidove njegove prerade. Mehanički sastav predstavlja težinski odnos pojedinih delova, (ljuska, koštica, meso, peteljke, neupotrebljivi ili oštećeni deo ploda). Pod otpadom se podrazumeva sve ono što se u određenom tehnološkom procesu u tom trenutku ne koristi. Odnos upotrebljene mase i ukupne mase materijala izražava se u procentima (%) i predstavlja randman (jednačina 2.1). Kako bi ekonomska opravdanost neke proizvodnje i prerade bila što bolja, teži se prema što većem randmanu. Važno je odabrati dobar sortiment za preradu, kako bi u celokupnom procesu prerade otpada bilo što manje.

Postupak rada je sledeći, izmeri se na analitičkoj vagi masa celog ploda. Pomoćnim priborom (nož, skalpel, izbijač semene kućice) voće se reže na željene oblike za sušenje i odstranjuju se svi delovi koji se ne koriste za predviđenu preradu. Zatim se izmere mase korisnih delova i masa otpada. Potreban pribor prikazan je na slici 2.1.



Slika 2.1. Pomoćni pribor za određivanje mehaničkog sastava  
a) -analitička vaga , b) - sečivo za skidanje ljuske,  
c) - izbijač semene kućice i pomoćni noževi

Randman (R) i udeo otpada (O) izračunava se preko sledećih jednačina (2.1) i (2.2):

$$R = \frac{m_1}{m_o} \cdot 100 \quad (2.1)$$

$$O = \frac{m_2}{m_o} \cdot 100 \quad (2.2)$$

gde je: R – udeo korisnog dela ploda za preradu – randman [%]; O – udeo nekorisnog dela ploda – otpad [%];  $m_o$ – masa svežeg ploda [g];  $m_1$ – masa korisnog dela ploda [g];  $m_2$ – masa nekorisnog dela ploda [g].

**Zadatak 2.1.** Izračunati iskoristivost sirovine za preradu sušenjem. Izračunati udeo otpada u sirovini i korisnog dela – randman.

1. Voćna vrsta: \_\_\_\_\_, Rezani oblik za sušenje: \_\_\_\_\_

Plod	Masa celog ploda $m_o$ [g]	Masa korisnog dela $m_1$ [g]	Masa otpada $m_2$ [g]	Udeo otpada O [%]	Randman R [%]
1.					
2.					
3.					
Srednja vrednost:					

2. Voćna vrsta: \_\_\_\_\_, Rezani oblik za sušenje: \_\_\_\_\_

Plod	Masa celog ploda $m_o$ [g]	Masa korisnog dela $m_1$ [g]	Masa otpada $m_2$ [g]	Udeo otpada O [%]	Randman R [%]
1.					
2.					
3.					
Srednja vrednost:					

3. Voćna vrsta: \_\_\_\_\_, Rezani oblik za sušenje: \_\_\_\_\_

Plod	Masa celog ploda $m_o$ [g]	Masa korisnog dela $m_1$ [g]	Masa otpada $m_2$ [g]	Udeo otpada O [%]	Randman R [%]
1.					
2.					
3.					
Srednja vrednost:					

### 3. MERENJE VLAŽNOSTI

Poznavanje vrednosti vlažnosti voća i grožđa je osnova za projektovanje i upravljanje tehnološkim procesima sušenja i dorade. Vlažnost poljoprivrednih proizvoda definiše se kao odnos mase vlage ( $W$ ) i ukupne mase proizvoda ( $m$ ). Računa se pomoću izraza:

$$\omega = \frac{W}{m} \quad (3.1)$$

$$\omega = \frac{W}{m} \cdot 100 \quad (3.2)$$

gde je:  $\omega$  - vlažnost - sadržaj vlage [kg/kg ili %];  $W$  – masa vlage u proizvodu [kg];  
 $m$  – ukupna masa proizvoda [kg]

Ukupna masa proizvoda ( $m$ , [kg]) jednaka je zbiru mase vlage ( $W$ , [kg]) koja se nalazi u njemu i suve materije ( $m_{sm}$ , [kg]) pa je:

$$m = W + m_{sm} \quad (3.3)$$

Ovako izračunata vlažnost proizvoda u odnosu na ukupnu masu naziva se vlažnost izražena u odnosu na vlažnu osnovu.

#### 3.1 Termogravimetrijska metoda merenja vlažnosti

Najrasprostranjenija metoda određivanja vlažnosti biomaterijala je termogravimetrijska metoda. Za termogravimetrijsku metodu potrebna je : analitička vaga preciznosti  $\pm 0,001$  g; metalne posudice sa poklopcem od nerđajućeg čelika; sušnica sa ventilatorom i termostatom za regulisanje temperature vazduha; eksikator (stakleno zvono) sa silikagelom. Potreban pribor je prikazan na slici 3.1.



a)



b)



c)



d)

Slika 3.1. Oprema za termogravimetrijsku metodu

a) - analitička vaga, b) - metalne posudice sa poklopcem, c) - sušnica, d) - eksikator

Postupak rada je sledeći, u čistu i osušenu metalnu posudicu sa poklopcem poznate mase, odmeri se 3 - 5 g pripremljenog uzorka (usitnjen uzorak). Posuda sa uzorkom, bez poklopca, se stavlja u sušnicu i suši jedan sat na temperaturi vazduha od 105°C, nakon čega se hladi jedan sat u eksikatoru, a zatim se meri masa posude sa poklopcem. Postupak se ponavlja svaki sledeći sat sve dok masa između dva uzastopna merenja ne bude jednaka. Razlika masa posude sa uzorkom pre i nakon sušenja, predstavlja masu isparene vlage ( $W$ , [g]). Razlika masa posude sa osušenim uzorkom i mase same posude bez uzorka predstavlja masu suve materije uzorka ( $m_{sm}$ , [g]). Kada se izmere i prikupe svi potrebni podaci izračuna se vlažnost materijala pomoću prikazane jednačine.

$$\omega = \frac{(m_0 - m_1)}{m_0} \cdot 100 \quad (3.4)$$

gde je:  $\omega$  - vlažnost [%],  $m_0$  – masa uzorka biomaterijala pre sušenja [g],  $m_1$  – masa uzorka biomaterijala posle sušenja [g].

**Zadatak 3.1.** Izmeriti vlažnost voća izraženo u odnosu na vlažnu osnovu termogravimetrijskom metodom pomoću sušnice, analitičke vage, metalnih posudica i eksikatora.

1. Voćna vrsta: \_\_\_\_\_, Temperatura sušenja: \_\_\_\_\_, Vreme sušenja: \_\_\_\_\_

Broj merenja n [-]	Masa uzorka sa posudom pre sušenja [g]	Masa uzorka sa posudom posle sušenja [g]	Masa posude [g]
1.			
2.			
3.			

Broj merenja n [-]	Masa uzorka pre sušenja $m_0$ [g]	Masa uzorka posle sušenja $m_1$ [g]	Vlažnost $\omega$ [%]
1.			
2.			
3.			
Srednja vrednost:			

2. Voćna vrsta: \_\_\_\_\_, Temperatura sušenja: \_\_\_\_\_, Vreme sušenja: \_\_\_\_\_

Broj merenja n [-]	Masa uzorka sa posudom pre sušenja [g]	Masa uzorka sa posudom posle sušenja [g]	Masa posude [g]
1.			
2.			
3.			

Broj merenja n [-]	Masa uzorka pre sušenja $m_0$ [g]	Masa uzorka posle sušenja $m_1$ [g]	Vlažnost $\omega$ [%]
1.			
2.			
3.			
Srednja vrednost:			

### 3.2. Automatski termogravimetrijski uređaj za merenje vlažnosti

Pored referentnih (standardnih) metoda za merenje vlažnosti koje se baziraju na termogravimetriji razvijeni su automatski uređaji koji rade na istom principu. Ovi uređaji su razvijeni zbog potrebe da se skрати vreme merenja vlažnosti metodom sušenja (hlađenje uzorka, merenje mase, dosušivanje, ponovno hlađenje, ponovno merenje mase, izračunavanje itd.). Naziv ovog uređaja je infracrveno merilo vlažnosti ili skraćeno IR (Infra Red) merila vlažnosti. Princip rada se sastoji iz postavljanja pripremljenog uzorka zrna (iseckanog, samlevenog) u aluminijumsku posudicu, a zatim postavljanje u komoru uređaja. U komori se nalazi analitička vaga i grejno telo koje oslobađa toplotnu energiju u obliku infracrvenog zračenja. Merni sistem uređaja kontinualno prati proces sušenja merenjem mase uzorka svakih 90 ms. Kada se postigne zadati kriterijum isključivanja - konstantna masa uzorka, merenje je završeno. Procesor automatski izračunava razliku između početne mase uzorka i mase uzorka na kraju sušenja i na displeju pokazuje vrednost izmerene vlažnosti.

Merenje vlažnosti zrna IR merilima je dosta precizno međutim ova vrsta merila nema saglasnost za korišćenje (tipsko odobrenje) od Direkcije za mere i dragocene metale pa se ne može koristiti za službena merenja vlažnosti. Na slici 3.2. prikazano je IR merilo vlažnosti.



Slika 3.2. Infracrveno merilo vlažnosti biomaterijala

**Zadatak 3.2.** Izmeriti vlažnost svežeg voća izraženo u odnosu na vlažnu osnovu termogravimetrijskom metodom pomoću infracrvenog merila vlažnosti. Koristiti isto voće kao u zadatku 3.1. i uporediti rezultate merenja.

1. Voćna vrsta: \_\_\_\_\_, Temperatura sušenja: \_\_\_\_\_, Vreme sušenja: \_\_\_\_\_

Broj merenja n [-]	Masa uzorka pre sušenja $m_0$ [g]	Masa uzorka posle sušenja $m_1$ [g]	Vlažnost $\omega$ [%]
1.			
2.			
Srednja vrednost:			

2. Voćna vrsta: \_\_\_\_\_, Temperatura sušenja: \_\_\_\_\_, Vreme sušenja: \_\_\_\_\_

Broj merenja n [-]	Masa uzorka pre sušenja $m_0$ [g]	Masa uzorka posle sušenja $m_1$ [g]	Vlažnost $\omega$ [%]
1.			
2.			
Srednja vrednost:			



## 4. MERENJE AKTIVNOSTI VODE

Fizički smisao pojma aktivnost vode ( $a_w$ ) je izražavanje relativne količine slobodne vode u tkivu koja može poslužiti kao osnova za život različitim nepoželjnim mikroorganizmima. Vrednost aktivnosti vode su u rasponu od "1" za destilovanu vodu do "0" za potpuno suv proizvod. Mikroorganizmi opstaju pri različitim vrednostima  $a_w$ , ispod određene vrednosti njihova aktivnost prestaje. Za sušeno voće granica ispod kojih prestaje aktivnost mikroorganizama je  $a_w < 0,6$ . Vrednosti  $a_w$  zavise od vrste voćnog tkiva, hemijskog sastava, strukture, vlažnosti i temperature tkiva.

Aktivnost vode je definisana kao odnos parcijalnog pritiska vodene pare na površini biomaterijala ( $p_m$ ) i parcijalnog pritiska zasićene vodene pare nad slobodnom površinom vode ( $p_0$ ).

$$a_w = \frac{p_m}{p_0} \quad (4.1)$$

gde je:  $a_w$  – aktivnost vode [-];  $p_m$  – parcijalni pritisak vodene pare na površini materijala [mbar];  $p_0$  - parcijalni pritisak zasićene vodene pare nad slobodnom površinom vode iste temperature kao uzorak [mbar].

Brze, povoljne i pouzdane laboratorijsko - analitičke metode merenja  $a_w$  vrednosti su veoma tražene u prehrambenoj industriji i u istraživačkim laboratorijama za potvrdu kvaliteta i pri izboru uslova skladištenja namirnica. Ovo se posebno odnosi na namirnice u kojima je kontrola  $a_w$  vrednosti kritična pri određivanju mikrobiološke aktivnosti i bezbednosti u koje spada sušeno voće i prerađevine od voća. Instrumenti koji se koriste rade na različitim principima: merenje pritiska vodene pare, higrometar za određivanje tačke rosišta, sniženjem tačke mržnjenja, uređaji sa senzorima formirani od žice prevučene visoko higroskopnom solju itd. Na slici 4.1. prikazan je  $a_w$  – metar švajcarske firme Novasina AG koji radi na principu merenja pritiska vodene pare, a poseduje ga Laboratorija za biosistemsko inženjerstvo, Poljoprivrednog fakulteta u Novom Sadu.



Slika 4.1. Uređaj za merenje aktivnosti vode  $a_w$  – metar,  
LabSwift – aw, Novasina AG, Švajcarska

Princip merenja se zasniva na postavljanju usitnjenog uzorka za koji se želi izmeriti  $a_w$  vrednost u uređaj. Prethodno je potrebno je postići temperaturu materijala za koju se želi poznavati  $a_w$  vrednost, najčešće je to temperatura pri kojoj će proizvod biti uskladišten. Posle izvesnog vremena na displeju uređaja će biti prikazana izmerena vrednost aktivnosti vode i temperatura materijala. Uz poznavanje vlažnosti materijala, sve veličine bitne za skladištenje su određne.

**Zadatak 4.1.** Izmeriti aktivnost vode ( $a_w$  – vrednost) za sveže i sušeno voće pomoću elektronskog  $a_w$  – metra, LabSwift – aw.

1. Voćna vrsta u svežem stanju: \_\_\_\_\_

Broj merenja n [-]	Vlažnost voća $\omega$ [%]	Temperatura površine materijala t [°C]	Aktivnost vode $a_w$ [-]
1.			
2.			
Srednja vrednost:			

2. Voćna vrsta u suvom stanju: \_\_\_\_\_

Broj merenja n [-]	Vlažnost voća $\omega$ [%]	Temperatura površine materijala t [°C]	Aktivnost vode $a_w$ [-]
1.			
2.			
Srednja vrednost:			

## 5. MERENJE GUSTINE TEČNOSTI

U tehnologiji sušenja i dorade voća i grožđa koriste se različiti tečni fluidi. Poznavanje vrednosti gustine neophodno je radi izračunavanja pojedinih početnih veličina. Gustina tečnosti definiše se kao odnos mase tečnosti i zapremine koju je zauzela:

$$\rho_t = \frac{m}{V_t} \quad (5.1)$$

gde je:  $\rho_t$  - gustina tečnosti [ $\text{kg/m}^3$ ];  $m$  – masa tečnosti [ $\text{kg}$ ];  $V_t$  – zapremina tečnosti [ $\text{m}^3$ ].

Gustina tečnosti se može izmeriti zapreminskom metodom, pomoću etaloniranog higrometra (aerometar) i hidrostatičkom metodom. Najjednostavnije merenje je pomoću graduisane staklene menzure i analitičke vage (zadatak 5.1).

**Zadatak 5.1.** Pomoću staklene menzure i analitičke vage izmeriti gustinu datih tečnosti ( $\rho_t$ , [ $\text{kg/m}^3$ ]) kao i njihove temperature.

### **Merenje I:**

Tečnost I: \_\_\_\_\_

Temperatura tečnosti: \_\_\_\_\_

Masa tečnosti u menzuri: \_\_\_\_\_

Zapremina tečnosti u menzuri: \_\_\_\_\_

### **Gustina tečnosti I:**

$$\rho_t = \frac{m}{V_t} =$$

### **Merenje II:**

Tečnost II: \_\_\_\_\_

Temperatura tečnosti: \_\_\_\_\_

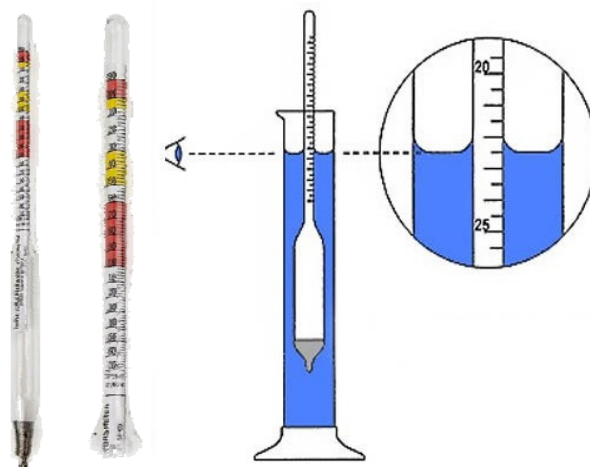
Masa tečnosti u menzuri: \_\_\_\_\_

Zapremina tečnosti u menzuri: \_\_\_\_\_

### **Gustina tečnosti II:**

$$\rho_t = \frac{m}{V_t} =$$

U proizvodnim uslovima često se za merenje gustine tečnosti koristi etalonirani hidrometri (aerometar). Proizvode se u različitim mernim opsezima gustina i preciznosti merenja, najčešće su etalonirani za merenje gustine pri temperaturi tečnosti od 20°C. Princip merenja se sastoji iz postavljanja hidrometra u tečnost, vrednost gustine se očitava na graduisanoj skali (slika 5.1). Oblast primene im je široka. Često se koriste za indirektno merenje koncentracije alkohola (alkoholna pića, voćni kljuk). U tom slučaju se koriste sa skalom prilagođenom za takvu vrstu merenja.



Slika 5.1. Merenje gustine tečnosti pomoću hidrometra (aerometra)

**Zadatak 5.2.** Izmeriti gustinu datih tečnosti ( $\rho$  [ $\text{kg/m}^3$ ]) pomoću hidrometra (aerometar). Upotrebiti iste tečnosti kao u zadatku 5.1.

**Merenje I:**

Tečnost I: \_\_\_\_\_

Temperatura tečnosti: \_\_\_\_\_

Izmerena gustina tečnosti I: \_\_\_\_\_

**Merenje II:**

Tečnost II: \_\_\_\_\_

Temperatura tečnosti: \_\_\_\_\_

Izmerena gustina tečnosti II: \_\_\_\_\_

Hidrostatička metoda merenja gustine se koristi za precizno merenje gustine tečnosti. Za merenje se koristi (slika 5.2): analitička vaga, teg poznate mase i zapremine. Princip merenja se sastoji iz merenja stvarne mase tega (u vazduhu) i njegove prividne mase (uronjen u tečnost).

Na bazi ta dva merenja i poznatih vrednosti izračunava se zapremina po sledećem obrascu:

$$\rho_t = \frac{M_I - M_{II}}{V} + \rho_{\text{vazduha}} \quad (5.2)$$

gde je:  $\rho_t$  - gustina tečnosti [ $\text{kg/m}^3$ ];  $M_I$  - stvarna masa tega (u vazduhu) [kg];  $M_{II}$  - prividna masa tega (potopljen u tečnost) [kg];  $V$  - zapremina tega [ $\text{m}^3$ ];  $\rho_{\text{vazduha}}$  - gustina vazduha [ $\approx 1,2 \text{ kg/m}^3$ ].



a)



b)

Slika 5.2. Merenje gustine tečnosti hidrostatičkom metodom

a) - teg poznate mase i zapremine, b) - postupak merenja

**Zadatak 5.3.** Izmeriti gustinu datih tečnosti ( $\rho_t$  [ $\text{kg/m}^3$ ]) hidrostatičkom metodom, pomoću analitičke vage i tega poznate mase ( $M_I$ ) zapremine ( $V$ ). Upotrebite iste tečnosti kao u zadatku 5.1 i 5.2.

**Merenje I:**

Tečnost I: \_\_\_\_\_

Temperatura tečnosti: \_\_\_\_\_

Masa tega: \_\_\_\_\_

Zapremina tega: \_\_\_\_\_

**Gustina tečnosti I:**

$$\rho_t = \frac{M_I - M_{II}}{V} + \rho_v =$$

**Merenje II:**

Tečnost II: \_\_\_\_\_

Temperatura tečnosti: \_\_\_\_\_

Masa tega: \_\_\_\_\_

Zapremina tega: \_\_\_\_\_

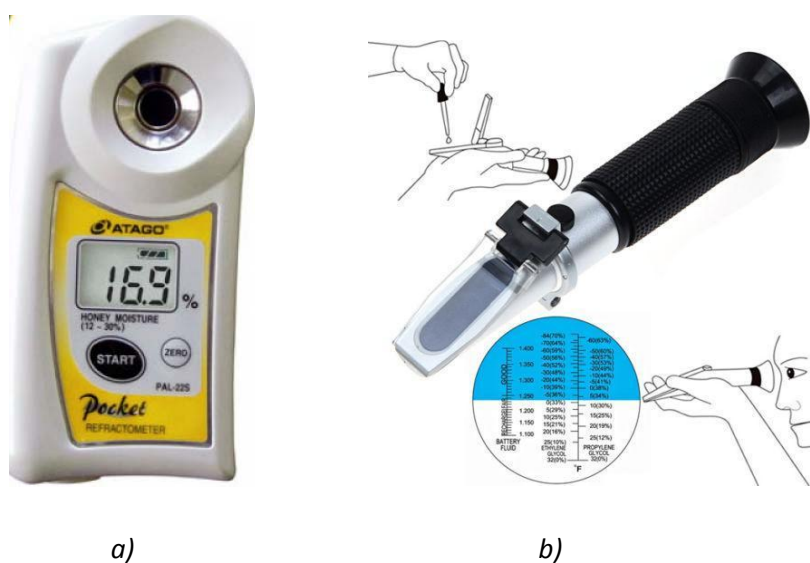
**Gustina tečnosti II:**

$$\rho_t = \frac{M_I - M_{II}}{V} + \rho_v =$$

## 6. MERENJE KONCENTRACIJE U VODI RASTVORLJIVE SUPSTANCE

Koncentracija u vodi rastvorljive supstance (suve materije) određuje se refraktometrijski. Refraktometrija je optička pojava koja se zasniva na prelamanju (promeni smera) koje trpi svetlosni zrak na granici dveju različitih sredina u kojima se svetlost rasprostire različitom brzinom. Rezultat merenja je indeks prelamanja. Refraktometar je instrument koji je pogodan za brzu analizu sirovina i pogonsku kontrolu sadržaja rastvorljive suve materije za vreme procesa proizvodnje. Kod voća najveći deo rastvorljive suve materije čine šećeri. Prednost ove metode je u brzini, jednostavnosti i upotrebi malih količina ispitivanog uzorka. Refraktometri mogu biti digitalni i optički. Za različite sastave rastvora koriste se različiti modeli refraktometara sa različitim opsezima merenja i preciznosti.

Metod merenja je jednostavan. Uzorak čistog rastvora bez čvrstih primesa nakapa se na prizmu instrumenta. Kod digitalnog refraktometra pritiskom na dugme "start" posle par sekundi na displeju očitava se vrednost izmerene koncentracije (Slika 6.1a). Kod optičkog se vrednost koncentracije očitava na podeonoj skali. Očitava se vrednost sa skale koja se poklapa sa linijom razgraničenja dva polja različite boje, najčešće plava i bela boja (Slika 6.1b). Etaloniranje refraktometra se obavlja pomoću destilovane vode, rezultat merenja je 0%.



Slika 6.1. Refraktometar  
a) digitalni, b) optički

**Zadatak 6.1.** Izmeriti rastvorljivu suhu materiju (koncentraciju,  $C_{sm}$ , [%]) u datim rastvorima saharoze pomoću optičkog refraktometra i izračunati koncentraciju vode ( $C_w$ , [%]).

**Merenje I:**

- Rastvorljiva suva materija - koncentracija saharoze: \_\_\_\_\_

- Koncentracija vode u rastvoru: \_\_\_\_\_

---

**Merenje II:**

- Rastvorljiva suva materija - koncentracija saharoze: \_\_\_\_\_

- Koncentracija vode u rastvoru: \_\_\_\_\_

**Zadatak 6.2.** Izmeriti rastvorljivu suhu materiju (koncentraciju,  $C_{sm}$ , [%]) u datim rastvorima saharoze pomoću digitalnog refraktometra i izračunati koncentraciju vode ( $C_w$ , [%]). Koristiti iste rastvore kao u zadatku 6.1.

**Merenje I:**

- Rastvorljiva suva materija - koncentracija saharoze: \_\_\_\_\_

- Koncentracija vode u rastvoru: \_\_\_\_\_

---

**Merenje II:**

- Rastvorljiva suva materija - koncentracija saharoze: \_\_\_\_\_

- Koncentracija vode u rastvoru: \_\_\_\_\_

## 7. KINETIKA KONVEKTIVNOG SUŠENJA VOĆA U TANKOM NEPOKRETNOM SLOJU

Sušenje voća zagrejanim vazduhom (konvektivno) je tehnika koja se najčešće koristi. Osnovne fizičke osobine voća (vlažnost, dimenzije, oblik) se menjaju tokom procesa sušenja. Praćenje ovih promena u vremenu u zavisnosti od parametara procesa sušenja naziva se kinetika. Podaci dobijeni praćenjem kinetike sušenja za određeni proizvod koriste se za projektovanje sušara, upravljanje procesima sušenja, analizu ponašanja materijala u sušari. Cilj vežbe je upoznavanje studenata sa metodom merenja kinetike sušenja voća. Uočavanjem karakterističnih promena na voću tokom sušenja: dinamika promene vlažnosti, promena temperature voća, promena oblika, vreme sušenja itd. Merenja se rade u laboratorijskim uslovima na laboratorijskom uređaju prikazanom na slici 7.1 i 7.2.

Uslovi merenja su sledeći:

1. Voćna vrsta : \_\_\_\_\_ u pripremljenom obliku: \_\_\_\_\_,
  - početna vlažnost voća:  $\omega_o =$  \_\_\_\_\_ [%],
  - prosečna dužina pripremljenog voća:  $a =$  \_\_\_\_\_ [mm],
  - prosečna širina pripremljenog voća:  $b =$  \_\_\_\_\_ [mm],
  - prosečna debljina pripremljenog voća:  $c =$  \_\_\_\_\_ [mm].
2. Stanje okolnog vazduha:
  - temperatura suvog termometra  $t_{st} =$  \_\_\_\_\_ [°C]
  - temperatura vlažnog termometra  $t_{vt} =$  \_\_\_\_\_ [°C]
  - apsolutna vlažnost  $x_o =$  \_\_\_\_\_ [kg/kg]
3. Stanje vazduha ispred sloja voća u sušari :
  - temperatura vazduha  $t_1 =$  \_\_\_\_\_ [°C]
4. Brzina vazduha ispred sloja voća:  $v_1 =$  \_\_\_\_\_ [m/s]

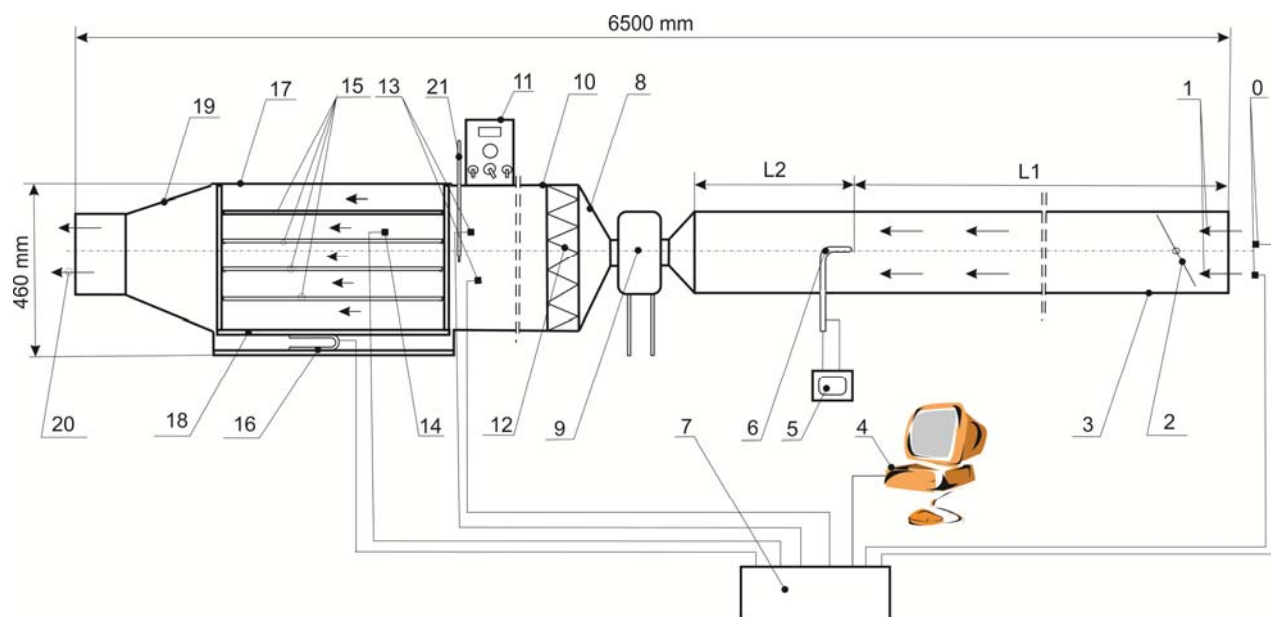


## Opis rada

Izabranu voćnu vrstu potrebno je izrezati na željeni oblik i obaviti zaštitu od promene boje - oksidacije. Podesiti parametre sušenja na tunelu za sušenje: temperaturu i brzinu vazduha za sušenje. Kada se postigne stacionaran rad laboratorijske sušare, tarira se senzor za merenje mase tako da meri masu materijala koji se suši. Na lese se postavlja materijal za sušenje u tankom sloju i unosi u sušaru. Startuje se merna akvizicija za sakupljanje merenih vrednosti.

## Način merenja

Na displeju računara očitavaju se parametri procesa sušenja neophodni za analizu kinetike i upisuju u tabelu 7.1. Očitavaju se sledeće vrednosti: masa materijala u toku sušenja ( $m_i$ , [kg]), temperatura okolnog vazduha, suvi ( $t_{st}$ , [°C]) i vlažni termometar ( $t_{vt}$ , [°C]), temperature vazduha za sušenje ( $t_1$ , [°C]) temperature materijala u toku sušenja ( $t_m$ , [°C]). Učestalost očitavanja merodavnih veličina je svakih 5 minuta.



Slika 7.1. Šema laboratorijske tunelske sušare „IVA-2“

(0 – termoparovi ( $t_{st}$ ,  $t_{vt}$ ), 1 – smer strujanja vazduha, 2 – klapna, 3 – plastična cev (usisni kanal), 4 – računar, 5 – diferencijalni mikromanometar, 6 – Prandtl cev, 7 – merna akvizicija, 8 – difuzor, 9 – ventilator, 10 – kanal grejača, 11 – upravljačka tabla, 12 – električni grejač sa deflektorom, 13 – termoparovi ( $t'_1$ ,  $t''_1$ ), 14 – termopar ( $t_m$ ), 15 – lese, 16 – senzor za merenje mase, 17 – radna komora sušare, 18 – nosač lesa, 19 – konfuzor, 20 – izlaz vazduha, 21 – kontrolni živin termometar, L1 i L2 – karakteristične dimenzije rastojanja vrha Pitot-cevi od početka i kraja usisnog kanala, ← - smer strujanja vazduha)

### Obrada rezultata merenja

Vlažnost voća u određenom i-tom vremenskom trenutku -  $\omega_i$  [%] i  $\omega_i^s$  [%<sub>sm</sub>] računa se na osnovu poznatih podataka o početnoj vlažnosti voća -  $\omega_o$  [%], poznatoj masi svežeg voća na početku procesa -  $m_o$  [kg] i očitanoj promeni mase voća u posmatranim vremenskim trenucima -  $m_i$  [kg], na osnovu izraza:

$$\omega_i = \frac{(m_o \cdot \frac{\omega_o}{100}) - (m_o - m_i)}{m_i} \cdot 100 \quad (7.1)$$

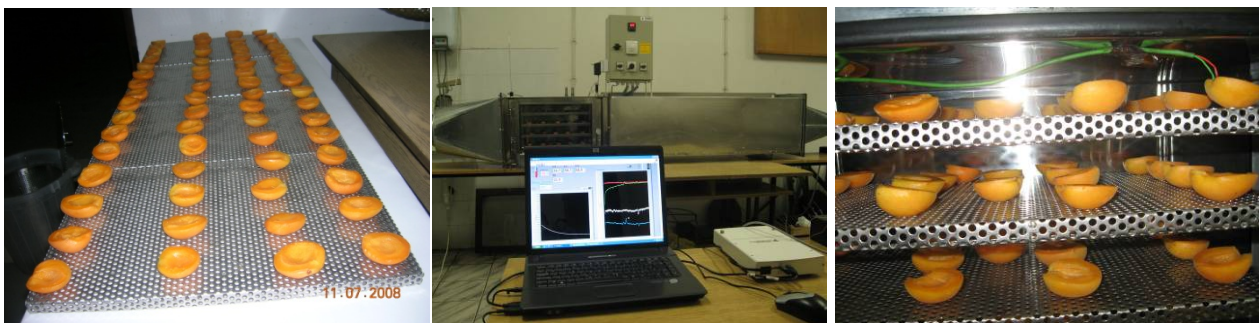
$$\omega_i^s = \frac{100 \cdot \omega_i}{100 - \omega_i} \quad (7.2)$$

gde je:  $m_o$  - početna masa voća postavljenog u sušaru [kg];  $m_i$  - masa voća u i-tom vremenskom intervalu [kg],  $\omega_o$  - početna vlažnost voća [%];  $\omega_i$  - vlažnost voća u i-tom vremenskom intervalu [%];  $\omega_i^s$  - vlažnost voća izražena u odnosu na suhu osnovu u i-tom vremenskom intervalu [%<sub>sm</sub>].

Izračunate vrednosti za trenutnu vlažnost uzorka u poznatom vremenu -  $\omega_i$  [%],  $\omega_i^s$  [%<sub>sm</sub>] tokom vremena beleže se u tabelu 7.1. Na osnovu ovih podataka nacrtati:

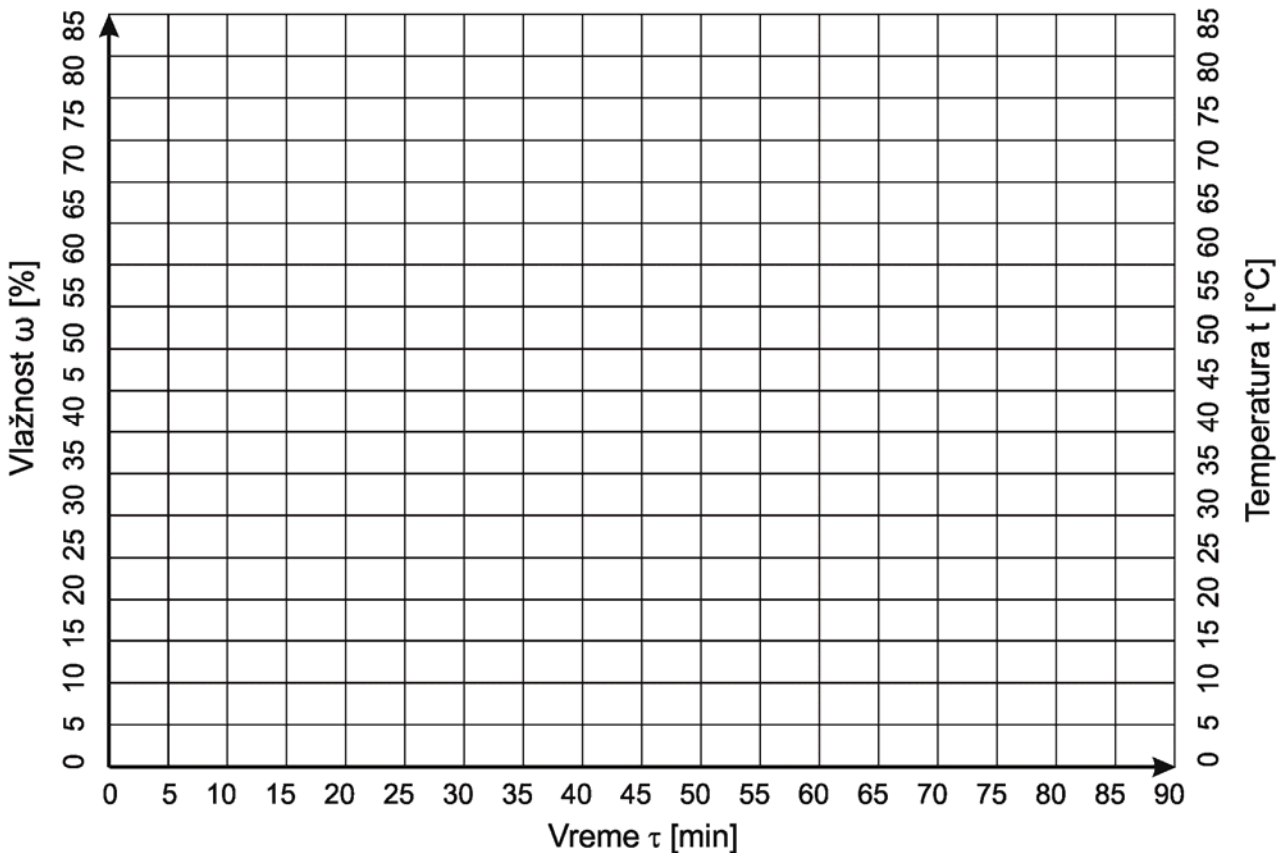
1. Kinetičku krivu sušenja uzorka voća u  $\tau - \omega_i$  koordinatnom sistemu (slika 7.3);
2. Kinetičku krivu promene temperature uzoraka voća u  $\tau - t_m$  koordinatnom sistemu (slika 7.3);
3. Kinetičku krivu sušenja uzorka voća u  $\tau - \omega_i^s$  koordinatnom sistemu (slika 7.4);

Posle formiranja dijagrama obaviti analizu nacrtanih krivih kinetike sušenja i vidno obeležiti karakteristične tačke pri kojima dolazi do promene brzine sušenja i promene temperature materijala u zavisnosti od vlažnosti.

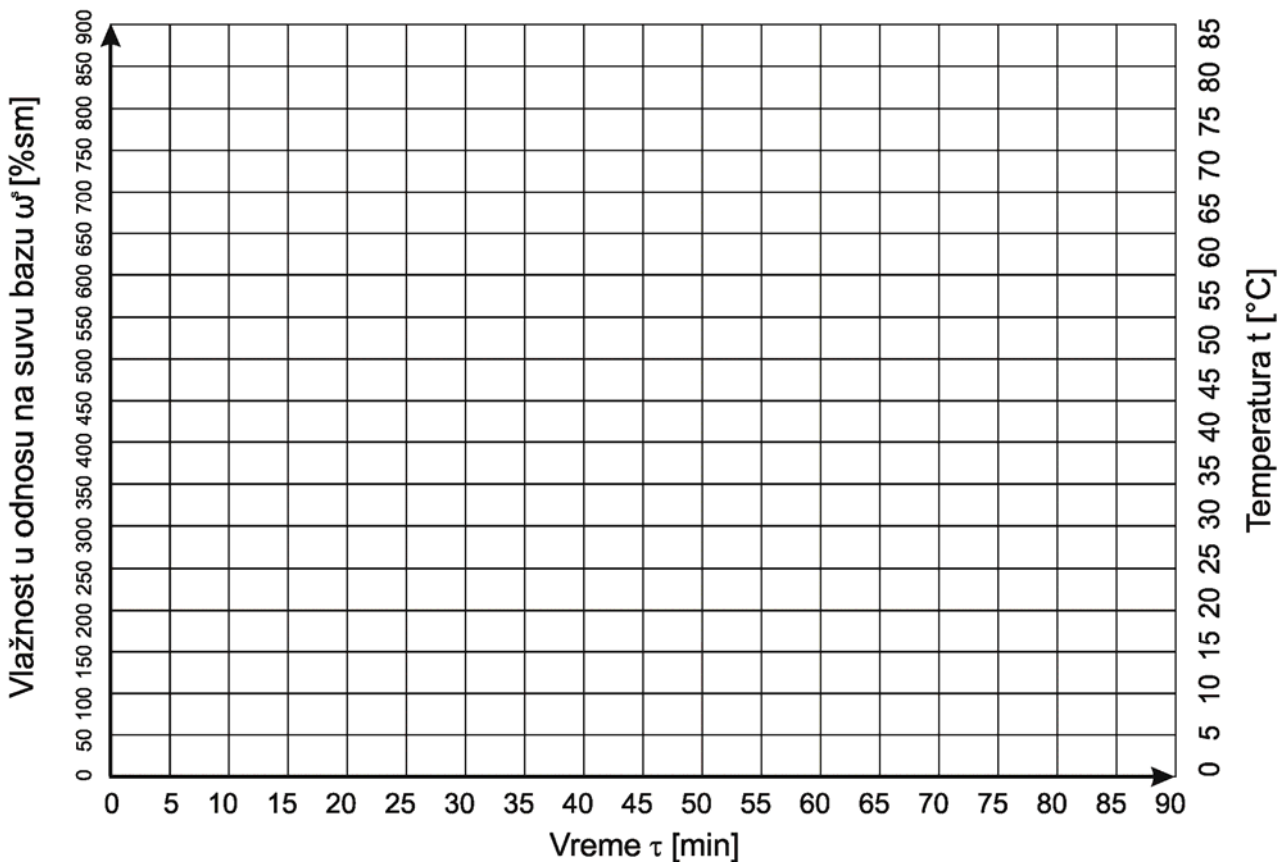


Slika 7.2. Izgled voća pripremljenog za sušenje i laboratorijske tunelske sušare „IVA-2“ sa postavljenim voćem u komoru za sušenje





Slika 7.3. Kinetička kriva sušenja uzorka voća u  $\tau - \omega_i$  koordinatnom sistemu



Slika 7.4. Kinetička kriva sušenja uzorka voća u  $\tau - \omega_i^s$  koordinatnom sistemu

## 8. KOMBINOVANO SUŠENJE VOĆA

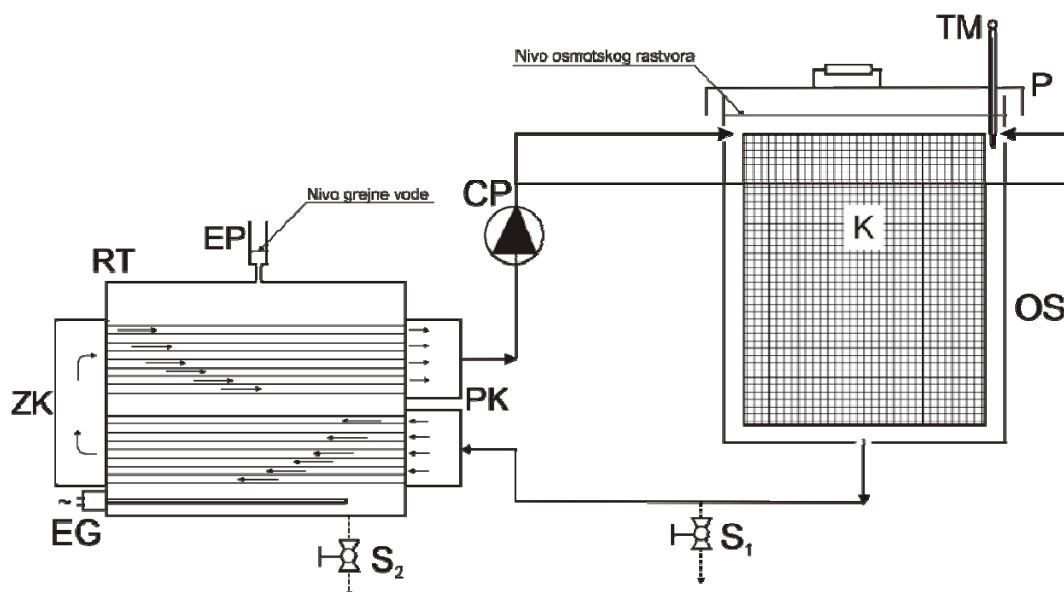
Kombinovana tehnologija sušenja voća sastoji se iz kombinacije osmotskog i konvektivnog sušenja. Sušenjem voća kombinovanom tehnologijom ostvaruje se niz prednosti u odnosu na klasične tehnologije sušenja. Prednosti se ogledaju u očuvanju kvaliteta osušenog voća (prirodne boje, mirisa, arome, ukusa), produženog perioda skladištenja sa višom krajnjom vlažnošću. Kombinovano sušenje voća je veoma pogodno za voćne vrste koje se sumporišu, da bi se očuvala aroma (kajsija, nektarina, kruška). Cilj vežbe je upoznavanje studenata sa pripremom voća za sušenje, pripremom osmotskog rastvora, delovima osmotske sušare i načinom rada, metodama koncentrovanja rastvora. Tokom vežbe obaviće se merenje povećanja suve materije zbog prelaza rastvorka u voće i koncentracije osmotskog rastvora zbog prelaza vode iz voća u rastvor.

Uslovi merenja su sledeći:

1. Voćna vrsta : \_\_\_\_\_ u pripremljenom obliku: \_\_\_\_\_,  
 - početna vlažnost voća:  $\omega_0 =$  \_\_\_\_\_ [%],
2. Stanje osmotskog rastvora:
  - vrsta rastvorka: \_\_\_\_\_
  - temperatura osmotskog rastvora  $t_r =$  \_\_\_\_\_ [°C]
  - koncentracija rastvorka u osmotskom rastvoru  $C_{1(sm)} =$  \_\_\_\_\_ [%]
  - koncentracija vode u osmotskom rastvoru  $C_{1(w)} =$  \_\_\_\_\_ [%]
  - maseni odnos rastvora i voća  $m_r : m =$  \_\_\_\_\_ [-]
  - vreme osmotskog sušenja  $\tau_h =$  \_\_\_\_\_ [h]
3. Stanje okolnog vazduha:
  - temperatura suvog termometra  $t_{st} =$  \_\_\_\_\_ [°C]
4. Stanje vazduha u konvektivnoj sušari :
  - temperatura vazduha  $t_1 =$  \_\_\_\_\_ [°C]
5. Brzina vazduha ispred sloja voća:  $v_1 =$  \_\_\_\_\_ [m/s]

### Opis rada:

Izabranu voćnu vrstu potrebno je izrezati na željeni oblik i obaviti zaštitu od promene boje. Pripremiti osmotski rastvor željene koncentracije rastvorka. Sipati rastvor u komoru osmotske sušare (slika 8.1). Podesiti parametre osmotskog sušenja na osmotskoj sušari. Kada se postignu željene vrednosti temperature i koncentracije rastvora postaviti voće u osmotsku sušaru. Uključivanjem elektromotora cirkulacione pumpe ostvaruje se kruženje rastvora kroz komoru za sušenje (OS) i razmenjivač toplote (RT). Po isteku predviđenog vremena osmotskog sušenja voće dosušiti u konvektivnoj sušari (slika 7.1).



Slika 8.1. Šematski prikaz modelske sušare za osmotsko sušenje

(OS – komora za sušenje, P – poklopac sa rukohvatom, CP – cirkulaciona pumpa, RT – razmenjivač toplote (zagrejač rastvora), TM – živin termometar, K – korpa sa tacnama, EG – električni grejač,  $S_1, S_2$  – slavine, EP – otvorena ekspanziona posuda, PK – prednja komora razmenjivača, ZK – zadnja komora razmenjivača, → smer strujanja osmotskog rastvora)

### Način merenja

Promena vlažnosti voćnog tkiva i povećanje suve materije tokom osmotskog sušenja meri se na početku i kraju osmotskog sušenja. Postupak je sledeći: na početku i kraju, tri komada voća postavlja se na keramičku pločicu i iseca na sitne kockice pomoću metalnog sečiva. Sav sadržaj posle sečenja se prebacuje sa pločice u metalnu posudicu za merenje vlažnosti. Od velike važnosti je da ne dođe do gubitka mase isečenog komada voća. Dalji postupak sa posudicama je isti kao što je objašnjeno kod merenja vlažnosti uzorka.

**Važno:** Za merenje povećanja suve materije na početku sušenja izabrati tri sveža komada voća izmeriti njihovu početnu masu na analitičkoj vagi (preciznosti 1 mg), obeležiti ih. Isti komadi voća se na kraju procesa koriste za merenje suve materije.

Povećanje suve materije tokom osmotskog sušenja izračunava se na osnovu jednačine (8.1):

$$SG = \frac{m_{sm(i)} - m_{sm(0)}}{m_0} \cdot 100 = \frac{m_2 - (m_0 \cdot \frac{100 - \omega_0}{100})}{m_0} \cdot 100 \quad (8.1)$$

gde je: SG – povećanje suve materije u odnosu na vlažnu bazu (%);  $m_0$  – masa svežeg uzorka (kg);  $m_{sm(0)}$ ,  $m_{sm(i)}$  – masa suve materije uzorka: na početku procesa sušenja, u i-tom vremenskom trenutku sušenja ( $g_{sm}$ );  $\omega_0$ , – vlažnost svežeg voćnog tkiva u odnosu na vlažnu bazu (%);  $m_0$ ,  $m_2$ , – masa: svežeg uzorka, suve materije posle osmotskog sušenja (g).

**Zadatak 8.1.** Merenje osnovnih parametara osmotskog sušenja i vlažnosti svežeg voća na početku osmotskog sušenja

Vreme merenja:

$\tau_h =$  \_\_\_\_\_ [h];

Temperature rastvora (alkoholni termometar):

$t_1 =$  \_\_\_\_\_ [°C]

Koncentracija rastvorka (refraktometar):

$C_{1(s)} =$  \_\_\_\_\_ [%]

Koncentracija vode u rastvoru:

$C_{1(w)} =$  \_\_\_\_\_ [%]

Br. uzorka	Br. posude	Masa posudice $m_p$ [g]	Masa uzorka pre sušenja (bez posudice) $m_0$ [g]	Masa suve materije u svežem uzorku (bez posudice) $m_1$ [g]	Vlažnost svežeg uzorka $\omega$ [%]
1.					
2.					
3.					
				Srednja vrednost:	

**Zadatak 8.2.** Merenje osnovnih parametara osmotskog sušenja, povećanje suve materije i vlažnosti svežeg voća na kraju osmotskog sušenja.

Vreme merenja:  $\tau_h = \underline{\hspace{2cm}}$  [h];  
 Temperatura rastvora (alkoholni termometar):  $t_2 = \underline{\hspace{2cm}}$  [°C]  
 Koncentracija rastvorka (refraktometar):  $C_{2(sm)} = \underline{\hspace{2cm}}$  [%]  
 Koncentracija vode u rastvoru:  $C_{2(w)} = \underline{\hspace{2cm}}$  [%]

Br. uzorka	Br. posude	Masa svežeg uzorka pre osmotskog sušenja $m_o$ [g]	Masa posudice $m_p$ [g]	Masa uzorka posle osmotskog sušenja (bez posudice) $m_1$ [g]	Masa suve materije u osmotski sušenom uzorku (bez posudice) $m_2$ [g]	Vlažnost posle osmotskog sušenja $\omega$ [%]	Povećanje suve materije SG [%]
1.							
2.							
3.							
					Srednja vrednost:		

Rad:

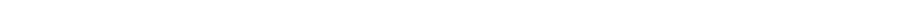
$$\omega = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100 =$$

$$SG = \frac{m_2 - (m_o \cdot \frac{100 - \omega_o}{100})}{m_o} \cdot 100 =$$





# II DEO: REŠENI RAČUNSKI ZADACI





## 9. GUSTINA TEČNOSTI

Gustina tečnosti definiše se kao odnos mase tečnosti i zapremine koju je zauzela (poglavlje 5). U tehnološkim procesima veoma često dolazi do potrebe mešanja dve ili više komponenti poznatih gustina. Nameće se potreba za izračunavanje gustine novonastale smeše. Gustina novonastale smeše može se izračunati poznavanjem masa pojedinačnih komponenti pomoću izraza:

$$\rho_s = \frac{\rho_{t(1)} \cdot \rho_{t(2)} \cdot m_s}{m_{t(1)} \cdot \rho_{t(2)} + m_{t(2)} \cdot \rho_{t(1)}} \quad (9.1)$$

$$m_s = m_{t(1)} + m_{t(2)} \quad (9.2)$$

Drugi način je na osnovu zapremina pojedinačnih komponenti koje ulaze u smešu pomoću izraza:

$$\rho_s = \frac{\rho_{t(1)} \cdot V_{t(1)} + \rho_{t(2)} \cdot V_{t(2)}}{V_s} \quad (9.3)$$

$$V_s = V_{t(1)} + V_{t(2)} \quad (9.4)$$

gde je:  $\rho_s$  - gustina smeše ( $\text{kg/m}^3$ );  $\rho_{t(1)}$ ,  $\rho_{t(2)}$  – gustina pojedinačnih tečnosti ( $\text{kg/m}^3$ );  $m_s$  - masa smeše tečnosti (kg);  $m_{t(1)}$ ,  $m_{t(2)}$  - masa pojedinačnih tečnosti (kg);  $V_s$  – zapremina smeše tečnosti ( $\text{m}^3$ );  $V_{t(1)}$ ,  $V_{t(2)}$  – zapremina pojedinačnih tečnosti ( $\text{m}^3$ ).

**Zadatak 9.1.** U menzuri se nalazi  $500 \text{ cm}^3$  etil alkohola temperature  $20^\circ\text{C}$ . Merenjem menzure na vagi ustanovljena je masa etil alkohola od 380 g. Izračunati gustinu etil alkohola na datoj temperaturi.

**Poznate vrednosti:**

Zapremina etil alkohola:

$$V_t = 500 \text{ cm}^3$$

Masa etil alkohola:

$$m_t = 380 \text{ g}$$

**Nepoznata vrednost:**

Gustina etil alkohola:

$$\rho_t [\text{kg/m}^3] = ?$$

**Proračun:**

Pretvaranje zapremina etil alkohola iz  $\text{cm}^3$  u  $\text{m}^3$  (prilog 1):

$$V_t = 500 \text{ cm}^3 = 500 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

Pretvaranje mase etil alkohola iz g u kg (prilog 1):

$$m_t = 380 \text{ g} = 380 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$$

Gustina etil alkohola:

$$\rho_t = \frac{m_t}{V_t} = \frac{380 \cdot 10^{-3}}{500 \cdot 10^{-6}} = 760 \text{ kg/m}^3$$

**Zadatak 9.2.** U cilindričnom metalnom horizontalnom sudu prečnika 380 mm, dužine 750 mm, težine 12 kg, polovina zapremine napunjena je tečnošću. Težina suda sa tečnošću je 50,5 kg. Izračunati gustinu tečnosti u sudu.

**Poznate vrednosti:**

Prečnik metalnog suda:

$$D = 380 \text{ mm}$$

Dužina metalnog suda:

$$l = 750 \text{ mm}$$

Masa suda:

$$m_0 = 12 \text{ kg}$$

Masa suda sa tečnošću:

$$m_1 = 50,5 \text{ kg}$$

**Nepoznata vrednost:**

Gustina tečnosti:

$$\rho_t [\text{kg/m}^3] = ?$$

**Proračun:**

Pretvaranje prečnika suda iz **mm** u **m** (prilog 1):

$$D = 380 \text{ mm} \cdot 10^{-3} = 0,380 \text{ m}$$

Pretvaranje dužine suda iz **mm** u **m** (prilog 1):

$$L = 750 \text{ mm} \cdot 10^{-3} = 0,750 \text{ m}$$

Ukupna zapremina cilindričnog suda:

$$V = \frac{D^2 \cdot \pi}{4} \cdot L = \frac{0,380^2 \cdot 3,14}{4} \cdot 0,75 = 0,085 \text{ m}^3$$

Zapremina tečnosti u cilindričnom sudu:

$$V_t = \frac{1}{2} \cdot V = 0,5 \cdot 0,085 = 0,0425 \text{ m}^3$$

Masa tečnosti u cilindričnom sudu:

$$m_t = m_1 - m_0 = 50,5 - 12 = 38,5 \text{ kg}$$

Gustina tečnosti u cilindričnom sudu:

$$\rho_t = \frac{m_t}{V_t} = \frac{38,5}{0,0425} = 905,88 \text{ kg/m}^3$$

**Zadatak 9.3.** Odrediti gustinu smeše tečnosti koja ima sledeći sastav: destilovana voda 35% i etil alkohol 65% (zapreminski procenti). Gustina destilovane vode je  $1.000 \text{ kg/m}^3$  i etil alkohola  $780 \text{ kg/m}^3$  na temperaturi  $15^\circ\text{C}$ .

**Poznate vrednosti:**

Gustina destilovane vode:

$$\rho_{t(1)} = 1.000 \text{ kg/m}^3$$

Udeo destilovane vode u smeši:

35 %

Gustina etil alkohola:

$$\rho_{t(2)} = 780 \text{ kg/m}^3$$

Udeo etil alkohola u smeši:

65%

**Nepoznata vrednost:**

Gustina smeše tečnosti:

$$\rho_s [\text{kg/m}^3] = ?$$

**Proračun:**

Gustina smeše tečnosti:

$$\rho_s = \frac{35}{100} \cdot \rho_{t(1)} + \frac{65}{100} \cdot \rho_{t(2)} = 0,35 \cdot 1.000 + 0,65 \cdot 780 = 857 \text{ kg/m}^3$$

**Zadatak 9.4.** Ako se pomeša 5 kg destilovane vode, gustine  $1.000 \text{ kg/m}^3$  i 4 kg etil alkohola gustine  $780 \text{ kg/m}^3$  dobija se smeša. Kolika je gustina novonastale smeše i kolika je zapremina suda potrebna da se uskladišti izraženo u litrama. Temperatura obe tečnosti je jednaka i iznosi  $20^\circ\text{C}$ .

**Poznate vrednosti:**

Gustina destilovane vode:

$$\rho_{t(1)} = 1.000 \text{ kg/m}^3$$

Masa destilovane vode:

$$m_{t(1)} = 5 \text{ kg}$$

Gustina etil alkohola:

$$\rho_{t(2)} = 780 \text{ kg/m}^3$$

Masa etil alkohola:

$$m_{t(2)} = 4 \text{ kg}$$

**Nepoznata vrednost:**

Gustina smeše tečnosti:

$$\rho_s \text{ [kg/m}^3\text{]} = ?$$

Zapremina smeše tečnosti:

$$V_s \text{ [l]} = ?$$

**Proračun:**

Masa smeše tečnosti:

$$m_s = m_{t(1)} + m_{t(2)} = 5 + 4 = 9 \text{ kg}$$

Gustina smeše tečnosti:

$$\rho_s = \frac{\rho_{t(1)} \cdot \rho_{t(2)} \cdot m_s}{m_{t(1)} \cdot \rho_{t(2)} + m_{t(2)} \cdot \rho_{t(1)}} = \frac{1.000 \cdot 780 \cdot 9}{5 \cdot 780 + 4 \cdot 1.000} = 888,62 \text{ kg/m}^3$$

Zapremina smeše tečnosti:

$$V_s = \frac{m_s}{\rho_s} = \frac{9}{888,62} = 0,0101 \text{ m}^3$$

Zapremina suda potrebnog za skladištenje izraženo u litrama:

$$V_s = 0,0101 \text{ m}^3 \cdot 10^3 = 10,12 \text{ l}$$

**Zadatak 9.5.** Dva rastvora saharoze različite gustine se mešaju. Zapremina prvog rastvora je 23 litre, a gustina  $1.112 \text{ kg/m}^3$ . Zapremina drugog rastvora je 40 litara, a gustina  $1.302 \text{ kg/m}^3$ . Kolika je gustina i masa novonastale smeše. Temperatura obe tečnosti je jednaka i iznosi  $20^\circ\text{C}$ .

**Poznate vrednosti:**

Gustina prvog rastvora saharoze:

$$\rho_{t(1)} = 1.112 \text{ kg/m}^3$$

Zapremina prvog rastvora saharoze:

$$V_{t(1)} = 23 \text{ l}$$

Gustina drugog rastvora saharoze:

$$\rho_{t(2)} = 1.302 \text{ kg/m}^3$$

Zapremina drugog rastvora saharoze:

$$V_{t(2)} = 40 \text{ l}$$

**Nepoznata vrednost:**

Gustina smeše tečnosti:

$$\rho_s \text{ [kg/m}^3\text{]} = ?$$

masa smeše tečnosti:

$$m_s \text{ [kg]} = ?$$

**Proračun:**

Pretvaranje zapremine rastvora saharoze iz **litara** u **m<sup>3</sup>** (prilog 1):

$$V_{t(1)} = 23 \text{ l} = 23 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$V_{t(2)} = 40 \text{ l} = 40 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

Zapremina smeše tečnosti:

$$V_s = V_{t(1)} + V_{t(2)} = 23 + 40 \cdot 10^{-3} = 63 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

Gustina smeše tečnosti:

$$\rho_s = \frac{\rho_{t(1)} \cdot V_{t(1)} + \rho_{t(2)} \cdot V_{t(2)}}{V_s} = \frac{1.112 \cdot 23 \cdot 10^{-3} + 1.302 \cdot 40 \cdot 10^{-3}}{63 \cdot 10^{-3}} = 1.232,63 \text{ kg/m}^3$$

Masa novonastale smeše tečnosti:

$$m_s = \rho_s \cdot V_s = 1.232,63 \cdot 63 \cdot 10^{-3} = 77,65 \text{ kg}$$



## 10. BINARNI SISTEMI

Binarni sistemi su raznovrsne smeše dve komponente. Komponente mogu biti čvrste, tečne i gasovite. Postoje dva osnovna načina izražavanja udela pojedinih komponenti u smeši: maseni i zapreminski udeli. U praksi se umesto udela često koristi termin koncentracija komponente.

- *Maseni udeo - masena koncentracija:*

$$c_1 = \frac{m_1}{m_1+m_2} \text{ [kg/kg]} \quad C_1 = \frac{m_1}{m_s} \cdot 100 \text{ [%}, \text{ }^\circ\text{Bx]} \quad (10.1)$$

$$c_2 = \frac{m_2}{m_1+m_2} \text{ [kg/kg]} \quad C_2 = \frac{m_2}{m_s} \cdot 100 \text{ [%}, \text{ }^\circ\text{Bx]} \quad (10.2)$$

$$c_1 + c_2 = 1[-] \quad C_1 + C_2 = 100[\%, \text{ }^\circ\text{Bx}] \quad (10.3)$$

$$m_s = m_1 + m_2 \text{ [kg]} \quad (10.4)$$

gde je:  $m_s$  – masa smeše [kg];  $m_1$  – masa komponente „1“ [kg];  $m_2$  – masa komponente „2“ [kg],  $c_1$ – maseni udeo komponente „1“ u smeši [kg/kg],  $C_1$  - koncentracija komponente „1“ u smeši [%;  $^\circ\text{Bx}$ ];  $c_2$ – maseni udeo komponente „2“ u smeši [kg/kg],  $C_2$  - koncentracija komponente „2“ u smeši [%;  $^\circ\text{Bx}$ ].

- *Zapreminski udeo - zapreminska koncentracija:*

$$c_{v1} = \frac{V_1}{V_1+V_2} \text{ [m}^3\text{/m}^3\text{]} \quad C_{v1} = \frac{V_1}{V_s} \cdot 100 \text{ [%}_{\text{vol}}\text{]} \quad (10.5)$$

$$c_{v2} = \frac{V_2}{V_1+V_2} \text{ [m}^3\text{/m}^3\text{]} \quad C_{v2} = \frac{V_2}{V_s} \cdot 100 \text{ [%}_{\text{vol}}\text{]} \quad (10.6)$$

$$c_{v1} + c_{v2} = 1[-] \quad C_{v1} + C_{v2} = 100[\%_{\text{vol}}] \quad (10.7)$$

$$V_s = V_1 + V_2 \text{ [m}^3\text{]} \quad (10.8)$$

gde je:  $V_s$  – zapremina smeše [ $\text{m}^3$ ];  $V_1$  – zapremina komponente „1“ [ $\text{m}^3$ ];  $V_2$  – zapremina komponente „2“ [ $\text{m}^3$ ],  $c_{v1}$  - zapreminski udeo komponente „1“ u smeši [ $\text{m}^3/\text{m}^3$ ]  $C_{v1}$  –koncentracija komponente „1“ u smeši [% $_{\text{vol}}$ ];  $c_{v2}$  - zapreminski udeo komponente „2“ u smeši [ $\text{m}^3/\text{m}^3$ ]  $C_{v2}$ –koncentracija komponente „2“ u smeši [% $_{\text{vol}}$ ].

**Zadatak 10.1.** Odrediti masenu koncentraciju rastvorka ( $C_1$ ) i rastvarača ( $C_2$ ) novonastale smeše kristal šećera (rastvorak) i destilovane vode (rastvarač). Masa destilovane vode je 5 kg, a kristal šećera 4,2 kg.

**Poznate vrednosti:**

Masa kristal šećera (rastvorak):

$$m_1 = 4,2 \text{ kg}$$

Masa destilovane vode (rastvarač):

$$m_2 = 5 \text{ kg}$$

**Nepoznata vrednost:**

Koncentracija rastvorka:

$$C_1 [\%] = ?$$

Koncentracija rastvarača:

$$C_2 [\%] = ?$$

**Proračun:**

Masa smeše dve komponente:

$$m_s = m_1 + m_2 = 4,2 + 5 = 9,2 \text{ kg}$$

Maseni udeo rastvorka u smeši:

$$c_1 = \frac{m_1}{m_s} = \frac{4,2}{9,2} = 0,4565 \text{ kg/kg}$$

Koncentracija rastvorka u smeši:

$$C_1 = 100 \cdot c_1 = 100 \cdot 0,4565 = 45,65 \%$$

Maseni udeo rastvarača u smeši:

$$c_2 = \frac{m_2}{m_s} = \frac{5}{9,2} = 0,5435 \text{ kg/kg}$$

Koncentracija rastvarača u smeši:

$$C_2 = 100 \cdot c_2 = 100 \cdot 0,5435 = 54,35\%$$

Drugi način izračunavanja koncentracije rastvarača u smeši:

$$C_1 + C_2 = 100\%$$

$$C_2 = 100 - C_1 = 100 - 54,35 = 45,65\%$$

**Zadatak 10.2.** Odrediti koncentraciju rastvarača novonastale smeše destilovane vode (rastvarač) i saharoze (rastvorak). Masa smeše je 7,5 kg, a saharoze 3,8 kg.

**Poznate vrednosti:**

Masa smeše (rastvor):

$$m_s = 7,5 \text{ kg}$$

Masa saharoze (rastvorak):

$$m_1 = 3,8 \text{ kg}$$

**Nepoznata vrednost:**

Koncentracija rastvarača:

$$C_2 [\%] = ?$$

**Proračun:**

Maseni udeo rastvorka u smeši:

$$c_1 = \frac{m_1}{m_s} = \frac{3,8}{7,5} = 0,5066 \text{ kg/kg}$$

Koncentracija rastvorka u smeši:

$$C_1 = 100 \cdot c_1 = 100 \cdot 0,5066 = 50,66 \%$$

Koncentracije rastvarača u smeši:

$$C_1 + C_2 = 100\%$$

$$C_2 = 100 - C_1 = 100 - 50,66 = 49,34\%$$

Drugi način izračunavanja koncentracije rastvarača u smeši:

$$C_2 = \frac{m_2}{m_s} \cdot 100 = \frac{m_s - m_1}{m_s} \cdot 100 = \frac{7,5 - 3,8}{7,5} \cdot 100 = 49,34 \%$$

**Zadatak 10.3.** Odrediti zapreminsku koncentraciju etil alkohola ( $C_1$ ) u smeši sa destilovanom vodom, ako je pre mešanja zapremina čistog etil alkohola iznosila 23,5 l, a destilovane vode 29.000 cm<sup>3</sup>.

**Poznate vrednosti:**

Zapremina etil alkohola:

$$V_1 = 23,5 \text{ l}$$

Zapremina destilovane vode:

$$V_2 = 29.000 \text{ cm}^3$$

**Nepoznata vrednost:**

Zapreminska koncentracija etil alkohola:

$$C_{v1} [\%_{\text{vol}}] = ?$$

**Proračun:**

Pretvaranje zapremine etil alkohola iz **litara** u **m<sup>3</sup>** (prilog 1):

$$V_1 = 23,5 \text{ l} = 23,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

Pretvaranje zapremine destilovane vode iz **cm<sup>3</sup>** u **m<sup>3</sup>** (prilog 1):

$$V_2 = 29.000 \text{ cm}^3 = 29.000 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 = 29 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

Zapremina smeše dve komponente:

$$V_s = V_1 + V_2 = (29 + 23,5) \cdot 10^{-3} = 52,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

Zapreminski udeo etil alkohola u smeši:

$$c_{v1} = \frac{V_1}{V_s} = \frac{23,5 \cdot 10^{-3}}{52,5 \cdot 10^{-3}} = 0,4476 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^3}$$

Zapreminska koncentracija etil alkohola u smeši:

$$C_{v1} = 100 \cdot c_{v1} = 100 \cdot 0,4476 = 44,76 \%_{\text{vol}}$$

Drugi način izračunavanja koncentracije etil alkohola u smeši:

$$C_{v1} = \frac{V_1}{V_s} \cdot 100 = \frac{23,5 \cdot 10^{-3}}{52,5 \cdot 10^{-3}} \cdot 100 = 44,76 \%_{\text{vol}}$$

**Zadatak 10.4.** Za potrebe osmotskog sušenja voća potrebno je pripremiti 60 l osmotskog rastvora (smeša) koncentracije 65% saharoze. Gustina rastvora je  $1.300 \text{ kg/m}^3$ . Izračunati potrebnu masu saharoze i zapreminu vode izraženo u litrama, ako je gustina vode  $990 \text{ kg/m}^3$ .

**Poznate vrednosti:**

Zapremina osmotskog rastvora (smeše):

$$V_s = 60 \text{ l}$$

Koncentracija saharoze u rastvoru:

$$C_1 = 65\%$$

Gustina rastvora:

$$\rho_s = 1.300 \text{ kg/m}^3$$

Gustina vode:

$$\rho_2 = 990 \text{ kg/m}^3$$

**Nepoznata vrednost:**

Masa saharoze (rastvorka):

$$m_1 [\text{kg}] = ?$$

Zapremina vode (rastvarač):

$$V_2 [\text{l}] = ?$$

**Proračun:**

Pretvaranje zapremine rastvora iz **litara** u **m<sup>3</sup>** (prilog 1):

$$V_s = 60 \text{ l} = 60 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

Ukupna masa rastvora:

$$m_s = V_s \cdot \rho_s = 60 \cdot 10^{-3} \cdot 1.300 = 78 \text{ kg}$$

Masa saharoze (rastvorka) u rastvoru:

$$m_1 = m_s \cdot \frac{C_1}{100} = 78 \cdot \frac{65}{100} = 50,7 \text{ kg}$$

Masa vode (rastvarača) u rastvoru:

$$m_2 = m_s - m_1 = 78 - 50,7 = 27,3 \text{ kg}$$

Zapremina vode (rastvarača) potrebna za proizvodnju rastvora:

$$V_2 = \frac{m_2}{\rho_2} = \frac{27,3}{990} = 0,02757 \text{ m}^3 = 27,57 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

Pretvaranje zapremine rastvora iz **m<sup>3</sup>** u **litre** (prilog 1):

$$V_2 = 27,57 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = 27,57 \cdot \frac{10^{-3}}{10^{-3}} = 27,57 \text{ l}$$

**Zadatak 10.5.** Masa iskorišćenog osmotskog rastvora (smeše) kristal šećera i vode je 30 kg. Merenjem na digitalnom refraktometru ustanovljeno je da je koncentracija rastvorka (kristal šećera) u rastvoru 44%. Koliko je potrebno oduzeti (ispariti) vode rastvoru u procesu uparavanja da se dobije koncentrovan (ugušćen) rastvor čija je koncentracija šećera 65%. Kolika je masa novonastalog rastvora?.

**Poznate vrednosti:**

Masa osmotskog rastvora (smeše):

$$m_{s(1)} = 30 \text{ kg}$$

Koncentracija saharoze u iskorišćenom rastvoru:

$$C_{1(1)} = 44\%$$

Gustina rastvora:

$$C_{1(2)} = 65\%$$

**Nepoznata vrednost:**

Masa isparene vode:

$$\Delta m_2 \text{ [kg]} = ?$$

Masa ugušćenog rastvora:

$$m_{s(2)} \text{ [kg]} = ?$$

**Proračun:**

Masa saharoze u iskorišćenom rastvoru:

$$C_{1(1)} = \frac{m_{1(1)}}{m_{s(1)}} \cdot 100 \rightarrow m_{1(1)} = \frac{m_{s(1)} \cdot C_{1(1)}}{100} = \frac{30 \cdot 44}{100} = 13,2 \text{ kg}$$

Masa saharoze u iskorišćenom i novom koncentrovanom rastvoru je nepromenljiva:

$$m_{1(1)} = m_{1(2)} = 13,2 \text{ kg}$$

Masa novog ugušćenog rastvora:

$$C_{1(2)} = \frac{m_{1(2)}}{m_{s(2)}} \cdot 100 \rightarrow m_{s(2)} = \frac{m_{1(2)}}{C_{1(2)}} \cdot 100 = \frac{m_{1(1)}}{C_{1(2)}} \cdot 100 = \frac{13,2}{65} \cdot 100 = 20,30 \text{ kg}$$

Masa vode koju je potrebno ispariti u procesu uparavanja:

$$\Delta m_2 = m_{s(1)} - m_{s(2)} = 30 - 20,30 = 9,70 \text{ kg}$$

**Zadatak 10.6.** Masa rastvora (smeše) askorbinske kiseline i vode je 15 kg. Merenjem ustanovljen je maseni udeo askorinske kiseline u rastvoru 0,015 kg/kg. Koliko je potrebno dodati rastvoru askorbinske kiseline u obliku praha da se dobije smeša čija je koncentracija askorbinske kiseline 3,8%. Kolika je ukupna masa askorbinske kiseline u rastvoru?

**Poznate vrednosti:**

Masa početnog rastvora (smeše):

$$m_{s(1)} = 15 \text{ kg}$$

Maseni udeo askorbinske kiseline u početnom rastvoru:

$$c_{1(1)} = 0,015 \text{ kg/kg}$$

Koncentracija askorbinske kiseline u novom rastvoru:

$$C_{1(2)} = 3,8\%$$

**Nepoznata vrednost:**

Masa askorbinske kiseline koju je potrebno dodati:

$$\Delta m_1 \text{ [kg]} = ?$$

Ukupna masa askorbinske kiseline u novom rastvoru:

$$m_{1(2)} \text{ [kg]} = ?$$

**Proračun:**

Masa vode u početnom rastvoru pre dodavanja askorbinske kiseline:

$$c_{1(1)} + c_{2(1)} = 1 \rightarrow c_{2(1)} = 1 - c_{1(1)} = 1 - 0,015 = 0,985 \text{ kg/kg}$$

$$c_{2(1)} = \frac{m_{2(1)}}{m_{s(1)}} \rightarrow m_{2(1)} = c_{2(1)} \cdot m_{s(1)} = 0,985 \cdot 15 = 14,775 \text{ kg}$$

Masa askorbinske kiseline u početnom rastvoru pre dodavanja nove količine:

$$c_{1(1)} = \frac{m_{1(1)}}{m_{s(1)}} \rightarrow m_{1(1)} = c_{1(1)} \cdot m_{s(1)} = 0,015 \cdot 15 = 0,225 \text{ kg}$$

Masa vode pre i posle dodavanja askorbinske kiseline ostaje nepromenjena:

$$m_{2(1)} = m_{2(2)}$$

Koncentracija vode u rastvoru posle dodavanja askorbinske kiseline:

$$C_{1(2)} + C_{2(2)} = 100 \rightarrow C_{2(2)} = 100 - C_{1(2)} = 100 - 3,8 = 96,2 \%$$

Masa novog rastvora posle dodavanja askorbinske kiseline:

$$C_{2(2)} = \frac{m_{2(2)}}{m_{s(2)}} \cdot 100 \rightarrow m_{s(2)} = \frac{m_{2(2)}}{C_{2(2)}} \cdot 100 = \frac{m_{2(1)}}{C_{2(2)}} \cdot 100 = \frac{14,775}{96,2} \cdot 100 = 15,358 \text{ kg}$$

Masa askorbinske kiseline koju je potrebno dodati:

$$\Delta m_1 = m_{s(2)} - m_{s(1)} = 15,358 - 15 = 0,358 \text{ kg}$$

Ukupna masa askorbinske kiseline u novom rastvoru:

$$m_{1(2)} = m_{1(1)} + \Delta m_2 = 0,225 + 0,358 = 0,583 \text{ kg}$$

**Zadatak 10.7.** Destilovanjem voćnog kljuka proizvedeno je 50 litara žestokog alkoholnog pića, sa koncentracijom etil alkohola 58%<sub>vol</sub>. Zbog povećane koncentracije alkohola potrebno je razblažiti alkoholno piće destilovanom vodom tako da posle razblaživanja koncentracija alkohola iznosi 43%<sub>vol</sub>. Koliko je potrebno dodati destilovane vode i kolika je zapremina alkoholnog pića posle razblaživanja?

**Poznate vrednosti:**

Zapremina proizvedenog žestokog pića:

$$V_{s(1)} = 50 \text{ l}$$

Zapreminska koncentracija etil alkohola u proizvedenom žestokom piću:

$$C_{v1(1)} = 58\%_{\text{vol}}$$

Zapreminska koncentracija etil alkohola u razblaženom žestokom piću:

$$C_{v1(2)} = 43\%_{\text{vol}}$$

**Nepoznata vrednost:**

Zapremina destilovane vode za razblaživanje žestokog pića:

$$\Delta V_2 [\text{l}] = ?$$

Zapremina žestokog pića posle razblaživanja:

$$V_{s(2)} [\text{l}] = ?$$

**Proračun:**

Pretvaranje zapremine proizvedenog žestokog pića iz **litara** u **m<sup>3</sup>** (prilog 1):

$$V_{s(1)} = 50 \text{ l} = 50 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

Zapremina etil alkohola u žestokom piću:

$$C_{v1(1)} = \frac{V_{1(1)}}{V_{s(1)}} \cdot 100 \rightarrow V_{1(1)} = \frac{C_{v1(1)} \cdot V_{s(1)}}{100} = \frac{58 \cdot 50 \cdot 10^{-3}}{100} = 0,029 \text{ m}^3$$

Zapremina etil alkohola pre i posle dodavanja destilovane vode ostaje nepromenjena:

$$V_{1(1)} = V_{1(2)} = 0,029 \text{ m}^3$$

Zapremina žestokog pića posle razblaživanja:

$$C_{v1(2)} = \frac{V_{1(2)}}{V_{s(2)}} \cdot 100 \rightarrow V_{s(2)} = \frac{V_{1(2)}}{C_{v1(2)}} \cdot 100 = \frac{V_{1(1)}}{C_{v1(2)}} \cdot 100 = \frac{0,029}{43} \cdot 100 = 0,06744 \text{ m}^3$$

Zapremina žestokog pića izražena u litrama:

$$V_{s(2)} = 67,44 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = 67,44 \cdot \frac{10^{-3}}{10^{-3}} = 67,44 \text{ l}$$

Zapremina destilovane vode za razblaživanje žestokog pića:

$$\Delta V_2 = V_{s(2)} - V_{s(1)} = 67,44 - 50 = 17,44 \text{ l}$$



**Zadatak 10.8.** U šaržnoj proizvodnji žestokog alkoholnog pića dobijene su dve šarže sa različitim koncentracijama etil alkohola i zapremine 55%<sub>vol</sub>, 150 l i 38%<sub>vol</sub>, 130 l. Kolika je koncentracija alkohola u piću dobijenom mešanjem ove dve šarže i zapremina nove smeše?

**Poznate vrednosti:**

Zapremina prve šarže proizvedenog žestokog pića:

$$V_{s(1)} = 150 \text{ l}$$

Zapreminska koncentracija etil alkohola u prvoj šarži proizvedenog žestokog pića:

$$C_{v1(1)} = 55\%_{\text{vol}}$$

Zapremina druge šarže proizvedenog žestokog pića:

$$V_{s(2)} = 130 \text{ l}$$

Zapreminska koncentracija etil alkohola u drugoj šarži proizvedenog žestokog pića:

$$C_{v1(2)} = 38\%_{\text{vol}}$$

**Nepoznata vrednost:**

Zapreminska koncentracija etil alkohola u žestokom piću posle mešanja:

$$C_{v1(3)} [\%_{\text{vol}}] = ?$$

Zapremina žestokog pića posle razblaživanja:

$$V_{s(2)} [\text{l}] = ?$$

**Proračun:**

Pretvaranje zapremine proizvedenog žestokog pića iz **litara** u **m<sup>3</sup>** (prilog 1):

$$V_{s(1)} = 150 \text{ l} = 150 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$V_{s(2)} = 130 \text{ l} = 130 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

Ukupna zapremina proizvedenog žestokog alkoholnog pića:

$$V_{s(3)} = V_{s(1)} + V_{s(2)} = (150 + 130) \cdot 10^{-3} = 280 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

Ukupna zapremina žestokog pića izražena u litrama:

$$V_{s(2)} = 280 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = 280 \cdot \frac{10^{-3}}{10^{-3}} = 280 \text{ l}.$$

Zapremina etil alkohola u prvoj šarži proizvedenog žestokog pića:

$$C_{v1(1)} = \frac{V_{1(1)}}{V_{s(1)}} \cdot 100 \rightarrow V_{1(1)} = \frac{C_{v1(1)} \cdot V_{s(1)}}{100} = \frac{55 \cdot 150 \cdot 10^{-3}}{100} = 82,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

Zapremina etil alkohola u drugoj šarži proizvedenog žestokog pića:

$$C_{v1(2)} = \frac{V_{1(2)}}{V_{s(2)}} \cdot 100 \rightarrow V_{1(2)} = \frac{C_{v1(2)} \cdot V_{s(2)}}{100} = \frac{38 \cdot 130 \cdot 10^{-3}}{100} = 49,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

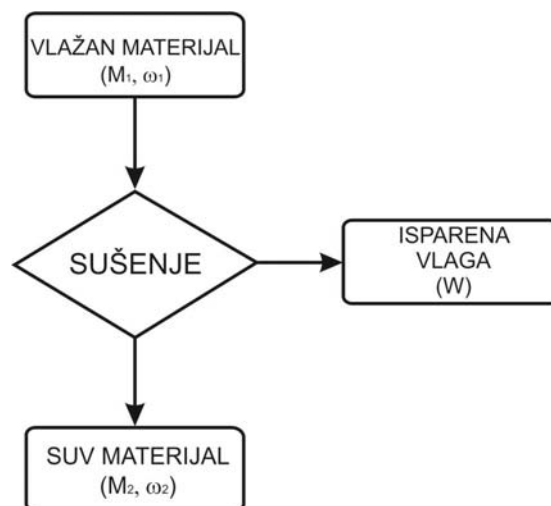
Zapreminska koncentracija etil alkohola u žestokom piću posle mešanja:

$$C_{v1(3)} = \frac{V_{1(1)} + V_{1(2)}}{V_{s(3)}} \cdot 100 = \frac{(82,5 + 49,4) \cdot 10^{-3}}{280 \cdot 10^{-3}} \cdot 100 = 47,10\%_{\text{vol}}$$

## 11. MASENI BILANS SUŠENJA I DORADE VOĆA I GROŽĐA

U doradi voća i grožđa osnovni proračun predstavlja maseni bilans ulaznih i izlaznih komponenti. Tehnologiju sušenja voća čini veći broj tehnoloških operacija od kojih je sušenje glavna. U okviru svake tehnološke operacije dešavaju se promene mase materijala. Osnovni cilj masenog bilansa je da mase materijala na ulazu u proces budu jednake zbiru masa izlaznih veličina iz procesa. Dve najčešće tehnološke operacije u tehnologiji dorade voća i grožđa sušenjem su sušenje i rehidriranje. Tokom sušenja vlažnost materijala se snižava, a samim tim mu se snižava i masa za onoliko koliko je vode uklonjeno iz njega. Obrnut proces jeste rehidriranje gde dolazi do upijanja vlage od strane voća odnosno dolazi do povećavanja vlažnosti i mase materijala srazmerno apsorbovanoj količini vlage.

Poznavanjem vrednosti vlažnosti voća pre i posle tehnoloških operacija sušenja i rehidriranja, mogu se uz pomoć odgovarajućih relacija izračunati mase materijala koje ulaze i izlaze iz procesa. Masa isparene (sušenje) odnosno apsorbovane (rehidriranje) vlage. Za maseni bilans tehnološke operacije sušenja (slika 11.1) koriste se jednačine od 11.1. do 11.6:



Slika 11.1. Blok šema sušenja

$$M_1 = M_2 \cdot \frac{100 - \omega_2}{100 - \omega_1} \quad (11.1)$$

$$M_2 = M_1 \cdot \frac{100 - \omega_1}{100 - \omega_2} \quad (11.2)$$

$$W = M_2 \cdot \frac{\omega_1 - \omega_2}{100 - \omega_1} \quad (11.3)$$

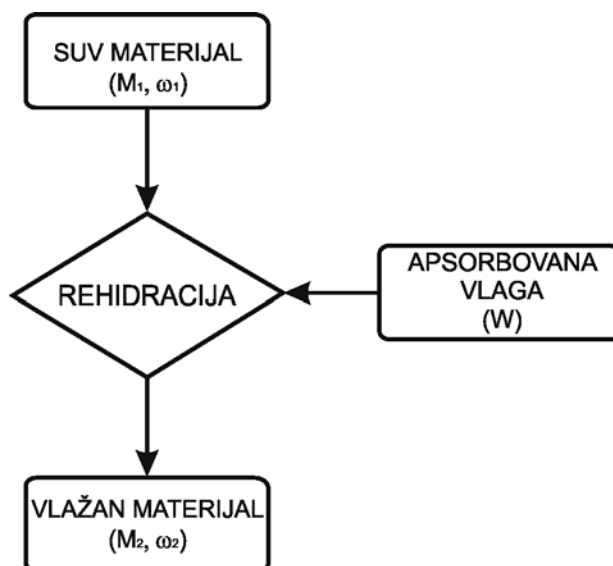
$$W = M_1 \cdot \frac{\omega_1 - \omega_2}{100 - \omega_2} \quad (11.4)$$

$$M_1 = M_2 + W \quad (11.5)$$

$$M_2 = M_1 - W \quad (11.6)$$

gde je:  $M_1$ - masa materijala pre sušenja [kg, kg/h],  $M_2$  – masa materijala posle sušenja [kg, kg/h],  $\omega_1$  – vlažnost materijala pre sušenja [%],  $\omega_2$  – vlažnost materijala posle sušenja [%];  $W$  – masa isparene vlage iz materijala [kg, kg/h].

Za maseni bilans tehnološke operacije rehidracije (slika 11.2) koriste se jednačine od 11.7. do 11.12.



Slika 11.2. Blok šema rehidracija

$$M_1 = M_2 \cdot \frac{100 - \omega_2}{100 - \omega_1} \quad (11.7)$$

$$M_2 = M_1 \cdot \frac{100 - \omega_1}{100 - \omega_2} \quad (11.8)$$

$$W = M_2 \cdot \frac{\omega_2 - \omega_1}{100 - \omega_1} \quad (11.9)$$

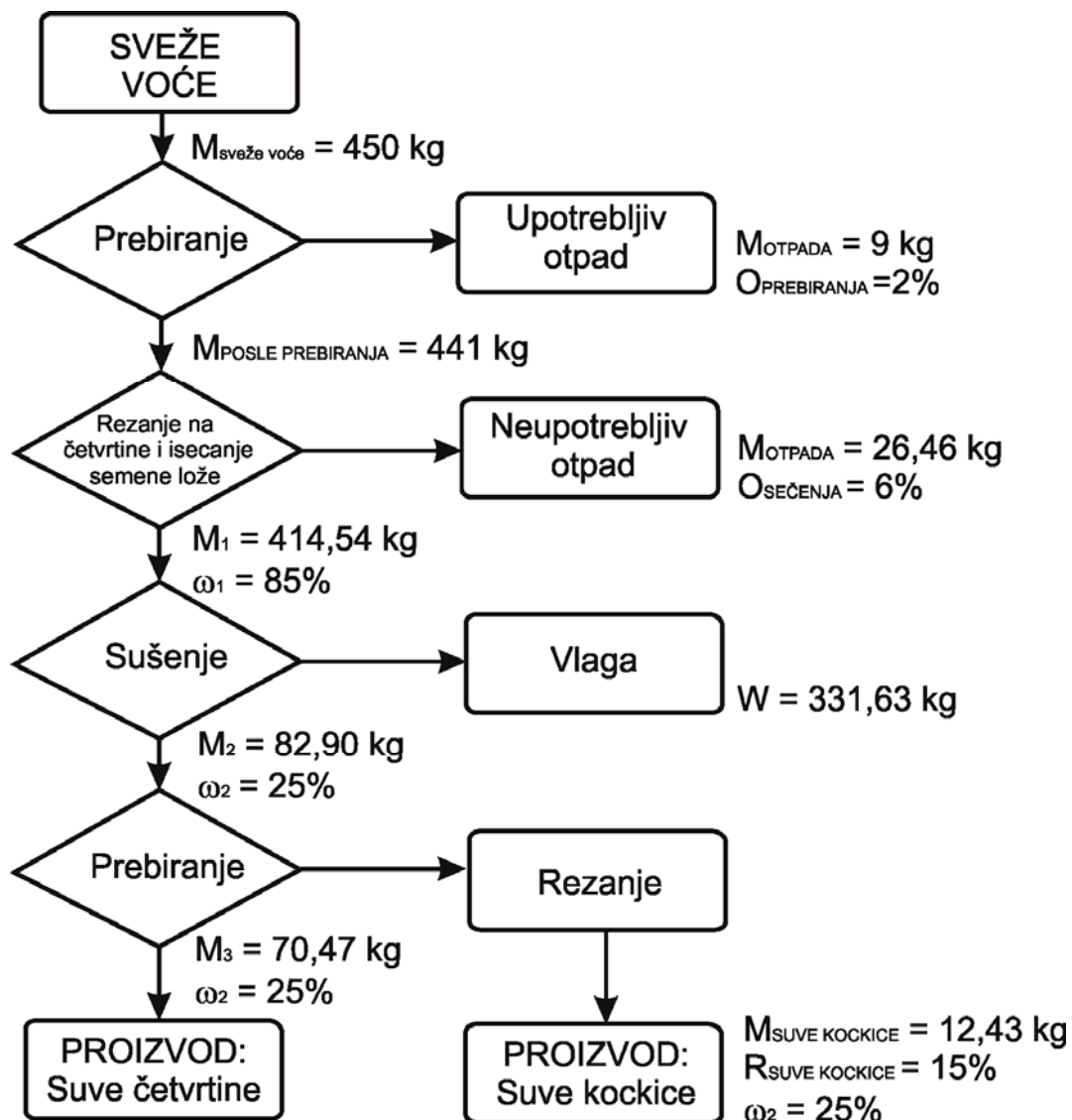
$$W = M_1 \cdot \frac{\omega_2 - \omega_1}{100 - \omega_2} \quad (11.10)$$

$$M_1 = M_2 - W \quad (11.11)$$

$$M_2 = M_1 + W \quad (11.12)$$

gde je:  $M_1$ - masa materijala pre rehidracije [kg, kg/h],  $M_2$  – masa materijala posle rehidracije [kg, kg/h],  $\omega_1$  – vlažnost materijala pre rehidracije [%],  $\omega_2$  – vlažnost materijala posle rehidracije [%];  $W$  – masa apsorbovane vode od strane materijala [kg, kg/h].

Radi lakšeg sagledavanja tehnološkog toka procesa prerade uobičajeno je da se prave tehnološke šeme redosleda tehnoloških operacija sa prikazom masenih bilansa za svaku tehnološku operaciju. Na slici 11.3. prikazan je primer klasične tehnologije sušenja voća sa masenim bilansom ulaznih i izlaznih veličina. Početna sirovina i izlazne veličine crtaju se pravougaonicima, a tehnološke operacije kod kojih dolazi do promene mase materijala crtaju se rombovima.



Slika 11.3. Blok šema tehnoloških operacija sušenja sa prikazom masenog bilansa ( $M_1$  – masa voća pre sušenja [kg],  $M_2$  – masa voća posle sušenja [kg],  $M_3$  – masa gotovog proizvoda – suve četvrtine [kg],  $\omega_1$  – vlažnost voća pre sušenja [%],  $\omega_2$  – vlažnost voća posle sušenja [%], O - udeo otpada [%], R - randman [%])

**Zadatak 11.1.** Masa od 100 kilograma svežeg voća pripremljenog za sušenje, vlažnosti 85% suši se na skladišnu vrednost od 20%. Izračunati masu proizvedenog suvog voća i masu isparene vode u procesu sušenja.

**Poznate vrednosti:**

Masa svežeg voća pripremljenog za sušenje:

$$M_1 = 100 \text{ kg}$$

Vlažnost svežeg voća:

$$\omega_1 = 85\%$$

Vlažnost osušenog voća:

$$\omega_2 = 20\%$$

**Nepoznate vrednosti:**

Masa proizvedenog suvog voća:

$$M_2 \text{ [kg]} = ?$$

Masa isparene vlage u procesu sušenja:

$$W \text{ [kg]} = ?$$

**Proračun:**

Masa proizvedenog suvog voća računa se pomoću jednačine (11.2):

$$M_2 = M_1 \cdot \frac{100 - \omega_1}{100 - \omega_2} = 100 \cdot \frac{100 - 85}{100 - 20} = 18,75 \text{ kg}$$

Masa isparene vlage u procesu sušenja računa se pomoću jednačine (11.4):

$$W = M_1 \cdot \frac{\omega_1 - \omega_2}{100 - \omega_2} = 100 \cdot \frac{85 - 20}{100 - 20} = 81,25 \text{ kg}$$

Drugi način izračunavanja mase isparene vlage u procesu sušenja je pomoću jednačine (11.6):

$$W = M_1 - M_2 = 100 - 18,75 = 81,25 \text{ kg}$$

Takođe, masa isparene vlage u procesu sušenja može se izračunati i pomoću jednačine (11.3):

$$W = M_2 \cdot \frac{\omega_1 - \omega_2}{100 - \omega_1} = 18,75 \cdot \frac{85 - 20}{100 - 85} = 81,25 \text{ kg}$$

**Zadatak 11.2.** Izračunati masu svežeg voća za preradu sušenjem potrebnu da se proizvede 500 kg suvog voća. Randman pripremljenog svežeg voća za sušenje je 95%. Vlažnost suvog voća je 27%, a svežeg voća 78%. Takođe, izračunati potrebnu masu svežeg voća za proizvodnju jednog kilograma suvog voća.

**Poznate vrednosti:**

Masa proizvedenog suvog voća:

$$M_2 = 500 \text{ kg}$$

Randman pripremljenog svežeg voća:

$$R_{\text{pripreme}} = 95\%$$

Vlažnost svežeg voća:

$$\omega_1 = 78\%$$

Vlažnost osušenog voća:

$$\omega_2 = 27\%$$

**Nepoznate vrednosti:**

Masa svežeg voća potrebnog za proizvodnju:

$$M_{\text{svežeg voća}} [\text{kg}] = ?$$

Masa isparene vlage u procesu sušenja:

$$W [\text{kg}] = ?$$

Randman prerađenog voća sušenjem:

$$R_{\text{sušenja}} [\text{kg}] = ?$$

Masa svežeg voća za proizvodnju 1 kg suvog voća:

$$m_q [\text{kg}_{\text{svežeg voća}} / \text{kg}_{\text{suvog voća}}] = ?$$

**Proračun:**

Masa pripremljenog voća koji se postavlja u sušaru računa se pomoću jednačine (11.1):

$$M_1 = M_2 \cdot \frac{100 - \omega_2}{100 - \omega_1} = 500 \cdot \frac{100 - 27}{100 - 78} = 1.659,09 \text{ kg}$$

Masa isparene vlage u procesu sušenja računa se pomoću jednačine (11.4):

$$W = M_1 \cdot \frac{\omega_1 - \omega_2}{100 - \omega_2} = 1.659,09 \cdot \frac{78 - 27}{100 - 27} = 1.159,09 \text{ kg}$$

Masa svežeg voća potrebnog za proizvodnju:

$$M_{\text{svežeg voća}} = \frac{M_1 \cdot 100}{R} = \frac{1.659,09 \cdot 100}{95} = 1.746,41 \text{ kg}$$

Randman voća prerađenog sušenjem:

$$R_{\text{sušenja}} = \frac{M_2}{M_{\text{svežeg voća}}} \cdot 100 = \frac{500}{1.746,41} \cdot 100 = 28,63\%$$

Potrebna masa svežeg voća za proizvodnju 1 kg suvog voća :

$$m_q = \frac{1}{R_{\text{sušenja}}} \cdot 100 = \frac{1}{28,63} \cdot 100 = 3,49 \text{ kg}_{\text{svežeg voća}} / \text{kg}_{\text{suvog voća}}$$

**Zadatak 11.3.** Suvo voće posle skladištenja potrebno je navlažiti potapanjem u vodu zagrejanu na 70°C u trajanju od 10 minuta. Masa suvog voća je 1.500 kilograma vlažnosti 18%, rehidrira se do vlažnosti 28%. Gubitak suve materije u procesu rehidracije iznosi 0,5%. Izračunati masu suvog voća posle rehidracije i masu apsorbovane vode.

**Poznate vrednosti:**

Masa suvog voća:

$$M_1 = 1.500 \text{ kg}$$

Vlažnost suvog voća:

$$\omega_1 = 18\%$$

Vlažnost rehidriranog voća:

$$\omega_2 = 28\%$$

Gubitak suve materije u procesu rehidracije:

$$O_{\text{kondicioniranja}} = 0,5\%$$

**Nepoznate vrednosti:**

Masa suvog voća posle rehidracije sa uračunatim gubitkom suve materije:

$$M_{\text{suvog voća}} [\text{kg}] = ?$$

Masa apsorbovane vode u procesu rehidracije:

$$W [\text{kg}] = ?$$

**Proračun:**

Masa suve materije u suvom voću:

$$m_{\text{sm}} = \left(1 - \frac{\omega_1}{100}\right) \cdot M_1 = \left(1 - \frac{18}{100}\right) \cdot 1.500 = 1.230 \text{ kg}$$

Masa voća posle rehidracije računa se pomoću jednačine (10.8):

$$M_2 = M_1 \cdot \frac{100 - \omega_1}{100 - \omega_2} = 1.500 \cdot \frac{100 - 18}{100 - 28} = 1.708,33 \text{ kg}$$

Masa voća posle rehidracije sa uračunatim gubitkom suve materije:

$$M_{\text{suvog voća}} = M_2 - \left(m_{\text{sm}} \cdot \frac{0}{100}\right) = 1.708,33 - \left(1.230 \cdot \frac{0,5}{100}\right) = 1.702,18 \text{ kg}$$

Masa apsorbovane vlage u procesu rehidracije:

$$W = M_2 - M_1 = 1.708,33 - 1.500 = 208,33 \text{ kg}$$

**Zadatak 11.4:** Kajsija se uzgaja u voćnjaku površine 3 ha. Berba i prerada kajsije traje 15 dana, prosečan prinos po hektaru je 10 t. Celi plodovi se prvo operu, a zatim režu na polutke i iskoštičavaju prilikom čega randman iznosi 93%. Sušenje se obavlja u konvektivnoj sušari sa lesama. Proces sušenja jedne šarže traje 12h. Početna vlažnost svežih polutki kajsije je 85%, a nakon sušenja 23%. Izračunati potrebni dnevni učinak pogona (kg/dan) za sušenje da bi se voće osušilo u roku od 15 dana. Izračunati potreban kapacitet sušare u odnosu na vlažnu i suhu masu kajsija i ukupnu masu proizvedenih suvih polutki kajsija. Nacrtati tehnološku blok šemu.

**Poznate vrednosti:**

Površina voćnjaka:

$$A = 3 \text{ ha}$$

Broj radnih dana:

$$\tau_d = 15 \text{ dana}$$

Vreme sušenja kajsije:

$$\tau_d = 15 \text{ dana}$$

Prinos:

$$Pr = 15 \text{ t/ha}$$

Randman pripremljenog svežeg voća:

$$R_{\text{pripreme}} = 93\%$$

Vlažnost svežeg voća:

$$\omega_1 = 85\%$$

Vlažnost osušenog voća:

$$\omega_2 = 23\%$$

**Nepoznate vrednosti:**

Dnevni učinak pogona:

$$M_{1(d)} \text{ [kg/dan]} = ?$$

Masa proizvedenih suvih polutki kajsije:

$$M_2 \text{ [kg]} = ?$$

Kapacitet sušare u odnosu na vlažnu kajsiju:

$$m_{1(d)} \text{ [kg/dan]} = ?$$

Kapacitet sušare u odnosu na suhu kajsiju:

$$m_{2(d)} \text{ [kg/dan]} = ?$$

**Proračun:**

Masa sveže kajsije za preradu:

$$M_{\text{sveža kajsija}} = A \cdot Pr = 3 \cdot 10 = 30 \text{ t} = 30.000 \text{ kg}$$



Masa sveže kajsije za sušenje posle pranja i rezanja na polutke:

$$M_1 = M_{\text{sveža kajsija}} \cdot \frac{R_{\text{pripreme}}}{100} = 30.000 \cdot \frac{93}{100} = 27.900 \text{ kg}$$

Dnevni učinak pogona za sušenje izraženo na osnovu vlažne kajsije:

$$M_{1(d)} = \frac{M_1}{\tau_d} = \frac{27.900}{15} = 1.860 \text{ kg/dan}$$

Masa proizvedenih suvih polutki kajsije:

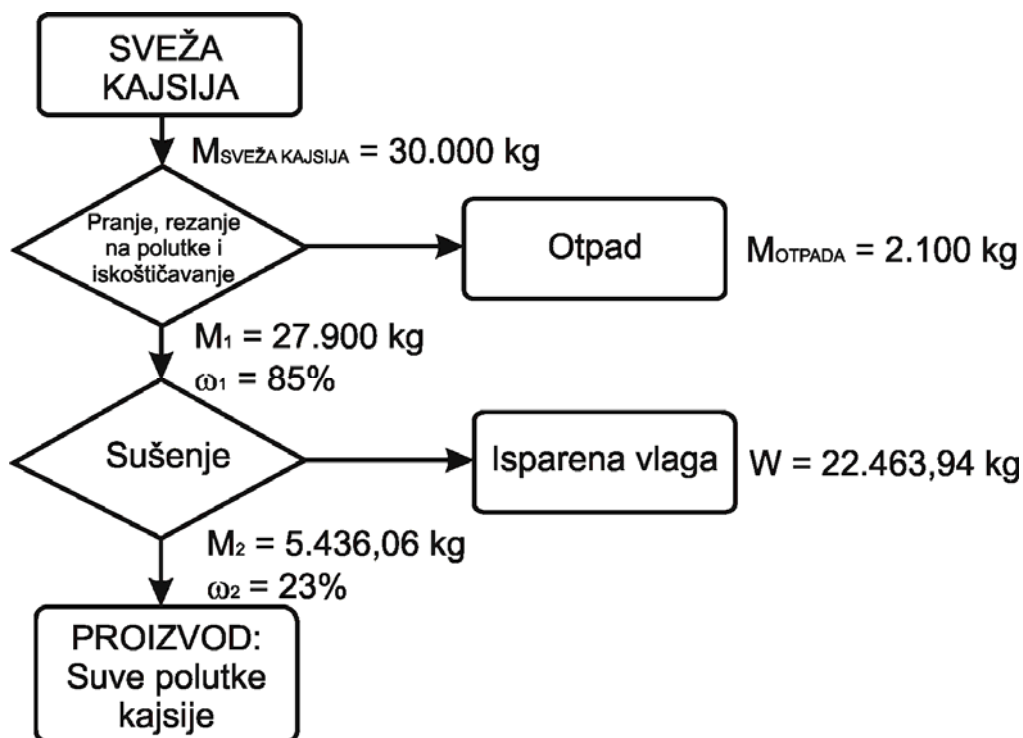
$$M_2 = M_1 \cdot \frac{100 - \omega_1}{100 - \omega_2} = 27.900 \cdot \frac{100 - 85}{100 - 23} = 5.435,06 \text{ kg}$$

Potrebni kapacitet sušare izražen u odnosu na vlažnu kajsiju:

$$m_{1(d)} = \frac{M_1}{\tau_d \cdot \frac{24}{\tau_h}} = \frac{27.900}{15 \cdot \frac{24}{12}} = 930 \text{ kg/dan}$$

Kapacitet sušare izražen u odnosu na suhu kajsiju:

$$m_{2(d)} = \frac{M_2}{\tau_d \cdot \frac{24}{\tau_h}} = \frac{5.435,06}{15 \cdot \frac{24}{12}} = 181,16 \text{ kg/dan}$$



Slika 11.4. Blok šema tehnoloških operacija sušenja kajsije sa prikazom masenog bilansa

**Zadatak 11.5.** Sveža breskva se prerađuje kombinovanom tehnologijom sušenja. Ubrani plodovi ukupne mase 1.000 kg se pripremaju za sušenje rezanjem na 1/8 celog ploda (kriška). Prilikom ovakve pripreme randman svežeg ploda iznosi 87%. Izrezani plodovi se tretiraju sumpor dioksidom u trajanju od 2h sa utroškom tehničkog sumpora u prahu od 2 g po kilogramu pripremljenih kriški. Posle sumporisanja kriške se suše u osmotskoj sušari, gde se vlažnost snizi sa početnih 83% na 75%. Prilikom osmotskog sušenja poveća se udeo suve materije zbog prelaza šećera iz rastvora u kriške za 3,5%. Posle osmotskog sušenja voće se premešta u konvektivnu sušaru sa lesama gde mu se vlažnost snizi na  $\omega_3 = 25\%$ . Izračunati: utrošak tehničkog sumpora u prahu, osmotskog rastvorka (kristal šećera) i proizvedenu masu suvog voća. Nacrtati tehnološku blok šemu.

**Poznate vrednosti:**

Masa sveže breskve:

$$M_{\text{sveža breskva}} = 1.000 \text{ kg}$$

Randman pripreme za sušenje:

$$R_{\text{priprema}} = 87\%$$

Utrošak tehničkog sumpora u prahu:

$$m_{q(\text{sumpora})} = 2 \text{ g/kg}$$

Vlažnost svežeg voća:

$$\omega_1 = 87\%$$

Vlažnost voća posle osmotskog sušenja:

$$\omega_2 = 75\%$$

Vlažnost voća posle konvektivnog sušenja:

$$\omega_3 = 25\%$$

Povećanje suve materije:

$$SG = 3,5\%$$

**Nepoznate vrednosti:**

Utrošak tehničkog sumpora u prahu:

$$M_{\text{sumpora}} [\text{kg}] = ?$$

Utrošak kristal šećera:

$$M_{\text{šećera}} [\text{kg}] = ?$$

Proizvedena masa suvog voća:

$$M_3 [\text{kg}] = ?$$

**Proračun:**

Masa pripremljenih kriški breskve za sušenje:

$$M_1 = M_{\text{sveža breskva}} \cdot \frac{R_{\text{pripreme}}}{100} = 1.000 \cdot \frac{87}{100} = 870 \text{ kg}$$

Utrošak tehničkog sumpora u prahu

$$M_{\text{sumpora}} = 870 \cdot \frac{m_{q(\text{sumpora})}}{1.000} = 870 \cdot \frac{2}{1.000} = 1,74 \text{ kg}$$

Masa suve materije u svežem voću:

$$m_{sm(1)} = \left(1 - \frac{\omega_1}{100}\right) \cdot M_1 = \left(1 - \frac{83}{100}\right) \cdot 870 = 147,9 \text{ kg}$$

Masa suve materije posle osmotskog sušenja:

$$m_{sm(2)} = m_{sm(1)} \cdot \left(1 + \frac{SG}{100}\right) = 147,9 \cdot \left(1 + \frac{3,5}{100}\right) = 152,33 \text{ kg}$$

Utrošak šećera za osmotsko sušenje:

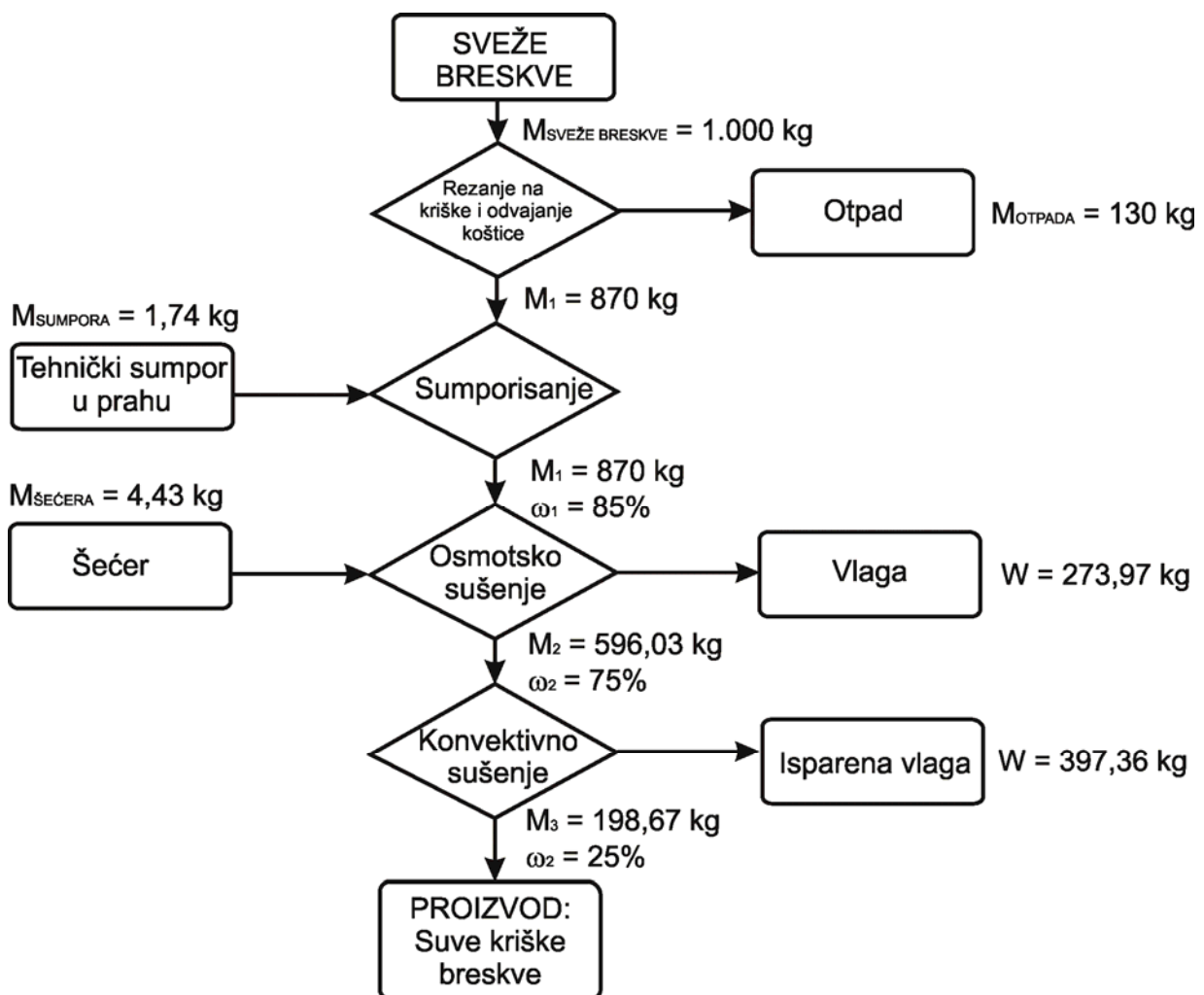
$$M_{\text{šećera}} = m_{sm(2)} - m_{sm(1)} = 152,33 - 147,9 = 4,43 \text{ kg}$$

Masa voća posle osmotskog sušenja:

$$M_2 = M_1 \cdot \frac{100 - \omega_1}{100 - \omega_2} + M_{\text{šećera}} = 870 \cdot \frac{100 - 83}{100 - 75} + 4,43 = 596,03 \text{ kg}$$

Proizvedena masa suvog voća (posle konvektivnog sušenja):

$$M_3 = M_2 \cdot \frac{100 - \omega_2}{100 - \omega_3} = 596,03 \cdot \frac{100 - 75}{100 - 25} = 198,67 \text{ kg}$$



Slika 11.5. Blok šema tehnoloških operacija kombinovanog sušenja breskve sa prikazom masenog bilansa

**Zadatak 11.6.** Sveža malina suši se postupkom liofilizacije (sušenje smrzanjem). Proizvedeno je 1.000 kilograma suve maline vlažnosti 6%. U procesu prerade od ukupno osušene maline 15% predstavlja lomljena suva malina (griz). Liofilizator je šaržnog tipa. U jednoj šarži staje 200 kilograma sveže maline vlažnosti 85%. Proces liofilizacije po jednoj šarži traje 28 h. Sušena malina se skladišti u polietilenskim vrećama koje se stavljaju u kartonske kutije dimenzija 50 cm x 40 cm x 30 cm. Nasipna gustina suvih malina je 80 kg/m<sup>3</sup>, a griza 110 kg/m<sup>3</sup>. Izračunati: potrebnu masu sveže maline za preradu, broj šarži za sušenje, ukupno vreme sušenja izraženo u danima, masu uskladištene maline i griza po kutiji i ukupan broj kutija potrebnih za skladištenje osušene maline i griza.

**Poznate vrednosti:**

Masa suve maline:

$$M_2 = 1.000 \text{ kg}$$

Vlažnost sveže maline:

$$\omega_1 = 85\%$$

Vlažnost suve maline:

$$\omega_2 = 6\%$$

Vreme sušenja jedne šarže:

$$\tau_h = 28 \text{ h}$$

Masa maline za sušenje po jednoj šarži:

$$m_q = 200 \text{ kg/šarža}$$

Randman griza od suve maline

$$R_{\text{griz}} = 15\%$$

Dimenzije kartonskih kutija:

$$50 \text{ cm} \times 40 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$$

Nasipna gustina suve maline:

$$\rho_{n(\text{suva malina})} = 80 \text{ kg/m}^3$$

Nasipna gustina suve maline:

$$\rho_{n(\text{griz})} = 110 \text{ kg/m}^3$$

**Nepoznate vrednosti:**

Masa sveže maline za liofilizaciju:

$$M_1 [\text{kg}] = ?$$

Proizvedena masa suve maline – celi plodovi:

$$M_{2(\text{suva malina})} [\text{kg}] = ?$$

Proizvedena masa griza – lomljeni plodovi:

$$M_{2(\text{griz})} [\text{kg}] = ?$$

Broj šarži za sušenje:

$$N_{\text{šarža}} [-] = ?$$

Vreme sušenja izraženo u danima:

$$\tau_d [\text{dana}] = ?$$

Broj kutija za skladištenje suve maline:

$$N_{k(\text{suva malina})} [-] = ?$$

Broj kutija za skladištenje griza od suve maline:

$$N_{k(\text{griz})} [-] = ?$$

Prosečna masa jedne kutije sa suvom malinom-celi plodovi:

$$M_k(\text{suva malina}) [\text{kg}] = ?$$

Prosečna masa jedne kutije sa grizom-lomljeni plodovi:

$$M_k(\text{griz}) [\text{kg}] = ?$$

### Proračun:

Masa sveže maline za liofilizaciju:

$$M_1 = M_2 \cdot \frac{100 - \omega_2}{100 - \omega_1} = 1.000 \cdot \frac{100 - 6}{100 - 85} = 6.266,66 \text{ kg}$$

Proizvedena masa griza – lomljeni plodovi:

$$M_{2(\text{griz})} = M_1 \cdot \frac{R_{\text{griza}}}{100} = 1.000 \cdot \frac{15}{100} = 150 \text{ kg}$$

Proizvedena masa suve maline – celi plodovi:

$$M_{2(\text{suva malina})} = M_2 - M_{2(\text{griz})} = 1.000 - 150 = 850 \text{ kg}$$

Broj šarži za sušenje:

$$N_{\text{šarži}} = \frac{M_1}{m_q} = \frac{6.266,66}{200} = 31,33 \rightarrow 32$$

Vreme sušenja izraženo u danima:

$$\tau_d = \frac{N_{\text{šarži}}}{\frac{24}{\tau_h}} = \frac{32}{\frac{24}{28}} = 37,33 \rightarrow 38 \text{ dana}$$

Zapremina jedne kutije:

$$V_k = 50 \cdot 40 \cdot 30 = 0,5 \cdot 0,4 \cdot 0,3 = 0,06 \text{ m}^3$$

Broj kutija za skladištenje suve maline – celi plodovi:

$$N_{k(\text{suva malina})} = \frac{M_{2(\text{suva malina})}}{\rho_{n(\text{suva malina})} \cdot V_k} = \frac{850}{80 \cdot 0,06} = 177,08 \rightarrow 178$$

Broj kutija za skladištenje griza – lomljeni plodovi:

$$N_{k(\text{griz})} = \frac{M_{2(\text{griz})}}{\rho_{n(\text{griz})} \cdot V_k} = \frac{150}{110 \cdot 0,06} = 22,72 \rightarrow 23$$

Prosečna masa jedne kutije sa suvom malinom - celi plodovi:

$$M_{k(\text{suva malina})} = \frac{M_{2(\text{suva malina})}}{N_{k(\text{suva malina})}} = \frac{850}{178} = 4,77 \text{ kg}$$

Prosečna masa jedne kutije sa suvom malinom - celi plodovi:

$$M_{k(\text{griz})} = \frac{M_{2(\text{griz})}}{N_{k(\text{griz})}} = \frac{150}{23} = 6,52 \text{ kg}$$

**Zadatak 11.7.** Planira se proizvodnja 30 t suve šljive bez koštice sa vlažnošću 34%. Prosečan prinos šljive je 13 t/ha, vlažnosti 85%. Sveža šljiva se suši na skladišnu vlažnost od 20%, a zatim se izbija koštica čiji maseni udeo iznosi 10% u odnosu na masu suve šljive bez koštice. Posle izbijanja koštice suva šljiva se rehidrira na konačnu vlažnost 34%. U procesu prerade troši se 0,5 m<sup>3</sup> sveže vode po 1.000 kg svežeg voća za različite tehnološke procese (pranje, rehidracija). Izračunati: potrebnu površinu voćnjaka, masu sveže šljive, masu osušene šljive za skladištenje, masu vode za rehidraciju, ukupnu potrošnju vode za preradu. Nacrtati tehnološku blok šemu.

**Poznate vrednosti:**

Masa gotovog proizvoda –rehidrirane suve šljive bez koštice:

$$M_{3(\text{bez koštice})} = 30 \text{ t}$$

Vlažnost sveže šljive:

$$\omega_1 = 85\%$$

Vlažnost suve šljive za skladištenje:

$$\omega_2 = 20\%$$

Vlažnost suve šljive posle rehidracije:

$$\omega_3 = 34\%$$

Maseni udeo koštice:

$$O_{\text{koštica}} = 3\%$$

Specifični utrošak vode:

$$V_q = 0,5/1000 \text{ m}^3/\text{kg}_{\text{svežeg voća}}$$

Prinos šljive u voćnjaku:

$$Pr = 13 \text{ t/ha}$$

**Nepoznate vrednosti:**

Masa sveže šljive za proizvodnju:

$$M_1 [\text{kg}] = ?$$

Masa suve šljive za skladištenje sa košticom:

$$M_{2(\text{sa košticom})} [\text{kg}] = ?$$

Masa vode za rehidraciju:

$$W_{\text{rehidracija}} [\text{kg}] = ?$$

Potrošnja vode za preradu:

$$W_{\text{prerada}} [\text{m}^3] = ?$$

Površina voćnjaka:

$$A [\text{ha}] = ?$$

**Proračun:**

Masa vode za rehidraciju:

$$W_{\text{rehidracija}} = M_{3(\text{bez koštice})} \cdot \frac{\omega_3 - \omega_2}{100 - \omega_2} = 30 \cdot 10^3 \cdot \frac{34 - 20}{100 - 20} = 5.250 \text{ kg}$$

Masa koštica:

$$M_{\text{koštica}} = M_{3(\text{bez koštice})} \cdot \frac{O_{\text{koštice}}}{100} = 30 \cdot 10^3 \cdot \frac{10}{100} = 3.000 \text{ kg}$$

Masa rehidriranih suvih šljiva sa košticom:

$$M_{3(\text{sa košticom})} = M_{3(\text{bez koštice})} + M_{\text{koštica}} = 30.000 + 3.000 = 33.000 \text{ kg}$$

Masa suve šljive sa košticom za skladištenje:

$$M_{2(\text{sa košticom})} = M_3 + M_{\text{koštica}} - W_{\text{rehidracija}} = 30 \cdot 10^3 + 3.000 - 5.250 = 27.750 \text{ kg}$$

Masa sveže šljive za proizvodnju:

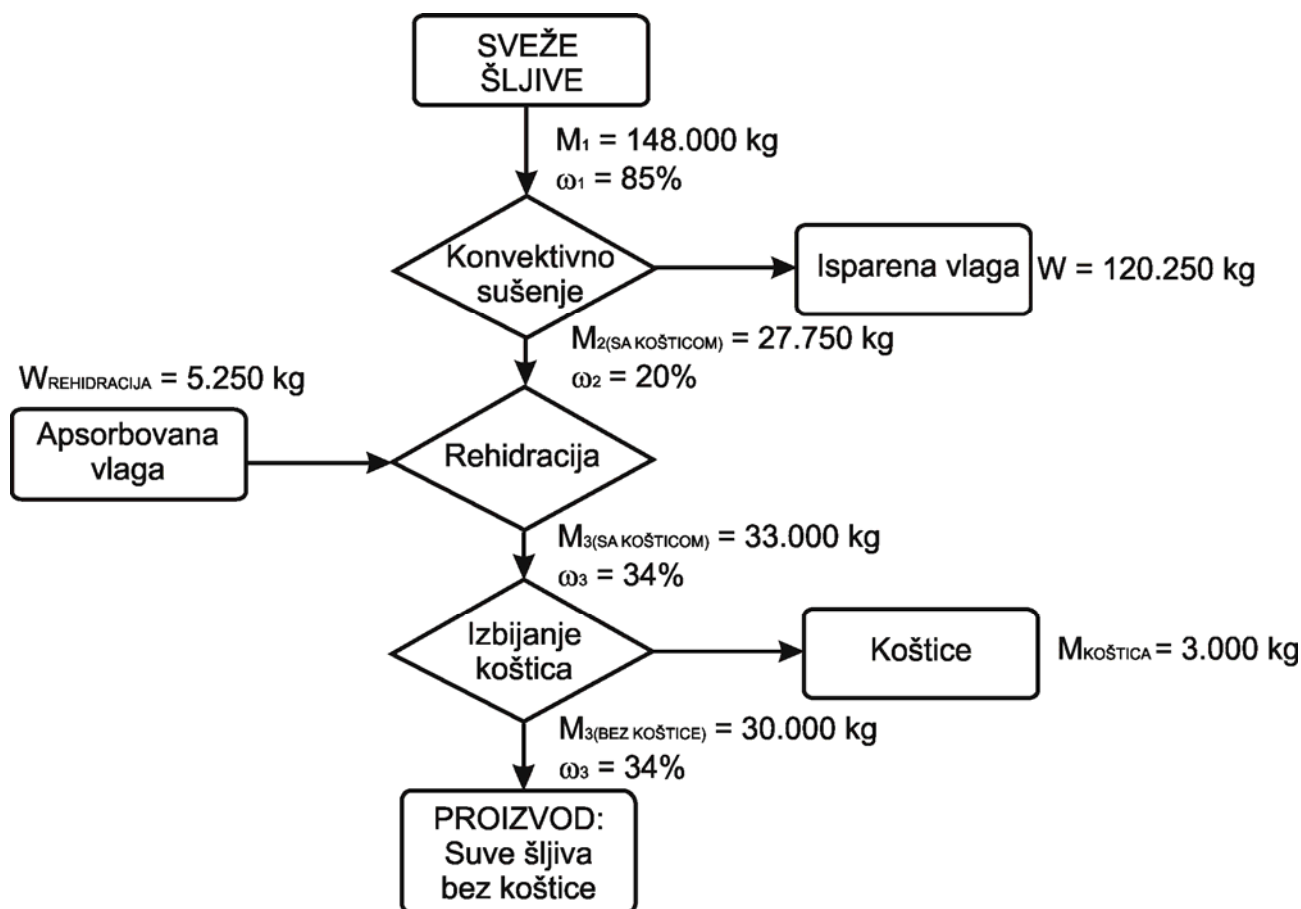
$$M_1 = M_{2(\text{sa košticom})} \cdot \frac{100 - \omega_2}{100 - \omega_1} = 27.750 \cdot \frac{100 - 20}{100 - 85} = 148.000 \text{ kg}$$

Potrošnja vode za preradu:

$$W_{\text{prerada}} = M_1 \cdot V_q = 148.000 \cdot \frac{0,5}{1.000} = 74 \text{ m}^3$$

Površina voćnjaka:

$$A = \frac{M_1}{Pr} = \frac{148.000}{13 \cdot 1000} = 11,38 \text{ ha}$$



Slika 11.6. Blok šema tehnoloških operacija proizvodnje sušene šljive bez koštica sa prikazom masenog bilansa

**Zadatak 11.8.** U procesu prerade šljive sušenjem prerađuje se 1.000 kg sveže šljive za jedan dan početne vlažnosti  $\omega_1 = 84\%$ . Sezona sušenja šljive traje 45 dana. Proces prerade obuhvata sledeće tehnološke operacije:

1. Prijem i prebiranje sveže šljive prilikom čega se izdvaja 0,5% plodova sveže šljive kao neodgovarajući u odnosu na početnu masu;
2. Pranje sveže šljive prilikom čega su maseni gubici zanemarljivi;
3. inspekcija oprane sveže šljive;
4. Ređanje plodova šljive na lese i unošenje u komornu sušaru gde se u toku 22 h vlažnost plodova šljive snizi na skladišnu vrednost vlažnosti od 22%;
5. Osušeni plodovi se smeštaju u drvene boks kutije, a zatim se kutije odnose u skladište na čuvanje, u jednu boks kutiju staje 100 kg suve šljive;
6. Dorada osušene šljive obuhvata rehidraciju, gde se vlažnim postupkom vlažnost osušene šljive povisi na 28%;
7. Posle rehidracije obavlja se izbijanje koštice čiji je maseni udeo 6% u odnosu na masu rehidriranih plodova;
8. Nakon izbijanja koštica iz šljiva obavlja se dodavanje konzervansa vlažnim postupkom, vodenim rastvorom konzervansa gde se vlažnost šljive povisi na 34%;
9. Pakovanje suvih šljiva.

Potrebno je izračunati sledeće: potrebni učinak sušare (kapacitet), izračunati materijalni bilans prerade, izračunati potreban broj drvenih boks kutija za skladištenje i nacrtati tehnološku blok šemu prerade šljive sušenjem,

**Poznate vrednosti:**

Dnevni učinak prerade sveže šljive:

$$M_{\text{sveža šljiva}} = 1.000 \text{ kg/dan}$$

Vlažnost sveže šljive:

$$\omega_1 = 84\%$$

Vlažnost suve šljive za skladištenje:

$$\omega_2 = 22\%$$

Vlažnost suve šljive posle rehidriranja:

$$\omega_3 = 28\%$$

Vlažnost suve šljive posle konzerviranja:

$$\omega_3 = 34\%$$

Dužina trajanja sezone sušenja:

$$\tau_d = 45 \text{ dana}$$

Vreme sušenja jedne šarže:

$$\tau_h = 22 \text{ h}$$

Otpad prilikom pripreme za sušenje:

$$O_{\text{priprema}} = 0,5\%$$

Maseni udeo koštica:

$$O_{\text{koštica}} = 6\%$$

Masa suvih šljiva u jednoj kutiji za skladištenje:

$$m_{\text{kutije}} = 100 \text{ kg}$$



**Nepoznate vrednosti:**

Kapacitet sušare po jednoj šarži (učinak):

$$m_1 \text{ [kg/šarži]} = ?$$

Masa suve šljive za skladištenje sa košticom:

$$M_2 \text{ [kg]} = ?$$

Masa suve šljive posle rehidracije:

$$M_3 \text{ [kg]} = ?$$

Masa suve šljive posle izbijanja koštice:

$$M_4 \text{ [kg]} = ?$$

Masa proizvedene suve šljive – gotovog proizvoda:

$$M_5 \text{ [kg]} = ?$$

Broj kutija za skladištenje suve šljive sa košticom:

$$N_k \text{ [-]} = ?$$

**Proračun:**

Ukupna masa sveže šljive za preradu:

$$M_{\text{ukupno}} = M_{\text{sveže šljive}} \cdot \tau_d = 1.000 \cdot 45 = 45.000 \text{ kg}$$

Masa sveže šljive za sušenje posle pripreme:

$$M_1 = M_{\text{ukupno}} \cdot \left(1 - \frac{O_{\text{priprema}}}{100}\right) = 45.000 \cdot \left(1 - \frac{0,5}{100}\right) = 44.775 \text{ kg}$$

Kapacitet sušare po jednoj šarži (učinak) u odnosu na vlažnu šljivu:

$$m_1 = \frac{M_1}{\tau_d \cdot \frac{24}{\tau_h}} = \frac{44.775}{45 \cdot \frac{24}{22}} = 912,08 \text{ kg/šarži}$$

Masa suve šljive sa košticom za skladištenje:

$$M_2 = M_1 \cdot \frac{100 - \omega_1}{100 - \omega_2} = 44.775 \cdot \frac{100 - 84}{100 - 22} = 9.184,61 \text{ kg}$$

Masa suve šljive posle rehidracije:

$$M_3 = M_2 \cdot \frac{100 - \omega_2}{100 - \omega_3} = 9.184,61 \cdot \frac{100 - 22}{100 - 28} = 9.949,99 \text{ kg}$$

Masa suve šljive posle izbijanja koštice:

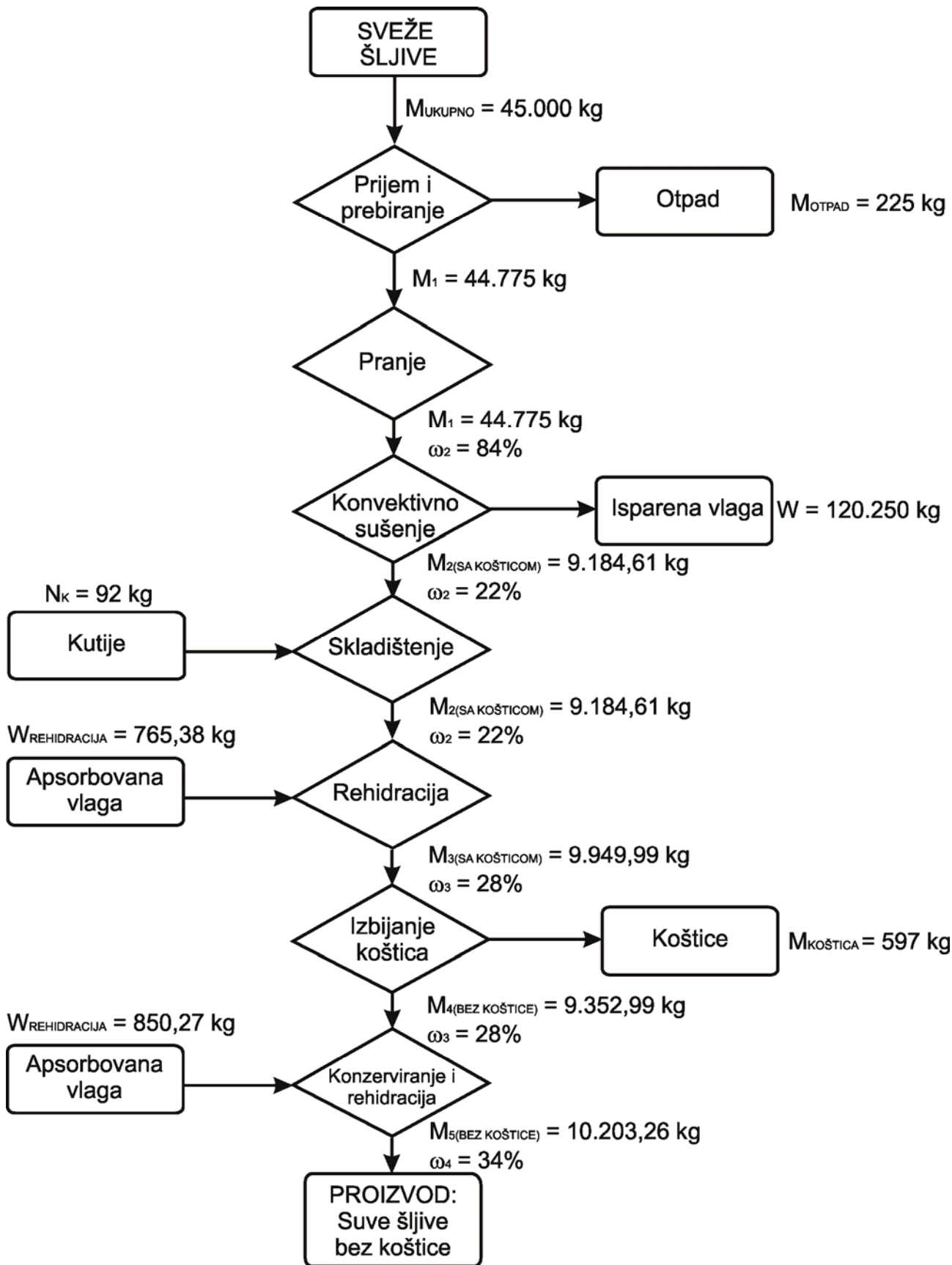
$$M_4 = M_3 \cdot \left(1 - \frac{O_{\text{koštica}}}{100}\right) = 9.949,99 \cdot \left(1 - \frac{6}{100}\right) = 9.352,99 \text{ kg}$$

Masa proizvedene suve šljive – gotovog proizvoda:

$$M_5 = M_4 \cdot \frac{100 - \omega_3}{100 - \omega_4} = 9.352,99 \cdot \frac{100 - 28}{100 - 34} = 10.203,26 \text{ kg}$$

Broj kutija za skladištenje suve šljive sa košticom:

$$N_k = \frac{M_2}{m_{\text{kutije}}} = \frac{9.184,61}{100} = 91,84 \rightarrow 92$$



Slika 11.7. Blok šema tehnoloških operacija proizvodnje sušene šljive tehnološki dorađene vlažno pasterizovane sa prikazom masenog bilansa

**Zadatak 11.9.** Jabuka se prerađuje sušenjem u čips vlažnosti 5%. Planira se proizvodnja 10 t čipsa. Prilikom pripreme sveže jabuke za sušenje izdvajaju se semena kućica i ljuska, što čini randman sirovine 80%. Otpad se koristi za alkoholnu destilaciju. Vlažnost svežeg ploda jabuke je 82%. Prilikom proizvodnje kljuka dodaje se 25% vode u odnosu na masu otpada. Tokom destilacije kljuka udeo proizvedenog alkoholnog pića je 7% u odnosu na masu kljuka sa koncentracijom etil alkohola 50%<sub>vol</sub>. Proizvedeni alkohol potrebno je razblažiti dodavanjem destilovane vode do koncentracije etil alkohola 40%<sub>vol</sub>. Gustina proizvedenog alkoholnog pića je 700 kg/m<sup>3</sup>. Izračunati: potrebnu količinu sveže jabuke za preradu i zapreminu dobijenog alkoholnog pića sa 40%<sub>vol</sub> etil alkohola izraženo u litrama. Nacrtati tehnološku blok šemu.

**Poznate vrednosti:**

Planirana proizvodnja čipsa od jabuke:

$$M_2 = 10 \text{ t}$$

Vlažnost svežeg dela ploda jabuke namenjenog za preradu:

$$\omega_1 = 82\%$$

Vlažnost čipsa od jabuke:

$$\omega_2 = 5\%$$

Randman pripreme sirovine:

$$R_{\text{priprema}} = 80\%$$

Koncentracija etil alkohola u destilovanom piću:

$$C_{v1} = 50\%_{\text{vol}}$$

Koncentracija etil alkohola u razblaženom piću:

$$C_{v2} = 40\%_{\text{vol}}$$

Gustina proizvedenog alkoholnog pića:

$$\rho_{\text{alk.pića}} = 40\%_{\text{vol}}$$

**Nepoznate vrednosti:**

Masa sveže jabuke za proizvodnju:

$$M_{\text{ukupno}} [\text{kg}] = ?$$

Zapremina proizvedenog alkoholnog pića koncentracije etil alkohola  $C_{v2} = 40\%_{\text{vol}}$ :

$$V_{2(\text{alk.pića})} [\text{l}] = ?$$

**Proračun:**

Masa pripremljene jabuke za sušenje:

$$M_1 = M_2 \cdot \frac{100 - \omega_2}{100 - \omega_1} = 10 \cdot 10^3 \cdot \frac{100 - 5}{100 - 82} = 52.777,77 \text{ kg}$$

Masa sveže jabuke za proizvodnju:

$$M_{\text{ukupno}} = M_1 \cdot \left( \frac{1}{\frac{R_{\text{priprema}}}{100}} \right) = 52.777,77 \cdot \left( \frac{1}{\frac{80}{100}} \right) = 65.972,21 \text{ kg}$$

Masa otpada za proizvodnju kljuka:

$$M_{\text{otpada}} = M_{\text{ukupno}} - M_1 = 65.972,21 - 52.777,77 = 13.194,44 \text{ kg}$$

Masa kljuka posle dodavanja vode:

$$M_{\text{kljuka}} = M_{\text{otpada}} \cdot \left(1 + \frac{25}{100}\right) = 13.194,44 \cdot 1,25 = 16.493,05 \text{ kg}$$

Zapremina proizvedenog alkoholnog pića koncentracije etil alkohola  $C_{v1} = 50\%_{\text{vol}}$ :

$$V_{1(\text{alk.pića})} = \frac{M_{\text{kljuka}} \cdot \frac{7}{100}}{\rho_{\text{alk.pića}}} = \frac{16.493,05 \cdot 0,07}{700} = 1,64 \text{ m}^3$$

Udeo etil alkohola u proivedenom piću:

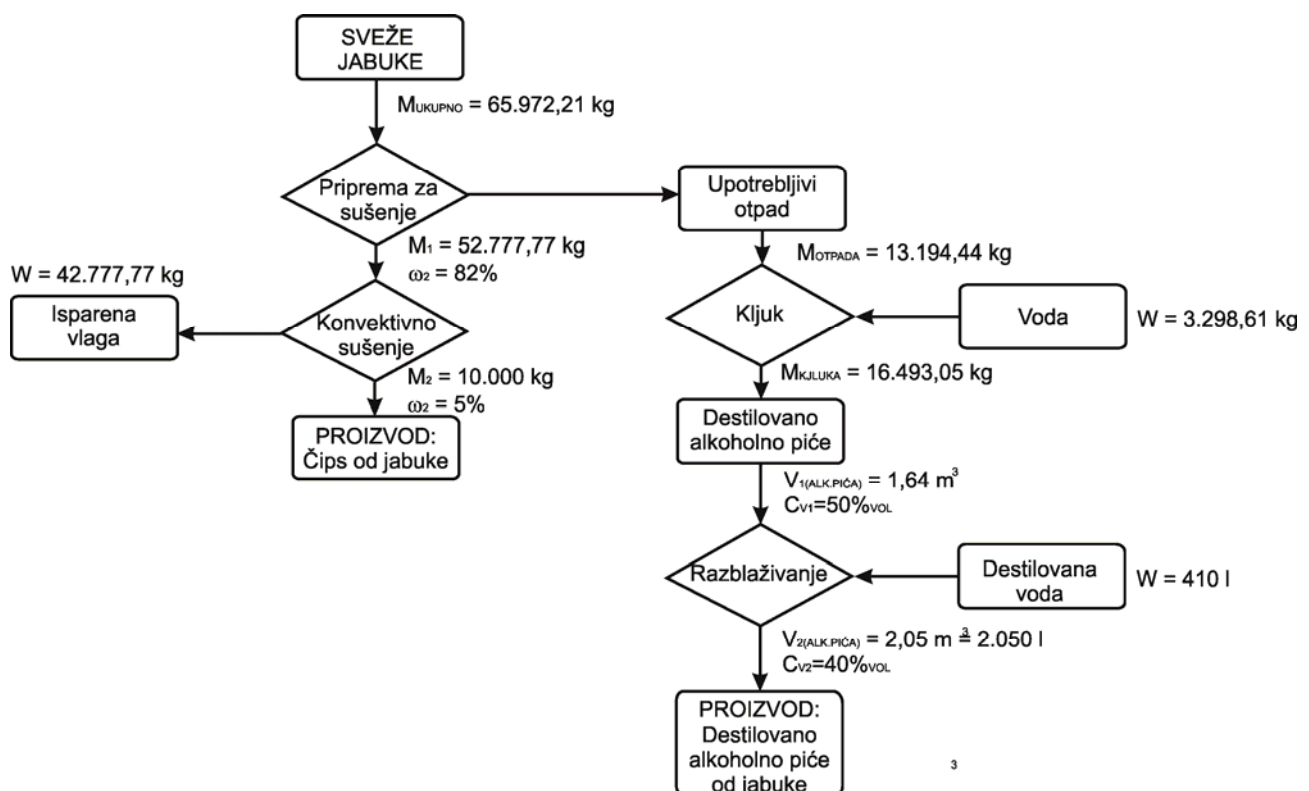
$$V_{1(\text{eti.alk})} = V_{1(\text{alk.pića})} \cdot \frac{C_{v1}}{100} = 1,64 \cdot \frac{50}{100} = 0,82 \text{ m}^3$$

Zapremina proizvedenog alkoholnog pića koncentracije etil alkohola  $C_{v2} = 40\%_{\text{vol}}$

dobija se na osnovu konstantne zapremine etil alkohola pre i posle razblaživanja  $V_{1(\text{etil.alk})} = V_{2(\text{etil.alk})}$ :

$$C_{v2} = \frac{V_{2(\text{etil.alk})}}{V_{2(\text{alk.pića})}} \cdot 100 \rightarrow V_{2(\text{alk.pića})} = \frac{V_{2(\text{etil.alk})}}{C_{v2}} \cdot 100 =$$

$$= \frac{V_{1(\text{etil.alk})}}{C_{v2}} \cdot 100 = \frac{0,82}{40} \cdot 100 = 2,05 \text{ m}^3 = 2,05 \cdot 10^3 \text{ l} = 2.050 \text{ l}$$



Slika 11.8. Blok šema tehnoloških operacija proizvodnje čipsa od jabuke i destilisanja alkohola od otpada sa prikazom masenog bilansa

**Zadatak 11.10.** Od 1.000 kilograma sveže kruške vlažnosti 84% planira se proizvodnja kandiranih kockica. Kruška se priprema za proces kandiranja rezanjem gde se izdvaja semena loža i ljuska. Ukupan randman je 85%. Kandiranje se obavlja u rastvoru saharoze (kristal šećer) i vode koncentracije 75%. Povećanje suve materije posle završetka procesa iznosi SG = 30%, a vlažnost 35%. Gubici šećera zbog curenja iznose 2% u odnosu na početnu masu pripremljenog voća. Izračunati proizvedenu masu kandirane kruške, kao i utrošak šećera za proces kandiranja. Odrediti masu vode koju je potrebno ispariti u procesu koncentrovanja (uparavanja) osmotskog rastvora da bi se održala početna koncentracija saharoze.

**Poznate vrednosti:**

Sveža kruška:

$$M_{\text{sveža kruška}} = 1.000 \text{ kg}$$

Vlažnost svežeg dela ploda kruške namenjenog za preradu:

$$\omega_1 = 84\%$$

Vlažnost kandiranih kockica:

$$\omega_2 = 35\%$$

Randman pripreme sirovine:

$$R_{\text{priprema}} = 85\%$$

Koncentracija rastvora saharoze za kandiranje:

$$C_1 = 75\%$$

Povećanje suve materije kandiranih kockica kruške:

$$SG = 30\%$$

Gubici šećera zbog manipulacije (curenja):

$$O_{\text{šećer}} = 2\%$$

**Nepoznate vrednosti:**

Masa kandiranih kockica kruške:

$$M_2 \text{ [kg]} = ?$$

Ukupan utrošak saharoze (kristal šećera) za proces kandiranja:

$$M_{\text{šećera}} \text{ [kg]} = ?$$

Masa vode koju je potrebna ispariti (uparavanje) iz rastvora da bi se ponovo koncentrovao do koncentracije ( $C_1 = 75\%$ ):

$$W_{\text{uparavanja}} \text{ [kg]} = ?$$

**Proračun:**

Masa pripremljenih kockica za kandiranje:

$$M_1 = M_{\text{sveža kruška}} \cdot \frac{R_{\text{priprema}}}{100} = 1.000 \cdot \frac{85}{100} = 850 \text{ kg}$$

Masa suve materije u kockicama:

$$m_{\text{sm}(1)} = \left(1 - \frac{\omega_1}{100}\right) \cdot M_1 = \left(1 - \frac{84}{100}\right) \cdot 850 = 136 \text{ kg}$$

Masa suve materije posle kandiranja:

$$m_{sm(2)} = m_{sm(1)} \cdot \left(1 + \frac{SG}{100}\right) = 136 \cdot \left(1 + \frac{30}{100}\right) = 176,8 \text{ kg}$$

Utrošak šećera za kandiranje:

$$M_{\text{šećera kandiranje}} = m_{sm(2)} - m_{sm(1)} = 176,8 - 136 = 40,8 \text{ kg}$$

Utrošak šećera zbog gubitaka tokom proizvodnje (curenje):

$$M_{\text{šećera gubici}} = M_1 \cdot \frac{O_{\text{šećer}}}{100} = 850 \cdot \frac{2}{100} = 17 \text{ kg}$$

Masa proizvedenih kandiranih kockica kruške:

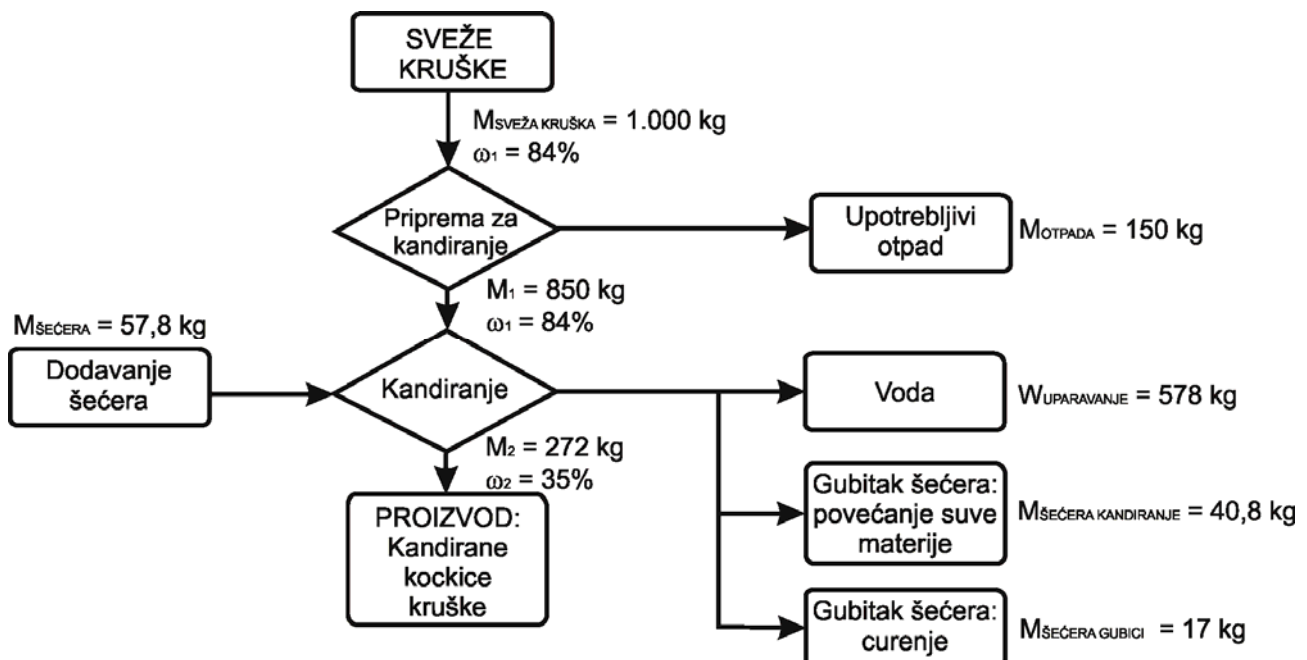
$$M_2 = m_{sm(2)} \cdot \frac{100}{100 - \omega_2} = 176,8 \cdot \frac{100}{100 - 35} = 272 \text{ kg}$$

Masa šećera koju je potrebno nadoknaditi u rastvoru da bi se održala željena koncentracija ( $C_1 = 75\%$ ):

$$M_{\text{šećera}} = M_{\text{šećera kandiranje}} + M_{\text{šećera gubici}} = 40,8 + 17 = 57,8 \text{ kg}$$

Masa vode koju je potrebno ispariti iz rastvora da bi se ponovo koncentrovao do koncentracije ( $C_1 = 75\%$ ):

$$W_{\text{uparavanje}} = M_1 - M_2 = 850 - 272 = 578 \text{ kg}$$



Slika 11.8. Blok šema tehnoloških operacija kandiranja voća sa prikazom masenog bilansa

## 12. LITERATURA

1. Babić, Lj, Babić, M, (2005): Sušenje i skladištenje – Praktikum sa rešenim zadacima, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, Srbija, Univerzitet u Novom Sadu, Srbija s. 78.
2. Babić, Lj, Babić, M, (2012): Sušenje i skladištenje, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, Srbija, Univerzitet u Novom Sadu, Srbija s. 302.
3. Babić, M; Babić, Lj (2007). Fizičke osobine poljoprivrednih materijala – Autorizovana predavanja, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, Srbija, Univerzitet u Novom Sadu, Srbija s. 38.
4. Bourne, M.C. (2002): Food Texture and Viscosity. (2<sup>nd</sup> ed.). Elsevier Science, London. England, p. 427.
5. Jangam, S.V.Law, C.L. Mujumdar, A.S. (2010) Drying of Food, Vegetables and Fruits, Volume 1, CRC Press, New York, s.232
6. Jangam, S.V.Law, C.L. Mujumdar, A.S. (2011) Drying of Food, Vegetables and Fruits, Volume 2, CRC Press, New York, s.220
7. Mohsenin, N., N. (1980): Physical Properties of Plant and Animal Materials, Gordon and Breach, Science Publishers, Inc, New York, America. p. 742.
8. Niketić – Aleksić, G.(1988). Tehnologija voća i povrća, Poljoprivredni Fakultet, Beograd, Srbija, s.425.
9. Pavkov, I, (2006). Kinetika osmotskog sušenja kajsije, Magistarska teza, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad. s. 103.
10. Pavkov, I, (2012). Kinetika kombinovanog sušenja voćnog tkiva, Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad. s.220.
11. Radojčin, M. (2015). Uticaj osmotskog i konvektivnog sušenja na fizičke osobine dunje (*Cydonia oblonga Mill.*). Poljoprivredni fakultet, Novi Sad. s. 144.
12. Rahman, M., S. (2009): Food Properties Handbook (Second Edition), Taylor & Francis Group, CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, p. 861.
13. Voća, S, Dobričević, N, Šic-Žlabur, J. (2011): Priručnik za vježbe iz modula Prerada voća i povrća, Agronomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, Hrvatska, s. 55.
14. Vojislav, Marković, (2009). Tehnologija proizvodnje suve šljive bez koštica, Grafika, Loznica, s. 102.
15. Vračar, Lj. (2001): Priručnik za kontrolu kvaliteta svežeg i prerađenog voća, povrća i pečurki i osvežavajućih bezalkoholnih pića, Tehnološki fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, Srbija, s.220.

**BELEŠKE:**



## 13. PRILOZI

## Prilog 1. Osnovne jedinice i mere veličina

Veličina	Jedinica SI		Druge mere	
Dužina	metar	m	nanometer mikrometra milimetar centimetar decimetar kilometer	$1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m} = 10^{-6} \text{ mm}$ $1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m} = 10^{-3} \text{ mm}$ $1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m}$ $1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m} = 10 \text{ mm}$ $1 \text{ dm} = 10^{-1} \text{ m} = 10 \text{ cm}$ $1 \text{ km} = 10^3 \text{ m}$
Površina	kvadratni metar	m <sup>2</sup>	kvadratni milimetar kvadratni centimetar kvadratni decimetar ar hektar kvadratni kilometar	$1 \text{ mm}^2 = 10^{-6} \text{ m}^2$ $1 \text{ cm}^2 = 10^{-4} \text{ m}^2$ $1 \text{ dm}^2 = 10^{-2} \text{ m}^2$ $1 \text{ a} = 10^2 \text{ m}^2$ $1 \text{ ha} = 10^4 \text{ m}^2 = 100 \text{ a}$ $1 \text{ km}^2 = 10^6 \text{ m}^2 = 100 \text{ ha}$
Zapremina	metar kubni	m <sup>3</sup>	kubni milimetar kubni centimetar kubni decimetar litar mikrolitar mililitar centilitar decilitar hektolitar	$1 \text{ mm}^3 = 10^{-9} \text{ m}^3$ $1 \text{ cm}^3 = 10^{-6} \text{ m}^3$ $1 \text{ dm}^3 = 10^{-3} \text{ m}^3$ $1 \text{ l} = 10^{-3} \text{ m}^3 = 1 \text{ dm}^3$ $1 \mu\text{l} = 10^{-9} \text{ m}^3 = 10^{-6} \text{ l}$ $1 \text{ ml} = 10^{-6} \text{ m}^3 = 10^{-3} \text{ l}$ $1 \text{ cl} = 10^{-5} \text{ m}^3 = 10^{-2} \text{ l}$ $1 \text{ dl} = 10^{-4} \text{ m}^3 = 10^{-1} \text{ l}$ $1 \text{ hl} = 10^{-1} \text{ m}^3 = 10^2 \text{ l}$
Masa	kilogram	kg	milligram centigram decigram gram dekagram megagram tona	$1 \text{ mg} = 10^{-6} \text{ kg} = 10^{-3} \text{ g}$ $1 \text{ cg} = 10^{-5} \text{ kg} = 10^{-2} \text{ g}$ $1 \text{ dg} = 10^{-4} \text{ kg} = 10^{-1} \text{ g}$ $1 \text{ g} = 10^{-3} \text{ kg}$ $1 \text{ dag} = 10^{-2} \text{ kg} = 10 \text{ g}$ $1 \text{ Mg} = 10^3 \text{ kg} = 1 \text{ t}$ $1 \text{ t} = 10^3 \text{ kg} = 1 \text{ Mg}$
Vreme	sekunda	s	milisekunda minuta sat dan godina (annus)	$1 \text{ ms} = 10^{-3} \text{ s}$ $1 \text{ min} = 60 \text{ s}$ $1 \text{ h} = 60 \text{ min} = 3600 \text{ s}$ $1 \text{ d} = 24 \text{ h} = 86400 \text{ s}$ $1 \text{ a} = 8760 \text{ h}$
Sila	njutn	N	mikronjutn milinjutn kilonjutn meganjutn	$1 \mu\text{N} = 10^{-6} \text{ N}$ $1 \text{ mN} = 10^{-3} \text{ N}$ $1 \text{ kN} = 10^3 \text{ N}$ $1 \text{ MN} = 10^6 \text{ N}$

**Prilog 2.** Mehanički sastav pojedinih voćnih vrsta u svežem stanju

Voćna vrsta	Vlažnost %	Mezokarp (%)	Koštica (%)	Peteljka (%)	Pokožica (%)	Ukupni otpadak (%)
Breskva	80 - 88	74 - 85	8 - 15	-	3 - 7	11 - 22
Višnja	81 - 87	87 - 91	7 - 10	3	-	9 - 13
Jabuka	80 - 85	85 - 92	-	-	10 - 23	20 - 35
Kajsija	82 - 86	82 - 88	8 - 15	-	6 - 8	14 - 23
Kruška	78 - 87	84 - 92	-	-	10 - 18	20 - 36
Šljiva	78 - 82	89 - 91	5 - 7	-	4	9 - 11
Jagoda	82 - 92	92 - 96	1,5 - 3	2,5 - 4,5	-	4 - 8

**Prilog 3.** Sadržaj šećera i kiselina u voću

Voćna vrsta	Sadržaj šećera (%)			Ukupne kiseline (%)	pH	Koeficijent slasti: šeć/kis
	invertni	saharoza	ukupni			
Breskva	3,5	4,2	5 - 12	0,5 - 0,7	3,6	9 - 16
Višnja	7,8	0,6	6,9 - 12,5	0,8 - 1,9	3,3	3 - 8
Jabuka	6,8	2,1	6,6 - 15,5	0,4 - 0,8	3,6	9 - 28
Kajsija	4,1	2,2	6,4-12,6	0,6-1,1	3,4	4-15
Kruška	8,1	1,9	8,3-15,4	0,2-0,5	4	23 - 42
Šljiva	8,2	1,8	7 - 15,5	0,5 - 0,7	3,6	6 - 28
Jagoda	3,8	1,7	4,5 - 7,8	0,5	3,5	4 - 10

**Prilog 4.** Peporuke za pripremu različitih voćnih vrsta za sušenje

Voćna vrsta	Ljuštenje	Uklanjanje koštice/semene lože	Oblik za sušenje
Kajsija	ne	da	½ ili ¼ celog ploda
Nektarina	ne	da	¼ , 1/8 ili 1/16 celog ploda
Breskva	ne	da	¼ , 1/8 ili 1/16 celog ploda
Kruška	ne	da	¼ , 1/8 ili 1/16 celog ploda
Dunja	da	da	¼ , 1/8 ili 1/16 celog ploda
Jagoda	ne	-	ceo plod ili ½ celog ploda
Višnja	ne	da	Ceo plod
Jabuka	da / ne	da	¼ , 1/8 ili 1/16, kockice, diskovi
Malina, kupina	ne	-	Ceo plod
Šljiva	ne	da/ne	Ceo plod, ½ celog ploda

**Prilog 5.** Vrednost aktivnosti vode  $a_w$  za neke voćne vrste u zavisnosti od temperature i vlažnosti tkiva

Voćna vrsta	Vlažnost voća [%]	Temperatura voća [°C]		
		20	30	60
Kajsija	7,75	0,10		
	14,79	0,35		
	24,2	0,60		
	60,2	0,90		
Breskva	10	0,40	0,40	0,50
	15	0,50	0,50	0,65
	20	0,60	0,60	0,78
Šljiva	6,1	0,30		
	15,88	0,40		
	26,13	0,60		
	52,8	0,8		

**Prilog 5.** Preporuke za sprečavanje potamnjivanja mezokarpa tokom sušenja

Voćna vrsta	Sumporisanje suvim postupkom (SO <sub>2</sub> ) Tenički sumpor u prahu ≤2g/kg voća	Vodeni rastvor askorbinske ili limunske kiseline ≤ 2%
Kajsija	da	-
Nektarina	da	-
Breskva	da	-
Kruška	da	-
Dunja	da	-
Jagoda	-	Da + CaCl <sub>2</sub> (bez liofilizacije)
Višnja	-	da
Jabuka	-	da
Malina, kupina	-	-
Šljiva	-	da (polutke)

**Prilog 6.** Preporuke za sušenje različitih voćnih vrsta

Voćna vrsta	Tehnika sušenja
Kajsija	Konvektivno sušenje / Osmotsko sušenje+Konvektivno sušenje
Nektarina	Konvektivno sušenje / Osmotsko sušenje+Konvektivno sušenje
Breskva	Konvektivno sušenje / Osmotsko sušenje+Konvektivno sušenje
Kruška	Konvektivno sušenje / Osmotsko sušenje+Konvektivno sušenje
Dunja	Konvektivno sušenje / Osmotsko sušenje+Konvektivno sušenje
Jagoda	Konvektivno sušenje / Osmotsko sušenje+ Konvektivno sušenje / Vakuum sušenje / Liofilizacija
Višnja	Konvektivno sušenje / Osmotsko sušenje+ Konvektivno sušenje
Jabuka	Konvektivno sušenje / Osmotsko sušenje+ Konvektivno sušenje
Malina, kupina	Vakuum sušenje / Liofilizacija
Šljiva	Konvektivno sušenje (ceo plod) / Osmotski + Konvektivno sušenje (polutke)

Napomena: Kosa crta u tabeli "/" ima značenje "ili".

**Prilog 7.** Preporuke parametara procesa sušenja u zavisnosti od voćne vrste i forme ploda za sušenje, tehnike sušenja

Voćna vrsta	Forma	Antioksidacija	Osmotsko sušenje	Konvektivno sušenje
Višnja	Ceo plod bez koštice	Izostavlja se	$t_r = 45^\circ\text{C}$ $C_1 = 65^\circ\text{Bx}$ $\tau_h = 2 \text{ h}$	$t_1 = 70^\circ\text{C}, \tau_1 = 3 \text{ h}$ $t_2 = 60^\circ\text{C}, \tau_2 = 3 \text{ h}$ $t_3 = 50^\circ\text{C}, \tau_3 - \text{do kraja}$
	Ceo plod bez koštice	Izostavlja se	Izostavlja se	$t_1 = 70^\circ\text{C}, \tau_1 = 3 \text{ h}$ $t_2 = 60^\circ\text{C}, \tau_2 = 3 \text{ h}$ $t_3 = 50^\circ\text{C}, \tau_3 - \text{do kraja}$
Kajsija	Polutka	Sumporisanje $\tau_h = 2 \text{ h}$	$t_r = 45^\circ\text{C}$ $C_1 = 65^\circ\text{Bx}$ $\tau_h = 2 \text{ h}$	$t_1 = 70^\circ\text{C}, \tau_1 = 4 \text{ h}$ $t_2 = 60^\circ\text{C}, \tau_2 = 6 \text{ h}$ $t_3 = 50^\circ\text{C}, \tau_3 - \text{do kraja}$
Nektarina	1. Četvrtina 2. U slučaju sitnijih polutka	Sumporisanje $\tau_h = 2 \text{ h}$	$t_r = 45^\circ\text{C}$ $C_1 = 65^\circ\text{Bx}$ $\tau_h = 2 \text{ h}$	$t_1 = 70^\circ\text{C}, \tau_1 = 4 \text{ h}$ $t_2 = 60^\circ\text{C}, \tau_2 = 6 \text{ h}$ $t_3 = 50^\circ\text{C}, \tau_3 - \text{do kraja}$
Breskva	1. Četvrtina 2. U slučaju sitnijih polutka	Sumporisanje $\tau_h = 2 \text{ h}$	$t_r = 45^\circ\text{C}$ $C_1 = 65^\circ\text{Bx}$ $\tau_h = 2 \text{ h}$	$t_1 = 70^\circ\text{C}, \tau_1 = 4 \text{ h}$ $t_2 = 60^\circ\text{C}, \tau_2 = 6 \text{ h}$ $t_3 = 50^\circ\text{C}, \tau_3 - \text{do kraja}$
Vinogradarska breskva	Polutke	Sumporisanje $\tau_h = 1,5 \text{ h}$	$t_r = 45^\circ\text{C}$ $C_1 = 65^\circ\text{Bx}$ $\tau_h = 2 \text{ h}$	$t_1 = 70^\circ\text{C}, \tau_1 = 4 \text{ h}$ $t_2 = 60^\circ\text{C}, \tau_2 = 6 \text{ h}$ $t_3 = 50^\circ\text{C}, \tau_3 - \text{do kraja}$
Kruška	Četvrtina	Sumporisanje $\tau_h = 1,5 \text{ h}$	$t_r = 45^\circ\text{C}$ $C_1 = 65^\circ\text{Bx}$ $\tau_h = 2 \text{ h}$	$t_1 = 70^\circ\text{C}, \tau_1 = 6 \text{ h}$ $t_2 = 60^\circ\text{C}, \tau_2 = 6 \text{ h}$ $t_3 = 50^\circ\text{C}, \tau_3 - \text{do kraja}$
Dunja	Komadi $\approx 30 \times 20 \text{ mm}$	Sumporisanje $\tau_h = 2 \text{ h}$	$t_r = 45^\circ\text{C}$ $C_1 = 65^\circ\text{Bx}$ $\tau_h = 2 \text{ h}$	$t_1 = 70^\circ\text{C}, \tau_1 = 4 \text{ h}$ $t_2 = 60^\circ\text{C}, \tau_2 = 4 \text{ h}$ $t_3 = 50^\circ\text{C}, \tau_3 - \text{do kraja}$
Jabuka	Komadi $\approx 30 \times 20 \text{ mm}$	Rastvor aksobinske kiseline i vode 10 g/l	$t_r = 45^\circ\text{C}$ $C_1 = 65^\circ\text{Bx}$ $\tau_h = 2 \text{ h}$	$t_1 = 70^\circ\text{C}, \tau_1 = 4 \text{ h}$ $t_2 = 60^\circ\text{C}, \tau_2 = 4 \text{ h}$ $t_3 = 50^\circ\text{C}, \tau_3 - \text{do kraja}$
	Listići debljine 6 – 8 mm	Rastvor aksobinske kiseline i vode 10 g/l	Izostavlja se	$t_1 = 70^\circ\text{C}, \tau_1 = 2 \text{ h}$ $t_2 = 60^\circ\text{C}, \tau_2 = 2 \text{ h}$ $t_3 = 50^\circ\text{C}, \tau_3 - \text{do kraja}$
Šljiva	Polutke	1. Sumporisanje ( $\tau_h = 2 \text{ h}$ $m_s = 40 \text{ g}$ ) ili 2. Rastvor aksobinske kiseline i vode 10 g/l ili 3. Izostavlja se	$t_r = 45^\circ\text{C}$ $C_1 = 65^\circ\text{Bx}$ $\tau_h = 2 \text{ h}$	$t_1 = 70^\circ\text{C}, \tau_1 = 6 \text{ h}$ $t_2 = 60^\circ\text{C}, \tau_2 = 6 \text{ h}$ $t_3 = 50^\circ\text{C}, \tau_3 - \text{do kraja}$
	Ceo plod bez koštice	Izostavlja se	$t_r = 45^\circ\text{C}$ $C_1 = 65^\circ\text{Bx}$ $\tau_h = 2 \text{ h}$	$t_1 = 70^\circ\text{C}, \tau_1 = 10 \text{ h}$ $t_2 = 60^\circ\text{C}, \tau_2 = 6 \text{ h}$ $t_3 = 50^\circ\text{C}, \tau_3 - \text{do kraja}$
	Ceo plod sa košticom (nakon sušenja obavlja se iskoštavanje)	Izostavlja se	Izostavlja se	$t_1 = 78^\circ\text{C},$ $\tau_1 = 18 - 22 \text{ h}$

**Prilog 8.** Spisak pravilnika iz oblasti bezbednosti hrane za voće i povrće

1. Pravilnik o kvalitetu voća, povrća i pečurki („Sl. list SFRJ”, br. 29/79, 53/87 „Sl. list SCG”, br. 31/03, 56/03 i 4/04).
2. Pravilnik o kvalitetu proizvoda od voća, povrća i pečurki i pektinskih preparata. („Sl. list SFRJ”, br. 1/79, 20/82, 74/90 „Sl. list SRJ”, br. 33/95, 58/95 „Sl. list SCG”, br. 56/03, 4/04 i 12/05).
3. Pravilnik o kvalitetu voćnih sokova, koncentrisanih voćnih sokova, voćnih nektara, voćnih sokova u prahu i srodnih proizvoda („Sl. list RS”, br. 27/2010 „Sl. list SCG”, br. 56/03 i 4/04).
4. Pravilnik o metodama uzimanja uzoraka i vršenja hemijskih i fizičkih analiza radi kontrole kvaliteta proizvoda od voća i povrća („Sl. list SFRJ”, br. 29/83).
5. Pravilnik o kvalitetu i drugim zahtevima za jestive pečurke i proizvode od jestivih pečuraka („Sl. list SRJ”, br. 31/03 „Sl. list SCG”, br. 56/03 i 4/04)
6. Pravilnik o mikrobiološkoj ispravnosti namirnica u prometu („Sl. list SRJ“, br. 26/93 i 53/95, 46/02)
7. Uputstvo o načinu uzimanja uzoraka za vršenje analiza i superanaliza namirnica i predmeta opšte upotrebe („Sl. list SFRJ“, br. 60/78)
8. Pravilnik o metodama vršenja mikrobioloških analiza i superanaliza životnih namirnica („Sl. list SFRJ“, br. 25/80)
9. Pravilnik o količinama pesticida, metala i metaloida i drugih otrovnih supstancija, hemoterapeutika, anabolika i drugih supstanci koje se mogu nalaziti u namirnicama („Sl. list SRJ“, br. 5/92, 11/92, 32/02)
10. Pravilnik o uslovima u pogledu zdravstvene ispravnosti predmeta opšte upotrebe koji se mogu stavlјati u promet („Sl. list SFRJ“, br. 26/83, 61/84, 56/86, 50/89, 18/91)
11. Pravilnik o posebnoj radnoj odeći i obući lica koja u proizvodnji i prometu dolaze u neposredni dodir sa životnim namirnicama i lica koja rade u proizvodnji i prometu sredstava za održavanje lične higijene, negu i ulepšavanje lica i tela („Sl. glasnik SRS“, br. 22/74).
12. Pravilnik o sanitarno-higijenskim uslovima za objekte u kojima se obavlja proizvodnja i promet životnih namirnica i predmeta opšte upotrebe („Službeni glasnik RS”, br. 6/97, 52/97).
13. Zakon o bezbednosti hrane („Sl. glasnik RS“ 41/2009).
14. Pravilnik o prehrambenim aditivima („Sl. glasnik RS“ 63/2013).
15. Pravilnik o deklarisanju („Sl. glasnik RS“ 19/2017).



