

COLI-AEROGENES BAKTERIJE KAO IZAZIVACI NADIMANJA SIRA

»Coli-Aerogenes bakterije jesu najgori neprijatelji mlekarske industrije.«

Orla-Jensen: The Lactic Acid Bacteria, 1942. Copenhagen.

Uvod. — Nadimanje odn. preterana šupljikavost sira jeste najrasprostranjeniji oblik kvarenja sira. Ono nastaje usled proizvodnje gasa od strane Coli-Aerogenes bakterija, anaerobnih sporogenih bakterija (većinom buternih bakterija) i kvasaca. Katkada mogu biti odgovorne za veću šupljikavost sira i neke mlečne bakterije iz roda Leuconostoc i Betabacterium-a, koje se odlikuju sposobnošću da relativno više proizvode gas.

Nadimanje sira može se lako otkriti u praksi. Sir sa ovom manom, na preseku pokazuje mnogobrojne šupljike male veličine i nepravilnog oblika. Otuda i naziv za ovakav sir u nemačkoj literaturi »Nissler« (Nisslerige Käse). Nekada je sir toliko šupljikav da izgleda kao sunder (spužva).

Kod tvrdih sireva usled jakog stvaranja gasa, dolazi do naduvanja odn. bombaže sira, sa pojavom velikog broja šupljika većih dimenzija i nepravilnog oblika.

U proizvodnoj praksi, nadimanje sira se može utvrditi i na taj način, što se kod tvrdih sireva pri kucanju o površinu sira savijenim prstom ili nekim drvenim predmetom, javlja duboki jasni zvuk, čija jačina raste sa porastom nadimanja. Kod mekih sireva, pri jače izraženom kvaru, na pritisak prstima preko gornje površine, dobija se utisak kao da pritiskamo sunder.

Kod nadimanja sira uobičajena su dva termina, i to: rano nadimanje i kasno nadimanje.

Rano nadimanje sira nastaje najčešće usled aktivnosti Coli-Aerogenes bakterija, dok se kasno nadimanje poglavito prouzrokuje od strane anaerobnih sporogenih bakterija. Svakako, pod izvesnim uslovima, mogu i kvasci biti prouzrokovajući nadimanja sira. Ali u praksi je to ređi slučaj.

Nadimanje sira je praćeno pojavom nečiste i neprijatne arome, što sve zajedno može smanjiti kvalitet sira do te mere da on postaje neupotrebljiv za potrošnju. Štete, koje podnose proizvođači i mlekarne zbog nadimanja sireva, jesu ogromne i uglavnom su poznate. Razume se da ovo i podvlači ekonomski značaj borbe protivu ovoga tako važnog oblika kvarenja sira.

Opšte posmatrano, najveća uloga u izazivanju preterane šupljikavosti odn. nadimanja sira pripisuje se Coli-Aerogenes bakterijama.

Zato ćemo o ovoj grupi bakterija nešto više i reći.

Rano nadimanje sira obično nastaje nekoliko dana po završetku izrade sira. Ali u slučaju jakog zagađenja mleka Coli-Aerogenes bakterijama, praćenog raznim tehnološkim greškama, nadimanje sira može se javiti i u toku izrade sira, naročito za vreme presovanja. Pominju se slučajevi po-

jave nadimanja još u sirnom kotlu, kada gruša u toku drugog predgrevanja ne tone, već pliva po površini.

Izazivači ranoga nadimanja sira. — Glavni predstavnici ove grupe bakterija jesu *Bacterium Coli* (*Escherichia Coli*) i *Bacterium Aerogenes* (*Aerobacter Aerogenes*). To su asporogene, gram negativne, štapićaste bakterije. Jako su rasprostranjene u prirodi i nalaze se u zemljištu, izmetu, biljkama i slično. One razlažu laktozu stvarajući pritom mlečnu i sirćetnu kiselinu, ugljen dioksid i vodonik. Pored toga su prisutni u manjoj količini i drugi uzgredni proizvodi.

Coli bakterije odlikuju se time, što stvaraju podjednake količine ugljen dioksida i vodonika. U nedostatku laktoze, *Coli* bakterije napadaju proteine kao izvor ugljenika i razlažu ih, stvarajući pritom indol i skatol, produkte veoma neprijatnog mirisa. Ovo se može dogoditi u siru, kada posle nekoliko dana od navršene izrade, bude utrošena celokupna laktoza. Otuda se i pojava neprijatne, nečiste arome u siru vezuje za ove bakterije.

Aerogenes bakterije, nasuprot *Coli* bakterijama, stvaraju dva puta više ugljen dioksida od vodonika. Pored toga, one su sposobne da jedan deo već stvorene kiseline razlažu, stvarajući pritom veće količine ugljen dioksida. Ako uz ovo dodamo i činjenicu da su *Aerogenes* bakterije sposobne da se brže razvijaju i razmnožavaju na nižoj temperaturi od *Coli* bakterija, onda je razumljivo zašto se ove bakterije pominju kao češći izazivači nadimanja sireva od *Coli* bakterija. Tako po Dorner-u (1), u 80% slučajeva nadimanje sira je rezultat dejstva *Aerogenes* bakterija, a u 20% slučajeva rezultat dejstva *Coli* bakterija.

Kod nadimanja sira, Crossley (2) razlikuje dva slučaja, i to: postepeno nadimanje, koje nastaje usled dejstva *Coli* bakterija, i brzo nadimanje sira, koje nastaje kao rezultat dejstva *Coli* i *Aerogenes* bakterija sa prevagom ovih poslednjih.

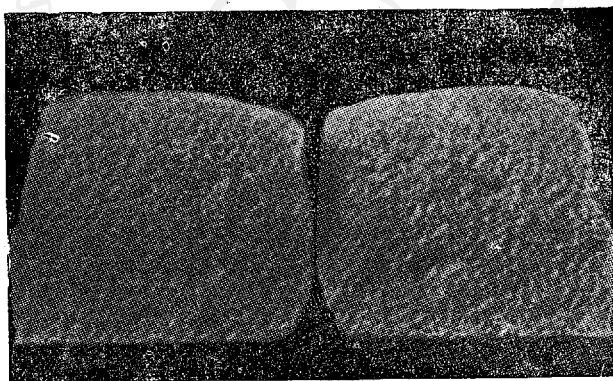
Kako dospevaju *Coli-Aerogenes* bakterije u sir. — Ove bakterije dospevaju u mleko u toku njegove proizvodnje i manipulacije, sa nečistih sudova i uređaja, balege i delića zemlje, koji se nalaze na telu krave, osobito na vimenu. Ishrana krava pokvarenom hranom, pa repinim rezancima, džibrom, zatim jako vlažnom detelinom i slično, dovodi do stomaćnih obolenja, proliva kod krava, te se usled toga povećava mogućnost zagađenja mleka raznim štetnim bakterijama, među njima i *Coli-Aerogenes* bakterijama. To se isto odnosi i na prelazak krava sa stajskog na pašnjačko gajenje, i obrnuto.

Samo povećana briga oko održavanja čistoće pri proizvodnji mleka, može eliminisati ovaj posredni uticaj ishrane krava na bakteriološki kvalitet sirovog mleka.

Kako se *Coli-Aerogenes* bakterije dobro razvijaju i razmnožavaju na povišenoj temperaturi, koja vlada u mleku nedovoljno hlađenom ili uopšte nehlađenom, to hlađenje mleka odmah posle izvršene muže predstavlja drugi faktor u borbi protivu *Coli-Aerogenes* bakterija u sirovom mleku. Pošto ove bakterije slabo ili nikako ne rastu na temperaturi od 10°C i ispod toga, to samo propisno hlađenje može obezbediti dobar kvalitet sirovog mleka, namenjenog za izradu sira.

Zagađenje mleka *Coli-Aerogenes* bakterijama, može se vršiti takođe u samoj mlekari sa uređaja i sudova, koji nisu dobro oprani i sterilizovani. Npropisna pasterizacija ili pak zagađenje mleka posle pasterizacije jesu česti uzrok nadimanja sireva, koji su napravljeni od toga mleka. Ovo utoliko pre, što je danas utvrđeno da se *Coli-Aerogenes* bakterije razvijaju bolje u pasterizovanom nego sirovom mleku. (Vidi »Mljekarstvo«, broj 5, 1957).

Sirilo proizvedeno na nehigijenski način, može zagađati mleko u toku potsiravanja. To se isto odnosi i na upotrebu čistih kultura kod izrade sira. Zbog toga je i uobičajena mikrobiološka kontrola na prisustvo *Coli-Aerogenes* bakterija u sirilu i čistim kulturama, pre nego će biti upotrebljeni u proizvodnji sira (13. 14).



Rano nadimanje mekog sira uzrokovano coli bakterijama
(Joha Leitfaden)

Pominju se i slučajevi nadimanja sira, posredno izazvanim napadom bakteriofaga na čiste kulture, koje su upotrebljene kod proizvodnje sira. (3). Na taj način oslabljena aktivnost čistih kultura, omogućava *Coli-Aerogenes* bakterijama da se nesmetano razmnožavaju i proizvode gas.

Izvesne greške kod izrade sira, takođe mogu dovesti do pojave nadimanja sira (4). Niska temperatura potsiravanja, pa nedovoljna obrada gruša u sirnome kotlu, zatim slabo presovanje, ostavlja previše surutke a time i rastvorenu laktozu u siru, a to pomaže razvoj *Coli-Aerogenes* bakterija i proizvodnju gasa. Slični uslovi stvaraju se i zrenjem sira na suviše niskoj temperaturi.

Kako vidimo iz svega izloženoga, način dospevanja i aktiviranja *Coli-Aerogenes* bakterija u mleku, a kasnije i siru, jeste višestruk te se zato može samo pažljivom analizom otkriti i lokalizovati.

Ponašanje *Coli-Aerogenes* bakterija u siru. — U toku izrade sira vlada veoma povoljna temperatura za porast i razmnožavanje *Coli-Aerogenes* bakterija. Tako je Lind (5) utvrdio da u toku od 24 časa broj *Coli-Aerogenes* bakterija dostiže svoj maksimum. Na osnovu toga, isti autor predlaže da se analiza na prisustvo *Coli-Aerogenes* bakterija u siru izvrši 24 časa posle navršene izrade sira. Ne smatra se da postoji porast broja ovih bakterija, ako je njihov broj 10 puta veći po 1 gr. u siru od broja po 1 ml.

u mleku. Ovo se objašnjava time, što se pri obradi grušā u sirnome kotlu vrši koncentracija bakterija u grušu, nasuprot surutki koja je relativno siromašnija bakterijama.

Razmnožavanje Coli-Aerogenes bakterija u siru može se produžiti sve dok se laktoza potpuno ne istroši. Razumljivo je da će u utakmici između mlečnih i Coli-Aerogenes bakterija, ove poslednje uvek biti u povoljnijem položaju, ako mlečne bakterije iz bilo kakvih uzroka (slaba aktivnost, napad bakteriofaga, prisustvo inhibitornih materija i dr.) ne budu stvarale mlečnu kiselinu dovoljnom brzinom u siru.

Posle dostizanja svoga maksimalnog broja, Coli-Aerogenes bakterije počinju brzo da izumiru, tako da nekada mogu u toku od nekoliko meseca potpuno da nestanu.

Uzrok izumiranja Coli-Aerogenes bakterija u siru može se objasniti antagonizmom koji vlada između mlečnih i Coli-Aerogenes bakterija. Mlečne bakterije stvorenom kiselinom postepeno ugnjetavaju razviće Coli-Aerogenes bakterija, koje iako su prilično otporne na dejstvo kiseline, postepeno biološki slabe, pa na kraju počinju da izumiru.

Međutim, Coli-Aerogenes bakterije nisu štetne za sir samo time što stvaraju gas i materije neprijatnog mirisa, već i time što stimulišu razviće drugih štetnih bakterija u sirarstvu (5).

Tako je dokazano da se u prisustvu većeg broja Coli-Aerogenes bakterija, neobično dobro razvijaju buterne bakterije, izazivači kasnog nadimanja sira. Ova činjenica posebno ističe opasnost od povećanog prisustva Coli-Aerogenes bakterija za tvrde sireve.

Povećano prisustvo Coli-Aerogenes bakterija, takođe stimuliše propionske bakterije na jače stvaranje propionske i sirćetne kiseline, kao i gasa. Na taj način, propionske bakterije inače korisne kod proizvodnje i zrenja sira ementalera, svojom povećanom aktivnošću postaju štetne.

Kako vidimo iz gore izloženoga, porast Coli-Aerogenes bakterija u toku izrade sira jeste veoma brz, dok se tokom zrenja i lagerovanja dešava njihovo izumiranje.

Mere borbe protivu nadimanja sira. — Jedna od najvažnijih mera u borbi za sprečavanje pojave nadimanja sira, jeste čistoća proizvodnje sirovog mleka i njegovo hlađenje. Čistoća mlekarskih sudova na poljoprivrednim imanjima i sabirnim stanicama, pa propisno hlađenje mleka odmah po muži će da smanji broj Coli-Aerogenes bakterija do te mere da će njihova aktivnost u siru biti neznačajna.

U sirarskoj praksi mnogo se primenjuje fermentaciona ili sirišno-fermentaciona proba za ocenjivanje kvaliteta sirovoga mleka namenjenog izradi sira. Vrednost ovih proba počiva na tome, što one na osnovu kvaliteta dobivenog grušā, ukazuju na verovatno prisustvo štetnih bakterija, kao što su Coli-Aerogenes i anaerobne sporogene bakterije. Mada ove probe daju rezultat, koji je poznat kada je mleko već utrošeno za izradu sira, one nam omogućavaju preduzimanje naknadnih mera na pojedinim imanjima i sabirnim stanicama, u cilju otklanjanja uzroka rđavog kvaliteta mleka. Takođe je uobičajena i primena reduktazne probe sa metilenskim plavilom, za procenu bakteriološkog kvaliteta sirovog mleka, koje ide na izradu sira, iako nam ona malo govori o mogućem prisustvu Coli-Aerogenes bakterija u tome mleku.

Pasterizacija mleka za izradu sira jeste izvanredno sredstvo suzbijanja pojave preterane šupljikavosti sira. Kako se pasterizacijom mleka uništavaju ne samo Coli-Aerogenes, već i patogene bakterije, to se ona danas veoma širi u svetu. Danas su mnoge zemlje zavele obaveznu pasterizaciju mleka, koje je namenjeno za izradu sira.

Međutim, vrednost pasterizacije biće smanjena ili poništena, ako se zapostavi čistoća u mlekari. Sudovi i sve ono, sa čime mleko posle pasterizacije dolazi u dodir, moraju biti dobro oprani i sterilisani. U protivnom slučaju, pasterizovano mleko za izradu sira, može biti siguran uzrok nadimanja sira. Ovo posebno ističemo, jer se često gubi iz vida da je pasterizacija mleka i čistoća uređaja i sudova, sa kojima mleko dolazi u dodir posle pasterizacije, jedna nerazdvojna celina.

Kontrola pasterizovanog mleka na prisustvo Coli-Aerogenes bakterija, jeste veoma efikasno sredstvo za procenu zagađenja mleka posle pasterizacije.

Kod sira, analiza na prisustvo Coli-Aerogenes bakterija obično se vrši, ako se ispituje neposredni uzročnik nadimanja sira. Međutim, neki autori kao Dorner (1), preporučuju, u cilju predupređenja pojave nadimanja, da se sir ispita 24 časa posle izrade na broj Coli-Aerogenes bakterija.

Primena čistih kultura kod proizvodnje sira, korisna je za suzbijanje nadimanja sira. Ranije se to koristilo kao jedina mera u borbi protivu Coli-Aerogenes bakterija u siru. Međutim, danas je već poznato da su Coli-Aerogenes bakterije relativno otporne prema dejstvu kiselina. Tako je kritična tačka za pH oko 4,5 (6). To omogućava Coli-Aerogenes bakterijama da za neko vreme mogu da prežive i dejstvuju u siru, stvarajući iz laktoze gas, kiselinu i druge štetne materije. Dalje su Iya & Frazier (7) utvrdili da S. lactis može potisnuti Aerogenes bakterije na temperaturi od 30°C, ako je odnos S. lactis-a i B. Aerogenes-a 4.600 : 1. Sa povišavanjem temperature od 30°C do 37°C uticaj S. lactis-a na B. Aerogenes se smanjuje.

Iz svega napred izloženoga proizlazi, da čiste kulture mogu suzbiti Coli-Aerogenes bakterije pod uslovom da poslednje nisu prisutne u većem broju. U protivnom slučaju, nadimanje sira nastaće i pored upotrebljene čiste kulture.

Efikasno sredstvo u borbi protivu nadimanja sira, pretstavlja upotreba specijalnih hemikalija, kao što su nitrati (KNO_3), hlorati ($KClO_3$), bromati i nitriti.

Od svih hemikalija nitrati se najviše upotrebljavaju. Mehanizam dejstva nitrata sastoji se u tome što nitrati služe kao izvor kiseonika odn. akceptor vodonika Coli-Aerogenes bakterijama, koje onda mogu da iskoriste mlečni šećer u potpunosti ne proizvodeći gas (8). Međutim, po drugome gledištu, nitrati bivaju redukovani od strane Coli-Aerogenes bakterija i dalje stvoreni nitriti otrovno dejstvuju na iste bakterije, koje su i dovele do njegoa stvaranja (6).

U većini slučajeva nitrati sprečavaju nadimanje sira. Oni se obično upotrebljavaju u količini od 25–80 gr na 100 l mleka. Ali, kako veće količine upotrebljenih nitrata mogu da pokažu negativan uticaj na aromu sira,

kao što je pojava gorkog ukusa, to se predlaže upotreba nitrata u količini do 30 gr na 100 l mleka (12).

Ostala sredstva protivu nadimanja sira, kao što su hlorati i bromati i dr., relativno se manje upotrebljavaju u sirarstvu, mada su postignuti veoma dobri rezultati sa primenom hlorata u količini od 1 gr na 100 l mleka (9). Najnovijim ispitivanjima takođe je potvrđeno da dodavanje hlorata mleku za sir u količini od 0,01% pokazuje bolje dejstvo od drugih hemikalija protivu nadimanja sira (10).

Napomenimo, da u našoj zemlji upotreba nitrata i drugih hemikalija, kao sredstva protivu nadimanja sira, nije dozvoljena po postojećim sanitarnim propisima.

Mnogi naši sirari praktikuju jače soljenje kod izrade sireva u nameri da spreče njihovo nadimanje. Poznato je da kuhinjska so štetno dejstvuje na mnoge nepoželjne bakterije (naročito buterne) u siru. Međutim, poznato je takođe i to da kuhinjska so, u većoj koncentraciji, štetno dejstvuje i na korisne mlečne bakterije. Otuda sa preteranim soljenjem, koje neki naši praktičari tako rado upotrebljavaju kod kačkavalja, belog mekanog sira, trapista i drugih vrsta sireva, može se često i suzbiti nadimanje, ali po cenu kvaliteta sira.

Ogledi Sadek & Hassan-a (11) pokazali su da se koncentracija kuhinjske soli od 3–11%, smanjivala ili kočila stvaranje gasa od strane *Coli-Aerogenes* bakterija u siru. Damietta. Međutim, potrebna količina soli rasla je sa porastom vazdušne temperature. Pomenimo još da su neka ispitivanja pokazala da je kuhinjska so, upotrebljena u manjim količinama, kočila razvoj *Coli-Aerogenes* bakterija, ali je često bila i bez efekta (5).

Ovo nam sve govori da jače soljenje treba vrlo obazrivo koristiti kao meru borbe protivu ranoga nadimanja sira, jer postoje mnogo bolja i korisnija sredstva, koja smo napred pomenuli.

Interesantna su domaća iskustva po pitanju suzbijanja pojave nadimanja sira, koja je izneo Markeš. (Vidi »Mljekarstvo«, broj 6, 1956). Odatle se može videti da su pasterizacija mleka i momentano zagrevanje mleka na temperaturu od 58–60° C. pokazale povoljne rezultate. Takođe je i postupak tzv. »brzog tempa izrade sira«, pokazao dobre rezultate u suzbijanju nadimanja sira.

Pravilna izrada sira, osobito temperatura potsiravanja, zatim propisna obrada gruš a i presovanje, umanjuju mogućnost pojave preterane šupljikavosti sira (4). To je i razumljivo, jer se pravilnom izradom sira stvaraju, pored ostaloga, povoljni uslovi za razvoj i dominaciju mlečnih bakterija, što dovodi do bržeg i potpunijeg potiskivanja štetnih bakterija, među njima i *Coli-Aerogenes* bakterija.

To se isto odnosi i na temperaturu podruma za zrenje sira. Ima slučajeva da sirevi, koji kod niže temperature zrenja (na pr. zrenje sira Čedar na 4–5°C, umesto na 10–12°C) daju normalan kvalitet, na višoj temperaturi zrenja podležu nadimanju. To se tumači time, što viša temperatura (osobito viša temperatura zrenja od normalne) ubrzava porast ne samo korisnih, već takođe i štetnih bakterija (15). Pored toga, na višoj temperaturi sposobnost rastvaranja ugljen dioksida (gas najviše odgovoran za rano nadimanje sira) u vodenoj fazi sira smanjuje se, tako da se samim tim opasnost od povećanog stvaranja šupljika povećava.

Prema tome, kadgod postoji opasnost od nadimanja-preterane šupljikavosti-sira zbog sirovog mleka lošeg bakteriološkog kvaliteta za izradu sira, a što se može utvrditi fermentacionom i sličnim probama, poželjno je koristiti nižu temperaturu podruma za zrenje sira.

ZAKLJUČAK

Rano nadimanje sira pretstavlja kompleksno pitanje i zbog toga se ono mora svakodnevno rešavati u proizvodnoj praksi.

Coli-Aerogenes bakterije, široko rasprostranjene u prirodi, neminovno dospevaju u mleko u toku njegove proizvodnje i manipulacije. Zbog toga se i zadatak proizvođača sastoji u tome da spreči njihov dolazak u mleko što je moguće više, a one koje su već dospele da onemoguću u svo-
me razviću.

Pasterizacija mleka jeste najbolje sredstvo za uništavanje Coli-Aerogenes bakterija.

Uslovi pod kojima se vrši izrada sira, veoma su povoljni za porast i razmnožavanje Coli-Aerogenes bakterija. One dostižu svoj maksimalni broj neposredno po završetku izrade sira, pa iza toga počinju da izumiru.

Zato se i nameće potreba za pridržavanjem svih mera, koje dovode do suzbijanja aktivnosti Coli-Aerogenes bakterija u mleku i siru, a to je sledeće:

1. — Propisno pranje i sterilizacija sudova na poljoprivrednim imanjima i sabirnim stanicama.
2. — Primena hlađenja mleka počev od navršene muže, pa sve do početka izrade sira.
3. — Pasterizacija mleka.
4. — Primena čistih kultura.
5. — Čišćenje u mlekari svega sa čime pasterizovano mleko dolazi u dodir.
6. — Pravilna izrada sira, i naročito podesne temperature podruma za zrenje sira.

Samo zajednička primena svih ovih mera, pretstavlja najsigurnije sredstvo u borbi protivu ranoga nadimanja sira.

Literatura: 1. Dorner, W., Demont, P. et Chavannes, D.: *Microbiologie laitière*. Lausanne, 1952. — 2. Crossley, E. L.: *The coliform flora of milk and dairy products*. *J. Dairy Res.* 14 : 233—283, 1946. — 3. Hammer, B. W. & Babel, F. J.: *Dairy bacteriology*. New York, 1957. — 4. Weigmann, H.: *Handbuch der praktischen Käserei*. Berlin, 1933. — 5. Lind, C.: *The influence of coli bacteria on cheese*. 12th Intern. Dairy Congress, 2, 2 : 525—534, 1949. — 6. Voitkevič, A. F.: *Mikrobiologija moloka i moločnih produktova*. Moskva, 1948. — 7. Iya, K. K. & Frazier, W. C.: *Associative growth of S. lactis and A. aerogenes in milk*. *J. Dairy Sci.* 34 : 879—886, 1951. — 8. Orla-Jensen: *Dairy bacteriology* (transl. by Arup). London, 1931. — 9. Galesloot, E. T.: *The early gas defect in cheese*, *Dairy Sci. Abstr.* 8, 255, 1947. — 10. Pietz P.: *Beitrag zur Antiblähwirkung verschiedener Chemikalien unter besonderer Berücksichtigung der Esherichia-Aerobacter gruppe*. *Milchwissenschaft*, 13 : 220—223, 1958. — 11. Sadek, G. M. & Hassan, A. A.: *A study on the effect of salt as an inhibitor of gas formation in Damietta cheese*. *Dairy Sci. Abstr.* 15, 501, 1953. — 12. Schulz, M. E.: *Käsereihilfsstoff-Vorschlagsliste 1958*. *Ergänzung zum Molkerei-Lexikon Milchwirtschaft von A—Z*. Deutsche Molk.-Zeitung Kempten, Allgau, 79 : 144—145, 1958. — 13. Bogdanov, V. M.: *Mikrobiologija moloka i moločnih produktova*. Moskva, 1954. — 14. Demeter, K.: *Bakteriologische Untersuchungsmethoden der Milchwirtschaft*. Stuttgart, 1952. — 15. Elliker, P. R.: *Practical dairy bacteriology*. New York, 1949.