

## Zavisnost kvalitete kondenziranog mlijeka o jednoobraznosti i veličini kristala laktoze

Laktoza je ugljikohidrat mlijeka i ona je jedini šećer koji dolazi u mlijeku u većoj količini. U otopljenom stanju dolazi laktoza u dva izomerna oblika, kao  $\alpha$ -laktoza i  $\beta$ -laktoza. U kristaliziranom stanju dolazi  $\alpha$  oblik kao hidrat i kao anhidrid i  $\beta$  oblik kao anhidrid. Izomeri  $\alpha$ - i  $\beta$ -laktoze su različito topivi,  $\alpha$ -oblik je slabije topiv u vodi, te će se u mlijeku prije iskristalizirati.

Pri tome kristalizacija uslovljava neprestano pomicanje ravnoteže u raspodjeli ovih dvaju izomernih oblika — jer kako  $\alpha$ -hidrat kristalizira, nešto  $\beta$ -laktoze prelazi u  $\alpha$ -oblik, da bi se održala ravnoteža u raspodjeli.

Svojstva laktoze daju posebnu karakteristiku kondenziranom mlijeku i proizvodima koji se od njega dobivaju. U procesu kondenzacije u otparivaču šećer je (iako u znatnoj koncentraciji) u otopljenom stanju. Međutim, nakon odvođenja kondenziranog mlijeka iz aparata, zbog snižavanja temperature počinje kristalizacija laktoze.

Stvoreni kristali su oštri, i ako se dozvoli da narastu do većih dimenzija, izazivaju kod upotrebe proizvoda osjećaj pjeskovitosti.

Ispitivanja brojnih stručnjaka su pokazala da postoji korelacija između veličine kristala i kvalitete kondenziranog mlijeka. Ova su ispitivanja upotpunjena brojčanim podacima.

Ling (1) iznosi ovu skalu odnosa veličine kristala i kvalitete kondenziranog mlijeka:

- kristali manji od 10 mikrona — homogena struktura
- kristali manji od 10—12 mikrona — dobra struktura, kao pasta
- kristali manji od 12—15 mikrona — brašnjava struktura,
- kristali manji od 15—30 mikrona — izrazito pjeskovita struktura.

Inihov (2) smatra da je kvaliteta kondenziranog mlijeka povoljna ako u 1 ml ima više od 400.000 kristala laktoze sa srednjom dužinom do 10 mikrona.

Sparks je dao tabelu koja pokazuje srodnost između broja i veličine kristala i kvalitete kondenziranog mlijeka.

Broj kristala u 1 ml	(u mikronima) Dužina najdulje stranice kristala	Ocjena kvalitete
400.000	9,3	odlična
300.000	10,25	dobra
200.000	11,7	slabo ljepljiva
100.000	14,75	fino brašnjava
50.000	18,6	brašnjava
12.000	29,4	pjeskovita

Broj i veličina kristala koji nastaju kristalizacijom zavise o brzini stvaranja kristala, temperaturi i viskozitetu.

Proces kristalizacije može se podijeliti u dvije faze. Prva je stvaranje jezgri, druga je rast nastalih jezgri u otopini.

Na stvaranje jezgri može se utjecati raznim faktorima, npr. hlađenjem, miješanjem, dodavanjem kristala tvari koja se kristalizira i dr. Ukoliko se uspije stvoriti veliki broj jezgri, moći će se dobiti i mnoštvo sitnih kristala poželjne veličine.

Rast kristala počinje onda kad su stvoreni kristalni centri. Pravilnim vođenjem tehnološkog procesa može se utjecati kako na stvaranje velikog broja jezgri, tako i na brz rast i stvaranje sitnih kristala.

Da se dobiju rezultati koji će moći poslužiti za pravilno vođenje tehnološkog procesa kod proizvodnje kondenziranog mlijeka, provedena su vlastita istraživanja. Iznosimo osnovne rezultate istraživanja u vrlo skraćenom obliku.

Istraživanje se sastojalo u tome da se kod proizvodnje kondenziranog mlijeka primijene razni postupci u cilju kristalizacije laktoze i utvrde rezultati.

Prvi dio tehnološkog procesa proizvodnje kondenziranog mlijeka (standardizacija sirovine, obrada, evaporacija i dodavanje šećernog sirupa) proveden je na uobičajeni način. U drugom dijelu procesa, nakon provedenog evaporiranja, primijenili smo tri varijante, i na osnovu toga dobili tri grupe uzoraka kondenziranog mlijeka:

grupa I — ugušćeno mlijeko prepusta se hlađenju bez obrade kod sobne temperature;

grupa II — ugušćeno mlijeko ohladi se naglo na 30°C, zatim miješa 1 sat miješalicom do 1000 %/min, nakon toga se nastavlja s hlađenjem uz miješanje dok se ne ohladi na 17—18°C;

grupa III — ugušćeno mlijeko ohladi se naglo na 30°C, zatim se dodaje cjepivo — fina kristalinična laktoza u prahu, u količini od 0,002% na konačni produkt. Nakon toga se miješa 1 sat, zatim nastavlja hlađenjem na 17—18°C.

Kako bismo mogli objektivno ocijeniti rezultate različitih postupaka kod proizvodnje kondenziranog mlijeka bilo je potrebno odrediti broj, veličinu i jednoobraznost kristala laktoze. Dobiveni rezultati su obrađeni varijaciono-statistički s pomoću formula.

Srednja vrijednost dužine izračunata je po formuli:

$$M = \frac{\sum n \cdot a}{\sum n}$$

Srednja pogreška srednje vrijednosti po formuli:

$$mM = \frac{U}{\sqrt{n}}$$

Koeficijent jednoobraznosti po formuli:

$$U = \Delta a - \sqrt{\frac{\sum n}{2 \sum n \cdot v^2}}$$

gdje su: a = dužina kristala u mikronima  
 n = učestalost kristalizacije  
 U = koeficijent jednoobraznosti

(Formule po Figurovskom)

Varijacioni koeficijent po formuli:

$$V = \frac{100 \cdot U}{M}$$

(Formula po Tavčaru)

Rezultati izvršenih analiza obrađeni su za svaku grupu uzoraka posebno i zbirno za sve tri grupe.

#### Rekapitulacija zbirnih rezultata grupe I, II, III

Grupa	srednja vrijednost dužine kristala $M \pm m$	koeficijent jednoobraznosti U	variacioni koeficijent V	variaciona širina grupe VŠ	broj kristala u 1 mm <sup>3</sup>
Grupa I	20,1±0,059	0,228	1,14	4 — 34	21.000
Grupa II	12,7±0,0189	0,598	4,8	2 — 32	99.900
Grupa III	9,36±0,0155	0,488	5,43	2 — 14	202.000

#### Rezultat i zaključak

Iz rezultata istraživanja može se zaključiti da tehnološki proces u znatnoj mjeri utječe na veličinu i jednoličnost kristala laktoze u kondenziranom mlijeku.

Najbolje je rezultate dao proces kod kojeg je primijenjeno cijepljenje sa 0,002% kristalizirane laktoze. (Grupa III) srednja vrijednost duljine kristala iznosila je 9,36 mikrona, a broj kristala u mm<sup>3</sup> 202.000.

Postupak kod kojeg je primijenjeno brzo miješanje i hlađenje (grupa II), dao je nešto slabije rezultate. Srednja vrijednost duljine kristala iznosila je 12,17 mikrona, a broj kristala u 1 mm<sup>3</sup> 99.900.

Najslabije rezultate dao je postupak, kod kojega se proizvod prepušta polaganom hlađenju kod sobne temperature, bez obrade (grupa I). Lagano hlađenje omogućuje porast kristala laktoze do većih dimenzija. Srednja vrijednost duljine kristala iznosila je 20,1 mikron, a broj kristala u 1 mm<sup>3</sup> 21.000.

Iz prednjeg izlaganja je uočljivo da jedino proizvod iz grupe III daje rezultate koji zadovoljavaju s prosječnom veličinom kristala ispod 10 mikrona.

#### Literatura

1. Ling E.: Hemija mleka i mlečnih proizvoda, Beograd, 1948. (prijevod)
2. Inihov: Biohimijska molekula, Moskva 1956.
3. Whittier E. O.-Webb B. H.: Byproducts of milk, New York 1950.
4. Čekulajeva L. V.: O nekim faktorima kristalizacije laktoze pri vakuumnom ohlađenju. Naučna konferencija, Vologda 1960.
5. Čekulajeva L. V.: Metody kontrolya kristalizacii laktozy v sguščennom moloke s saharom. Trudy Vologodskogo moločnogo instituta, XIV (1956) Vologda.