



**UNIVERZA  
V LJUBLJANI**

**BF**

**Biotehniška  
fakulteta**

## **ZBIRKA NALOG IN VPRAŠANJ PRI PREDMETU OSNOVE PREDELAVE ŽIVIL**

za študijski program Živilstva in prehrane



Iztok Prislan



# **ZBIRKA NALOG IN VPRAŠANJ PRI PREDMETU OSNOVE PREDELAVE ŽIVIL**

za študijski program Živilstva in prehrane

Iztok Prislan

Ljubljana, 2024

# **Zbirka nalog in vprašanj pri predmetu Osnove predelave živil: za študijski program Živilstva in prehrane**

**Avtor:** Iztok Prislan

**Oblikovanje in prelom:** Iztok Prislan

**Naslovnica:** Iztok Prislan (pri izdelavi slike je bila uporabljena umetna inteligenca)

**Založila:** Založba Univerze v Ljubljani

**Za založbo:** Gregor Majdič, rektor Univerze v Ljubljani

**Izdala:** Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani

**Za izdajatelja:** Marina Pintar, dekanja Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani

Ljubljana, 2024

Prva e-izdaja

Publikacija je v digitalni obliki prosto dostopna na: <https://ebooks.uni-lj.si>

Publikacija je brezplačna.

DOI: 10.14720/9789612974954



To delo je ponujeno pod licenco Creative Commons Priznanje avtorstva-Deljenje pod enakimi pogoji 4.0 Mednarodna licenca. / This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

Katalogni zapis o publikaciji (CIP) pripravili v  
Narodni in univerzitetni knjižnici v Ljubljani

[COBISS.SI](https://cobiss.si)-ID [218401027](https://cobiss.si/218401027)

ISBN 978-961-297-495-4 (PDF)

## **Predgovor**

Spoštovani študenti in študentke.

Pred vami je zbirka nalog in vprašanj iz predmeta Osnove predelave živil, ki so jih študenti in študentke reševali v preteklih šolskih letih. Gradivo sem pripravil v okviru ukrepa RSF A.II.1: Uporaba in razvoj odprtih učnih gradiv na UL v luči spodbujanja njihovega soustvarjanja s študenti. Naloge sem črpal iz različnih učbenikov, internetnih virov in lastnih zapiskov.

Želim vam veliko uspeha pri reševanju nalog.

Iztok Prislan

## Vsebina

|   |                                    |    |
|---|------------------------------------|----|
| 1 | Tehnološki procesi.....            | 1  |
| 2 | Destilacija .....                  | 5  |
| 3 | Energijske in snovne bilance ..... | 7  |
| 4 | Literatura .....                   | 10 |

# 1 Tehnološki procesi

1. V spodnji tabeli je prikazana porazdelitev delcev po velikosti. Izračunaj povprečno velikost delcev glede na maso. Izračunaj tudi število delcev, ki so ostali na situ z velikostjo odprtín 0,1 mm ( $\rho = 1150 \text{ kg m}^{-3}$ ).

| Velikost odprtín na situ / mm | Masa frakcije / g |
|-------------------------------|-------------------|
| 2,5                           | 0                 |
| 1,0                           | 1,33              |
| 0,6                           | 13,44             |
| 0,4                           | 26,56             |
| 0,25                          | 40,34             |
| 0,1                           | 64,02             |
| 0,04                          | 10,79             |
| dno posode                    | 5,27              |

R:  $\bar{d} = 0,32 \text{ mm}$ ,  $N_i = 1,98 \cdot 10^7$  delcev

2. Kup soli, ki ima gostoto  $1050 \text{ kg m}^{-3}$ , razdelimo na dva enaka dela, od katerih vsak tehta 5 kg. Prvi del presajamo skozi sito 1 in 2 ter ugotovimo, da 38 % soli prehaja skozi sito 1 in se ujame na sito 2. Drugi del presajamo skozi sito 3 in 4 ter ugotovimo, da 5 % soli pa prehaja skozi sito 3 in se ujame na sito 4. Če privzamemo, da imajo odprtine na sitih obliko kvadratov, so dolžine stranic odprtín na posameznih sitih naslednje:

| oznaka sita | dolžina stranice odprtine / mm |
|-------------|--------------------------------|
| 1           | 2,83                           |
| 2           | 2,00                           |
| 3           | 0,177                          |
| 4           | 0,125                          |

Ob predpostavki, da so delci v obliki pravih krogel, izračunaj število delcev med siti 1 in 2 ter število delcev med siti 3 in 4. Izračunaj še površino vseh kristalov med siti 1 in 2 ter površino vseh kristalov med siti 3 in 4.

R:  $N_{1,2} = 245500$ ,  $S_{1,2} = 4,5 \text{ m}^2$ ,  $N_{3,4} = 132 \cdot 10^6$ ,  $S_{3,4} = 9,45 \text{ m}^2$

3. Zrno soje vsebuje 18 % olja, 35 % proteinov, 27 % ogljikovih hidratov, 10 % vlaknin in pepela ter 10 % vode. 1000 kg zrn najprej zdrobimo in stisnemo, tako da vsebnost olja pade na 6 % mase zrna soje. Nato preostanek ekstrahiramo z heksanom, tako da vsebnost olja pade na 0,5 % mase zrna soje. Na koncu ostanek po ekstrakciji posušimo, tako da soja vsebuje še 8 % vode.

Izračunaj sestavo zrn soje po a) stiskanju, b) ekstrakciji, c) sušenju.

R:

| PROCES      | w(olje) | w(proteini) | w(OH) | w(v+p) | w(H <sub>2</sub> O) |
|-------------|---------|-------------|-------|--------|---------------------|
| stiskanje   | 0,06    | 0,40        | 0,31  | 0,115  | 0,115               |
| ekstrakcija | 0,005   | 0,425       | 0,328 | 0,121  | 0,121               |
| sušenje     | 0,005   | 0,445       | 0,343 | 0,127  | 0,08                |

4. V prvem procesu mletja zmanjšamo velikost delcev za 90 %, v drugem procesu pa za 99 %. S pomočjo Kickovega in Rittingerjevega zakona izračunaj, kolikokrat več energije potrebujemo za drugi proces, če ga primerjamo s prvim.

R: Kickov zakon :  $E_2/E_1 = 2$ , Rittingerjev zakon :  $E_2/E_1 = 11$

5. Med pripravo testa dodamo 700 g sladkorja v 100 kg moke. Iz mešalnika vzamemo 4 vzorce po 1 min, 5 min in 10 min mešanja in določimo količino sladkorja. Rezultati so podani v spodnji tabeli:

| $t_{\text{mešanja}} / \text{min}$ | vsebnost sladkorja v % |      |      |      |
|-----------------------------------|------------------------|------|------|------|
| 1                                 | 0,21                   | 0,46 | 0,89 | 0,10 |
| 5                                 | 0,85                   | 0,62 | 0,75 | 0,58 |
| 10                                | 0,72                   | 0,71 | 0,68 | 0,71 |

a) Izračunaj indeks mešanja ( $M_2$ ) za vsako vzorčenje. Za standardni odmik na začetku mešanja uporabi enačbo  $\sqrt{\frac{m_{\text{sladkor}}}{m_{\text{zmes}}} \cdot \left(1 - \frac{m_{\text{sladkor}}}{m_{\text{zmes}}}\right)}$ . Za idealno mešanje predpostavi, da je standardni odmik 0,01 %.

b) Primerjaj izračunane indekse mešanja in razloži razliko. Izračunaj čas, ki je potreben, da dosežemo indeks mešanja 0,01.

R:  $M_{2(1)} = 0,53$ ,  $M_{2(2)} = 0,37$ ,  $M_{2(3)} = 0,079$ ,  $t_m = 15 \text{ min}$

6. 5 kg bolj grobo zmletga vzorca NaCl stresemo na sito z velikostjo odprtin 2,83 mm. 38 % soli se preseje skozi omenjeno sito in se zadrži na situ z velikostjo odprtin 2,00 mm. Vzamemo 5 kg bolj drobno zmletga vzorca NaCl in ga stresemo na sito z velikostjo odprtin 0,177 mm. 5 % soli se preseje skozi omenjeno sito in se zadrži na situ z velikostjo odprtin 0,125 mm. Gostota soli za oba vzorca znaša  $1050 \text{ kg m}^{-3}$ . Privzemi, da so kristali soli sferične oblike in izračunaj površino presejanih frakcij soli. (NAMIG: Najprej izračunaj število delcev v presejani frakciji, nato pa celokupno površino).

R:  $S_1 = 4,5 \text{ m}^2$ ,  $S_2 = 9,5 \text{ m}^2$

7. Hrano sestavljajo delci s povprečnim premerom 6 mm. S pomočjo mlina, ki ga poganja motor z močjo 500 W, nam uspe zmanjšati povprečni premer delcev na  $1,2 \times 10^{-3} \text{ mm}$  v 12 s mletja. Koliko časa bi potrebovali, da bi zmanjšali povprečni premer delcev na  $0,8 \times 10^{-3} \text{ mm}$ , če za opazovano mletje velja Rittingerjev zakon?

R:  $t = 18 \text{ s}$

8. Želimo pripraviti sladoled iz smetane, mleka in sladkorja. Sestave posameznih komponent in želena sestava sladoleda so prikazane v spodnji tabeli:

| Komponenta/izdelek | delež maščobe | delež vode   | delež ogljikovih hidratov |
|--------------------|---------------|--------------|---------------------------|
| Smetana            | 0,36          | 0,64         | 0                         |
| Mleko              | 0,032         | 0,87         | 0,048                     |
| Sladkor            | 0             | 0            | 100                       |
| <i>Sladoled</i>    | <i>0,110</i>  | <i>0,670</i> | <i>0,191</i>              |

Izračunaj količine smetane, mleka in sladkorja, ki jih potrebuješ za pripravo 700 kg sladoleda.

R:  $m(\text{smetana}) = 177,5 \text{ kg}$ ,  $m(\text{maščoba}) = 409,1 \text{ kg}$ ,  $m(\text{sladkor}) = 113,4 \text{ kg}$

9. Kako razdelimo procese glede na način prehoda snovi preko mej opazovanega procesa in kako glede na časovni potek sprememb?

10. Zakaj je običajno potrebno živila pred vstopom v proces očistiti? Naštej vsaj 7 različnih nečistoč, s katerimi se srečujemo pri predelavi živil.

11. Razloži razliko med šaržnim in kontinuirnim procesom. Izpostavi vsaj dve prednosti in dve slabosti šaržnega ter pretočnega mešalnega reaktorja.

12. Zapiši Kickov in Rittingerjev zakon in pojasni oznake v enačbah. Kdaj uporabimo Kickov in kdaj Rittingerjev zakon?

13. Razloži, kako deluje sušenje z zamrzovanjem.

14. Naštej tri metode suhega čiščenja in tri metode mokrega čiščenja.

15. Kako je količina energije, ki jo potrebujemo za drobljenje, povezana z velikostjo delcev?

16. Kako lahko spremljamo spremembe v sestavi mešanice in stopnjo mešanja?

17. Od katerih dejavnikov je odvisna stopnja mešanja? Katera fizikalna lastnost snovi bo po tvojem mnenju imela glavni vpliv na načrtovanje procesa mešanja in izbiro opreme? Svojo odločitev pojasni.

18. Primerjaj sušenje z razprševanjem in sušenje z zamrzovanjem. Pri kateri vrsti sušenja je večja nevarnost za poslabšanje kvalitete končnega izdelka? Zakaj?

19. Opiši eno metodo suhega in eno metodo mokrega čiščenja.

20. Katere dejavnike moramo upoštevati pred izbiro opreme/metode za zmanjševanje velikosti delcev? Izberi si enega izmed naštetih dejavnikov in opiši, kako lahko vpliva na predelavo hrane.

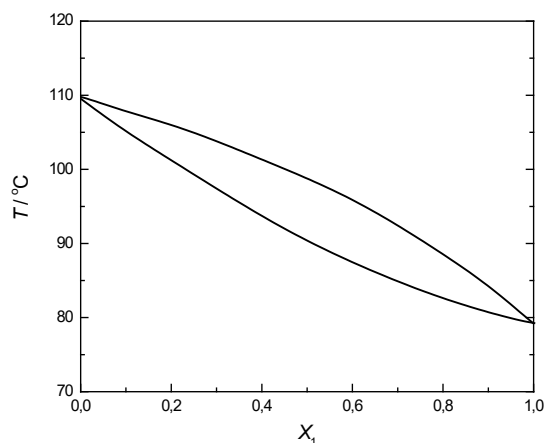
21. Opiši proces liofilizacije živil. Zakaj so v liofilizatorju prisotna hladilna rebra (hladilnik)?

22. Kakšna je razlika med razvrščanjem in ocenjevanjem? Naštej lastnosti, na osnovi katerih lahko izvedemo razvrščanje surovin oz. produkta. Izberi si eno od lastnosti in opiši, kako bi izvedel razvrščanje surovine oz. produkta na osnovi izbrane lastnosti.
23. Nariši fazni diagram vode in z njegovo pomočjo opiši vsaj dva načina, kako bi lahko agregatno stanje vode v kocki ledu spremenil v plinasto.
24. Naštej 4 osnovne procese mehanske predelave in 4 osnovne procese mehanske ločbe, ki jih srečamo pri predelavi živil.
25. Kako deluje parna destilacija in kaj je njen končni produkt?
26. Zapiši enačbo za poljubni indeks mešanja in pojasni, kdaj jo uporabljamo. Razloži, kaj predstavljajo posamezni členi v zapisani enačbi in ugotovi, koliko znaša limita indeksa mešanja.

## 2 Destilacija

27. Parni tlak benzena pri 20 °C je 77 mm Hg, parni tlak toluena pa znaša 20 mm Hg. Iz spodnjega vrelnega diagrama za mešanico benzen - toluen določi vrelišče toluena in vrelišče benzena ter pojasni kaj prikazuje simbol  $X_1$ ?

R:  $T_v(\text{toluen}) = 110\text{ °C}$



28. Parni tlak benzena pri 20 °C je 77 mm Hg, parni tlak toluena pa znaša 20 mm Hg? S pomočjo zgornjega vrelnega diagrama določi, pri kateri temperaturi bo zavrela mešanica, ki vsebuje 4 mole toluena in 1 mol benzena. Kakšna bo sestava pare, ki bo v ravnotežju nad raztopino?

R:  $T_v = 101\text{ °C}$ , sestava pare:  $Y(\text{benzen})=0,41$ ,  $Y(\text{toluen}) = 0,59$

29. 1000 kg drozge za izdelavo whiskeya vsebuje 9 % alkohola in 15 % mešanice žit. Drozgo destiliramo in dobimo destilat s 70 % vsebnostjo alkohola (w/w) in preostanek z 2 % vsebnostjo alkohola (w/w). Izračunaj maso destilata.

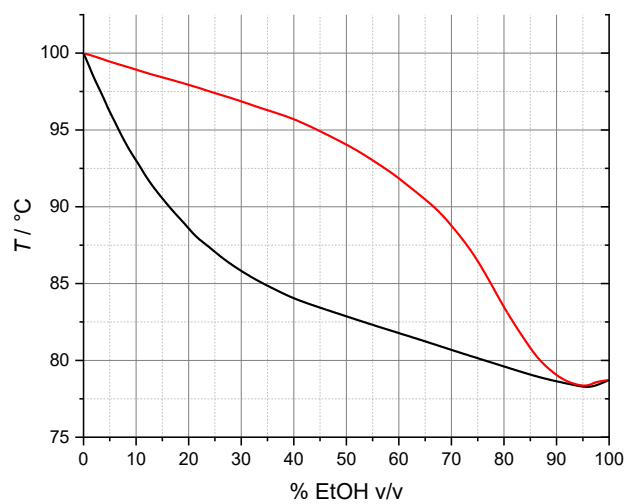
R:  $m(\text{destilat}) = 103\text{ kg}$

30. Zakaj so kotli in destilacijske kolone pri proizvodnji whiskeya navadno izdelani iz bakra oz. prevlečeni z bakrom?

31. Na kakšen način in zakaj uporabljamo baker pri destilaciji žganih pijač? Zakaj prvo in zadnjo frakcijo pri destilaciji žganih pijač zavržemo?

32. Izvedemo parno destilacijo mešanice dveh tekočin A in B. Tekočini se med seboj in z vodo ne mešata. Pri 90 °C je parni tlak vode 526 mm Hg, parni tlak tekočine A 127 mm Hg in parni tlak tekočine B 246 mm Hg. Ali bo mešanica zavrela nad ali pod 90 °C? Razloži.

33. Drozga za proizvodnjo whiskeya vsebuje 10 % alkohola. S pomočjo vrelnega diagrama za mešanico voda/alkohol razloži, kako bi dobil destilat s 70 % vsebnostjo alkohola.



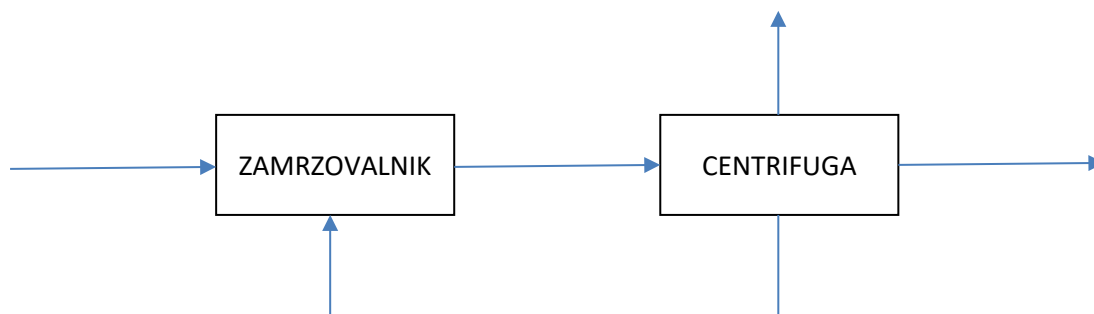
### 3 Energijske in snovne balance

34. V uparjalnik vodimo sveži pomarančni sok z 12 % masnim deležem suhe snovi, z vstopnim pretokom 10000 kg/h. Iz uparjalnika izhajata voda in koncentriran pomarančni sok (60 % suhe snovi). Tok s koncentriranim pomarančnim sokom vodimo v mešalnik, kjer ga združimo z drugim tokom svežega pomarančnega soka (12 % suhe snovi). Iz mešalnika izteka pomarančni sok, katerega masni delež suhe snovi znaša 42 %.

35. Izračunaj masni pretok vode iz uparjalnika, masni pretok svežega pomarančnega soka v mešalnik in masni pretok pomarančnega soka na izhodu iz mešalnika. Privzemi, da spremljaš stacionaren proces. (NAMIG: Nariši obe stopnji procesa z vsemi vstopnimi in izstopnimi tokovi ter vsako stopnjo obravnavaj kot opazovan sistem (postavi meje okoli posamezne stopnje procesa))

$$R: \dot{m}_{\text{voda,OUT}} = 8000 \frac{\text{kg}}{\text{h}}, \dot{m}_{\text{sveži sok,IN}} = 1200 \frac{\text{kg}}{\text{h}}, \dot{m}_{\text{sok,OUT}} = 3200 \frac{\text{kg}}{\text{h}},$$

36. Sadni sok z 10 % suhe snovi vstopa s pretokom 1000 kg/h v zamrzovalnik. Nastalo brozgo (koncentriran sadni sok in led) vodimo v centrifugo, s pomočjo katere odstranimo led. Del sadnega soka z neznanim deležem suhe snovi in pretokom 500 kg/h vrnemo nazaj v zamrzovalnik, del sadnega soka s 40 % suhe snovi pa zapusti proces. Opisan proces prikazuje spodnja skica:



Izračunaj masni tok ledu, ki ga odstranimo s centrifugo in masni tok sadnega soka s 40 % suhe snovi, ki zapusti proces. Privzemi, da opazuješ stacionarni proces.

$$R: \dot{m}_{\text{led}} = 750 \frac{\text{kg}}{\text{h}}, \dot{m}_{\text{sok}} = 250 \frac{\text{kg}}{\text{h}},$$

37. Tekom sušenja v sušilniku zmanjšate delež vode v koščkih korenja iz 81 % na 15 %. Za sušenje uporabljate vroč zrak, v katerem je še 0,012 kg vode na 1 kg suhega zraka. Masni pretok vročega zraka je 400 krat večji kot masni pretok posušenega korenja. Izračunajte količino vode v 1 kg suhega zraka na izstopu iz sušilnika.

$$R: m(\text{H}_2\text{O}) = 0,021 \text{ kg} / 1 \text{ kg suhega zraka}$$

38. Nekatere raziskave kažejo, da je proces kristalizacije medu najpočasnejši pri masnem razmerju glukoza : voda = 1,7 : 1. Izračunaj razmerje, v katerem moraš zmešati dve vrsti medu, katerih sestavi sta prikazani v spodnji tabeli, da bo razmerje glukoza : voda v mešanici enako 1,7. Kakšna bo sestava tako pripravljene mešanice?

| MED | delež glukoze [%] | delež fruktoze [%] | delež saharoze [%] | delež vode [%] |
|-----|-------------------|--------------------|--------------------|----------------|
| 1   | 35                | 33                 | 6                  | 16             |
| 2   | 27                | 37                 | 7                  | 19             |

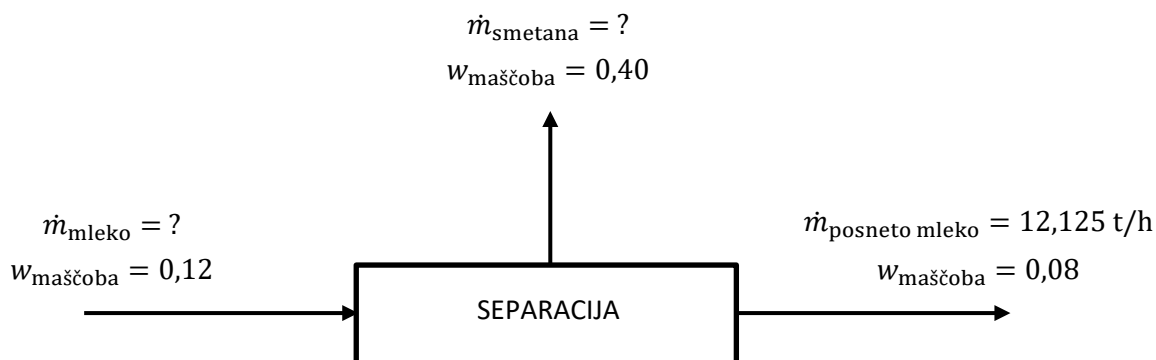
R: Med(1):Med(2) = 2:3

39. Za pripravo koncentriranega mleka uporabljamo mleko, ki vsebuje 88 % vode. Najprej mleko centrifugiramo in dobimo smetano s 55 % vsebnostjo vode ter posneto mleko. Posneto mleko vodimo v evaporator, kjer odstranimo del vode ter dobimo koncentrirano mleko. Odstranjevanje vode poteka pri  $T = 67,2\text{ °C}$  in  $p = 0,28\text{ bar}$ . Koliko navadnega mleka potrebujemo, da pripravimo 410 g koncentriranega mleka s 74 % vode, če je volumen pare, ki zapusti evaporator, enak  $2,82\text{ m}^3$ ?

R:  $m(\text{mleko}) = 921\text{ g}$

40. V prejšnji nalogi smo v evaporatorju vodo iz mleka odstranjevali pri  $T = 67,2\text{ °C}$  in  $p = 0,28\text{ bar}$ . Razloži izbiro parametrov s stališča ohranjanja hranilne vrednosti živila in s stališča učinkovitega odstranjevanja vode.

41. Proces ločevanja mleka na smetano in posneto mleko v centrifugi prikazuje spodnja shema:



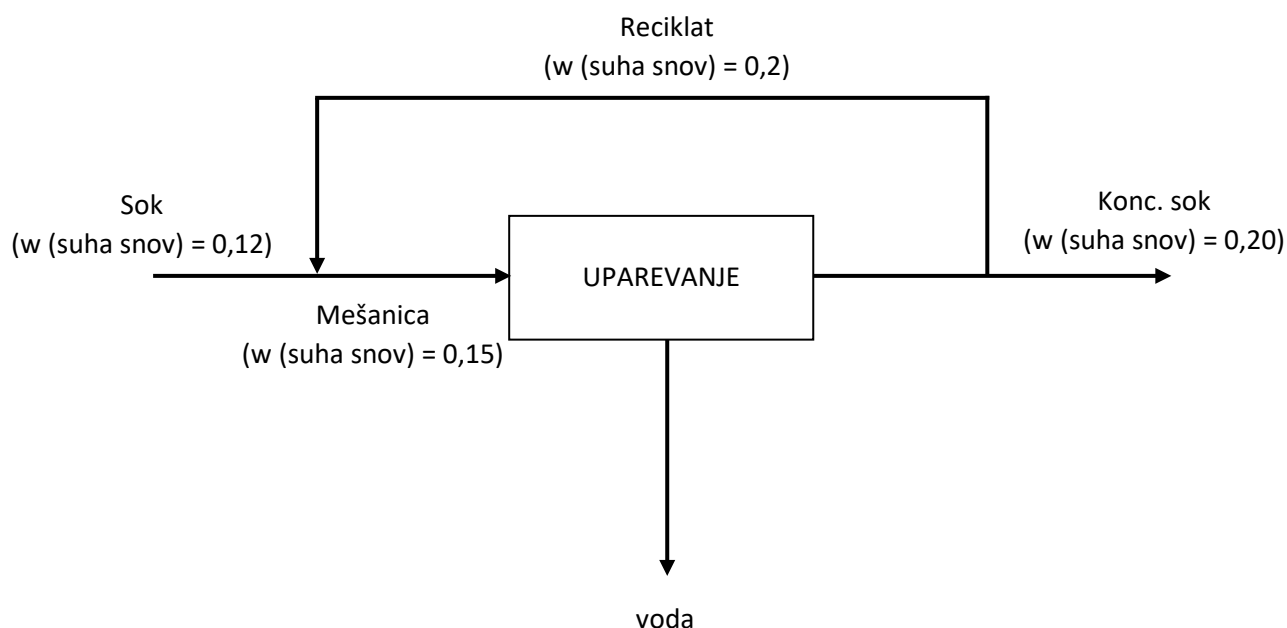
Izračunaj količino svežega mleka in čas, ki ju potrebujemo za proizvodnjo 3 ton smetane.

R:  $t = 104\text{ min}$ ,  $m(\text{mleka}) = 24\text{ ton}$

42. Zamrzniti želite 10000 štruc kruha iz temperature  $18\text{ °C}$  na temperaturo  $-18\text{ °C}$ . Štruca kruha tehta  $0,75\text{ kg}$ , njena toplotna kapaciteta nad temperaturo zmrzišča ( $T_{\text{zmrzišča}} = -2\text{ °C}$ ) je  $2,93\text{ kJ kg}^{-1}\text{ °C}^{-1}$ , toplotna kapaciteta pod temperaturo zmrzišča je  $1,42\text{ kJ kg}^{-1}\text{ °C}^{-1}$ , sprememba talilne entalpije pa znaša  $115\text{ kJ kg}^{-1}$ . Izračunaj toplotni tok (moč hladilnika), ki je potreben za zamrznitev 10000 štruc kruha v enem dnevu.

R:  $P = 17\text{ kW}$

43. Če želimo skoncentrirati sok, ga vodimo skozi proces uparevanja, ki je prikazan spodaj:



44. Če vstopni tok soka znaša  $400 \text{ kg h}^{-1}$ , izračunaj masni pretok koncentriranega soka, dnevno proizvodnjo koncentriranega soka in pretok reciklata.

R:  $\dot{m}_{\text{sok}} = 240 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$ ,  $\dot{m}_{\text{reciklat}} = 240 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$ ,  $m(\text{dnevna proizvodnja}) = 5760 \text{ kg}$

45. Sok vstopa v grelnik s pretokom  $140 \text{ kg/h}$ . V grelniku ga s pomočjo vroče vode, ki teče po zunanjem plašču, segrejemo z začetne temperature  $T = 4^\circ\text{C}$  do končne temperature  $T = 55^\circ\text{C}$ . Vroča voda vstopa v zunanji plašč grelnika s pretokom  $200 \text{ kg/h}$  in s  $T = 90^\circ\text{C}$ .

$c_p(\text{sok}) = 3,85 \text{ kJ kg}^{-1}^\circ\text{C}^{-1}$

$c_p(\text{voda}) = 4,18 \text{ kJ kg}^{-1}^\circ\text{C}^{-1}$

Zanemari izgube, upoštevaj da je proces stacionaren in izračunaj temperaturo vode na izstopu iz grelnika.

R:  $T_{\text{OUT}} = 57,1^\circ\text{C}$

46. Mleko vstopa v grelnik s pretokom  $100 \text{ kg/h}$ . V grelniku ga s pomočjo vroče vode, ki teče po zunanjem plašču, segrejemo z začetne temperature  $T = 2^\circ\text{C}$  do končne temperature  $T = 43^\circ\text{C}$ . Vroča voda vstopa v zunanji plašč grelnika s pretokom  $200 \text{ kg/h}$  in s  $T = 90^\circ\text{C}$  ter izstopa s  $T = 65^\circ\text{C}$ . Oцени toplotno kapaciteto mleka ( $w(\text{H}_2\text{O}) = 0,87$ ;  $w(\text{maščobe}) = 0,035$ ;  $w(\text{ogljikovi hidrati}) = 0,048$ ;  $w(\text{beljakovine}) = 0,037$ ;  $w(\text{mineralne soli}) = 0,010$ ) in izračunaj, koliko toplote se izgubi v okolico pri opisanem procesu.

$c_p(\text{voda}) = 4,18 \text{ kJ kg}^{-1}^\circ\text{C}^{-1}$

R:  $c_p(\text{mleko}) = 3,89 \text{ kJ kg}^{-1}^\circ\text{C}^{-1}$ ,  $\dot{Q}_{\text{izguba}} = -1,38 \text{ kW}$

## 4 Literatura

Yanniotis S. 2008. Solving Problems in Food Engineering, New York, USA, Springer

Berk Z. 2009. Food Process Engineering and Technology, London, UK, Elsevier

Long C., Sayma N. 2010. Heat Transfer: Exercises, eBook, Chris Long, Naser Sayma & Ventus Publishing ApS.

Fellows P. 2000. Food Processing Technology, Cambridge, UK, CRC Press

Toledo R. T. 2007. Fundamentals of Food Process Engineering, New York, USA, Springer

Hartel R. W. et al. 2008. Math Concepts for Food Engineering, Boca Raton, USA, CRC Press

Das S. K., Das M. 2019. Fundamentals and Operations in Food Process Engineering, Boca Raton, USA, CRC Press