

# POSTROJENJE I TEHNOLOŠKI POSTUPAK ZA PROIZVODNJU KRUTOG JOGURTA DVOSTEPENOM FERMENTACIJOM

STANIŠIĆ S. — PETRIČIĆ A.

Tehnološki fakultet, Zagreb

## Uvod

Jogurt, poznat doskora kao proizvod zemalja Balkanskog poluotoka, usvajaju sve više i druge zemlje Evrope i Amerike. Pri tome potrošnja jogurta i proizvoda na bazi jogurta sve se više povećava. Uporedo s tim radi se na uvođenju novih tehnoloških postupaka i za to potrebnih postrojenja.

Iako se u našoj zemlji kiselo-mlječni napitci proizvode već od davnine pod raznim nazivima, a također spadamo u zemlje s najvećom potrošnjom kiselo-mlječnih proizvoda, ipak se kod nas malo radi na uvođenju novih tehnoloških postupaka i postrojenja za proizvodnju jogurta.

## Postupci i postrojenja za proizvodnju jogurta

Proizvodnja krutog jogurta proizvodi se danas u svijetu diskontinuirano, polukontinuirano i kontinuirano.

Diskontinuirana je proizvodnja jogurta vrlo jednostavna. Za diskontinuiranu su proizvodnju jogurta potrebni fermentori za jogurtnu kulturu, pločasti izmjenjivač topline, uređaj za otapanje mlječnog praha, homogenizator, cisterne za termostatiranje pasteriziranog mlijeka, posude za cijepljenje mlijeka, pumpe, punilice za jogurt i termokomore za mlijeko.

Diskontinuirana proizvodnja jogurta (sl. 1) provodi se tako da se svježe mlijeko iz cisterna za svježe mlijeko dovodi pumpom u balansnu posudu (1). Iz balansne posude (1) svježe se mlijeko pumpom (2) prebacuje u prvu sekciju pločastog izmjenjivača topline (3) gdje se grije vrućim termostatiranim mlijekom od 5 °C do 45—55 °C. Iz prve sekcije pločastog izmjenjivača topline (3) mlijeko se uvodi u homogenizator (5) i na tom putu se u njega iz uređaja za doziranje mlječnog praha (4) dodaje oko 3% mlječnog praha. Iz homogenizatora (5) mlijeko se preko druge sekcije pločastog izmjenjivača topline (3), gdje se grije ogrijevnom parom na temperaturu 85—95°C dovodi u cisterne za termostatiranje pasteriziranog mlijeka (6). U cisternama za termostatiranje pasteriziranog mlijeka (6), drži se mlijeko oko 30 minuta, a zatim se pumpom (7), preko prve sekcije pločastog izmjenjivača topline (3), gdje se hladi na oko 45°C, odvodi u posude za cijepljenje mlijeka (8).

Jogurtna kultura se proizvodi u fermentorima za jogurtnu kulturu (9) odakle se pumpom (10) ubacuje u posude za cijepljenje mlijeka (8), gdje uz miješanje ostaje oko 5 minuta. Iz posuda za cijepljenje mlijeka (8) mlijeko se uvodi u punilicu (11), gdje se puni u čašice, koje se zatim preko akumulacionog stola (12) slažu u košare i kolicima (13) odvoze u termokomoru za mlijeko (14).

U termokomori za mlijeko (14) održava se temperatura oko 45 °C i na toj temperaturi mlijeko ostaje oko 150 minuta i fermentira do kiselosti oko 27 °SH.

Nakon fermentacije se jogurt naglo hladi i zatim odvozi u hladnjaču gdje se na temperaturi oko 4 °C čuva do upotrebe.

Nedostatak je diskontinuirane proizvodnje jogurta proizvodnja u šaržama za što je potrebna znatna količina jogurtne kulture i znatan utrošak radne snage. Iako je ovaj postupak »zastario«, ipak se primjenjuje u svim našim mljekarama pri proizvodnji krutog jogurta. Postupak za diskontinuiranu proizvodnju jogurta zahtijeva znatne investicije, jer je potreban veći broj aparata.

Za kontinuiranu proizvodnju jogurta aparati su povezani u liniju čime se postiže kontinuiranost procesa. Nekoliko velikih tvornica mljekarske opreme već izrađuju kompletna postrojenja za kontinuiranu proizvodnju jogurta od kojih mnoga već rade u suvremenim mljekarama.

Značajniji proizvođači postrojenja za kontinuiranu proizvodnju jogurta su Aktini iz Francuske, Ahlborn iz SR Njemačke, APV iz Engleske, Holstein-Kappert iz SR Njemačke i Stork iz Holandije i dr.

Postrojenja za kontinuiranu proizvodnju jogurta u pojedinostima se razlikuju, međutim slična su u suštini. Postrojenja za kontinuiranu proizvodnju jogurta se sastoje iz više aparata grupiranih u cjeline u kojima se provode pojedine faze tehnološkog procesa. Bitni su aparati za kontinuiranu proizvodnju jogurta:

- cisterne za standardizaciju mlijeka,
- uređaj za otapanje mlječnog praha,
- pločasti izmjenjivač topline,
- cisterne za termostatiranje pasteriziranog mlijeka,
- homogenizator,
- fermentori za jogurtu kulturu,
- punilice za jogurt i
- fermentori za mlijeko.

Postrojenja za kontinuiranu proizvodnju jogurta se primjenjuju u mljekarama s velikom dnevnom proizvodnjom.

Pored diskontinuirane i kontinuirane proizvodnje jogurta u nekim se zemljama uvodi polukontinuirana proizvodnja jogurta. Osnova ovog postupka je kontinuirani uzgoj mikroorganizama i provođenje fermentacije u dva stepena.

Stručnjaci koji su radili na kontinuiranoj proizvodnji krutog jogurta morali su teoretski i praktično riješiti mikrobiološka i tehnička pitanja.

Mikroorganizmi koji provode fermentaciju laktoze u mlječnu kiselinu trebaju u povoljnim uvjetima nekoliko sati da proizvedu jogurt tražene kiselosti.

U diskontinuiranom uzgoju mikroorganizmi se umnažaju i provode mlječnu kiselinu fermentaciju, dok se proizvodi metabolizma ne nagomilaju do određene koncentracije. Brzina umnažanja mikroorganizama ovisi o koncentraciji hranjivih tvari u mlijeku, temperaturi mlijeka i dr. Porast broja mikroorganizama prestaje kada koncentracija proizvoda metabolizma dovoljno naraste. Proučavanjem tog pitanja i traženjem prikladnog rješenja bavili su se mnogi učenjaci kao Rogers i Whittier (1930), Lebedev (1936), Korolev (1940), Utenkov (1941), Malek (1943), Monod (1950) i drugi.

Rješenje je nađeno u kontinuiranoj fermentaciji. Teoretske postavke i matematičku analizu kontinuiranog uzgoja mikroorganizama prvi su dali Monod (1950), te Novicki i Szilard (1950), pri čemu su došli do zaključka da se kultura bakterija može održati aktivnom duže vremena u mlijeku koje protječe. Uzgoj jogurtnih bakterija u mlijeku koje protječe omogućuje kontinuiranu fermentaciju, jer se bakterijama neprekidno dovode nove hranjive tvari, a istodobno odvođe proizvodi metabolizma (mlječna kiselina), koji bi nagomilani usporavali daljnje umnožavanje jogurtnih bakterija.

Također je trebalo riješiti tehničke probleme, te povezati čitav tehnološki proces u jednu proizvodnu cjelinu. Praktično su na rješavanju ovog pitanja radili i predložili postrojenje: u SSSR-u Brjanski i Bazlov (1961), Kikojan (1964), u Francuskoj Eyard i saradnici (1964), u Švicarskoj Pennekamp (1961), Bürkl (1963), u Japanu Ueno (1966), u Bugarskoj Girginov (1964), u SR Njemačkoj Schuler (1973) i dr.

U nekim mljekarama u Bugarskoj se polukontinuirano proizvodi jogurt. Osnovno načelo procesa je u tome da se mlijeko najprije kontinuirano pre-fermentira do određene kiselosti, zatim puni u čašice te fermentira do kraja. Proces je fermentacije u čašicama time znatno skraćen na oko 90 minuta, a može se provoditi kontinuirano.

### **Opis postrojenja za proizvodnju jogurta dvostepenom fermentacijom**

U Laboratoriju za tehnologiju mlijeka i mlječnih proizvoda i Laboratoriju za tehnološke operacije Tehnološkog fakulteta razrađen je postupak i projektirano postrojenje za proizvodnju krutog jogurta dvostepenom fermentacijom učina 1,8 m<sup>3</sup>/h.

Kapacitet ovog postrojenja je odabran tako da zadovolji potrebe većine naših mljekara. Pri projektiranju se pošlo od toga da se pri radu postrojenja u tri smjene zadovolje potrebe vršne potrošnje (36 m<sup>3</sup>/dan), pri radu u dvije smjene, zadovolji potrebe osrednje potrošnje (25 m<sup>3</sup>/dan) i pri radu u jednoj smjeni zadovolji potrebe najmanje potrošnje (12 m<sup>3</sup>/dan) mljekara ovog kapaciteta.

Pri projektiranju ovog postrojenja se vodilo računa i o mogućnosti sastavljanja od aparata koje već upotrebljavaju naše mljekare.

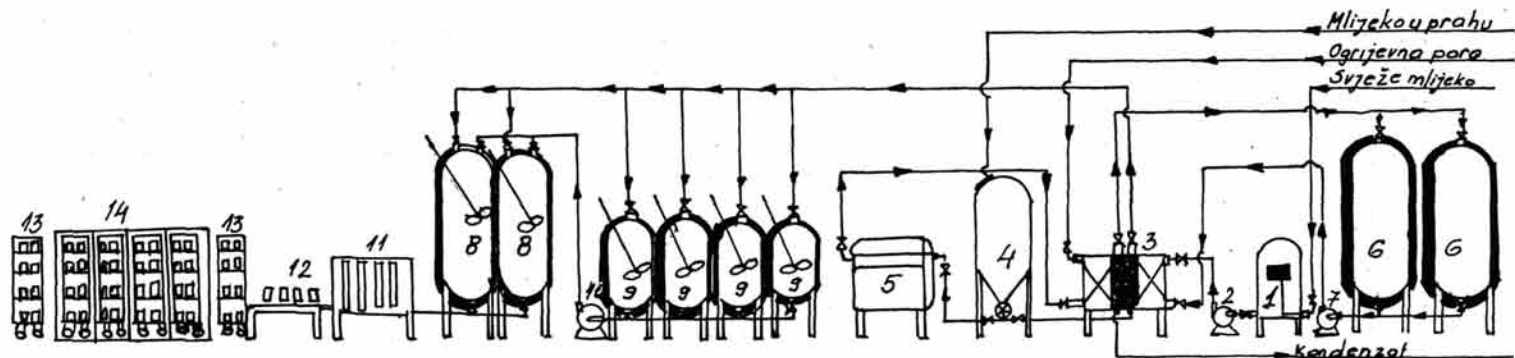
Pokus kontinuiranog uzgoja bakterija mlječno kiselog vrenja provodi se duže vremena u Laboratoriju za tehnologiju mlijeka i mlječnih proizvoda.

Projektirano se postrojenje za dvostepenu fermentaciju jogurta, temelji na provedenim pokusima dvostepene fermentacije jogurta u našem Laboratoriju kao i na publiciranim rezultatima diskontinuirane, polukontinuirane i kontinuirane proizvodnje jogurta.

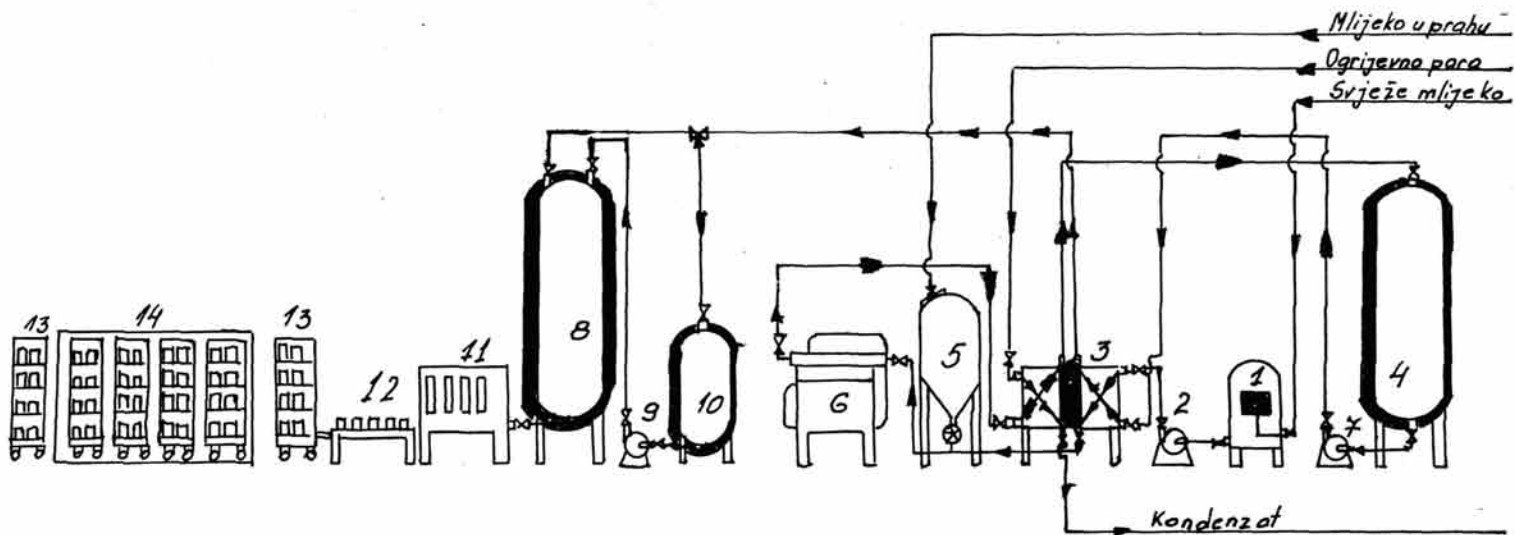
Prema ovom postupku (sl. 2) svježe mlijeko neprekidno dotječe u balansnu posudu (1), iz koje se pumpom (2) mlijeko odvodi u prvu sekciju pločastog izmjenjivača topline (3), gdje se grije od 5°C na 45—55°C pasteriziranim mlijekom iz cisterne za termostatanje (4) koje se pri tome hladi od 85—95 °C na 45 °C. Iz prve sekcije pločastog izmjenjivača topline (3) mlijeko se vodi u homogenizator (6) i na tom putu mu se dodaje mlječni prah iz uređaja za doziranje mlječnog praha (5). Iz homogenizatora (6) mlijeko se odvodi u drugu sekciju pločastog izmjenjivača topline (3) gdje se grije ogrjevnom parom na oko 85—95 °C.

Pasterizirano mlijeko iz druge sekcije pločastog izmjenjivača topline (3) odvodi se u cisternu za termostatanje pasteriziranog mlijeka (4). U cisterni za termostatanje (4) pasteriziranog mlijeka ostaje 30 minuta, kamo se neprekidno dovodi odozgo i odvodi odozdo.

Iz cisterne za termostatanje (4) pasteriziranog mlijeka pumpom (7) se odvodi u prvu sekciju pločastog izmjenjivača topline (3), gdje se hladi od 85—95 °C na 45 °C. Iz pločastog izmjenjivača topline (3) pasterizirano se mlijeko odvodi u fermentor za mlijeko (8). U fermentor za mlijeko (8) se pumpom (9) uvodi jogurtna kultura iz fermentora za jogurtu kulturu (10), kod upu-



Sl. 2 Shema postrojenja za proizvodnju jogurta dvostepenom fermentacijom



Sl. 1 Shema postrojenja za diskontinuiranu proizvodnju jogurta

štanja u rad fermentora za mlijeko (8). Volumen fermentora za mlijeko (8) je 1,5 puta veći od satnog učinka postrojenja, što znači da vrijeme trajanja predfermentacije iznosi oko 1,5 sati. Za vrijeme od 1,5 sata kiselost naraste na oko 12—15 °SH. Ova se kiselost mlijeka održava čitavo vrijeme predfermentacije dovođenjem mlijeka temperature 45 °C iz prve sekcije pločastog izmjenjivača topline (3) i odvođenjem predfermentiranog mlijeka iz fermentora za mlijeko (8). Iz fermentora za mlijeko (8) predfermentirano mlijeko se odvodi na punilicu za jogurt (11) gdje se puni u čašice i zatvara. Čašice sa predfermentiranim mlijekom s akumulacionog stola (12) slažu se u košare i odvođe kolicima (13) u termokomore (14), gdje se provodi drugi stepen fermentacije do oko 27 °SH kiselosti. Drugi stupanj fermentacije u odnosu na diskontinuiranu fermentaciju mlijeka za jogurt je od oko 3 sata smanjen na oko 1,5 sati što znači da je učin termokomora podvostručen.

### Zaključak

Prednost u proizvodnji krutog jogurta dvostepenom fermentacijom je višestruka. U prvom redu postiže se ušteda na investicionim troškovima i troškovima održavanja u odnosu na diskontinuirani i polukontinuirani postupak.

Pri diskontinuiranoj proizvodnji zbog diskontinuiranog procesa potreban je veći broj cisterna za termostatiranje pasteriziranog mlijeka, veći broj fermentora za jogurtnu kulturu i veći broj cisterni za cijepljenje pasteriziranog mlijeka. Pored toga smanjuje se potrebni broj termokomora, zbog kraćeg zadržavanja cijepljenog mlijeka u termokomorama.

Pri proizvodnji krutog jogurta dvostepenom fermentacijom utrošak radne snage je manji, nego kod diskontinuirane i polukontinuirane proizvodnje.

Za dvostepenu fermentaciju potrebna je znatno manja količina jogurtne kulture i fermentora za jogurtnu kulturu, jer se ona unosi samo pri puštanju fermentora u rad.

### Literatura:

1. Hylmar B. i sar. (1972): *Prumysl Potravin* 23 (7), 199—201.
2. Brjanski V., Bazlov B. (1961): *Mol. Prom.* 22 (5) 8.
3. Kikojan G., (1964): *Mol. Prom.* 25 (12) 21.
4. Eyard A., (1964): *Frac. Patent* 1 381 552.
5. Pennekamp, E., (1961): *Švic. Patent* 343 769.
6. Ueno, J. i sar., (1966): *XVII. Int. Mljek. Kongres, Sv. EF*, 617—623.
7. Girginov T., (1964): *Mol. Prom.* 25 (12) 36—40.
8. Schuler R., (1973): *Milchwissenschaft* 28 (9) 599.
9. Petričić A., (1968): *Mljekarstvo* 18 (7) 151—159.