YOGURT ISHLAB CHIQARISH BIOTEXNOLOGIYASIDA ISHTIROK ETADIGAN *LACTOBACILLUS DELBRUECKII SUBSP. BULGARICUS* NING BIOLOGIK TAVSIFI VA METABOLIK AHAMIYATI

[a]Sultonov Davronjon Sharibjonovich
[a]Farg‘ona davlat universiteti Botanika va biotexnologiya kafedra mudiri

[b]Toshpo‘latova Madinaxon Abduraxmon qizi
[b]Fag‘ona davlat universiteti biotexnologiya magistranti

Annotatsiya*: Ushbu maqolada yogurt ishlab chiqarish biotexnologiyasining asosiy komponenti hisoblangan Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus sut kislotasi bakteriyasining biologik, morfologik va fiziologik xususiyatlari tahlil qilingan. Sanoat mikrobiologiyasida ushbu shtammning roli, uning Streptococcus thermophilus bilan simbiotik aloqalari, sut kislotasi va aromat hosil qilish mexanizmlari hamda tayyor mahsulotning reologik xususiyatlariga ta'siri yoritilgan.*

Kalit so‘zlar*: Lactobacillus delbrueckii, biotexnologiya, yogurt, simbioz, protokooperatsiya, ekzopolisaxaridlar, atsetaldegid, proteoliz.*

KIRISH

Zamonaviy oziq-ovqat biotexnologiyasida funksional sut mahsulotlari, xususan, yogurt ishlab chiqarish hajmi kundan-kunga ortib bormoqda. Global miqyosda iste'mol qilinadigan yogurt mahsulotining sifati, konsistensiyasi va parhezboplik xususiyatlari bevosita boshlang‘ich mikrobial achitqilar (starter cultures) faolligiga bog‘liq. Yogurt ishlab chiqarish — bu sutning ma'lum turdagi foydali bakteriyalar yordamida achitilishi (fermentatsiyasi) jarayonidir. Yogurt ekzogen va endogen omillarga chidamli, o‘ziga xos mikrobiologik konsorsium faoliyati natijasida olinadi. Ushbu konsorsiumning yetakchi vakili Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus (qisqacha L. bulgaricus) hisoblanadi. 1905-yilda bolgar olimi Stamen Grigorov tomonidan kashf etilgan bu bakteriya bugungi kunda global sut sanoatining asosi hisoblanadi.

Asosiy qism

Klassik va standart yogurt tayyorlashda asosan ikki xil turdagi mikrorganizm (bakteriya) simbioz, ya'ni o'zaro hamkorlikda ishtirok etadi.

Asosiy yogurt bakteriyalari quyidagilardir:

1. **Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus (Bolgar tayoqchasi):** Bu bakteriya yogurtga o'ziga xos nordon ta'm (sut kislotasi hisobiga) va xushbo'y hid beradi. U sutdagi oqsillarni parchalashga yordam beradi.
2. **Streptococcus thermophilus (Termofil streptokokk):** Bu bakteriya tez ko'payadi va sut kislotasini jadal ishlab chiqaradi. U yogurtning quyuq va qaymoqsimon konsistensiyaga (tuzilishga) ega bo'lishini ta'minlaydi.

Bu ikki bakteriya birgalikda (simbiozda) alohida-alohida yashagandagiga qaraganda ancha tez va samarali rivojlanadi. *Streptococcus thermophilus* muhitni kislotali qilib, *Lactobacillus bulgaricus* uchun sharoit yaratsa, bolgar tayoqchasi oqsillarni parchalab, streptokokk uchun ozuqa (amino kislotalar) yetkazib beradi.

Qo'shimcha va Probiotik mikroorganizmlar

Zamonaviy oziq-ovqat sanoatida yogurtning shifobaxshlik xususiyatlarini oshirish (ichak mikroflorasini yaxshilash) maqsadida tarkibiga qo'shimcha **probiotiklar** ham qo'shiladi:

1. **Bifidobacterium (Bifidobakteriyalar):** Masalan, *Bifidobacterium bifidum* yoki *Bifidobacterium lactis*. Ular ovqat hazm qilish tizimini yaxshilaydi va immunitetni mustahkamlaydi.
2. **Lactobacillus acidophilus (Atsidofil tayoqchasi):** Oshqozon kislotasiga chidamli bo'lib, ichaklargacha yetib boradi va zararli bakteriyalarga qarshi kurashadi.
3. ***Lactobacillus bulgaricus*** yogurt ishlab chiqarish uchun ishlatiladigan asosiy bakteriya hisoblanadi. Bundan tashqari, ba'zi pishloqlarning pishishida hal qiluvchi rol o'ynaydi, shuningdek, tabiiy ravishda fermentlangan mahsulotlar bilan bog'liq boshqa jarayonlarda. Sut kislotasi uglevodlarni hazm qilishning yagona yakuniy mahsuloti bo'lganligi sababli u homoferment sut kislotasi bakteriyalari deb ta'riflanadi. Bundan tashqari, u Probiyotik hisoblanadi.

Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus - Lactobacillaceae oilasiga mansub bo‘lib, quyidagi biologik xususiyatlarga ega: hujayra shakli to‘g‘ri yoki biroz egilgan, uchlari yumaloqlangan tayoqchasimon (tayoqcha o‘lchami 0.5–0.8 × 2.0–9.0 mkm), gram-musbat (Gram+) bakteriya, harakatsiz, xivchinlarga ega emas, spora va kapsula hosil qilmaydi, obligat gomofermentativ, mikroaorofil (kislorodning past konsentratsiyasini afzal ko‘radi), katalaza-manfiy (vodorod peroksidni parchalay olmaydi), termofil bakteriya. Optimal o‘sish harorati 40-44 °C. Minimal o‘sish harorati 22 °C, maksimal esa 52 °C. Kislotalilik muhiti (pH): Optimal pH ko‘rsatkichi 5.5–6.0. Biroq, u yuqori kislotali muhitga (pH < 4.0) juda chidamli bo‘lib, fermentatsiya yakunida kislotalilikni keskin oshira oladi. L. bulgaricus o‘ta cheklangan fermentativ profilga ega. U asosan sut shakari — laktozani parchalaydi. Laktoza hujayra ichiga maxsus permeaza transport tizimi orqali kiradi. Hujayra ichida β-galaktozidaza fermenti yordamida glyukoza va galaktozaga parchalanadi. Glyukoza Embden-Meyerhof-Parnas (glikoliz) yo‘li orqali piruvatga, so‘ngra L(+)-sut kislotasiga aylanadi. L. bulgaricus galaktozani fermentatsiya qila olmaydi va uni tashqi muhitga ajratadi (bu yogurtning o‘ziga xos kimyoviy tarkibini belgilaydi). So‘nggi molekulyar-genetik tadqiqotlar va genom sekvenirlash (NGS) natijalari shuni ko‘rsatadiki, L. bulgaricus genomi nisbatan kichik hajmdagi (taxminan 1.86 Mb) bitta xromosomadan iborat. Sut muhitiga moslashish jarayonida mikroorganizm "reduktiv evolyutsiya"ni (genome decay) boshdan kechirgan.

Ko‘plab metabolik yo‘llar, xususan, aminokislotalar sintezi uchun javobgar genlar mutatsiyaga uchrab, psevdogenlarga aylangan. Bu holat bakteriyaning sut tarkibidagi tayyor oziq moddalarga to‘liq qaramligini va uning ixtisoslashgan biotexnologik shtamm ekanligini fundamental darajada isbotlaydi. Yogurt texnologiyasining biologik mohiyati ikki xil bakteriyaning L. bulgaricus va S. thermophilus simbiotik (protokooperativ) munosabatiga asoslanadi. Yakka ekilganda fermentatsiya muddati 12-16 soatni tashkil qilsa, aralash achitqida bu muddat 3.5-4.5 soatgacha qisqaradi. [S. thermophilus] --(Formiat, CO2, Piruvat ajratadi)--> [L. bulgaricus o'sishini rag'batlantiradi] [L. bulgaricus] -- Eksoproteaza: aminokislotalar)--> [S. thermophilus o'sishini tezlashtiradi] Initsial faza: S. thermophilus sutda tezroq

ko‘payadi, erigan kislorodni yutadi va mikroaerofil sharoit yaratadi. U metabolizm mahsuloti sifatida formiat (chumoli kislotasi tuzi), piruvat va karbonat angidrid (CO_2) ajratadi. Ushbu metabolitlar L. bulgaricus purin sintezi va o‘sishini stimulllaydi. Sinergetik faza: O‘z navbatida, o‘sishi tezlashgan L. bulgaricus yuqorida ta'kidlangan PrtB proteazasi orqali kazeinni parchalab, muhitda valin, gisterin va glitsin aminokislotalari konsentratsiyasini oshiradi. S. thermophilus proteolitik tizimi kuchsiz bo‘lgani uchun ushbu tayyor aminokislotalarni o‘zlashtirib, logarifmik o‘sish fazasiga kiradi. Ko‘pgina sanoat shtammlari fermentatsiya davrida hujayradan tashqariga yuqori molekulali uglevod polimerlari — ekzopolisaxaridlar (EPS) sintez qiladi. EPS ikki xil bo‘ladi: gomopolisaxaridlar va geteropolisaxaridlar. Biotexnologik jihatdan EPS sut laxtasi (gel) matrisasini barqarorlashtiradi, suvni bog‘lash qobiliyatini (water-holding capacity) oshiradi va sinerezis (zardob ajralishi) jarayonining oldini oladi. Bu esa ishlab chiqarishda sun'iy stabilizator va quyiltiruvchilardan (kraxmal, gelatin, pectin) voz kechish, ya'ni ekologik toza "Clean Label" mahsulot olish imkonini beradi. Yogurtga xos bo‘lgan spesifik nordon va xushbo‘y ta'mni ta'minlashda L. bulgaricus yetakchi rol o‘ynaydi. Piruvat metabolizmining yon mahsuloti sifatida atsetaldegid sintez qilinadi. Atsetaldegid konsentratsiyasi tayyor yogurtda 10–25 mg/l atrofida bo‘lganda, mahsulot eng yuqori organoleptik bahoga ega bo‘ladi. Shuningdek, oz miqdorda diatsetil va atsetoin ham ta'm muvozanatini ta'minlaydi.

XULOSA

Xulosa o‘rnida aytish mumkinki, Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus yogurt ishlab chiqarish biotexnologiyasining ajralmas va boshqaruvchi biologik ob'ektidir. Uning yuqori kislota hosil qilish qobiliyati, maqsadli proteolitik faolligi, S. thermophilus bilan molekulyar simbiozi va reologik faol EPS polimerlarini sintezlashi oziq-ovqat sanoatida barqaror va funksional mahsulotlar olishning kafolatidir. Magistrlik darajasidagi kelgusi tadqiqotlar ushbu shtammning genetik modifikatsiyalarsiz mutagenenez usullari orqali kislotaga chidamliligini oshirish va sanoat bioreaktorlaridagi fermentatsiya kinetikasini matematik modellashtirishga qaratilishi lozim.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Tamime, A. Y., & Robinson, R. K. (2007). Yogurt science and technology (3rd ed.). Woodhead Publishing.

2. Zourari, A., Accolas, J. P., & Desmazeaud, M. J. (1992). Metabolism and biochemical characteristics of Lactobacillus bulgaricus and Streptococcus thermophilus. Lait, 72(1), 1-34.

3.Van de Casteele, S., et al. (2006). Role of exopolysaccharides produced by Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus in yogurt texture. International Dairy Journal, 16(11), 1300-1307.

4.Stachelska, Milena Alicja; Foligni, Roberta (2018).