



QORAMOLLARDA SUT TARKIBINING SIFAT KO'RSATKICHLARI BILAN BOG'LIQ GENETIK MARKERLARNING POLIMORFIZMINI TAHLIL QILISH

Hamidova Ruxsora Normo'min qizi

Samarqand davlat veterinariya meditsinasi

chorvachilik va biotexnologiyalar universiteti tayanch doktoranti

Ilmiy rahbar: Xujamov Jurabek Nayimovich

Annotatsiya. Mazkur maqolada qoramol sutining sifat ko'rsatkichlari bilan bog'liq genetik markerlarning polimorfizmi va ularning seleksiya jarayonidagi ahamiyati tahlil qilinadi. Sut tarkibidagi yog', oqsil, kazein fraksiyalari, laktoza va zardob oqsillarining shakllanishida ishtirok etuvchi genetik omillarga alohida e'tibor qaratiladi. CSN1S1, CSN2, CSN3, PAEP va DGAT1 genlaridagi genetik variantlarning sut tarkibi hamda texnologik xususiyatlari bilan bog'liqligi ilmiy tadqiqotlar asosida yoritiladi. Shuningdek, Golshteyn va Braun shvits zotli qoramollarda o'tkazilgan tadqiqotlarning miqdoriy natijalari tahlil qilinib, genotip va sut sifati o'rtasidagi munosabatlarning zot hamda muhit sharoitlariga bog'liqligi ko'rsatiladi. Olingan ilmiy ma'lumotlar genetik markerlardan foydalanish sut sifatini yaxshilashga qaratilgan seleksiya dasturlarini takomillashtirish uchun muhim ekanini ko'rsatadi.

Kalit so'zlar: qoramol suti, genetik polimorfizm, DNK markerlari, SNP, CSN1S1, CSN2, CSN3, PAEP, DGAT1, sut yog'i, sut oqsili, kazein, molekulyar seleksiya.

Kirish

Sutning sifat ko'rsatkichlari chorvachilik mahsulotlarining oziqaviy qiymati, qayta ishlash samaradorligi va iqtisodiy ahamiyatini belgilovchi asosiy omillardan hisoblanadi. Sut tarkibidagi yog' va oqsil miqdori, oqsil fraksiyalarining nisbati,



laktoza hamda mineral moddalar uning oziqaviy xususiyatlari bilan bir qatorda pishloq, qatiq, yogurt va boshqa sut mahsulotlarini ishlab chiqarish jarayonlariga ham ta'sir ko'rsatadi.

Sut sifati ko'plab omillarning o'zaro ta'siri natijasida shakllanadi. Hayvonning zoti, yoshi, laktatsiya davri, oziqlanishi, sog'lig'i va saqlash sharoitlari muhim ahamiyatga ega. Shu bilan birga, sutning kimyoviy tarkibi va oqsil fraksiyalarining xususiyatlari genetik jihatdan ham farqlanadi. Shu sababli sut sifatini yaxshilashda faqat oziqlantirish va parvarish choralariga tayanish yetarli bo'lmay, hayvonlarning irsiy xususiyatlarini ham hisobga olish zarur.

Molekulyar genetika rivojlanishi natijasida sut tarkibining shakllanishida ishtirok etuvchi genlarni va ulardagi allel variantlarini aniqlash imkoniyati kengaydi. Ayniqsa, kazein oqsillarini kodlovchi genlar hamda zardob oqsillari bilan bog'liq genetik hududlar sut sifatini o'rganishda muhim ilmiy yo'nalishga aylandi. Bunday tadqiqotlar sut tarkibidagi farqlarning genetik asoslarini aniqlash va naslchilik ishlarini ilmiy dalillarga tayangan holda tashkil etishga yordam beradi.

Maqolaning maqsadi qoramollarda sutning sifat ko'rsatkichlari bilan bog'liq asosiy genetik markerlarni tahlil qilish, mavjud ilmiy tadqiqotlarning miqdoriy natijalarini umumlashtirish va ularning seleksiya amaliyotidagi ahamiyatini asoslashdan iborat.

Sut tarkibining sifat ko'rsatkichlari va ularning genetik asoslari

Sigir suti murakkab biologik tizim bo'lib, uning tarkibida suv, yog', oqsil, laktoza, mineral moddalar va biologik faol birikmalar mavjud. Sutning umumiy sifatini baholashda yog' va oqsil miqdori, oqsillarning tarkibiy qismlari, sanitariya-gigiyena ko'rsatkichlari hamda qayta ishlashga yaroqliligi muhim o'rin tutadi.

Sut oqsillarining asosiy qismini kazeinlar tashkil etadi. Ular α S1-kazein, α S2-kazein, β -kazein va κ -kazein fraksiyalaridan iborat. Ushbu oqsillar mos ravishda CSN1S1, CSN1S2, CSN2 va CSN3 genlari bilan kodlanadi. Mazkur genlar qoramol genomining 6-xromosomasida bir-biriga yaqin joylashgan kazein genlari majmuasini tashkil etadi.



Kazeinlarning miqdori va o'zaro nisbati sutning texnologik xususiyatlariga ta'sir ko'rsatadi. Xususan, kazein mitsellalarining tuzilishi va ivish jarayoni pishloq ishlab chiqarish samaradorligi bilan bog'liq. Shuning uchun sut tarkibidagi umumiy oqsil miqdorini aniqlash bilan cheklanmay, alohida oqsil fraksiyalarining tarkibini ham o'rganish maqsadga muvofiq.

Sutdagi asosiy zardob oqsillaridan biri β -laktoglobulin bo'lib, u PAEP geni bilan kodlanadi. Ushbu genning A va B kabi variantlari sutning oqsil profilida farqlar bilan bog'langan. Sut yog'ining sintezida esa DGAT1 geni muhim biologik vazifani bajaradi. Shu sababli kazein genlari, PAEP va DGAT1 sut sifatining turli jihatlarini o'rganishda muhim nomzod genlar hisoblanadi.

Genetik polimorfizm deganda bir gen yoki genom hududida populyatsiya doirasida uchraydigan irsiy variantlar tushuniladi. Bunday variantlar nukleotid almashinuvi yoki boshqa genetik o'zgarishlar shaklida namoyon bo'lishi mumkin. Ularning ayrimlari oqsilning tuzilishiga, boshqalari esa uning sintez miqdori yoki gen faoliyatiga ta'sir ko'rsatadi. Biroq genetik variantning mavjudligi uning sut sifatiga albatta ijobiy ta'sir qilishini anglatmaydi. Bu bog'liqlik ilmiy tadqiqotlar orqali tekshirilishi lozim.

CSN1S1, CSN2 va CSN3 genlari polimorfizmining sut sifatiga ta'siri

Sut tarkibini genetik jihatdan o'rganishda kazein genlari alohida ahamiyatga ega. CSN1S1 geni α S1-kazeinni, CSN2 geni β -kazeinni, CSN3 geni esa κ -kazeinni kodlaydi. Ushbu oqsillar sut tarkibidagi kazein majmuasining shakllanishida ishtirok etadi, ammo ularning biologik va texnologik vazifalari bir xil emas.

CSN2 genining mashhur variantlaridan A1 va A2 β -kazein shakllari sut oqsillari tarkibini o'rganishda keng qo'llanadi. A1 va A2 variantlari β -kazein oqsilining 67-pozitsiyasidagi aminokislota bilan farqlanadi: A1 shaklida gistidin, A2 shaklida esa prolin mavjud. Ushbu farq oqsilning hazm bo'lish jarayonida parchalanish xususiyatlariga ta'sir qilishi mumkin. Biroq sutning umumiy oziqaviy sifati yoki inson salomatligiga ta'siri haqida xulosa chiqarishda faqat genotipga



asoslanish yetarli emas; tegishli klinik va oziqaviy tadqiqotlar ham hisobga olinishi kerak.

CSN3 geni bilan bog'liq κ -kazein sutning ivish xususiyatlari va kazein mitsellalarining barqarorligida muhim rol o'ynaydi. Ushbu genning A va B allellari turli qoramol zotlarida o'rganilgan. B alleli ayrim tadqiqotlarda sutning texnologik xususiyatlari va pishloq ishlab chiqarish samaradorligi uchun qulay ko'rsatkichlar bilan bog'langan. Lekin bu ta'sirni barcha zotlar va barcha mahsuldorlik belgilariga bir xil tatbiq etish mumkin emas.

Mahmoudi va hammualliflar tomonidan 2020-yilda chop etilgan meta-tahlilda CSN3 genining sut mahsuldorligi va tarkibi bilan bog'liqligi ko'rib chiqilgan. Tadqiqotga jami 30 471 bosh genotipi aniqlangan qoramol haqidagi ma'lumotlar kiritilgan. Natijalarda BB genotipi ayrim statistik modellarda laktatsiya davridagi sut miqdori bilan ijobiy bog'liqlik ko'rsatgan. Dominant model bo'yicha standartlashtirilgan o'rtacha farq 0,259 ($p = 0,006$), additiv model bo'yicha esa 0,279 ($p = 0,035$) bo'lgan. Mualliflar CSN3 variantlarining ta'siri ayrim sut tarkibi belgilarida kuzatilishini, biroq natijalar qo'llanilgan genetik modelga qarab farqlanishini ham qayd etganlar.

Bu natijalar CSN3 genining seleksion ahamiyatini ko'rsatsa-da, standartlashtirilgan o'rtacha farqni bevosita sutning kilogrammdagi miqdori sifatida talqin qilish mumkin emas. Shuningdek, statistik ahamiyatli bog'liqlik markerning o'zi barcha sharoitlarda yuqori mahsuldorlikni ta'minlashini anglatmaydi.

CSN2, CSN3 va PAEP genlari bo'yicha amaliy tadqiqot natijalari

2022-yilda *Journal of Dairy Science* jurnalida chop etilgan tadqiqotda Italiyaning Trento hududidagi 85 ta tijorat xo'jaligida saqlangan 1 264 bosh Braun shvits zotli sigirning sut oqsillari profili o'rganilgan. Ulardan 989 boshida genotiplash muvaffaqiyatli amalga oshirilgan va 37 519 ta SNP markeridan foydalanib genomik qarindoshlik matritsasi tuzilgan. Tadqiqotchilar β -kazein (CSN2), κ -kazein (CSN3) va β -laktoglobulin (PAEP) genotiplarining alohida sut oqsillari bilan bog'liqligini tahlil qilganlar.



Tadqiqot natijalariga ko'ra, CSN2 geni kazein fraksiyalarining aksariyati bilan bog'liq bo'lgan, CSN3 geni esa, ayniqsa, κ -kazein fraksiyasiga ta'siri bilan ajralib turgan. PAEP genidagi β -laktoglobulinning B varianti A variantiga nisbatan β -laktoglobulin konsentratsiyasining pastroq bo'lishi bilan bog'langan. Shuningdek, CSN2 va CSN3 genlaridagi B alleli oqsil profilining ayrim ko'rsatkichlarida yuqoriroq sintez bilan bog'liqlik ko'rsatgan.

Ushbu natijalarning muhim tomoni shundaki, genetik variantlar faqat sutdagi umumiy oqsil miqdoriga emas, balki alohida oqsil fraksiyalarining nisbati va miqdoriga ham aloqador bo'lishi mumkin. Demak, sut sifatini yaxshilashga qaratilgan seleksiyada oqsilning umumiy miqdori bilan bir qatorda uning tarkibiy tuzilishini ham baholash zarur.

Mazkur tadqiqotda genetik variantlarning ta'siri sut oqsillarining nisbiy ulushi, hajm birligidagi miqdori va kunlik ishlab chiqarilgan miqdori bo'yicha alohida ko'rib chiqilgan. Bu ko'rsatkichlar bir-biridan farq qiladi: sutdagi oqsil ulushining ortishi har doim ham bir kunda olingan oqsilning umumiy miqdori ortishini anglatmaydi. Shu sababli genetik tahlillarda o'lchov ko'rsatkichlarini aniq ajratish muhimdir.

Manba: *Role of CSN2, CSN3, and BLG genes and the polygenic background in the cattle milk protein profile*. Journal of Dairy Science, 2022. DOI: 10.3168/jds.2021-21421.

Golshteyn zotli qoramollarda kazein genlari polimorfizmi bo'yicha tadqiqot 2025-yilda *Veterinary Medicine and Science* jurnalida e'lon qilingan tadqiqotda Turkiyaning Konya, Manisa va Diyarbakir hududlarida intensiv sharoitda saqlangan 519 bosh Golshteyn sigir o'rganilgan. Hayvonlardan olingan qon va sut namunalari asosida CSN1S1, CSN1S2, CSN2 va CSN3 genlarining polimorfizmlari PCR-RFLP usuli bilan tekshirilgan. Genotiplarning sut tarkibiga ta'siri umumiy chiziqli model yordamida baholangan.

Tadqiqot natijalariga ko'ra, umumiy populyatsiyada CSN2 genotiplari sutning yog'siz quruq moddasi, oqsil va laktoza foizlari bilan statistik jihatdan



ahamiyatli bog‘liqlik ko‘rsatgan. CSN2 A2A2 genotipiga ega sigirlarda boshqa genotiplar bilan taqqoslaganda:

- yog‘siz quruq modda ulushi 0,14 foiz punktga yuqori;
- oqsil ulushi 0,05 foiz punktga yuqori;
- laktoza ulushi 0,08 foiz punktga yuqori bo‘lgan.

Tadqiqotda yog‘siz quruq modda uchun $p < 0,01$, oqsil uchun $p < 0,05$ va laktoza uchun $p < 0,01$ darajasidagi statistik bog‘liqlik qayd etilgan. Shuningdek, Konya hududidagi hayvonlarda CSN1S1 genining BC genotipi va CSN3 genining AA genotipi sut yog‘i foizi bilan statistik jihatdan ahamiyatli bog‘liqlik ko‘rsatgan. CSN1S1 va CSN3 genotiplari bilan sut yog‘i o‘rtasidagi munosabatda hududga bog‘liq farqlar ham aniqlangan.

Bu natijalar kazein genlaridagi polimorfizmlar sut tarkibining ayrim sifat ko‘rsatkichlari bilan bog‘liq bo‘lishi mumkinligini tasdiqlaydi. Shu bilan birga, mazkur natijalarni boshqa qoramol zotlariga to‘g‘ridan-to‘g‘ri ko‘chirish mumkin emas. Chunki genetik variantlarning ta’siri populyatsiya, xo‘jalik sharoiti va genotip bilan muhit o‘rtasidagi o‘zaro ta’sirga qarab o‘zgarishi mumkin.

Manba: Demirel va hammualliflar. *Associations Between Polymorphisms of the CSN1S1, CSN1S2, CSN2 and CSN3 Genes and Milk Composition Traits in Holstein Cattle*. Veterinary Medicine and Science, 2025. DOI: 10.1002/vms3.70334.

DGAT1 geni polimorfizmi va sut yog‘i miqdori

Sut yog‘i sutning energetik qiymati, ta’mi, qayta ishlash xususiyatlari va ayrim sut mahsulotlarining iqtisodiy qiymatini belgilovchi muhim komponentdir. Sut yog‘i miqdorining genetik asoslarini o‘rganishda DGAT1 geni alohida o‘rin tutadi. Ushbu gen yog‘ sintezining yakuniy bosqichida ishtirok etuvchi fermentni kodlaydi.

DGAT1 genining K232A deb ataladigan varianti oqsilning 232-pozitsiyasidagi aminokislotaning lizin va alanin bilan almashinishini anglatadi. Ushbu polimorfizm ayrim qoramol zotlarida sut yog‘i miqdori bilan kuchli bog‘liqlik ko‘rsatgan. 2015-yilda Ruminiya Golshteyn qoramollarida o‘tkazilgan tadqiqotda



DGAT1 K232A polimorfizmi sut yog'i foizi va yog' kislotalari profili bilan bog'liq holda o'rganilgan.

Mazkur genetik variantning amaliy ahamiyati shundaki, u sut yog'i tarkibini yaxshilashga qaratilgan seleksiya dasturlarida foydali marker bo'lishi mumkin. Biroq sut yog'ining foizi, sutning umumiy miqdori va kunlik ishlab chiqarilgan yog' miqdori turli ko'rsatkichlardir. Shu sababli seleksiya maqsadiga qarab ularning har biri alohida baholanishi kerak.

Bundan tashqari, sut yog'i miqdoriga ratsiondagi energiya va tolalar muvozanati, laktatsiya davri hamda hayvonning metabolik holati ham ta'sir qiladi. Shuning uchun DGAT1 genotipi haqidagi ma'lumotlar real mahsuldorlik ko'rsatkichlari bilan birgalikda tahlil qilingandagina amaliy qiymatga ega bo'ladi.

Genetik markerlar polimorfizmini tahlil qilish usullari

Sut sifatiga aloqador genetik variantlarni aniqlashda bir nechta molekulyar-genetik usullardan foydalaniladi. Ularning tanlanishi tadqiqot maqsadi, laboratoriya imkoniyatlari va tekshiriladigan markerlar soniga bog'liq.

PCR-RFLP usuli ma'lum gen hududini polimeraza zanjir reaksiyasi orqali ko'paytirish va keyinchalik restriksion fermentlar yordamida variantlarni farqlashga asoslanadi. Ushbu usul ayrim ma'lum polimorfizmlarni tekshirishda qo'llanadi. DNK sekvenslash esa gen hududidagi nukleotidlar ketma-ketligini aniqlash va ilgari ma'lum bo'lmagan variantlarni topish imkonini beradi. SNP chip texnologiyasi yordamida esa bir vaqtning o'zida minglab genetik markerlar tahlil qilinadi.

Genetik polimorfizmni baholashda allel va genotip chastotalarini aniqlash, kuzatilgan genotip taqsimotini statistik tekshirish hamda genotip bilan sut sifatining miqdoriy ko'rsatkichlari o'rtasidagi bog'liqlikni baholash muhimdir. Bunda hayvonlarning yoshi, laktatsiya davri, xo'jalik, oziqlantirish sharoiti va boshqa ta'sir etuvchi omillar imkon qadar statistik modelga kiritilishi kerak.

Genetik markerning seleksiyada qo'llanishi uchun uning ta'siri faqat bitta guruhda aniqlanishi yetarli emas. Natijalar boshqa hayvonlar guruhida ham tekshirilishi, biologik jihatdan asoslanishi va amaliy seleksiya maqsadiga mos kelishi



lozim. Aynan shu talablar molekulyar-genetik tadqiqotlar natijalarini ishonchli qo'llashga yordam beradi.

Xulosa

Qoramollarda sut tarkibining sifat ko'rsatkichlari bilan bog'liq genetik markerlarning polimorfizmini tahlil qilish sut mahsulotlari sifatini yaxshilash va naslchilik ishlarini takomillashtirish uchun muhim ilmiy yo'nalish hisoblanadi. CSN1S1, CSN2 va CSN3 genlari kazein oqsillarining tarkibi hamda sutning ayrim texnologik xususiyatlari bilan, PAEP geni zardob oqsillaridan biri bo'lgan β -laktoglobulin bilan, DGAT1 geni esa sut yog'i sintezi bilan bog'liq.

Tahlil qilingan ilmiy manbalarda kazein genlari va boshqa genetik variantlarning sut tarkibidagi yog'siz quruq modda, oqsil, laktoza, yog' hamda alohida oqsil fraksiyalari bilan statistik bog'liqligi aniqlangan. Xususan, 2025-yilda 519 bosh Golshteyn sigirda o'tkazilgan tadqiqotda CSN2 A2A2 genotipi bilan ayrim sut tarkibi ko'rsatkichlari o'rtasida statistik jihatdan ahamiyatli farqlar qayd etilgan. 2022-yildagi Braun shvits qoramollari bo'yicha tadqiqot esa CSN2, CSN3 va PAEP genlarining alohida sut oqsillari profilidagi rolini ko'rsatgan.

Shu bilan birga, genetik markerlarning ta'siri barcha zotlarda va barcha xo'jalik sharoitlarida bir xil bo'lmaydi. Sutning sifat ko'rsatkichlari irsiy omillar bilan bir qatorda oziqlanish, sog'liq, laktatsiya davri va saqlash sharoitlariga ham bog'liq. Shuning uchun genetik polimorfizmni baholashda molekulyar tahlil natijalarini laboratoriyada aniqlangan sut tarkibi va xo'jalikdagi mahsuldorlik ma'lumotlari bilan birlashtirish zarur.

O'zbekiston sharoitida ushbu yo'nalishdagi tadqiqotlarni rivojlantirish uchun mahalliy va chetdan keltirilgan qoramol zotlarida genetik variantlar chastotasini aniqlash, ularning sut sifati bilan bog'liqligini tekshirish va natijalarni mustaqil guruhlarda tasdiqlash maqsadga muvofiqdir. Bunday yondashuv sut sifatini yaxshilashga qaratilgan seleksiya qarorlarini ilmiy asoslashga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR



1. Demirel, F. A. va boshqalar. (2025). Associations Between Polymorphisms of the CSN1S1, CSN1S2, CSN2 and CSN3 Genes and Milk Composition Traits in Holstein Cattle. *Veterinary Medicine and Science*, 11(3), e70334. <https://doi.org/10.1002/vms3.70334>
2. Role of CSN2, CSN3, and BLG genes and the polygenic background in the cattle milk protein profile. (2022). *Journal of Dairy Science*, 105(7), 6001–6020. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21421>
3. Mahmoudi, P., Rostamzadeh, J., Rashidi, A., Zergani, E., Razmkabir, M. (2020). A Meta-analysis on Association Between CSN3 Gene Variants and Milk Yield and Composition in Cattle. *Animal Genetics*, 51(3), 369–381. <https://doi.org/10.1111/age.12922>
4. Tăbăran, A. va boshqalar. (2015). Influence of DGAT1 K232A Polymorphism on Milk Fat Percentage and Fatty Acid Profiles in Romanian Holstein Cattle. *Animal Biotechnology*, 26(2), 105–111. <https://doi.org/10.1080/10495398.2014.933740>
5. Kelly, A. L. va boshqalar. (2025). Genetic Variation in Bovine Milk Proteins: Implications for Functional and Nutritional Properties. *International Journal of Dairy Technology*, 78(1). <https://doi.org/10.1111/1471-0307.13152>
6. Caroli, A., Chessa, S., Erhardt, G. J. (2009). Invited Review: Milk Protein Polymorphisms in Cattle: Effect on Animal Breeding and Human Nutrition. *Journal of Dairy Science*, 92(11), 5335–5352. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2461>