

Količina fosfora kao i kalcija povećana je u siru u III i IV postupku (tabela 6 i 7) u odnosu na količinu u I i II. Uzrok tome je u ocijeđenoj količini sirutke tokom prešanja. Dok je kod I i II postupka prešanje trajalo 45 minuta u III i IV postupku trajalo je 2 sata.

Ako uporedimo % kalcija u odnosu na % fosfora, koji je prešao u mlijeko, dobivamo slijedeće odnose (tabela 9).

Tabela 9

Odnos količine kalcija i fosfora, koji su iz mlijeka prešli u sir

Tehnološki postupak	% Ca	% P	Ca : P
I	45	26	1,7
II	40	25	1,6
III	72	37	1,8
IV	55	35	1,5

ZAKLJUČAK

Svrha ovog rada bila je pratiti promjene u količini kalcija i fosfora u toku izrade sira trapista.

Iz dobivenih rezultata se vidi da se oko 50% kalcija iz mlijeka veže na parakazein, dok fosfora oko 30%, te u prosjeku odnos kalcija i fosfora u siru odmah poslije prešanja iznosi 1,6.

Za prehranu je važan odnos kalcija prema fosforu, koji se smatra zadovoljavajućim, ako ne pređe odnos 1 : 2. Kako se iz naših podataka vidi taj je odnos kod svih analiziranih sireva bio unutar željenih granica, tj. bio je uvijek niži od naprijed pomenutog. Veliki raspon ovog odnosa 1,36 do 2,08 ukazuje da tehnološki postupak još uvijek nije standardiziran.

Literatura :

1. Davis W.: The Chemistry of Milk London, Chapman Hall 1936
2. Miletić S.: Hranjiva vrijednost nekih naših sireva određena sadržinom kalcija i fosfora, Mljekarstvo, VII (1957) 101—103
3. Randoïn L., Jourdan Vatinel, Le Lait 31 (1951) 250—256; 617—623
4. Randoïn L., Jourdan C., Le Lait 32 (1952) 607—617; 593—599; 481—485
5. Official Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemists (AOAC) 8 Ed. Washington 1955.
6. Filajdić M., Desaty D.: Prilog određivanju sadržine fosfora, željeza i bakra u talijanskim sortama pšenice, Kem. u ind. 9 (1960) 83—86
7. O. L. Davis: Statistical Methods in Research and Production, 3-th Ed. Oliver and Boyd, London, 1961, str. 150.

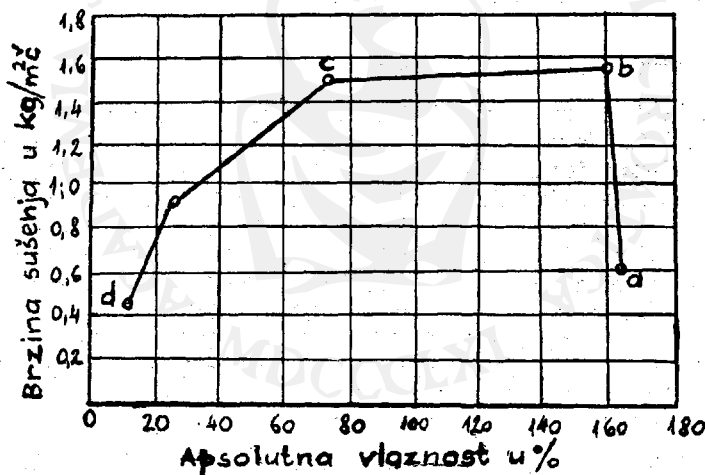
Dipl. inž. tehn. Eva Gal, Novi Sad
Centralna mlekarara

SUŠENJE KAZEINA

Tok sušenja i njen mehanizam

Sušenje kazeina sastoji se iz više faza. U sušnici se proizvodi cirkulacija toplog vazduha, koji dolazi u dodir s vlažnim kazeinom. Vlaga se isparava u okolnu sredinu usled razlike parcijalnih pritisaka pare okolnog vazduha i površine kazeina. U kazeinu na taj način nastaje razlika koncentracije vlage, što opet prouzrokuje prelaz vlage iz sredine kazeinskog zrna

ka površini. U početku sušenja vlaga prelazi brzo iz unutrašnjih slojeva kazeina ka površini i u priličnoj količini. U ovom periodu brzinu sušenja određuje brzina difuzije vlage kroz sloj vazduha. Zbog toga se i ovaj period naziva periodom »spoljne difuzije«. U tom periodu sušenje kazeina je postojano i ne zavisi od sadržine vlage kazeina. Kada se količina vlage u kazeinu počinje smanjivati i brzina sušenja opada. Početak ove faze okarakterisan je »kritičnom tačkom sušenja«. Kritična tačka sušenja izražava srednju kritičnu vlažnost kazeina. Od ove tačke preloma period opadanja brzine sušenja se nastavlja sve dotle, dok se ne uspostavi ravnoteža između vlažnosti kazeina i pare okolnog vazduha. U ovoj fazi brzina sušenja zavisi od brzine difuzije vlage od sredine ka površini kazeinskog zrna, te je ovo period »unutrašnje difuzije«. Kod sušenja ejektornog kazeina ispitivanja su dala sledeći grafikon sušenja (9):



Sl. 1 — Kriva sušenja ejektornog kazeina

Deo »ab« je okarakterisan porastom brzine sušenja u prvim momentima sušenja. U periodu »spoljne difuzije«, deo »bc«, javlja se kao postojana brzina sušenja. Tačka preloma »c« je kritična tačka procesa sušenja. Od tačke »c« brzina sušenja opada, deo »cd« je linija unutrašnje difuzije.

Faktori od kojih zavisi brzina sušenja

Teoretski obrazac i eksperimentalnu potvrdu svog obrasca dao je G. Filonenko (4):

$$\tau = \frac{c}{E \cdot v \cdot y} \cdot \frac{G_s}{F_r} \left[260 \lg \frac{w_1 - w_2}{w_2 - w_r} - (w_1 - w_2) \right]$$

gdje je τ — dužina sušenja u minutima, obrnuto proporcionalna brzini sušenja

c — koeficijent

E — potencijal sušenja izražava uticaj temperature i vlažnosti vazduha u datom mestu (C°)

v. y — težinska brzina vazduha ($\text{kg/m}^2 \text{ sec}$)

$\frac{G_s}{F_r}$ — količina suvog kazeina po m^2 (kg/m^2)

w — vlaga u % i to: w_1 — početna vlažnost kazeina u % u odnosu na suhu težinu kazeina

w_2 — krajnja vlažnost kazeina u %

w_r — relativna vlaga kazeina u odnosu na suhu težinu materijala, zavisna od relativne vlage vazduha u %

Numerička veličina 260 dolazi od uticaja veličine zrna kazeina, strukture pokretanja i rasporeda kazeina u sušari.

Ako podrobnije razmotrimo članove ovog obrasca doći ćemo do potrebnih uslova koje treba uspostaviti u sušarama kazeina:

Uticaj temperature i vlažnosti vazduha (E)

Brzina sušenja se može povećati povišenjem temperature sušenja, ali pri tome se treba držati izvesnog ograničenja. Naime visoke temperature mogu da koče brzinu sušenja, jer se kazein na spoljnoj površini zrna više zagreva no u središtu i vlaga se neće pokretati iz unutrašnjosti, sem toga stvara se jedna kora koja ne dozvoljava odstranjenje unutrašnje vlage iz zrna. Ovako naglo sušenje kod previsoke temperature zatvara u kazein sirovi deo. U početku sušenja vlažnost kazeina opada od centra ka periferiji zrna, a temperatura raste od površine ka centru. Znači, ova dva faktora deluju u suprotnom smeru. Da bi se njihov pravac usmerio G. Filonenko predlaže hladno produvanje za vreme sušenja kazeina. Njegova teorija se pokazala ispravnom, jer je povremenim produvanjem hladnim zrakom uspeo usmeriti ta dva suprotno delujuća faktora i time ubrzati tok sušenja.

Najbolje rezultate daju temperature sušenja od 50 do 70° C. Kazein se može sušiti i na 120° C, ali tada kazein treba vihorno pokretati. Sušenje na 80° C u uobičajenim sušarama prouzrokuje karamelizaciju mlečnog šećera u kazeinu, kazein porumeni ili potamni. U početku sušenja kazein još podnosi visoke temperature, jer lako otparljiva voda oduzima velike količine toplote, ali u kasnijem toku sušenja, kada se vlažnost kazeina smanji, mora se smanjiti i temperatura, jer će kazein zagoreti.

Strujanje vazduha (v)

Brzina sušenja kazeina proporcionalna je brzini odvođenja vlažnog vazduha iz sušnice. Nedovoljno strujanje vazduha sušnice prouzrokuje sporije sušenje, jer se vazduh pre zasiti parom i time gubi moć primanja nove količine vlage. U našoj praksi zabeležili smo slučaj da se usled nedovoljnog strujanja vazduha, a istovremeno visokih temperatura, kazein počeo slepljivati, topiti i s jedne strane karamelisati, dok se samo sušenje vremenski udvostručilo. Eksperimenti su vršeni s različitim brzinama vazduha (4) od 0,5 do 10,4 m/sec. Najbolje rezultate brzine dali su od 1,5 do 5 m/sec. Kada smo preduzeli korake da se režim strujanja vazduha popravi (ubrza), kvalitet osušenog kazeina se znatno poboljšao.

Količina i debljina sloja kazeina $\left(\frac{G_s}{F_r}\right)$

Brzina sušenja je obrnuto proporcionalna debljini sloja kazeina u sušnici. Deblji sloj produžuje sušenje kazeina i onemogućuje da se topli vazduh potpuno sastaje sa zrcima kazeina. Najadekvatnije debljine su od 0,8 do 1 cm. Pri tome je važno kazein ravnomerno rasporediti po traci ili po mreži.

Vlažnost kazeina (w)

Dobro isprešan kazein ima manju početnu vlagu, te se i brže osuši. Početna i konačna vlaga u kazeinu određuju kapacitet sušare.

Iskustvo je pokazalo da je dobro ako se kazein pre sušenja dobro usitni. Sitniji kazein se brže suši, dok krupan mnogo duže. Kazein se tokom sušenja treba pokretati i na taj način proizvesti mešanje kazeina. Veoma je važno da topli vazduh ne struji u jedno mesto sušare, tj. sloj kazeina, već ga treba usmeraćima ravnomerno rasporediti. Gubici u toploti se mogu znatno smanjiti ako se upotrebljeni vazduh ne ispušta u spoljnu atmosferu, već se propusti kroz predgrejače i ponovo upotrebi

Sušenje kazeina u I-x dijagramu

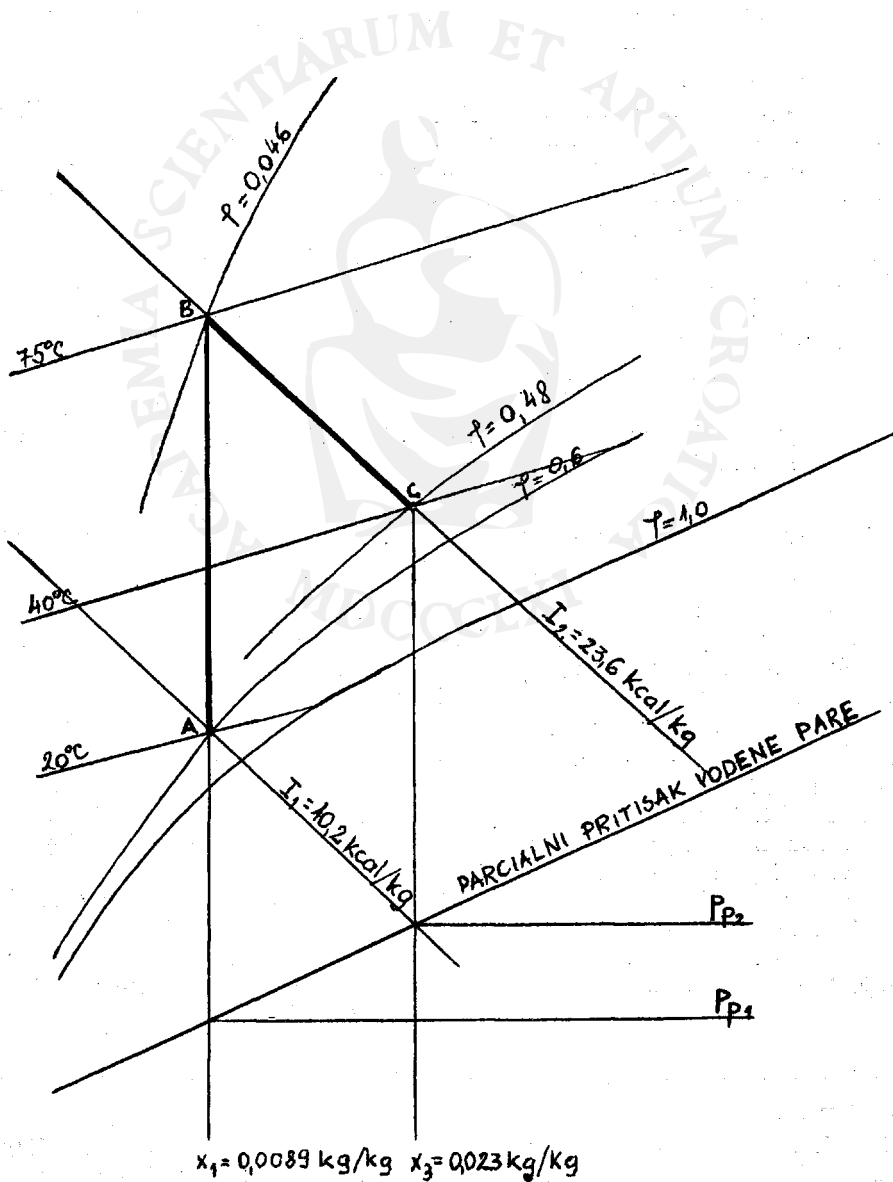
Rad sušnice se može prikazati u I-x dijagramu. Vazduh koji ulazi u kalorifer imao je prosečno sledeće stanje: $t = 20^{\circ}\text{C}$, vlažnost 60%, u kaloriferu se zagreje do 75°C , a izlazna temperatura mu je 40°C . Promena vlažnog vazduha se može pratiti po liniji \overline{AB} , koja ima početnu tačku na izotermi od 20°C i presečena je linijom stalne prosečne relativne vlage $\varphi = 0,6$, što je ujedno i prosečna relativna vlaga u sušnici. Iz dijagrama možemo pročitati toplotni sadržaj $I_1 = 10,2$ kcal/kg u preseku. Vazduh prolazeći kroz kalorifer pōprima sledeće parametre: $x_1 = 0,0089$ kg vlage/kg suvog vazduha i zagreje se na 75°C . Iz preseka (x_1 i 75°C) vidi se nova entalpija u kaloriferu $I_2 = 23,6$ kcal/kg, nova relativna vlaga vazduha je $\varphi = 0,046$ (tačka B). Vazduh zatim prolazi kroz vlažan kazein, prima vlagu i tako povećava svoju sopstvenu vlažnost. Istovremeno se smanjuje temperatura na 40°C . Vazduh se hladi po $I = \text{konstantnoj}$ liniji, shodno tome se manjuje i temperatura, ali pošto se vazduh ne zagreva ponovo u sušari, već se ispušta u spoljnu sredinu imamo kosu liniju BC. U preseku I_2 i 40°C imamo novi sadržaj vlage izlaznog vazduha $x_3 = 0,023$ kg/kg (tačka C). Iz kazeina je znači odstranjeno $x_3 - x_1 = 0,0141$ kg vlage/kg suvog vazduha. Za isparavanje 1 kg vlage bilo je potrebno $1/0,0141 = 70,92$ kg suvog vazduha. Ovaj podatak nam pomaže da izračunamo potrebe suvog vazduha u sušnici ako znamo koliko kg vlage želimo odstraniti iz kazeina.

I-x dijagram takođe nam omogućuje izračunavanje utrošene toplote za sušenje kazeina. Potrošnja toplote u kaloriferu jednaka je promeni entalpije tokom zagrevanja tj. $I = I_2 - I_1 = 23,6 - 10,2 = 13,4$ kcal/kg. Ako sad pomnožimo potrebne kg suvog vazduha sa I i dodamo 10—30% od dobijene veličine na račun gubitaka toplote, imaćemo ukupne utroške toplote ΣQ u sušnici.

Sušenje u stvarnosti

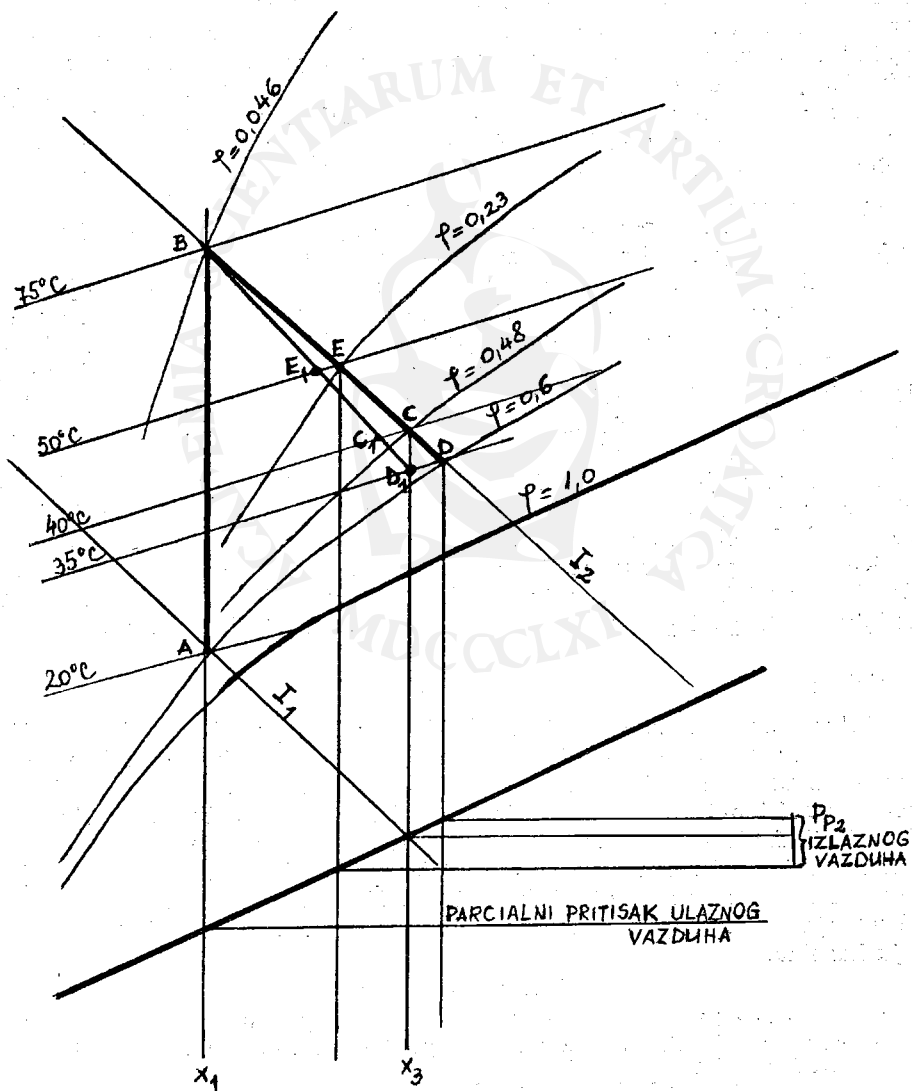
Stanje radnog vazduha se približno poklapa s linijom \overline{ABC} u I-x dijagramu. Merenja su pokazala da se u početku sušenja izlazni vazduh ohladi i ispod 40°C (dijagram 3. tačka D) da u fazi postojane brzine sušenja izlazna temperatura iznosi 40°C (tačka C), a da od kritične tačke nadalje izlazne temperature su veće (tačka E) s obzirom da se manje toplote gubi za isparavanje vode iz kazeina. Uzimajući u obzir gubitke toplote dobićemo novu politropu $\overline{ABE_1C_1D_1}$. Merene veličine se odnose na Seyfertovu sušnicu.

Sl. 2 — I - x dijagram vlažnog vazduha



Sadržaj vlage \times u kg/kg suvog vazduha

Sl. 3 — Stvarni proces sušenja kazeina



Izbor sušnice za kazein

Da bi se mogla odabrati pogodna sušnica, neophodno je upoznati tehničke karakteristike i toplotni utrošak sušnice. Potrebno je biti načisto i s prosečnim kapacitetom same kazeinare, izvršiti u vezi s tim proračune i na osnovu

njih pristupiti kupovini sušare. Pored količine kazeina koji treba da se osuši, važno je poznavati količinu vlage koju treba odstraniti iz kazeina, toplotni utrošak sušare, odrediti površinu grejnih tela, jačinu ventilatora, potrošnju vodene pare, prečnike parovoda, cevi za odvod kondenzata, trajanje sušenja kazeina i stepen korisnog dejstva izabrane sušare. Najjednostavnija sušnica je Seyfertova sušnica. Uz pomoć stručne službe iz proizvodnje sama mašinska radionica je može bez većih teškoća izraditi. Nedostatak ove sušare je da se kazein suši u prekidima, a ubacivanje, mešanje i vađenje kazeina vezano je za težak fizički rad radnika. Sušara se sastoji iz jedne oveće prostorije. S donje strane ugrađen je kalorifer. Topli vazduh se ravnomerno širi po jednoj mreži koja deli sušaru na donji i gornji deo. Na mrežu odozgo se nabaca kazein i rasporedi. Na vrhu sušare ugrađeni su ventilatori za izvlačenje vlažnog upotrebljenog vazduha. S vremena na vreme kazein se promeša lopatama i grabljama. U SSSR-u za te svrhe uspešno se primenjuju i sušnice za povrće. To su sušnice s pokretnim trakama ili policama. Sve ove sušnice suše samo onda dobro, ako se podese svi faktori, od kojih zavisi dobro sušenje kazeina. Svako pomeranje od uspostavljene ravnoteže dovodi do smanjenja kapaciteta i do lošeg kvaliteta sušenog proizvoda (treba obezbediti dovoljnu cirkulaciju vazduha, odrediti brzinu pokretanja trake, opterećenost, podesiti ventile za paru itd.).

Interesantno je spomenuti i novu sušaru koja je izrađena u SSSR-u tzv. »vihornu sušnicu« (4). Sušnica je podeljena uzdužno na dva dela. Dok se u prvom delu kazein vihorno pokreće toplim vazduhom, dotle se u drugom delu sušnice kazein prođuvava hladnim vazduhom. Zatim se u delovima sušnice tokovi toplog i hladnog vazduha menjaju automatski, u prvu sad ide hladni vazduh a u drugu topli. Kazein neprekidno ulazi i izlazi iz sušare.

Zaključak

Dobra sušara u osnovi utiče na kvalitet gotovog proizvoda i na troškove sušenja. Zato sušare na početku svog rada treba podesiti zahtevima sušenja kazeina, s pomoću instrumenata ispitati ih pri radu na više mesta i na taj način odrediti najvažnije parametre sušenja. Uspešno sušenje kazeina zavisi od sledećih faktora: temperature i vlažnosti vazduha, strujanja vazduha u sušari, opterećenosti sušare kazeinom i vlažnosti kazeina. Na brzinu sušenja takođe utiču sledeći promenljivi faktori kao što su: usitnjenost kazeina, način pokretanja — mešanja kazeina i pravilno raspoređivanje toplog vazduha po sloju kazeina.

Literatura:

- (1) Arandelović D. S.: Osnovi tehničke termodinamike. Nolit, Beograd 1956
- (2) Burenkov N. A.: Suška piščevykh produktov. Processi i apparati piščevykh proizvodstv. Kiev, 1964.
- (3) Dilanjan Z. H.: Moločnoe delo. Moskva, 1958.
- (4) Filonenko G., Grišin M., Kossek V.: Vihrevoj sposob suški kazeina. Mol. Prom. 4(1963)4—7
- (5) Nemeth A., Berki F.: Konzervipari száritóberendezések müszeres vizsgálata. Élelmezési ipar. 4 (1965) 108—115
- (6) Malić D.: Termodinamika I—II Građevinska knjiga, Beograd, 1956.
- (7) Kardoš E., Djeneš K., Seneš E.: Konzervipari zsebkönyv, Müszaki könyvkiadó, Budapest, 1963.
- (8) Pejić O.: Mlekarstvo II, Naučna knjiga, Beograd, 1956.
- (9) Surkov V. D., Lipatov N. N., Baranovskij N. V.: Tehnologičeskoje oborudovanie predpriyatij moločnoj promyšlennosti. Piščepromizdat, Moskva, 1962.