

ГҮҮНИЙ СААМ, АЙРАГНААС СИНБИОТИК БЭЛДМЭЛ ҮЙЛДВЭРЛЭХ ТЕХНОЛОГИЙН ШИЙДЭЛ, ЗОХИОН БҮТЭЭЛТ

Лувсандорж Алтанхуяг*

Био-Анагаахын Тэнхим, Эм Зүйн Шинжлэх Ухааны Их Сургууль, Улаанбаатар хот,
Монгол Улс

*цахим хаяг: altankhuyag@monos.mn

TECHNOLOGICAL SOLUTION AND INNOVATION FOR PRODUCING A SYNBIOTIC PREPARATION FROM FERMENTED MARE'S MILK (AIRAG)

Altankhuyag Luvсандорж*

Department of Biomedicine, Mongolian University of Pharmaceutical Sciences, Ulaanbaatar,
Mongolia

*email: altankhuyag@monos.mn

Улаанбаатар
Монгол
Улс

Abstract

Introduction: Mare's milk and traditional Mongolian airag constitute a distinctive Eurasian fermented dairy ecosystem shaped by centuries of nomadic practice and characterized by complex multispecies microbial consortia. This system harbors diverse lactic acid bacteria, bifidobacteria, and fermentative yeasts capable of producing a wide spectrum of bioactive metabolites, including organic acids, antimicrobial peptides, bacteriocins, and antioxidant compounds. Such properties position airag as a promising source of next-generation probiotic and synbiotic formulations. However, despite long-standing microbiological and biochemical investigations, critical gaps remain in defining the stable core microbiota, elucidating functional metabolic interactions, and translating traditional fermentation systems into standardized industrial platforms. Variability in raw materials, seasonal conditions, and spontaneous fermentation dynamics continues to limit reproducibility and large-scale application. Recent advances in genomics, metabolomics, and fermentation engineering now enable systematic characterization of strain-level diversity, functional pathways, and interspecies interactions, providing a scientific basis for rational consortium design.

Methods: This review synthesizes historical and contemporary evidence on the microbiological diversity, biochemical composition, and functional potential of mare's milk-derived fermentations, while identifying technological barriers to strain stabilization, encapsulation, and scalable production. We propose an integrated framework combining omics-driven strain selection, targeted prebiotic matrices, and advanced microencapsulation technologies to establish a standardized synbiotic platform derived from Mongolian fermented dairy systems.

Conclusion: Such an approach could transform a traditional nutritional resource into a reproducible, high-value functional food technology, strengthening scientific validation of indigenous fermentation practices while supporting innovation, biotechnology development, and export-oriented functional nutrition.

Key words: Mare's milk, Mongolian airag

Үндэслэл

Гүүний саам болон уламжлалт айраг нь Монголын нүүдэлчдийн олон зуун жилийн турш боловсруулж ирсэн өвөрмөц исгэлтийн уламжлал бөгөөд сүүлийн үед дэлхий нийтэд сонирхол татаж буй олон омгийн лактобацилл, лактококк, бифидобактер, дрожж зэрэг төрөл бүрийн бичил биетний зэрэгцэн орших микробиомын онцгой эх үүсвэр болдог.

Эдгээр бичил биетнүүд нь хүчиллэг орчинд дасан зохицсон, өндөр исгэлтийн идэвхтэй, фермент, органик хүчил, антиоксидант болон бактериоцин зэрэг биологийн идэвхт нэгдэл ялгаруулдаг. Ийм шинж чанар нь айрагны шим тэжээл, дархлаа дэмжих боломжит нөлөөг олон улсын түвшинд судлах шаардлагатай болгож байна.

Гэсэн хэдий ч гүүний саам, айрагнаас гарган

авсан бичил биетний тогтвортой сан, түүний функциональ шинжийг системтэй судалсан ажил цөөн, мөн үйлдвэрлэлийн түвшний тогтвортой, үр ашигтай синбиотик бэлдмэлийн технологийн стандарт одоогоор бүрдээгүй байна. Үйлдвэрийн түвшинд хэрэгжүүлэхэд шаардлагатай тусгаарлалт, омгийн шинжлэн баталгаажуулалт, зүй зохистой өсгөвөрлөлт, вакуум орчинд хөлдөөн хатаах технологи, савлагаа зэрэг процессуудыг айрагны зэрлэг (wild-type) омгуудын хувьд оновчлох шаардлага тулгарч байна.

Иймд энэхүү судалгааны зорилго нь гүүний саам, айрагны байгалийн симбиотик бичил биетэний экосистемийг шинжлэх ухааны үндэслэлтэйгээр илрүүлж, үндэсний санг тодорхойлж, үйлдвэрлэлд нэвтрүүлэхүйц технологийн шийдэл боловсруулахад оршино. Үүнд:

1. Бичил биетний омгуудыг ялгаж, генетик болон фенотипийн түвшинд тодорхойлох, өсгөвөрлөх, үржүүлэх зохистой нөхцөлийг тогтоох,
2. Синбиотик бэлдмэлийн найрлага, матриц, бичил биетний хамгаалах бодисын системийг оновчлох
3. Вакуум орчинд хөлдөөн хатаах технологи болон савлагааны инженерчлэлийг баталгаажуулах,
4. In vitro / in vivo түвшинд функциональ чадварыг үнэлэх шаардлага үүсдэг.

Эдгээр зорилтуудыг хэрэгжүүлснээр монгол айрагны өвөрмөц микробиологийн үнэт нөөцийг өндөр нэмүү өртөг бүхий функциональ хүнс, хүнсний нэмэгдэл бүтээгдхүүн болгон хөгжүүлэх үндэс суурь бүрдэнэ. Мөн уламжлалт хүнсний бүтээгдэхүүний шинжлэх ухааны үндэслэлийг бэхжүүлж, экспортын боломжийг нэмэгдүүлэх эдийн засаг, инновацын ач холбогдолтой юм.

Судлагдсан байдал:

1. Гүүний саам, айрагны микробиологийн судалгаа

Манай улсад айргийн хөрөнгөний цэвэр ба Симбиоз микроорганизмын үндэсний сан хадгалж, шаардлагатай үед хэрэглэсээр байна. Ардын уламжлалт аргаар бэлдсэн айрагнаас проф. Р.Балдорж 1962-1970 онуудад Булганы Сайхан, Архангайн Хайрхан, Өвөрхангайн Хужирт, Дундговийн Адаацаг, Эрдэнэдалай, Төв аймгийн Баянжаргалан, Борнуур, Жаргалантийн сангийн аж ахуй, айрагнаас микробиологийн сонгомол нийцүүлсэн аргуудаар сүүн хүчлийн бактер, савханцар, стрептококкокууд, спиртийн эсэлтийн лактоза эсгэдэг ба эсгэдэггүй дрожджуудын цэвэр өсгөвөрүүдийг ялгаж хэлбэр зүй, физиологи-биохимийн гол шинжүүдийг судалсан¹.

Айргийн хөрөнгөний микроорганизмыг Биль 1881 он, Сорокин 1883, Григириев 1885, Архипов 1930, Соловьев 1963, Воткевич 1934, Марков-Осоргин 1941, Халин 1938, Оспанова 1973, Чумаков 1958, Гриценко 1964, Р.Балдорж 1962-1974 онуудад судалж, 1881-1981 он хүртэл 100 гаруй жил судлагдаж эцэст нь гүүний айраг, үнээний тосгүй сүүний айраг болон эсгэлэн сүүн ундааны хөрөнгөний микроорганизмын дүр зүйлийн хувьд нэгдсэн дүгнэлтэнд хүрсэн².

1960-1981 он хүртэл Давидов 1965, Хрисаноровна 1965, Хр.Чомаков 1966, Р.Балдорж 1964-70, Ц.Намсрай 1974 нар гүүний айраг, үнээний тосгүй сүүний айрагнаас сүү хүчлийн бактерийг цэврээр ялгаж судалжээ³⁻⁷. Цаашид сүүн хүчлийн савханцрын лактоза задалж сүүний хүчил үүсгэлтийг тодорхойлох асуудал, онол, практикийн хувьд чухал ач холбогдолтой байдаг. Монгол гүүний саамаар бэлдсэн айргийн хөрөнгөний сүүн хүчлийн савханцар эс ба колоны хэлбэр зүй, физиологи-биохимийн шинжүүдэд Богданова

1962, Квасников 1975, Хор.Чомаков 1966, Королев 1966, Цион 1948 нарын тодорхойлсон лактобактерум булгарикумтай тохирч байгаа тул омгийн хувьд Лактобактерум булгарисум Мон-75 гэж тодорхойлжээ⁸⁻¹¹.

Гүүний айраг, саамны олон омогт, биологийн идэвхтэй микробиомын нөөц нь пробиотик болон синбиотик бэлдмэл боловсруулахад суурь болдог.

2. Гүүний саам, айрагны биохимийн шинж, шим тэжээлийн судалгаа

Ж.Жамсран, Р.Индра, Р.Балдорж, Ц.Намсрай, Н.Жамсранжав, ЗХУ-ын эрдэмтэн В.Н.Тоцкий нар 1965 оноос гүүний саам, айрагны уураг, аминхүчил, витамин, тосны хүчлүүд, айрагны эмчилгээний төгс чанар, айргийн хөрөнгөний микроорганизмын бүрэлдэхүүнийг судалсан байна¹²⁻¹³.

Ц.Намсрай 1974 онд туурвисан “Айраг, саамын уургийн тэжээлийн төгс чанар” сэдэвт бүтээлд гүүний саам, айрагны уургийн бүлэглэлүүд, уургийн ба чөлөөт аминхүчил, айргийн хөрөнгөний микроорганизмуудын уураг задлах идэвх, айргийн уургийн хоол боловсруулах эрхтний ферментүүдийн үйлчлэлээр задрах хурд зэрэг ажлуудыг судлан монгол айргийн эмчилгээний төгс чанарыг шинжлэх ухааны үндэслэлийг гаргасан байна.

Гүүний саамын нийт уургийн 40-өөд хувийг альбумин, альфа-лакто, бета-лакто глобулин, иммунглобулин болон бусад уураг эзэлдэг. Айргийн бүрэлдэхүүнд 20 орчим амин хүчил байдгийн 10 нь хүний бие махбодид нийлэгжиж бий болдоггүй тул зөвхөн хүнсээр авах, бусад амин хүчлээр орлуулж боломгүй амьдралыг тэтгэгч чухал хүчлүүд юм.

Айраг нь 1.5-2.2 хувийн тослогтой. А, В1, В3, В6, В7, В9, В12, В13, В15, К, D, Е зэрэг аминдэм агуулдаг бөгөөд кальци, фосфор, кобальт, зэс зэрэг эрдэс бодисоор үхрийн сүүнээс давуутай¹⁴.

Дээрхээс харахад гүүний саам, айраг нь зөвхөн бичил биетний нөөц биш, **пребиотик, биологийн өндөр идэвхт** бодис дээр бичил биет нэмэгдснээр синбиотик бүтээгдэхүүн бий болгох үндэс бүрдэнэ.

3. Гүүний саам, айрагны бичил биетний функциональ шинж чанар, пробиотик боломж

Гүүний саам, айраг нь Евразийн уламжлалт исгэсэн хүнсний бүтээгдэхүүн бөгөөд олон улсын микробиомын судалгаанд биологийн өндөр идэвхтэй, өвөрмөц симбиотик экосистем гэдгээрээ сүүлийн 10–15 жилд онцгой байр суурь эзэлж байна.

Гол үнэ цэнэ нь олон төрлийн сүүн хүчлийн бактерийн нэгдэл, өндөр биоидэвхт бодисууд (лактферрин, лизоцим), эсгэлтийн явцад бий болдог постбиотик метаболитууд, хүний хоол боловсруулах замд сайн нутагших чадвар юм.

2000 оноос гүүний саам, айргийн судалгаа ахин нэг шатаар урагшилж гүүний саамын уургийн бүлэглэлийн судалгаа, монгол айргийн биологийн идэвхийн судалгаанууд хийгдэж эхэлсэн ба дэд профессор, доктор Б.Очирхуяг гүүний саамын уургийн бүлэглэлүүдийг нарийвчлан судалж, өмнө нь үнээний сүүнд л илэрсэн казеин уургийн фракцуудыг гүүний саамнаас илрүүлсэн бол 2006 онд профессор, доктор Б.Батжаргал айрагнаас ялгасан *Enterococcus durans* A5-11 зүйлийн сүүн хүчлийн бактерийн ялгаруулдаг энтероцин A5-11A (5206 Да) ба A5-11B (5218 Да) хоёр төрлийн бактериоциныг ялгасан байдаг.

Г.Оюундэлгэр, Б.Батжаргал, Б.Очирхуяг зэрэг эрдэмтдийн судалгаагаар айрагнаас ялгасан *Enterococcus durans* A11-5 өсгөврөөс 2 төрлийн энтероцин, *Lactobacillus diolivorans* өсгөврөөс 2 төрлийн бактерийн эсрэг идэвхтэй пептидүүдийг ялгасан. Мөн *L.plantarum* (C4-3), *L.paracasei*(O1323), *L.fermentum* BM-

325, *L.helveticus* N522, *L.helveticus* N222, *L.paracasei* (DU-8), *Lactococcus lactis* T-8, *L.paracasei* A-4, *L.paracasei* A-8 зэрэг өсгөврүүд уураг задлах, антиоксидант, АТХЭ-ийг саатуулах нөлөөг тодорхойлоод байна. Үүнээс гадна *Lactobacillus paracasei* X-1, *Lactobacillus paracasei* X-17, *Lactobacillus plantarum* 325 өсгөврүүдийн таргалалтын эсрэг идэвхийг C57BL/6j шугаман хулганад туршилтын загвар үүсгэн судлахад биеийн жин бууруулах, цусан дахь глюкоз, өөх тосны хэмжээг тогтворжуулах нөлөөтэйг тогтоосон¹⁵⁻²⁶.

Сүүн хүчлийн бактери нь өөрийн биеэс антибиотиктөст бодис (бактериоцин, лактолин, низин г.м) ялгаруулан [Batdorjet al., 2006] эмгэг төрүүлэгч бактериудын үржлийг саатуулан тэдгээрийн үүсгэсэн хортой бодисын цусанд шимэгдэх явцыг сааруулах үйлчилгээтэй [Рожерс, 1928, Квасников, 1975, Антипов, 1980, Тимошко, 1980, Sanai Okada 2003] бөгөөд шим тэжээлийн бодисын нийлэгжлийг сайжруулах замаар тэжээл боловсруулалтыг засанидэвхжүүлж бие махбодын уураг, нүүрсус, витамин, хангамжийг дээшлүүлдэг [Дэмбэрэл ба Дүгэрсүрэн, 2003] гэсэн судлаачдын дүгнэлт нь пробиотик бактериудын гол үйлчлэл юм²⁷⁻³².

Сүүн хүчлийн бактерийн пробиотик шинж чанарын нэг үзүүлэлт нь орчныг хүчиллэг болгохын зэрэгцээ хүчиллэг орчны нөлөөг тэсвэрлэх [Jie Yu, Wa Gao, Manjun Qing, Zhihong Sun 2012] мөн хоол боловсруулах замаас ялгарах шүүрэл тухайлбал цөсний хүчлийн нөлөөнд тэсвэртэй [Hassan Hassanazadazar 2012, Johanningsmeier SD 2012] байх явдал юм³³⁻³⁴.

Сүүн хүчлийн савханцруудын эмчилгээ сэргийлэлтийн ач холбогдлыг үнэлэх чухал шалгууруудын нэг бол тэдгээрийн антибиотикийн үйлчлэлд тэсвэртэй байх чанар буюу эмийн эмчилгээтэй хослон хэрэглэх боломжийг илрүүлэх явдал юм.

Сүүн хүчлийн бактериуд нь гэдэсний эмгэг төрүүлэгчдэд үзүүлэх антагонист идэвх, антибиотикийн үйлчилгээг болон хүчиллэг орчинг тэсвэрлэх чанар сайтай байгаа нь олон судалгаагаар тогтоогдсон.

Эдгээр нь айраг/саамыг **функциональ сүүний гаралтай пробиотик/симбиотик эх сурвалж** болгох боломжтойг баталдаг.

4. Өмнөх судалгаануудын дутагдалтай байдал

- Айраг/саамын дээжүүдэд **микробийн болон биохимийн найрлага маш хувьсамтгай**; жишээ нь сүүн хүчлийн бактер болон мөөгөнцрийн тоо, төрөл, сүүний нэгдлүүд лактоз, хүчил, уусмалын агууламж нь дээж, бэлтгэдэг газар, улирлаас шалтгаалан их өөрчлөгддөг.
- Судалгаанууд ихэвчлэн уламжлалт аргаар хийгдсэн; нийлмэл геномын болон генийн үйлдлийн шинжилгээ, метаболитын бүрдлийн шинжилгээ зэрэг орчин үеийн аргууд хомс. Үүнээс шалтгаалан **олон омогт байгалийн сангийн тогтвортой бүрдэл**, тэдгээрийн **метаболик үйл ажиллагаа, хоорондын харилцан үйлчлэл, стандартчлагдсан үйлдвэрлэлийн нөхцөлд амьдрах чадвар, тогтвортой байдал** гэсэн гол асуудлууд шийдэгдээгүй хэвээр байна.
- Айраг/саамын микробиомд **мөөгөнцөр бактериуд хамсран** оролцдог боловч тэдний симбиотик/синергетик харилцаа, тухайлбал экзополисахарид, биоидэвхтэй пептид, богино гинжин тосны хүчил, бактериоцин гэх мэт нь системтэй судлагдаагүй, бүтээгдэхүүн болгон шилжүүлэх технологийн суурь бүрдээгүй.
- Судалгаанууд ихэвчлэн “үйлдвэр биш”

нөхцөлд, жижиг хэмжээтэй байдаг нь **исгэх, хатаах, хэлбэржүүлэх, хадгалалт** зэрэг үйлдвэрлэлийн шатанд тулгамдсан техникийн болон зохицуулах асуудлыг шийдвэрлэхэд хангалтгүй.

5. Дүгнэлт — Судлагдсан байдлын хомсдол, боломж

- Айраг/саам нь **бичил биетэний болон биохимийн өндөр потенциалтай**, олон омогт бичил биетний нөөцтэй, **пробиотик + пребиотик + постбиотик** тэнцвэртэй систем болгох боломжтой.
- Гэвч **олон омогт бичил биетний сан + үйлдвэрлэлийн технологи + стандартчлагдсан бүтээгдэхүүн** гэсэн иж бүрэн шийдэл өнөөдрийг хүртэл хөгжөөгүй байгаа нь судлагдсан байдлын том хоосон орон зай юм.
- **“core-consortium + технологийн платформ + Син”** концепт нь энэ хоосон орон зайг нөхөх, шинжлэх ухаан, үйлдвэрлэл, хэрэглээг нэгтгэх оновчтой боломж юм.

Дүн шинжилгээ

1. Сэдвийн шинжлэх ухааны үндэслэл

Гүүний саам (mare's milk) болон айраг (koumiss) нь сүүн хүчлийн нян, лейконосток нян, сахаромицес мөөгөнцэр зэрэг сүүн хүчлийн болон исгэлэн бичил биетнүүдээр баялаг, уламжлалт олон үеийн дархлаа дэмжих үйлчилгээтэй ферментлаг бүтээгдэхүүн гэдгийг олон судалгаа нотолсон. Эдгээр бичил биетүүд, ялангуяа *Lactobacillus helveticus*, *L. kefir*, *L. plantarum*, *L. brevis*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Saccharomyces unisporus*, *Kluyveromyces marxianus* зэрэг нь пробиотик боломжтой штаммуудын гол эх үүсвэр болж байна.

Сүүлийн арван жилд Монгол, Казахстан,

БНХАУ, ОХУ-ын судлаачид айраг–саамны 16S rRNA / metagenomics судалгааг эрчимжүүлснээр штаммын тогтвортой байдал, функциональ генийн профайл, органик хүчил–пептидийн биосинтезийн замыг илүү тодорхой болгосон. Энэ нь синбиотик (пребиотик + пробиотик) бэлдмэл технологийн үндсэн дата бааз болж байна.

2. Технологийн хөгжлийн өнөөгийн байдал

2.1 Штамм ялган авах ба сонгон шалгаруулалт

Айраг, саамнаас гарган авсан штаммуудын пробиотик боломж дараах үзүүлэлтээр нотлогдсон:

- Хүчиллэгт тэсвэр (pH 2–3)
- Цөс, NaCl тэсвэр
- Антагонист нөлөө (*E. coli*, *Salmonella*, *S. aureus* гэх мэт)
- Наалдах чадвар (Caco-2 шинжилгээ)
- Гадаад полисахарид (EPS) үйлдвэрлэл
- EPS нь өөрөө пребиотик шинжтэй тул синбиотик бэлдмэлд давхар үнэт орц болдог³⁷.

2.2 Пребиотик түүхий эдийн сонголт

Гүүний саамны лактозын ферментацийн онцлог нь:

- Олигосахаридын (HMOs-like) хувиралт өндөр,
- Галакто-олигосахарид (GOS), фруктозын олигосахарид (FOS), инулин, β-глюкан зэрэг нэмэлт пребиотик бүрэлдэхүүнтэй хослуулахад үр нөлөө илүү байдаг.

2.3 Микрокапсулжуулалт ба тогтворжуулалт^{37-39,41,43}

Хэд хэдэн судалгаагаар айрагны бактерийн өсөлт–амьдралын коэффициент нь:

- Споргүй, мэдрэмтгий,
- Хөлдөөж хатаах (lyophilization) үед ихээхэн алдагдалтай гэж тогтоогдсон.

Тиймээс альгинат–хитозан, альгинат–

пектин, липидэн микрокапсул зэрэг технологийг ашиглан **микрокапсулжуулсан синбиотик** нь:

- дулааны тогтвортой байдал 3–8 дахин нэмэгддэг
 - ходоод–гэдэс туулан амьд үлдэх хувь 2–5 дахин өсдөг,
 - хадгалалтын хугацаа 12–24 сар болдог.
- Энэ нь үйлдвэрлэлийн маш чухал суурь.

2.4 Үйлдвэрлэлийн шугамын чадамж⁴⁰

Синбиотик бэлдмэлийн үйлдвэрлэлийн үндсэн модуль:

- Штаммын биореактор (1–10 L → 100–1000 L scale-up)
- Мембран систем (UF/DF) — устөрөгчийн даралт, концентраци
- Лиофилизатор / Spray dryer
- Микрокапсулжуулагч – LbL (layer-by-layer)
- Пребиотик–полимерийн найрлага холигч
- Сав баглаа боодол (stick pack / blister) GMP ба HACCP системд нийцүүлэх үндсэн шаардлагууд:
- Тэнцвэртэй температурын хяналт
- Цэвэрлэгээ/SIP/CIP протокол
- Batch record, QC release testing
- Амьд өсгөвөрийн CFU тогтвортой байдлын мониторинг

3. Гол сорилтууд

3.1 Штаммын тогтвортой байдал⁴²

Айрагны бичил биет нь амьдрах чадвар өндөр ч үйлдвэрийн орчинд (агааржуулалт, shear stress, осмос даралт) амархан мэдрэмтгий.

3.2 Биохимийн найрлага өндөр хэлбэлздэг

Айраг–саам нь улирлын, үүлдрийн, тэжээлийн ялгаатай байдлаас хамаарч:

- Лактоз, тос, уургийн агууламж,
- Микробиомын бүтэц их хэлбэлздэг.

Үйлдвэрлэлийн стандарчилалд том саад болдог.

3.3 Шинэ төрлийн пребиотик–полимерийн зохистой тун

Синбиотикийн оновчтой найрлага:

- Пробиотикийн CFU
- Пребиотикийн хүнсний ачаалал
- Капсулын полимерийн харьцаа нэг бүрчлэн туршилтаар тогтоох шаардлагатай.

3.4 Эдийн засгийн өртөг өндөр

Лиофилизаци, капсулжуулалт өндөр зардалтай тул өрсөлдөхүйц үнэтэй бүтээгдэхүүн үйлдвэрлэхэд оновчлол чухал.

Таамаглал

1. Дараагийн 5–10 жилийн чиг хандлага

1.1 Айраг–саамны гаралтай штаммын генетик–омикс судалгаа нэмэгдэнэ

- Whole-genome sequencing (WGS)
- Metabolomics
- CRISPR–исгэлтийн pathway mapping гэсэн чиглэлээр Монгол–Казахстан–Хятад бүсийн хамтарсан өгөгдлийн сан үүснэ.

1.2 Синбиотикийн шинэ төрөл бий болно

Айрагны бичил биет + GOS/FOS + EPS нийлсэн:

- Targeted gut delivery (зорилтот гэдэсний хүргэлт)
- Үрэвслийн эсрэг үйлдэлтэй синбиотик
- Дархлаа зохицуулах үйлдэлтэй синбиотик
- Спортын шим тэжээлийн синбиотик
- Хүүхдийн зориулалттай синбиотик зэрэг зах зээл бий болно.

1.3 Микрокапсулын шинэ үе “Smart microcapsule” - (ухаалаг микрокапсул) гэдэг нь энгийн хамгаалалтын капсул биш, харин орчны дохио (pH, температур, фермент, микробын метаболит, механик стресс, исэлдэлт гэх мэт)–д хариу өгч бодисоо яг тохирсон газар, тохирсон мөчид үр дүнтэйгээр,

удирдлагатайгаар сулладаг шинэ үеийн микрокапсулын технологи юм.

1.4 Айраг–саамны гаралтай пробиотикийг эмнэлзүйн түвшинд шалгана

- Гэдэс цочролын хам шинж
- Лактоз үл тэвчих байдал
- Дархлааны зохицуулалт
- Харшлын эрсдэлийг бууруулах
- Амьсгалын замын халдвар зэрэг чиглэлд туршилт хийгдэх боломжтой.

1.5 Өндөр автоматжсан GMP шугам хөгжих

Модульчлагдсан:

- Автомат биореактор
- Шугаман UF/DF
- Тасралтгүй лиофилизаци
- Хаалттай LbL микрокапсулжуулалт шугам руу шилжих таамаглалтай.

Судалгааны дүгнэлт

Гүүний саам, айрагнаас гарган авсан бичил биет нь уламжлалт хэрэглээнд батлагдсан ашигтай шинжээрээ синбиотик бүтээгдэхүүн үйлдвэрлэхэд маш тохиромжтой суурь эх үүсвэр юм. Орчин үеийн биореактор, микрокапсулжуулалтын технологи, омикс судалгаа хослох нь:

- стандартчилсан чанарын баталгаа,
- өндөр тогтвортой функциональ бэлдмэл,
- олон улсын зах зээлд өрсөлдөх чадвартай бүтээгдэхүүн гарах нөхцөлийг бүрдүүлж байна.

Монгол Улс нь айраг–саамны генетик баялаг өвийг өөрийн биотехнологийн үйлдвэрлэлтэй холбож **нутагшуулсан синбиотик**-ийн дэлхийн жишиг төв болох боломжтой.

НОМ ЗҮЙ

1. Baldorj R. A study on the biochemistry and microbiology of airag. Ulaanbaatar; 1970. p. 61–66.
2. Мал эмнэлгийн хүрээлэн. Гүүний

айргийн эх хөрөнгийн судалгаа. Улаанбаатар: Шинжлэх Ухаан Технологи; 2013. х. 3.

3. Davydov S. Microbiological study of koumiss fermentation. Proceedings of Dairy Science Research Reports. USSR; 1965;15-27.
4. Khrisanorovna N. Lactobacilli isolated from fermented mare's milk and their biochemical properties. Journal of Dairy Bacteriology. USSR; 1965;4:233-245.
5. Chomakov Kh. Morphological and physiological characterization of lactic acid bacteria from mare's airag and skim milk. Microbiology Bulletin. USSR; 1966;8:67-80.
6. Baldorj R. Isolation and characterization of lactic acid bacteria from mare's milk koumiss (1964-1970). Mongolian Journal of Microbiology and Fermentation. Ulaanbaatar; 1970:112-130.
7. Namsrai Ts. Nutritional microbiology of koumiss: isolation of lactic acid bacteria and biochemical profile. Mongolian Journal of Food Science. Ulaanbaatar; 1974:45-59.
8. Grigorov S. Étude sur un lait fermenté comestible: Le "Kissélo mléko" de Bulgarie. Revue Médicale de la Suisse Romande. Genève: Georg & G., Libraires-Éditeurs; 1905. p. 1–12.
9. Chomakov Kh. Bulgarian yoghurt – unique probiotic. In: International Symposium on Original Bulgarian Yoghurt. Sofia; 2005. p. 21–35.
10. Kvasnikov EI, Nesterenko OA, Podgorskii O, Melnichenko LA. Serological identification of lactic acid bacteria including Lactobacillus bulgaricus. Mikrobiologiya. 1967;36(4):675-683.
11. Snell EE, et al. Lactose metabolism and lactic acid bacteria. J Biol Chem. 1953;202(1):311-321. doi:10.1016/S0021-9258(19)57132-0.
12. Minjigdorj N, Baldorj O, Austbø D. Chemical composition of Mongolian mare milk. Acta Agriculturae Scandinavica, Section A - Animal Science. 2012;62(2):66–72. doi:10.1080/09064702.2012.720999
13. Jamsran J, Indra R, Baldorj R, Namsrai Ts, Jamsranjav N, Totksii VN. Study on

- protein, amino acid, vitamin and fatty acid composition and microbial composition of mare's milk and koumiss. Ulaanbaatar; 1965-1975. (Мал эмнэлгийн/ШУА-ийн тайлан)
14. Namsrai Ts. Airag and saamal protein nutrition and microbial composition studies. Ulaanbaatar; 1974.
15. Oyundelger G, Batjargal B. Characterization of volatile compound profile in Mongolian traditional fermented mare's milk, Airag. *Anim Sci J*. 2025;96(1):1-13.
16. Oyundelger G, Batjargal B, Unurjargal G, Uugantsetseg E, Galindev B. Anti-obesity effects of potential probiotic *Lactobacillus* strains isolated from Mongolian fermented dairy products in high-fat diet-induced obese rodent model. *Braz J Microbiol*. 2024.
17. Batjargal B, Oyundelger G. Biological activity of lactic acid bacteria isolated from fermented dairy products and potential for functional food production. *Khimiya*. 2024;2:64.
18. Oyundelger G, Nominzul D, Batjargal B. Antagonistic activity of probiotic lactic acid bacteria against pathogens. *Proc Sci Conf 80th Anniversary*. 2024;1:46.
19. Oyundelger G, Unurjargal G, Batjargal B. Effect of probiotic lactic acid bacteria in rheumatoid arthritis. *Proc Sci Conf 80th Anniversary*. 2024;1:45-46.
20. Oyundelger G, Ochirkhuyag B, Batjargal B, Renchinkhand G. Biological activity of lactic acid bacteria and modern trends in biofunctional food production. *Proc Sci Conf 80th Anniversary*. 2024;1:30-31.
21. Oyundelger G, Batjargal B, Ochirkhuyag B, Uugantsetseg E, Batmunkh M, Unurjargal G. Biological activity of lactic acid bacteria isolated from fermented dairy products. *Proc Biol Biotechnol 80th Anniv*. 2022;1:38.
22. Oyundelger G, Batjargal B, Ochirkhuyag B. Mongolian airag as a biofunctional food. In: *Contribution of NUM to Mongolian science*. 2022;1:177-181.
23. Oyundelger G, Batjargal B, Takashi Y, Tomokazu K, Atsushi O. Isolation and characterization of antibacterial peptide from lactic acid bacteria in Mongolian airag. *AFOB Virtual Conf*. 2021;EP10:10.
24. Batjargal B, Oyundelger G. Evaluation of antibacterial peptide synthesized by *Lactobacillus paracasei* isolated from Mongolian airag. *Mong J Agric Sci*. 2023;17(39):20-26.
25. Oyundelger G, Batjargal B, Khongorzul M, Oyuntuya V, Enkh-Amgalan J. Biological activities of lactic acid bacteria from traditional milk products. *Mong J Agric Sci*. 2022;15(35):27-36.
26. Batjargal B. Taxonomy and antibacterial peptides of yeasts and lactic acid bacteria isolated from Mongolian airag. *Khimiya*. 2019:28.
27. Rogers SA, Whittier RH. The production of nisin, an antibacterial substance by *Lactococcus lactis*. *J Infect Dis*. 1928;42(2):233-241. (Note: original classic report; may be cited in historical reviews)
28. Nes IF, Diep DB, Håvarstein LS, Brurberg MB, Eijsink VG, Holo H. Biosynthesis of bacteriocins in lactic acid bacteria. *Antonie Van Leeuwenhoek*. 1996 Oct;70(2-4):113-28. doi:10.1007/BF00395929
29. Ołdak A, Zielińska D. Bacteriocins from lactic acid bacteria as an alternative to antibiotics. *Postepy Hig Med Dosw (Online)*. 2017 May 5;71:328-338. doi:10.5604/01.3001.0010.3817
30. Chen X, Bai H, Mo W, Zheng X, Chen H, Yin Y, et al. Lactic Acid Bacteria Bacteriocins: Safe and Effective Antimicrobial Agents. *Int J Mol Sci*. 2025 Apr 26;26(9):4124. doi:10.3390/ijms26094124
31. Perez RH, Zendo T, Sonomoto K. Novel bacteriocins from lactic acid bacteria (LAB): various structures and applications. *Microb Cell Fact*. 2014 Aug 29;13 Suppl 1:S3. doi:10.1186/1475-2859-13-S1-S3
32. Simova ED, Beshkova DB, Dimitrov ZhP. Characterization and antimicrobial spectrum of bacteriocins produced by lactic acid bacteria isolated from traditional dairy products. *J Appl Microbiol*. 2009 Feb;106(2):692-701. doi:10.1111/j.1365-2672.2008.04052.x
33. Hassanzadazar H, Ehsani A, Mardani K, Hesari J. Investigation of antibacterial,

- acid and bile tolerance properties of lactobacilli isolated from Koozeh cheese. Vet Res Forum. 2012;3(3):181–185.
34. Yu J, Gao W, Qing M, Sun Z, Wang W, Liu W, et al. Identification and characterization of lactic acid bacteria isolated from traditional pickles in Sichuan, China. J Gen Appl Microbiol. 2012;58(3):163–172. doi:10.2323/jgam.58.163.
35. Szkolnicka K, et al. Mare's milk for yogurt ice cream and synbiotic ice cream. Foods. 2024.
36. Myo NZ, et al. Industrial production and functional profiling of probiotic cultures. Sci Rep. 2025.
37. Yao M, et al. Progress in microencapsulation of probiotics. J Food Sci. 2020.
38. D'Amico V, et al. Microencapsulation of probiotics for enhanced stability. Pharmaceutics. 2025;17(2):185.
39. Rodrigues BM, et al. Microencapsulation of probiotic strains by lyophilization. BioMed Res Int. 2020;2020:1293481. doi:10.1155/2020/1293481
40. Jeon HJ, et al. Changes in metabolome of probiotics during lyophilization. Food Res Int. 2023.
41. Aschenbrenner M, Först P, Kulozik U. Freeze-drying of probiotics. In: Advances in Probiotic Technology. 2015.
42. Ren H, et al. Optimization of production parameters for probiotic biomass. Molecules. 2019;24(18):3286.
43. Vivek K, et al. Comprehensive review on microencapsulation of probiotics. Trends Food Sci Technol. 2023.
44. Wu Y, et al. Bacterial composition and function during fermentation of koumiss. Food Sci Nutr. 2021.