

Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті

УДК 602.4i637.1(043)

Қолжазба құқықтарында

АБДУЛЖАНОВА МАЛИКА АНВАРБЕКОВНА

**Бие сүтінің негізінде функционалды тағамды дайындау үшін
пробиотиктерді полисахаридті матрицаға микрокапсулдау
6D070100-Биотехнология**

Философия докторы (PhD) дәрежесін алуға
арналған диссертация

Ғылыми жетекшілер:
биология ғылымдарының кандидаты,
қауымдастырылған профессор
Кистаубаева А.С.
Ғылыми зерттеулер және
технологиялық қаласы
институтының профессоры
Собхи Эль-Сохайми

Қазақстан Республикасы
Алматы, 2024

МАЗМҰНЫ

Нормативтік сілтемелер	3
Анықтамалар	5
БЕЛГІЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР	6
Кіріспе	7
1 ӘДЕБИЕТКЕ ШОЛУ	12
1.1 Функционалды тағамдардағы инкапсуляцияланған пробиотиктер.	12
1.2 Пробиотиктер және пребиотиктердің бірлескен инкапсуляциясы (PRO-PRE коинкапсуляциясы)	21
1.2.1 PRO-PRE бірлескен инкапсуляция әдістері.....	21
1.2.2 Сүт тағамдарындағы PRO-PRE бірлескен инкапсуляциясы.....	26
1.3 Бие сүті	30
1.3.1 Бие сүтінің химиялық құрамы және оның энергетикалық құндылығы.....	30
1.3.2 Бие сүтін өңдеу, сақтау және тағам өндірісінде қолдану.....	33
2 ЗЕРТТЕУ МАТЕРИАЛДАРЫ МЕН ӘДІСТЕРІ	37
2.1 Зерттеу объектілері	37
2.2 Зерттеу әдістері.....	37
3 НӘТИЖЕЛЕР МЕН ТАЛҚЫЛАУЛАР	47
3.1 Пуллулан продуцентіне қоректік ортаны таңдау және модификациялау. Пробиотиктерді микрокапсуляциялау үшін биополимерлерді алу және алдын-ала дайындау.....	47
3.2 Пробиотикалық микрокапсулаларды алу	55
3.3 Асқазан-ішек жолындағы бос және микрокапсуляцияланған бактериялардың тіршілікке қабілеттілігі.....	62
3.4 Бие сүті негізінде ашытылған сүт өнімдерін алу	71
3.5 Ашытылған сүт өнімдердің органолептикалық көрсеткіштерін, тағамдық құндылығын және биологиялық қауіпсіздігін анықтау ...	95
3.6 Микрокапсулалармен байытылған йогурт пен сүзбе пастасын алу процесін өндірістік сынақтан өткізу. Техникалық және нормативтік құжаттамаларды дайындау.....	111
ҚОРЫТЫНДЫ	116
ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕККӨЗДЕРДІҢ ТІЗІМІ	117
ҚОСЫМШАЛАР	136

Нормативтік сілтемелер

Бұл диссертациялық жұмыста келесі стандарттарға сілтемелер жасалынды:

МЕМСТ 33629-2015 Сүт консервілері. Сүт құрғақ. Техникалық шарттар.

МЕМСТ 3625-84 Сүт және сүт өнімдері. Тығыздықты анықтау әдістері.

МЕМСТ 3624-92 Сүт және сүт өнімдері. Қышқылдықты анықтаудың титриметриялық әдістері (түзетілген).

МЕМСТ 26781–85 Сүт. Белсенді қышқылдықты рН өлшеу әдісі.

МЕМСТ 31981–2013 Йогурттер. Жалпы техникалық шарттар.

МЕМСТ 32923–2014 Пробиотикалық микроорганизмдермен байытылған сүт өнімдері. Техникалық шарттар.

МЕМСТ 31976–2012 Йогурттар және йогуртты өнімдер. Титрленетін қышқылдықты потенциометриялық әдіспен анықтау.

МЕМСТ 32915-2014 Сүт және сүт өнімдері. Газ хроматография әдісімен май фазасының май-қышқылдық құрамын анықтау.

ӨӨ.МН 1363-2000 Жоғары тиімді сұйық хроматография арқылы тағамдағы аминқышқылдарын анықтау әдісі.

МЕМСТ Р 54635-2011 Функционалды азық-түлік өнімдері. А дәруменін анықтау әдісі.

МЕМСТ EN 12822-2014 Азық-түлік өнімдері. Жоғары тиімді сұйық хроматография әдісімен Е дәрумені (альфа-, бета-, гамма- және дельта-токоферолдары) құрамын анықтау.

МЕМСТ Р EN 14130-2010 Азық-түлік өнімдері. Жоғары тиімді сұйық хроматография арқылы С дәруменін анықтау.

ӨӨ.МН 2146-2004 Байытылған тағамдардағы фолий қышқылын анықтау әдістемесі.

Р 4.1.1672-03 Тағамға биологиялық белсенді қоспалардың сапасы мен қауіпсіздігін бақылау әдістері.

МЕМСТ 31903-2012 Азық-түлік өнімдері. Антибиотиктерді анықтаудың жедел әдісі.

МЕМСТ 33526–2015 Сүт және сүт өнімдері. Антибиотиктердің құрамын жоғары тиімді сұйықтық хроматографиясы арқылы анықтау әдісі.

ӘН 4.2.026-95 Тағамдағы антибиотиктерді анықтаудың жедел әдісі. Әдістемелік нұсқаулар.

ӘН №3049-84 Мал шаруашылығы өнімдеріндегі антибиотиктердің қалдық мөлшерін анықтау бойынша әдістемелік нұсқаулар.

МЕМСТ 32901–2014 Сүт және сүт өнімдері. Микробиологиялық талдау әдістері.

МЕМСТ 33951-2016 Сүт және сүт өнімдері. Сүт қышқылды микроорганизмдерді анықтау әдістері.

МЕМСТ 31747-2012 Азық-түлік өнімдері. Ішек таяқшалары (колиформды бактериялар) тобындағы бактериялардың санын және түрін анықтау әдістері.

МЕМСТ 30347-2016 Сүт және сүт өнімдері. *Staphylococcus aureus* бактерияларын анықтау әдістері.

МЕМСТ 31659-2012 Азық-түлік өнімдері. *Salmonella* тұқымдасының бактерияларын анықтау әдісі.

МЕМСТ 33566-2015 Сүт және сүт өнімдері. Ашытқы мен зең саңырауқұлақтарын анықтау.

МЕМСТ 10444.12-2013 Азық-түлік және мал азығы микробиологиясы. Ашытқылар мен зеңдердің мөлшерін анықтау және есептеу әдістері.

ӨН 4.1.2420-08 Сүт және сүт өнімдеріндегі меламинады анықтау.

МЕМСТ 33824-2016 Азық-түлік өнімдері және азық-түлік шикізаты. Улы элементтердің (кадмий, қорғасын, мыс және мырыш) құрамын анықтаудың инверсия-вольтамперометриялық әдісі.

МЕМСТ 31628-2012 Азық-түлік өнімдері және азық-түлік шикізаты. Мышьяқтың массалық концентрациясын анықтаудың инверсия-вольтамперометриялық әдісі.

МЕМСТ 26927-86 Шикізат және тамақ өнімдері. Сынапты анықтау әдістері.

МЕМСТ 23452-2015 Сүт және сүт өнімдері. Хлорорганикалық пестицидтердің қалдық мөлшерін анықтау әдістері.

МЕМСТ 30711-2001 Азық-түлік өнімдері. В1 және М1 афлатоксиндерін анықтау әдістері.

МЕМСТ 32161-2013 Азық-түлік өнімдері. Cs-137 цезий құрамын анықтау әдісі.

МЕМСТ 32163-2013 Азық-түлік өнімдері. Sr-90 стронций құрамын анықтау әдісі.

МЕМСТ Р 53666-2009 "Особая" сүзбе массасы. Техникалық шарттар.

СТБ 2494-2017 Мектепке дейінгі және мектеп жасындағы балаларды тамақтандыруға арналған сүзбе пасталары. Жалпы техникалық шарттар.

МЕМСТ 5867-90 Сүт және сүт өнімдері. Майды анықтау әдістері.

МЕМСТ 23327-98 Сүт және сүт өнімдері. Кьельдаль бойынша жалпы азоттың массалық үлесін өлшеу әдісі және ақуыздың массалық үлесін анықтау.

МЕМСТ 3626-73 Сүт және сүт өнімдері. Ылғал мен құрғақ затты анықтау әдістері.

МЕМСТ 3628-78 Сүт өнімдері. Қантты анықтау әдістері.

МЕМСТ ISO 3960-2013 Майлар және жануарлар мен өсімдіктердің майлары. Пероксидтің санын анықтау.

Анықтамалар

Пробиотиктер – организмнің қалыпты микрофлорасын құрайтын тірі микроорганизмдер

Пребиотиктер – асқазан-ішек жолдарының жоғарғы бөлігінде қорытылмайтын және сіңбейтін, бірақ адамның тоқ ішек микрофлорасы арқылы ашытылатын және оның өсуі мен тіршілік әрекетін ынталандыратын тағам компоненттері

Микрокапсуляция – қатты, сұйық немесе газ тәріздес дәрілік заттардың микроскопиялық бөлшектерін қабықшаға салу үрдесі

Микрокапсула – полимерлі немесе басқа материалдардан жаалған жұқа қабықшадан тұратын, қатты немес сұйық белсенді әсер етуші заттарды құрайтын, өлшемі 1-ден 2000 мкм-ге дейінгі шар тәріздес капсулалар

Сүтті негіз – ашытылған сүт өнімдерін алу үшін құрғақ бие сүті мен майсыздандырылған құрғақ сүт қоспасы негізіндегі шикізат

БЕЛГІЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР

Алг	альгинат
БЦ	бактериялық целлюлоза
АІЖ	асқазан ішек жолдары
ИМ	инкапсуляцияланған материалдар
КТБ	колония түзуші бірліктер
МКПБ	микрокапсулданған пробиотиктер
МЦ	метицеллюлоза
айн/мин	минутына айналым
ПУЛ	пуллулан
ҚО	қоректік орта
БЖ	бос жасушалар
СЭМ	сканирленген электрондымикроск
ФОС	фруктоолигосахаридтер
GRAS	толығымен зиянсыз деп танылды
MRS	de Man, Rogosa және Sharpe агары
NaKMЦ	натрийкарбоксиметилцеллюлоза
ГПМЦ	гидроксипропилметилцеллюлоза
ЖАС	жасанды асқазан сөлі
ЖІШ	жасанды ішек шіріні
LGG	<i>Lactobacillus ramnosus GG</i>
ҚБС	құрғақ бие сүті
ҚМС	құрғақ майсыз сүт
ҚМСҚ	құрғақ майсыз сүт қалдығы

КІРІСПЕ

Диссертациялық жұмыстың жалпы сипаттамасы.

Зерттеу жұмысы бактериалды целлюлозадан және пребиотик пулуланмен алынған *Lactobacillus rhamnosus* GG ATCC 53103 пробиотикалық микрокапсулалармен байытылған құрғақ бие сүтінен функционалды тағам өнімдерін әзірлеуге арналған.

Зерттеу тақырыбының өзектілігі.

Функционалды азық-түлік болашақ тренд болып табылады, өйткені заманауи биотехнология азық-түлік көздерін тұтынушылық сұранысқа сай келетін пайдалы өнімдерге өңдеуге мүмкіндік береді. Функционалды тағамдарға адам ағзасын тағамдық заттармен қамтамасыз етудің негізгі қызметінен басқа, адам үшін физиологиялық маңызы бар қосымша биологиялық белсенді қосылыстары бар өнімдер жатады. Функционалды тамақтанудың тағамдық ингредиенттері арасында пробиотикалық микроорганизмдер маңызды орын алады. Пробиотиктер – адам организмнің қалыпты микрофлорасын құрайтын тірі микроорганизмдер [1].

Пробиотиктердің тіршілікке қабілеттілігі, яғни тірі және белсенді жасушалар саны белгілі бір көлемде тұтыну кезінде – бұл өнімдердің сапасының негізгі сипаттамасы болып табылады, өйткені олардың тиімділігін анықтайды [2]. Сондықтан өнімді өндіру, сақтау, тұтыну үдерісінде пробиотикалық бактериялардың жоғары тіршілікке қабілеттілігін қамтамасыз ету маңызды. Пробиотиктердің тіршілікке қабілеттілігін арттыру мәселесін шешудің бір жолы – олардың микрокапсуляциясы. Микрокапсуляция – бұл биологиялық белсенді заттарды пленка түзетін материалмен қаптау үдерісі. Бұл технология стрестік әсерлерді болдырмайды және осындай "контейнер" микроорганизмдердің тіршілікке қабілеттілігінің жоғары деңгейін қамтамасыз етеді [3, 4].

Қаптау матрицасы ретінде бактериялық целлюлозаны (БЦ) қолдану перспективті болып табылады. Жоғары адсорбциялық қабілетімен қатар, ол тамақ өнеркәсібінде қолдануға мүмкіндік беретін қауіпсіз және биоүйлесімді полисахарид [5]. БЦ матрицасында иммобилизацияланған пробиотиктің тұрақтылығын арттыру үшін оған пребиотик болатын қосымша полисахарид, пулулан (ПУЛ) қосуға болады. Пребиотик – асқазан мен аш ішекте сіңірілмейтін полисахарид, ол пробиотикалық сахаролитикалық микроорганизмдер үшін селективті қоректену болып табылады [6]. Матрицада пребиотиктің болуы пробиотик жасушаларының көбеюін ынталандырады және мұздату кептіру процесінде *Lactobacillus rhamnosus* GG пробиотикалық штамына қорғаныш әсерін тигізеді деп күтілуде. Капсулаланған пробиотиктер йогурт, ірімшік, қаймақ, мұздатылған сүт десерттері сияқты әртүрлі ашытылған сүт өнімдерінде, сондай-ақ құрғақ препараттарда қолданылады [7].

Ашыған сүт өнімдерін өндіру және тұтыну тұрақты түрде артып келеді. Дегенмен, олардың ассортименті негізінен сиыр сүтінен дайындалған

өнімдермен ұсынылған. Көптеген пайдалы қасиеттері бар бие сүті сияқты тағамдық матрица іс жүзінде қолданылмайды. Оның тағамдық және биологиялық құндылығы мен сіңімділігі жоғары болып табылады. Ақуыздың құрамы бойынша бие сүті ана сүтіне ұқсас гипоаллергенді және аминқышқылына бай шикізат. Сонымен қатар, бие сүтінің емдік және профилактикалық қасиеттері де бар [8-11]. Бие сүті өзінің бірегей химиялық құрамы мен қасиеттеріне байланысты тұтыну өнімдерін өндіру үшін қолайлы шикізат болып табылады. Қазақстандағы бие сүтінен өндірілетін дәстүрлі және әзірге жалғыз өнім — қымыз. Дегенмен, оның құрамында спирт бар, бұл тұтынушылар шеңберін шектейді. Бие сүті негізінен қазақтың ұлттық «brand» болғанына қарамастан, одан ашытылған сүт өнімдерін өндіруге аз көңіл бөлінеді.

Бие сүтінің өңдеу технологиясы, оның химиялық құрамы мен технологиялық қасиеттерін тұрақтандыру мәселелері нашар зерттелгендіктен, оның негізінде функционалды азық-түлік өнімдерін алу шектелген [12]. Сонымен қатар, бұл сүттің маусымдылығына және қол жетімділіктің қиындығына байланысты. Осы орайда ашытылған сүтті функционалды азық-түлік өнімдерін өндіруде құрғақ бие сүтін пайдалану өзекті мәселе болып табылады.

Сүт нарығында тұтынудың өсуі бойынша ең серпінді – йогурт – құрғақ заттың жоғары массалық үлесі бар ашытылған сүт өнімі. Бие сүтінен йогурт алудың қолданыстағы технологиялары ашытуды жүзеге асыратын ұйытқы дақылдарын ғана пайдалануды көздейді. Мұндай йогурттың рецептіне пробиотикалық бактериялардың арнайы таңдалған штамдарын енгізу оны функционалды өнімдерге жатқызуға мүмкіндік береді, өйткені ол жоғары коректік қана емес, сонымен қатар емдік қасиеттерге ие болады.

Сүзбе пастасы жақсы теңдестірілген және оңай сіңетін сүт өнімі болып табылады, оның құрамында сіңімділігі жоғары ақуыз бар, бұл оны әмбебап өнім деп санауға мүмкіндік береді, сондықтан ол балалар, қарт адамдар және спортшылар үшін ең құнды болып табылады. Бұл қазіргі адамның толық және салауатты диетасының таптырмас өнімі [13, 14]

Сондықтан пробиотикалық өнімдердің технологиясы мен құрамын жетілдіру, оларды өндіру және сақтау, сондай-ақ асқазан төзімділігін арттыру кезінде бактериялар үшін қолайлы жағдайларды қамтамасыз ету бағыт – өзекті мәселе болып табылады.

Зерттеу жұмыстың мақсаты: Бие сүтінің негізінде өндірілген сүт қышқылды өнімдерге микрокапсуляцияланған пробиотикалық бактерияларды енгізу технологиясын құрастыру.

Қойылған мақсатқа жету үшін зерттеудің негізгі міндеттері:

- ПУЛ полисахаридінің продуценті *A. pullulans* C8 үшін коректік ортаны модификациялау. Пробиотиктерді микрокапсуляциялау үшін биополимерлерді алу және оны алдын ала дайындау;
- Пробиотикалық микрокапсулалардың оңтайлы құрамын таңдау;

- Жасанды АІЖ және температуралық стресс жағдайларында микрокапсуляцияланған пробиотиктердің тіршілікке қабілетілігін зертеу;

- Микрокапсуляцияланған пробиотикалық бактериялар қосылған құрғақ бие сүтінің негізінде жасалған йогурт пен сүзбе пастасын алу технологиясын құрастыру;

- Микрокапсулалармен байытылған сүт өнімдерінің тағамдық құндылығын, органолептикалық көрсеткіштерін және биологиялық қауіпсіздігін анықтау;

- Өндірістік апробация, нормативтік құжаттарды дайындау және жаңа ашытылған сүт өнімдерін мемлекеттік тіркеу.

Зерттеу нысаналары: Бактериялық целлюлоза, пуллулан, *Lactobacillus rhamnosus* GG пробиотигі бар микрокапсулалар, микрокапсуляцияланған пробиотикпен байытылған йогурт және сүзбе пастасы.

Зерттеу пәні: Микрокапсулалардың морфологиялық және құрылымдық ерекшеліктерін анықтау; микрокапсулалармен байытылған йогурт пен сүзбе пастасының тағамдық құндылығын, физика-химиялық көрсеткіштерін және биологиялық қауіпсіздігін анықтау.

Зерттеу әдістері: Экзополисахаридтерді алу үшін продуценттер беттік және тереңдік дақылданды. Микрокапсулалар экструзия әдісімен алынды. Микрокапсулалардың құрылымын зерттеу үшін растрлық және сканерлеуші электронды микроскоп қоладынылды. Микрокапсулалардың беріктігі «Instron» үзіліс машинасы арқылы зерттелді. Микрокапсулалардың стресс факторларына төзімділігі – жасанды АІЖ және жоғары температура сияқты технологиялық параметрлерінде анықталды. Сүтті негізді әр түрлі ұйытқылармен ашытылды. Сүтті негізінің органолептикалық көрсеткіштері, және физика-химиялық қасиеттері, тағамдық құндылығы биологиялық қауіпсіздігі МЕМСТ стандарттарына сәйкес анықталды.

Зерттеу нәтижелерінің ғылыми жаңалығы.

- Пуллулан продуценті үшін меласса негізіндегі экономикалық тиімді өсіру жаңа қоректік ортасы оңтайландырылды.

- Алгинат, БЦ және ПУЛ негізінде *Lactobacillus rhamnosus* GG бар симбиотикалық микрокапсулалар алғашқы рет алынды.

- LGG жасушаларының микрокапсуляциясы стрестік әсерлерден (өт, асқазан сөлі және жоғары температура) қорғауды қамтамасыз ететіні анықталды.

- Сүтті негізін ашытудың оңтайлы режимі және йогуртты тұрақтандыру әдісі таңдалды.

Зерттеудің теориялық маңыздылығы. ПУЛ үнемді алу әдісінің жолдары көрсетілген. Микрокапсулалардың құрамын таңдау теориялық және эксперименталды түрде негізделген. Құрғақ бие сүтін пайдаланудың жолдары ұсынылған. Биологиялық құндылығы жағынан бірегей сүт шикізаты – бие сүті негізінде өнім ассортиментін арттырудың технологиялық негіздері әзірленді.

Зерттеудің практикалық маңыздылығы.

Қант өндірісінің қалдықтары – меласса, *Aureobasidium pullulans* C-8 штамы және оны өсірудің технологиялық шарттары негізінде оңтайландырылған қоректік ортаны ПУЛ өндірісін масштабтау үшін пайдалануға болады.

Микрокапсуляцияланған пробиотикпен байытылған бие сүті негізінде "Арғымақ" сериялы жаңа йогурт пен сүзбе пастасын алу технологиясы дайындалы. Йогурт пен сүзбе пастасының тәжірибелі партиялары сыналды және "Меридиан Групп" ЖШС өнеркәсіптік кәсіпорнында өндірілді.

Қорғауға ұсынылатын негізгі қағидалар:

- продуценті өсіру үшін меласса қосылған модификацияланған қоректік орта ПУЛ биосинтезінің жоғары деңгейін қамтамасыз етеді және экономикалық эффективті болып табылады;

- БЦ және ПУЛ негізінде алынған микрокапсулаларға LGG бактерияларының жасушаларын инкапсуляциялау, олардың тіршілікке қабілеттілігін жасанды АІЖ жүйесінде арттырады;

- бие сүтінің физика-химиялық қасиеттерін түзетудің технологиялық әдістері құрғақ заттың жоғары массалық үлесі бар ашытылған сүт өнімдерін - йогурт және сүзбе пастасын алуға мүмкіндік береді;

- микрокапсуляцияланған пробиотиктері бар бие сүтінен жасалған жаңа өнімдердің технологиясы мен рецептурасы, сүт өнімдерінің ассортиментін кеңейтуге мүмкіндік береді.

Қорғауға ұсынылатын ғылыми жұмыс нәтижелерінің жасақталуына қосқан диссертанттың жеке үлесі

Диссертациялық жұмыстың барлық тәжірибиелер мен нәтижелері диссертанттың жеке қатысуымен орындалды. Ғылыми әдебиеттерге деректерге шолу жасалды, жұмыстың мақсат-міндеттері анықталды, зерттеу объектісі мен концепциясы таңдалды, сонымен қатар тәжірибиелік зерттеулер жүргізілді және орындалуы жоспарланды, алынған нәтижелерге статистикалық өңдеу мен талдау жүргізілген, мақалалар дайындалып, ҚР патенті және тіркелу куәліктері алынды.

Негізгі ғылыми жұмыстардың жоспарымен байланысы. Диссертациялық жұмыс АР05134040 «Бие сүтіне негізделген функционалды тағамдарды әзірлеу үшін пробиотиктерді полисахарид матрицаларына микрокапсуляциялау» жоба шеңберінде орындалды.

Диссертациялық жұмыстың апробациясы.

Диссертациялық жұмыс материалдары келесі конференцияларда баяндалып, талқыланды:

- IV Халықаралық Фараб оқулары. Халықаралық ғылыми студенттер мен жас ғалымдардың конференциялары «Фараби әлемі» (10-11 сәуір 2017 ж., Алматы);

- V Халықаралық Фараб оқулары. Халықаралық ғылыми студенттер мен жас ғалымдардың конференциялары «Фараби әлемі» (10-11 сәуір 2018 ж., Алматы);

- XV Халықаралық ғылыми-практикалық экологиялық конференция

«Биосфераның құрылымдық-функционалдық иерархиясындағы биологиялық түрлер» (8–12 қазан 2018 ж., Белгород, Ресей);

- IEEE 9th International Conference on Nanomaterials: Applications and Properties, NAP 2019, Одесса, Украина;

- Студенттер мен жас ғалымдардың халықаралық ғылыми конференциясы «Фараби әлемі». (6-8 сәуір 2023 ж., Алматы);

- “Women in Tech” форумы (15-16 наурыз 2023 ж., Алматы);

Басылымдар.

Диссертация материалдары негізінде 15 жұмыс жарияланған, оның ішінде 2 мақала, нөлдік емес импакт-факторы бар рецензияланатын шетелдік ғылыми басылымдарда Web of Science немесе Scopus дерекқорларында индекстелген; 1 мақала Web of Science Core Collection JCR деректері бойынша 1 квартильге енгізілген және Scopus дерекқорында CiteScore бойынша пайыздық көрсеткіші 76 болатын халықаралық рецензияланатын ғылыми журналдағы мақала; Web of Science Core Collection журналындағы JCR мәліметтері бойынша 3 квартильге енгізілген халықаралық рецензияланатын ғылыми журналдарда 1 мақала; Қазақстан Республикасы Білім және ғылым саласындағы бақылау комитетінің тізімінен республикалық журналдардағы 3 мақала; Халықаралық конференциялар материалдарындағы 8 тезис жарық көрген; 2 патент және 2 Қазақстан Республикасы Денсаулық сақтау министрлігінің санитарлық-эпидемиологиялық бақылау комитеті, Еуразиялық экономикалық одақ берген өнімдерді тіркеу туралы куәліктер алынған.

Диссертацияның көлемі мен құрылымы.

Диссертациялық жұмыс компьютерлік мәтіннің 135 бетінде берілген және келесі бөлімдерден тұрады: белгілер және қысқартулар, нормативтік сілтемелер, кіріспе, әдебиеттерге шолу, материалдар мен зерттеу әдістері, нәтижелер мен оларды талқылау, қорытынды, 255 пайдаланылған дереккөздер тізімі. Жұмыста 32 кесте, 27 сурет және 2 қосымша бар.

1 ӘДЕБИЕТКЕ ШОЛУ

1.1 Функционалды тағамдардағы инкапсуляцияланған пробиотиктер

Пробиотиктер - патогенді емес және токсикогенді емес тірі микроорганизмдер негізіндегі функционалды тағамдық ингредиент. Олар жүйелі түрде жеке немесе тамақ өнімдерінің бір бөлігі ретінде ас қорыту жолдарының қалыпты микрофлорасын, оның құрамы мен биологиялық белсенділігін қалыпқа келтіру арқылы адам ағзасының микробиологиялық жағдайын оңтайландырады. Пробиотикалық дақылдар ретінде лактобактериялар мен бифидобактериялар жиі пайдаланылады, бірақ шетелдік ғалымдар сонымен қатар пробиотиктер ретінде грам-оң (пропионобактериялар, *Bacillus*) және грам-теріс (*Escherichia coli*, *Citrobacter*) бактерияларды, ашытқыларды (*Saccharomyces*, *Candida pintolepesii*), саңырауқұлақтарды, оның ішінде зең саңырауқұлақтарды (*Aspergillus*, *Rizopus*, *Cordiceps*) жатқызады [15].

Әдебиеттерді талдағанда пробиотиктердің бірқатар патологиялық жағдайларды емдеу мен алдын алудың тиімді құралы болып табылуы жайында мәліметтер бар. Әсіресе, бұл біздің еліміз үшін өте маңызды, себебі халықтың айтарлықтай бөлігі экологиялық қолайсыз аймақтарда тұрады және зиянды стресс, физикалық, химиялық және радиациялық әсерлер жағдайында жұмыс істейді [16]. Пробиотиктердің жаңа прогрессивті түрі - пробиотикалық және синбиотикалық тағам өнімдерінің пайда болуы, адамдардың денсаулығын жақсарту мүмкіндіктерін айтарлықтай кеңейтеді, бұл соңғы жылдардағы зерттеулермен расталады.

Пробиотикалық бактериялардың денсаулыққа пайдасын беретін механизмдер бойынша үш топқа топтастырылған:

- қоректік заттар мен кофакторларды өндіру;
- байланыстыру орындары үшін патогендермен бәсекелестік;
- иесінің иммундық реакциясын ынталандыру [17].

Пробиотиктердің әлеуетті қолданулары ішектің қабыну ауруларын [18], тітіркенген ішек синдромын [19] және т.б. емдеуді қамтиды.

Пробиотикалық микроорганизмдер адамның тікелей немесе жанама тұтынуы үшін үш түрлі түрде қол жетімді:

- 1) өнеркәсіптік немесе тұрмыстық пайдалану үшін жасуша дақылының концентраты, кептірілген немесе мұздатылған түрінде;
- 2) тамақ өнімдері (ашытылған немесе ашытылмаған);
- 3) тағамдық қоспалар (ұнтақ, капсула немесе таблетка түріндегі дәрілік заттар).

Пробиотикалық жасушаларды тағамдарға қосу арқылы тамақтану ең белгілі және кең таралған әдіс [2]. Дүние жүзінде функционалды тағамдарды қабылдауға сұраныс тұтынушылардың азық-түліктердің денсаулыққа әсері туралы хабардар болуына байланысты жылдам өсуде. Мысалы, 2000 жылы әлемдік функционалды азық-түлік нарығы 33

миллиард АҚШ долларын құраса, 2005 жылы бұл көрсеткіш 73,5 миллиард АҚШ доллар болды, ал 2010 жылы 167 миллиард АҚШ долларын құрады. Функционалды азық-түліктер – бұл әл-ауқат пен денсаулық жағдайына немесе қауіп-қатерді төмендетуге маңызды түрде, қалыпты тағамдық әсерлерден тыс, ағзадағы бір немесе бірнеше мақсатты функцияларға пайдалы әсер етуі мүмкін химиялық/микробтық компоненттері бар тағамдар [20].

Пробиотиктің маңызды аспектісі оның қолдану кезінде тіршілікке қабілеттілігін сақтауы керек, яғни оның денсаулыққа көптеген артықшылықтарын қамтамасыз ету үшін қатты ағарда қайта өсіруге қабілетті болуы керек [21]. Пробиотиктерді енгізгеннен кейін көптеген штамдар асқазан-ішек жағдайлары, төмен асқазан рН және жоғары ішек өт тұздары арқылы өтетіндіктен тіршілікке қабілеттілігін айтарлықтай жоғалтады [22].

Түрлі тағамдардағы пробиотикалық бактериялардың тіршілікке қабілеттілігін тұтынуға дейін жақсарту жүздеген зерттеулердің тақырыбы болды. Пробиотикалық микроорганизмдердің тіршілікке қабілеттілігі, атап айтқанда, тұтыну кезіндегі 1 грамм немесе мл пробиотикалық тағам өнімдерінің тірі және белсенді жасушаларының саны - осы өнімдердің ең маңызды құндылығы болып табылады, өйткені олардың емдік тиімділігін анықтайды. Сондықтан тұтынушылардың пробиотикалық өнімдерге деген сенімін сақтау үшін өнімді өндіру кезінде, сондай-ақ өнімнің жарамдылық мерзімінде бактериялардың жоғары тіршілігін қамтамасыз ету маңызды. Пробиотикалық өнімнің 1 г немесе 1 мл үлгісінде, тірі жасушалар саны дүниежүзілік келісім бойынша 10^6 және 10^7 - 10^8 КТБ концентрациялары ең төменгі және қанағаттанарлық деңгейлер ретінде қабылданған [23].

Ішек жолында оң әсер ету үшін диетаның белгілі бір талаптарын сақтау керек. Біріншіден, пробиотиктер өндіріс процесіне төтеп беруі керек; екіншіден, олар коммерциялық өнімдерде сақтау мерзімі ішінде жарамдылық мерзімінің соңына дейін тіршілікке қабілетті болуы керек. Өндіріс және сақтау кезінде тамақ өнімдеріндегі пробиотикалық микроорганизмдердің тіршілікке қабілеттілігіне көптеген факторлар әсер етеді.

Пробиотикалық микроорганизмдердің тіршілігіне әсер ететін негізгі факторлар: рН, титрленетін қышқылдық, молекулалық оттегі, тотығу-тотықсыздану потенциалы, сутегі асқын тотығы, бактериоциндер, қысқа тізбекті май қышқылдары, ароматизаторлар, бәсекелестік, қаптау материалдары мен шарттары, ашыту, микрокапсуляция, құрғақ қатты майдың сүттегі мөлшері, қоректік заттар қосылған сүт, сүтті термиялық өңдеу, инкубация температурасы, сақтау температурасы, көміртектену, тұз, қант және тәттілендіргіштерді қосу, өнімнің салқындату жылдамдығы және өндіріс масштабы [24].

Осыған байланысты бұл мәселелерді шешу үшін әртүрлі әдістер қолданылады. Солардың бірі иммобилизация болып табылады.

Иммобилизация – бұл микроб жасушаларының белгілі бір фазада екіншісінен бөлінген, фазааралық әрекеттесу мүмкіндігімен бекітілу. Оның

негізінде жатқан физика-химиялық принциптер құрылымдарды құрылымдық өзгерістерге ұшырамай, олардың белсенділігі ұзақ уақыт бойы сақталатындай етіп бекітуге мүмкіндік береді [25].

Иммобилизацияланған жасушалар бос жасушалар мен иммобилизацияланған ферменттерге қарағанда бірқатар артықшылықтарға ие, атап айтқанда, жоғары белсенділік пен тұрақтылық, сонымен қатар экономикалық тиімділік. Иммобилизация үздіксіз автоматтандырылған процестерді жасауға және экзогендік факторларға тәуелсіз полиферменттік жүйелердің ұзақ уақыт жұмыс істеуіне мүмкіндік береді [26].

Микробтық жасушаларды иммобилизациялау үшін табиғаттағы органикалық және бейорганикалық заттарды қолдануға болады. Бұл субстраттарда сұйық пен газдың тасымалдаушының ішінен қоршаған ортаға еркін алмасуына мүмкіндік беретін өткізбелі макросаңылаулар бар, макросаңылаулардың мөлшері микроорганизм жасушаларының өлшемдерінде өзгереді, және олар медициналық тәжірибеде қолданылады. Сондай-ақ синтетикалық материалдар (полиэтилен, нейлон, полиуретандар) және табиғи биологиялық ыдырайтын полимерлер (пектин, альгинат, хитозан, карраген, фукоидан) қолданылады [27].

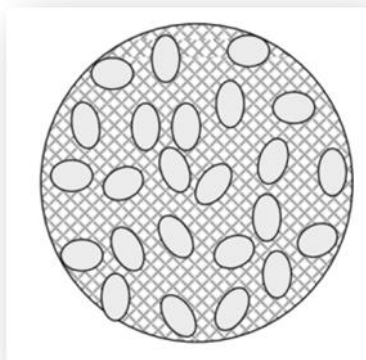
Иммобилизация әдістерін қолданылатын физикалық механизмдерге байланысты келесі төрт негізгі санатқа бөлуге болады (1-сурет) [28]:

- саңылаулы матрицаның ішінде ұстау немесе жасуша өсіндісінде *in situ* саңылаулы материалдың түзілуі;
- жасуша мембранасы мен тасымалдаушы арасындағы электростатикалық күштердің немесе коваленттік байланыстырудың әсерінен тасымалдаушының қатты беттеріне жабысу немесе адсорбция;
- флокуляция немесе жасанды индуцирленген кросс-байланыстырушы агенттердің көмегімен өзін-өзі агрегациялау;
- микросаңылаулы мембрана немесе микрокапсула болуы мүмкін тосқауылға байланысты механикалық оқшаулау.

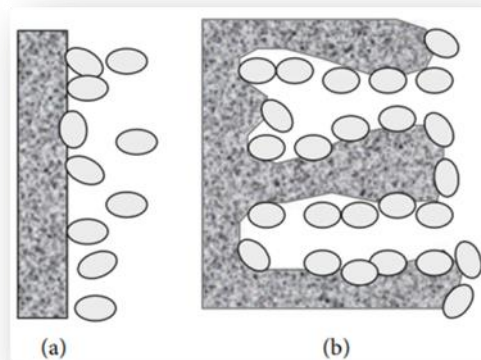
Дегенмен, барлық иммобилизациялаушы тасымалдаушылар тамақ өнімдерін өндіруге жарамайды. Тасымалдаушы ретінде пайдаланылатын материалдарға қойылатын талаптар:

- (a) қайта өңдеу кезінде химиялық, физикалық және биологиялық тұрақты болуы қажет,
- (b) биореакторлар мен өнеркәсіпте пайдалану үшін жеткілікті механикалық беріктігі жоғары болуы керек,
- (c) улы емес
- (d) сорбциялық сыйымдылығы жоғары болуы қажет.

Материалдар қолжетімді болуы және иммобилизация процесінің экономикалық тиімділігі әрқашан ескерілуі керек. Физикалық сипаттамалар (кеуектілік, ісіну, қысылу), сондай-ақ микробтардың өсу белсенділігі, биоыдырағыштығы және ерігіштігі сияқты басқа сипаттамалары нақты қолдану түріне байланысты ескерілуі керек.



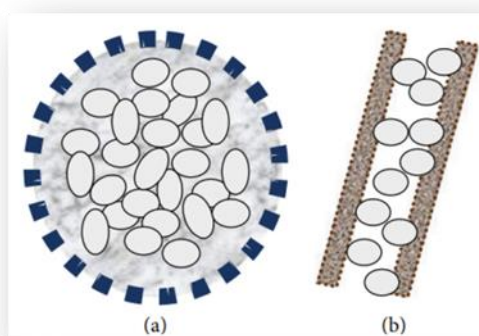
1



2



3



4

Сурет 1 - Жасушаны иммобилизациялаудың негізгі әдістері 1 - кеуекті матрицада бекіту; 2 - қатты тасымалдағыштағы адсорбция; 3 - өзін-өзі біріктіру; 4 - тосқауылдың арқасында механикалық бекіну [29]

Соңғы жылдары мембраналық технологияны қолдана отырып микрокапсуляцияға негізделген, жасушаларды иммобилизациялау әдістеріне қызығушылық артып келеді.

Микрокапсуляция - бұл ядро, яғни биологиялық белсенді немесе функционалды ингредиент микрокапсуланың қабығын құрайтын материалға қапталатын процесс. Инкапсулянт немесе матрица деп аталатын бұл материал ядроның айналасында қорғаныш қабатын құрайды [30].

Микрокапсуляция әдіс осы күнге дейін отандық сүт өнеркәсібінде кеңінен қолданылмаған және пробиотикалық дақылдарды микрокапсуляцияланған түрде қолдана отырып, биоөнімдерді алу өндірісін дамытуда қызығушылық тудырады.

Микрокапсуляция кезінде қатты заттар, сұйықтықтар немесе газдар сияқты капсулаланған материалдармен қоршалған өзек материалдары ретінде белсенді ингредиенттері бар микрокапсулалар шығарылады. Микрокапсулалардың мөлшері қолданылатын микрокапсуляция әдістеріне, сондай-ақ материалдарына, қабырғаларға, өңдеу параметрлеріне және т.б. байланысты 1-ден 1000 мкм-ге дейін өзгереді және бұл микрокапсулалардың мөлшері 1 мкм-ден аз болған кезде олар нанокапсулалар деп аталады [31, 32].

Азық-түлік микрокапсулалары тағамның ауыз сезімталдығына әсер етпеуі үшін 100 мкм-ден аз болуы керек [33]. Сонымен қатар, микробөлшектерді құрылымға негізделген үш түрге бөлуге болады, мысалы, бір ядросы қабырға материалымен жабылған микрокапсулалар немесе үздіксіз матрицада дисперсті ядролар немесе көп қабатты немесе көп қабатты күрделі микрокапсулалар [34].

Инкапсуляттардың мөлшері бүрку сияқты микрокапсуляция үшін қолданылатын әдіске байланысты өзгереді, нәтижесінде инкапсуляция мөлшері 5 - тен 500 мкм - ге дейін өзгереді, коэкструзия әдісімен 200 мкм-ден асатын капсулалар шығарылады, мицелла негізіндегі инкапсуляция - 5-20 нм, липосома негізіндегі инкапсуляция 10-1000 нм, коацервация - 1-500 мкм, эмульсия - 200 нм-ден аз, иондық гельдеу арқылы - 10-100 нм өлшемді капсулалар қалыптасады [35].

Капсула мөлшері инкапсуляция тиімділігіне тікелей әсер етпейді, бірақ инкапсулянттардың бақылаулы түрде физикалық және химиялық қасиеттерінен қоса белсенді ингредиенттердің бөлінуіне әсер етеді, өйткені кішірек өлшемдер ферменттермен немесе босату ортасымен жанасу аймағының ұлғаюына әкеледі және осылайша үлкен өлшемді инкапсуляциялармен салыстырғанда көбірек мөлшерде босатылады [36]. Қабықтың немесе қабырғаның материалы ерімейтін, белсенді ингредиенттерге реактивті емес, жақсы пленка түзетін әсерге ие және қоршаған ортаның әртүрлі жағдайларынан қажетті қорғаныс қасиеттері бар болуы керек [31, 37].

Инкапсуляция әдісі, өзек пен тығыздағыш материалдарының қасиеттері, сондай-ақ жүктеме мөлшері инкапсуляцияның әртүрлі микроқұрылымына әкеледі. Капсулалардың микроқұрылымы негізгі материалдың тиімділігі мен сақталуына және инкапсуляция тиімділігіне әсер етеді және белсенді ингредиенттердің бөлінуін реттейді [33].

Инкапсуляттардың микроқұрылымы сыртқы құрылымына байланысты, мысалы, кедір-бүдір, кеуекті, қуыс, жарылған, кепкен және т.б. немесе ішкі құрылымына байланысты, негізгі материалдың орналасуы мен конфигурациясыменен ерекшеленеді [38]. Микрокапсулалардағы жоғары жүктеме жұқа қабықшаға әкеледі, бұл қорғаныстың төмендеуіне және босатудың жоғарылауына әкеледі, ал микрокапсулалардағы өзек материалдарының аз болуы әдетте қабырғаның қалыңдығына, қорғаныстың жақсаруына және өзек материалдарының баяу шығарылуына әкеледі [39-41].

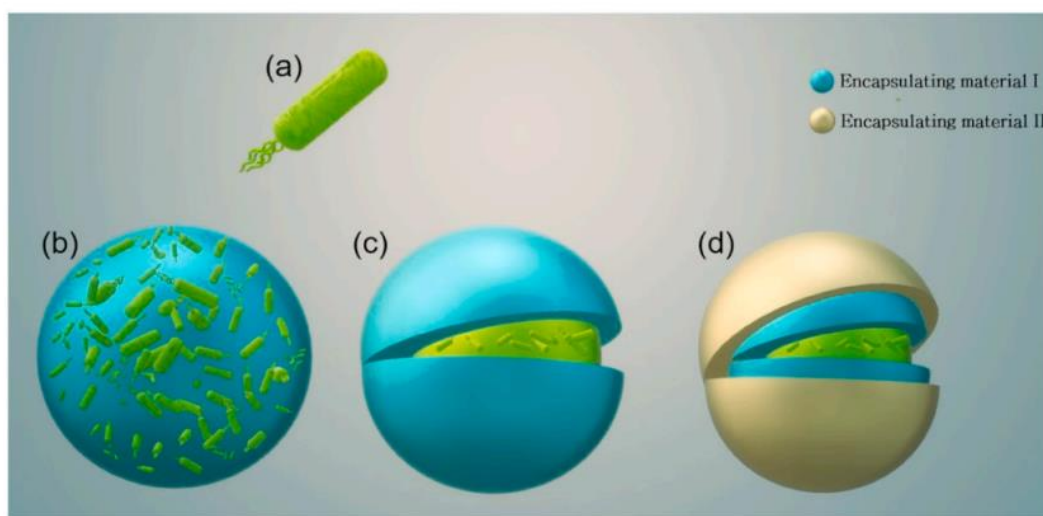
Микрокапсуляция үшін қолданылатын материалдар әдетте табиғи түрде кездесетін полисахаридтер мен ақуыздар болып табылады, өйткені олардың цитоуыттылығы жоқ, биодеградация өнімдері қауіпсіз және микрокапсуланы дайындау үшін органикалық еріткіштерді пайдалануды қажет етпейді.

Инкапсуляциялық матрица, жабын материалы, қабық немесе мембрана деп аталатын инкапсуляциялық материалдар (ИМ) табиғи және синтетикалық полимерлердің кең ауқымынан синтезделуі мүмкін.

ИМ бактериялардың өңдеу және ұзақ сақтау кезінде тіршілікке қабілеттілігін жақсартуы керек. Микрокапсуляция материалын таңдау бірнеше факторларға, соның ішінде пробиотиктердің инкапсуляция қасиеттеріне, пробиотиктер мен инкапсуляциялаушы агент арасындағы үйлесімділікке және соңғы өнімнің қажетті қасиеттеріне байланысты [42, 43].

Тығыздау үшін қолданылатын материалдар кейбір қолайлы қасиеттерге ие болуы керек. Олар пробиотиктермен және ағзамен үйлесімді болуы керек. Олар сондай-ақ инкапсуляция процесінде, ұзақ сақтау және асқазан-ішек жолдары арқылы тасымалдау кезінде пробиотиктерді қоршаған орта жағдайларынан (мысалы, жылу, оттегі, жарық және ылғалдылық) барынша қорғауды қамтамасыз етуі керек. Мысалы, микроорганизмдерді асқазанның қышқыл рН-нан қорғауға және оттегі тосқауылы ретінде жұмыс істеуге арналған бірнеше ИМ жасалды [44]. ИМ сонымен қатар жүктелген пробиотиктерді толығымен босатуы немесе белгілі бір жағдайларда пробиотиктердің бақыланатын және/немесе мақсатты шығарылуын қамтамасыз етуі керек.

Құрылым тұрғысынан, әдетте, екі негізгі түрі бар: ядросы сыртқы қабырғамен қоршалған микрокапсулалар немесе жүктелген пробиотиктер 2-суретте көрсетілгендей ИМ біртекті түрде біріктірілген микросфералар (немесе микробөлшектер).



Сурет 2 - а) әртүрлі типтегі микро түйіршіктерге инкапсуляцияланған пробиотикалық бактериялар: б) микробөлшектер, с) микрокапсулалар және d) көп қабырғалы құрылым [45]

Пробиотиктерді микрокапсуляциялау үшін қолданылатын материалдарды химиялық құрылымына қарай бес түрлі топқа бөлуге болады: көмірсулар, сағыздар, ақуыздар, липидтер және басқа материалдар. Инкапсуляциялық материалдардың әр тобының механикалық, химиялық, физикалық және биологиялық қасиеттері бойынша оң және теріс жақтары бар (кесте 1).

Кесте 1 – Микрокапсуляция үшін қолданылатын материалдар [46].

Материал	Артықшылықтары	Кемшіліктері	ИМ
Көмірсулар	Биоүйлесімді, биологиялық ыдырайтын және кең ауқымда қол жетімді, көпшілігі арзан	Кеуекті, тек рН 6-9 диапазонында тұрақты	Крахмал, альгинат және пектин
Ақуыздар	Суда жақсы ериді	Өте қымбат және ықтимал аллергиямен. Жоғары температурада денатурацияға оңай ұшырайды	Желатин, казеин, сарысу ақуызы
Липидтер	Тұзды ерітінділер мен асқазан-ішек жолдарында тұрақты	Аз зерттелген	Липидті микробөлшектер
Сағыздар	Ерітіндідегі тұтқырлығы төмен, улы емес, тұрақты, ұшпа қосылыстарды жақсы ұстайды	Оттегіден қорғау, жартылай өткізгіш материал ретінде әрекет ете алады	Араб сағызы/гуммиарабик, геллан сағызы, ксантан сағызы

Материалды таңдау негізгі ядро материалының қасиеттеріне, инкапсуляция әдістеріне және соңғы өнім үшін маңызды, қажетті сипаттамаларға байланысты.

Иммобилизациялық материалды таңдаудың бірнеше талаптар бар:

1) өңдеу немесе сақтау кезінде оның құрылымындағы пробиотиктерді қоршаған орта жағдайларынан қорғау мүмкіндігі;

2) токсинді емес, өйткені кейде дәрі-дәрмектерді капсулалау үшін мақұлданған материал, егер ол "қауіпсіз деп танылған" (GRAS) материал ретінде сертификатталмаса, тағамдық қолдану үшін қабылданбайды;

3) капсулалау кезінде жақсы реологиялық қасиеттер мен ыңғайлылық (иммобилизациялаушы материал өңдеу және ұзақ сақтау мерзімі кезінде пробиотиктермен және кез келген басқа негізгі материалмен әрекеттеспеуі керек).

Көмірсулар қолайлы қасиеттеріне байланысты микрокапсуляцияда инкапсуляциялық материалдар ретінде кеңінен қолданылады.

Әдебиеттерде бүгінгі күнге дейін ең көп таралған инкапсуляциялаушы агент – қоңыр балдырлардан немесе бактериялардан алынған 1→4 байланысқан β-(D)-гулурон (G) және α-(L)-маннурон (M) қышқылдарынан тұратын сызықтық полисахарид – альгинат (Алг). Ол 10-100 килодальтон молекулалық массалардың кең ауқымында коммерциялық қол жетімді [47]; тағы GRAS мәртебесіне ие, жұмсақ гелеу жағдайларына және уыттылықтың болмауына байланысты бактериялық инкапсуляцияға өте қолайлы [48]. Екі маномерінде де карбон қышқылы топтарының болуына байланысты альгинат теріс зарядты (3,3-3,5) рКа-дан жоғары көтереді.

Натрий альгинаты тамақ және фармацевтика өнеркәсібінде кеңінен қолданылады [49]. Бактериялар байланысқан бактериялық биоқабаттың да, тіндік бактериялардың да жасушадан тыс матрицасын имитациялайтын ионды-байланысқан альгинатты гидрогельдер, бактерияларды қышқылдық жағдайда қорғайды, және қапталған жасушаларды ішектің ішінде, табиғи рН деңгейінде сәтті шығаруға мүмкіндік береді [50].

Альгинат кейбір көп валентті металл иондарының қатысуымен гельдер түзе алады. Альгинаттың геледенуі натрий иондарының Ca^{2+} , Zn^{2+} және Mn^{2+} сияқты екі валентті катиондармен алмасуынан, демек, гулурон қышқылдарының карбоксилат-аниондар мен кальций иондары арасындағы айқаспалы байланыстардың түзілуін туындауы керек [51, 52]. Альгинат геледену механизмі жиі "жұмыртқа қорапшасы" моделі деп аталады, онда екі антипараллель полиуронатты тізбектер Ca^{2+} мен жұмыртқа қорапшасының димерлерін түзеді және сыртқы жағынан біріктіріп одан әрі мультимерлер қалыптастырады [53]. Олардың мукоадгезивтік қасиеттері оны бақылаулы босатылатын дәрі-дәрмектерді жеткізу жүйелерін дамытуға қолдануға болады [54, 55]. Сондай-ақ, альгинат ыстыққа және мұздату арқылы кептіруге төзімділігі туралы хабарланды.

Дегенмен, кейбір зерттеулер көрсеткендей альгинатты микрокапсулалар жеткілікті кеуекті және рН 6-9 диапазонында ғана тұрақты, бұл олардың асқазанның агрессивті ортасына төзімділігін төмендетеді [56-58].

Осыған байланысты альгинатты қайталама жабу үшін басқа инкапсуляциялық материалдар қолданылады. Мұндай технология layer-by-layer деп аталады, ал мұндай процессте қолданылатын көмірсулар 2-кестеде келтірілген.

Кесте 2 – Пробиотиктерді микрокапсуляциялаудағы көмірсулар

Көмірсу	Сипаттамасы	Артықшылықтары мен кемшіліктері	Капсулаланған пробиотиктер
1	2	3	4
Пектин	Анионды өсімдік полисахариді. Пектиннің негізгі құрамдас бөлігі α (1–4) галактрондық қышқыл (GalA) және метил эфирі топтарының өзгермелі мөлшері болып табылады.	Биологиялық ыдырайтын, қолжетімді және арзан. Пектинолитикалық ферменттердің қатысуымен ыдырауы мүмкін	<i>Bifidobacterium breve</i> 99% тиімділігімен [59]
Хитозан	Зигомецеттер саңырауқұлақтарының жасуша қабырғасында кездесетін катиондық полисахарид. Деацетилденген хитин туындысы және кездейсоқ бөлінген b-(1-	Гидроксилді және алифатты амин топтарының арқасында, хитозан оңай айқаспалы байланысады. Суда ерігіштігі төмен.	<i>Lactobacillus bulgaricus</i> KFRI 673 [60]

2 Кестенің жалғасы

1	2	3	4
	4) - байланысты D-глюкозамин және N-ацетил-d-глюкозамин тұрады		
К-каррагинан	<i>Rhodophyta</i> теңіз балдырларынан бөлінген жоғары молекулалы сызықты полисахарид, құрамында 1,3-байланысқан Д-галактоза-4-сульфат қайталанатын дисахаридінің және 1,4-байланысқан 3,6-ангидро-Д-галактозаның бірліктері бар	Бактериялық жасушалар жоғары температурада жойылуы мүмкін, себебі каррагинан тұтқырлығы жоғары бола бастайды	<i>Lactobacillus rhamnosus</i> GG, эмульсиялық әдіспен [61]
Крахмал	Өсімдіктердің табиғи көмірсуы гликозидті байланыстармен байланысқан амилоза мен амилопектиннен тұрады	Модификациялау оңай, ұйқы безі ферменттерімен қорытылмайды	<i>Lactobacillus casei</i> , <i>Lactobacillus brevis</i> , <i>Lactobacillus plantarum</i> , эмульсиялық әдіспен, 43–48,5% тиімділігімен [62]
Целлюлоза	β -(1-4) гликозидті байланыстармен байланысқан β -D-глюкоза қалдықтарының сызықтық биополимері. Өсімдіктердің барлық түрлерінен алуға болады, сонымен қатар кейбір сірке қышқылды бактерияларымен және балдырлардың көпшілігімен синтезделеді	Төк ішекте ыдырауы мүмкін, бірақ асқазан-ішек жолдарының жоғарғы бөліктерінде емес. Токсинді/уытты емес, биологиялық ыдырайтын және биоүйлесімді.	<i>Lactobacillus plantarum</i> LAB12 [63]
Пуллулан	α -1,6 байланысқан мальтотриоздар қалдықтардан тұратын бейтарап сызықтық полисахарид, <i>Aureobasidium pullulans</i> микроорганизмдерінен синтезделеді	Гидроксил топтарының арқасында химиялық жолмен модификациялауға болады	<i>Lactobacillus rhamnosus</i> GG [64]

ИМ бір немесе одан да көп материалдардың комбинациясы болуы мүмкін. Тек ИМ өзі барлық қажетті сипаттамаларды қамтамасыз ете алмайтындықтан, жақсартылған қасиеттері бар әртүрлі жеткізу жүйелерін әзірлеуге мүмкіндік беретін түрлі ИМ комбинациясын пайдалануға болады.

Чжан және т.б., 2018. Алгинат натрий және целлюлозаның наноталшықтары қоспасынан микрокапсулалар дайындады. Целлюлоза капсулалардың құрылымдық тұрақтылығын арттыру үшін қолданылған. Тәжірибе нәтижесінде экструзия әдісімен жасалған капсулалардың *Lactobacillus plantarum* жасушаларын асқазанның қышқылдық ортасында жақсы қорғайтынын көрсетті, оған себеп электростатикалық тартылудың төмендеуіне және сутектік байланыстарының түзілуіне негізделеді [65].

Lactobacillus rhamnosus GG пробиотиктерді иммобилизациялау үшін целлюлоза/хитозан негізіндегі бөлшектер де құрастыруға болады [66].

Сонымен қатар, шошқа терісінің В типті желатині және NaКМЦ-дан тұратын матрицаға енгізілген, *Lactobacillus rhamnosus* GG пробиотикалық бактериялардың дақылы, әртүрлі модельдік сұйықтықтардың әсеріне олардың тіршілікке қабілеттілігін жетілдірді [67]. Целлюлоза жасушалардың шығарылуы тіршілікке қабілеттілігін ұзартады, бұл биофармацевтикалық өнеркәсіпте жаңа бастама ретінде қарастырылады [68].

Тағы бір зерттеуде *Lactobacillus rhamnosus* GG инкапсуляциялау үшін пуллулан гелі және сарысу ақуыз концентраты қолданылды. Асқазан қышқылының әсерінен кейін тіршілікке қабілетті жасушалардың саны 6,61 Log КТБ/г құрады, ал 4 сағат ішінде моделдік ішек шырынында 9,40 Log КТБ/г болды [69]. Б. Çabuk және т.б. *Lactobacillus acidophilus* NRRL-B 4495 қорғау үшін сарысу протеин/пуллулан микрокапсулаларын бүріккіш кептіру әдісімен әзірлеген. Олардың нәтижелері капсулаланған жасушалардың имитацияланған асқазан қышқылы мен өт сөліне төзімділігі айтарлықтай жоғары екенін көрсетті. Сонымен қатар, пуллулан сарысу ақуызбен бірге микрокапсуляция кезінде тиімді криопротекторлық әсер ететіні анықталды [70].

Осылай, микрокапсуляция әдісін пайдалану пробиотиктердің тұрақтылығы мен сапасының жақсаруына әкелуі мүмкін. Бұл микрокапсуляциялау әдісі пробиотиктерді сыртқы зиянды әсерлерден қорғауы және мақсатты орындарда бақыланатын босатуды қамтамасыз етуімен байланысты. Капсулаланған пробиотиктерді әзірлеу кезінде бірнеше өлшемі мен құрамын ескеру қажет. Сонымен қатар, инкапсуляцияланған жүйелерге қойылатын маңызды талап тұрақтылық, ұзақ сақтау мерзімі және қайталанатын қасиеттер болып табылады.

1.2 Пробиотиктер және пребиотиктердің бірлескен инкапсуляциясы

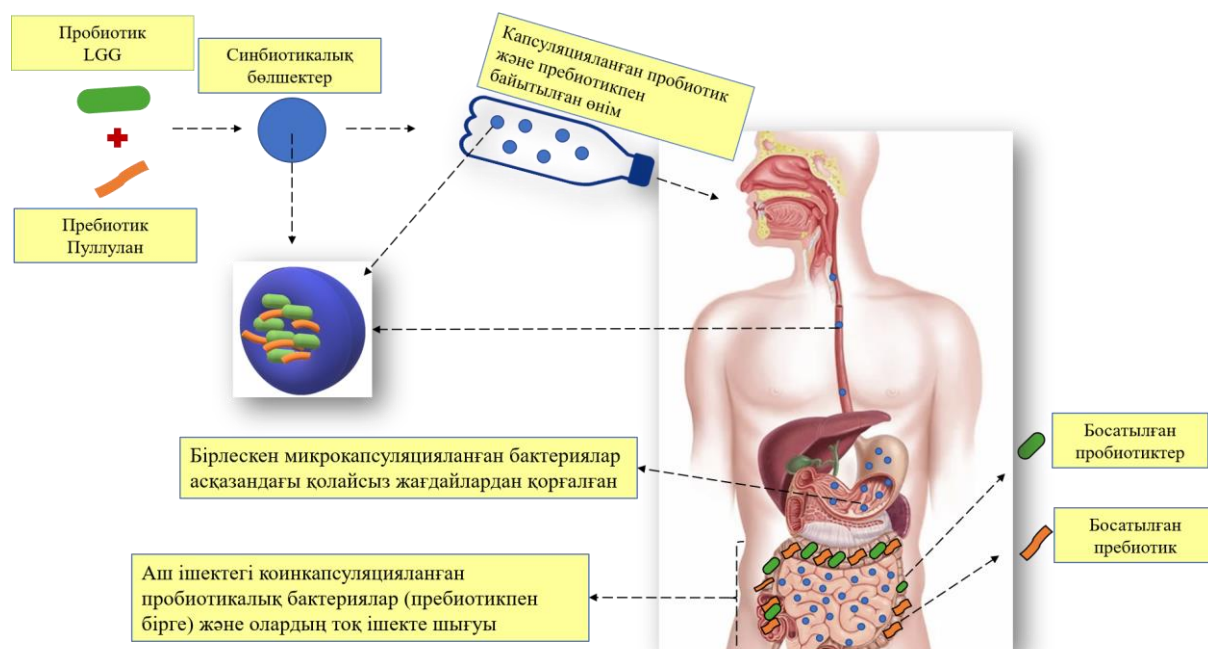
1.2.1 PRO-PRE бірлескен инкапсуляция әдістері

Пробиотиктер сияқты тірі ағзаларды инкапсуляциялау қазіргі уақытта академиялық ортада да, өндірісте де үлкен назар мен қызығушылықты тудыратын салыстырмалы түрде жаңа тәсіл болып табылады.

Пробиотиктерді жеткізу үшін ұсынылған бірнеше инкапсуляция әдістері бар. Ең бастысы, мұндай инкапсуляция әдістері тіршілікке қабілетті

бактерияларды олардың физиологиялық қасиеттеріне теріс әсер етпей ішекке тасымалдануы қажет [71].

Осыған байланысты, иммобилизация үшін қолданылатын әртүрлі әдістердің арасында пробиотикалық бактериялардың пребиотиктермен бірлескен инкапсуляциясы тірі микроорганизмдердің тіршілікке қабілеттілігін және тұрақтылығын қамтамасыз етеді. Пребиотиктер пробиотиктердің асқазан ішек жолдарының жоғарғы бөлігінен өткен кезде олардың тіршілікке қабілеті жақсарады және тоқ ішекте олардың биологиялық әсері күшейеді [72-75].



Сурет 3 - Функционалдық тағам өнімдеріндегі PRO-PRE бірлескен инкапсуляция

PRO-PRE бірлескен инкапсуляциялаудың бірнеше технологиялары бар. Оларға жоғары температуралық процестер, бүріккіш кептіру, және төмен температуралық процестер – бүріккішпен салқындату, мұздату арқылы кептіру, эмульсиялау, экструзия, коацервация, геледеу және электрогидродинамикалық бүрку жатады [76].

PRO-PRE бірлескен инкапсуляция технологияларының кеңінен қолданылатын үнемді әдістерінің бірі – бүріккішпен кептіру болып табылады. Бұл технологияда биоактивті ингредиенттер (яғни, пребиотик және пробиотик) құрамында тасымалдаушы бар ерітіндіде дисперсті болады, содан кейін дисперсия бүріккіш бөтелкеге енгізіледі. Бұл технология камерадағы еріткішті дисперсиядан жылдам шығаруға негізделген, содан кейін қабырға материалына енгізілген биоактивті ингредиенттері бар кептірілген кеуекті сфералық бөлшектер алынады. Инкапсуляцияның тиімділігі мен өндірілген, кептірілген бөлшектердің мөлшері әр түрлі

факторларға байланысты, мысалы, бүріккішпен кептіру жағдайлары (мысалы, ағынның жылдамдығы, бүріккіштің түрі, камераның ылғалдылығы, камераның кіру және шығу температурасы) және дисперсиялық қасиеттері.

Бұл кептіру әдісі жылдам процесс – материал бірнеше секунд ішінде жоғары температураға ұшырайды, сондықтан пробиотиктер сияқты ыстыққа сезімтал ингредиенттерді бүріккішпен кептіру арқылы тиімді инкапсуляциялауға болады [77]. Дегенмен, ауа камерасында қолданылатын жоғары температураға байланысты термотұрақты тасымалдағыштарды пайдалану ұсынылады, ал пробиотиктерді инкапсуляциялау осы процесті қолдану арқылы жүзеге асырылады.

Соңғы уақытта пребиотиктер мен пробиотиктерді бүріккіш кептіру арқылы бірге инкапсуляциялау бойынша зерттеулер көбейіп, пробиотиктердің тұрақтылығы мен тіршілікке қабілеттілігі айтарлықтай жақсарды. Мысалы, Тао және басқалар (2019) бүріккішпен кептіру арқылы әртүрлі полисахаридтерде *Lactobacillus paracasei* LPC-37 коинкапсуляциясын зерттеді. Полисахаридтерді қосу бактериялардың жасушаларын сақтау қабілетін арттырды және тоңазытқышта 8 апта сақтағаннан кейін пробиотиктердің тіршілікке қабілеттілігі $0,3 \log$ КТБ/г-ден төмендейтіні көрсетті [78]. Сонымен қатар, пробиотикалық бактериялар мен қаражидек шырынынан алынған биоактивті қосылыстар бірлескен инкапсуляция әртүрлі биополимерлерді (араб сағызы, мальтодекстрин және сарысу протеин концентраты) қолдану арқылы бүріккішпен кептіру $6 \log$ КТБ/г -дан жоғары жасушаның тіршілікке қабілеттілігін 20°C температурада екі аптадан кейін қамтамасыз етті [79].

Бүріккіш салқындату, сондай-ақ бүріккіш мұздату деп те аталады және бүріккіш кептіруге өте ұқсас әдіс. Екі әдістің айырмашылығы тек биологиялық белсенді ингредиенттің тасымалдаушы суық ауа немесе сұйық азот камерасында бүркіді. Камераның температурасы тасымалдаушы мен биоактивті ингредиенттердің балқу температурасынан төмен болады [80]. Окуро және т.б., 2013 ж. *Lactobacillus acidophilus*-тің асқазан мен ішек шырынына қарсы тұрақтылығын жақсарту үшін пребиотиктермен (инулин немесе полидекстроза) инкапсуляциялау үшін бүріккіш салқындату технологиясын қолданды. Төмен температураны пайдалану арқылы бұл технология үнемді, сондықтан оны масштабтау оңай. Алайда, бүріккіш кептірумен салыстырғанда капсуланың тиімділігі төмен [81].

Сублимациялық кептіру немесе мұздату арқылы кептіру, пробиотикалық ұнтақтар алу үшін өндірісте қолданылады, сонымен қатар PRO-PRE бірге инкапсуляциялау үшін пайдаланылуы мүмкін. Бұл технология мұздатылған ерітіндінің сублимациясына немесе пробиотиктер, пребиотиктер және тасымалдаушы материалдардың жоғары вакуум жағдайындағы дисперсиясына негізделген. Мұздатып кептіру кезінде қолданылатын төмен температураға байланысты пробиотикалық бактериялардың тіршілік деңгейі, бүріккішпен кептіру әдісімен салыстырғанда жоғары [82].

Дегенмен, мұздату процесінде пайда болатын жасушадан тыс мұз

кристалдарының түзілуі пробиотиктердің жасуша қабырғасының кейбір зақымдалуына әкеледі. Бұл мәселені жасуша қабырғасын тұрақтандыру және жасуша қабырғасының зақымдануын болдырмау үшін пробиотиктердің байланысқан суын кейбір криопротекторлармен әрекеттесу арқылы шешуге болады. Криопротекторлар төмен және жоғары молекулалы материалдар болып, екіге бөлінеді. Төмен молекулалы қорғағыштарға негізінен глюкоза, трегалоза, лактоза, сорбит және манноза сияқты әртүрлі қанттар жатады, олардың арасында трегалоза басқаларға қарағанда тиімдірек. Төмен молекулалы қанттар пробиотиктердің жасуша қабырғасының фосфолипидтерімен әрекеттесе алады және жасушалардың зақымдануын болдырмайды [83]. Екінші жағынан, жоғары молекулалық салмақты қорғаушылар негізінен полисахаридтер мен белоктар (мысалы, альгинат, сарысу ақуыздары, желатин, ксантанды сағыз, мальтодекстрин және т.б.) болып табылады, олар пробиотиктердің бетіне адсорбцияланады және мұз кристалдарының өсуіне жол бермейтін тұтқыр қабат түзеді [84, 85].

Мұздатып кептіру екі түрде, яғни тікелей мұздату арқылы кептіру және жанама мұздату арқылы кептіру жүзеге асырылады. Бірінші әдіс үшін пробиотикалық бактерияларды криопротектор ерітіндісімен тікелей араластырып, содан кейін лиофилизациялауға болады. Жанама әдісте мұздатып кептіру кезінде пробиотикалық шарлар түзілу үшін пробиотикалық бактериялар алдымен полимерлік матрицада сақталады, содан кейін суды кетіру үшін лиофилизацияланады.

Полетто, Фонсека және т.б., 2019 ж. пробиотиктердің тіршілікке қабілеттілігін күріш кебегі, инулин және Hi-maize сияқты әртүрлі пребиотикалық агенттермен бірге инкапсуляциялаудан кейін жанама мұздату арқылы кептіруін зерттеді. Олардың нәтижелері пребиотиктер пробиотиктерге асқазан-ішек ауруларына қарсы қорғаныш әсерін көрсетті [86]. Бұл әдісті масштабтау оңай және пробиотиктердің тіршілігін айтарлықтай жақсартады.

Эмульгирлеу - бұл бірлескен PRO-PRE-ді қолдануға болатын төмен температуралы инкапсуляция технологияларының бірі. Кейбір елдерде ксантан, гелландық сағыз, альгинат және каррагинан сияқты арнайы гидроколлоидтарды, құрамында капсуляцияланған пробиотиктер бар негізгі синбиотикалық/функционалдық сүт қышқылды өнімдерінде пайдалануға болмайды. Бұл шектеуді еңсеру үшін сүт протеиндері ферментативті гелеу арқылы сүт өнімдеріндегі пробиотиктерді инкапсуляциялау үшін қолданылады [87]. Сүттің ақуыздары жоғары геле түзетін қасиеттері бар және ферментативті геледенгеннен кейін суда ерімейтін бөлшектер түзе алады [88]. Бұл материалдарды құрамында пробиотиктер және пребиотиктер бар эмульгация жасау үшін пайдалануға болады, содан кейін ферментативті геледенуді жүзеге асыруға болады.

Экструзия әдісі жасушалардың тіршілікке қабілеттілігін қорғау және жақсарту үшін PRO-PRE-ді бірге инкапсуляциялау үшін пайдалануға болады. Экструзия - қарапайым және арзан әдіс, ол қолайлы жағдайларда

орындалады, сондықтан пробиотикалық жасушаларды инкапсуляциялауға жарамды болып табылады. Бұл әдісте алдымен пробиотик және пребиотиктердің гидроколлоидты ерітіндісі дайындалады, содан кейін шприц инесінің көмегімен қатайтатын ерітіндіге енгізіледі. Алынған түйіршіктер соңында кептіріледі.

Альгинат сондай-ақ бұл әдісте ең жиі қолданылатын материал болып табылады, ал CaCl_2 ерітіндісі қатайтқыш ретінде қолданылады. Фем және т.б., 2019 ж. *Lactobacillus plantarum* TISTR1465 және *Eleutherine americana* олигосахаридтер сығындысымен экструзия әдісімен натрий альгинатта инкапсуляцияланған. Инкапсуляцияланған пробиотикалық жасушалардың тіршілікке қабілеттілігі 2 және 4 аптадан кейін бос жасушаларға қарағанда жоғары болды. Инкапсуляцияланған пробиотиктер өнімнің қышқылдығы еркін жасушалармен байытылған өнімге қарағанда тоңазытқышта сақтаған кезде төмен болды, сондықтан оларды йогуртта тағамдық қоспа ретінде пайдалануға болады [89].

PRO-PRE сыртқы немесе ішкі гельдеу әдістерін қолдана отырып әртүрлі полимерлерде бірге инкапсуляциялануы мүмкін, мысалы альгинат, натрий КМЦ және каррагинан. Сыртқы гельдену кезінде биоактивті заттар альгинат ерітіндісімен араласады, содан кейін құрамында майы бар эмульгаторда су-май эмульсиясын түзеді. CaCl_2 қосқаннан кейін ерітіндіде эмульсия ыдырап, альгинат түйіршіктері алынады. Ішкі гельдену жағдайында алдымен құрамында CaCO_3 бар альгинат ерітіндісі дайындалады, содан кейін су-май эмульсиясы дайындалады. Альгинатты гельді эмульсияға органикалық қышқыл қосып, кальций иондарын бөлгеннен кейін алады. Серрано-Касас және т.б., 2017 ж. сүт қышқылды бактерияларын және пребиотиктер бірге инкапсуляциялауға альгинатты ионотропты гель матрицасын пайдаланды, оның нәтижесінде сүт қышқылды бактерияларының қышқылдық жағдайларға төзімділігін арттырды [90].

Коацервация – қарама-қарсы зарядталған биополимерлер арасындағы электростатикалық әрекеттесулерге негізделген. Коацервацияның екі түрі бар; қарапайым коацервация және күрделі коацервация. Қарапайым коацервация кезінде зарядталу арқылы арасында электростатикалық әрекеттесу жүреді. Биологиялық белсенді қосылыспен (пребиотикпен немесе пробиотикпен) және тасымалдаушы ретінде зарядталған биополимерге қарама-қарсы болады [91].

Осылай, PRO-PRE бірлескен инкапсуляция пробиотикалық әлеуеті бар тірі жасушаны инкапсуляциялау және жеткізудің тиімді әдісі болып табылады. Азық-түлік өндіру және сақтау процесінде, сондай-ақ АІЖ-де пробиотиктердің тіршілік тиімділігін арттыру үшін перспективалы болып табылады. Коинкапсуляция төзімді пробиотикалық микроорганизмдерді көбірек енгізу арқылы АІЖ экожүйесінде оң тепе-теңдікке қол жеткізу, қалпына келтіру және қолдану үшін ішек микробиотасын өзгертудің пайдалы әдісі болуы мүмкін. Көптеген зерттеулер бірлесіп инкапсуляцияланған пробиотикалық тірі организмдердің пребиотиктер қатысуымен асқазанның

қышқыл ортасында төзімділігін растайды. Табиғи биоактивті қосылыстарды бірлескен микрокапсуляциялаудың бірқатар әдістері бар. Бұл әдістер өзек материалдарының түріне және оларды тамақ жүйесінде одан әрі қолдануға байланысты әр түрлі болады. Бұл әдістердің негізгі мақсаты инкапсуляцияның максималды тиімділігін, процестің қайталану мүмкіндігін және қажетті босату кинетикасын алу, сондай-ақ капсулалардың агрегациясы мен адгезиясын жою болып табылады. Микрокапсуляциялау әдістемесін таңдау микробөлшектердің мөлшеріне, биожетімділігіне және биологиялық ыдырауына, өзек және жабын материалдарының физикалық және химиялық қасиеттеріне, қолданылуына, микрокапсулаланған ингредиенттер мен белсенді ингредиенттердің бөлінуіне байланысты. Ең қолжетімді және қолдануға оңай экструзия әдісі болып табылады. Бұл процесс альгинаттың концентрацияланған ерітіндісін көбінесе ине арқылы кальций хлоридінің ерітіндісіне тамызуды қамтиды. Экструзия процесінде пайда болған микрокапсулалардың мөлшері, олардың тамақ өнімдерінде пайдалану үшін ең қолайлы болып табылады.

1.2.2 Сүт тағамдарындағы PRO-PRE бірлескен инкапсуляциясы

Бірлескен PRO-PRE инкапсуляциясы соңғы уақытта өндіріс үшін әртүрлі сүт өнімдерін байыту саласында және синбиотикалық функционалдық өнімдердің өндіруінде айтарлықтай қызығушылық тудырады.

Бұл тәсілдің бірнеше артықшылықтары болуы мүмкін. Олар асқазан-ішек жолындағы мақсатты тірі микробтық штамдардың төзімділігін арттыру және иммунитетті күшейтетін, микробқа, ісікке және аллергияға қарсы қасиеттер сияқты, және денсаулыққа байланысты басқа да артықшылықтар бар [92].

Тиісінше, пробиотиктердің қоршаған орта жағдайларына, азық-түлікті өндіру және сақтау кезінде және АІЖ жүйесінде ас қорыту кезінде функционалды сүт өнімдерінен пробиотиктердің бақылаусыз шығарылуын азайту үшін көптеген күш жұмсалды. Соңғы зерттеулер 3 кестеде көрсеткендей, пробиотиктердің пребиотиктермен бірге капсуляцияланған кезде жасушалардың тіршілікке қабілеттілігі де, өсуі де жоғарлайды.

Кесте 3 – Ашыған сүт өнімдерін өндіру кезінде PRO-PRE бірлескен инкапсуляциясы

Пробиотик	Пребиоти к	Инкапсул яция жүйесі	Синбиот икалық өнім	Негізгі нәтижелер	Авторлар
1	2	3	4	5	6
<i>Lactobacillus plantarum</i>	<i>Eleutherine americana</i> сығындысы	Экструзия	Йогурт	<i>Lactobacillus plantarum</i> TISTR1465 жасушалары <i>Eleutherine americana</i> сығындысына инкапсуляцияланған ас	Фем және б., 2019 [89].

3 Кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6
				қорыту жолындағы және сақтау кезіндегі бос жасушаларға қарағанда тиімдірек болды	
<i>Lactobacillus plantarum</i> LS5, <i>Helianthus tuberosus</i>	Инулин	Экструзия	Айран	Пробиотиктердің өмір сүру деңгейі инулинмен байытылған айранда сақталуы жоғарылаған	Хашеми және б., 2015 [93].
<i>Sacharomyces boulardii</i>	Инулин	Натрий альгинаты және кактус шырышы	Ірімшік	Инулинді қосу арқылы бірлескен микрокапсуляциялау ірімшікті сақтау кезінде пробиотиктердің өмір сүруін жақсартты	Замора-Вега және б., 2013 [94].
<i>Lactobacillus rhamnosus</i>	В-глюкан	Эмульгирлеу	Майы азайтылған кілегейлі ірімшік	<i>Lactobacillus rhamnosus</i> ірімшік өніміндегі диацетальді қосылыстарды айтарлықтай арттырады	Нингтас және б., 2019 [95].
<i>Lactobacillus rhamnosus</i> GG	Төзімді балауыз крахмалдары	Альгинат-сағыз микрокапсулалары	Соя сүті	Түрлендірілген балауыз крахмал пробиотикалық жасушалардың бастапқы тығыздығына әсер етпей, лиофилизацияға, термиялық өңдеуге және сақтауға микрокапсулалардың төзімділігін арттырды	Чеоу және б., 2016 [96].
<i>Bifidobacterium lactis</i>	Nutriose FB	Бүріккішпен кептіру	Гудатексес ірімшік	Пробиотикалық ұнтақта микрокапсулаланған жасушалар саны 10^{10} - 10^{11} КТБ/г-нан және 10^{10} КТБ/г-нан ірімшікте жоғары болды, бұл олардың сақталғаннан кейін тіршілікке қабілеттілігін растайды	Боррас-Энрикес және б., 2018 [97].

Сүт өнімдері пробиотиктер және пребиотиктерді жеткізудің тиімді құралы болғанымен, бірлесіп инкапсуляцияланған пробиотиктер және пребиотиктерді тағамдық өнімнің бұл түріне қосқанда кейбір факторларды ескеру қажет.

Ең алдымен, бірге инкапсуляцияланған материалдардың синбиотикалық сүт өнімдерінің сенсорлық және/немесе физика-химиялық қасиеттеріне кері әсерін тигізбеуі өте маңызды. Демек, құрамында пробиотиктер және пребиотиктер бар инкапсуляциялық жүйелердің үйлесімділігі, азық-түлік

құрамымен кез-келген мүмкіндікті өндірудің негізгі факторы болып табылады. Осыған байланысты инкапсуляция жүйелерінің сүт өнімдерінің басқа компоненттерімен (ақуыздар, майлар, көмірсулар, минералдар) өзара әрекеттесуін ескеру қажет. Өйткені мұндай өзара әрекеттесулер пробиотиктердің функционалдығын төмендетіп қана қоймайды, сонымен қатар соңғы сүт өнімінің жағымсыз қасиеттеріне әкелуі мүмкін [98].

PRO-PRE бірлескен капсулаланған жеткізу құралдары ретінде пайдаланылған кейбір негізгі сүт өнімдері:

Йогурт. Ұйытқылар – негізінен сүт қышқылы бактериялары, йогурттың жарамдылық мерзімін, дәмін және құрылымын анықтайтын маңызды факторлардың бірі болып табылады. Дегенмен, соңғы уақытта зерттеушілер йогурттардың дәстүрлі функцияларынан басқа, олардың пробиотикалық бактериялар арқылы пайдалы функцияларын жақсартуды іздестіруде [99, 100].

Осылайша, пробиотиктер пребиотиктермен бірге содан бері қолданылып келеді. Синбиотикалық йогурт өндіру үшін өнімдерінің негізгі мақсаты пробиотиктердің тіршілігін жақсарту болып табылатын бірлескен инкапсуляция жүйелері сияқты жаңадан пайда болған процестерін қолдану. Сильва, Чезарино және т.б., 2018 ж. *Lactobacillus acidophilus* фруктоолигосахаридтермен (ФОС) альгинат-желатинді және альгинат-желатин-фруктоолигосахаридті микротүйіршіктерде сыртқы гельдеу арқылы коинкапсуляцияланған; содан кейін оларды йогуртқа қосқан. Олардың нәтижелері *Lactobacillus acidophilus* ФОС-пен бірге инкапсуляцияланған жасушалары капсулаланбаған пробиотиктермен салыстырғанда асқазан-ішек жолдары арқылы өту және йогуртта сақтау пробиотиктердің жоғары тұрақтылығы көрсетті. Біріктірілген *Lactobacillus acidophilus* бактериялардың тұрақтылығының бұл артуы ФОС жоқ жасушалардың инкапсуляцияланғандармен салыстырғанда желатин-альгинат ФОС қосу кезінде матрицада ұсақ саңылауларды жасау арқылы және желінің ұлғаюымен байланысты болды [101]. Капела, Хэй және Шах 2006 жылы *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus rhamnosus* микроорганизмдердің және β -глюкан микрокапсуляциялауына пребиотиктердің олардың тіршілікке қабілеттілігіне әсерін бағалады, кәдімгі йогурт өніміндегі және лиофилизацияланған йогуртте пробиотикалық бифидобактериялардың қалай өсуін және шоғырлануын күшейткенін көрсетті. Пребиотик Рафтилоза Р95 альгинатпен микрокапсуляциялауы төрт апта ішінде сақталғаннан кейін лиофилизацияланған йогуртте пробиотикалық организмдердің тіршілікке қабілеттілігіне оң әсер еткенін (log 0,31%-ға) зерттеушілер анықтады [102].

Басқа зерттеуде *Lactococcus lactis* және *Synsepalum dulcificum* араб сағызы кешенімен бүріккіш кептіру арқылы микрокапсулаланған байытылған йогурт, және олардың йогурт құрамындағы еркін формасымен салыстырғанда *Lactococcus lactis* жасушаларының жоғары тіршілікке қабілеттілігін қамтамасыз етті. *Synsepalum dulcificum*-ды қосу *Lactococcus*

lactis тұрақтылығын йогуртты өңдеу кезінде жақсартты және йогурт формуласына жүктелген кезде оның функционалдығын арттырды [92].

Ірімшік. Соңғы жылдары құрамында капсуляцияланған PRO-PRE жетілдірілген синбиотикалық ірімшіктер бар. Осы себепті кейбір ірімшік өнімдеріне әртүрлі пробиотиктер және пребиотиктер енгізілген. Мысалға, құрамында инкапсуляцияланған бифидобактериялар және Nutriose B pFB (тағамдық талшық), бүріккішпен кептіру арқылы алынған β -циклодекстрин-араб сағызы бар Гауда типті піскен ірімшік бар. Олар ірімшік құрамындағы пробиотиктердің асқазан-ішек жолдарына төзімді екенін, ал инкапсуляция жүйесі функционалды ірімшіктің физика-химиялық қасиеттеріне ешқандай кері әсерін тигізбейтінін анықтады [97].

Өңдеу шарттары, дайындау тәсілі, аэрация шарттары, пісу және сақтау температурасы ірімшік сияқты тағамдарға енгізілген пробиотиктер және олардың тіршілікке қабілеттілігі тағамның жарамдылық мерзіміне үлкен әсер етеді. Осыған байланысты Нингтас және т.б., 2019 ж. *Lactobacillus rhamnosus* тіршілік деңгейі уақыт өте келе кілегейлі ірімшікте бағаланды. *Lactobacillus rhamnosus* пробиотиктері және β -глюкан және фитостерол бар кілегейлі ірімшік тоңазытқышта 35 күн сақталғаннан кейін тірі жасушалардың санын төмендеуін көрсетті.

Пробиотиктер майы аз сүт өнімдерінің дәмін жақсартуға жақсы қоспа болып табылады деген қорытындыға келдік, өйткені олар диацетил сияқты қосылыстардың арқасында жақсы майлы дәм береді [95].

Балмұздақ. Бірлесіп инкапсуляцияланған PRO-PRE қолдану балмұздақ пен мұздатылған десерттерге де ерекше қызығушылық болды, өйткені коинкапсуляциялау пробиотиктерді стрестен (суық жағдайлары) қорғай алады, бұл олардың белсенділігінің төмендеуіне әкеледі және соңғы өнімнің органолептикалық қасиеттері жоғарлатады. Мысалы, альгинат және крахмал капсулаларына, төзімді Himaize және *Lactobacillus casei* (Lc-01) және *Bifidobacterium lactis* (Bb-12) жасушаларымен микрокапсулаланған жүйемен балмұздақты байыту, өндірілген балмұздақтың органолептикалық қасиеттеріне жағымсыз әсер етпеді [103].

Демек, бірнеше капсулаланған PRO-PRE қолдану балмұздақтың құрамында капсуланған пребиотиктерін қосу пробиотиктерді пребиотиксіз қосқанға қарағанда пайдалы. Құрамында инулин сияқты PRO-PRE бар бірлескен инкапсуляция жүйелері инкапсуляция процесіндегі тұрақтылығынан басқа, балмұздақтарды сақтау кезінде олардың тіршілігіне ықпал ете алады [104].

Басқа сүт өнімдері. Әртүрлі синбиотикалық ашытылған сүт өнімдері, сүтті десерттер және соустар сияқты сүт өнімдері кеңейіп келеді. Мысалы, ашытылған сүт өнімі *Lactobacillus plantarum* B-4496 және *Bifidobacterium animalis* B-41405 жасушаларымен қызылшаның немесе зімбірдің сулы сығындысын қосу арқылы бірлесіп инкапсулирленген түрде экструзиялық әдіспен альгинат пен хитозанды микрокапсуляциялар қолдану арқылы алынған. Құрамында аталған сығындылары бар хитозанмен қапталған

түйіршіктері бар байытылған ашытылған сүт пробиотиктердің сақтау және өңдеу тұрақтылығын арттырды, сонымен қатар ашытылған сүттің қолайлылығын жақсартты [105].

Майсыздандырылған құрғақ сүт, қаймақсыз құрғақ сүт және сары сүт ұнтақтары сияқты пробиотиктермен байытылған құрғақ сүт өнімдері де тамақ өнеркәсібінде маңызды орын алады.

Осылай, сүт өнімдері PRO-PRE инкапсуляцияланған пробиотиктерді жеткізудің негізгі құралы болып табылады. Микрокапсуляция және микрокапсулаларды тамақ өнімдеріне қосу технологиясы белсенді ингредиенттерді жеткізудің өзіне тән артықшылықтарына байланысты тұтынушылар арасында танымалдылыққа ие болуда. Global Market Insights 2017 жылы зерттеу болжамына сәйкес, 2024 жылға қарай капсулаланған белсенді ингредиенттері бар функционалды азық-түлік нарығы 45 миллиард АҚШ долларына жетеді. Өнеркәсіптің қазіргі тенденциясы — ыңғайлы және тұтынуға дайын тағамдарды дайындау. Білім беру және ақпараттандыру деңгейдің жоғарылауымен, бұл тұтынушылардың өнімдерді қалай дайындауға және ингредиенттерді қосуға деген қызығушылығын арттырады, бұл технология тамақ өнеркәсібінің табысы үшін өте пайдалы және микрокапсулаланған табиғи белсенді ингредиенттері бар тағамдар болашақта маңызды рөл атқарады.

1.3 Бие сүті

1.3.1 Бие сүтінің химиялық құрамы және энергетикалық құндылығы

Бие сүті – құрамында су, сүт майы, сүт қанты, ақуыздар, тұздар, фосфатидтер, ферменттер, дәрумендер, микроэлементтер, гормондар, иммундық денелер, пигменттер және газдар кездесетін күрделі биологиялық сұйықтық. Сүттің негізгі құрамдас бөліктері – сүт майы мен сүт қанты, олар - айтарлықтай ерекшелігі жоғары. Жалпы алғанда, сүтте 200-ге жуық жеке заттар бар, сондықтан бие сүті адам мен жануарлар үшін таптырмас тағамдық өнімі болып табылады. Бие сүті басқа ауылшаруашылық жануарларының сүтінен негізгі құрамдас бөліктері бойынша айтарлықтай ерекшеленеді. Бие сүтінде шамамен 2% ақуыз бар, яғни сиыр сүтіне (3,0–3,3%) қарағанда 1,5 есе аз. Бие сүтінде жеңіл сіңімді альбумин, казеиннің майда дисперсті фракциялары және глобулин бар. Егер сиыр сүтінде белоктардың 100 бөлігіне казеин 85% және альбумин 15% болса, бие сүтінде казеин мен альбумин бірдей мөлшерде болады, сондықтан ол альбуминді сүт болып саналады.

Өртүрлі бие тұқымдарының сүтінің құрамы жақсы зерттелген [106-109]. 1 кг бие сүтінің энергетикалық тағамдық құндылығы 990 кДж құрайды. Бие сүтінің майлылығы 1,2-ден 2,8% -ға дейін ауытқиды. Физика-химиялық қасиеттері бойынша бие сүтінің майы ана сүтінің майына ұқсас және сиыр сүтінің майынан ерекшеленеді. Көптеген зерттеулерде көрсеткендей, бие сүті

басқа малдардың сүтінен негізгі компоненттері мен сүт майы мен белоктарының өзіндік құрамы бойынша айтарлықтай ерекшеленеді. Бұл деректердің салыстырмалы көрсеткіштері 4 кестеде келтірілген.

Кесте 4 – Әртүрлі сүттің әртүрінің құрамындағы компоненттердің пайыздық қатынасы, %

Көрсеткіш	Сиыр	Бие	Ана сүті
Құрғақ зат	12,5	11,2	12,4
Жалпы ақуыз	3-3,3	2-2,3	1,8-2,2
Альбумин+глобулин	15,0	49,3	75,5
Лактоза	4,7	6-7	6,3
Май	3,7	1,5-2,5	3,7
Ұшпа май қышқылдар саны	23-30	4,8	2,5
Сабындану саны	222-232	208	207
Минералды тұздар	0,7	0,3	0,31

Бие сүтінің майының өзіндік қасиеті бар. Бие сүтінің май түйіршіктері сиыр сүтінен (2,5-3,0 микрон) кішірек (1,5-1,7 микрон), соның арқасында олар тез гидролизденеді және ағзаға жақсы сіңеді. Бие сүтінің майында аналық сүттегідей, қысқа көмірсулар тізбегі бар суда еритін май қышқылдары аз болады. Сонымен қатар, оның құрамындағы йодтың мөлшері өте жоғары - 100,5, ал сиырда ол тек 26-39-ға тең. Бие сүтінің майының ішекте ең жоғары сіңімділігі мен сіңуі оның төмен балқу температурасы 21-23°C, сиыр сүті үшін - 33°C болуымен де байланысты [107].

Бие сүтіндегі сүт қантының мөлшері орта есеппен 6,5% құрайды, бұл сиыр сүтіне қарағанда бір жарым есе көп болады. Бие сүтіндегі көмірсулар сиыр сүтіне қарағанда 1,5 есе көп. Бие сүтіндегі сүт қанты негізінен организмге толығымен сіңетін лактоза болып табылады. Бие сүтінің лактозасы сиыр сүтінің лактозасымен бірдей емес, ол адамның асқазан-ішек жолдарының ферменттері арқылы оңай ыдырайды. Лактозаның құрамдас бөлігі галактоза, лактоза сияқты, жануарлар мен адам дамуының алғашқы кезеңінде маңызды биологиялық рөл атқарады, кальций мен фосфордың адсорбциясы мен сіңуіне әсер етеді, сонымен қатар жаңа туған нәресте үшін маңызды дәрумендердің синтезін ынталандырады. Бие сүтінің сүт қанты – лактоза – жоғары белсенді бифидогендік фактор болып табылады. Бұл оның балалар мен емдік-профилактикалық тамақтану өнімдерінде пайдалануын көрсетеді [110, 111].

Ақуыздардың мөлшері мен құрамы, сондай-ақ лактозаның құрамы бойынша бие сүті ана сүтіне ұқсайды. Бие сүті жоғарыда айтылғандай альбуминді сүт тобына жатады, казеин фосфопротеидтің үлесі ол ақуыздардың жалпы санының тек 50-60% құрайды. Казеин — мысалы, сүзбенің негізгі бөлігін құрайтын күрделі ақуыз. Альбумин — қарапайым ақуыз, жұмыртқаның ақтығында, өсімдік тұқымдарында

кездеседі. Казеин сүт тобына сиырдың, қойдың, ешкінің және бұғының сүті жатады. Жылқының және барлық тұяқтылардың, сондай-ақ иттердің сүті - альбуминді сүтке жатады. Ана сүті де альбуминді. Альбумин ағзаға өте оңай сіңеді. Ал казеин ағзаға сіңіруі қиынырақ және тек 75%-ға ғана сіңеді, сондықтан сиыр сүтін оңай сіңетін өнім деп санауға болмайды. Сиыр сүтінің ақуызында 87% казеин және 13% альбумин бар, ал бие сүтінде бұл қатынас 60% және 40% құрайды. Адам сүтінде 40% казеин және 40% альбумин мен глобулин, тағы 20% азотты заттар, соның ішінде аминқышқылдары (глобулин — белгілі бір ақуыз бар, ферменттердің, антиденелердің және кейбір гормондардың бөлігі болып табылады) бар. Бие сүтіндегі казеин кальций казеинат түрінде кездеседі және суда оңай ериді. Бірақ сиыр сүті мен бие сүтінің казеинінің айырмашылығы өте үлкен: сиыр сүтінің казеині қышқылданған кезде ас қорытудың бұзылуына әкелетін тығыз, ірі үлпектерді шығарады, бұл нәрестелерді жасанды тамақтандыруда қолданудың айтарлықтай кемшілігі болып табылады. Ал бие мен ана сүтінің казеині өте ұсақ, нәзік үлпектер түрінде кездеседі.

Бие сүтінің құрамына кіретін ақуыздардың аминқышқылдарының құрамы теңдестірілген. Бие сүтінің алмаспайтын аминқышқылдарының ішінен валиннің орташа құрамы (мг/%) 110, изолейцин – 117, лейцин – 174, лизин – 185, метионин – 65, фенилаланин – 233 құрайды. Алмасатын аминқышқылдары ішінен көп мөлшерде (мг/%) глутамин қышқылы – 298, аспарагин – 181, аланин – 140, аргинин – 135, пролин – 127 құрайды. Н. Шманенкова және Н. Шаныгинаның зерттеулерінде бие сүтіндегі лизин, аргинин және фенилаланиннің сиыр сүтіне қарағанда көп, валин мен лейциннің мөлшері аз, ал метионин мен цистиннің мөлшері бірдей мөлшерде болатындығы анықтады [110].

Бие сүтінің сарысуындағы иммундық глобулиндердің мөлшері орта есеппен 18% құрайды. Ағзаның иммундық жүйесінің құрамдас бөлігі болып табылатын лизоцим мен лактоферрин патогендік микроорганизмдерден қорғайды және оларды сүттің өзінде және ас қорыту жүйесінде бұзады. Сүтте бар иммуноглобулин *IgM* антигендерді иммуноглобулинді рецептор рөлін атқарады, *IgA* тыныс алу жолдарының, несеп-жыныс жолдарының және асқазан-ішек жолдарының шырышты қабаттарын инфекциялардан қорғайды. Бұл бие сүтіне негізделген өнімдердің емдік және профилактикалық тамақтануда қолданылуын дәлелдейді [112].

Жоғарыда айтылғандарға сүйене отырып, бие сүтінің ақуыздары сиыр сүтінің ақуыздарына қарағанда анағұрлым толық және сіңімді, ал химиялық құрамы мен биологиялық қасиеттері жағынан ана сүтке едәуір жақын екендігін атап өтуге болады. Бұл факт бие сүтін балалар тағамын өндіру үшін шикізат ретінде пайдалануды дәлелдейді.

Бие сүті мультидәруменді агент ретінде ерекше құнды. Қымыз диеталық және емдік қасиеттерінің жоғарылауы дәрумендермен байланысты екені белгілі. Бие сүті дәрумендерге бай, сонымен қатар аскорбин қышқылының мөлшері бойынша сиыр сүтінен едәуір асып түседі, оның мөлшері 135 мг/л

немесе одан да жоғары болуы мүмкін, ал сиыр сүтінде 22-ден - 30 мг/л-ге дейін болады. Ғалымдардың зерттеулері бойынша С дәрумені туберкулездің терапиясы және патогенезінде маңызды рөл атқарады. Бұл жануарларға жүргізілген тәжірибелермен де, клиникалық және зертханалық тәжірибелермен де дәлелденді [113]. Сондай-ақ, бие сүтінде суда және майда еритін көптеген дәрумендер анықталды: А дәрумені - 300 мкг/л дейін, Е дәрумені – 650-1000 мкг/л, пантотен қышқылы – 1600 мкг/л, биотин – 11,2 мкг/л. Биенің сүті құрамындағы В топ дәрумендердің құрамы бойынша сиыр сүтінен кем түспейді: В₁ – 275 мг/л, В₂ – 347 мг/л [114].

Е.Е. Гладкованың айтуы бойынша, биелердің сүті тиамин мөлшері бойынша сиыр сүтіне жақын, ал В₁₂ дәрумені, пантотен және фолий қышқылдарының мөлшері бойынша одан шамамен 2 есе, рибофлавин бойынша - 3 есе және биотин бойынша - 5 есе төмен екендігі анықтады [115]. Профессор Берлин П.Ю. (1953) және Пулатов Р.П. (1961) қымыз құрамында В_г (пантотен қышқылы) дәрумені (2,5 мкг/л) және РР (0,299 мкг/л) дәрумені бар екенін дәлелдеді [116].

Осылайша, бие сүті ерекше химиялық құрамға ие және функционалды мақсаттағы азық-түлік алу үшін тамаша негіз болып табылады.

1.3.2 Бие сүтін өңдеу, сақтау және тағам өндірісінде қолдану

Бие сүтін қымыз жасау үшін қолданылады, сүт шикізатын сүт қышқылды және спиртті ашыту әдісімен өндіріледі [117].

Көптеген шаруашылықтарда сүт алу үшін гафлингерлерді ұстайды, олардан тек сүт қана емес, сонымен қатар асыл тұқымды төлдер де алынады, сонымен қатар жылқылардың басқа тұқымдары да қолданылады. Сүт фермаларында биелерден сүт алу технологиясы механикаландырылған саууды күніне бір-төрт рет жүргізуден тұрады, осылайша олар қалған уақытта құлындарын емізеді. Биеден бір сауу кезінде бір литрден екі литрге дейін сүт алынады [118].

Сауу және микробиологиялық тексеруден кейін биелердің сүті салқындатылады және әдетте, пакеттерде терең мұздатылады. Қалған сүтті кептіреді немесе қымызды дайындау үшін ашытады. Кейбір шаруашылықтар сүтті одан әрі өңдеу үшін қалдырады. Сүт ұнтағы, эмульсиялар, сығымдалған құрғақ сүт таблеткалар мен капсулаларда жасалады.

Сублимацияланған бие сүтімен ем ретінде тамақтану кеңінен таралған. Бұл ретте тез мұздатылған сүтті бөлме температурасында ерітеді және белгілі бір уақытта ішеді (бір қабылдауға кемінде 250 мл). Сүттің жоғары сапасына кепілдік беру үшін биелерді плиткамен қапталған сауу бөлмесінде қатаң гигиеналық талаптарды сақтай отырып сауады. Сүзілген және пластмасса бөтелкелерге құйылған сүт сұйық азотта мұздатуға ұшырайды [119].

Бие сүті - тез бұзылатын өнім. Бие сүтін ұзақ уақыт сақтау үшін ұсынылған барлық әдістердің ішінде нәтиже бойынша да, материалдық және еңбек шығындары бойынша да ең оңтайлысы кептіру болып табылады [120].

Бие сүтін өндіретін кешендер құру ал жазда артығын консервілеу әдісін енгізу ірі қалаларды, өнеркәсіп орталықтары, қымызбен емдеу кешендері жыл бойына қымызбен қамтамасыз ету мәселесін шешуге мүмкіндік береді. Сүтті қоюлату және бүріккішпен кептіру арқылы белоктарды денатурацияға және басқа да жағымсыз өзгерістерге ұшыратпай, 98% дейін ылғалын жояды. Бұл ретте құрғақ бие сүтінің нормативтік органолептикалық және физика-химиялық көрсеткіштері болады. Құрғақ бие сүтінің ерігіштігі жақсы (99,0–99,5%), бұл сиыр сүтінің ерігіштігінен шамамен 10 есе артық. Герметикалық ыдыстағы сүт 10 ° С-тан аспайтын температурада 1 жылға дейін жақсы сақталады.

Бие сүтін бүріккішпен кептіру тамаша ерігіштігі мен ылғалдылығы 2-3%-дан аспайтын жоғары сапалы ұнтақты қамтамасыз етеді. Шикізаттың химиялық құрамына байланысты ұнтақ құрамында %: лактоза 59-62, ақуыз 15-20, май 13-18, минералды тұздар 3,5-4,0 болады [121].

Бие сүтін консервілеудің бір әдісі – сублимация болып табылады. Қапталған бие сүтін мұздату төмен температуралы камерада -25 °С-тан -32°С-қа дейінгі температурада 1,5 - 2 сағат ішінде жүзеге асырылады. Өнім мұздатқышта немесе мұздықта – 15°С-тан аспайтын температурада 6 айға дейін сақталады [122].

Бие сүті асқазан, ішек, бауыр және тері ауруларына, иммундық жүйенің бұзылуына қарсы ұсынылады.

Гастроэнтерологиядағы әсер ету механизмі бие сүтінің келесі қасиеттеріне негізделген:

- лактозаның жоғары мөлшері ішекте қанттың бөлінуіне әкеледі, бұл пайдалы микрофлораның өсуіне ықпал етеді;
- бие сүті ақуыздарының қорытылуы нәтижесінде қабынуға қарсы әсері бар биологиялық белсенді пептидтер түзіледі;
- бие сүтінің құрамындағы лизоцим грам-оң және энтеробактерияларға бактериостатикалық белсенділікке ие;
- лактоферрин темірді байланыстырады, осылайша патогендік микрофлораның өсуін шектейді және фагоцитозға ынталандырушы әсер етеді [123].

Гепатологияда бие сүті бауыр ауруларының алдын алу құралы ретінде, созылмалы вирустық гепатитте негізгі ем ретінде, вирустық және алкогольдік бауыр циррозында көмекші ем ретінде қолданылады. Бие сүті жеңіл сіңімді өнім, бауыр жасушаларының регенерацияға арналған ішкі қорларын белсендіруге мүмкіндік береді. Бауырдың ақуыз синтетикалық функциясының айқын бұзылуымен альбумин тапшылығын өтеу фиброздың даму қарқынын төмендетеді [124].

Балалар тағамындағы сүт негізгі өнімдердің бірі болып табылады, дегенмен сиыр сүтінің ақуыздарымен байланысты ықтимал аллергиялық реакциялар сүттің балама түрлерін қолдану бойынша зерттеулерді дамытуға ықпал етеді [125]. Педиатрияда бие сүті сиыр сүтінің ақуыздарына төзімсіздігі бар балаларды тамақтандыру үшін қолданылады. Бие сүтінің

тиімділігін балалардағы аллергиялық көрсеткіштері бойынша 25 адамнан, 19-дан 72 айға дейінгі аралықта, сиыр сүтінің ақуыздарына делдалдық аллергияның ауыр бағалау мақсатында клиникалық зерттеулер жүргізілген. Нәтижелер балалардың 96%-ында бие сүтіне төзімділік жақсы болды және аллергиясы ауыр балаларға бие сүтін қолдануға болатынын көрсетті [126].

Бие сүтінің қасиеттері оны косметикалық өнеркәсіпте қолдануға перспективті етеді. Псориазбен ауыратын адамдардың 80% -дан астамында аурудың салдары болып табылатын құрғақ тері проблемалары бар. Сондықтан теріні ылғалдандыруға бағытталған қосымша емдеу ылғалдандыратын кремдер (майлар, лосьондар) және майлы ванналар сияқты сыртқы агенттерді қолдануды қамтиды. Дегенмен, олардың әсері терінің жұқа, сыртқы қабаты болып табылатын эпидермиспен шектеледі, осылайша тек 20% ылғалдандыруға кепілдік беріледі. Нәтижесінде псориазбен ауыратындар терінің терең қабаттарын ылғалдандыратын бие сүтінің концентраттары бар тағамдық қоспаларды қабылдауы керек [127].

Бие сүтінің пайдалы қасиеттерін косметика өнеркәсібі де атап өтті, оны әр түрлі өнімдерде жиі қолдана бастады. Сүтті косметикалық қолданудың негізі бие сүтінің компоненттерінің бай құрамы мен жоғары биологиялық құндылығы болып табылады. Бие сүтінен өндірілетін косметикалық өнімдерге мысал ретінде әр түрлі кремдер, гельдер, сусабындар, лосьондар және басқа жұмсартқыштар жатады.

Осылайша, биенің сүті әлемдік өндірісі 0,1% -дан аз болады [113]. Алайда, бие сүті нарығының болашағы зор, себебі бұл сүттің биологиялық белсенді компоненттер мен заттарға бай субстанция. Жүргізілген зерттеулердің нәтижелері бойынша бие сүті және оған негізделген өнімдер адам ағзасын құнды қоректік заттармен қамтамасыз етеді. Мұндай өнімдерді функционалдық және емдік-профилактикалық өнім ретінде, ауруларды емдеу және қалпына келтіру терапиясы кезінде, сондай-ақ сиыр сүтінің ақуыздарына аллергиясы бар адамдар үшін де қолдануға болады. Бие сүтін пайдалану мүмкіндіктерінің кең ауқымы ғылыми зерттеулерді жеткілікті түрде ілгерілету және оның негізінде азық-түлік өнімдерін алу арқылы бүкіл әлем бойынша тұтынушылардың сұранысына ие болады.

Бие сүтінен қымыз өндіріледі. Қымыздың адам ағзасына әсері көп. Ол дәрі-дәрмектерге қарағанда қысқа мерзімде тәбетті жақсарттады, ұйқыны, ас қорыту бездерінің қызметін және ішектің жұмысын реттейді. Қымыздың бактерияға қарсы белсенділігі бар. Бұл ең күшті сипаттама. Ол туберкулездің және ішек инфекцияларының қоздырғыштарына бактерицидтік және бактериостатикалық әсер етеді. Ғылыми және клиникалық зерттеулер қымыздың асқазан мен он екі елі ішектің ойық жарасын, созылмалы гастрит пен созылмалы энтероколитті, өт қабы мен тоқ ішектің функционалдық бұзылыстарын, өкпенің созылмалы спецификалық емес ауруларын, атеросклерозды, гипертонияны емдеудегі жоғары белсенділігін көрсетеді. Орталық және вегетативті жүйке жүйесінің функционалдық бұзылыстарында, жүрек-қан тамыр және қан түзу жүйелерінің ауруларында қымызбен курстық

емдеудің жақсы нәтижелері қол жеткізілді. Қымыз қандағы гемоглобин деңгейін жоғарылатады, гиповитаминоздың жойылуына ықпал етеді, ағзаның қорғаныс қабілетін арттырады. Геронтологиялық және ісікке қарсы қымыздың қасиеттері жаңа деректері назар аудартады [128, 129].

Қазақстанда бие сүті мен қымызды өндіру және сату еліміздің барлық аймақтарында жүзеге асырылады. Ең ірі көлемдер Оңтүстік Қазақстан, Қарағанды, Жамбыл, Алматы, Қостанай облыстарында байқалады.

Нидерландыда бие сүтін өндіру әлі Германиядағыдай кең таралмағанымен, сонымен бірге өте перспективалы бизнес болып табылады. Жылқы сүт фермаларында балғын бие сүтінен жасалған өнімдерден басқа, бие сүтіне негізделген сұлулық өнімдерінің алуан түрі де шығарылады.

Бүгінде ғылыми зерттеулердің және бие сүтіне негізделген заманауи технологиялардың дамуының арқасында бие сүтіне пайдалы жаңа денсаулық сақтау өнімдері (балмұздақ, шоколад, ашытылған сүт өнімдері және балалар тағамы) шығарыла бастады. Бұл өнімдердің барлығы дәстүрлі түрде сиыр сүті негізінде жасалатын аналогтарынан түбегейлі ерекшеленеді. Біріншіден, бие сүті шикізат болып табылатын тамақ өнімдерінде қант жоқ, бұл балаларда да, ересектерде де қант диабетінің дамуына жол бермейді. Екіншіден, бие сүті — бұл жұмсақ өнім, оны қайнатуға және пастерлеуге болмайды, демек, ол жақсы қорытылатын және қант диабеті, семіздік және басқа аурулардан қорғайтын пайдалы қасиеттерін сақтайды [130].

Сонымен, бие сүтінің пайдасы туралы жоғарыда келтірілген деректер оны азық-түлікпен қамтамасыз етуде перспективті етеді.

Әдебиеттерге шолуда баяндалған ақпаратты қорытындылай келе, адам ағзасындағы өңдеу, сақтау және жеткізу кезінде пробиотиктердің ұзақ мерзімді тіршілікке қабілеттілігі мен тиімділігін қамтамасыз ету үшін микрокапсуляция, атап айтқанда PRO-PRE бірлескен инкапсуляциясы сияқты озық технологиялар ұсынылады. Коинкапсуляция жасушаларға мұздатуға және лиофильді кептіруге төзімділік береді; ашытылған сүт өнімдеріндегі пробиотикалық дақылдардың тіршілігін арттырады; пробиотиктердің сақтау мерзімін арттырады; олардың асқазан-ішек жолдарында тіршілігіне ықпал етеді.

Бие сүті – бұл сүттің басқа түрлеріне қарағанда бірқатар артықшылықтары бар ерекше сүт негізі. Бие сүтінің құрғақ өнімдері көп таралмаған және аз зерттелген. PRO-PRE бірлескен инкапсуляция құрғақ бие сүтіне негізделген өнімдерді микрокапсулалармен байыту тамақ өнеркәсібіндегі жаңа және перспективті тәсіл болып табылады.

2 ЗЕРТТЕУ МАТЕРИАЛДАРЫ МЕН ӘДІСТЕРІ

2.1 Зерттеу объектілері

- Полисахаридтер: бактериялық целлюлоза (БЦ), пуллулан (ПУЛ);
- *Aureobasidium pullulans* C-8 пуллулан полисахаридінің өндірушісі;
- *Lactobacillus rhamnosus* GG ATCC 53103 - Американдық микроорганизмдер коллекциясынан (American Type Culture Collection) алынған штамм;
- Пробиотикалық микрокапсулалардың 3 түрі: альгинатты; Алг-БЦ; Алг-ПУЛ/БЦ;
- Мұздатылған кептірілген бие сүті (ҚБС); құрғақ майсыз сиыр сүті (ҚМС), АҚ "Молоко" Ресей, ГОСТ 33629-2015;
- Бактериялық ұйытқылар: YO-MIX 601 200 DCU, DANISCO, Франция, YOGURT IMMUNITY, YOLACTIS, Қазақстан, YOGURT ұйытқысы, VIVO, Украина, "Творог" ұйытқысы, "Полезная партия" өндірушісі, Ресей, "Творог" ұйытқысы, "Йогуртель" өндірушісі, Ресей
- Микрокапсулалармен байытылған бие сүтіне негізделген йогурт пен сүзбе пастасының тәжірибелік үлгілері.

Қоректік орталар:

а) ПУЛ продуцентінің штамын өсіру үшін:

Сабуρο ортасы (г/л): декстроза - 40,0; пептон -10,0; агар – 15,0;

Чапек-Докс ортасы (г/л): сахароза – 30, NaNO_3 – 2, KH_2PO_4 – 1, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,5, KCl – 0,5, FeSO_4 – 0,01;

Меласса қосылған модификацияланған Чапек-Докс ортасы (г/л): меласса – 5 және 10%, KH_2PO_4 – 1, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,5, KCl – 0,5, FeSO_4 – 0,01;

ә) LGG биомассасын алу үшін:

MRS сорпасы (г/л): пептон – 10; ет сығындысы – 8; ашытқы сығындысы – 4; глюкоза – 20; K_2HPO_4 – 2; Твин-80 – 1; аммоний цитраты – 2; натрий ацетаты – 5; MgSO_4 – 0,1; MnSO_4 – 0,05.

2.2 Зерттеу әдістері

2.2.1 Бактериялық целлюлозаны еріту әдісі

Өсірілген бактериялық пленкалар алдымен тазартылды, ионсыздандырылған сумен жуылды, микробтық жасушаларды жою үшін 24 сағат бойы 35°C температурада 1% NaOH-пен өңделді және қайтадан ионсыздандырылған сумен жуылды. Жуылған пленкалар KitFort кептіру камерасында 10 сағат бойы 70°C температурада кептірілді.

Осыдан кейін NaOH–мочевина– H_2O сулы ерітіндісі дайындалды (7% - 12% -81%), құрамы – 12°C дейін салқындатылды. Содан кейін бұл сулы ерітіндіге жоғары жылдамдықты араластырғышпен (7000 айн/мин) 2 минут бойы қатты араластырғанда БЦ ұнтағы қосылды. NaOH–мочевина– H_2O жүйесіне қатысты БЦ массасы 4% құрады. Алынған мөлдір целлюлоза ерітіндісі бөлме температурасында сақталды.

2.2.2 Әр түрлі көміртегі көздері бар ортада пуллулан өндірушісін өсіру әдісі

Продуцент *A. pullulans* C 8 сахароза, глюкоза, патока және меласса қосылған Чапек-Докс ортасында өсірілді. Егу материал *A. pullulans* C-8, Сабуро қоректік ортада пробиркаларда 7 күн бойы 27°C температурада өсірілді. Алынған 1 см² саңырауқұлақ пленкасы пробиркалардан ферментацияға дейінгі колбаға ауыстырылды, оның құрамында әр түрлі көміртегі көздері бар 25 мл Чапек-Докс қоректік ортасы болды. Дақылдар 3 күн ішінде 25°C температурада (20 айн/мин) Biosan OS 20 шайқағышта өсірілді, содан кейін олар ферменттеу колбаларына қоректік орта көлемінің 1,5% себілді.

2.2.3 Бактериологиялық сұйықтықтан пуллуланды оқшаулау әдісі

Дақылдық сұйықтықты минутына 6 мың айналымда 15 минут ішінде центрифугалау арқылы пуллулан бөліп алынды. Экзополисахаридтің (ЭПС) бөлінуі оны 96% спирттің 2 көлемін қосу арқылы супернатантты тұндыру арқылы жүзеге асырды. Содан кейін ордадағы ЭПС-ті бөлу мақсатында қайтадан сол режимде центрифугаланды. Продуценттің полисахарид пен биомасса түзуге алынған субстрат мөлшері көмірсулардың бастапқы мөлшері мен оның супернатанттағы қалдық мөлшері арасындағы айырмашылықпен есептелді. Синтезделген пуллулан құрғақ шкафта 80°C температурада кептіріліп, гомогенизаторда ұнтақ күйіне дейін ұсатылды.

2.2.4 Пробиотикалық микрокапсулаларды алу әдісі

Инкапсуляцияланған пробиотиктерді алу үшін Na альгинаты, ПУЛ және БЦ жабын материалдары қолданылды. Бактерияларды инкапсуляциялау экструзия әдісі арқылы жүзеге асырылды. *Lactobacillus rhamnosus* GG пробиотикалық штамының жасушалары 10¹⁰ КТБ/мл мөлшерінде 2% альгинат Na ерітіндісінде 1:5 қатынасында суспензияланды. Содан кейін бұл қоспаны 20G (диаметрі 0,9 мм) ине арқылы 10 мл химиялық стақанға зарарсызданған CaCl₂ (Fisher Scientific Inc. Оттава, Онтарио, Канада) 1% ерітіндісінде экструзияланды. Экструзия үшін «Armed MP-2003» шприц диспенсері қолданылды. Ине мен кальций хлориді ерітіндісі арасындағы қашықтық 25 см болды. Тамшылар бірден гель сфераларын құрады. Микрокапсулаларды толық қатайту үшін 30 минут тұндырып, зарарсыздандырылған елекпен (50 мкм) ерітіндіден алынып тасталды және зарарсыздандырылған тазартылған сумен жуылды.

Микрокапсулалардың альгинат-БЦ қосымша жабынын алу үшін капсулаланған бактериялары бар дайын альгинат шарларын алып, 0,4% БЦ ерітіндісіне немесе ПУЛ-ға орналастырылды. ES-20 (Biosan, Рига, Латвия) орбиталық шейкерде 40 минут ішінде 130 айн/мин инкубацияланды. Бұндай араластыру жылдамдығы микрокапсулалардың агрегациясын болдырмауға мүмкіндік берді.

Барлық процедура автоклавталған (121°C, 15 мин) материалдарды және зарарсызданған жағдайда ауа ағыны бар ламинарда орындалды. Капсулалар

4°C температурада қақпағы бар стерильді флакондарда сақталды және одан әрі эксперименттерде қолданылды.

2.2.5 Микрокапсулалардың морфологиялық сипаттамасын зерттеу әдісі

Микрокапсулалардың орташа диаметрі лазерлік бөлшектердің өлшемі анализаторының (Winner 2000ZD, Jinan Winner Particle Instruments Stock Co., Ltd.) көмегімен өлшенді.

Бұл зерттеуде пайдаланылған микроскопиялық зерттеулерге СЭМ және жарық микроскопиясы кірді. Ылғал микрокапсулалардың оптикалық микроскопиясы микроскоп (MDL-150-TPI) және сандық камера (Samsung 14.2) арқылы орындалды. Объектив x10, x40 және x100 үлкейтілген кезде зерттелді.

Сканерлеуші электрондық микроскопия (СЭМ)

СЭМ микросуреттері сканерлеуші электронды микроскоптың (Quanta 3D 200i, Hillsboro, OR, USA) көмегімен алынды. Үлгілерді алу үшін микрокапсулалар LYOQUEST-80 (Telstar, Мадрид, Испания) лиофилизаторында кептірілген. Кептірілген үлгілер алюминий ілмектеріне бекітілген екі жақты көміртекті таспа жолақтарына орналастырылды. Барлық үлгілердің СЭМ үдеткіш кернеу 15 кВ; жұмыс қашықтығы ≈ 10 мм параметрлерде жүргізілді. Барлық өлшеулер 10^{-3} Па жоғары вакуум режимінде жүргізілді.

2.2.6 Микрокапсуладағы тірі бактериялардың санын анықтау

Құрамында LGG бактериялары бар капсулалар *Trichoderma sp.* Целлюлазасын (Sigma-Aldrich, Тауфкирхен, Германия) пайдаланып декапсуляцияланған. Целлюлоза ерітіндісі ионсыздандырылған суда 50 мг/мл ферментті еріту арқылы дайындалды. Үлгілер целлюлаза ерітіндісіне (1:10) қосылды, содан кейін 37°C температурада шайқалды. Босатылған жасушалардың тіршілікке қабілеттілігі, сериялық сұйылтуларын дайындап, MRS агар ортасына (Hi-Media, Mumbai, India) егу арқылы анықталды. Колония түзішу бірліктер 37°C температурада 72 сағат инкубациядан кейін есептелді.

Инкапсуляцияның тиімділігі (I_T) келесі формула бойынша анықталды:

$$I_T = \frac{N \times M}{N_0} \times 100 \quad (1)$$

мұндағы N – 1,0 г микрокапсулалардан бөлінетін тірі жасушалардың саны, M – жиналған микрокапсулалардың жалпы массасы, ал N_0 – микрокапсуляцияға дейінгі бос жасушалардың саны.

2.2.7 Микрокапсулалардың механикалық беріктігін анықтау әдісі

Instron жару машинасы (3365 моделі, Норвуд, Массачусетс, АҚШ) бір

осы ті режимде созылу беріктігін (МПа) анықтау үшін пайдаланылды. Кездейсоқ таңдалған микрокапсулалар жарылғыш машинаның төменгі платформасына орналастырылды және микрокапсула жойылғанға дейін жоғарыдан төмен қарай тік бағытта қысымға ұшырады. Үстіңгі жалпақ ұшты платформа күш сенсорына қосылды, ол қысылған кезде микрокапсулаларға әсер ететін күш мәндері тіркелді. Әрбір үлгінің механикалық қасиеттері 50 үлгі үшін анықталған орташа мәнге ие болды.

2.2.8 Адамның асқазан ішек жолдарын имитациялай отырып, инкапсуляцияланған бактериялардың стрестік жағдайға төзімділігін анықтау әдісі

1) Жасанды асқазан сөлі

Асқазан-ішек жолын имитациялайтын ортадағы капсулаланған жасушалардың стресске төзімділігін анықтау үшін әртүрлі рН деңгейлері, ас қорыту ферменттері және өт тұздары бар орталарда зерттелді. Жасанды асқазан сөлі (ЖАС) 0,2% натрий хлориді ерітіндісімен жасалды, оның рН-ы 1М HCl-ден 2,0-ге дейін жеткізілді. Ерітіндіге 3,2 г/л концентрациясы бар пепсин және 1 г липаза қосылды, содан кейін қоспасы зарарсыздандыру үшін 0,22 мкм мембрана арқылы сүзілді. Содан кейін 1 г микрокапсула немесе 1 мл бос жасуша суспензиясы (10^{10} КОЕ/мл) 9 мл жасанды асқазан ерітіндісіне суспензияланды және 150 айн/мин кезінде 120 минут ішінде 37 °C-да инкубацияланды. Микрокапсулалардағы *Lactobacillus rhamnosus* GG жасушаларының тіршілікке қабілеттілігін тексеру үшін әр түрлі рН жағдайы жасалды (2,0, 2,5 және 3,0). Бұл асқазандағы ауыспалы қышқылдықты имитациялау үшін жүргізілген тәжірибе.

2) Өт ерітіндісі

Он екі елі ішектің шарттары, өт тұзын тұзды ерітіндіде 0,6% соңғы концентрацияға дейін еріту арқылы модельденген, 10 г/л трипсин мен панкреатин қосу арқылы, ерітіндінің рН 0,1 М NaOH көмегімен 6,5-ке дейін жеткізілген және мембраналық сүзу арқылы зарарсыздандырылған. 1 г микрокапсула немесе 1 мл суспензия 10^{10} КОЕ/мл жасушалар 9 мл өт ерітіндісіне қосылып, 150 айн/мин кезінде 1 сағат бойы 37°C температурада инкубацияланған.

3) Тоқ ішектің моделі

Тоқ ішек моделін жасау үшін жасанды ішек шырыны (ЖІШ) тазартылған суда KH_2PO_4 -ті 6,8 г/л соңғы концентрациясына дейін және рН 7,4-те еріту арқылы дайындалды. Ерітіндіге 10 г/л трипсин қосылды, зарарсыздандыру үшін 0,22 мкл мембрана арқылы сүзілді. ЖІШ-ке бос жасушалардың микрокапсулаларын немесе суспензиясын қосып және, оны 37°C температурада 4 сағат бойы 150 айн/мин инкубацияланды.

Инкубация кезеңі аяқталғаннан кейін әрбір үлгі (1 г) алынып, тазартылған сумен жуылды. Құрамында пробиотикалық бактериялары бар микрокапсулалар фекалды суспензия көмегімен ерітілді. Тіршілікке қабілетті бактериялар саны 37°C температурада инкубацияланған MRS агарында санау

арқылы есептелді. LGG пробиотиктерінің тіршілікке қабілеттілігі тірі клеткалар саны ретінде ұсынылды (КТБ/г логарифмі). Келесі тендеу инкапсуляцияланған бактерия жасушаларының тіршілікке қабілетті пайызын (%) есептеу үшін пайдаланылды.

$$\text{Тіршілікке қабілеттілік коэффициенті \%} = \frac{\log \text{КТБ/г өңдеуден кейін}}{\log \text{КТБ/г өңдеуге дейін}} \times 100$$

(2)

Бос жасушалар үшін 1 мл LGG суспензиясы 9 мл жасанды асқазан сөлінде егілді. Инкубациядан кейін 1 мл суспензия жиналып, 9 мл өт ерітіндісіне ауыстырылды. Бос бактериялардың инкубациялық шарттары микрокапсулалармен бірдей болды. Инкубациялық кезең аяқталғаннан кейін бос жасушалардың тіршілікке қабілеттілігі жоғарыда сипатталған әдіспен анықталды.

Фекальды суспензияны дайындау

Жаңа фекалий үлгілерін экспериментке өз еркімен қатысқан 3 донордан алынды. Барлық қатысушыларда асқазан-ішек аурулары болған жоқ, антибиотиктер мен пробиотиктер үш ай бойы қабылдамаған. Фекалий суспензиясы Di, Tong және т.б. әдісіне сәйкес дайындалды [131]. Үлгілерді дайындау 10% (w/v) фекалий ерітіндісін алу үшін NaCl (0,9%, салмағы/көлемі) сұйылтылады және магниттік араластырғышта араластырылады. Содан кейін, фекальды ерітінді центрифугаланып (500 айн/мин, 5 мин) және 9,0 мл имитацияланған тоқ ішек шырынына 1,0 мл фекальды суспензиясы қосылады. Барлық топтар анаэробты жағдайда 37°C температурада инкубацияланды. 3-18 сағат бойы инкубацияланған суспензияны үлгілерді талдау үшін мұзда ваннаға енгізіліп, нәтижесінде микробтың белсенділігі тежеді.

Температураға төзімділікті анықтау

Температураға төзімділікті анықтау үшін жасуша суспензиясы мен микрокапсулалар 45 және 50°C температурада 3-6 сағат бойы MRS сұйық ортасында инкубацияланды. Инкубацияның соңында микрокапсулалар фосфат буферінде гомогенизация арқылы жойылды және стандартты MRS агарына егу арқылы жоғарыда сипатталған әдіспен тіршілікке қабілетті жасушаларды санау арқылы анықталды.

2.2.9 Бие сүтін сублимациялау және қалпына келтіру әдісі

Құрғақ бие сүтін алу технологиясы -50 °C температурада 2 сағат бойы мұздату арқылы жүзеге асырылады, содан кейін мұздатылған шикізат F-100 FREEZE DRYER вакуумдық сублиматор камерасына 30°C жоғары емес температурада 10-15 сағатқа дейін тұрды.

Құрғақ бие сүтін қалпына келтіру үшін 100 мл суда әр түрлі массасы бар ұнтақ ерітілді (5 г кадаммен), қоспа біртіндеп 65-75°C температураға дейін қыздырылды және бөлме температурасында 30-60 минут салқындатылды.

2.2.10 Бие сүті мен ашыған сүт өнімдерінің физика-химиялық көрсеткіштерін және тағамдық құндылығын анықтау әдісі

Физика-химиялық көрсеткіштерді анықтау үшін "Экомилк" МИЛКАНА КАМ 98-2а сүт сапасының анализаторы қолданылды. Бұл анализатор қалпына келтірілген, консервіленген, пастерленген, зарарсыздандырылған, концентрацияланған (қантсыз қоюландырылған) сүт, сондай-ақ ашытылған сүт өнімдерінің келесі көрсеткіштерін: майдың, ақуыздың массалық үлесі (м. ү.), тығыздығын (20°C-қа дейін төмендетілген), құрғақ майсыз сүт қалдығын (ҚМСҚ) және титрленетін қышқылдығын өлшеуге қабілетті болып табылады.

2.2.11 Сүтті негізінің тығыздығын анықтау әдісі

Сүт негізінің тығыздығын анықтау МЕМСТ 3625-84 бойынша 20±2 °C температурада ареометриялық әдіспен жүргізілді.

2.2.12 Ұйытқының сүт қышқылды бактерияларының қышқыл түзу белсенділігін зерттеу әдісі

Микроорганизмдер штамдарының ашыту қабілеті МЕМСТ 3624-92 бойынша потенциометриялық әдістер арқылы қышқылдықты анықтау үшін сәйкесінше титрлеу әдісі қолданылды. Бұл әдіс өнімдегі қышқылдарды натрий гидроксиді ерітіндісімен бейтараптандыруға негізделген. Титрленетін қышқылдықты өлшеу келесі жағдайларда жүргізілді: ауа температурасы – (20±5) °C, ауа ылғалдылығы – (55±25) %.

Үлгіні дайындау келесідей жүргізілді: өнім сыйымдылығы 500 см³ стаканға құйылады, су ваннасында (23±2) °C температураға дейін қыздырылды, біртекті қоспаны алғанға дейін мұқият араластырылды. Әрі қарай, үлгі тығыз тығынмен 500 см³ сыйымдылығы бар колбаға ауыстырылды.

Талдау жүргізу: талданатын сынаманың 10,0 г 50 см³ стаканға құйылды, тазартылған судың 20 см³ сынамасы бар стаканға құйылды және араластырылды. Әрі қарай, стаканды магниттік араластырғышта араластырып, оған магниттік араластырғыштың өзегі салынды. Құрылғы потенциометриялық анализатордың электродтарын сынамасы бар стаканға салынып, батырылды. Стақанның құрамы рН = 8,9 нүктесіне жеткенше натрий гидроксиді ерітіндісімен титрленді. Осыдан кейін қоспаны титрлеуге жұмсалған натрий гидроксиді ерітіндінің көлемі өлшенді.

Нәтижелерді өңдеу: W сынамасының титрленетін қышқылдығы (Тернер градусы) натрий гидроксиді сулы ерітіндісінің 0,1 моль/дм³ молярлық концентрациясы көлемінде 10 г өнімді бейтараптандыруға жұмсалады және 10-ға көбейтіледі.

Сынаманың титрленетін қышқылдығы W, ммоль/г, (3) формула бойынша есептелген:

$$W = \frac{0,9 \cdot V}{m}, \quad (3)$$

мұнда V – титрлеуге жұмсалған натрий гидроксиді ерітіндінің көлемі, см³;

0,9 – 100 г сынамадағы сүт қышқылының моль санына натрий гидроксиді көлемін түрлендіру коэффициенті, ммоль/см³;

m – сынамалар салмағы, г.

2.2.13 Йогурт дайындау әдісі

Йогурт жасау процесінде сүттің бірнеше нұсқалары пайдаланылды: құрғақ заттың массалық үлесін арттыру үшін құрғақ бие сүтімен (ҚБС) байытылған тұтас бие сүті және майсыздандырылған құрғақ сиыр сүтімен (ҚМС) байытылған сүтті негіз. Байыту бірнеше нұсқада жүргізілді:

1 - ҚБС 96,5% + ҚМС 3,5%;

2 - ҚБС 94,5% + ҚМС 5,5%;

3 - ҚБС 92,5% + ҚМС 7,5%;

4 - ҚБС 90% + ҚМС 10%.

Сүттің барлық нұсқалардың ашытылуы әртүрлі температуралық жағдайларда жүргізіледі: 38-39°C; 42-43°C.

Қою сүтті ашыту барысында оны 63°C су моншасында пастерлейді, ауыз ұйындысының беріктігін арттыру мен консистенциясын жақсарту және дайын өнімнің бетінде май тығынының пайда болуын болдырмау үшін гомогенизациялайды. Одан кейін ашыту температурасына дейін салқындатады (38-39 °C), ұйытқылар енгізіледі. Ашытылған, араластырылған ұйынды салқындатылады.

Бие сүтінен йогуртты тұрақтандыру 0,5; 1; 1,5% қолдану нұсқаларында пуллулан тағамдық қоспасын енгізу арқылы жүзеге асырылады, 45°C температурада қоспа қарқынды араластырылып, 30 минут бойы қоюлану үшін қалдырылады.

Дайын йогуртқа 3% мөлшерінде Алг-ПУЛ/БЦ пробиотикалық микрокапсулалар енгізіледі. Дайын йогурт 4°C температурада 28 күн сақталады.

2.2.14 Сүзбе пастасын алу әдісі

Сүзбе өндірісі КБС мен ҚМС қалпына келтіру және араластыру, оны гомогенизациялау және йогуртқа ұқсас пастерлеу арқылы жүзеге асырылады. Әрі қарай, қоспа ашыту температурасына дейін салқындатылады (30±2°C), "Полезная партия" өндірушісі "Творог" ұйытқысы, кальций хлоридінің 40% ерітіндісі енгізіледі және 8 сағатқа ашыту ыдысына жіберіледі. Ашыту аяқталғаннан кейін алынған ұйындыдан сарысу бөлінеді. Сарысудан бөлінген масса 40 минут ішінде дәке қапшықтарында өздігінен басылады, бұл ұйындының тығыздалуына әкеледі. Алынған масса 24±2 °C дейін салқындатылып, араластырылады. Әрі қарай, масса 200 г пластикалық ыдысқа салынып, тоңазытқышқа (2-4°C) жіберіледі. Өндірілген сүзбе одан әрі сүзбе пастасын өндіруде қолданылады. Сүзбе пастасын өндіру процесі сүзбені гомогенизатормен біртекті сүзбе массасына айналдырудан басталады

және Алг-ПУЛ/БЦ микрокапсулаларын енгізуден және үздіксіз араластырудан тұрады. Біртекті қоспаны салқындатып, 200 г контейнерлерге салады.

2.2.15 Бие сүтін ашыту және сүт өнімдерін органолептикалық қасиеттерін зерттеу әдісі

Сыртқы түрді бағалау ашытылған сүт өнімінің құрамының біртектілігін ескере отырып жүргізіледі. Сақтау процесінде дайын өнімнің консистенциясының сыртқы түрін бағалау ашытылған сүт өнімінің құрамының біркелкілігін ескере отырып жүргізіледі. Сақтау процесі дайын өнімнің консистенциясының өзгеруіне тұтқырлыққа, тығыздыққа, жұмсақтыққа, біртектілікке және бөлшектердің болуына байланысты. Түсті анықтай отырып, өнімнің осы түріне тән түстен әртүрлі ауытқулар тіркеледі. Иісті бағалау кезінде хош иістің типтік түріне назар аударылып, бөгде иістердің болуы/болмауы анықталады. Дәмді бағалай отырып, олар тағамның түріне тән дәмнің бар-жоғын анықтайды, ерекше жағымсыз дәмдік қасиеттердің және басқа да бөгде дәмдердің болуымен анықталады.

Дайын өнімді органолептикалық бағалау ҚР СТ 1732-2007 сәйкес әзірленген жабық дегустация әдісімен жүргізіледі. Бақылау келесі көрсеткіштер бойынша жүзеге асырылады: иіс, дәм, консистенция, сыртқы түрі және түсі ескеріледі.

2.2.16 Йогурттардың реологиялық қасиеттерін анықтау әдісі

Қышқыл сүт өнімінің тұтқырлығы "ВЗ-246 Вискозиметр" құралғысымен анықталады, оның жұмыс істеу принципі 100 ± 1 мл мөлшерінде сыналатын сұйықтықтың үздіксіз ағу уақытын анықтауға негізделген.

Синерезис бөлме температурасында 5 сағат ішінде қағаз сүзгісі арқылы бұзылған тромбтың 100 см^3 сүзу кезінде бөлінген сарысу мөлшерін өлшеу арқылы белгіленеді.

2.2.17 Бие сүт өнімдерінің май қышқылының құрамын анықтау әдісі

Ашытылған сүт өнімдердің май қышқылдық құрамы МЕМСТ 32915-2014 Сүт және сүт өнімдері сәйкес газ хроматографиясы әдісімен анықталады. Газ хроматографиясы арқылы май фазасының май қышқылының құрамы анықталды.

2.2.18 Бие сүт өнімдерінің аминқышқылдарының құрамын анықтау әдісі

Йогурт және сүзбе пастасы ашытылған сүт өнімдердің аминқышқылдарының құрамын ӨӘ.МН 1363-2000 сәйкес анықталады. Жоғары тиімді сұйық хроматография әдісі арқылы тағамдағы аминқышқылдары анықталды. Бұл әдіс органикалық еріткіштер қоспасын алу арқылы липидтерді бастапқы жоюға, белоктардың қышқыл гидролизіне,

аминқышқылдарының ДАБС ((диметиламино)-азобензолсульфонилхлорид) туындыларын алуға және оларды хроматографиялауға негізделген.

2.2.19 Бие сүтіне негізделген ашытылған сүт өнімдеріндегі дәрумендерді анықтау әдісі

Ашытылған сүт өнімдерінің құрамындағы дәрумендердің сандық талдауы келесі стандарттарға сәйкес жүргізіледі:

- МЕМСТ Р 54635-2011. Функционалды азық-түлік өнімдері. А дәруменін анықтау әдісі (қайта шығару);

- МЕМСТ EN 12822-2014 азық-түлік өнімдері. Жоғары тиімді сұйық хроматография әдісімен Е дәрумені (альфа-, бетта-, гамма- және дельта-токоферолдары) құрамын анықтау;

- МЕМСТ Р EN 14130-2010 Азық-түлік өнімдері. Жоғары тиімді сұйық хроматография арқылы С дәруменін анықтау;

- ӨӘ.МН 2146-2004 байытылған тағамдардағы фолий қышқылын анықтау әдістемесі.

2.2.20 Бие сүт өнімдерінің құрамында минералдарды анықтау әдісі

Ашытылған өнімдердегі минералдардың құрамы Р 4.1.1672-03 «Тағамға биологиялық белсенді қоспалардың сапасы мен қауіпсіздігін бақылау әдістері» нұсқаулығы бойынша атомдық-сіңіру әдісімен анықталады.

Сынаманы минерализат ерітіндісімен ауа-ацетилен жалынында бүрку арқылы анықтауға болады. Минерализат ерітіндісінің құрамындағы металдар жалынға түсіп, атомдық күйге ауысады. Резонанстық сызыққа сәйкес келетін толқын ұзындығы бар жарықтың адсорбция шамасы, сынақ үлгісіндегі металл концентрациясының мәніне пропорционалды болады.

Ерітіндідегі элементтің концентрациясын (C , мкг/см³) оның өнімдегі құрамына (X , мг/кг) қайта есептеу формуласы арқылы есептеуге болады:

$$X = \frac{C \cdot Y \cdot K - C_k \cdot Y_k}{m}, \quad (4)$$

мұнда C_k – бақылау тәжірибесіндегі ластану деңгейі, мкг/см³;

K – талданатын ерітінді көлемінің сұйылту немесе концентрациялау үшін алынған аликуот көлеміне қатынасына тең үлгінің бастапқы ерітіндісін сұйылту немесе концентрациялау коэффициенті;

Y – сынаманың бастапқы ерітіндісі көлемі, см³;

Y_k – бақылау тәжірибесіндегі ерітіндінің көлемі, см³;

P – сынама аспасы, г.

2.2.21 Ашытылған сүт өнімдерінің биологиялық қауіпсіздігін анықтау әдісі

Ашытылған сүт өнімдерінің құрамындағы антибиотиктердің сандық талдауы келесі стандарттарға сәйкес жүргізіледі: МЕМСТ 31903-2012, ӘН 4.2.026-95, ӘН №3049-84.

Ашытылған сүт өнімдерінің микробиологиялық қауіпсіздігі келесі стандарттарға сәйкес жүргізіледі: МЕМСТ 33951-2016, МЕМСТ 31747-2012, МЕМСТ 30347-2016, МЕМСТ 31659-2012, МЕМСТ 33566-2015, МЕМСТ 10444.12-2013.

Ашытылған сүт өнімдеріндегі уытты заттарды анықтау келесі стандарттарға сәйкес жүргізіледі: ӘН 4.1.2420-08, МЕМСТ 33824-2016, МЕМСТ 31628-2012, МЕМСТ 26927-86.

Ашытылған сүт өнімдеріндегі пестицидтер мен микотоксиндердің құрамы келесі стандарттарға сәйкес жүргізіледі: МЕМСТ 23452-2015, МЕМСТ 30711-2001.

Ашытылған сүт өнімдеріндегі радионуклидтердің құрамы келесі стандарттарға сәйкес жүргізіледі: МЕМСТ 32161-2013, МЕМСТ 32163-2013.

2.2.22 Статистикалық талдау

Барлық талдаулар үш рет қайталану арқылы жүргізілді және нәтижелер есептеліп, орташа $\pm$ стандартты ауытқу ретінде ұсынылды. Деректер Тьюки сынағымен бір факторлы дисперсиялық талдау (ANOVA) көмегімен талданды. Статистикалық талдау SPSS (28.0 нұсқасы, IBM Corp., Армонк, Нью-Йорк, АҚШ) бағдарламалық жасақтамасын қолдана отырып жүргізілді. Қате мәні $p < 0,05$ ретінде анықталды.

3 НӘТИЖЕЛЕР МЕН ТАЛҚЫЛАУЛАР

3.1 Пуллулан продуцентіне қоректік ортаны тандау және модификациялау. Пробиотиктерді микрокапсуляциялау үшін биополимерлерді алу және алдын-ала дайындау

Бактериялық целлюлозаны еріту

Соңғы уақытта БЦ негізінде пробиотиктердің тіршілікке қабілеттілігін жақсарту үшін оны иммобилизациялап, өнімдерге толтырғыш ретінде қолдану кең ауқымды жұмыс ретінде белең алуда [132, 133]. БЦ және гель-БЦ пробиотиктерді инкапсуляциялап тасымалдаушы материал ретінде де жиі қолданылуда. Сонымен қатар, целлюлоза және модификацияланған целлюлоза ішектің өту жылдамдығын арттырып, суды бойында жинақтап, нәжістің тұтқырлығын арттырады [134]. Осы қасиеттердің нәтижесінде БЦ Азық-түлік және ауыл шаруашылығы ұйымымен (FDA) ерімейтін тағамдық талшық деп танылған. Диеталық талшық бола тұрып, БЦ "жалпыға бірдей қауіпсіз" деп белгілі және GRAS - *Generally Recognized As Safe статусына ие болған [135].

Пробиотиктерді инкапсуляциялау кезінде қолданылатын биополимерлер улы емес, биоүйлесімді және биологиялық ыдырайтын болуы қажет. Бұл олардың биомедициналық және тамақ өнеркәсібінде қолданылуын жеңілдетеді. БЦ жоғарыда айтылғандардың сипаттамаларға сәйкес болғандықтан, микрокапсулалар алу үшін тамаша биоматериал ретінде қолдана алады.

Целлюлозаның ең маңызды қасиеті оның қарапайым еріткіштерде ерімейтіндігі. Үлкен көлемде құрастырылған полимер тізбектерінің бірегей құрылымдары тізбектер ішінде де, тізбектер арасында да сутектік байланыспен байланысқан және содан целлюлозаның еруі біраз қиындық тудырады.

Целлюлозаның еруі мембраналық материалды жасаудың негізгі талабы болып табылады. Целлюлозаны еріту үшін еріткіш жүйелерді қолданатын әртүрлі физикалық және химиялық әдістері бар. Сонымен, өсімдік целлюлозасы және БЦ кәдімгі еріткіштерде нашар ериді. Осыған қарамастан целлюлозаны ерітудің бірнеше жақсы дәлелденген әдістер бар.

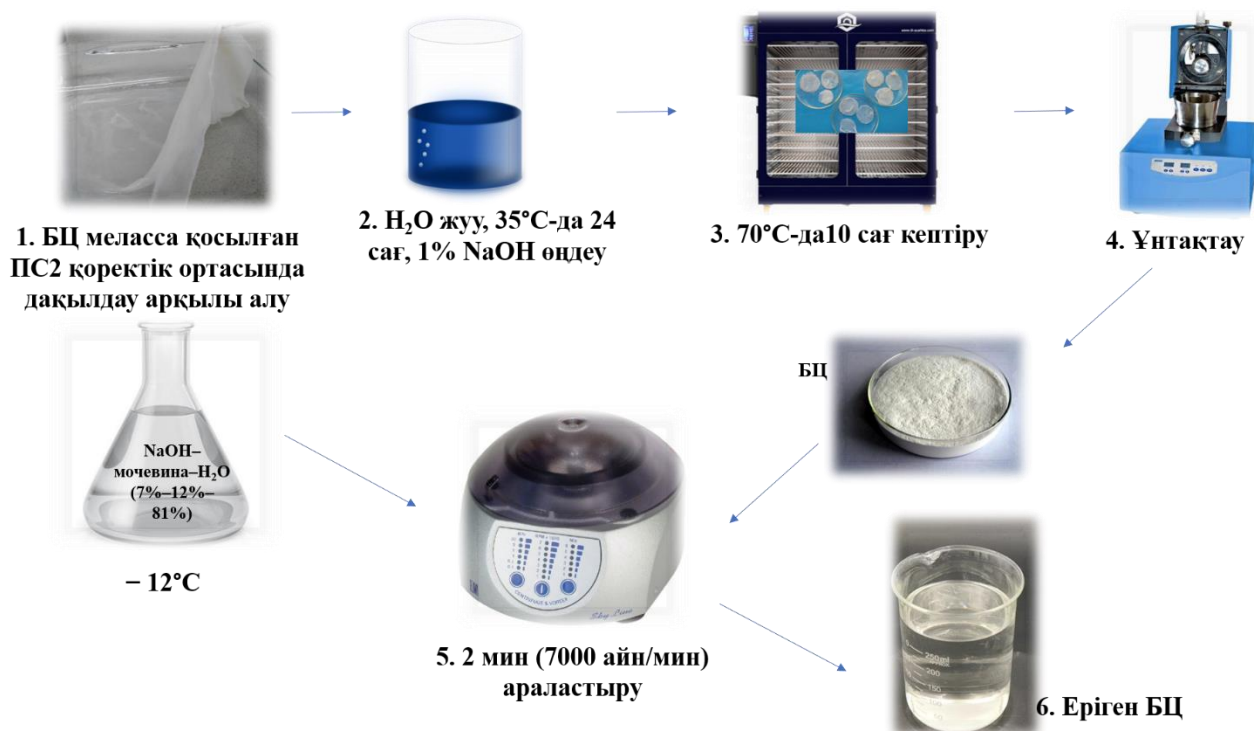
Көптеген еріткіштер целлюлозаның толық еру мүмкіндігін көрсетеді, атап айтқанда несепнәр/NaOH, ДМСО/параформальдегид, ДМФА/NO және иондық еріткіштер [136]. Еріткіштердің ішінде үшфторсірке қышқылы (TFA) маңызды сулы емес еріткіштердің бірі болып саналады. Тилак және т.б., 2019 ұнтақ тәрізді БЦ концентрацияланған үшфторсірке қышқылындағы микротолқынды синтезатордың көмегімен еріткен. Үлгіні 100⁰C температураға дейін қыздырып 1000 айн/мин жылдамдықпен 2 минут ішінде араластыра отырып ерітеді [137].

Перспективті экологиялық таза, арзан және тиімділігі жоғары стратегиялардың бірі БЦ-ны сулы ерітіндінің негізінде NaOH–несепнәр–H₂O (мас./мас.: 7%-12%-83%) төмен температурада (-12⁰C) өте қысқа уақыт ішінде (2 мин) еріту болып табылады. Бұл әдіс алғаш рет Чжан және оның әріптестерімен дәлелденген [138].

Бұл еріткіш жүйенің артықшылығы оның төмен құны, кең ауқымда қолданылуы және салыстырмалы қарапайым химиялық заттарды қайта

пайдалануы болып табылады. Бірнеше ғалымдар тобы сулы NaOH ерітінді негізінде еріткіштерді қолданып, целлюлозаны талшықтарға дейін ыдыратқан. Регенерацияланған целлюлоза талшықтарының қасиеттері вискоза және лиоцелланың қасиеттеріне қарағанда төмен болған. NaOH негізіндегі целлюлоза еріткіштері толық ауқымда қолданылмауының бір себебі: целлюлозаны ерітудің төмен температурасының қажеттілігі, биополимерлер ерітінділерінің шектеулі тұрақтылығы және сондай-ақ қосымша қоспалардың қажеттілігі. Дегенмен, NaOH/несепнәр, NaOH/тионесепнәр немесе LiOH/несепнәрдан тұратын су жүйелері целлюлозаны төмен температурада еріту арқылы кеңінен зерттелген.

Зерттеу жұмыста *K. xylinus* C-3 (Биотехнология кафедрасының қолданбалы микробиология коллекциясынан) штамы қолданылды, оның өнімділік деңгейі бойынша целлюлозаны өнеркәсіпте алу үшін ұсынылатын *K. xylinus* B-11240 және *K. xylinus* B-6756 коллекциялық штамдарынан да асып түседі [139, 140]. Осы дақыл меласса қосылған ПС2 қоректік ортасында өсіріледі [141]. Алынған БЦ, NaOH–несепнәр–H₂O жүйеде ерітіледі, содан кейін еріген целлюлоза микрокапсулаларды алу үшін пайдаланылады (сурет 4).



Сурет 4 - Бактериялық целлюлозаны еріту технологиясы

Осы зерттеулердің нәтижесінде құрғақ БЦ мөлдір сұйықтыққа дейін ереді. Осылайша, сулы NaOH–несепнәр–H₂O ерітіндісінде еріген БЦ, микрокапсуланың иммобилизациялық материал ретінде пайдалану үшін ең қолайлы ерітінді болып табылады. Аталған әдіс ең тиімді және қарапайым.

Келесі кезеңде, зертханалық жағдайда микрокапсулалар қабықшасының екінші компоненті микробтық полисахарид – пуллулан алынды.

Қоректік ортаның құрамына байланысты продуцент A. pullulans – тың экзополисахаридтерді бөлуі және өнімділігі

Пребиотиктер жоғары қауіпсіз болғандықтан олар көптеген онжылдықтар бойы кеңінен қолданылып келеді [142]. Ең көп таралған пребиотиктер-лактоза, инулин, фрукто-олигосахаридтер (FOS), галакто-олигосахаридтер (GOS) және ана сүтінің олигосахаридтері (НМО). Бүгінде потенциалды пребиотиктердің тізімі өсуде. Перспективті пребиотиктердің бірі - Пуллулан (ПУЛ) – бұл *Aureobasidium* саңырауқұлақтарының көптеген түрлерінен өндірілетін, атап айтқанда *A. pullulans*, жасушадан тыс глюкозаның гомополисахариді [143].

Auerobasidium pullulans әртүрлі қосылыстардың, соның ішінде өнеркәсіптік маңызы бар қосылыстардың яғни, пуллулан, аубазидан, сидеофор, алма қышқылы және ферменттер өндірушісі болып табылады, [144, 145].

Пуллуланды әртүрлі ферменттік жүйелер арқылы өсімдік талшықтарын глюкозаға дейін қанттандыру арқылы сахароза, глюкоза, фруктоза, мальтоза, манноза, тіпті ауылшаруашылық қалдықтары сияқты әртүрлі көміртегі көздерінен синтездеуге болады. Алайда, көміртегі көзінің жоғары концентрациясы (яғни 5%-дан жоғары) пуллуланды өндіруге қатысатын ферменттерге тежегіш ретінде әсер етуі мүмкін. Сахароза мен азот көзінің оңтайлы концентрациясында пуллулан өнімділігі 60,7% жетеді. Сонымен қатар, пуллуланды көміртегі көзі ретінде ацетат, D-галактоза, глицерин, лактоза немесе D-маннитолды қолдану арқылы алу мүмкін емес [146].

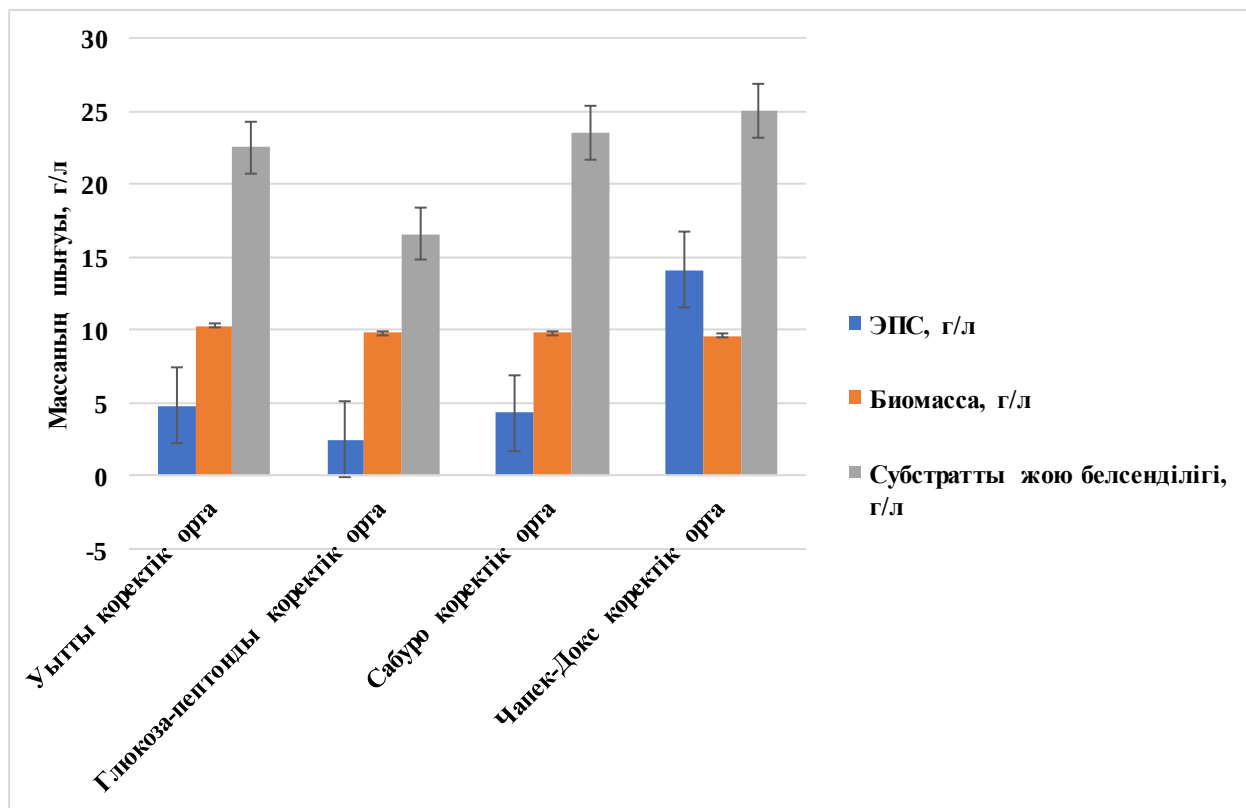
ПУЛ мальтотриозды, сондай-ақ α -1,4- және α -1,6– глюкан ретінде белгілі бірліктерден тұратын полисахаридті полимер. Глюкозаның үш бірлігі мальтотриозда α -1,4 гликозидті байланыс арқылы қосылған, ал тізбектелген мальтотриоздар бірліктері бір-бірімен α -1,6 гликозидті байланыс арқылы байланысқан. ПУЛ дәмсіз полимер, ол коммерциялық мақсатта жеуге жарамды пленкаларды жасау үшін қолданылады, олар әртүрлі тыныс тазартқыштарда немесе ауыз қуысының гигиенасына арналған өнімдерде қолданылады. ПУЛ дәрілік капсулаларды желатиннің орнына вегетариандық алмастырғыш ретінде пайдалануға болады. Диеталық қосымша ретінде ол E1204 нөмірімен белгілі.

Өсіру жағдайларына, ортаның құрамына, сондай-ақ өндірушінің тобы мен штамына байланысты *Auerobasidium pullulans* белгілі бір өнімді синтездей алады. Бұл жұмыста ПУЛ экзополисахаридтің шығуына қоректік орта компоненттерінің әсері анықталады.

Пуллуланды оңтайландыру үшін негізгі қоректік ортаны таңдау

Бірінші кезеңде ПУЛ өндірушісі саңырауқұлақ *A. pullulans* үшін оңтайландырылған негізгі орта таңдалды. Бұл саңырауқұлақтар әртүрлі субстраттарды тұтынуға қабілетті, өйткені олар ферменттердің кең ауқымын синтездейді. Сол үшін олар жоғары метаболитикалық белсенділікке ие болып табылады. Көміртегі мен азот көздеріне байланысты ПУЛ әртүрлі құрамды болады [147, 148]. Осыған сәйкес C8 штаммы ашытқы продуценттерін

өсіруге арналған дәстүрлі глюкозопептонды, Сабуро және Чапек-Докс қоректік орталарында экзополисахаридті жинақтау қабілетілігі зерттелді. Чапек-Докс қоректік ортасында көміртек көзі ретінде сахароза қолданылады және полисахаридтің шығымы $14,09 \pm 0,46$ г/л, бұл ортада субстратты жою белсенділігі $25,03 \pm 1,08$ г/л құрады, басқа нұсқалардан асып түсті (сурет 5).



Сурет 5 - *A. pullulans* C8 штаммының ЭПС-ті өндіруге қолданылатын қоректік ортаның құрамына тәуелділігі (г/л)

ЭПС-тің өнімділігін қамтамасыз ететін қоректік ортаны оңтайландыру үшін Чапек-Докс қоректік ортасы алынды. Оның құрамындағы көміртегі көзі ЭПС шығымына әсер ететін маңызды фактор екені белгілі. Кейбір авторлар, атап айтқанда Chi Z. әріптестерімен бірге глюкозаны көміртегінің оңтайлы көзі деп санайды [144]. Кейбір авторлар полисахаридтің максималды шығымы басқа субстраттарға да байланысты деген тұжырымдарды айтады. Мұндай субстраттардың құрамында көп мөлшерде қарапайым қанттар бар өндірістік қалдықтар болуы мүмкін. Осыған орай көміртегі көзі ретінде қант қызылшасы өндірісінің жанама өнімі – қызылша мелассасы (жемшөп мелассасы, меласса) және крахмал шәрбаты (патока) – жүгері крахмалының жартылай гидролизі өнімі қолданылды. Бұл қосылыстардың биологиялық құндылығы көмірсулардың, биологиялық белсенді заттардың, аминқышқылдарының, дәрумендердің және микроэлементтердің болуына байланысты болады [149, 150].

Ұсынылатын шикізаттың маңызды артықшылығы оның арзандығы,

сондай-ақ қолжетімділігі мен қолданудың қарапайымдылығында.

Келесі зерттеулерде қоректік ортаға көміртегі мен азот көзі ретінде әртүрлі қалдықтардың үйлесімділігін таңдаған болатынбыз.

Пуллулан өндіруші үшін негізгі қоректік ортаның көміртегі мен азот көздерінің оңтайлы компоненттерін таңдау

Келесі кезеңде ПУЛ өндірушісі үшін қоректік ортадағы көміртегі мен азоттың оңтайлы көзін таңдау жүзеге асырылды. Алдыңғы зерттеулер көрсеткендей *A. pullulans* әртүрлі субстраттарда және тіпті ауылшаруашылық қалдықтарында алдын-ала химиялық немесе ферментативті өңдеусіз-ақ өсу мүмкіндігі болған үшін қол жетімді болады, себебі ол күрделі қанттарды көптеген ферменттік жүйелерде қолдана отырып қанттандырады [146].

Осыған байланысты, келесі кезеңде көміртегі көзі мен оның концентрациясы қолданылып, ЭПС өнімділігі арттырылды. Чапек-Докс қоректік ортасына сахароза, глюкоза, меласса және патока 3,0; 4,0; 5,0% мөлшерінде енгізілді. Бұл концентрацияларды таңдау, фосфордың ЭПС-тің шығыуына тежегіш әсер ететінімен байланысты болды [151]. Себебі, қанттың көп мөлшері фосфордың өндірілуіне байланысты және ферменттерге тежегіш әсерін беруі мүмкін, мысалы α -фосфоглюкозмутаза, уридиндифосфоглюкурон-пирофосфорилаза және глюкотрансферазаларға [152]. Нәтижесінде биомасса мен синтезделетін фосфор мөлшерінің өсуі қоректік ортадағы көміртегі концентрациясының жоғарылауына тәуелді екені байқалды (кесте 5).

Кесте 5 – Көміртегі көзінің әртүрлі нұсқалары бар қоректік орталарда *A. pullulans* C8 саңырауқұлақтарымен ЭПС өнімділігінің арту көрсеткіштері

Көміртегі нің көзі, г/л	Кон цент раци я, %	Кептірілген жасушалар дың салмағы, г/л (X)	ЭПС салмағы, г/л (ПУЛ)	Глюкоза мөлшері, г/л S	ПУЛ/X	ПУЛ/ S	Эконом икалық коэффиц иент X/S, %
Сахароза	3	0,208±0,01	1,22±0,06	25,21±1,26	586,54	4,84	0,83
	4	0,396±0,02	3,25±0,16	34,12±1,71	820,71	9,53	1,16
	5	0,532±0,03	7,14±0,36	40,25±2,01	1342,11	17,74	1,32
Глюкоза	3	2,932±0,15	5,52±0,28	26,32±1,32	188,27	20,97	11,14
	4	5,123±0,26	6,58±0,33	35,12±1,76	128,44	18,74	14,59
	5	6,987±0,35	9,34±0,47	40,55±2,03	133,68	23,03	17,23
Меласса	3	3,964±0,20	4,25±0,21	25,22±1,26	107,21	16,85	15,72
	4	7,044±0,35	8,93±0,45	36,12±1,81	126,77	24,72	19,50
	5	8,312±0,42	10,08±0,50	38,34±1,92	121,27	26,29	21,68
Патока	3	1,272±0,06	3,02±0,15	22,11±1,11	237,42	13,66	5,75
	4	1,312±0,07	2,88±0,14	31,13±1,56	219,51	9,25	4,21
	5	1,4±0,07	5,03±0,25	36,51±1,83	359,29	13,78	3,83
Ескерту: ЭПС – экзополисахаридтер, ПУЛ – пуллулан; $p \leq 0,05$							

Көміртегінің ең қолайлы көздері 5% концентрациядағы глюкоза мен

меласса болып табылады, бұл сәйкесінше $9,34 \pm 0,47$ және $10,08 \pm 0,50$ г/л ЭПС өніміне әкеледі. Бұл ПУЛ жинау үшін мелассадағы қанттарды пайдалану мүмкіндігін көрсетеді.

Дегенмен, продуценттің дамуы үшін көміртегімен бірге ортаның негізгі құрамдас бөлігі азот болған, өйткені ол аминқышқылдарының бөлігі ретінде белгілі және ақуыздың пептидтік байланыстарының түзілуіне қатысады. Фосфор өндірісінде азоттың көзі де маңызды рөл атқарады. Сондықтан, көміртегіні утилизациялайтын глюкозаның жасушалық материалына қосылудан полисахаридті өндіруге өтуі аммоний иондарының концентрациясына байланысты. Ортадағы азоттың азаюы пуллулан синтездеуіне әкеледі. Азоттың болуы гликолизді фосфофруктокиназаға белсендіруі арқылы арттыруға болады [153]. Дәстүрлі түрде аммоний сульфаты, натрий нитраты және пептон ЭПС-ті жинақтаушы қоректік орталарында қолданылады [145]. Азот көздерінің әсерін зерттеу барысында орталарда *A. pullulans* C8 штамм аммоний сульфаты мен пептонды екі есе жақсы қолданады екендігі анықталды (кесте 6).

Кесте 6 – Азот көзінің әртүрлі нұсқалары бар қоректік орталарда *A. pullulans* C8 саңырауқұлақтарымен ЭПС өнімділігінің тиімділігі

Азот көзі, г/л	Концентрация, %	Кептірілген жасушалардың салмағы, г/л (X)	ЭПС салмағы, г/л (ПУЛ)	Глюкоза мөлшері, г/л S	ПУЛ/X	ПУЛ/ S	Экономикалық коэффициент X/ S, %
(NH ₄) ₂ SO ₄	4,5	0,596±0,03	6,74±0,34	14,25±0,71	1130,87	47,30	4,18
	6,0	0,968±0,05	7,21±0,36	15,86±0,79	744,83	45,46	6,10
	7,5	0,352±0,02	9,09±0,45	19,54±0,98	2582,39	46,52	1,80
NaNO ₃	1,5	3,772±0,19	5,66±0,28	10,54±0,53	150,05	53,70	35,79
	2,0	3,408±0,17	6,02±0,30	12,91±0,65	176,65	46,63	26,40
	2,5	4,028±0,20	6,32±0,32	14,55±0,73	156,90	43,44	27,68
Пептон	0,5	2,424±0,12	6,51±0,33	15,11±0,76	268,56	43,08	16,04
	0,75	3,14±0,16	7,3±0,37	17,24±0,86	232,48	42,34	18,21
	1,0	3,54±0,18	12,79±0,64	18,34±0,92	361,30	69,74	19,30
Ескерту: ЭПС – экзополисахаридтер, ПУЛ – пуллулан; $p \leq 0,05$							

Азот көзін аммоний сульфатына ауыстырған кезде экономикалық коэффициенті 1,8-6,10% аралығында болды. Бұл азоттың басқа субстрат көздерімен салыстырғанда төмен көрсеткіш береді екенінің дәлелі. Кептірілген жасушалардың массасына қатысты пуллуланның шығымы 7,5% концентрациясында (NH₄)₂SO₄ бар қоректік ортада ең жоғары – 2582,39 болды.

Ең үлкен экономикалық коэффициентті азот көзі ретінде – NaNO₃ берді, ол 35,79% болды. Бұл жағдайда кептірілген жасушалардың массасы 3,408 – 4,028 г/л аралығында болғанмен, жойылған глюкозаның массасы төмен болды (1,5% - $10,5 \pm 0,53$ г/л).

ЭПС-тің максималды жинақталуы $12,79 \pm 0,64$ г/л 1% пептонды ортаны

пайдалану арқылы экономикалық коэффициентін 19,30% құрады. Кестеге сәйкес, азот көздерінің концентрациясының жоғарылауы глюкозаның көбірек жойылуына әкеледі. Жойылған глюкозаға қатысты пуллуланның ең жоғары өнімділігі 1% пептон ортасында 69,74 бірлікті құрады.

Осылайша, орталарды оңтайландыру арқылы жүргізілген зерттеулердің нәтижелері модификацияланған Чапек-Докс қоректік ортасында 5% меласса көміртегі көзі ретінде және 1% пептон азот көзі ретінде ПУЛ экзополисахаридін жинақтау үшін қолайлы орта ретінде таңдалды және бұл қоректік орта экономикалық жағынан эффективті болды.

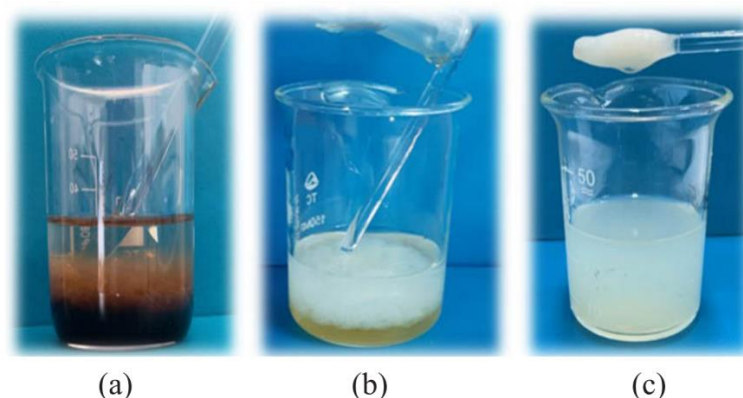
Пуллуланды меласса қосылған қоректік ортада алу

Мелассаның құрамында жалпы қанттың 57% ғана емес, сонымен қатар 11-13% белоктар мен амин қышқылдары (органикалық азот) және 0,09% нитраттар бар [149, 150]. Алдыңғы тәжірибелерде ПУЛ-ды сәтті синтездеу үшін азот көздерінің 1% концентрациясы жеткілікті екендігі анықталды. Мелассада продуцент үшін азоттың қажетті мөлшері бар деп есептелді. Пептон – ПУЛ өндірушісі үшін азот көзі, ортаның ең қымбат компоненті екені анықталды. Сол себептен, өндірушінің азоттың қосымша көзінсіз пептонсыз ортада өсуі эксперименттердің келесі сериясына негіз болды. Бұл зерттеудің нәтижелері 7 кестеде көрсетілген.

Кесте 7 – *A. pullulans* C8 саңырауқұлақтарымен көміртегі мен азоттың көзі ретінде меласса қосылған қоректік орталарда ЭПС өнімділігінің тиімділігі

Көміртегінің көзі, г/л	Концентрация, %	Кептірілген жасушалардың салмағы, г/л (X)	ЭПС салмағы, г/л (ПУЛ)	Глюкоза мөлшері, г/л S	ПУЛ/X	ПУЛ/ S	Экономикалық коэффициент X/S, %
Меласса	5	7,752±0,39	11,49±0,57	3,25±0,16	148,22	353,54	238,52
	10	11,260±0,56	34,66±1,73	8,86±0,44	307,82	391,20	127,09
Ескерту: ЭПС – экзополисахаридтер, ПУЛ – пуллулан; $p \leq 0,05$							

Кесте бойынша, меласса көміртегі мен азоттың көзі ретінде қосылған, модификацияланған Чапек-Докс ортасы продуценттің жақсы өсуіне ықпал етті: дақылды орта құрамындағы жасушалар саны сахароза мен глюкоза бойынша бұл көрсеткіштен айтарлықтай асып түсті, 7,752-ден 11,260 г/л -ға дейін жетті. Чапек-Докс қоректік ортасына 10% меласса қосылғанда экзополисахаридтің өнімділігі 34,66±1,73 г/л жоғарылады. Сонымен қатар, полисахаридтің сыртқы түрінің өзгергені байқалды: ол қабыршақ тәрізді құрылымға ие болды және мелассаға тән ашық қоңыр түске боялды (6 сурет).



Сурет 6 - Пуллуланның меласса қосылған (а) және глюкоза (b, c) қосылған қоректік орталарда бөлінуі

Пуллуланның құрылысы көмірсу мен азоттың көзіне байланысты өзгередіні СЭМ-нің көмегімен айқындалды. Мысалы, құрамында мелассасы бар қоректік ортада және сахарозамен Чапек-Докс стандартты қоректік ортасында алынған пулланның құрамы біркелкі болған. Өртүрлі орталарда алынған пуллуланның беттік морфологиясының микроқұрылымының сипаттамасы СЭМ арқылы бақыланды.

Көміртек көзі ПУЛ қасиеттеріне әсер етуі мүмкін болғандықтан, сыртқы құрылымынан басқа тазалық пен тұтқырлығы анықталды. Бұл параметрлер полимердің сапасының негізгі физика-химиялық көрсеткіштері [154, 155]. Сапасын талдау нәтижелері пуллуланның 91,2–94,5% тазалығын көрсетті (кесте 8).

Кесте 8 - рН профильдері бойынша алынған пуллулан құрамын және тұтқырлығын салыстыру

Үлгі	Пуллулан (%)	Тұтқырлық (сР)
Пуллулан Стандартты Чапек-Докс қоректік ортасында	94,5±2,3	2,3±0,1
Пуллулан 10% меласса қосылған Чапек-Докс қоректік ортасында	91,2±1,9	2,1±0,2
Бақылау (ПУЛ Sigma)	95,1±2,1	2,4±0,1
Ескерту: ПУЛ – пуллулан; $p \leq 0,05$		

Тұтқырлық нәтижелері зерттелген үлгілердің жоғары ұқсастығын көрсетті.

Чапек-Докс қоректік ортасындағы көміртегі көзін мелассаға ауыстыру арқылы пуллуланның өнімділігін, оның құрамын және полимердің тұтқырлығын өзгерткен жоқ. Пуллулан үлгілері барлық параметрлер бойынша жоғары өлшемдерді көрсетті.

Чапек-Докс стандартты ортасының 1 литр құны 273,91 теңгені құрады, ал меласса негізіндегі модификацияланған орта – 22,83 теңгеге тең болды. Сонымен, Чапек-Докс ортасындағы 1 г ЭПС-тің өзіндік құны – 136,96 теңге,

ал меласса ортасындағы құны – 5,93 теңгені құрайды. Өндірушінің ЭПС-тің биосинтезінің жоғары деңгейін қамтамасыз ететін мелассасы бар жаңа орталар үнемді болып келетіні дәлелденді.

Осылайша, ПУЛ құны кем дегенде 20 есе арзандайды (ПУЛ тазалауға кететін спирт шығындарын ескере отырып).

ПУЛ өндіру әдістерін жетілдіру және өндіріс шығындарын азайту өте маңызды және осы зерттеудің міндеті болғандықтан, бұл зерттеудің мақсаттарының бірі ашытудың жаңа әдістерін зерттеу арқылы ПУЛ өндірісін жақсарту болды.

Модификацияланған Чапек-Докс ортасы, көміртегі мен азоттың көзі ретінде 10% мелассаны қосу арқылы *A. pullulans* C8 ЭПС жинақтауға жақсы жағдай береді. Оңтайландырылған қоректік ортаның экзополисахаридтерді жинақтау тиімділігі бойынша дәстүрлі түрде қолданылатын ортадан артықшылығы және өндірістік қалдықтарды қосу арқылы өзіндік құнын төмендетуге бағытталған. ПУЛ экзополисахаридтерінің шығымы 10% меласса қосылған ортада $34,66 \pm 1,73$ г/л құрады. Бұл Чапек-Докс стандартты қоректік ортасынан жоғары. Өртүрлі орталарда алынған ПУЛ қабықтарының беттік морфологиясы және микроқұрылымы морфологиядағы шамалы өзгерістерді көрсетті. Сонымен бірге, ПУЛ талданатын параметрлер бойынша тазалығы мен тұтқырлығы бойынша ерекшеленбеді. Чапек-Докс ортасындағы көміртегі мен азот көзін мелассамен алмастыру өндіріс үшін ПУЛ полимерінің құрамының сипаттамаларын өзгерткен жоқ.

Мелассаның пайдасы, арзандығы, қолжетімділігі және пайдаланудың қарапайымдылығы анықталды және қолданылған тәсіл алынған полисахаридтің құнын төмендетті, сонымен қоса қалдықтарды қайта өңдеудің жолын көрсетті.

Келесі кезекте, микрокапсулаларды алу және оларға пробиотиктерді енгізу кезеңдері талқыланды.

3.2 Пробиотикалық микрокапсулаларды алу

Микрокапсуляция микробтық жасушаларды қолайсыз жағдайлардан қорғауды қамтамасыз етеді, бұл зерттеу барысында эксперименталды түрде анықталды. Жұмыстың басты мақсаты микрокапсуляцияланған пробиотикалық микроорганизмдермен байытылған құрғақ бие сүтінің өнімдерін алу технологиясын жасау болғандықтан. Құрамында *Lactobacillus rhamnosus* GG штамы бар микрокапсулаларды экструзия әдісімен layer-by-layer технологиясы арқылы міндеттер жүзеге асырылды.

Lactobacillus rhamnosus GG ATCC 53103, Tufts (Boston, Massachusetts) университетінің зерттеушілері Шервуд Горбач (Sherwood Gorbach) пен Барри Голдин (Barry Goldin) адамның ішек микрофлорасынан бөліп алған және жақсы зерттелген пробиотикалық штамм болғанын әдебиет көздерінен байқадық.

Сонымен қатар, сүт қышқылды бактериялар *L. rhamnosus* GG Еуропалық комиссияның дәрілер мен азық-түлік жөніндегі EFSA Scientific Committee

ғылыми комитетінен құжатталған қауіпсіздік мәртебесін алды (Qualified Presumption of Safety, QPS). Бұл штамм зерттелген қасиеттер жиынтығы бойынша: қышқыл тұзу белсенділігі, жоғары антагонистік белсенділік спектрі мен деңгейі кең және стресс факторларына төзімділік қасиеттері болғандықтан микрокапсулаларға енгізу үшін таңдалды.

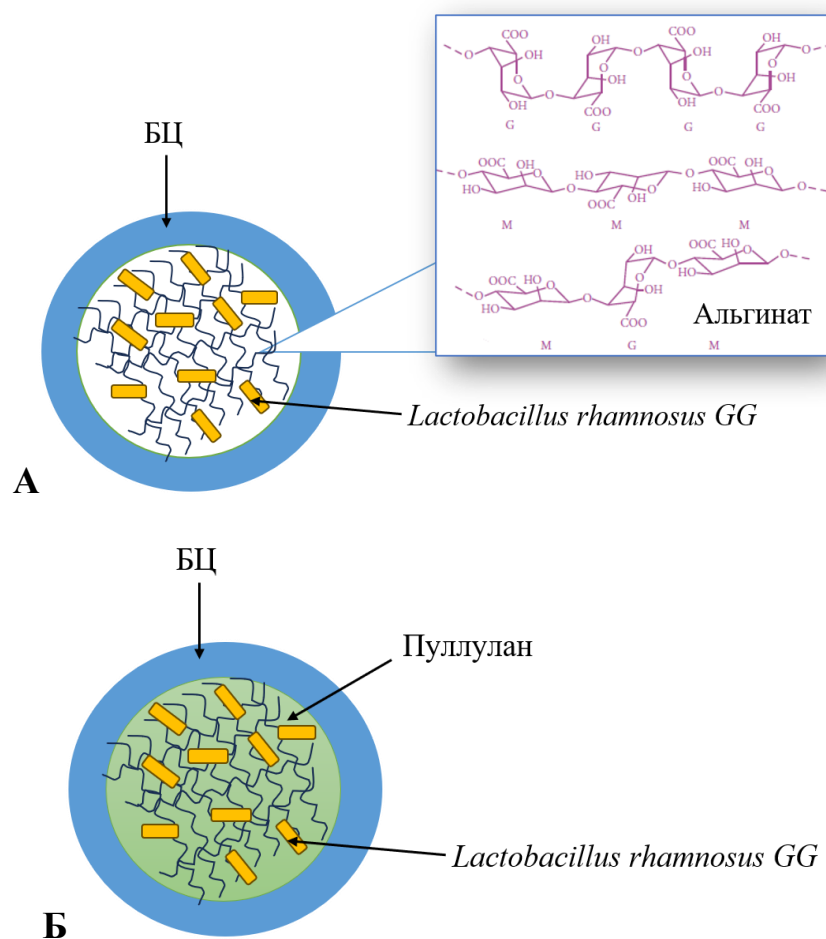
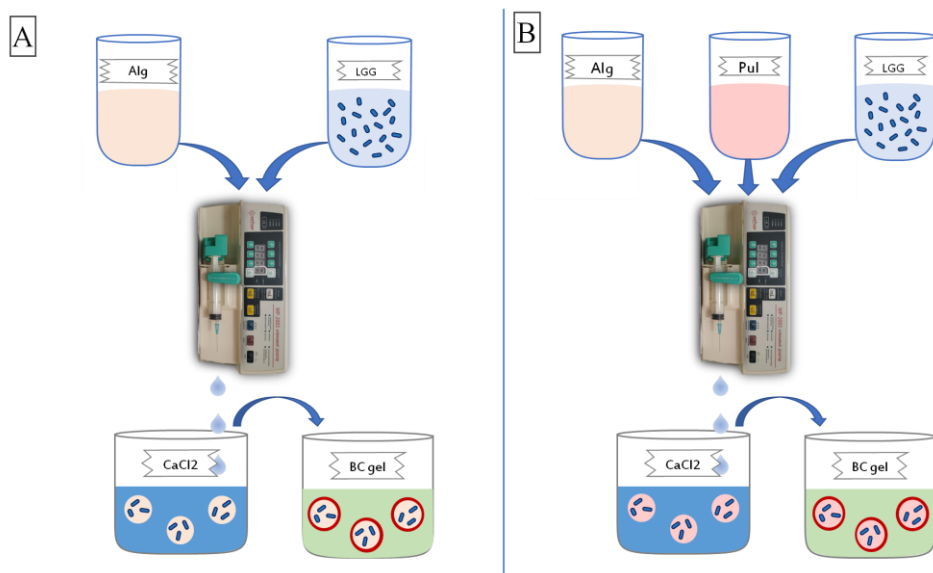
Альгинат гидрогелін пробиотиктерді инкапсуляциялаудың "алтын стандарты" – деп атауға болады, өйткені ол мукоадгезиялық қасиетке ие және энтероциттердің полисахаридтік матрицасын, сондай-ақ ішекте резидент бактериялар түзетін бактериялық биофильмдердің матрицасын имитациялайды [156]. Алайда, "қарапайым" альгинат капсулаларының кемшіліктері де бар: қышқыл ортада, хелаттаушы агенттердің, моновалентті иондарының әсерінен жеңіл ыдырауы, сондай-ақ жоғары саңылаулық, бұл альгинат геліндегі белсенді бастамасының тез бөлінуіне әкелуі мүмкін [157].

Осыған байланысты бұл бос орындарды микробтық полисахарид ПУЛ-мен толтыру ұсынылды, ол жабын ретінде болды. Сонымен бірге, ПУЛ *L. rhamnosus* GG сүт қышқылы бактериялары үшін пребиотиктер ретінде пайдаланылады. ПУЛ *L. rhamnosus* GG жасушаларының өсуі мен дамуын арттыратыны эксперименталды түрде дәлелденді [158]. ПУЛ тағамның жарамдылық мерзімін ұзарту үшін қоюландырғыш ретінде қосылады [159]. Ол сондай-ақ ісікке қарсы және антиметастатикалық әсер көрсетеді, бактериялық, вирустық инфекциялардың ағымын және аллергиялық реакциялардың көрінісін жеңілдетеді және ішектің шырышты қабығын қорғауды, майдың азаюын, тамақтанғаннан кейін қандағы глюкозаның төмендеуін, сүйектің құрамын жақсартуды және асқазан жарасының жазылуын қамтамасыз етеді [160].

Материалды капсулалау сондай-ақ матрицаны нығайту үшін физикалық немесе химиялық әдістермен өзгертуге болады. Осы әдістердің бірі микрокапсулаларды табиғи полимерлерді қосымша жабын қабаты ретінде (layer-by-layer) пайдалануға болады [166, 162]. Осылайша, екіншіден, пробиотиктердің тіршілікке қабілеттілігін жақсарту үшін ПУЛ-БЦ жабыны қолданылады, бұны сақтау кезінде оттегінің кері әсері болмауы мүмкін және ішек транзиті кезінде жасушалардың тұрақтылығын арттыруы кездеседі.

Матрицаны нығайту үшін альгинатты капсулалар басқа табиғи полимерлердің — хитозанның, желатиннің, пектиннің, крахмалдың, сондай-ақ целлюлозаның қосымша және бірнеше қабаттарымен (қабатты) қапталады [163]. Осы жұмыста альгинатты капсулалар БЦ қабатымен қапталған. Себебі, БЦ жоғары беріктікке және суды ұстау қабілетіне ие полисахарид. Бұл БЦ-дағы көптеген сутектік байланыстардың себебінен болып табылады [164, 165].

БЦ улы емес, биоүйлесімді биодеградацияланатын полимер, осы қасиеттер оның биомедицинада және басқа да осыған жақын салаларда кеңінен қолданылуына мүмкіндік береді [166, 167].



Сурет 7 - *L. rhamnosus GG* (LGG) бар микрокапсулаларды алу схемасы:

(а) Альгинат/Бактериялық целлюлоза (Алг/БЦ), (б) Альгинат-Пуллулан/Бактериялық целлюлоза (Алг-ПУЛ/БЦ).

Сол себептен капсулалардың 3 нұсқасы алынды: альгинатты, альгинат/бактериялық целлюлоза (Алг/БЦ) және альгинат-пуллулан, БЦ

кабатталған (Алг-ПУЛ/БЦ). Микрокапсулаларды алу экспериментінің схемасы 7-суретте көрсетілген.

L. rhamnosus GG (LGG) жасушалық дақылы 10 мл ($\approx 10^9$ - 10^{10} КТБ/мл) 40 мл түйіршік түзетін 2% Алг суспензиясымен немесе ПУЛ қосылған Алг-пен араласқан. Микрокапсулалар кальций хлориді бар 25 см қашықтықта шприц инесімен экструзия әдісі арқылы дайындалды. Қалыптасқан шарлар 30 минутта қатырылды, содан кейін зарарсыздандырылған, тазартылған сумен жуылды.

БЦ сыртқы қабығын қалыптастыру үшін, Алг және Алг/ПУЛ микрокапсулаларын 0,5-2% ерітілген БЦ ерітіндісінің қосымша қабатымен қапталды және орбиталдық шейкер-инкубаторында дақылданды.

Әрі қарай микрокапсулалардың сапасы бағаланып, микрокапсулалардың оңтайлы құрамы таңдалды.

Микрокапсулалардың оңтайлы құрамын таңдау және олардың сипаттамасы

Қолданылатын полимерлердің әртүрлі қатынасы микрокапсулалардың қасиеттеріне әсер етуі мүмкін. Оңтайлы құрамды таңдау 9-кестеде келтірілген параметрлер бойынша бағаланды, оның басты талабы механикалық беріктік болып табылды. Бірқатар жұмыстарда Алг - 2% концентрациясы [168-170] оңтайлы болып саналатындықтан, ол экструзия әдісімен капсулалар алу үшін пайдаланылды. ПУЛ мен БЦ концентрациясы 0,5-2% аралығында өзгерді.

Кесте 9 – Инкапсуляция тиімділігі (I_T), пробиотикалық микрокапсулалардың өлшемі мен механикалық беріктігі

Түрі	Концентрация, %		I_T , %	Микрокапсулалардың өлшемі, мкм		Механикалық беріктік, МПа
	ПУЛ	БЦ		Келтірілген	Дымқыл	
Алг, 2%	-	-	$78,8 \pm 3,88$	$801 \pm 55,1$	$2550 \pm 127,1$	$26,6 \pm 0,62$
Алг, 2% + БЦ	-	0,5	$81,2 \pm 4,01$	$897 \pm 60,1$	$2820 \pm 143,0$	$28,8 \pm 0,83^*$
	-	1	$80,2 \pm 4,13$	$878 \pm 59,9$	$2819 \pm 140,1$	$26,9 \pm 0,63$
	-	2	$77,2 \pm 3,89$	$871 \pm 71,4$	$2815 \pm 168,9$	$24,9 \pm 0,55$
Алг, 2% + ПУЛ/БЦ	1	0,5	$88,3 \pm 4,41^*$	$908 \pm 61,1^*$	$3341 \pm 233,4^*$	$36,8 \pm 0,58^*$
	1	1	$87,6 \pm 4,33^*$	$903 \pm 72,7^*$	$3367 \pm 167,1^*$	$35,2 \pm 0,68^*$
	1	2	$87,1 \pm 4,36^*$	$887 \pm 97,3$	$3371 \pm 235,9^*$	$35,8 \pm 0,49^*$
	2	0,5	$89,1 \pm 4,47^*$	$921 \pm 61,0^*$	$3401 \pm 204,0^*$	$37,1 \pm 0,77^*$
	2	1	$87,8 \pm 4,39^*$	$910 \pm 85,4^*$	$3351 \pm 134,4^*$	$34,1 \pm 0,73^*$
	2	2	$87,6 \pm 4,33^*$	$820 \pm 61,3$	$3373 \pm 168,1^*$	$34,6 \pm 0,69^*$

Ескерту: Алг-альгинат, БЦ-бактериялық целлюлоза, ПУЛ-пуллулан; * альгинатты және гибриді капсулалар арасындағы айырмашылықтар сенімділік ($p < 0,05$)

Микрокапсулалардың мөлшері пробиотиктердің тіршілікке қабілеттілігін және тағамның органолептикалық қасиетіне әсер етеді. 2000-нан 5000 мкм-ге дейінгі микрокапсулалар осы екі талап арасындағы оңтайлы балансты қамтамасыз етеді деген пікір бар [171]. Бұл зерттеуде микрокапсулалардың өлшемдері осы оңтайлы диапазонда ПУЛ-мен - 3401

мкм және ПУЛ-сыз альгинатты микрокапсулалар 2820 мкм аралығында болды (9 кесте). ПУЛ-ның болуына байланысты бастапқы эмульсияның ішкі фазасының қоюлығы жоғарылауы мүмкін, бұл кішігірім тамшыларға бұзылуға төзімділік береді және микрокапсулалардың көлемінің ұлғаюына әкеледі [172]. Дегенмен, микрокапсулалардың мөлшері мен диаметрі іс жүзінде өзара сәйкес, яғни бұл параметрлер арасында статистикалық маңызды айырмашылықтар ($p > 0,05$) табылған жоқ.

Целлюлозамен қапталған альгинатты капсулалардың механикалық беріктігі жоғары. Қысымға төзімділігінің жоғарылауы осы полисахаридтердің құрылымдық ұқсастығына және БЦ мен Алг түйіршік матрицасы арасындағы жақсы фаза арқылы өзара әрекеттесумен байланысты [173-175]. Бұл БЦ және Алг шекарасында көптеген сутегі байланыстарының пайда болуына ықпал етеді, нәтижесінде целлюлозамен қапталған Алг капсулаларының беріктігі артады.

Алайда, ПУЛ микрокапсулалары одан да қатты және берік болғандықтан ПУЛ толтырғыш ретінде сутегі торын күшейтіп және бос орындарды толтырады [176, 177]. Беріктік - бұл жақсы технологиялық қасиет, өйткені сынғыш капсулалар оңай бұзылады. Ондай нәзік капсулалар жұмыс жасау, сақтау және одан әрі өңдеу кезінде қиындықтарды туғыздырады.

Инкапсуляцияның тиімділігі ядро матриксі мен капсула қабырғасына бактериялардың жасушаларының жабысуы "сандық жүктелуіне" әсерін көрсететін маңызды параметрлердің бірі болып табылады. Алг/БЦ және Алг-ПУЛ/БЦ капсулаларындағы жасуша титрі 10^9 КТБ/г жетеді. Бұл экструзия әдісімен алынған микрокапсулалар үшін жеткілікті жоғары көрсеткіш [178]. Жұмыста алынған инкапсуляцияның жоғары тиімділігі процестің дұрыс жолға қойылғанының белгісі, ал қабырға материалдары пробиотикалық штаммен сай екендігін көрсеткіші болып табылады.

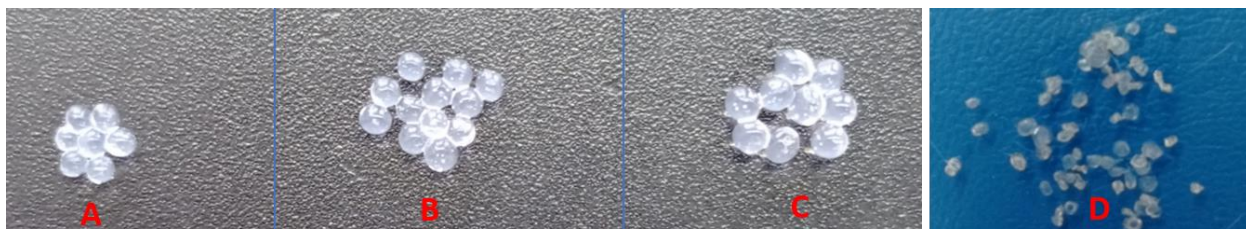
Осылайша, Алг негізіндегі капсулалардың оңтайлы құрамы:

- 1) 2 % Алг;
- 2) 2% Алг + 0,5% БЦ;
- 3) 2% Алг + 2% ПУЛ + 0,5% БЦ таңдалды (9 кесте).

Осы эксперимент сериясының барысында капсулалардың үш түрі алынды. Олардың механикалық беріктігі мен инкапсуляция тиімділігі бағаланды. Алг-ПУЛ/БЦ капсулалары басқа капсулаларға қарағанда жоғары механикалық беріктікті ($37,1 \pm 0,77$ МПа) және инкапсуляция тиімділігін ($89,1 \pm 4,47\%$) көрсетті. Капсулалардың өлшемдері кептірілгендерде 800-ден 920 мкм-ге дейін, ал нативті түрлерде 2500-ден 3400 мкм-ге дейін өзгерді.

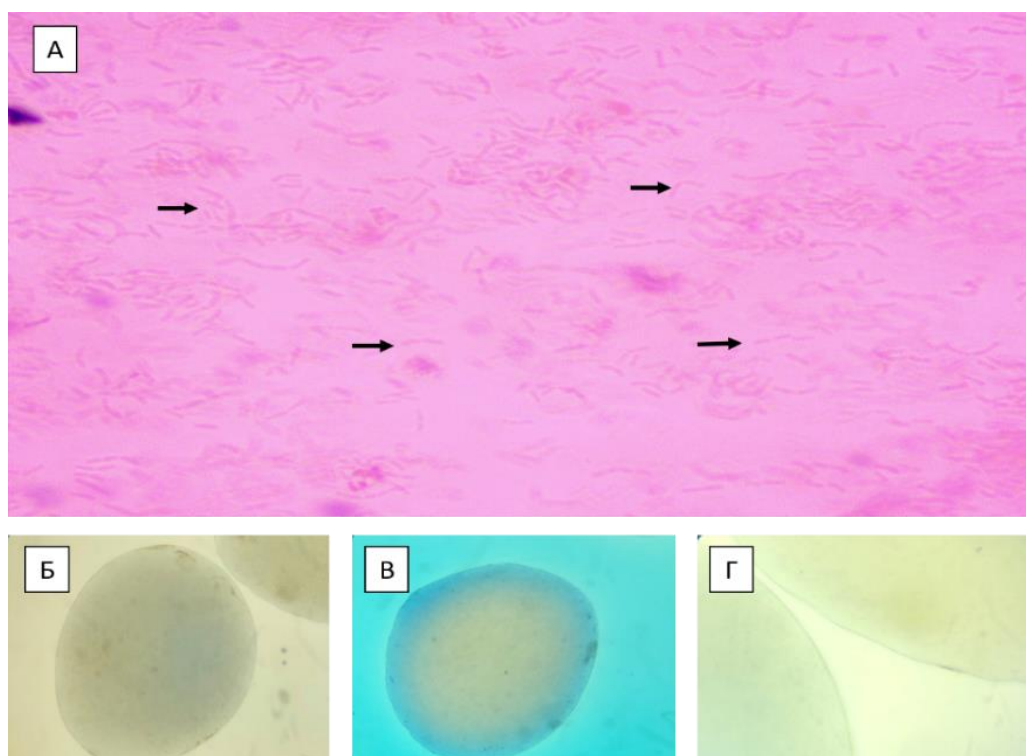
Микрокапсулалардың морфологиялық сипаттамасы

Алынған нативті микрокапсулалар мөлдір ақ сфералар, ал дегратталған, яғни кептірілген – дұрыс емес пішінді бөлшектер ретінде көрінді. Сыртқы түрі бойынша капсулалардың түрлері аса ерекшеленбеді (сурет 8).



Сурет 8 - Микрокапсулалардың түрлері: Алг (А), Алг/БЦ (В), Алг-ПУЛ/БЦ (С) және кептірілген (D) микрокапсулалар.

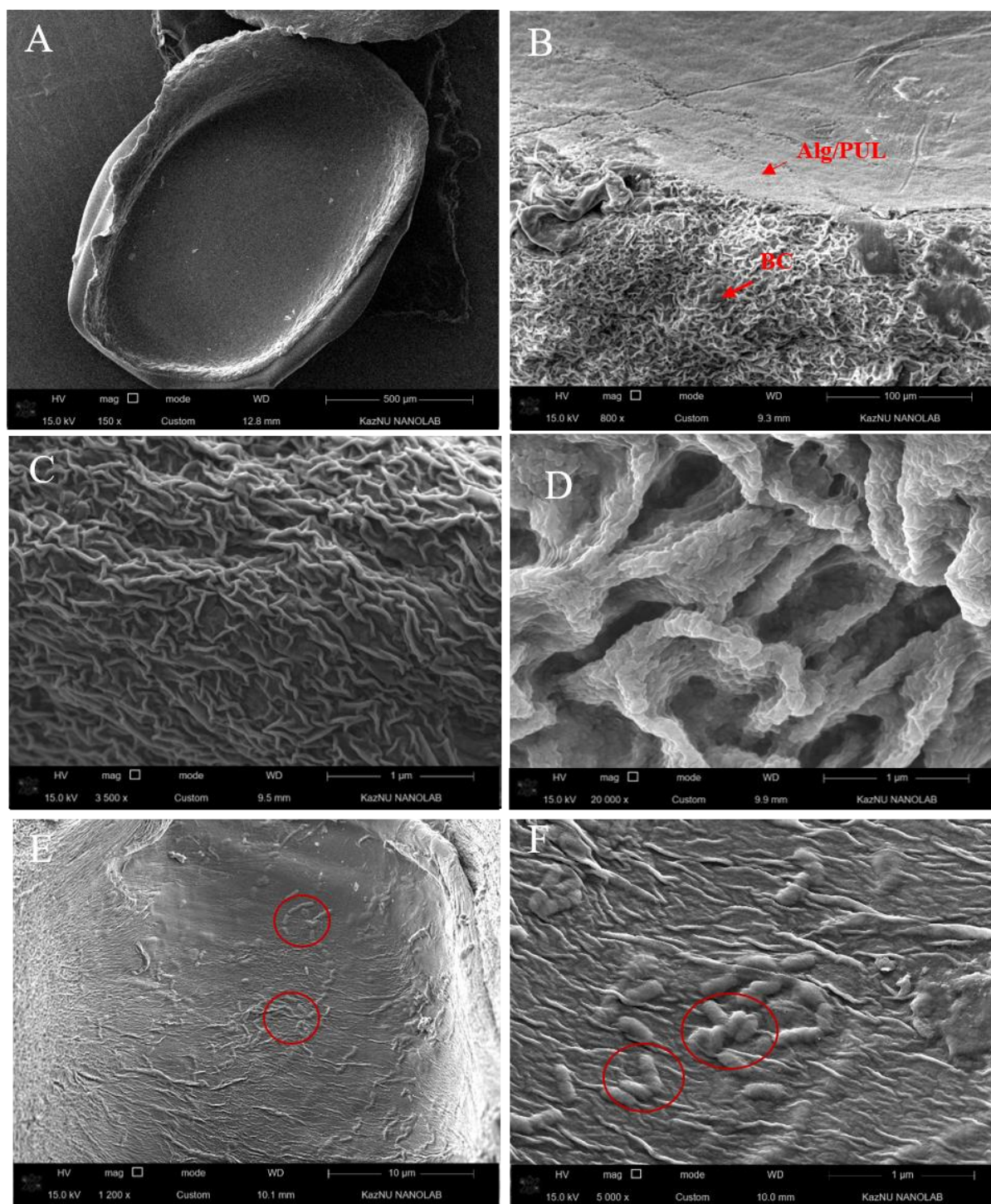
Оптикалық микроскоптың (10 және 40 есе үлкейту кезінде) көмегімен алынған суреттерде шарлардың сфералық пішіні, кейбірі сопақша пішінді екені байқалды. Сондай-ақ, шарлардың көлденең қимасы мен ішкі көрінісі 100 есе ұлғайту барысында бактерия жасушаларының матрикте біркелкі таралғанын көрсетті.



Сурет 9 - Жарық микроскопының астындағы микрокапсулалар. А- фуксинмен боялғаннан кейін 100 есе үлкейту кезінде тік көлденең қима (LGG жасушалары көрсеткіш белгімен көрсетілген; Б, В – микроскопта x10 үлкейтілген микрокапсулалар; Г - x40 үлкейту арқылы алынған сурет

Сканерлеуші электронды микроскопия (СЭМ) негізгі және диагностикалық мақсаттарда қолданылады. СЭМ микрокапсула үлгісінің суреттері бетін фокусталған электрондар сәулесімен сканерлеу арқылы алуға мүмкіндік береді. СЭМ жеке тұрған бактериялардың микрокапсуласындағы пішіні, мөлшері және орналасуы, сондай-ақ бактериялардың капсула өзегімен әрекеттесуі туралы ақпарат берді. Микробтық жасушалардың

иммобилизациясы барысында полисахаридтердің бетінде бактериялардың жабысқанын айқын байқауға болады. СЭМ көмегімен микрокапсула материалының дисперсиясының кедір-бұдыр екендігін және біркелкілігін көруге болады.



Сурет 10 - Алг-ПУЛ/БЦ микрокапсулаларының СЭМ-суреттері: көлденең қимасы (A), қабықша бөлігінде (B), микрокапсула қабығы (C), қабықтағы БЦ саңылаулары (D), микрокапсула ішіндегі *L. rhamnosus* GG жасушалары (E), (F).

Бұл зерттеуде СЭМ, капсула матрицасына, яғни ядросына енгізілген бактериялардың бар екендігі анықталды (10-сурет). *L. rhamnosus* GG бактериялық штамы микрокапсуланың ішкі бетіне бекітілгенін де байқауға болады.

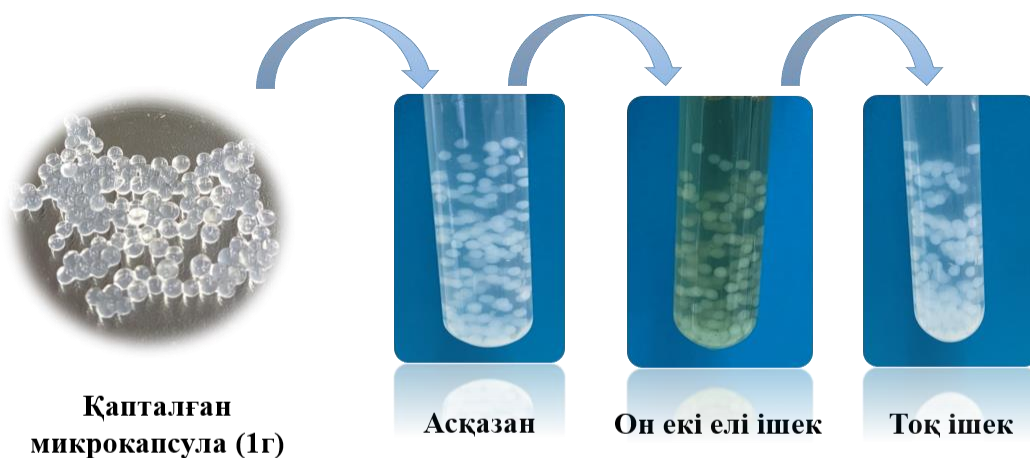
СЭМ суреттерінде целлюлоза қабығы да айқын бағдарланды. Ол бүктелген және тығыз болып көрінді, сонымен қатар ядроны жабатын көп қабатты құрылымға ұқсады. Мұндай тығыз қабықтың пайда болуы БЦ-ның бірегей үш өлшемді желісімен байланысты деп түсіндіруге болады. Саңылаудың өлшемі 4 нм-ге дейін және қоршаған ортаға инкапсуляцияланған пробиотиктерді шығару үшін жеткіліксіз. Сондықтан, мұндай қабық ас қорыту жүйесі арқылы өткен кезде пробиотиктерді қорғау үшін берік тірек болуы керек. Сол себептен осы ережені эксперименттік түрде келесі бөлімде қарастырылды.

3.3 Асқазан-ішек жолындағы бос және микрокапсуляцияланған бактериялардың тіршілікке қабілеттілігі

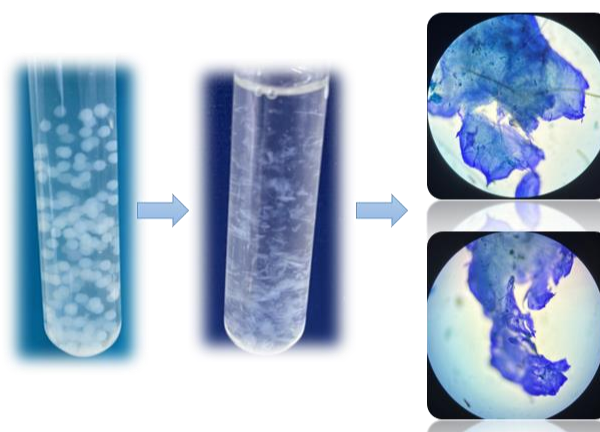
Пробиотикалық жасушаларды асқазан ортасының рН-ң төмендігінен, өт тұздарының және гидролитикалық ферменттердің әсерінен қорғау, микрокапсуляцияның негізгі міндеттерінің бірі болып табылады. Микрокапсулалардың функционалдық тиімділігін анықтаудың соңғы моделі адам ағзасы болғанымен, бұл "модель" этикалық шектеулерге ие болғандықтан, мұндай зерттеулердің көпшілігінде ас қорыту жүйесінің негізгі бөлімдерінің-асқазан, аш ішек және тоқ ішектің физика-химиялық жағдайларын модельдейтін "жасанды асқазан — ішек жолдары" жүйесі қолданылды [172, 176, 179-181]. Әдетте белгілі бір бөлімге тән рН мәнін сақтайтын және әртүрлі ас қорыту ферменттері қосылатын буферлі орта болады. осындай буферлерде бос және инкапсуляцияланған жасушалар белгілі бір уақытқа дейін тіршілік етеді, содан кейін олардың саны анықталады.

Инкапсуляцияның тиімділігін анықтау үшін асқазан сөлінде, он екі елі ішекте және тоқ ішекте, яғни *in vitro* жағдайында бос және инкапсуляцияланған LGG жасушаларының салыстырмалы тіршілікке қабілеттілігі анықталды. Жалпы, эксперименттердің осы сериясының сызбанұсқасы 11-суретте көрсетілген.

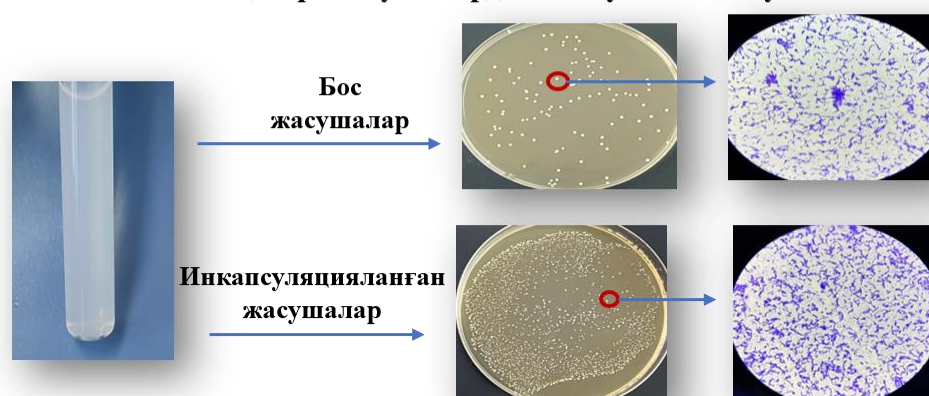
1 кезең. Жасанды модельдік жүйеде дәйекті инкубация



2 кезең. Декапсуляция



3 кезең. Тірі жасушаларды босату және санау



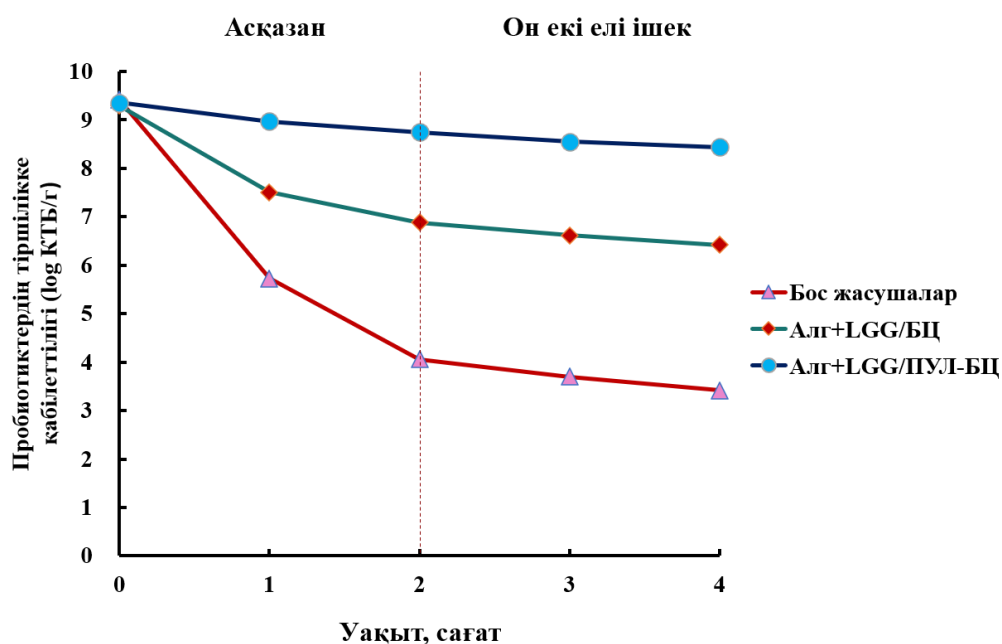
Сурет 11 - Асқазан-ішек жолын модельдеудің эксперименттік дизайны

Алғашқы кезеңде инкапсуляцияланған жасушалар асқазан сөлінде, он екі елі ішекте 2 сағат және тоқ ішекте 18 сағатта инкубацияланды. Бұл асқазан-ішек жолдарының жағдайын имитациялау үшін жасалды. Инкубациядан кейін тірі қалған жасушалардың саны анықталды, LGG енген капсулаларда

жасушалардың тіршілікке қабілеттілігі есептелді, ол үшін декапсуляцияланды (2-кезең). Кейбір мәліметтерге сәйкес, микрокапсулалар цитрат пен фосфат буферлерінің көмегімен декапсуляцияланды [182]. Целлюлоза инкапсуляция жүйесінің бөлігі болған зерттеулерде түйіршіктерді декапсуляциялау үшін пептонның сулы ерітіндісі, фосфат буфері және араластыру қолданылды [176, 180, 181]. Зерттеу барысында микрокапсулалар ерітінділерде ыдырай алмады. Бұл қолданылған целлюлозаның айырмашылығына байланысты болуы мүмкін. БЦ талшықты құрылымы жоғары механикалық қасиеттерді қамтамасыз етті, цитрат пен фосфат ерітінділеріндегі БЦ негізіндегі капсулалардың ыдырауы жүрмеді. Целлюлоза целлюлаза ферментімен ыдырайтыны барлығымызға белгілі [183]. Сол себептен целлюлоза капсуласының қабығын декапсуляциялау үшін целлюлаза қолданылды (3-ші кезең).

Целлюлаза (ЕС 3.2.1.4; жүйелі атауы 4- β -D-глюкан-4-глюканогидролаза) — целлобиоза немесе глюкоза дисахаридін түзу үшін целлюлозадағы β (1,4)-гликозидтік байланыстардың гидролизін катализдейтін гидролазалар класына жататын фермент. Целлюлазаны негізінен целлюлозолизді катализдейтін саңырауқұлақтар, бактериялар және қарапайымдылар өндіреді. Олар целлюлоза мен кейбір туыстас полисахаридтерін ыдырата алады.

Асқазан сөлінің LGG пробиотикалық бактерияларына әсері 1-2 сағат ішінде бос және БЦ қапталған жасушаларының тіршілікке қабілеттілігін салыстыру арқылы зерттелді. Олар имитацияланған асқазан сөлінде 2 сағат бойы инкубацияланды, өйткені әдетте осы уақытта тамақ асқазанда болады [184]. Жасанды асқазандағы бос және қапталған жасушалардың тіршілікке қабілеттілігі 12-суретте көрсетілген.



Сурет 12 - Жоғарғы асқазан-ішек жолдарында бос және инкапсуляцияланған LGG тіршілікке қабілеттілігі

Асқазанда рН 2 болған жағдайда бос пробиотикалық жасушалардың тіршілікке қабілеттілігі айтарлықтай төмен болғаны байқалды. Тірі бос жасушалардың саны алғашқы сағатта күрт төмендеді және тіршілік деңгейі 43% болды және ары қарай 5,3 логарифмдік бірлікке төмендей берді. Бұл LGG қышқылға сезімтал екенін көрсетеді және басқа зерттеулермен сәйкес нәтижеге дәлел бола алады [185-188].

LGG-ді Алг/БЦ және Алг-ПУЛ/БЦ шарларына инкапсуляциялау айтарлықтай қауіпсіздікті қамтамасыз етті ($p < 0,05$). БЦ экзополисахарид негізіндегі микрокапсулалардағы бактериялардың тіршілікке қабілеттілігі 2,41 логарифмдік бірлікке төмендеді, бұл 74% тіршілікті қамтамасыз етеді. Дегенмен, ПУЛ/БЦ— ны жабын материалы ретінде пайдалану төмен рН-тан жоғары қауіпсіздікті қамтамасыз етті, мұндай капсулалардағы жасушалардың 94% тірі қалды.

Целлюлоза инкапсуляция жүйесінің бөлігі болған зерттеулер бактерия жасушаларының тіршілікке қабілеттілігі деңгейі шамамен 83-91% екенін көрсетті [176, 181]. Асқазан сөлінде инкубациядан кейін жасуша титрінің төмендеуі соя протеинінің изоляты, поли-L-лизин/изомальтоолигосахарид сияқты басқа полимерлерден алынған капсулаларда да байқалды [189].

БЦ және ПУЛ/БЦ қатысуымен бактериялардың тіршілікке қабілеттілігінің жоғалуын салыстыра отырып, пребиотикпен қапталған бактериялар модельдік асқазандағы қышқыл жағдайларға қарсы бактерияларға көбірек қорғаныс әсерін тигізетіні анықталды. Бұл Çabuk және басқалар жасаған тұжырымдарға сәйкес келеді [172]. Олардың нәтижелері пробиотикалық жасушалар, асқазан жағдайларында болғаннан кейін, ПУЛ/Сарысу ақуызының қабырғасының аралас материалының қатысуымен жақсы қорғалғанын көрсетті. БЦ желісінде саңылаулар түзіледі, оны ПУЛ-мен блоктау микрокапсуланың қорғаныс қызметінің көрсеткіші. Гельдік желідегі үлкен саңылаулар асқазан-ішек жолында инкапсуляцияланған биобелсенді заттардың тез бөлінуіне әкеледі [190, 191]. Кальций-альгинаты матрицасының ішінде қапталған крахмал түйіршіктері, қышқылдың капсулаларға диффузиясын тоқтата алатынын Iуег және басқалар анықтаған [192].

Асқазан-ішек жолдарының келесі кезеңі – он екі елі ішекті зерттеу барысында жүрді, онда бактерияларды зақымдаушы факторлар (өт тұздары, ұйқы безінің гидролитикалық ферменттері) болған. Капсулалар асқазан сөлінен алынып, он екі елі ішектің модельдік жүйесіне ауыстырылған, содан кейін инкубация процесі (11-сурет) жүргізілді.

2 сағаттық инкубациядан кейін бос жасушалар үшін тірі жасушалар саны 0,64 log КТБ/г төмендеген. Басқа нәтижелерге сәйкес, *L. rhamnosus* өтке жоғары төзімділік көрсеткен [193] және оның тіршілікке қабілеттілігі өгіз өтімен 90 минут әсерлескеннен кейін шамамен 0,5 log КТБ/мл төмендеген [194]. Керісінше, Кару және бірлескен авторлар [195] өтпен өңдеуден кейін LGG тіршілікке қабілеттілігі шамамен 4 және 5 логарифмдік бірлікке төмендегенін тұжырымдаған.

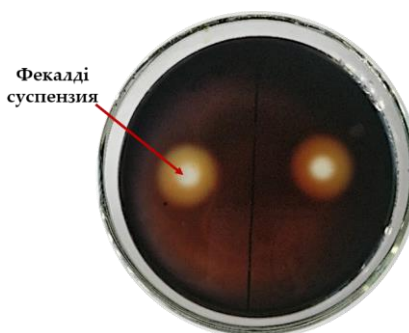
Алг/БЦ қапталған капсулалар жағдайында пробиотикалық жасушалардың саны 6,88-ден 6,42-ге дейін төмендеген, бұл статистикалық маңызды емес ($p > 0,05$). Он екі елі ішектің шырынымен инкубациядан кейін Алг-ПУЛ/БЦ жабыны бар жасушалардың тіршілікке қабілеттілігінің $0,31 \log$ КТБ/г ғана төмендеуі байқалды. Пробиотиктердің тіршілікке қабілеттілігі асқазан мен он екі елі ішектің ерітінділерімен әрекеттескен кезде пропорционалды түрде төмендеген. Бұл Morsy және т.б. [196], онда Алг 2% + антоцианин 0,1% + сарысу ақуызы 2% + ПУЛ 2% + какао майы 1% LGG инкапсуляциясы үшін материалдар ретінде пайдаланған нәтижелерімен сәйкес келді. Өт шырыны 2 сағат бойы әсер еткеннен кейін Алг/БЦ және Алг-ПУЛ/БЦ қапталған микрокапсуляцияланған бактериялардың тіршілікке қабілетті деңгейі тиісінше 69% және 90% құрады. Салыстырмалы алғанда, Afzaal және т.б. зерттеуінде [181] целлюлоза мен хитозан *L. plantarum* инкапсуляциясы үшін тіректік материалдар ретінде қолданылған, өттің әсерінен кейін жасушалардың тіршілікке қабілеттілігі 86% - ға жетті.

Алг-ПУЛ/БЦ микрокапсулалары өт тұздарының ерітіндісімен зақымданудан қорғалды. Мұны саңылаудың аздығымен және қос қабаттың қалың құрылымы болуымен түсіндіруге болады. Бұл өттің инкапсуляцияланған жүйеге енуіне жол бермейді. Юсеф пен басқа авторлардың айтуы бойынша [197], Алг-қа инкапсуляцияланған және карбоксиметилцеллюлозамен қапталған *L. salivarius*-тің тіршілікке қабілеттілігі тек Алг инкапсуляцияланған пробиотиктерге қарағанда, термиялық өңдеу, сақтау және асқазан-ішек жолын имитациялайтын жағдайларда жоғары болады. БЦ ПУЛ пребиотигімен комбинациялау пробиотикалық бактериялардың тіршілікке қабілеттілігін арттырып қана қоймай, сонымен қатар микрокапсулалардың тұтас құрылымын қалыптастыруға ықпал етеді. Үлкенірек микрокапсулалар матрикстің деградация жылдамдығына кішірек капсулалар сияқты әсер етпейді, бұл ұзақ процедура, өйткені олардың бетінің көлеміне қатынасы төмен [198, 199]. Осы мәліметтерге сәйкес, Алг-ПУЛ/БЦ микрокапсулалары АІЖ өту барысында тиімдірек сақталады. Нәтижесінде микрокапсулалар тоқ ішекке кедергісіз жетіп, өздерінің пайдалы қасиеттерін көрсете алады – деп күтілуде.

Тоқ ішек жағдайында LGG тіршілік ету деңгейі

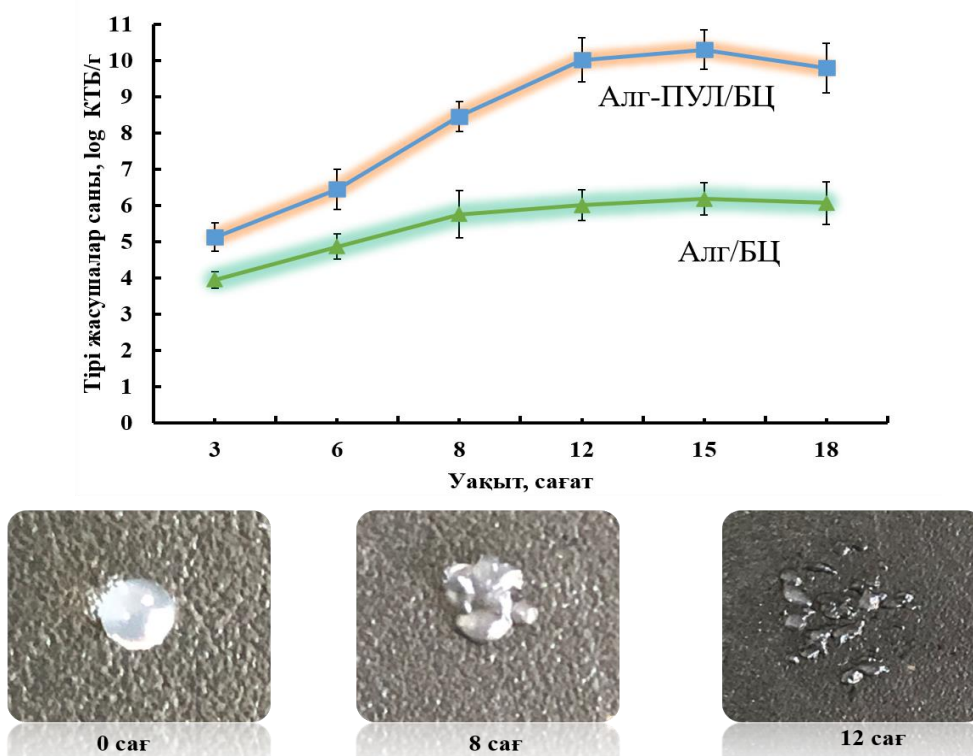
Ішектің жағдайын имитациялайтын *in vitro* жағдайында (7,2 рН + электролиттер) целлюлозамен қапталған капсулалар іс жүзінде жойылған жоқ, өйткені оларды жою үшін жүйені целлюлаза ферментімен өңдеу қажет болады. Бұл фермент дәстүрлі түрде тек өсімдік тағамдарымен қоректенетін күйіс қайыратын жануарлардың және басқа жануарлардың асқазан-ішек жолдарының арнайы бөлімдерінде болатыны белгілі [200]. Алайда, адамның нәжісінде ішектегі микробтық биоқабатында әр түрлі бактериялар, соның ішінде целлюлозолитикалық микроорганизмдер табылған [201]. Осыған орай имитацияланған тоқ ішек шырынына микробтық флорасы мен ферменттері бар фекалды суспензия қосылады.

Целлюлаза белсенділігін анықтау үшін фекалды суспензияны 1% КМЦ субстраты бар агарға орналастырылды, содан кейін Конго қызыл немесе Люголь ерітінділері енізілді [202, 203]. Целлюлаза ферментінің бар болуы, гидролиз аймақтарының пайда болуымен белгіленді, олардың диаметрі орта есеппен 23-26 мм болды, бұл айтарлықтай целлюлаза белсенділігін көрсетті (13 сурет).



Сурет 13 - Фекалді суспензиядағы целлюлаза ферментінің белсенділігі

Инкапсуляцияланған LGG-дың ішекте босатылуын анықтау үшін микрокапсулаларды, рН 7,2 болған фекалды суспензияда және тоқ ішектің шырынына қосып қосымша 18 сағат инкубацияланған. Нәтижелері 14-суретте көрсетілген.



Сурет 14 - Жасанды тоқ ішек сұйықтығына микрокапсулалардан LGG жасушаларының бөліну профилі. Барлық үлгілер тоқ ішекке ауысқанға дейін 4 сағат бойы жасанды асқазан және он екі елі ішектің жасанды сұйықтығына батырылған

Нәтижесінде инкубация уақытының ұлғаюына байланысты босатылған бактериялардың жасушаларының саны артқан. Капсулалардың беті алдымен ісінген, содан кейін олардың саңылаулары ұлғайып, микрокапсулалардан бактериялар босаған, олардың целлюлоза қабығы ферменттің әсерінен біртіндеп жойылған. Алг/БЦ микрокапсулаларынан инкапсуляцияланған пробиотикалық бактериялардың 60% ($3,95 \log$ КТБ/г) тоқ ішекте алғашқы 3 сағат инкубациядан кейін босатылған және 15 сағат ішінде бұл процесс $6,18 \log$ КТБ/г тірі жасушалар санына жеткен. Содан кейін өсу қисығы тегіс сызыққа ауысқан. БЦ микрокапсулаларынан босатылған тірі жасушалардың соңғы саны ($6,42 \log$ КТБ/г), он екі елі ішектің әсерінен кейінгі саннан $0,24 \log$ КТБ/г төмен болған.

Имитацияланған тоқ ішек сұйықтығы + фекалды суспензия эксперимент жағдайында 15 сағаттан кейін Алг-ПУЛ/БЦ капсулаларынан бөлінетін тірі бактериялардың максималды саны – $10,3 \log$ КТБ/г тіркелген. Бұл капсулалардағы "соңғы станцияға" жеткен жасушалардың саны кеміген жоқ, керісінше бастапқы мәнмен салыстырғанда логарифмдік бірлікке $9,35 \log$ КТБ/г дейін өскен.

Аталған құбылыс мұндай "контейнердегі" LGG адамның асқазан-ішек жолдарының қатал жағдайында тіршілікке қабілеттігін жоймай, сонымен қатар капсула ішінде биомасса өндіру қабілетін сақтағанын көрсетеді. Ядрода бактериялар Алг және ПУЛ матриксында таралған, ПУЛ тиімді пребиотик, яғни берілген штамм үшін селективті қоректену көзі ретінде белгілі болды. Осылайша, пробиотикті қолайлы пребиотикпен бірге инкапсуляциялау және одан әрі целлюлозамен жабу пребиотиксіз жеткізу жүйесімен салыстырғанда бактериялардың тіршілікке қабілеттілігін айтарлықтай арттыруға болатынын дәлелдейді [204].

Температуралық стресс жағдайында микрокапсуляцияланған пробиотиктердің тіршілікке қабілеттілігін анықтау

Пробиотикалық функционалдылықтың негізгі талабы тамақ өнімдерін өндіру барсыныда және сақтаудың стрестік жағдайында бактериялардың қалуы. Өндіріс және өндеу кезінде пробиотиктер субстраттың сарқылуы (ашытудың соңы), осмос қысымы, рН төмендеуі және температураның әсері (жоғары температура немесе мұздату) сияқты бірнеше стрестерге ұшырайды [205-207]. Дегенмен, олар тұтыну алдында, сақтау кезінде тірі болуы тиіс, яғни, азық-түлік өндірісінің жағдайына төзімділік, көбінесе пробиотиктерді функционалды тағамдардың көптеген санаттарына қосудың маңызды нүктесі болып табылады [208; 209].

Функционалды тағамдарды өндірудің бірқатар технологияларында пробиотиктер ашыту процесіне қатысады, бұл өнімнің дәмі мен органолептикалық қасиеттерін өзгертеді [210]. Осы қасиеттерді жақсарту үшін қолданылатын технологиялар, пробиотикалық тағамның функционалдығын өзгерте алады. Яғни, функционалды пробиотикалық бактериялардың тағам мен өзара әрекеттесуі қажет. "Тірі"

микроорганизмдерді қосу арқылы, соңғы өнімнің дәмін өзгерте отырып, қайта өңдеу технологиялары пробиотиктің тіршілікке қабілеттілігі мен функционалдығына да әсер етуге болады. Сонымен қатар, пробиотикалық тағам адам ағзасымен бактериялық метаболиттерді, яғни органикалық қышқылдар немесе дәрумендерді өндіру арқылы тікелей пробиотикалық әсер немесе микробтық белсенділікке байланысты бөлінетін тағамның биоактивті компоненттері арқылы жанама (биогендік әсер) өзара әрекеттесуі мүмкін [211]. Пробиотикалық зерттеулер "технология мен функционалдылықты зерттеудің екі тәуелсіз саласын құрайды" деген негіздерді өзгертуді қажет етеді.

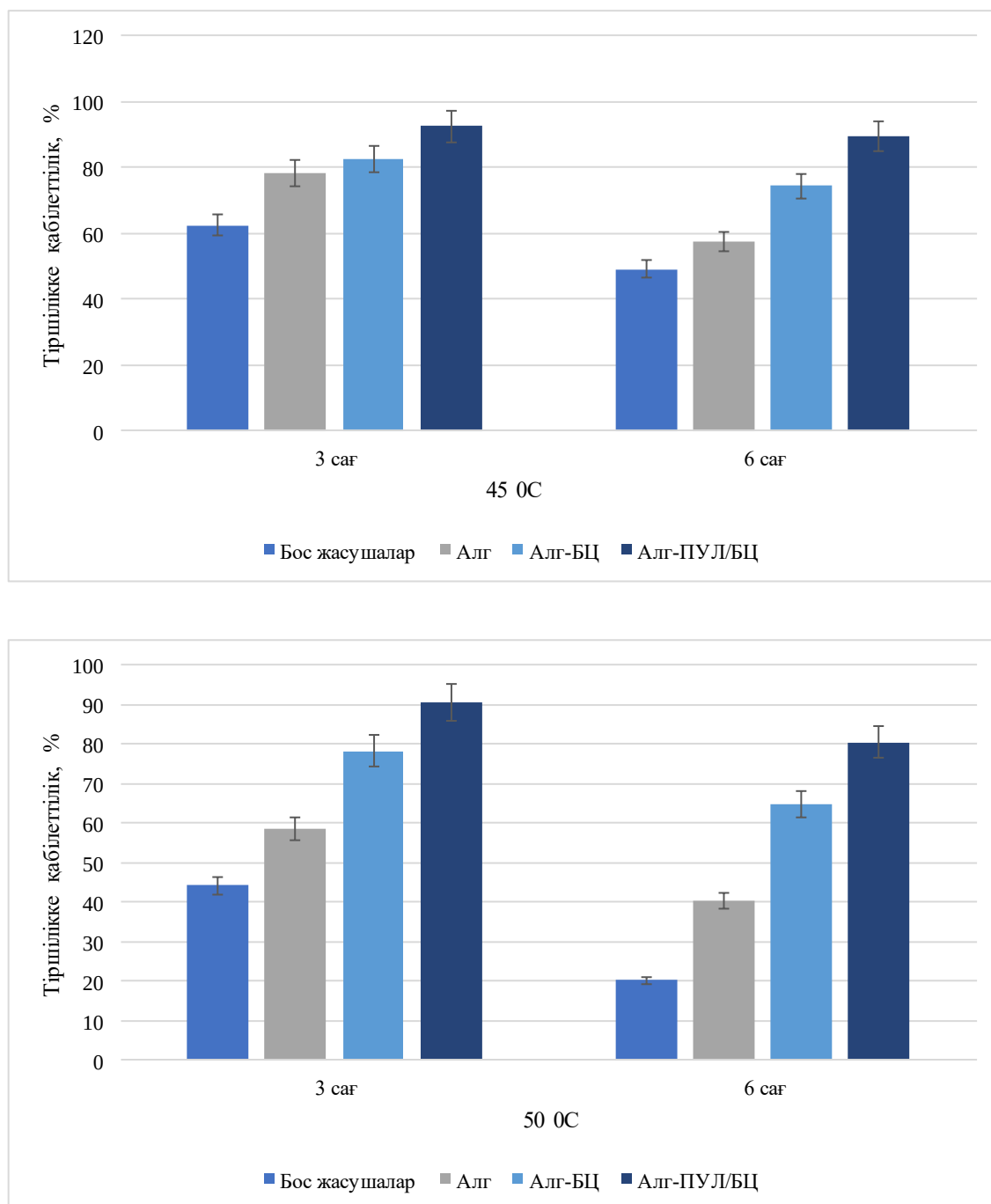
Қазіргі уақытта өндірісте болып жатқан процестер пробиотикалық штамдардың функционалдық көрсеткіштеріне әсер етуі мүмкін екендігі белгілі [212]. Демек, функционалды тағамдарды өңдеу және сақтау, содан кейін ішекте "өңдеу" пайдалы қасиеттерді шектеуі мүмкін [213]. Бұл өндірушілер үшін экономикалық ауыртпашылықты тудырады және пробиотикалық өнімнің тиімділігін төмендетеді. Сонымен қатар, тұрақтылық тек тіршілікке қабілеттілігі тұрғысынан ғана емес, метаболикалық және функционалдық белсенділік тұрғысынан да өнімнің жарамдылық мерзімі ішінде қажетті сенсорлық қасиеттерді сақтау үшін қажет [214].

Йогурт – бұл ең белгілі функционалды тағам, оның жақсы дәмі мен тағамдық қасиеттеріне байланысты ғана емес, сонымен қатар адам денсаулығына пайдалы әсер етумен байланысты. Йогурт денсаулықты бірнеше артықшылықтармен қамтамасыз етеді, соның ішінде лактоза метаболизмін жақсарту, антимулагендік қасиеттер, канцерогендік қасиеттер, гипертонияны емдеу, диареяға қарсы қасиеттер, иммундық жүйені ынталандыру және ішектің қабынуы ауруларының пайда болуын азайту және т.б. [215, 216]. Йогурт өндірісінде сүт, құрғақ сүт, қант, жемістер, бояғыштар, эмульгаторлар, тұрақтандырғыштар және арнайы таза ұйытқы дақылдары сияқты әртүрлі ингредиенттер қолданылады [217].

Ферменттелген сүт өнімдеріне арналған дәстүрлі ұйытқы штамдары *Streptococcus thermophilus* және *Lactobacillus delbrueckii subs bulgaricus* болып табылады және олар асқазан ішек жолдары арқылы өткенде тіршілікке қабілеттілігі төмендейді [218], сондықтан пробиотиктер ретінде маңызды рөл атқармайды, өйткені олар адамның ішегінде колонизациялануға қабілетті емес болып табылады [219]. Осылайша, қазіргі тенденция пробиотикалық әсерді қамтамасыз ету үшін йогурт және басқа сүт өнімдерін ашыту кезінде ұйытқы бактерияларымен бірге басқа пробиотикалық штамдарды қосу болып табылады.

Ашытылған сүт өнімдерін ферментациялау ұйытқы дақылдары үшін оңтайлы температура – 40-50°C. Бұл бөгде микрофлораның дамуына кедергі келтіретін факторлардың бірі. Ашыту әдетте 3-6 сағат ішінде жүзеге асырылады. Алайда, мұндай температура режимі пробиотикке зиян тигізуі мүмкін. Сондықтан олар кейде ашыту процесінен кейін қолданылады. Бұл тағы бір қосымша технологиялық процедура.

Осыған байланысты температуралық стресс жағдайында микрокапсуляцияланған пробиотиктің тіршілікке қабілеттілік деңгейі анықталды. Ол үшін пробиотиктің бос және микроинкапсуляцияланған жасушалары 45⁰С және 50⁰С температурада 3 және 6 сағат ішінде инкубацияланды. Осы эксперименттер сериясында алынған мәліметтер 15-суретте келтірілген.



Сурет 15 - Температуралық стресс жағдайында микрокапсуляцияланған LGG пробиотигінің тіршілікке қабілеттілігі

Зерттеу нәтижелері бойынша жоғары температураның әсерінен бос жасушалардың тіршілікке қабілеттілігі инкубация уақытына байланысты 62,5%-дан 20,2%-ға дейін төмендейтіні байқалды. Алг-ПУЛ/БЦ микрокапсулаларында және бос бактериялар арасындағы тіршілікке қабілеттілік деңгейінде айырмашылықтар ($p < 0,05$) байқалды. Бұл микрокапсулаларда 50°C температурада 6 сағат ішінде пробиотикалық жасушалардың тіршілікке қабілеттілігі бар минималды деңгейі 80,4% құрады. Яғни, жасушалардың жойылуы тек 19,6 % болды. Егер бастапқы дозасы 10^9 КТБ/мл болғанын ескерсек, онда ең "экстремалды" жағдайларда жасушалардың саны 10^7 КТБ/мл болады. Сүт өніміндегі тірі пробиотикалық жасушалардың минималды деңгейі $10^6 - 10^7$ КТБ/мл шегінде болуы қажет [217, 219], мұндай көрсеткіш "тірі" жасушалармен байытылған функционалды өнімдерін өңдеу технологиялық талаптарына толық сай келеді. Сондықтан микрокапсуляцияланған пробиотиктерді ашыту сатысына енгізу арқылы, технологиялық цикл қадамдарын қысқартуға болады және пробиотикті капсулаланған түрде қосудың маңыздылығы өте зор екенін көрсетеді.

Алынған нәтижелерді қорытындылай келе, пробиотиктердің микрокапсуляциясы олардың технологиялық циклінде және адам ағзасында тірі жасушаларға әсер ететін қолайсыз факторларға төзімділік қасиетін қамтамасыз ететін заманауи әдістердің бірі екенін дәлелдейді.

3.4 Бие сүті негізінде ашытылған сүт өнімдерін алу

Бие сүтін сублимациялау және қалпына келтіру

Соңғы уақытта бие сүтінің маңыздылығы барлық жерде, соның ішінде шетелде, әсіресе емдік тамақтану өнімі ретінде артуда. Энергетикалық құндылығы мен қоректік құрамы бойынша бие сүті басқа жануарлардың сүтімен бәсекелесе алады. Бие сүтін қазақтар «саумал» деп атап кеткен. Оның ерекше емдік қасиеттері ежелден бері белгілі, құрамы бойынша бие сүті ана сүтіне жақын және сиыр сүтіне қарағанда тез қорытылатын қасиетімен белгілі [128, 220, 221].

Бие сүтінің негізінде әр түрлі өнімдерді өндіруге болады, сүт шикізатын өңдеу технологиясы, биенің лактациясы кезінде, жылдың әр мезгілі мен айларында сүттің химиялық құрамы мен технологиялық қасиеттерін тұрақтандыру мәселелерін зерттеумен шектейді. Қазақстандағы жылқы фермаларының аздығын және бие сүтін сақтаудың қысқа мерзімін ескере отырып, жаңа құрама өнімдерді тұрақты өндіру үшін бие сүтін құрғақ пайдалану ыңғайлы болып табылады. Осыған байланысты бие сүті мол болған кезде, оны жазда кептіру арқылы жинауға болады. Кептірудің ең жұмсақ әдісі - сублимация, бұл тек макро- және микроэлементтерді ғана емес, сонымен қатар организмнің өсуі мен дамуында маңызды рөл атқаратын биорегулятор функциясы бар заттарды өзгеріссіз сақтауға мүмкіндік береді [222-224].

Сублимация арқылы кептіру сүтті ұнтаққа айналдырады, содан кейін кез келген концентрациядағы сүтті жасауға болады. Сублимация арқылы жаңа сауылған сүттің қасиеттерін сақтай отырып, құрғақ ұнтақ тәрізді күйге айналдырады. Осы күйде сақтау мерзімі ұлғаяды. Аталған технологиялық әдіс, бие сүтінің пайдалы қасиеттерін сақтауға септігін тигізеді. 1 литр сүттен 95 грамм өнім сублимацияланады.

Құрғақ бие сүтін алу технологиясы – 50 °С температурада 2 сағат бойы қатты мұздату арқылы жүзеге асырылды, содан кейін мұздатылған шикізат вакуумдық сублиматор камерасына, 30°С жоғары емес температурада, 10-15 сағат ішінде жіберілді.

Сублимацияланып кептірілген сүт – тұтас бие сүтінен жасалған және тағам сапасына қойылатын барлық талаптарға сәйкес келетін жағымды сүтті иісі бар ақ ұнтақ болды. 100 г мұздатылған кептірілген сүттің тағамдық құндылығы: ақуыздар – 17 г, майлар-11 г, көмірсулар – 61 г. Энергетикалық құндылығы – 390 ккал/1472 кДж тең.

Мұздатылған, кептірілген сүт құрамы бойынша оңтайландырылған және жылдың кез-келген маусымында қол жетімді келеді, бірақ қолданар алдында оны қалпына келтіру қажет.

Қазіргі заманда сиыр сүтінің ұнтағын қалпына келтірудің әр түрлі әдістері бар. Алайда құрғақ бие сүтін (ҚБС) қалпына келтіру бойынша деректері жоқ.

Әдетте, тұтынушылық деңгейде қалпына келтірілген сүтті алу үшін 8-9 ас қасық (125 г) құрғақ сүтті алып, 35-40°С температурада аз мөлшерде суға араластыру әдісі бар. Содан кейін суды біртіндеп қосып, 1 литрге дейін жеткізеді, үздіксіз араластырып, қайнатады [225]. Бұл әдістің кемшілігі – қайнаған кезде сүттің сарысу ақуыздарының табиғи қасиеттері жоғалып, дәрумендердің мөлшері азаяды (мысалы, С дәруменінің жоғалуы 70% дейін жетеді), бұл сүттің тағамдық құндылығының төмендеуіне әкеледі.

ҚБС-ты қалпына келтіру үшін, құрғақ сүтті суда еріту араластырғышпен үнемі араластыруды, 65-75°С температураға дейін біртіндеп қыздыруды қамтитын әдіс қолданылады. Содан кейін, сүт 30-90 минутқа қойылады және 24°С дейін бөлме температурасында салқындатылады немесе бөлме температурасына 20-24°С дейін салқындатылады. Осы уақыт ішінде ақуыз фракциясы бұқтырылынып, сүттің қасиеттері пайда болады дәмі және иісі табиғи сүтке жақын келеді [226]. Алайда, мұндай сүтті ашыту кезінде сұйық сүт өнімі пайда болады. Сондықтан, оны одан әрі қалпына келтіру және ашытылған сүт өнімдерін алу үшін негіз ретінде оңтайлы ҚБС массасын таңдау бойынша бірқатар эксперименттер жүргізілді.

Ақуыздардың қажетті дәрежеде бөртуіне, қалыпты тығыздығы мен тұтқырлығына/қоюлығына қол жеткізу үшін құрғақ ұнтақ пен судың дұрыс пропорцияларын таңдау маңызды. Қалпына келтірілгеннен кейін бірнеше сағат ішінде құрғақ сүт пен судың пропорцияларын дұрыс таңдамаған кезде сарысу сүттен бөлініп, артық суды көрсетеді және сүттегі сулануға әкеледі.

Ол үшін 100 мл суда әртүрлі массалармен (5 г ретпен) ҚБС ерітіледі, қоспа біртіндеп 65-75°C температураға дейін қыздырылып және бөлме температурасында 30-60 минут салқындатылады. Эксперимент нәтижелері 10-кестеде келтірілген.

Кесте 10 – Қалпына келтірілген бие сүтінің органолептикалық көрсеткіштері

Варианты	Құрғақ бие сүтінің массасы 100 мл суға, г	Сыртқы түрі мен консистенциясы	Түсі	Иісі	Дәмі
1	5	Біртекті, сұйық, аздап тұнбасы бар, 3,5 сағат сақтағаннан кейін сарысудың бөлінуі байқалады	Сүтті ақ	Әлсіз сүт иісі	Сулы дәмі
2	10	Біртекті, 5,5 сағат сақтағаннан кейін сарысудың бөлінуі байқалады	Сүтті ақ	Әлсіз сүт иісі	Әлсіз сулы дәм
3	15	Біртекті, 8 сағат сақтағаннан кейін сарысудың бөлінуі байқалады	Сүтті ақ	Әлсіз сүт иісі	Әлсіз сулы дәм
4	20	Біртекті	Көкшіл реңктері бар сүтті ақ	Ашыған сүт иісі	Бие сүтіне тән ашытылған сүт дәмі
5	25	Біртекті, қою	Көкшіл реңктері бар сүтті ақ	Ашыған сүт иісі	Бие сүтіне тән ашытылған сүт дәмі
6	30	Біртекті, қою	Көкшіл реңктері бар сүтті ақ	Ашыған сүт иісі	Бие сүтіне тән ашытылған сүт дәмі

Зерттеу нәтижелері бойынша, ҚБС қалпына келтірілгенде, көп жағдайда сұйық және біртекті консистенцияның үлгілері алынады. Бірінші нұсқада қалпына келтірілген ҚБС сулы дәм мен жарамсыз иісті болады. 2, 3 нұсқаларында 3,5 және 5,5 сағаттан кейін ақ тұнба түзеледі, фазалар бөлініп, сарысу пайда болады. ҚБС массасының 15 г дейін ұлғаюымен консистенция біртекті келеді, бірақ 8 сағат сақтағаннан кейін қабыршақтың пайда болуы байқалады. 4-6 нұсқалары органолептикалық көрсеткіштер бойынша оңтайлы болып шықты.

Осыған байланысты ҚБС қалпына келтіру үшін 4 түпнұсқа таңдалды, бұл үлгі экономикалық тұрғыдан тиімді (100 мл суға 20 г ҚБС).

Қалпына келтірілген бие сүтінің физика-химиялық көрсеткіштері "Экомилк" МИЛКАНА КАМ 98-2а сүтінің сапа анализаторында балғын сүт

көрсеткіштерімен салыстыру барысында анықталды. Оның қышқылдық, тығыздық, құрғақ майсыз қалдық пен құрғақ заттардың массалық үлесі, сондай-ақ ақуыздар, майлар, көмірсулар және энергетикалық құндылықтары анықталды (11 кестеде).

Кесте 11 – Балғын және қалпына келтірілген бие сүтінің физика-химиялық көрсеткіштері және тағамдық құндылығы

Көрсеткіштердің атауы, өлшем бірліктері	Балғын бие сүі	Қалпына келтірілген бие сүті
Физико-химикалық көрсеткіштер		
Құрғақ заттардың массалық үлесі, %	9,6±0,28	9,1±0,27
Құрғақ майсыз сүт қалдықтарының (ҚМСҚ) массалық үлесі, %	7,97±0,23	7,80±0,23
Қышқылдық, °Т	5,4	5,2
Тығыздық, кг/м ³	1035	1032
Тағамдық құндылығы, г/100 г		
Ақуыздар	2,27±0,03	2,20±0,05
Майлар	1,76±0,01	1,70±0,02
Көмірсулар	5,39±0,23	5,34±0,21
Энергетикалық құндылығы, ккал/кДж /100 г	46,48/194,28	45,46/190,02

Қалпына келтірілген бие сүтінің зерттелген көрсеткіштері статистикалық тұрғыдан ерекшеленбеді ($p \geq 0,05$). Тағамдық құндылығы, яғни қалпына келтірілген бие сүтіндегі ақуыздар, майлар мен көмірсулардың мөлшері олардың қалыпты, табиғи жағдайдағы мөлшерінен кем түспеді. Осы нәтижелерге сүйене отырып, жаңа өнімдер өндірісінде құрғақ бие сүті негізінде жасауға болатындығы анықталды.

Сүтті негіздің оңтайлы құрамын алу

Өнеркәсіптік өндірісте сүтті стандарттауда келесі әдістер қолданылады: майдың бір бөлігін алып тастау; сүтті майсыз сүтпен араластыру; сүт немесе майсыз сүтке кілегей қосу; жоғарыда аталған кейбір әдістерді біріктіретін аралас үдерістерде кездеседі.

Құрғақ заттардың немесе құрғақ майсыз заттардың массалық үлесі бойынша сүтті нормализациялау стандартты құрамдағы сүт өнімдерін алу мақсатында жүргізіледі.

ҚБС ашыту кезінде белгілі бір дәмі мен иісі бар өте сұйық және әртекті сүт өнімі алынғандықтан, майсыз сиыр сүтінің белгілі бір мөлшерін қосымша қолдану туралы шешім қабылданды. Бұл процедура өнімдегі құрғақ заттардың массалық үлесін арттыру, сүт консистенциясын жақсарту, сондай-ақ алынған өнімнің дәмін жақсарту үшін жүзеге асырылды [227].

Йогурт және басқа сүт өнімдердің өндірісінде ҚМС-ті (құрғақ майсыз сүт) нормативтік құжаттамада қарастырылғандай белгілі бір концентрацияда қолдану және өнеркәсіптік жағдайларда кеңінен қолданылады [228]. Сондықтан қалпына келтірілген, бие сүтін ҚМС-пен байыту мүмкіндігін

зерттеу жүргізілді. Құрғақ майсыз сүттің химиялық құрамы, %: ақуыздың массалық үлесі – 34,0; май – 1,5; құрғақ зат – 95,0 және көмірсулар – 50.

Сүтті негіздің барлық тәжірибелік және бақылау үлгілерін, дәстүрлі йогуртты жасау технологиясымен стандартты жағдайда ашытуға болады. Құрамында лактобактериялар мен сүтқышқылды стрептококктарының штамдары бар йогурт үшін стандартты ұйытқы қолданылып, 42-43°C температурада ашытылды. Сүтті негізін ашыту кезінде ҚМС мөлшерінің йогурттың құрамына әсер етуі 12-кестеде келтірілген.

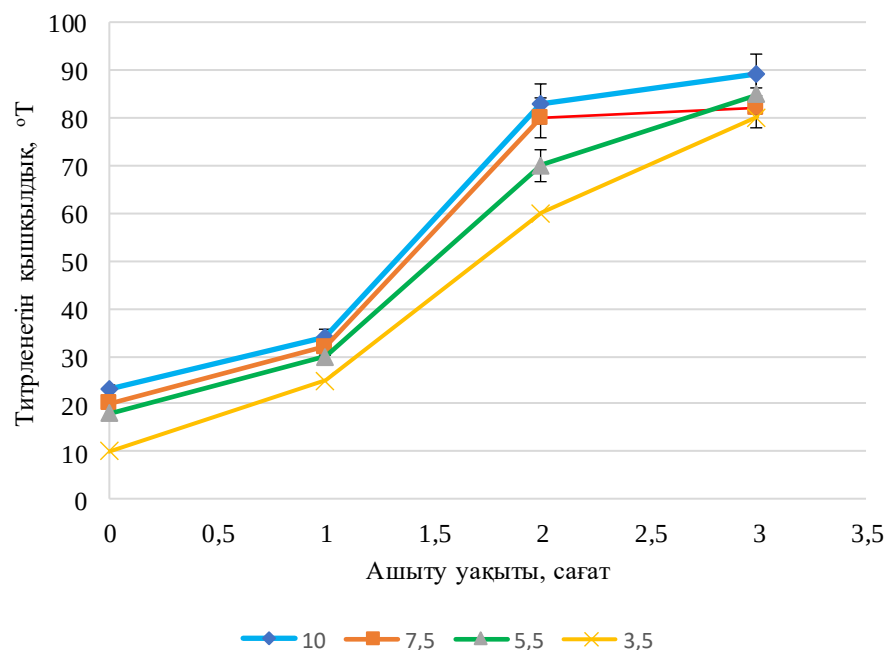
Кесте 12 - ҚМС мөлшерінің сүтті негізінің химиялық құрамы мен көрсеткіштеріне әсері

Енгізілген ҚМС дозасы, %	Массалық үлесі, %			Тығыздық, кг/м ³	Титрленетін қышқылдық, °Т
	құрғақ заттың	майдың	ақуыздың		
Бақылау (ҚБС)					
-	11,91±1,33	2,03±0,17	1,9±0,11	1030,2±10,4	6,1±1,23
3,5	14,11±1,23	2,13±0,15	2,9±0,18	1040,1±11,3	11,1±1,23
5,5	14,87±1,31	2,12±0,16	3,2±0,31	1045,2±10,5	19,0±0,2
7,5	16,25±1,77	2,11±0,21	4,15±0,39	1054,2±11,2	20,1±0,21
10	18,12±1,59	2,01±0,19	4,99±0,47	1066,9±11,3	31,29±0,22
Ескерту: $p > 0,05$					

Қалпына келтірілген бие сүтін байыту ҚМС құрғақ зат пен ақуыздың массалық үлесін арттырды. Бұл параметрлердің максималды мәндері 10% ҚМС қосқанда байқалды, бірақ бұл титрленетін қышқылдықтың 30°Т және одан көп жоғарылауымен қатар жүрді. Сондықтан қоспаны құрғақ затпен тиісінше 35,4% және 48,7% және ақуызбен 89,7% және 122,0% байытуды қамтамасыз ететін 5,5% және 7,5% ҚМС қосылған нұсқаларды ең қолайлы деп санауға болады, қоспаның қышқылдығы 20°Т-ден аспайтын жағдайларда қолданылды.

Йогурт ашытылған сүт өнімі болғандықтан, оның қышқылдығы 75°Т – тан 80°Т-ге дейін болуы мүмкін. Титрленетін қышқылдық – физика-химиялық көрсеткіші, сутегі иондарының белсенділігінің көрсеткішіне тең болады. Титрленетін қышқылдық 3,5 – 10% ҚМС арасында қосылған өнім үлгілерінде анықталды

16-суретте әр түрлі мөлшердегі ҚМС бар сүтті негіздің титрленген қышқылдықтың динамикасы келтірілген.



Сурет 16 - ҚМС мөлшерінің ферменттелген қалпына келтірілген бие сүтінің титрленетін қышқылдығына әсері

Ашыту процесінің қарқындылығын анықтау арқылы қалпына келтірілген бие сүтін 7,5% мөлшерінде қолдану нұсқасының артықшылығы көрсетілді: 80°Т қышқылдық деңгейіне екі сағат ішінде жетті. Бұл қышқылдық деңгейіне жету үшін 3,5% ҚМС қосылған нұсқаға бір сағатқа көп уақыт қажет болды, сол уақыт аралығында 85°Т қышқылдық көрсеткіші екінші нұсқада - 5,5% ҚМС деп белгіленді.

Кесте 13 – ҚБС және ҚМС комбинациясы сынамаларының органолептикалық көрсеткіштері

Көрсеткіштердің атауы	Қалпына келтірілген ҚБС	Енгізілген ҚМС мөлшері, %			
		3,5	5,5	7,5	10
Сыртқы түрі	Біртекті сұйықтық, тұнбасыз	Біртекті сұйықтық, тұнбасыз	Біртекті сұйықтық, тұнбасыз	Біртекті сұйықтық, тұнбасыз	Біртекті сұйықтық, тұнбасыз
Дәмі, иісі	Бие сүтіне тән, бөтен дәм мен иіссіз	Бие сүтіне тән, сәл тәтті дәм	Бие сүтіне тән, сәл тәтті дәм	Бие сүтіне тән, сәл тәтті дәм	Бие сүтіне тән сиырдың дәмі мен иісі бар
Түсі	Көкшіл реңкі бар ақ	Сүтті-ақ	Көкшіл түсі бар ақ	Ақшыл кілегейлі түсті ақ	Кілегейлі түсті ақ

Сонымен қатар, сүт негізінен алынған композицияларының органолептикалық сипаттамасы бағаланды. Нәтижелер сүт қоспасының дәмі, иісі мен түсінің көрсеткіштері ҚБС мен ҚМС араласқан пропорцияларға байланысты өзгергенін көрсетті (13 – кесте).

Алынған нәтижелерді қорытындылай келе, ең жарамды нұсқа-7,5% ҚБС байыту болды. Оны жоғары концентрацияда (10%) қолданған кезде сүт негізінің титрленетін қышқылдығы күрт өседі, ал өнім йогурттың дәмдік талаптарына сәйкес келмейді және құрғақ сүттің айқын дәмі пайда болады.

Сенсорлық бағалау кезінде 7,5% ҚМС-мен байытылған дайын өнім ең жағымды дәм мен иіске ие болған, сонымен қатар, қою консистенциялы келді. Осы үлгідегі құрғақ заттардың массалық үлесі 14-16% дейін артты. Қалпына келтірілген, ҚМС қосылмаған ҚБС өнімінің бақылау үлгісі түбінде тұнбасы бар сұйық және әртекті консистенцияда болды.

Келесі кезеңде сүттің ферментациясын жүргізетін ұйытқылар таңдалды.

Йогурт ұйытқысын таңдау

Сүт өнімін жақсы дәммен, консистенциямен және хош иіспен қамтамасыз ету үшін ашытылған сүт өніміне өндірістік ұйытқы қосу қажет. Ұйытқы – микроорганизмдердің, көбі ашыту процесін тудыратын бактериялардың қосындысынан тұрады. Ұйытқылар қышқыл түзуші белсенділігі жоғары сүт қышқылды бактериялардың белгілі бір туыс өкілдері. Сонымен қатар, ұйытқы құрамына кіретін бактериялардың дақылдары патогенді және улы болмауы шарт, патогендік микрофлораға қатысты микробқа қарсы белсенділікке ие болуы қажет.

Ашытылған сүт өнімдерінің сапалық көрсеткіштерінің бірі – ұю жылдамдығы. Ұю жылдамдығы немесе ұйыған бөліктің қышқылдық өсу жылдамдығы соңғы өнімнің органолептикалық көрсеткіштеріне көп әсер етеді және маңызды технологиялық фактор болып табылады [229]. Ашыту үдерісінде, ұйыған бөліктің қышқылдық өсу жылдамдығы бірдей болуы керек. Егер ұйыған бөліктің қышқылдығы біркелкі өспесе және ұйыту осы өндіріс жағдайларына қарағанда ұзағырақ өтсе, онда ұйыған бөлік губка тәріздес, өте әлсіз болады және әрі қарай өңдеу барысында оңай майдаланады [230, 231].

Осыған байланысты, оңтайлы органолептикалық қасиеттері бар ашытылған сүт өнімдерін алу үшін келесі кезеңде ең жақсы ұйыту белсенділігі бар ұйытқылар таңдалды. Ұйытқылардың сипаттамасы 14 - кестеде келтірілген.

Кесте 14 – Йогурт өнімін өндіру үшін қолданылатын ұйытқылардың түрлері

Атауы, өндіруші	Құрамы	Алматы қ. бағасы / 1 г үшін құны
1	2	3
YO-MIX 601 200 DCU, DANISCO Франция	<i>Streptococcus thermophilus</i> u <i>Lactobacillus delbruckii ssp. bulgaricus</i>	7102 тг/60 г 118,36 тг/г

14 Кестенің жалғасы

1	2	3
YOGURT IMMUNITY, YOLACTIS Қазақстан	<i>Streptococcus thermophilus</i> ; <i>Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus</i> , <i>Lactobacillus acidophilus</i> , <i>Lactobacillus casei</i> , <i>Lactobacillus rhamnosus</i> , <i>Lactobacillus paracasei</i> , <i>Lactobacillus plantarum</i>); <i>Bifidobacterium (lactis, longum)</i> .	1590 тг/4 г 397,5 тг/г
Ұйытқы YOGURT, VIVO, Украина	<i>Streptococcus thermophilus</i> <i>Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus</i> <i>Lactobacillus acidophilus</i> <i>Bifidobacterium lactis</i>	1750 тг/2г 875 тг/г

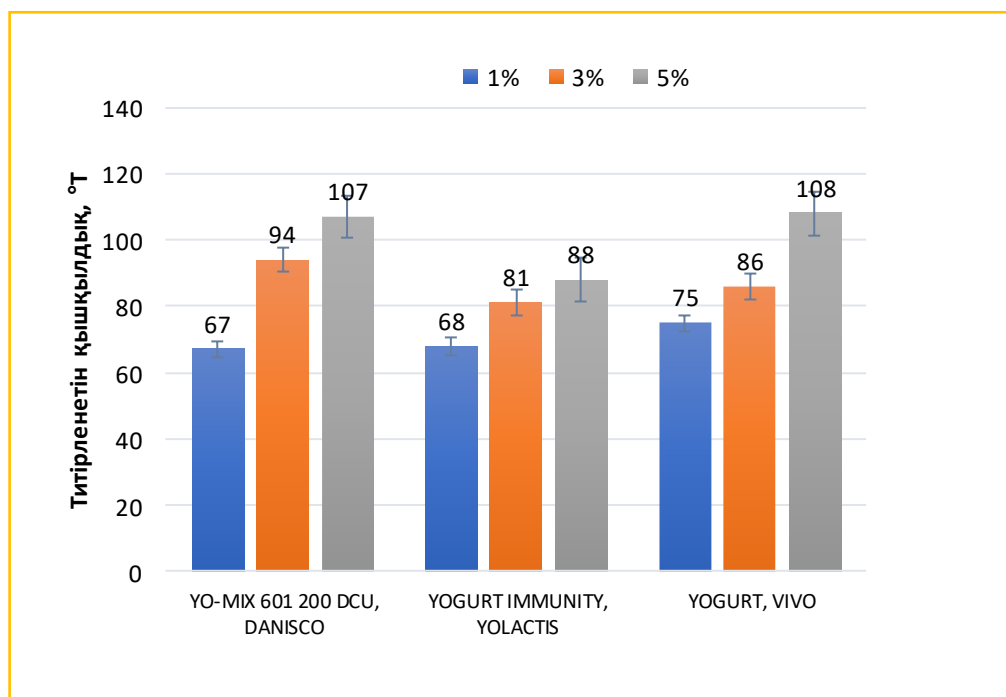
Жоғарыда аталған ұйытқылардың барлығы тікелей қолдану үшін арналған, ашытудың оңтайлы температурасы 38-ден 42°C-қа тең. Қазақстан нарығындағы ұйытқылардың бағасы 1590 теңгеден 7102 теңгеге дейін кездеседі. Ұйытқылардың құрамындағы сүтқышқылды бактерияларының әртүрлі топтарымен көрсетілген және 15-кестеде сипатталған.

Кесте 15 – Ұйытқы құрамына кіретін микроорганизмдердің сипаттамасы

Микроорганизмнің түрі	Жасуша морфологиясы	Сүттегі белсенділігі	Тағамдық өнімдер	Қолданылуы
1	2	3	4	5
<i>Streptococcus salivarius ssp. thermophilus</i> (термофильді стрептококк – <i>S. thermophilus</i>)	Сопақша немесе сфералық пішінді, жасуша диаметрі 0,7-1,0 мкм, көбінесе ұзын тізбектерге қосылады.	Белсенді штамдар сүтті оңтайлы 40-42°C температурада 3,5–4 сағат ішінде ұйытады. Өсудің температуралық диапазоны 20-50°C құрайды. Қышқыл түзудің шегі 100-115°Т-ден аспайды.	Ряженкалар, варенецтер, йогурт, екінші қыздыру температурасы жоғары ірімшіктер	Лактоза жеткіліксіздігінде ол қышқылдандыратын әсерге ие, патогендік микроорганизмдерге қарсы бактерицидтік әсерді қамтамасыз етеді, сонымен қатар регургитацияның (срыгивание) алдын алу және емдеу үшін полисахаридтерді синтездеуге және шығаруға қабілетті
<i>Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus</i> (болгар таяқшасы, немесе <i>L. bulgaricus</i>)	Ұзын және қысқа таяқшалар (5-20) x (0,8–1,0) мкм.	Оңтайлы өсу температурасы-40-45°C. Сүт 4-6 сағатта	Йогурттар, простаквашалар, ірімшіктер	Иммуностимуляторлық әсер көрсетеді және асқазан-ішек жолынан өткенде өмір сүре алады

1	2	3	4	5
		ұйиды. Сүттің шекті қышқылдығы 200-350°Т жетеді. Сүт ұйығышы шаншу немесе қатты тұтқыр, шырышты консистенцияға ие болуы мүмкін.		
<i>Lactobacillus acidophilus</i> (ацидофильді таяқша)	Ұзын және қысқа таяқшалар 3-40 мкм және қалыңдығы 1,0-1,5 мкм	Оңтайлы өсу температурасы-37-38°С. Сүт 5-8 сағат ішінде коагуляцияланады, сүттің шекті қышқылдығы-260-280°Т. Кейбір штамдар шырышты ұйығыш түзеді.	Ацидофилин, ацидофильді сүт, балаларға арналған ашытылған сүт өнімдері	Ацидофильді таяқша шірік, шартты патогенді және патогенді микрофлораға қатысты жоғары антагонистік белсенділікке ие. Ол екі бактериоциногенді және ацидофилин және лактоцидин шығарады.

17-суретте ұйытқылардың үш түрін қолдана отырып, аралас сүт негізін ашыту туралы мәліметтер келтірілген.



Сурет 17 - Әр түрлі ұйытқылардың және олардың концентрациясының сүт негізін 6 сағат бойы ұйыту кезінде қышқыл тұзу белсенділігіне әсері (1% -5% - қолданылатын ұйытқы мөлшері)

Ұсынылған мәліметтерден көріп отырғандай, ұйытқылардың барлық 3 түрін 3% және одан жоғары мөлшерде енгізген кезде өнімнің қышқылдығы артады. Йогурттың барлық үш үлгісі тұрақты ұйыған және орташа сұйық концентрацияда болды, бірақ 3% және 5% ұйытқы қосылған үлгілер қышқыл дәмді болды.

YO-MIX 601 200 DCU, DANISCO ұйытқысымен ашытылған кезде, максималды қышқылдығы 5% концентрацияда 107°Т-ге жетті. 1% концентрацияда алынған нұсқада ең жақсы дәмдік қасиеттер болды. Ол кілегейлі, жұмсақ және нәзік дәмді келді.

YOGURT IMMUNITY, YOLACTIS ұйытқыларын қолданғанда қышқылдық тұзу белсенділігі баяу артты, ашытылған сүтті негіз қажетті консистенцияны қалыптастырмады, сонымен қатар, алынған өнім қышқыл дәмді болды.

YOGURT, VIVO ұйытқысы, қышқылдықтың тез көтерілуіне мүмкіндік берді, ал 4-5 сағаттан кейін өнімде сұйық ашытылған сүт өніміне тән ұйыған фаза пайда болды. YOGURT ұйытқысымен ашыту кезінде максималды қышқылдығы 108°Т құрады (ұйытқы 5% мөлшерінде енгізілді).

Әр түрлі ашытылған йогурттың органолептикалық сипаттамасы 16-кестеде келтірілген.

Кесте 16 – Йогуртты ұйытқылардың әртүрлі түрлерімен 6 сағат ұйытқаннан кейінгі ашытылған сүт негізінің органолептикалық сипаттамасы

Ұйытқылар түрі	Дәмі және иісі	Түсі	Консистенциясы
YO-MIX 601 200 DCU, DANISCO	Ашыған сүтті	Кілегейлі	Біртекті, орташа-сұйық орта болды
YOGURT IMMUNITY, YOLACTIS	Ашылау	Ақ	Біртекті емес, жарма пайда болды
Ұйытқы YOGURT, VIVO	Ашылау	Ақ	Ұйыған, өнімнің бетінде, орташа тұтқырлық пайда болды

Ең жақсы органолептикалық көрсеткіштерге YO-MIX 601 200 DCU, DANISCO ұйытқысы бар йогурт үлгісі ие болды.

Осылайша, құрамында 7,5% ҚМС бар ҚБС негізінде йогурт дайындау технологиясын әзірлеу барысында ұйытқылардың 3 түрі сынақтан өткізілді. Йогурт стартерлеріне сүт қышқылы микроорганизмдерінің әр түрлі комбинациясы кірді. Ұйытқыны оңтайлы YO-MIX 601 200 DCU қамтитын *Streptococcus thermophilus* және *Lactobacillus delbruckii* 1% мөлшерінде енгізілді. Микроорганизмдердің осы комбинациясын қолдану жеткілікті қою консистенциялы, тығыз ұйыған және тұрақты хош иісі бар, сондай-ақ біртекті құрылымы мен жұмсақ дәмі бар йогурт алуға мүмкіндік берді. Жүргізілген жұмыстардың негізінде зерттеулер барысында байытылған йогуртты өндіру кезінде YO-MIX 601 200 DCU, DANISCO ұйытқысын пайдалану туралы шешім қабылданды.

Сүзбе пастасын алу үшін ұйытқы дақылдарын таңдау

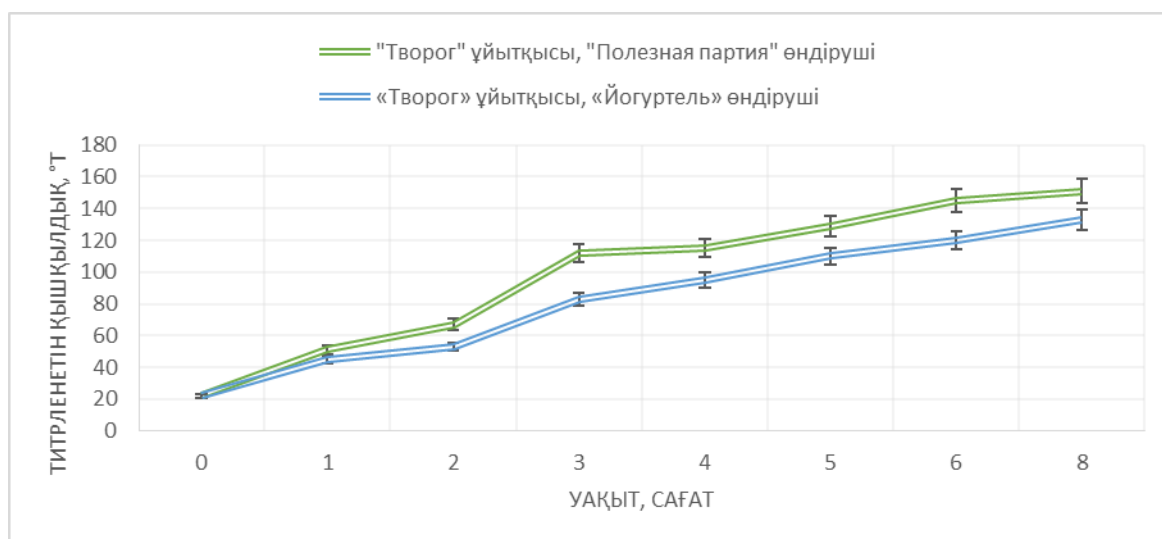
Тұтынушылардың арасында ең сұранысқа ие, маңызды тағам өнімдері болып сүзбе және сүзбе пастасы екені белгілі, оны алу үшін сүтті ұйытып, ұйыған сүттен сарысуын бөліп тастайды. Сүзбе пастасын алу үшін ұйытқының екі түрі пайдаланылды, олардың сипаттамасы 17-кестеде келтірілген.

Кесте 17 – Сүзбе пастасын ашыту үшін қолданылатын ұйытқы түрлері

Атауы, өндіруші	Құрамы	Алматы қ. бағасы / 1 г үшін құны
Творог, Полезная партия Ресей	<i>Streptococcus salivarius ssp. thermophilus</i> , <i>Lactococcus lactis subsp. lactis</i>	1370 тг/15 г 91,33 тг/г
Творог, Йогуртель Ресей	<i>Lactococcus lactis subsp. diacetylactis</i> , <i>Lactococcus lactis subsp. cremoris</i> , <i>Lactococcus lactis subsp. lactis</i>	2543 тг/5 г 508,6 тг/г

Сүтке ұйытқылар өндірушінің нұсқауларына сәйкес енгізілді. 18-суретте

аралас сүт қоспасын әр түрлі сүзбе стартерлерімен 32°C температурада 6 сағат бойы ұйыту кезінде пастаның қышқылдығының өзгеруі көрсетілген.



Сурет 18 - Сүтті негізді 8 сағат бойы ашыту кезінде сүзбе ұйытқысының қышқыл тұзу белсенділігі

"Йогуртель" өндірушісінің "Творог" ұйытқысын енгізген кезде, титрленетін қышқылдықтың баяу жиналуы байқалды. Осы ұйытқыны енгізу арқылы алынған сүтқышқылды өнімдері әлсіз ұйығыштың және қышқылдық тұзу белсенділігін төмен жылдамдығымен ерекшеленді, ашытудың 6-шы сағатында ғана сүт ұйындысының түзілуі байқалды. Сонымен қатар, 8 сағат ішінде сүтті негізді ашытуды қолдану арқылы айқын қышқыл дәм мен иістің пайда болуы байқалды.

"Полезная партия" ұйытқысын пайдалану титрленетін қышқыл тұзу белсенділігінің артуына және сүзбе өнімдерін одан әрі өндіру үшін қажетті тығыздықты ұйығыштың пайда болуына әкелді.

Осылайша, 18-суретке сәйкес сүзбе алу үшін ұйытқылардың екі түрі сынақтан өтті: «Йогуртель» және "Полезная партия". Екі ұйытқымен ашытудың 5-ші сағатында сүзбенің титрленетін қышқылдығы 100°Т-ден асты. "Йогуртель" ұйытқысын енгізу қышқылды дәм мен иістің пайда болуына ықпал етті, бұл тұтынушылардың өнімге деген сұранысының төмендеуіне әкелді.

Кесте 18 – Ашытылған сүзбе пастасының органолептикалық көрсеткіштері

Ұйытқылар түрі	Дәмі және иісі	Түсі	Консистенциясы
"Творог" ұйытқысы, "Полезная партия" өндіруші	Ашыған сүтті	Ақ, кілегейлі түспен бірге	Біртекті, нәзік, жағылатын
«Творог» ұйытқысы, «Йогуртель» өндіруші	Қышқыл	Ақ	Біртекті, жұмсақ, сұйықтығы жоғары

Әрі қарай, тәжірибеден өткен екі ұйытқы сынамасынан алынған сүзбе массасының органолептикалық көрсеткіштері бағаланды. Нәтижелер 18-кестеде келтірілген.

Алынған мәліметтерге сәйкес, органолептикалық сипаттамаларына сәйкес, "Полезная партия" өндірушісінің "Творог" ұйытқысына негізделген сүзбе пастасы жағымды дәм мен иіске, біртекті және нәзік консистенцияға ие болды. "Йогуртель" өндірушісінің "Творог" ұйытқысымен ашытылған сүзбе пастасы, қышқыл дәмі мен жұмсақ, сұйық консистенциясымен сипатталды. Өнімнің қышқылдығын, консистенциясын және дәмдік қасиеттерін жоғарылату жылдамдығын ескере отырып, сүзбе пастасын дайындауда "Полезная партия" өндірушісінің ұйытқысын енгізу қолайлы болып көрінді.

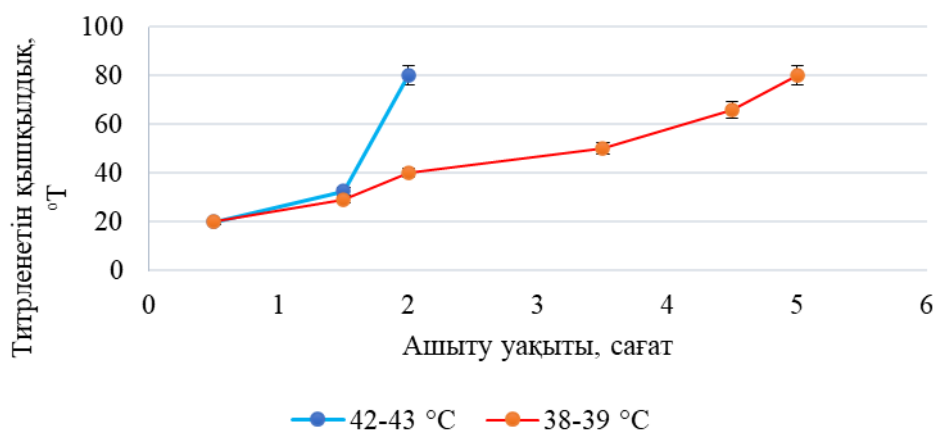
Ары қарай ашыту процесінің температуралық режимдерін таңдау үшін зерттеулер жүргізілді.

Сүтті негізді ашыту температурасының режимдерін таңдау

Ашытылған сүт өнімдерін алуда ашыту температурасы үлкен рөл атқарды. Қолайсыз ортаға түскенде, яғни төмен немесе жоғары температураның кенеттен өзгеруі, ұйытқы бактерияларының "қорғануға" мүмкіндіктері жетпейді. Сол үшін, олар шырышты заттарды, полисахаридтерді бөледі. Осы полисахаридтердің арқасында йогурттың консистенциясы тұтқыр келеді. Бұл заттар негізінен қауіпсіз, яғни осындай "сұйық" йогурттарды жеуге болады.

Тұтқырлықпен күресу үшін ұйытқыны ашыту температурасына дейін қыздыру немесе салқындату арқылы сүтті негізіне қосуды қажет етеді.

Сүтті негізін ашыту температурасына әсер ету сипатын анықтау мақсатында (ҚБС + 7,5% ҚМС) дайын өнімнің сапасына, ашытудың екі нұсқасы бойынша зерттеулер өткізілді - қоспаның 38-39°C және 42-43°C температурасында. "DANISCO" компаниясының YO-MIX 601 200 DCU тікелей енгізу ұйытқысы ҚБС негізіндегі сүт қоспасының ашыту температурасының режимдерін зерттеу кезінде пайдаланылды. Қышқыл түзу динамикасы 19-суретте көрсетілген.



Сурет 19 - Ашыту температурасының титрленетін қышқыл түзу белсенділігі мен сүтті негізін ұйыту уақыты

Алынған мәліметтерге сүйенетін болсақ, ашыту процесі ұйыту температурасының жоғарылауында (42 - 43° С) анағұрлым интенсивті болып шықты. Екі сағаттан кейін қоспаның титрленетін қышқылдығы 80°Т-ге жетті. 38 – 39°С ашыту режимінде қоспаның 80°Т қышқылдығына 5 сағатта жетеді, яғни процесс 2,5 есе ұзартылды, бұл ұйытқының биохимиялық белсенділігінің төмендеуіне байланысты. Демек, бие сүтіне негізделген йогурт өндірісінде таңдалған ұйытқыны қолдана отырып, температуралық режимде ашыту 42 - 43°С болғанда, ол процесті 3 сағатқа қысқартты.

Дайын өнімнің реологиялық қасиеттері ашытудың әртүрлі температуралық жағдайларында сүтті негізінің ашуын сапалы бағалаудың көрсеткіштері болып табылды. Реологиялық талдаудың нәтижелері 19 кестеде келтірілген.

Кесте 19 – Ашытудың әртүрлі температуралық жағдайларындағы өнімнің реологиялық қасиеттері

Ашыту режимі	Шартты тұтқырлық, с	Синерезис, бөлінген сарысудың %	Өнімнің консистенциясы
38-39°С	24,0±0,21	12,0±0,23	Нәзік
42-43°С	22,0±0,33	31,0±0,26	Тығыз

Айта кету керек, 38-39°С ашыту температурасында алынған йогурт жоғары тұтқырлықпен (24,0с) және нәзік консистенциямен сипатталды. Тұтқырлық "Вискозиметр ВЗ-246" құрылғысында анықталды. Бұл ашыту режимінде ұйыту процесі 3 сағатқа созылды.

42-43°С ашытудың екінші нұсқасында қышқылдықтың қарқынды өсу процесіне қарамастан, өнімді сақтау кезінде сарысудың жоғары тұнбасы байқалды, ол 38-39°С режимінен 2,6 есе асты.

Эксперименттердің осы сериясында алынған деректерді қорытындылай келе, сүтті негіздің оңтайлы ашу режимі 38-39°С температурасына тең болды деп қорытындылаймыз, өйткені дәл осы көрсеткіштерде йогурт қою және нәзік консистенциясы мен жақсы органолептикалық көрсеткіштерімен ерекшеленді.

Құрғақ бие сүтіне негізделген йогуртты тұрақтандыру

ҚБС-нен йогурт алу технологиясын жасау кезінде шикізаттың ерекше қасиеттеріне байланысты биологиялық және тағамдық құндылықтың жоғарылауынан басқа, ол тұтынушыға таныс консистенцияға ие болуы керек, яғни нәзік және қою болуы керек. Өйткені, ҚБС-нен дайын өнімнің сапасын нашарлататын маңызды кемшілік - сақтау кезінде сарысудың бөлінуі болып табылады. Өнімнің жарамдылық мерзімін ұзартуға қойылатын заманауи талаптар ұзақ мерзімді сақтау процесінде тауарлық түрді сақтау мәселесін тудырады [232].

Ашытылған сүт өнімдерінің тұрақты, біркелкі, қабыршақтанбайтын, тұтқыр консистенциясына қол жеткізудің бір жолы, қоюландыратын

қасиеттері бар ұйытқыларды таңдаумен қатар, табиғи компоненттерге негізделген тұрақтандырғыш тағамдық қоспаларын қосуға болады [233].

Тұрақтандырғыш қоспаларды қолданудың ерекшеліктері бар, яғни ҚБС-нен йогурт консистенциясын қалыптастыруға әсерін білу, қолдану дозасын таңдау, технологиялық процестің параметрлерін нақтылау – осы ерекшелерді анықтау зерттеудің келесі міндеттеріне жүктелді.

Қалпына келтірілген бие сүтінен алынған йогурт консистенциясының тұрақтандырғышы ретінде пуллулан (Pullulan) тағамдық қоспасы таңдалды.

Сыртқы жағынан, ПУЛ суда жақсы еритін ақ түсті дәмсіз ұнтақ. ПУЛ тамақ өнеркәсібінде, соның ішінде байланыстырушы компонент және тұрақтандырғыш ретінде кеңінен қолданылады. Жақында ПУЛ пробиотиктерге оң әсер ететіні анықталды [234]. Аталған қасиеттерге байланысты ПУЛ йогуртқа тегіс консистенция бере отырып, оның тұтқырлығын жақсартады деген тұжырым жасауға болады.

Йогуртқа ПУЛ тағамдық байытқышын қоса отырып сарысудың бөліну қарқындылығын айтарлықтай төмендетеді. Нәтижесінде ПУЛ йогуртқа қосу мөлшерін анықтау үшін әр түрлі нұсқаларды жасай отырып тұтқырлығы есептелді.

Тұрақтандырғышты алдын-ала қосып, сүтті негіздің 1/5 бөлігіне 45°C температурада ПУЛ енгізілді. Содан кейін қоспа жақсы араластырылып, 30 минут бойы қоюланды. Осыдан барып алынған қоспаны 7,5%-ҚМС қалпына келтірілген бие сүтіне қосып, YO-MIX 601 200 DCU тікелей ұйытқысымен ашытылды, 15 минут араластырылып, ашытуға қалдырылады. ПУЛ 0,5 - 1,5% тұрақтандырғышты енгізу нұсқалары сыналып, үлгілердің тұтқырлығы ВЗ-246 капиллярлық вискозиметрде өлшенеді, бір мезгілде органолептикалық көрсеткіштер бағалнады. Алынған мәліметтер 20-кестеде көрсетілген.

Кесте 20 – Йогурттың органолептикалық көрсеткіштері мен тұтқырлығын қалыптастыру үшін ПУЛ тұрақтандырғышының әр түрлі дозасын енгізу

Тұрақтандырғыштың мөлшері, %	Дәмі және иісі	Түсі	Консистенциясы	Шартты тұтқырлық, сек
0,5	Ашыған сүтті, бие сүтінің дәмі бар	Сүтті-ақ	Борпылдақ	26,6
1	Ашыған сүтті, бие сүтінің дәмі әлсіз	Кілегейлі түске ие	Біртекті, шамалы тұтқыр	31,8
1,5	Ашыған сүтті, тұрақтандырғыштың дәмі бар	Кілегейлі түске ие	Біртекті, тұтқырлығы орташа	33,1

Ашыту аяқталғаннан кейін өнім 25°C дейін салқындатылды, араластырылды және металдандырылған фольгамен жабылған полистирол ыдыстарға құйылды, салқындатуға және тоңазытқышқа 4±2°C өнімдегі температураға дейін сақтауға жіберілді. Алынған йогурт тұтынушыны

канағаттандыратын органолептикалық көрсеткіштерге ашытылған сүт иісі және нәзік дәмі, кілегейлі, біртекті, орташа тұтқыр консистенциялы болды.

Содан кейін, алынған өнімдерге микрокапсуляцияланған пробиотик қосылды.

Дайын йогуртқа L. rhamnosus GG микрокапсуляцияланған пробиотикті қосу

Микрокапсулалары бар йогурт – функционалды тамақ өндірісіндегі жаңа үрдіс. Микрокапсулалар, өнімнің химиялық құрамына әсер етпейді және йогурттың сақтау мерзімін ұзартуға мүмкіндік берді.

Dimitrellou D. әріптестерімен зерттеулері бойынша экструзия әдісімен алгинаттардағы *Lactobacillus casei* ATCC 393 пробиотигінің микрокапсуляциясы модельденген асқазан-ішек жағдайындағы бос жасушалармен салыстырғанда тіршілікке қабілеттілігі айтарлықтай жоғары болды, сондай-ақ ашытылған сүтте 28 күн бойы сақтаудан кейін пробиотиктердің тіршілікке қабілеттілігі $7,13 \log$ КТБ/г болды [235]. Сонымен қатар, соңғы өнімнің физика-химиялық және органолептикалық сипаттамаларына әсер етпей, ашытылған сүт өнімінің хош иісі жақсарды.

Jouki M. және т.б. жүргізген зерттеулерде майсыз сүттен жасалған *Lactobacillus plantarum* пробиотигімен бірге лиофилизацияға және криопротекторларды қолдануға байланысты микрокапсуляция технологиясы қолдана отырып, ұнтақталған симбиотикалық йогурт өндірісі йогуртты пробиотикалық өнім ретінде 10 апта бойы 25°C температурада сақтауға болатындығын көрсетті. Осы уақыттан кейін де, өнім оңай қалпына келтіріліп, суда оңай еріді және йогуртқа тән барлық реологиялық қасиеттері мен сыртқы түрі сақталып қалды. Сондықтан микрокапсуляция технологиясын сақтау кезінде пробиотиктердің тіршілікке қабілеттігін жоғарылату үшін қамтамасыз етеді және ұзақ сақтау мерзімі мен қажетті сапалық қасиеттері бар функционалды сүт өнімдерін өндіруге мүмкіндік береді [236].

Бұл зерттеуде экструзия әдісімен алынған Алг-ПУЛ/БЦ капсулалары дайын ҚБС-нен алынған йогуртқа қосылады. Қосылған микрокапсулалардың саны өнімнің органолептикалық қасиеттері мен қышқылдығын ескере отырып, эксперименталды түрде таңдалды. Дайын өнімге құрамында 10^9 КТБ/г пробиотигі бар инкапсуляцияланған *L. rhamnosus* GG – 1-5% әр түрлі пропорциялары қосылды, бұл адамның күнделікті қажеттілігіне тең. Алынған эксперименттік деректер 21-кестеде келтірілген.

Деректерді талдай отырып, микрокапсулаларды әртүрлі мөлшерде қолданған кезде өнімнің дәмі мен иісіне әсер етпейтінін атап өтуге болады. Йогурттың түсі сүтті ақ болып қалады, бірақ 5% мөлшерінде микрокапсулаларды қосқанда, капсулалардың ақ дәндерін байқауға болады. Қолданылатын капсулалардың дозасының жоғарылауымен йогурттың консистенциясы өзгеріп, дәнді болады.

Кесте 21 – Йогуртқа қосылатын микрокапсулалардың оңтайлы мөлшерін таңдау

Микрокапсулалардың мөлшері, %	Титрленетін қышқылдығы, °T	Дәмі мен иісі	Түсі	Консистенциясы	Дәм тату комиссиясының орташа бағасы, ұпайлар
Бақылау (микрокапсул асыз йогурт)	80	Ашыған сүт	Сүтті ақ	Біртекті	5
1	80	Ашыған сүт	Сүтті ақ	Оқшауланған түйіршіктер бар біртекті	4
3	80	Ашыған сүт	Ақ дәндері бар сүтті ақ	Орташа түйіршіктілік	5
5	82	Ашыған сүт	Айқын ақ дәндері бар сүтті ақ	Жоғары түйіршіктілік	3

Микрокапсулалары бар өнімнің титрленетін қышқылдығы өзгеріссіз қалды және 80°T-ға тең, Алг-ПУЛ/БЦ капсулаларын 5% мөлшерде енгізгенде, йогурттың қышқылдығы 80°T-ден 82°T-ге дейін өзгерді. Осылайша, тәуелсіз комиссияның нәтижелері бойынша 3% мөлшерінде капсулаларды қосу органолептикалық сипаттамалары бойынша ең қолайлы болып шықты. Демек, дайын йогуртқа 100 г өнімге 3% Алг-ПУЛ/БЦ микрокапсулаларын енгізу туралы шешім қабылданды, бұл $10^8 - 10^{10}$ КТБ/г құрайды.

Алг-ПУЛ/БЦ микрокапсулаларымен байытылған құрғақ бие сүті негізінде йогурт алудың жалпы технологиялық схемасы 20-суретте келтірілген.



Сурет 20 - Пробиотиктермен байытылған бие сүтіне негізделген йогурт алудың жалпы технологиялық сызбанұсқасы

Сонымен, ҚБС негізінде йогурт дайындау үшін 20 г ҚБС алынып, 100 мл суда сұйылтылды, содан кейін қалпына келтірілді. Ол үшін қоспа біртіндеп 65-75°C температураға дейін қыздырып, бөлме температурасында 30-60 минут салқындаттылды. Сол схема бойынша ҚМС қалпына келтірілді. Осыдан кейін қалпына келтірілген ҚБС көлемінен – 92,5%, ал қалпына келтірілген ҚМС көлемінен - 7,5% алынды. Содан кейін тұрақтандырғыш 45°C температурада сүтті негіздің 1/5 бөлігіне енгізілді, қоспа қарқынды араластырылды және 30 минут бойы қоюлану үшін қалдырылды. Осыдан кейін, тұрақтандырғышпен алынған қоспа негізгі массаға енгізілді, YО-MIX 601 200 DCU – 1% көлемінде тікелей енгізу ұйытқысымен ашытылды, рН қышқылдығы 4,0-4,6-ға тең болды, 15 минут ішінде араластырылып, содан кейін 38-39°C температурада 5 сағат бойы ашытуға қалдырылды. Осыдан кейін алынған йогурт 25-28°C дейін салқындатылып, *L. rhamnosus* GG

пробиотиктері бар Алг-ПУЛ/БЦ микрокапсулалары жалпы көлемнің 3% мөлшерінде енгізілді, полистирол ыдыстарға құйылды және тоңазытқышта 4°C температурада сақтауға қалдырылды. Алынған бие сүтіне негізделген сүт қышқылды өнім "Арғымақ" йогурты деп аталды.

Микрокапсуляцияланған пробиотиктері бар сүзбе пастасын алу

Сүзбе/сүзбе пастасы жақсы теңдестірілген және оңай сіңімді сүт өнімі болып табылады. Оның құрамында жоғары сіңімді ақуызы бар, бұл оны жан-жақты өнім деп санауға мүмкіндік береді. Сондықтан ол балалар, қарттар мен спортшылар үшін құнды тағам бола алады. Қазіргі заманғы адамның толық және пайдалы диетасының таптырмас өніміне айналады деуге болады.

Бүгінгі күні сүзбе өндірудің бірнеше әдісі бар: дәстүрлі, қышқыл-сычужды, бөлек және т.б. Қышқыл-сычужды әдіс артық қышқылдықты болдырмайды, сонымен қатар ашыту процесін тездетеді. Осы әдіске сәйкес, сүтке бактериялық ұйытқылардан басқа, сычужды фермент және 40% кальций хлорид ерітіндісі енгізіледі, осы әдіс майдың негізгі сүт массасынан бөлінуіне жол бермейді және ұйындының тығыз болуына ықпал етеді [237]. Осыған байланысты қышқыл-сычужды әдісін қолдана отырып, сүзбе өндіру технологиясын әзірлеу туралы шешім қабылданды.

Сүзбе массасын алу үшін Ресейдің "Здоровеево" өндірушісі "Экстра" табиғи сычужды ферменті қолданылды. Құны 3178 тг, салмағы 25 г тең. Бұл өнім жоғары сортты сиырлардан алынған. Сычужды ферменті екінші қыздырудың жоғары температурасын және ұзақ пісетін кезенді қажет ететін сүзбе мен қатты ірімшіктерді өндіруде қажет. Ферменттің тұтыну жылдамдығы әр 5 литр сүт үшін небәрі 0,1 г (1 қасық) құрайды, бұл өнімді үнемді пайдалануға және ірімшік пен сүзбе өндірісінде тамаша нәтижелерге қол жеткізуге мүмкіндік береді. Құрамы (%): химозин 90, сиыр пепсині 10, тұз (NaCl).

40% кальций хлориді ерітіндісі зертханалық жағдайда дайындалды.

Микрокапсулалар сүзбе пастасына 3% енгізілді.

Сүзбе пастасын алу рецепті 22-кестеде келтірілген.

Кесте 22 – ҚБС және ҚМС негізіндегі сүзбе пастасының рецептурасы

Ингредиенттер	Сүзбе пастасы, г
ҚБМ	935
ҚМС	75
"Творог" ұйытқысы, "Полезная партия" өндірушісі	1,0
Сычужды фермент	0,02
Кальций хлориді ерітіндісі	0,4
Алг-ПУЛ/БЦ микрокапсулалары	30

Сүзбе паста өндірісі ҚБС мен ҚМС-тан сүт негізін алудан басталады. Қоспа 90±5°C дейін сүзіліп, қыздырылды, содан кейін біртекті

консистенцияға жеткенше араластырылды. Гомогенизацияланған қоспа 6 минут ішінде 95°C температурада пастерленді. Содан кейін қоспаны (30±2°C) ашыту температурасына дейін салқындатып, оған ұйытқы енгізілді. Ұйытқы қоспаға енгізгеннен кейін, 1000 кг ашытылған қоспаға 400 г сусыз кальций хлориді қосылды. Кальций хлориді 30-дан 40% - ға дейінгі кальций хлоридінің массалық үлесі бар сулы ерітінді түрінде енгізілді, ол 20°C температурасында тығыздығы бойынша тексерілді.

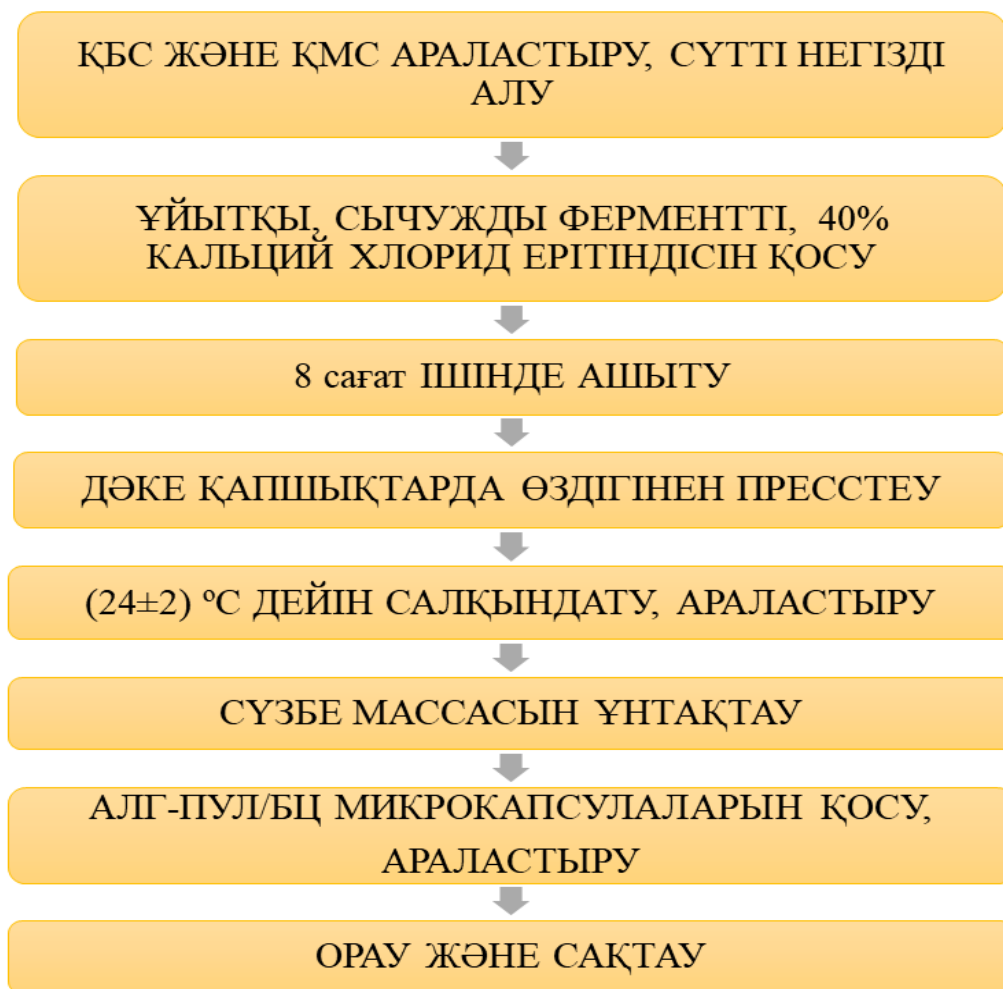
Кальций хлориді ерітіндісін енгізгеннен кейін қоспаға суда еріген, (36±3)°C температураға дейін қыздырылған суда еріген сычужды фермент ұнтағы енгізілді.

Ұйытқы, кальций хлориді мен фермент ерітінділері қоспаны үздіксіз араластырған кезде енгізілді. Ашығаннан кейін қоспаны араластыру 10-нан 15 минутқа дейін жалғасады, содан кейін қоспада қажетті (65±5)°T қышқылдық ұйындысы пайда болғанға дейін 4,0-7,0% майдың массалық үлесі бар сүзбе пастасын алу үшін қалдырады.

Қоспаны жоғарыда көрсетілген температурада белсенді бактериялық ұйытқымен ашыту ұзақтығы ұйытқы енгізілген сәттен бастап 6 – дан 10 сағатқа дейін, жеделдетілген әдіспен – 4-тен 6 сағатқа дейін созылды. Бұл жағдайда ингредиенттерді араластырғаннан кейін, қоспаны ашыту үшін резервуарға 8 сағатқа жіберілді. Ашыту процесінде казеиннің қышқыл және сычужды коагуляциясы бірге жүрді. Ашыту аяқталғаннан кейін ұйығыштың сарысудан нақты бөлінуі байқалды. Сарысудан бөлінген масса 40 минут ішінде дәке қапшықтарында өздігінен басылды (самопрессование), бұл ұйығыштың тығыздалуына ықпал етті. Алынған масса 24±2°C дейін салқындатылып, араластырылды.

Сүзбе пастасын өндіру процесі, сүзбені біртекті сүзбе массасына дейін гомогенизатормен ұнтақтауды қамтиды. Біртекті қоспаны салқындатып, 200 г контейнерлерге құяды.

Бие сүті негізіндегі сүзбе пастасын резервуар әдісімен дайындау технологиясының сызбанұсқасы 21-суретте көрсетілген.



Сурет 21 - Сүзбе пастасын өндірудің технологиялық сызбанұсқасы

Сызбанұсқада көрсетілгендей, сүзбе пастасы ашыту жолымен алынды, мұндай жол артық қышқылдықты болдырмайды, сонымен қатар ашыту процесін тездетеді. Сүзбе пастасын өндіру процесі сүзбені біркелкі сүзбе массасына дейін ұнтақтауды қамтиды. Біртекті қоспаны салқындатып, 200 г контейнерлерге енгізеді.

Осылайша, микрокапсуляцияланған пробиотиктері бар бие сүтіне негізделген функционалды тағамдардың эксперименттік үлгілері алынды.

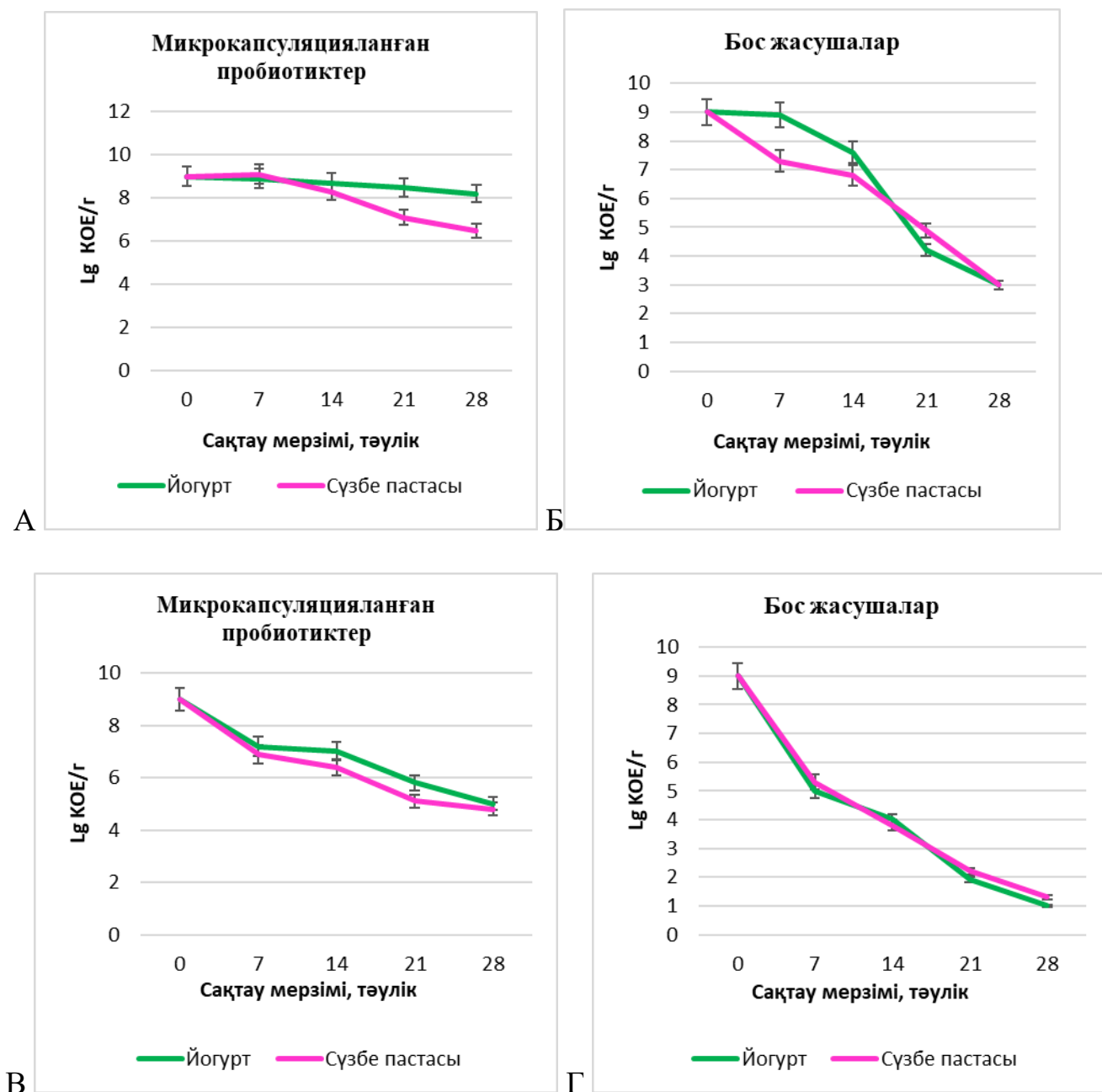
Әрі қарай, алынған өнімдерге МЕМСТ нормаларымен салыстырмалы сипаттама жүргізілді, сонымен қатар, өнімдердің органолептикалық көрсеткіштері, тағамдық құндылығы және биологиялық қауіпсіздігі анықталды.

Өнімдерді сақтау шарттарын анықтау

Халықаралық ережелерге сәйкес, "тірі" йогурттардағы және басқа да осыған ұқсас тағамдардағы пробиотиктің мөлшерін сақтау мерзімінің соңына қарай кем дегенде 10^7 КТБ/г болуы керек. Дайын ашытылған сүт өнімдерінде пробиотик қорғаныс және қоректік заттарға, яғни пребиотикалық матрицаға енгізілген микрокапсула түрінде болғандықтан, оның сақтау процесінде тіршілікке қабілеттілігі артады – деп күтуге болады. Пробиотикалық

байытқыш ретінде қолдану үшін LGG-ге микроинкапсуляцияның әсері өнімді бөлме температурасында және тоңазытқышта 4°C температурада 28 күн сақтау процесінде жасушалардың тіршілікке қабілеттілігін анықтау арқылы жүргізіледі. Ол үшін 100 г өнімге 3 г микрокапсула немесе сол штамның 3 мл суспензиясы енгізіледі, оның құрамында бірдей бактериялық титрі бар (яғни 1:30 қатынасы).

Осы эксперименттер сериясының нәтижелері 22-суретте көрсетілген.



Сурет 22 - LGG (А) микрокапсулалармен және бос жасушалармен (Б) 4°C, LGG (В) микрокапсулалармен және бос жасушалармен (Г) бөлме температурасында сақтау кезінде бие сүтіне негізделген ашытылған сүт өнімдеріндегі пробиотикалық жасушаларының тіршілікке қабілеттілігі

Сақтау жағдайлары мен пробиотиктің тағамға қандай түрде қосылатындығы арасында айтарлықтай айырмашылықтары бар екені белгілі болды. 7, 14 және 28 күндік сақтау арқылы жасушалардың тіршілікке қабілеттілігін анықтау, тоңазытқышта (4°C) инкапсуляцияланған тірі жасушалардың логарифмдік төмендеуінде айтарлықтай айырмашылық ($p > 0,05$) жоқ екенін анықтап көрсетті. Бұндай йогурттың бөлме температурасында, микрокапсулалардағы пробиотиктің тіршілікке қабілеттілігі сақталу мерзімінің соңына қарай 5 Lg-ге төмендейді. Сонымен қатар, суспензияланған жасушалардың тіршілікке қабілеттілігі 14-ші күні 4°C және бөлме температурасында айтарлықтай төмендеді, ал 28-ші күні одан да көп төмендеді (1 Lg КТБ/г дейін).

Дәл осындай сақтау жағдайында микрокапсулирленген пробиотиктері бар сүзбе пастасы жасушалардың жоғары тіршілікке қабілеттілігін көрсетті. Микрокапсуляцияланған кезде 4°C сақтау 4 аптаның соңына қарай жасушалардың босауы 6 Lg-ден жоғары болды, ал бос күйінде 3 Lg-ге дейін төмендеді. Бөлме температурасында микрокапсулалары бар сүзбе пастасы тіршілікке қабілеттілігі 33,3% – ға, ал бос жасушалары бар 28 күндік сақтау ішінде 83,3% - ға төмендегенін көрсетті.

Нәтижесінде экструзия әдісін қолдана отырып, Алг-ПУЛ/БЦ микроинкапсуляциясы пробиотиктің тірі жасушаларына физикалық кедергілерді жасау үшін қолайлы екенін растады.

Алынған мәліметтерге сүйене отырып, "қарапайым" жасушалары бар пробиотикалық өнімдерді 5°C температурада сақтаудың оңтайлы мерзімі 10 күн деп қорытынды жасауға болады. Қор коэффициентін (1,5) ескере отырып, мұндай өнімдердің жарамдылық мерзімінің ұзақтығын белгілеу кезінде 7 тәулік қабылдау керек. Симбиотикалық түйіршіктері бар тағамдардың жарамдылық мерзімі – кем дегенде 28 күн болады. Қормен - 20 күн. Сақтау мерзімін ұзарту өте маңызды технологиялық көрсеткіш болып табылады, ол негізінен осындай өнімді шығарудың экономикалық тиімділігін анықтайды.

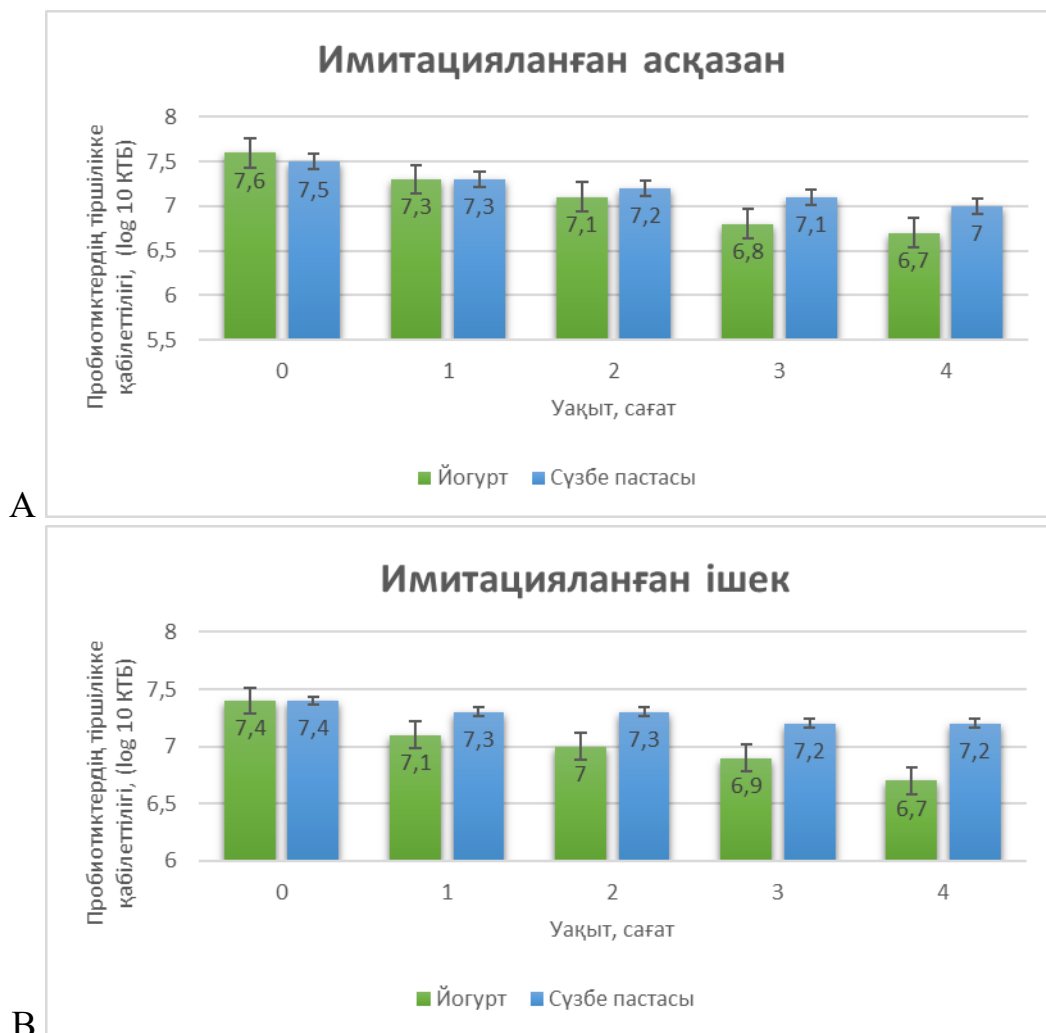
Осылай, микрокапсуляцияланған пробиотиктері бар бие сүтіне негізделген ашытылған сүт өнімдерін өндірудегі сақтау жағдайларының технологиялық параметрлері анықталды [238].

Имитацияланған асқазан-ішек жолдарында in vitro жағдайында йогурттағы микрокапсулалардың тіршілікке қабілеттілігін анықтау

Тиімді пробиотикалық микроорганизмдер қышқыл, өт және ас қорыту ферменттерін қоса алғанда, асқазан-ішек жолдарының әр түрлі жағдайларына төтеп беруі керек және денсаулыққа қажетті пайда алу үшін ішек эпителийіне жабысу қабілетіне ие болуы керек [239, 240]. Өнімдердегі пробиотиктердің тіршілікке қабілеттілігі өнімдегі оттегінің мөлшері және орау материалдары арқылы оттегінің енуі сияқты көптеген факторларға байланысты [241]. Ашытылған сүт өнімдердегі пробиотиктердің тіршілікке қабілеттілігі сүт қышқылының, сутегі асқын тотығының және бактериоциндердің концентрациясы да әсер етеді, олар негізінен ұйытқы дақылдарын шығарады [242]. Демек, сақтау кезінде өнімдердегі пробиотиктердің минималды емдік

деңгейін сақтау қиын. Алайда, пробиотиктерді микрокапсуляциялау олардың 28-ші сақтау күнінде модельдік асқазан-ішек жолында тіршілікке қабілеттілігі арттыруы қажет. Сондықтан микрокапсулаларды дайын өнімге қосу және олардың асқазан-ішек жолындағы бірлескен әрі қарай әсері зерттеудің тағы бір міндеті болып табылады.

Осы эксперименттердің нәтижелері 23-суретте көрсетілген.



Сурет 23 - Имитацияланған асқазан (А) және ішек сұйықтығында (В) 28 күн сақталған өнімдердің микрокапсуладағы бактериялардың тіршілікке қабілеттілігі

Пробиотиктердің асқазан сөліне төзімділігі штамға байланысты. Бірақ LGG штамының қышқыл ортаға төзімділігі жоғары болғанымен, инкапсуляцияланбаған пробиотиктерде асқазан сөлінің әсері байқалды, бұл log КОЕ/г-нің айтарлықтай төмендеуімен дәлелденді. Ал Алг-ПУЛ/БЦ-мен инкапсуляцияланған LGG жасушалары 6,6% төмендеді, 240 минуттық әсердің соңында бос жасушалар саны 11,8% төмендегені байқалды.

Әдетте, ішек пробиотиктердің тіршілікке қабілеттілігі мен колонизациясы үшін одан да күрделі, өйткені олар жоғары сілтілі

жағдайларға (рН шамамен 8,0) ғана емес, сонымен қатар өттің әсеріне де ұшырайды [242]. Бұл зерттеуде өт тұздары пробиотиктердің тіршілікке қабілеттілігін айтарлықтай теріс әсер бергенін көрсетті, негізінен өт тұздарының микробқа қарсы қасиеттеріне байланысты болды. Цитоплазмада жинақталған өт тұздары ақуыздардың агрегациясын тудыруы мүмкін, бұл гомеостаздың бұзылуына және жасушалардың қырылуына әкеледі [243]. Өт тұздары 0,3% болатын имитацияланған ішек шырыны пробиотиктердің тіршілікке қабілеттілігін йогуртта 9,5% - ға және микрокапсулалары бар сүзбе пастасында 2,7% - ға айтарлықтай төмендеді. Бұл өт тұзының әсерінен бір сағаттан кейін болды.

Транзиттік уақыт асқазан-ішек жолдарындағы пробиотиктердің тіршілігіне айтарлықтай әсер етті. Пробиотиктер асқазан жағдайларында ұзақ уақыт болу арқылы өздерінің тіршілікке қабілеттілігін жоғалтуы мүмкін.

Дегенмен, пробиотиктерді микрокапсулаларға енгізу оның өтке төзімділігін айтарлықтай арттырды. Йогурт пен сүзбе пастасы қосымша ақуыздың жоғары концентрациясын қамтамасыз ете алғандықтан, ол кейбір өт тұздарын оқшаулайды, сонымен қатар пробиотиктерге ішек ортасына қарсы физикалық тосқауыл жасайды. Нәтижесінде йогурт пен сүзбе пастасындағы МКПБ-ның асқазан-ішек жағдайларына төзімділігі төмен екенін растайды, бұл бұрынғы осындай басқа зерттеулерге сәйкес келеді [244]. Осы зерттеудің нәтижелері бактериялық штамдардың, сондай-ақ тағам матрицасының асқазан мен аш ішек шырындарына имитация жасау барысында пробиотиктердің тіршілікке қабілеттілігіне қатты әсер ететіндігін растайды [245].

Осылай, ашытылған сүт өнімдерінде пробиотиктер жоғары тіршілікке қабілеттілігін көрсетті. Пробиотикалық бактерия жасушаларының санына сақтау уақыты әсер етеді. Бос пробиотик асқазан мен ішек шырындарының әсерінен 240 минуттан кейін тіршілікке қабілеттілігін біртіндеп төмендетіп жояды. Пробиотикалық LGG Алг-ПУЛ/БЦ матрицасына инкапсуляцияланған кезде жақсы нәтиже көрсетті. Инкапсуляциялық матрицаның қасиеттері оның морфологиясының ішек фазасына дейін сақтауға мүмкіндік берді, бұл оны ішектегі пробиотикалық бактериялардың бақылануына әкелді. Байытылған йогурттағы тірі жасушалар санында 0,2 log КОЕ/мл айырмашылық болды.

3.5 Ашытылған сүт өнімдердің органолептикалық көрсеткіштерін, тағамдық құндылығын және биологиялық қауіпсіздігін анықтау

Микрокапсулаларды енгізудің йогурт пен сүзбе пастасының органолептикалық көрсеткіштеріне әсері

Азық-түлікке сұранысты қалыптастыру барысында органолептикалық көрсеткіштер шешуші рөл атқарады. Ал, тұтынушылардың көпшілігі тамақтың химиялық құрамы мен тағамдық құндылығын екінші кезекте ғана ескереді.

Бұл қасиеттерді бағалау органолептикалық әдіспен жүзеге асырылады. Ашытылған сүт өнімдерінің органолептикалық көрсеткіштеріне сыртқы түрі,

түсі, консистенциясы, дәмі мен иісі жатады. Органолептикалық көрсеткіштерді бағалау кезінде сапалық және сандық әдістер қолданылды. Тағамға сапалық баға беру белгілі бір шкала бойынша есептелген сандар түрінде көрсетіледі.

Үлгілер 2-6°C температурада сақталған, талдаулар өндірілгеннен кейін 4 сағаттан кейін жүргізіледі. Дәм татуға арналған үлгілердің температурасы 12-14°C болады.

Органолептикалық бағалау кезінде өнімдердің сыртқы түрі мен түсі қаптаманы ашқаннан кейін анықталады. Алдын-ала араластырмай, олар көгеруге жол бермейтін өнімнің бетін тексереді. Йогурттың беті тегіс, жылтыр, ауа көпіршіктері және гетерогенділіктің басқа белгілері болмауы қажет. Ұйытқының тығыздығы қасықпен немесе ауыз қуысында сараптанады. Өнімдердің түсі Петри табақшасында анықталды.

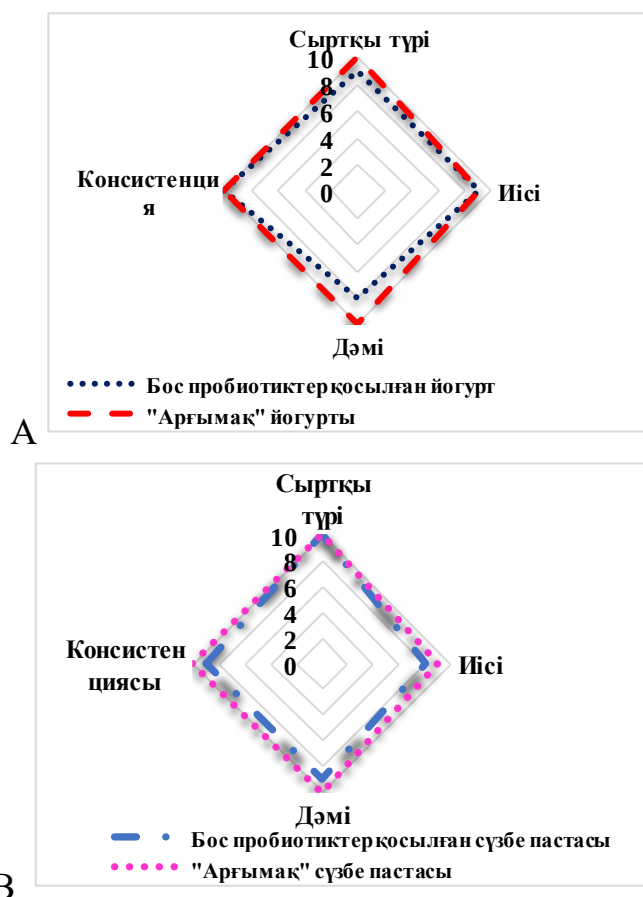
Органолептикалық бағалау кезінде дәм мен иістің ақауларын (өткір, ащы, бөтен дәм мен хош иіспен, қышқыл, хош иістің болмауы, бос, сезілмейтін дәм, тым тәтті, қышқылданған), сыртқы түрінің ақауларын (атипті түс немесе реңкі, бүдірленген, беткейінің бұзылуы), консистенцияның кемшіліктері (шырышты, түйіршікті немесе ірі түйіршікті, қатты, тым тығыз, аса тығыз емес) талаптарына сәйкес тексерілді.

Ашытылған сүт өнімдерінің үлгілерінің сапасын органолептикалық бағалау эталондық 10 балдық шкала бойынша жүргізілді.

Үлгілерді органолептикалық бағалауда дәм тату комиссиясы, арнайы карталарды толтыра отырып жүргізді. Алынған мәліметтер олардың дұрыстығын анықтау мақсатында статистикалық өңдеуден өтті. Микрокапсулалармен байытылған және бос жасушалары бар йогурт үлгілерінің сапасын органолептикалық бағалау нәтижелері 20-суретте келтірілген.

Екі йогурттың сыртқы түрі мен құрылымы бойынша органолептикалық көрсеткіштері шамалас болып шықты ($p > 0,05$). Йогурттың микрокапсулаларды қосу барысында оның сыртқы түрінде айырмашылық болмады. Алайда, микрокапсулалармен байытылған йогурт микрокапсулаларсыз йогуртпен салыстырғанда, оның құрамында түйіршікті консистенцияның көп болғаны сезілді. Бұның себебі, мүмкін, рН төмендеген кезде сүт ақуыздары мен Алг арасындағы өзара әрекеттесу күшейгеннен туындайды. Сондықтан, жұмсақ құрылымды йогурт алу үшін инкапсуляцияланған қалыптарды тағам матрицасымен жақсы араластыру қажет болды. Сонымен қатар, екі йогурттың хош иісі мен дәмі айтарлықтай айырмашылыққа ие екендігі дәлелденді ($p < 0,05$). Йогурттың хош иісі мен дәміне негізінен қолданылатын ұйытқы дақылдарынан ацетальдегид, диацетил және сірке қышқылы әсер етті. Бос пробиотикалық йогурт пен капсулаланған "Арғымақ" йогуртының рН мәні тиісінше 4,3 және 5,6 құрады. Дәм тату комиссиясының қатысушылары қышқыл капсулаланбаған йогуртпен салыстырғанда жұмсақ әрі сүтті дәмі бар "Арғымақ" йогуртына артықшылық берді. Осылайша, микрокапсуляцияланған пробиотигі бар

йогуртқа жалпы органолептикалық артықшылық берілді.



Сурет 24 - Йогурт (А) және сүзбе пастасын (В) органолептикалық бағалау

Сүзбе өнімдерін тұтынушылар аштықты тез қанағаттандыру қасиеті үшін бағалайды және сұйық сүт өнімдеріне қарағанда оңай сіңетін ақуыз арқылы тәбетті басады.

Микрокапсулалармен байытылған сүзбе пастасы 20-суретте көрсетілгендей жоғары органолептикалық көрсеткіштермен сипатталады. Бос жасушалары мен микрокапсулалары бар сүзбе пастасының сыртқы түрі осындай өнімдерге тән біртекті болады. Дәмі мен иісі ашытылған сүтке ұқсас келеді. Бос жасушалары мен микрокапсуляцияланған пробиотиктері бар сүзбе пастасының түсі өзгеше емес, сүтті. Дәм тату комиссиясы бос пробиотикалық сүзбе пастасымен салыстырғанда микрокапсулалары бар сүзбе массасында текстурасы, дәмі мен иісі бір ұпайға жоғары екенін атап өткен.

Осылайша, микрокапсуляцияланған пробиотиктері бар йогурт пен сүзбе пастасын өндірудің технологиялық параметрлері анықталды. Нәтижелер бие сүтіне негізделген йогурт пен сүзбе пастасының жағымды дәмі мен иісі, біркелкі консистенциясы бар екенін көрсетті. Жаңа ашытылған сүт өнімдері, таза ашытылған сүттің дәмі мен ақ түсті болды. Бие сүті мен пробиотикалық микрокапсулаларды біріктіретін жаңа ашытылған сүт өнімдері емдік-

профилактикалық өнімдер нарығын кеңейтеді.

Әрі қарай, микрокапсулаларды енгізу өнімдердің физика-химиялық көрсеткіштеріне әсерін бағалауға мүмкіндік береді.

Микрокапсулаларды енгізудің йогурт пен сүзбе пастасының физика-химиялық көрсеткіштеріне әсері

Дайын өнімде Алг-ПУЛ/БЦ микрокапсулалармен байытылған ҚБС өнімдерінің физика-химиялық көрсеткіштерінің өзгерістері зерттелді. Зертханалық жағдайда өнімнің қышқылдығы, шартты тұтқырлығы, температурасы анықталды. Дайын өнімнің физика-химиялық көрсеткіштері 23-кестеде көрсетілген.

Кесте 23 – Микрокапсулалармен байытылған йогурт және сүзбе пастасының физика-химиялық көрсеткіштері

Тәжірибе нұсқасы	Көрсеткіштер			
	лактозаның салмақтық үлесі, %	қышқылдық, °Т	pH	шартты тұтқырлығы, с
Микрокапсулалар қосылмаған йогурт	4,37±0,22	81,3±0,1	3,43±0,09	46,4±0,11
Микрокапсулалармен байытылған «Арғымақ» йогурты	4,22±0,31	80,3±0,1	6,57±0,07	31,6±0,14
Микрокапсулалар қосылмаған сүзбе пастасы	2,14±0,34	179,3±0,41	4,65±0,04	-
Микрокапсулалармен байытылған «Арғымақ» сүзбе пастасы	3,11±0,22	172,1±0,33	4,88±0,11	-
Ескерту: $p \geq 0,05$				

Физика-химиялық көрсеткіштерді анықтау үшін ашытылған сүт өнімдерінің екі нұсқасы дайындалды (біріншісі – микрокапсулалар қосылмаған, екіншісі – қосылған). Алынған нәтижелер бойынша лактозаның, қышқылдықтың және pH микрокапсулалармен байытылған сүт өнімдерінің және микрокапсулалары жоқ өнімдердің массалық үлесі бойынша ерекшеленбейді екені анықталды. Алг-ПУЛ/БЦ микрокапсулаларын енгізу йогурттың шартты тұтқырлығына әсер еткен жоқ. МЕМСТ 31981-2013 сәйкес физика-химиялық көрсеткіштер норма шегінде болды.

Алынған функционалдық өнімдердің МЕМСТ нормаларымен салыстырмалы сипаттамасы

Өнімді өндіріске енгізу және мемлекеттік тіркеу үшін оның нормативтік құжаттарға, яғни МЕМСТ-қа сәйкестігін жүргізу қажет. Микрокапсулданған пробиотиктері бар йогурт пен сүзбе пастасы МЕМСТ нормаларына сәйкес келді. Дайын функционалды ашытылған сүт өнімдерінің салыстырмалы сипаттамалары 24-27 кестелерде келтірілген.

Кесте 24 – МЕМСТ 31981-2013 стандартымен микрокапсулалары бар йогурттың органолептикалық көрсеткіштерінің салыстырмалы сипаттамасы

Көрсеткіштің атауы	МЕМСТ 31981-2013 бойынша нормалары	«Арғымақ» йогуртының сипаттамасы
Сыртқы түрі мен консистенциясы	Біртекті, резервуарлық өндіріс әдісімен бұзылған ұйығышымен, бұзылмаған ұйығышымен - термостаттық өндіріс әдісімен, орташа тұтқыр, қоюландырғыштар немесе тұрақтандырғыш қоспалар қосылған кезде - желе тәрізді немесе кілегейлі. Енгізілген компоненттерге тән ерімейтін бөлшектердің қосындыларының болуына жол беріледі	Желе тәрізді, орташа тұтқыр, ерімейтін бөлшектері бар - микрокапсулалар
Дәмі және иісі	Таза, ашытылған сүт, бөгде дәмдер мен иістерсіз, орташа тәтті дәм (тәттілендіретін компоненттермен өндірілген кезде), енгізілген компоненттердің тиісті дәмі мен хош иісі бар	Ашытылған сүт иісі мен дәмі, бөтен дәмдер мен иістерсіз
Түсі	Сүтті ақ немесе енгізілген компоненттердің түсіне байланысты, біртекті немесе ерімейтін бөлшектердің дақтары бар	Сүтті ақ, ерімейтін бөлшектермен қиылысқан – микрокапсулалар, орташа түйіршіктелген

Кестеге сәйкес, йогурттың органолептикалық көрсеткіштері МЕМСТ 31981-2013 «Йогурттар. Жалпы техникалық шарттары (қайта шығару)» талаптарына сәйкес келді.

Кесте 25 – МЕМСТ Р 53666-2009/СТБ 2494-2017 стандартымен микрокапсулалары бар сүзбе пастасының органолептикалық көрсеткіштерінің салыстырмалы сипаттамасы

Көрсеткіштің атауы	МЕМСТ Р 53666-2009/ СТБ 2494-2017 бойынша нормалар	"Арғымақ" сүзбе пастасының сипаттамасы
1	2	3
Сыртқы түрі мен консистенциясы	Біртекті, нәзік, тұтқыр немесе жағылған (мажущийся). Жеңіл ұнтақтау консистенциясына жол беріледі; сақтау процесінде сарысудың шамалы бөлінуі. Өңеш компоненттерін қосу кезінде - олардың қосындылары бар немесе жоқ	Біртекті, орташа тығыз, микрокапсулалар көрінеді

25 Кестенің жалғасы

1	2	3
Дәмі және иісі	Таза, ашытылған сүттің дәмі мен иісі бар, орташа тәтті. Өңеш компоненттерін қосқанда- қосылған тағамдық компоненттерге байланысты	Ашытылған сүт иісі мен дәмі, бөтен дәмдер мен иістерсіз
Түсі	Ақ, ақ кремді реңктері бар, біркелкі немесе қосылған тағамдық компоненттерге байланысты	Мөлдір микрокапсулалары бар ақ түсті

Әрі қарай дайын өнімге физика-химиялық талдау жүргізіледі. Алынған мәліметтер 26-кестеде келтірілген.

Кесте 26 – МЕМСТ 31981-2013 нормаларымен салыстырғанда "Арғымақ" йогуртының физика-химиялық көрсеткіштері

Көрсеткіштің атауы	МЕМСТ 31981-2013 бойынша нормалары	«Арғымақ» йогуртының сипаттамасы	Сынақ әдістеріне қорғау құжаттарын белгілеу
Майдың массалық үлесі, %	0,5-тен 10,0-ға дейін қоса алғанда	4,94	МЕМСТ 5867-90
Ақуыздың массалық үлесі, %, кем емес - құрамдас бөліктері жоқ йогурттар үшін - компоненттері бар йогурттар үшін	3,2 2,8*	5,67	МЕМСТ 23327-98
Құрғақ майсыз сүт қалдығының (СОМО) массалық үлесі, %, кем емес: - компоненттері жоқ йогурт үшін - компоненттері бар йогурт үшін	9,5 8,5**	18,0	МЕМСТ 3626-73
Қышқылдық, °Т, артық емес	75-тен 140-қа дейін қоса алғанда	80,0	МЕМСТ 3624-92
Фосфатаза немесе пероксидаза	жоқ	жоқ	
Шығару кезіндегі температурасы, °С, артық емес	4±2	4±2	-
* Құрамдас бөліктері бар йогурттарға арналған сүт негізіндегі ақуыздың массалық үлесі талаптарға сәйкес, кемінде 3,2% болуы керек. ** Құрамдас бөліктері бар йогурттарға арналған сүт негізіндегі ҚМСҚ массалық үлесі			

26 Кестенің жалғасы

талаптарға сәйкес, кемінде 9,5% болуы керек.

Ескертпе – Көрсеткіштердің нормалары: майдың, сахарозаның (қантпен өндірілетін йогурттар үшін), инвертті қантқа жалпы қанттың массалық үлестеріне қайта есептеуге (қантпен және/ немесе қант қоспасы бар компоненттермен өндірілетін йогурттар үшін), биологиялық белсенді заттардың (байытылған йогурттар үшін) йогурттарға арналған ұйымдардың техникалық құжаттарында немесе стандарттарында нақты белгіленеді.

Осылайша, "Арғымақ" йогуртының физика-химиялық талдауы МЕМСТ 31981-2013 нормаларына сәйкес келді.

Сүзбе пастасының физика-химиялық көрсеткіштері МЕМСТ нормаларымен салыстырғанда 27-кестеде келтірілген.

Кесте 27 – МЕМСТ Р 53666-2009/СТБ 2494-2017 салыстырғанда "Арғымақ" сүзбе пастасының физика-химиялық көрсеткіштері

Көрсеткіштің атауы	МЕМСТ Р 53666-2009/СТБ 2494-2017 бойынша нормалар	"Арғымақ" сүзбе пастасының сипаттамасы	Сынақ әдістеріне қорғау құжаттарын белгілеу
Майдың массалық үлесі, %	6,0-10,0	6,33	МЕМСТ 5867-90
Акуыздың массалық үлесі, %	5-15	11,10	МЕМСТ 23327-98
Қышқылдық, °Т, артық емес	150	58	МЕМСТ 3624-92
Ылғалдың массалық үлесі, % артық емес	85,0	78,42	МЕМСТ 3626-73
Сахарозаның массалық үлесі (жалпы қанттың инвертті қантқа қайта есептегенде) *, %, артық емес	10,0	-	-
Көмірсулардың массалық үлесі, %, артық емес	16,0	8,23	МЕМСТ 3628-78
Пероксид саны, мэкв/кг, артық емес	4,0	4,0	МЕМСТ ISO 3960-2013
Кәсіпорыннан шығарылған кездегі температурасы, °С	4±2	4±2	
* "Жалпы қанттың массалық үлесі инвертті қантқа қайта есептегенде, %, артық емес" көрсеткіші жемісті өңеш компоненттері бар сүзбе пастасын дайындау кезінде анықталады			

Пробиотикалық микрокапсулалармен байытылған бие сүтінен жасалған йогурт пен сүзбе пастасы қол жетімді компоненттерден тұрады және

өнеркәсіптік өндіріс үшін қымбат жабдықты қажет етпейді, сонымен қатар бұл ашытылған сүт өнімдері үнемді болып табылады. Органолептикалық және физика-химиялық сипаттамалары бойынша алынған өнімдер МЕМСТ нормаларына сәйкес келеді.

"Арғымақ" йогурт пен сүзбе пастасының тағамдық және биологиялық құндылығын анықтау

Тағамның пайдалы қасиеттері оның тағамдық және биологиялық құндылығымен анықталады. Тағамдық құндылығы адамның негізгі қоректік заттар мен энергияға физиологиялық қажеттіліктерін өніммен қамтамасыз ету дәрежесіне баға беруге мүмкіндік береді. Биологиялық құндылық – бұл маңызды аминқышқылдарының, полиқанықпаған май қышқылдарының, микроэлементтердің және тағамның басқа да минорлық компоненттерінің, диеталық талшықтардың және т. б. құрамымен анықталатын тағамның химиялық құрамының ерекшеліктерінің жиынтығы [246, 247]. Осыған байланысты бие сүтіне негізделген "Арғымақ" йогурты мен сүзбе пастасының тағамдық құндылығы, сондай-ақ май қышқылды, аминқышқылды, дәруменді және минералды құрамы анықталды.

Ақуыздар, майлар және көмірсулар тағамдағы макронутриенттердің негізгі түрлері қарастырылды. Жаңа тағамдардағы ақуыздардың, майлардың және көмірсулардың мөлшері және олардың энергетикалық құндылығы 28-кестеде келтірілген.

Кесте 28 – "Арғымақ" сүт қышқылды өнімдерінің тағамдық құндылығы, 100 г

Көрсеткіштер	"Арғымақ" үлгілері	
	Йогурт	Сүзбе пастасы
Ақуыздар, г	3,05±0,15	11,44±0,55
Майлар, г	2,75±0,14	7,11±0,35
Көмірсулар, г	5,26±0,26	3,12±0,16
Энергетикалық құндылығы, ккал/кДж/100 г	56,98/238,56	122,59/513,26

Нәтижелер ақуыздар мен майлардың ең көп мөлшерде сүзбе пастасында байқалғанын көрсетті. Сонымен қатар, олар көмірсулардың ең аз деңгейімен сипатталды. Йогурт үлгілерінде көмірсулардың максималды мөлшері 5,26 г тең болды. Йогурт пен сүзбе пастасының энергетикалық құндылығы 56,98-ден 125,59 ккал-ға дейін болды. Сүзбе пастасы максималды энергетикалық құндылыққа ие, бұл майдың көп болуына байланысты, оның ыдырауы ақуыздар мен көмірсулармен салыстырғанда энергияның көп шығуымен бірге жүреді [248].

Май қышқылдарының тағам құрамындағы сапасын олардың ағзаның заталмасу процестеріндегі маңызды рөліне байланысты екенін ескеру маңызды [249]. Мысалы, май қышқылдарының трансизомерлерінің және кейбір қаныққан май қышқылдарының шамадан тыс мөлшері гиперхолестеринемияның дамуына әкеледі. Сонымен қатар, стеарин және

олеин май қышқылдарының өніміндегі жоғары деңгейі, сондай-ақ ПҚМҚ денеге пайдалы әсер етеді [250, 251].

Бие сүтіне негізделген жаңа байытылған өнімдердің май қышқылының құрамын талдау қаныққан, моно- және полиқанықпаған май қышқылдарының болуы анықталды (29-кесте).

Кесте 29 – "Арғымақ" сүтқышқылды өнімдерінің құрамындағы май қышқылдарының пайыздық мөлшері

Қаныққан май қышқылдар, %			
Үлгілер	Йогурт	Сүзбе паста	Сиыр сүтінен алынған өнімдер
C4:0 (Май қышқылы)	2,601±0,118	0,853±0,112	2,4-4,2
C6:0 (Капрон қышқылы)	2,543±0,112	1,613±0,111	1,5-3,0
C8:0 (Каприл қышқылы)	2,798±0,141	2,198±0,142	1,0-2,0
C10:0 (Каприн қышқылы)	10,314±0,515	8,655±0,143	2,0-3,8
C11:0 (Ундекан қышқылы)	0,133±0,016	-	-
C12:0 (Лаурин қышқылы)	3,768±0,201	4,444±0,236	2,0-4,4
C13:0 (Тридекан қышқылы)	0,111±0,015	-	-
C14:0 (Миристин қышқылы)	9,379±0,501	9,541±0,512	8,0-13,0
C15:0 (Пентадекан қышқылы)	1,042±0,011	1,175±0,561	
C16:0 (Пальмитин қышқылы)	18,345±1,417	21,147±1,366	21,0-33,0
C17:0 (Маргарин қышқылы)	1,143±0,157	1,132±0,149	2,08-4,07
C18:0 (Стеарин қышқылы)	8,949±0,418	10,412±0,542	9,0-13,5
C20:0 (Арахин қышқылы)	0,151±0,007	0,433±0,213	До 0,3
C22:0 (Беген қышқылы)	0,079±0,004	0,046±0,165	До 0,1
Жалпы сомасы	61,356±3,777	61,649±4,252	
Моноқанықпаған май қышқылдар, %			
C14:1 (Миристолеин қышқылы)	0,116±0,016	0,079±0,014	0,6-1,5
C15:1 (Пентадекан қышқылы)	0,273±0,014	0,291±0,014	3,06-4,45
C16:1 (Пальмитолеин қышқылы)	0,941±0,045	0,753±0,034	1,5-2,4
C17:1 (Маргаринолеин қышқылы)	0,518±0,016	0,440±0,012	-
C18:1n-9c (Олеин қышқылы)	22,625±1,112	22,615±0,022	20,0-32,0
C20:1 (Гадолейн қышқылы)	0,326±0,014	0,314±0,014	-
Жалпы сомасы	24,799±1,343	24,492±0,124	
Полиқанықпаған май қышқылдар, %			
C18:2n6t (Линолеидин қышқылы)	0,493±0,130	-	-
C18:2n6c (Линолевтік қышқылы)	2,540±0,112	3,351±0,141	3,0-5,5
C18:3n6 (γ-линолен қышқылы)	0,415±0,125	0,651±0,128	До 1,05
C20:4n6 (Арахидон қышқылы)	-	0,470±0,013	-
C20:5n3 (Эйкозапентаен қышқылы)	-	0,556±0,021	-
Жалпы сомасы	3,448±0,367	5,028±0,303	

Жаңа өнімдердің май қышқылының құрамын талдау кезінде қаныққан май қышқылдарының (ҚМҚ) жалпы мөлшері йогуртта 61,356%, ал сүзбе пастасында 61,649% - ға дейін өзгеретіні анықталды. Жаңа өнімдердің құрамында сиыр сүтімен салыстырғанда каприл және каприн май қышқылдарының жоғары мөлшері байқалды. Каприл немесе октан қышқылы – ас қорыту жүйесінің ауруларыдан кейін микрофлораны қалпына келтіруші табиғи қышқыл, әсіресе асқазан-ішек жолдарының дисфункциясы, дисбактериоз, кандидоз, төмендеген иммунитет, ішектің шырышты қабатының зақымдануыдан қолданылады. Каприл қышқылы грелиннің ацилденуін қамтамасыз етеді. Грелин - гипоталамустағы рецепторларды белсендіру арқылы аштықты ынталандыратын гормон. Каприн немесе декан қышқылы құрысуға қарсы әсер көрсетеді.

Жаңа йогурт өнімдерінде ундекан қышқылы $0,133 \pm 0,016\%$ мөлшерінде анықталды, ал сиыр сүт өнімдерінде бұл қышқыл кездеспейді. Ундекан немесе ундецил қышқылы – антагонистік белсенділігі жоғары қышқыл, көбінесе саңырауқұлақтарға қарсы агент ретінде қолданылады, мысалы, микоз, лишай тудыратын микроорганизмдерге қарсы әсер ететін қышқыл болып табылады [249].

Сонымен бірге, лаурин қышқылы $4,444 \pm 0,236\%$ мөлшерінде сүзбе пастасында анықталды, бұл артериосклеротикалық қауіпті азайтатын қышқыл. Лаурин қышқылы сиыр сүт өнімдерінде өте аз мөлшерде кездеседі. Тағы сүзбе өнімінде арахин немесе эйкозан қышқылы $0,433 \pm 0,213\%$ мөлшерінде анықталды.

Зерттеулердің нәтижесінде май, пальмитин, маргарин, стеарин қышқылдарының мөлшері сиыр сүтімен салыстырғанда төмен болып табылды. Сол үшін осы өнімдерді диеталық тамақтануда қолдануға болатыны дәлелденді.

Сүзбе пастасындағы пальмитин қышқылының мөлшері 21,147%, ал йогуртта 18,345% құрады. Айта кету керек, бұл қосылыс эластин, коллаген және гиалурон қышқылының синтезін белсендіреді, яғни тері тіндерінің жаңаруы мен регенерациясына ықпал етеді. Пальмитин қышқылының пайдасы туралы айтатын болсақ, бұл ана сүтінің негізгі компоненті. Бұл зат баланың ерте жаста дұрыс дамуы үшін қажет. Ол кальцийдің сіңуіне ықпал етеді және нәрестелердің ағзасындағы ас қорыту процесін реттейді.

Өнімдердегі моноқанықпаған май қышқылдарының (МҚМҚ) жалпы мөлшері шамалы, 24,492-ден 24,799% - ға дейін, сәйкесінше сүзбе пастасы мен йогурт үлгісінде. МҚМҚ-ның ең көп мөлшері йогурт үлгісінде байқалды. МҚМҚ-ның арасында олеин қышқылының мөлшері жоғары болды, 22,625% құрады. Ең аз мөлшерде миристолеин қышқылы кездесті, не бары 0,079% құрады.

Ашытылған сүтқышқылды өнімдердегі полиқанықпаған май қышқылдары (ПҚМҚ) линолеидин, γ -линолен, линолевтік, арахидон және эйкозапентаен қышқылдарымен белгілі болған. Бие сүтіне негізделген ашытылған сүт өнімдеріндегі ПҚМҚ деңгейі 3,448-ден 5,028% - ға дейін

болып табылды. Сүзбе пастасы ПҚМҚ жоғары деңгейімен ерекшеленді. Бұл сүзбе пастасында тығыз ұйыған бөлік пайда болған кезде қосымша байланыстар түзу арқылы майлы құрамының өзгеретіндігіне байланысты болуы мүмкін [252]. ПҚМҚ өнімдерінде ұсынылғандардың ішінде линолевтік қышқылының жоғары мөлшері (2,54-тен 3,51% - ға дейін) байқалды. Сонымен қатар, йогуртта және сиыр сүтінен алынған өнімдерде арахидон және эйкозопентаен қышқылдары сияқты ПҚМҚ жоқ болды. Айта кету керек, ПҚМҚ – жүрек тамыр жүйесіне пайдалы қышқылдар болып табылады [250].

Ақуыздардың биологиялық құндылығы олардың аминқышқылдарының құрамына байланысты. Тағамдық ақуыздарда кездесетін 20 аминқышқылының сегізі алмастырылмайтын, яғни олар организмде синтезделмейді және тағаммен келеді. Алмастырылмайтын аминқышқылдары тіндік ақуыздардың синтезіне қатысады, дене салмағының өсуіне ықпал етеді, олардың әрқайсысы ерекше функциялармен сипатталады. Лизин мен гистидин гемопоэзге қатысады; лизин мен триптофан өсуге жауап береді; метионин майлар мен фосфатидтердің алмасуына айтарлықтай әсер етеді, бауырдың уыттылыққа қарсы қызметін қамтамасыз етеді, жүйке қызметінде үлкен рөл атқарады [253].

Бие сүті негізіндегі жаңа өнімдердің аминқышқылдарының құрамы 30-кестеде келтірілген.

Кесте 30 – "Арғымақ" сүт қышқылды өнімдерінің құрамындағы аминқышқылдарының мөлшері

Аминқышқылдар	Бие сүті		Сиыр сүті	
	Йогурт	Сүзбе пастасы	Йогурт	Сүзбе пастасы
1	2	3	4	5
Алмастырылмайтын аминқышқылдар, %				
Валин	5,91±0,19	3,44±0,16	3,23	4,21
Лейцин	11,73±0,54	10,04±0,18	4,5	9,14
Изолейцин	2,14±0,11	3,08±0,17	3,0	4,30
Лизин	2,82±0,14	3,33±0,17	3,87	5,46
Метионин	1,19±0,15	4,81±0,14	1,15	3,47
Треонин	3,31±0,13	2,13±0,16	2,16	2,21
Триптофан	1,33±0,16	2,18±0,18	0,72	3,92
Фенилаланин	3,88±0,15	5,05±0,13	2,25	5,30
Жалпы сомасы	32,31±1,57	34,06±1,29		
Алмасатын аминқышқылдар, %				
Аланин	3,12±0,14	2,46±0,12	3,3	2,18
Аспарагин	7,77±0,34	9,49±0,18	6,6	5,02
Аргинин	8,63±0,52	9,49±0,42	3,7	3,12
Гистидин	3,24±0,15	5,32±0,22	1,56	2,02
Глицин	2,61±0,13	1,65±0,18	1,4	1,96

30 Кестенің жалғасы

1	2	3	4	5
Глутамин	22,31±1,11	23,70±1,18	15,42	15,82
Пролин	2,06±0,08	0,95±0,14	8,4	9,46
Серин	7,98±0,41	6,21±0,31	5,6	4,82
Тирозин	7,73±0,39	6,08±0,31	5,7	6,10
Цистеин	4,19±0,14	2,22±0,15	4,8	2,8
Жалпы сомасы	69,64±3,41	67,57±3,21		

Бие сүті негізінде жасалған өнімдерде алмастырылмайтын аминқышқылдардың мөлшері жоғары болатыны байқалды. Жаңа өнімдердің құрамындағы алмастырылмайтын аминқышқылдарының сомасы 32,31% - дан (йогуртта), 34,06% - ға дейін (сүзбе пастасында) өзгерді. Сүзбе пастасы лейцин, фенилаланин және метиониннің ең жоғары мөлшерімен ерекшеленді. Валин, изолейцин, лизин сияқты аминқышқылдар сүзбе пастасының құрамында 3% - дан асты. Лейциннің ең көп мөлшері 11,73% йогуртта байқалды.

Сүтқышқылды өнімдеріндегі алмасатын аминқышқылдарының мөлшері сәйкесінше 67,57% - дан 69,64% - ға дейін, сүзбе пастасы мен йогуртта өзгереді. Жаңа өнімдердегі алмасатын аминқышқылдарға жататын глутаминнің ең жоғары мөлшері 22,31% - 23,7% аралығында болатындығы анықталды. Глутамин иммунитетті нығайтады, катаболизмге қарсы әсер етеді және кортизол секрециясын тежейді. Сонымен қатар, сүзбе пастасындағы аспарагин мен аргининнің мөлшері 9% - дан асты. Аспарагин аминқышқылы денені нығайтады және өнімділікті арттырады, иммуноглобулиндердің синтезіне қатысады, метаболизмде маңызды рөл атқарады. Сүзбе пастасындағы аргининнің мөлшері сиыр сүтінің құрамымен салыстырғанда үш есе артты, 9,49% тең болды. Аргинин аминқышқылының адам ағзадағы метаболикалық процестерді қалыпқа келтіреді (холестеринді төмендетеді), көз қысымын төмендетеді, гормондар мен ферменттердің синтезіне не қатысады, бұлшықет массасын арттырады, сонымен бірге ағзадағы май тіндерінің құрамын төмендетеді, жүйке және иммундық жүйенің қалыпты жұмысын бақылайды. Йогурттағы аспарагин, аргинин, серин және тирозин мөлшері 7% - дан жоғары көрсеткіш көрсетті.

Бие сүтінен алынған йогурттың аминқышқылдар құрамы, сиыр сүтінен алынған йогуртқа қарағанда, жоғары болып табылды. Валин, триптофан, аргинин, гистидин, глицин аминқышқылдарының мөлшері екі есе жоғары болды. Аталған аминқышқылдар тағамдық ақуыздардың құрамдас бөлігі болып табылады. Гистидин аминқышқылы гемоглобинде көп мөлшерде кездеседі, ревматоидты артриттерді, жараларды және анемияны емдеуде қолданылады. Гистидиннің жетіспеушілігі есту қабілетінің төмендеуіне әкелуі мүмкін.

Сүзбе пастасында алмастырылмайтын лейцин және метионин аминқышқылдарының мөлшері сиыр сүтінен алынған сүзбе пастасына қарағанда жоғары екендігі дәлелденді. Лейцин - 10,04% -ға, ал метионин -

4,81% тең болды. Барлық қоректік заттардың ішінде жалғыз лейцин аминқышқылы ең айқын анаболикалық сипаттамаларға ие, ақуыз синтезін бастау үшін триггер элементі ретінде әрекет етеді.

Дәрумендер мен минералдар организмнің көптеген заталмасу процестеріне қатысады, әртүрлі функцияларды орындайды. Қазіргі уақытта көптеген тағамдарда ең көп таралған – С, А, В₁, В₉ дәрумендерінің, сондай-ақ кальций, йод, темір, магний, мырыш сияқты минералдардың жетіспеушілігі байқалуды [254]. Майда еритін А дәрумені организмнің антиоксидантты қорғаныштың маңызды құрамдас бөлігі болып табылады, көру процесінің фотохимиялық актісіне қатысады, жасушалық иммунитеттің реакциясын ынталандырады. А дәруменінің жетіспеушілігі гликопротеидтер алмасуының бұзылуына әкеледі, бұл шырышты қабаттардың қорғаныш қасиеттерінің жоғалуымен көрінеді. А дәрумені иммунитетті қалыптастыруда маңызды рөл атқарады, терінің зақымдалған эпителий жасушаларының тез жазылуына және қалпына келуіне ықпал етеді. Көмірсулар мен майлардың алмасуына қатысатын В дәрумендері денені энергиямен қамтамасыз етеді. Олардың жетіспеушілігі жүйке және бұлшықет жүйелерінің қызметінде, сондай-ақ жүрек пен асқазан-ішек жолдарының жұмысында айтарлықтай бұзылулар тудырады. С дәрумені, өз кезегінде, липидтердің асқын тотығу процестерін тежейді, темірдің сіңуіне ықпал етеді және гемопоэз процестерін қалыпқа келтіреді, тотығу-тотықсыздану реакцияларына, иммундық жүйенің жұмысына қатысады. Минералдар, өз кезегінде, қанның үю жүйесінің күйін және бұлшықеттің жиырылуын анықтайды, яғни барлық мүшелер мен тіндердің қажетті құрамдас бөлігі болып табылады [254].

Бие сүтіне негізделіп байытылған йогурт пен сүзбе пастасының дәрумендік және минералды құрамын талдау нәтижелері 31-кестеде көрсетілген.

Кесте 31 – "Арғымақ" атты йогурт пен сүзбе пастасындағы дәрумендер мен минералдардың құрамы

Дәрумендердің құрамы, 100 г					
Үлгілер	Бие сүті		Сиыр сүті		Адамдың тәуліктік дозасы
	Йогурт	Сүзбе пастасы	Йогурт	Сүзбе пастасы	
1	2	3	4	5	6
А дәрумені, мкг	158,26±7,389	398,082±19,899	22	33	1000-1500
В ₁ дәрумені, мкг	86,633±3,482	48,433±0,838	40	40	1100-2400
В ₂ дәрумені, мкг	131,124±6,111	120,141±5,145	200	260	1200-3000
В ₅ дәрумені, мкг	150,412±7,19	50,311±0,12	310	390	4000-12000
В ₆ дәрумені, мкг	32,541±0,129	30,411±0,143	50	21	1500-2800
В ₉ дәрумені, мкг	109,972±5,004	16,013±0,99	5	19	180-400
С дәрумені, мг	4,809±0,112	3,840±0,20	6	5	50000-100000
Минералды заттардың құрамы, 100 г					

31 Кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6
Калий, мг	152,475±7,313	147,0±6,18	147	112	3500
Кальций, мг	121,342±5,356	269,140±53,81	122	164	1000
Магний, мг	44,332±1,633	52,110±10,09	15	23	400
Натрий, мг	44,113±1,541	45,016±1,412	52	41	2000
Темір, мг	1,321±0,003	0,320±0,02	0,1	0,4	10-18
Мырыш, мг	0,877±0,001	0,530±0,06	0,4	-	15

Бие сүтіне негізделген сүт қышқылды өнімдерінде А, В₁ және В₉, дәрумендерінің мөлшері жоғары болып табылды. Йогуртта А дәруменінің (ретинол) мөлшері 158,26 мкг 100 г өнімге құрады. Суда еритін В дәрумендерінің құрамы, жалпы алғанда, екі үлгіде де қалыпты болды. Сонымен қатар, йогурттағы В₅ дәруменінің 100 г өнімге 150,412 мкг мөлшерінде күрт өсуі байқалды. Егер сиыр сүтінен алынған йогуртпен салыстыратын болса, А дәруменінің мөлшері жеті есе, ал сүзбе пастасымен салыстырғанда – он екі есе жоғары болды. Сүзбе пастасының үш қаптамасы адамның тәуліктік дозасын қамтамасыз етеді. Зерттеу нәтижелері бойынша йогурттағы В₁ дәрумені сиыр сүтінің үлгісіне қарағанда екі есе, ал В₉ дәрумені жиырма екі есе артты. Бұл дәрумендер адамның жүрек тамыр жүйесіне және жүкті әйелдің сәбиінің жүйке жүйесінің дамуына ықпал етеді.

Минералды құрамы бойынша жүргізілген зерттеулер жалпы екі өнімде де микро- және макроэлементтердің жеткілікті мөлшері бар екенін көрсетті. Йогуртта темір мен мырыштың мөлшері сиыр сүтінен алынған йогуртқа қарағанда 13 есе (1,321 мг) және 2 есе (0,877 мг) жоғары болып табылды. Сүзбе пастасы кальцийге бай екені белгілі, оның мөлшері 269,140 мг тең болды. Сонымен қатар, зерттелетін йогурт пен сүзбе пастасының үлгілерінде магний және калийдің едәуір мөлшері байқалды. Бұл минералдар адам ағзасында электролиттік тепе-теңдікте рөл атқарады және көптеген ағзадағы заталмасу процестеріне қатысады.

Осылайша, бие сүтінен жасалған жаңа байытылған ашытылған сүт өнімдері (йогурт және сүзбе пастасы) тек қоректік емес, сонымен қатар биологиялық құндылығы жоғары болып табылды. Бұл тұжырым тағамдарда қаныққан, моно- және полиқанықпаған май қышқылдары, алмастырылатын және алмастырылмайтын аминқышқылдары, сондай-ақ дәрумендер мен минералдар бар екеніне негізделген. ПҚМҚ-ның ең жоғары деңгейі сүзбе пастасында байқалды, сонымен бірге йогурттарда МҚМҚ көп болды. Сүзбе пасталары майлар мен фосфатидтердің алмасуына айтарлықтай әсер ететін және жүйке белсенділігінде үлкен рөл атқаратын А дәрумені, кальций және метионин құрамындағы басқа өнімдерден едәуір асып түсті.

Сүт өнімдері бай биохимиялық құрамы мен халық арасында танымалдылығына байланысты ұзақ уақыт бойы емдік-профилактикалық өнімдерді жасау үшін матрица ретінде қолданылып келеді [255]. Өнімдердің емдік-профилактикалық қасиеттері өнімдердегі моно- және полиқанықпаған май қышқылдарының, маңызды аминқышқылдарының, дәрумендердің,

минералдардың, тағамдық талшықтардың құрамымен байланысты [254].

Микрокапсулалары бар ашытылған сүт өнімдері пробиотиктер мен Пуллулан пребиотиктерінің құрамына байланысты ішек перистальтикасын жақсартып қана қоймайды, сонымен қатар ҚР көптеген аймақтарында жеткіліксіз болып табылатын В дәрумендерімен, темірмен және мырышпен денені қамтамасыз етеді.

А дәрумені, кальций, магний және алмастырылмайтын аминқышқылдарының көп мөлшерімен жасалған сүзбе пастасы балалардың тамақтануына ерекше қызығушылық тудырады, өйткені бұл заттар жүйке жүйесінің, көру органдарының, иммунитеттің қалыпты дамуын қамтамасыз етеді және ұлпа ақуыздарының синтезіне ықпал етеді. Сонымен бірге, өсуді қамтамасыз етеді, бұл әсіресе мектеп жасына дейінгі және мектеп жасындағы балалар үшін маңызды.

Бие сүтінің тағамдық және биологиялық құндылығын ескере отырып, өндірісте жаңа өнімдерді пайдалану олардың терапевтік және профилактикалық тиімділігін арттырады, халықтың сауығуына ықпал етеді. ПҚМҚ өнімдерінің, маңызды аминқышқылдарының, В, А және С дәрумендерінің, сондай-ақ минералдардың жоғары мөлшері ағзаның қоршаған ортаның қолайсыз факторларына төзімділігін арттыруға, ағзаның метаболикалық процестерін қалыпқа келтіруге ықпал етеді. Бұл сонымен қатар, бие сүтінен аралас жаппай тұтыну өнімдерінің әлеуметтік маңыздылығын анықтайды.

Әрі қарай өнімдердің биологиялық қауіпсіздігі бағаланады.

Өнімдердің биологиялық қауіпсіздігін анықтау

Сүтқышқылды өнімдерінің тәжірибелі партияларын өндіру тек физика-химиялық көрсеткіштерді ғана емес, сонымен қатар антибиотиктердің, улы элементтердің, пестицидтердің, микотоксиндердің, радионуклидтердің және микробиологиялық құрамның деңгейі сияқты қауіпсіздік көрсеткіштерін бағалаумен қатар жүреді. Әзірленген өнімдер стандартты қауіпсіздік деңгейіне сәйкес келуі қажет. Бұл тексеру ҚР Денсаулық сақтау министрлігінің санитарлық-эпидемиологиялық бақылау комитетінде өнімдерді тіркеу үшін қажет. Қауіпсіздік көрсеткіштер бойынша нәтижелер 32-кестеде келтірілген.

Кесте 32 – "Арғымақ" атты сүт қышқылды өнімдерінің биологиялық қауіпсіздігі

Антибиотиктер (мг/кг)				
Көрсеткіштің атауы	НҚ бойынша рұқсат етілген нормалар	Партиядан алынды		Сынақ әдістеріне НҚ белгілеу
		Йогурт	Сүзбе пастасы	
1	2	3	4	5
Левомецетин (хлорамфеникол)	Рұқсат етілмейді (0,0003 кем)	Табылған жоқ	Табылған жоқ	МЕМСТ 31903-2012, ӘН 4.2.026-95,

32 Кестенің жалғасы

1	2	3	4	5
Пенициллин	Рұқсат етілмейді (0,004 кем)	Табылған жоқ	Табылған жоқ	ӘН №3049-84
Стрептомицин	Рұқсат етілмейді (0,2 кем)	Табылған жоқ	Табылған жоқ	
Тетрациклин топтары	Рұқсат етілмейді (0,01 кем)	Табылған жоқ	Табылған жоқ	
Микробиологиялық көрсеткіштер				
Сүт қышқылды микроорганизмдері КТБ/см ³ (г)	1x10 ⁷	1x10 ⁷	1x10 ⁷	МЕМСТ 33951-2016
ІТТБ (колиформалар), 0,1 см ³ (г)	Рұқсат етілмейді	Табылған жоқ	Табылған жоқ	МЕМСТ 31747-2012
<i>Staphylococcus aureus</i> , 1,0 см ³ (г)	Рұқсат етілмейді	Табылған жоқ	Табылған жоқ	МЕМСТ 30347-2016
Патогенді микроорганизмдер, сальмонеллалар, 25 см ³ (г)	Рұқсат етілмейді	Табылған жоқ	Табылған жоқ	МЕМСТ 31659-2012
Ашытқылар КТБ/г/см ³ , көп емес	50	<1,0x10 ¹	<1,0x10 ¹	МЕМСТ 33566-2015
Зең саңырауқұлақтары, КТБ/г/см ³ , көп емес	50	<1,0x10 ¹	<1,0x10 ¹	МЕМСТ 10444.12-2013
Улы элементтер (мг/кг, артық емес)				
Меламин	Рұқсат етілмейді (<1,0)	Табылған жоқ	Табылған жоқ	ӘН 4.1.2420-08
Қорғасын (Pb)	0,1	Табылған жоқ	Табылған жоқ	МЕМСТ 33824-2016
Кадмий (Cd)	0,03	Табылған жоқ	Табылған жоқ	МЕМСТ 33824-2016
Мышьяк (As)	0,05	Табылған жоқ	Табылған жоқ	МЕМСТ 31628-2012
Сынап (Hg)	0,005	Табылған жоқ	Табылған жоқ	МЕМСТ 26927-86
Пестицидтер мен микотоксиндер (мг/кг)				
ГХЦГ (α, β, γ-изомерлері)	0,05	Табылған жоқ	Табылған жоқ	МЕМСТ 23452-2015
ДДТ және оның метаболиттері	0,05	Табылған жоқ	Табылған жоқ	МЕМСТ 23452-2015
Афлатоксин М1	0,0005	Табылған жоқ	Табылған жоқ	МЕМСТ 30711-2001
Радионуклидтер (Бк/кг, артық емес)				
Цезий-137	100	Табылған жоқ	Табылған жоқ	МЕМСТ 32161-2013

32 Кестенің жалғасы

Стронций-90	25	Табылған жоқ	Табылған жоқ	МЕМСТ 32163-2013
Ескертпе: ИТБ – ішек таяқшасы тобының бактериялары; ГХЦГ – Гексахлорциклогексан, ДДТ – дихлордифенилтрихлорэтан;				

Жоғарыдағы 32-кестеде келтірілген деректер физика-химиялық, микробиологиялық және қауіпсіздік көрсеткіштері бойынша өндірілген өнімдер Кедендік одақтың техникалық регламенттерінің талаптарына, МЕМСТ-на және өнімнің нақты түріне, қабылданған нормативтік құжаттарға сәйкес келетіндігін көрсетеді.

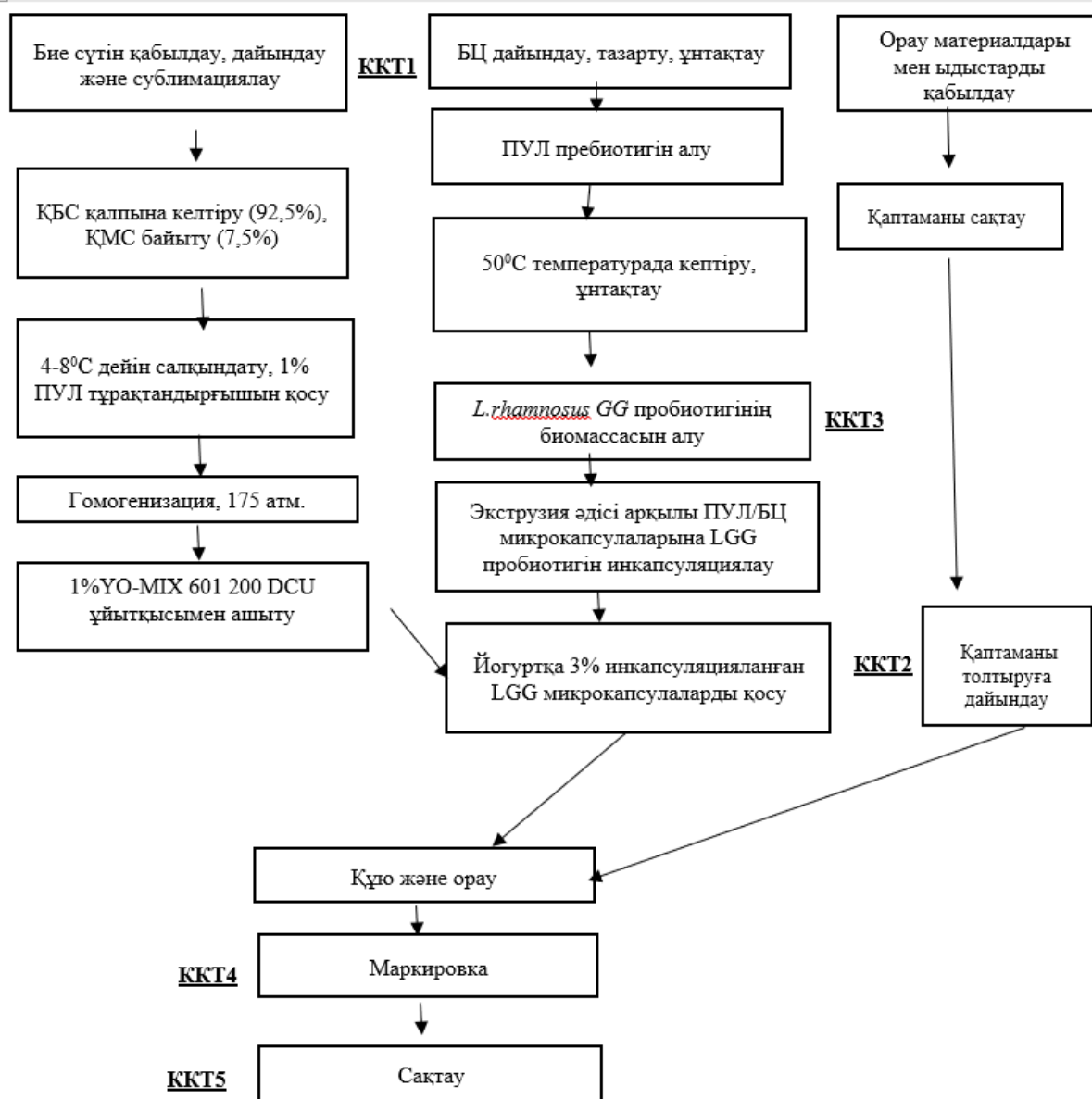
3.6 Микрокапсулалармен байытылған йогурт пен сүзбе пастасын алу процесін өндірістік сынақтан өткізу. Техникалық және нормативтік құжаттамаларды дайындау

Жоғарыда келтірілген зерттеу нәтижелері қалпына келтірілген және нормаланған ҚБС мен ҚМС-дан тұратын аралас сүт қоспасынан пробиотикалық өнімдерді өндірудің технологиялық процесінің негізгі режимінің параметрлерін жасауға негіз болды.

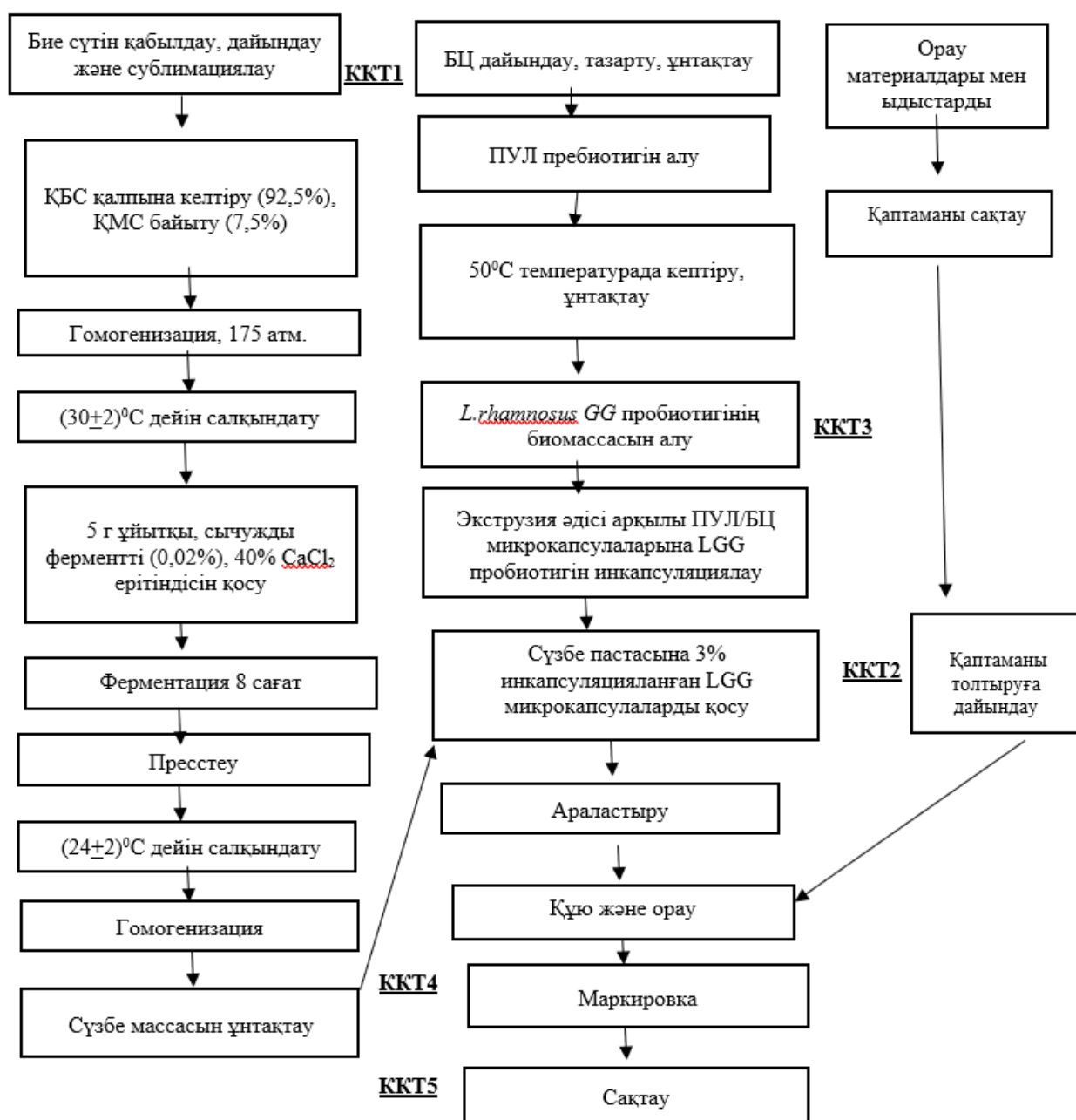
Ашытылған сүт өнімдерді өндірудің негізгі технологиялық схемасы келесі кезеңдерден тұрады: сүтті қабылдау және оның сапасын бағалау, нормалау, гомогенизация, пастерлеу, ашыту температурасына дейін салқындату. Аралас сүт негізін ашыту 38-39 °C ашыту температурасында йогурт үшін 5 сағат ішінде өтті. Ашыту процесінен кейін өнім 25°C дейін салқындатылды және пробиотикалық микрокапсулалар енгізілді. Содан кейін йогурт 4°C дейін салқындатылды және сақтауға жіберілді.

Сүзбе пастасын алу деген сүзбені алу, содан кейін оны ұсақтау. Ол үшін сүттік негізін (30±2) °C дейін салқындатады, "Полезная партия" өндірушісінің "Творог" ұйытқысы, ашыту ферментінің және кальций хлоридінің 40% ерітіндісі енгізіледі. Ашыту 8 сағатқа дейін созылады, содан кейін өзін-өзі басу және ұйыған бөлікті басу жүреді. Осыдан кейін, өнім (24±2) °C дейін салқындатылады және араластырылады. Содан кейін, алынған сүзбе массасы сүзбе пастасына ұсақталады және LGG бар микрокапсулалар енгізіледі, қайта араластырылады және гомогенизацияланады. Алынған сүзбе массасы оралып, 4°C температурада тоңазытқыш камераларында сақталады.

Микрокапсулалармен байытылған бие сүтіне негізделген "Арғымақ" атты сериялы ашытылған сүт өнімдерін алудың жалпы технологиялық сызбанұсқасы төменде келтірілген (25-26-сурет).



Сурет 25 – Бие сүті негізінде жасалған инкапсуляцияланған пробиотиктермен байытылған "Арғымақ" йогуртын алудың жалпы технологиялық сызбанұсқасы



Сурет 26 – Бие сүті негізінде жасалған инкапсуляцияланған пробиотиктермен байытылған "Арғымақ" сүзбе пастасының жалпы технологиялық сызбанұсқасы

Технология "ИТЭК Меридиан Групп" ЖШС өнеркәсіптік кәсіпорнында сынақтан өтті және енгізілді. Өндіріске енгізу актілері және өндірістік жағдайларда тәжірибені жүргізу туралы актілер бар (27-сурет).



Йогурт



Сүзбе пастасы

Сурет 27 – "Арғымақ" атты сериялы ашытылған сүт өнімдерінің тәжірибелік-өнеркәсіптік үлгілері

Диеталық профилактикалық тағамның мамандандырылған тамақ өнімдерінің: "Арғымақ" йогурт пен сүзбе пастасының тәжірибелік партияларының нормативтік техникалық құжаттама пакеттері дайындалды. Құжаттамалық пакет ұйым стандарты, өндіріс бойынша технологиялық нұсқаулық, рецептура, НАССР жоспары, қауіпсіздік туралы хабарлама, сапа куәлігі, қолдану жөніндегі нұсқаулық, этикетка макеті, декларация, ғылыми есеп, "Нутритест" және "Еркін талғам" ЖШС берген өнімдердің биологиялық қауіпсіздігі туралы сынақ хаттамасы сияқты рұқсаттамалардан тұрады. "Қазақ тағамтану академиясы" ҚБ берген тағамға биологиялық белсенді қоспаларды, балалар тағамын, тағамдық қоспаларды тіркеу жөніндегі «Сараптамалық кеңестен» берген мемлекеттік тіркеуге арналған өнімдерді ұсыну туралы сараптамалық қорытынды негізінде екі өнім де ҚР Денсаулық сақтау министрлігінің санитариялық-эпидемиологиялық бақылау комитетінде тіркелген. Өнімдерді тіркеу туралы Куәлік: KZ.16.01.98.004.R.000456.07.23; KZ.16.01.98.004.R. 000455.07.23 2023 жылғы 19 шілдеде берілген (В қосымшасы).

ҚР №8172 "Функционалдық және пробиотикалық қасиеттері бар сүзбе пастасын алу тәсілі"; №7876 "Функционалдық және пробиотикалық қасиеттері бар йогурт алу тәсілі" (А қосымшасы) 2 патенті алынған.

Бие сүтінен, тіпті иммобилизацияланған симбиотикпен ашытылған өнімдердің пайдалылығы оларды өнеркәсіптік өндірудің орындылығын анықтайды. Пробиотиктердің өндіріс процесінде ғана емес, сонымен бірге тұтыну процесінде де жоғары тіршілікке қабілеттілігін сақтау олардың терапевтік және профилактикалық тиімділігін арттырады, халықтың сауығуына ықпал етеді, бұл сонымен қатар жаңа пробиотикалық жаппай тұтыну өнімдерін өндірудің және бие сүтіне негізделген мамандандырылған мақсаттағы өнімдерін алу технологиясының әлеуметтік маңыздылығын анықтайды.

ҚОРЫТЫНДЫ

Жүргізілген зерттеу нәтижелері келесі қорытындыларды жасауға мүмкіндік береді:

1. Пуллулан продуценті үшін меласса – Чапек-Докс қоректік ортасы модификацияланды, оның құрамынан сахароза мен натрий нитраты алынып, орнына 10 %, меласса қосылды. Экономикалық коэффициенттің максималды мәні – 37,83%, пуллуланның жинақталу деңгейі – 37,42 г/л тең болды.

2. Экструзия әдісімен альгинат – 2%, альгинат 2% - БЦ 0,5%, альгинат 2% - пуллулан 2% / БЦ 0,5% пробиотикалық микрокапсулалары алынды. *L. rhamnosus* GG жасушаларын иммобилизациялау тиімділігі 81,2-89,1%, ал титрі – 10^{10} КТБ/г тең болды. Микрокапсулалардың өлшемі 2500-ден 3400 мкм-ге дейін, ақ түсті, беті тегіс сфералар болды.

3. Асқазан-ішек жолдарында LGG инкапсуляцияланған штаммының тіршілікке қабілеттілігі бос жасушалармен салыстырғанда 40-50% - ға жоғары болды. Микрокапсуляцияланған LGG штамы термоинактивацияға төзімді келді. Тіршілікке қабілетті бос жасушалардың саны 37,5%, ал микрокапсуладағы 83,4% тең болды.

4. Сүт қышқылды өнімдерді алу үшін ҚБС қалпына келтірілді және 7,5% ҚМС-пен байытылды. Йогурт ашыту үшін YO-MIX 601 200 DCU ұйытқысы 1% мөлшерде қосылды. Ферментацияның оңтайлы ашыту режимі – 38-39°C, 5 сағат болды. Тұрақтандырғыш ретінде 1% мөлшерінде ПУЛ қосылды. Сүзбе пастасын алу үшін "Творог" (Полезная партия) ұйытқысы таңдалды. Ашытылған сүт өнімдеріне 3% мөлшерінде микрокапсулалар енгізілді. Пробиотикалық микрокапсулалары бар өнімдердің оңтайлы сақтау мерзімі – 28 күнге дейін ұзарғаны анықталды.

5. Йогурт пен сүзбе пастасының энергетикалық құндылығы – 58,8 және 125,3 ккал-ға тең болды. Жаңа тағамдардың май қышқылының құрамы талданды, йогурттағы ҚМҚ жалпы мөлшері 61,356%, сүзбе пастасында – 61,649%; МҚМҚ – 24,799% және 24,492%; ПКМҚ – 3,448 - 5,028% болды. Жаңа өнімдердің құрамындағы алмастырылмайтын аминқышқылдар мөлшері йогуртта – 32,31% тең, ал сүзбе пастасында - 34,06% тең болды. Алмасатын аминқышқылдар пулы – 69,64% және 67,57% болды. Микрокапсуляцияланған пробиотиктері бар йогурт пен сүзбе пастасының үлгілерінде антибиотиктер, патогенді микроорганизмдер, улы элементтер, пестицидтер мен радионуклидтер кездескен жоқ, яғни өнімдер биоқау»псіз екені анықталды.

6. Микрокапсуляцияланған пробиотикпен бие сүтінен "Арғымақ" йогурт пен сүзбе пастасын өндіруге арналған нормативтік техникалық құжаттама пакеттері дайындалды. Технология "Меридиан Групп" ЖШС өнеркәсіптік кәсіпорнында сынақтан өткізілді. Өнімдер Еуразиялық экономикалық одақта, Қазақстан Республикасы Денсаулық сақтау министрлігінің санитарлық-эпидемиологиялық бақылау комитетінде мемлекеттік тіркеуден өтті.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕККӨЗДЕРДІҢ ТІЗІМІ

- 1 Bogue J., Collins O., Troy A. J. Market analysis and concept development of functional foods // *Developing New Functional Food and Nutraceutical Products*. – 2017. – P. 29-45.
- 2 Mortazavian A.M., Mohammadi R., Sohrabvandi S. Delivery of probiotic microorganisms into gastrointestinal tract by food products // *New Advances in the Basic and Clinical Gastroenterology // InTech*. – 2012. – №61. – P. 121-146.
- 3 Šipailienė A., Petraitytė S. Encapsulation of probiotics. Proper selection of the probiotic strain and the influence of encapsulation technology and materials on the viability of encapsulated microorganisms // *Probiotics and Antimicrobial Proteins*. – 2018. – Vol. 1. – №10. – P.1-10.
- 4 Morales M.E., Ruiz M.A. Microencapsulation of probiotic cells: applications in nutraceutic and food industry // *In Nutraceuticals*. – 2016. – Vol.1. – P. 627-668.
- 5 Wang J., Tavakoli J., Tang Y. Bacterial cellulose production, properties and applications with different culture methods – A review // *Carbohydrate Polymers*. – 2019. – №219. – P.63-76.
- 6 Farias D.P., de Araujo F.F., Neri-Numa I.A., Pastore G.M. Prebiotics:trends in food, health and technological applications // *TrendsFood Sci. Technol*. – 2019. – №93. – P.23-35.
- 7 Fernandez M., Hudson J.A., Korpela R., Reyes-Gavilan C.G. Impact on human health of microorganisms present in fermented dairy products: an overview // *BioMed Research International*. – 2015. –№13. – P.1-13.
- 8 Pieszka M., Łuszczynski J., Szeptalin A. Comparison of mare's milk composition of different breeds // *Nauka PrzyrodaTechnologie*. –2011. –Vol. 6. – №5. – P. 1-5.
- 9 Markiewicz-Kęszycka M. Chemical composition and whey protein fraction of late lactation mares' milk // *International Dairy Journal*. – 2013. – № 2. – P. 62-64.
- 10 Orlandi M., Goracci J., Curadi M.C. Essential fatty acids (EFA) in Haflinger and Thoroughbred mare's milk // *Annali dellaFacoltà di Medicinaveterinaria*. – 2007. –Vol. 55. – P. 319-325.
- 11 Kanareykina S.G., Chernyshenko Yu.N., Kanareykin V.I. Researching of fatty acids and amino acid structure of yogurts with use of mare's milk // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. – 2019. – Vol. 315. – № 7. – P. 1-6.
- 12 Канарейкин В.И., Канарейкина С.Г. Кисломолочный продукт из кобыльего молока функциональной направленности // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. – 2016. – №.57 (1). – С. 189-192.
- 13 Drewnowski A. Measures and metrics of sustainable diets with a focus on milk, yogurt, and dairy products // *Nutrition reviews*. – 2018. – T. 76. – №. 1. – С. 21-28.
- 14 Kliem K. E., Givens D. I. Dairy products in the food chain: their impact on

health //Annual Review of Food Science and Technology. – 2011. – Т. 2. – С. 21-36.

15 Ганина В.И. Пробиотики. Назначение, свойства и основы биотехнологии: монография // М. МГУПБ. – 2001. –С. 169 с.

16 Воробьев А.А. Дисбактериозы - актуальная проблема медицины // Вести РАМН. – 2007. –№3 – С. 4-7.

17 Saier M. H., Mansour N. M. Probiotics and prebiotics in human health // J. Mol. Microbiol. Biotechnol. – 2005. – Vol.10. – P. 22-25.

18 Mach T. Clinical usefulness of probiotics in inflammatory bowel diseases // Journal of physiology and pharmacology: an official journal of the Polish Physiological Society. –Vol.57(9). – 2006. –P. 23-33.

19 O'Mahony L., Mc Carthy J., Kelly P., Hurley G., Luo F. Y., Chen K. S., O'Sullivan G.C., Kiely B., Collins J. K., Shanahan F., Quigley E. M. M. *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* in irritable bowel syndrome: Symptom responses and relationship to cytokine profiles // Gastroenterology. –Vol.128.– 2005. – P. 541-551.

20 Bielecka M. Selection of probiotic and prebiotics for synbiotics and confirmation of their in vivo effectiveness // Food research international. – 2002. – Vol. 35. – P. 125-131.

21 Fuller R. Probiotics in human medicine // Gut. – Vol. 32.– 1991. – P. 439-442.

22 W.P. Charteris, P.M. Kelly, L. Morelli, J.K. Collins, Development and application of an in vitro methodology to determine the transit tolerance of potentially probiotic *Lactobacillus* and 24 *Bifidobacterium* species in the upper human gastrointestinal tract, Journal of Applied Microbiology, 84 (1998) 759-768.

Хочу заменить

23 Lilly D.M. Probiotics: Growth promoting factors produced by microorganisms // Science. – 2005. –Vol. 147. – P. 747-748.

24 Шевелева С. А. Максимально полезные пробиотики // Здоровое питание. – 2002. – № 4. – С. 25

25 Nedovic V., Kalusevic A., Manojlovic V., Levic S., and Bugarski B. An overview of encapsulation technologies for food applications // Procedia Food Science. – 2011. – Vol. 1. – P. 1806 - 1815.

26 Сеницын А. П. Имобилизованные клетки микроорганизмов // М.: Изд-во МГУ. – 2004. – С. 288.

27 Górecka E., Jastrzębska M. Immobilization techniques and biopolymer carriers // Biotechnol Food Sci. – 2011. – Vol. 75. – P. 65-86.

28 Gbassi G. K., Vandamme T. Probiotic encapsulation technology: from microencapsulation to release into the gut // Pharmaceutics. – 2012. – Vol. 4 – P. 149-163.

29 Kebary K. M. Improving viability of probiotics and their effect by immobilization // Egyptian journal dairy science. – 2018. – Vol. 26. – P. 319-337

30 Tomaro-Duchesneau C., Saha S., Malhotra M., Kahouli I., Prakash S. Microencapsulation for the therapeutic delivery of drugs, live mammalian and

bacterial cells, and other biopharmaceutics: current status and future directions // Journal of pharmaceutics. – 2013. – P. 1-19.

31 Domínguez R., Pateiro M., Munekata P. E. S., McClements D. J., Lorenzo J. M. Encapsulation of Bioactive Phytochemicals in Plant-Based Matrices and Application as Additives in Meat and Meat Products // *Molecules*. – 2021. – Vol. 26. – P. 3984.

32 Ozkan G., Franco P., de Marco I., Xiao J., Capanoglu E. A Review of Microencapsulation Methods for Food Antioxidants: Principles, Advantages, Drawbacks and Applications // *Food Chem.* – 2019. – Vol. 272. – P. 494–506.

33 Cittadini A., Munekata, P. E. S., Pateiro M., Sarriés M. V., Domínguez, R., Lorenzo J. M. Encapsulation Techniques to Increase Lipid Stability. In *Food Lipids Sources, Health Implications, and Future Trends*; Lorenzo J. M., Munekata, P. E. S., Barba F. J., Pateiro M., Domínguez R., Eds // Academic Press: Oxford, UK, – 2022; P. 1-46. ISBN 9780128233719

34 Nesterenko A., Alric I., Silvestre F., Durrieu V. Vegetable Proteins in Microencapsulation: A Review of Recent Interventions and Their Effectiveness. *Ind // Crops Prod.* – 2013, – Vol. 42. – P. 469-479.

35 Pitigraisorn P., Srichaisupakit K., Wongpadungkiat N., Wongsasulak S. Encapsulation of *Lactobacillus Acidophilus* in MoistHeat-Resistant Multilayered Microcapsules. *J // Food Eng.* – 2017. – Vol. 192. – P. 11-18.

36 Yun P., Devahastin S., Chiewchan N. Microstructures of Encapsulates and Their Relations with Encapsulation Efficiency and Controlled Release of Bioactive Constituents: A Review // *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* – 2021. – Vol. 20. – P. 1768-1799.

37 Shishir M. R. I., Xie L., Sun C., Zheng X., Chen W. Advances in Micro and Nano-Encapsulation of Bioactive Compounds Using Biopolymer and Lipid-Based Transporters // *Trends Food Sci. Technol.* – 2018. – Vol. 78. – P. 34-60.

38 Ray S., Raychaudhuri U., Chakraborty R. An Overview of Encapsulation of Active Compounds Used in Food Products by Drying Technology // *Food Biosci.* – 2016. – Vol. 13. – P. 76-83

39 Tan S., Zhong C., Langrish T. Microencapsulation of Pepsin in the Spray-Dried WPI (Whey Protein Isolates) Matrices for Controlled Release. *J // Food Eng.* – 2019. – Vol. 263. – P. 147-154.

40 Talón E., Lampi A.M., Vargas M., Chiralt A., Jouppila, K., González-Martínez C. Encapsulation of Eugenol by Spray-Drying Using Whey Protein Isolate or Lecithin: Release Kinetics, Antioxidant and Antimicrobial Properties // *Food Chem.* – 2019. – Vol. 295. – P. 588-598.

41 Arenas-Jal M., Suñé-Negre J.M., García-Montoya E. An Overview of Microencapsulation in the Food Industry: Opportunities, Challenges, and Innovations. *Eur // Food Res. Technol.* – 2020. – Vol. 246. – P. 1371-1382.

42 Gharsallaoui A., Roudaut G., Chambin O., Voilley A., & Saurel R. (2007). Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview // *Food Research International*, – Vol. 40(9). – P. 1107-1121.

43 Freiberg S., & Zhu, X. (2004). Polymer microspheres for controlled drug

release // International Journal of Pharmaceutics, – Vol. 282(1–2). – P. 1-18.

44 Chen S., Cao Y., Ferguson L. R., Shu Q., & Garg S. (2013). Evaluation of mucoadhesive coatings of chitosan and thiolated chitosan for the colonic delivery of microencapsulated probiotic bacteria // Journal of Microencapsulation, – Vol. 30(2). – P. 103-115.

45 Fang Z., & Bhandari B. (2010). Encapsulation of polyphenols—a review // Trends in Food Science & Technology, – Vol. 21(10). – P. 510-523.

46 Rinaudo M. Main properties and current applications of some polysaccharides as biomaterials // Polymer International, – 2008. – Vol. 57. – P. 397-430.

47 Thu B.P., Bruheim. T.E., Smidsrod O., Soon Shiong P.G., Skjak Braek. Alginate polycation microcapsules. 1. Interaction between alginate and polycation // Biomaterials. – 1996. – Vol. 9. – P. 1031-1040.

48 Gombotz W.R., Wee S.F. Protein release from alginate matrices // Advanced Drug Delivery Reviews. – Vol.31. – 1998. – P. 267-285.

49 Agüero L., Zaldivar-Silva., Pena D.L., Dias M. L. Alginate microparticles as oral colon drug delivery device: A review // Carbohydrate Polymers. – 2017. Vol.168. – P. 32–43.

50 Mokarram R.R., Mortazavi S.A., Najafi M.B.H., Shahidi F. The influence of multi stage alginate coating on survivability of potential probiotic bacteria in simulated gastric and intestinal juice // Food Research International. Val.– 2009. – Vol. 42(8). - P. 1040–1045.

51 Nayak A. K., Malakar J., Pal D., Hasnain M. S., Beg S. Soluble starchblended Ca^{2+} - Zn^{2+} -alginate composites-based microparticles of aceclofenac: Formulation development and in vitro characterization // Future Journal of Pharmaceutical Sciences. – 2018. – Vol. 4(1). – P. 63–70.

52 Agulhon P., Robitzer M., David L., Quignard F.O. Structural regime identification in ionotropic alginate gels: Influence of the cation nature and alginate structure // Biomacromolecules. – 2012. – Vol. –13(1). – P. 215–220.

53 Cao L., Lu W., Mata A., Nishinari K., Fang Y. Egg-box model-based gelation of alginate and pectin: A review // Carbohydratepolymers. – 2020. – Vol. 242. – P. 116389.

54 Kashid P., Doijad R., Shete A., Sajane S., Bhagat A. Studies on rebamipide loaded gastroretentive alginate based mucoadhesive beads: Formulation in-vitro, in-vivo evaluation // Pharmaceutical Methods. – 2016. – Vol. 7(2). – P. 132-138.

55 Patil S. B., Sawant K. K. Development optimization and in vitro evaluation of alginate mucoadhesive microspheres of carvedilol for nasal delivery // Journal of Microencapsulation. – 2009. – Vol. 26(5). – P. 432–443.

56 Barbetta A., Barigelli E., Dentini M. Porous alginate hydrogels: Synthetic methods for tailoring the porous texture // Biomacromolecules. – 2009. – Vol. 10(8). – P. 2328–2337.

57 Sun J., Tan. H. Alginate-based biomaterials for regenerative medicine application // Materials . – 2013. – Vol.6(4). – P. 1285–1309.

58 Zain N. A. M., Suardi S. M., Idris, A. Hydrolysis of liquid pineapple waste

by invertase immobilized in PVA–alginate matrix // Biochemical Engineering Journal. – 2010. – Vol.50 (3). –P. 83–89.

59 Li M. Y., Jin Y. X., Wang Y. W., Meng L., Zhang N., Sun Y., et al. Preparation of *Bifidobacterium breve* encapsulated in low methoxyl pectin beads and its effects on yogurt quality // Journal of Dairy Science. – 2019. – Vol. 102(6). – P. 4832–4843.

60 Krasaekoopt W., Bhandari B., Deeth H. C. Survival of probiotics encapsulated in chitosan-coated alginate beads in yoghurt from UHT–and conventionally treated milk during storage // Lebensmittel-Wissenschaft und – Technologie– Food Science and Technology. – 2006. – Vol. 39(2). P. 177–183.

61 Cheow W. S., Hadinoto K. Biofilm-like *Lactobacillus rhamnosus* probiotics encapsulated in alginate and carrageenan microcapsules exhibiting enhanced thermotolerance and freeze-drying resistance // Biomacromolecules. – 2013. – Vol. 14(9). – P. 3214–3222.

62 Ashwar B. A., Gani A., Gani A., Shah A., Masoodi F. A. Production of RS4 from rice starch and its utilization as an encapsulating agent for targeted delivery of probiotics // Food Chemistry. – 2018. – Vol. 239. – P. 287–294.

63 Fareez I. M., Lim S.M., Zulkefli N.A.A, Mishra R. K., Ramasamy K. Cellulose derivatives enhanced stability of alginate-based beads loaded with *lactobacillus plantarum* LAB12 against low pH, high temperature and prolonged storage // Probiotics and Antimicrobial Proteins. – 2018. – Vol.10(3). –P. 543–557.

64 Singh R. S., Saini G. K., Kennedy J. F. Pullulan: Microbial sources, production and applications. Carbohydrate Polymers. – 2008. Vol.73(4). P. 515–531.

65 Zhang H., Yang C., Zhou W. J., Luan Q., Li W. L., Deng Q. C., et al. A pH responsive gel macrosphere based on sodium alginate and cellulose nanofiber for potential intestinal delivery of probiotics // ACS Sustainable Chemistry, Engineering. – 2018. – Vol. 6 (11). P. 13924–13931.

66 Singh P., Medronho B., Miguel M. G., Esquena J. On the encapsulation and viability of probiotic bacteria in edible carboxymethyl cellulose-gelatin water-in-water emulsions // Food Hydrocolloids. – 2018. – Vol. 75. - P. 41–50.

67 Singh P., Medronho B., dos Santos T., Nunes-Correia I., Granja P., Miguel M.G., et al. On the viability, cytotoxicity and stability of probiotic bacteria entrapped in cellulose-based particles // Food Hydrocolloids. – 2018a. –Vol. 82. – P. 457–465.

68 Li W., Luo X. G., Song R., Zhu Y., Li B., Liu S. L. Porous cellulose microgel particle: A fascinating host for the encapsulation, protection, and delivery of *lactobacillus plantarum* // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2016. – Vol. 64(17). – P. 3430–3436.

69 Zhang M. H., Cai D., Song Q. M., Wang Y., Sun H. Y., Piao C. H., et al. Effect on viability of microencapsulated *Lactobacillus rhamnosus* with the whey protein pullulan gels in simulated gastrointestinal conditions and properties of gels // Food Science of Animal Resources. – 2019b. – Vol. 39(3). – P. 459–473.

70 Cabuk B., Harsa S. T. Improved viability of *Lactobacillus acidophilus*

NRRLB 4495 during freeze– drying in whey protein-pullulan microcapsules // Journal of Microencapsulation. – 2015a. – Vol. 32(3). – P. 300–307.

71 Rashidinejad A., Bahrami A., Rehman A., Rezaei A., Babazadeh A., Singh H., Jafari S.M. Co-encapsulation of probiotics with prebiotics and their application in functional/synbiotic dairy products. Crit. Rev. // Food Sci. Nutr. – 2020. – Vol. 62. – P. 2470–2494.

72 Kvakova M., Bertkova I., Stofilova J., Savidge T.C. Co-Encapsulated Synbiotics and Immobilized Probiotics in Human Health and Gut Microbiota Modulation. // Foods. - 2021. – Vol.10. – P. 1297.

73 Ballan R., Battistini C., Xavier-Santos D., Saad S.M.I. Interactions of Probiotics and Prebiotics with the Gut Microbiota. In *Progress in Molecular Biology and Translational Science*; Academic Press: Amsterdam, The Netherlands. – 2020. – Vol. 171. - P. 265–300.

74 Ramnani P., Gaudier E., Bingham M., Van Bruggen P., Tuohy K.M., Gibson G.R. Prebiotic effect of fruit and vegetables hots containing Jerusalem artichokeinulin: A human intervention study // *Br. J. Nutr.* – 2010. – Vol.104. – P. 233–240.

75 Kleessen B., Schwarz S., Boehm A., Fuhrmann H., Richter A., Henle T., Krueger M. J. Artichoke and chicory inulin in bakery products affect faecal microbiota of healthy volunteers // *Br. J. Nutr.* – 2007. – Vol. 98. – P. 540–549.

76 Warren F.J., Fukuma N.M., Mikkelsen D., Flanagan B.M., Williams B.A., Lisle A.T., Cuiv P.O., Morrison M., Gidley M.J. Food Starch Structure Impacts Gut Microbiome Composition // *M. Sphere.* – 2018. – Vol. 3. – P. e00086-18.

77 Di Battista C. A., Constenla D., Rigo M. V. R., Pina J. Process analysis and global optimization for the microencapsulation of phytosterols by spray drying // *Powder Technology.* – 2017. – Vol. 321. – P. 55-65.

78 Tao T., Ding Z., Hou D., Prakash S., Zhao Y., Fan Z., Zhang D., Wang Z., Liu M., Han J. Influence of polysaccharide as co-encapsulant on powder characteristics, survival and viability of microencapsulated *Lactobacillus paracasei* Lpc-37 by spray drying // *Journal of Food Engineering.* – 2019. – Vol. 252. – P. 10-7.

79 Colin-Cruz M., Pimentel-Gonzalez D., Carrillo-Navas H., Alvarez-Ramirez J., Guadarrama-Lezama A. Co-encapsulation of bioactive compounds from blackberry juice and probiotic bacteria in biopolymeric matrices // *LWT.* – 2019. – Vol. 110. – P. 94-101.

80 Ilic I., Dreu R., Burjak M., Homar M., J. Kerc., Srcic S. Microparticle size control and glimepiride microencapsulation using spray congealing technology // *International Journal of Pharmaceutics.* – 2009. – Vol. 381(2). – P. 176-83.

81 Okuro P. K., Thomazini M., Balieiro J. C., Liberal R. D., Favaro-Trindade C. S. Co-encapsulation of *Lactobacillus acidophilus* with inulin or polydextrose in solid lipid microparticles provides protection and improves stability // *Food Research International.* – 2013. – Vol. 53(1). – P. 96-103.

82 Wang Y.-C., Yu R.-C., Chou C.-C. Viability of lactic acid bacteria and bifidobacteria in fermented soymilk after drying, subsequent rehydration and

storage // International Journal of Food Microbiology. – 2004. – Vol. 93(2). – P. 209-17.

83 Santivarangkna C., Higl B., Foerst P. Protection mechanisms of sugars during different stages of preparation process of dried lactic acid starter cultures // Food Microbiology. – 2008. – Vol. 25(3). – P. 429-41.

84 Carvalho A. S., Silva J., Ho P., Teixeira P., Malcata F. X., Gibbs P. Relevant factors for the preparation of freeze-dried lactic acid bacteria // International Dairy Journal. – 2004. – Vol. 14(10). – P. 835-47.

85 Liu H., Cui S. W., Chen M., Li Y., Liang R., Xu F., Zhong F. Protective approaches and mechanisms of microencapsulation to the survival of probiotic bacteria during processing, storage and gastrointestinal digestion: A review // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 2019. – P. 1-16.

86 Poletto G., Fonseca B.D.S., Raddatz G.S., Wagner R., Lopes E.J., Barin J.S., Flores E.M.D. M., de Menezes C.R. Encapsulation of *Lactobacillus acidophilus* and different prebiotic agents by external ionic gelation followed by freeze-drying // Ciencia Rural. – 2019. – Vol. 49(2). – P. 7.

87 Heidebach T., Forst P., Kulozik U. Microencapsulation of probiotic cells by means of rennet-gelation of milk proteins // Food Hydrocolloids. – 2009. – Vol. 23(7). – P. 1670-7.

88 Yousefi M., Jafari S. M. Recent advances in application of different hydrocolloids in dairy products to improve their techno functional properties // Trends in Food Science & Technology. – 2019. – Vol. 88. – P. 468-83.

89 Phoem A. N., Mayiding A., Saedeh F., Permpoonpattana P. Evaluation of *Lactobacillus plantarum* encapsulated with *Eleutherine americana* oligosaccharide extract as food additive in yoghurt // Brazilian Journal of Microbiology. – 2019. – Vol. 50(1). – P. 237-46.

90 Serrano-Casas V., Perez-Chabela M. L., Cortes-Barberena E., Totosa A. Improvement of lactic acid bacteria viability in acid conditions employing agroindustrial co-products as prebiotic on alginate ionotropic gel matrix co-encapsulation // Journal of Functional Foods. – 2017. – Vol. 38. – P. 293-7.

91 Ghasemi S., Jafari S. M., Assadpour E., Khomeiri M. Nanoencapsulation of d-limonene within nanocarriers produced by pectin-whey protein complexes // Food Hydrocolloids. – 2018. – Vol. 77. – P. 152-62.

92 Fazilah N.F., Ariff A.B., Khayat M.E., Rios-Solis L., Halim M. Influence of probiotics, prebiotics, synbiotics and bioactive phytochemicals on the formulation of functional yogurt // Journal of Functional Foods. – 2018. – Vol. 48. – P. 387-99.

93 Hashemi S.M.B., Shahidi F., Mortazavi S.A., Milani E., Eshaghi Z. Synbiotic potential of Doogh supplemented with free and encapsulated *Lactobacillus plantarum* LS5 and *Helianthus tuberosus* inulin // Journal of Food Science and Technology. – 2015. – Vol. 52(7). – P. 4579-85.

94 Zamora-Vega R., Montantilde J.L., Venegas-Gonzalez J., Bernardino-Nicanor A., Cruz L.G., Martinez-Flores H.E. Development and characterization of a symbiotic cheese added with *Saccharomyces boulardii* and inulin // African

Journal of Microbiology Research. – 2013. – Vol. 7(23). – P. 2828-34.

95 Ningtyas D.W., Bhandari B., Bansal N., Prakash S. Flavour profiles of functional reduced-fat cream cheese: Effects of β -glucan, phytosterols, and probiotic *L. rhamnosus* // LWT. – 2019. – Vol. 105. – P. 16-22.

96 Cheow W. S., Kiew T. Y., Hadinoto K. Effects of adding resistant and waxy starches on cell density and survival of encapsulated biofilm of *Lactobacillus rhamnosus* GG probiotics // LWT - Food Science and Technology. – 2016. – Vol. 69. – P. 497-505.

97 Borrás-Enriquez A., Delgado-Portales R., de la Cruz-Martínez A., González-Chavez M., Abud-Archila M., Moscote-Santillan M. Microbiological-physicochemical assessment and gastrointestinal simulation of functional (probiotic and symbiotic) gouda-type cheeses during ripening // Revista Mexicana de Ingeniería Química. – 2018. – Vol. 17(3). – P. 791-803.

98 Champagne C., Fustier P. Microencapsulation for delivery of probiotics and other ingredients in functional dairy products // In Functional dairy products. – 2007. – P. 404-26.

99 Sodini I., Remeuf F., Haddad S., Corrieu G. The relative effect of milk base, starter, and process on yogurt texture: A review // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 2004. – Vol. 44(2). – P. 113-37.

100 Zaeim D., Sarabi-Jamab M., Ghorani B., Kadkhodaei R. Double layer co-encapsulation of probiotics and prebiotics by electro-hydrodynamic atomization // LWT. – 2019. – Vol. 110. – P. 102-9.

101 Silva K.C.G., Cezarino E.C., Michelon M., Sato A.C.K. Symbiotic microencapsulation to enhance *Lactobacillus acidophilus* survival // LWT. – 2018. – Vol. 89. – P. 503-9.

102 Capela P., Hay T., Shah N. P. Effect of cryoprotectants, prebiotics and microencapsulation on survival of probiotic organisms in yoghurt and freeze-dried yoghurt // Food Research International. – 2006. – Vol. 39(2). – P. 203-11.

103 Homayouni A., Azizi A., Ehsani M., Yarmand M., Razavi S. Effect of microencapsulation and resistant starch on the probiotic survival and sensory properties of synbiotic ice cream // Food Chemistry. – 2008. – Vol. 111(1). – P. 50-5.

104 Spigno G., Garrido G., Guidesi E., Elli M. Spray-drying encapsulation of probiotics for ice-cream application // Chemical Engineering Transactions. – 2015. – Vol. 43. – P. 49-54.

105 El-Abd M.M., Abdel-Hamid M., El-Sayed H.S., El Metwally H.A., El-Demerdash M. E., Mohamed Z. F. Viability of microencapsulated probiotics combined with plant extracts in fermented camel milk under simulated gastrointestinal conditions // Sciences. – 2018. – Vol. 8(03). – P. 837-50.

106 Канарейкина С. Г. Кобылье молоко – перспективное сырьё для йогурта // Коневодство и конный спорт. – 2011. – № 1. – С. 30-31.

107 Orlandi M., Goracci J., Curadi M. C. Essential fatty acids (EFA) in Haflinger and Thoroughbred mare's milk // Annali della Facoltà di Medicina Veterinaria. – 2007. – Vol. 55. – P. 319-325.

108 Markiewicz-Kęszycka M. et al. Chemical composition and whey protein fraction of late lactation mares' milk // International Dairy Journal. – 2013. – Vol. 2. – P. 62-64.

109 Канарейкина С.Г., Давыдова А.А., Канарейкин В.И. Лечебно-профилактические свойства кобыльего молока // Вестник мясного скотоводства. – 2016. – № 3(95). – С. 99-103.

110 Шманенков Н. Аминокислотный состав молока // Коневодство и конный спорт. – 1984. – № 7. – С. 28.

111 Мироненко М.С. Результаты опытов по раздою кобыл // Теория и практика совершенствования пород лошадей: сб. науч. тр.- ВНИИК. – 1981. – С. 255-256.

112 Nutritional Value and Health-Promoting Properties of Mare's Milk – a Review / Ewa Jastrzębska, Ewa Wadas, Tomasz Daszkiewicz et al. // Czech J. Anim. Sci. – 2017. – Vol. 62(12). – P. 511-518.

113 Сайгин И.А. Кобылье молоко, его использование для кумысолечения // М.: Россель хоз издат. – 1976. – С. 184.

114 Давидов Р. Содержание витаминов В₁ и В₂ в кобыльем молоке // Коневодство и конный спорт. – 1958. – № 7. – С. 38.

115 Гладкова Е.Е. Состав молока кобыл и медико-биологические требования к продуктам детского питания // Коневодство на пороге XXI века: Тез. докл. конф. молодых ученых и аспирантов. –ВНИИК. – 2001. - С. 24-25.

116 Гладкова Е.Е. Кумыс - целебный напиток. Свойства и технология производства // Дивово: Изд. ГНУ ВНИИК. – 2005. – С. 55.

117 ТУ 9222-001-02450138085-04. Кисломолочный напиток "Кымыз" // Технические условия. – Уфа: Госстандарт России. – 2004. – С. 9.

118 Гладкова Е.Е. Научно-практические аспекты совершенствования методов переработки молока кобыл и оптимизации симбиотических процессов в кумысе // Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук. ВНИИК. – 2003. – С. 32.

119 Гладкова Е.Е. Совершенствование технологии производства молока и выращивания жеребят на кумысной ферме в условиях конюшенного содержания лошадей // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. ВНИИК. – 2000. – С. 23.

120 Алшынбаев О. А., Мусабеков А. Т., Полатова Н. И. Динамика изменения биохимического состава замороженного летнего и зимнего кобыльего молока при его хранении. Вестник Университета Шакарима. Серия технические науки. – 2020. - №4(92). – С. 245-247.

121 Валиев А.Г., Валиева Т.А., Фархутдинов Р.Р. Оценка методов повышения стабильности сублимированного кобыльего молока // Медицинский вестник Башкортостана. - 2013. - № 6 (8). - С. 167-171.

122 Валиев А. Г. Пути повышения антиокислительной активности сухого кобыльего молока – 2012. УДК 615.014.425:[637.143.6:636.1. ГБОУ ВПО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрав соц.развития России, г. Уфа.

- 123 Бимбетов Б. Р., Жангабылов А. К., Бенберин В. В. Кобылье молоко в гастроэнтерологии // Медицина (Алматы). – 2019. – №9 (207). – С. 73-78.
- 124 Бимбетов Б.Р., Мусаева А.Т., Жангабылова А.К. Клинико-лабораторные показатели больных с хроническими диффузными заболеваниями печени на фоне приема Саумал // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2019. – № 10(2). – С. 273-277.
- 125 Rangel H. A. H. N., Prodaji D. C., Urbano S. A. Lactose intolerance and cow's milk protein allergy // Food Sci. Technol, Campinas. – Vol. 36 (2). – P. 179-187.
- 126 Buzinko L., Giampietro P.G., Lucenti P. Allergenicity of mare's milk in children with cow's milk allergy // Journal of Allergy and Clinical Immunology. – Vol. 05.– P. 1031-1034.
- 127 Jastrzębska E., Wadas E., Daszkiewicz T. Nutritional Value and Health-Promoting Properties of Mare's Milk – a Review // Czech J. Anim.– 2017. – №62. – Vol. 12 – P. 511-518.
- 128 Nurtazin S., Ishii S., Hoshin B. Mare's milk and kumys // KAZNU Bulletin Ecology Series. – 2015. - №1(1). – С. 43
- 129 Ковалева А. Н., Попок Е. Н. Проблемы производства детского питания в Казахстане// Усть-Каменогорск: ВКГУ имени С. Аманжолова – 2011. –С. 23.
- 130 Синявский Ю.А., Смаилова Г.А., Выскубова В.Г., Торгаутов А.С., Пучкова М.С., Беспалова Ю.Н. Перспективы применения нового кисломолочного продукта на основе кобыльего молока «Тулпар-2» в комплексной медикаментозной терапии больных туберкулезом легких – 2014.
- 131 Di Tong Chen, Sun G., Ou Y., Ye Sh., Hong. In vitro digestion by saliva, simulated gastric and small intestinal juices and fermentation by human fecal microbiota of sulfated polysaccharides from *Gracilaria rubra* // Journal of Functional Foods. - 2018. – Vol. 40. – P. 18-27.
- 132 Fijałkowski K., Peitler D., Rakoczy R., Zywicka A. Survival of probiotic lactic acid bacteria immobilized in different forms of bacterial cellulose in simulated gastric juices and bile salt solution // LWT-Food Science and Technology. – 2016. – Vol. 68. – P. 322–328.
- 133 Khorasani A. C., Shojaosadati S. A. Bacterial nanocellulose-pectin bionanocomposites as prebiotics against drying and gastrointestinal condition // International Journal of Biological Macromolecules. – 2016. – Vol. 83. – P. 9–18.
- 134 Phromthep K., Leenanon B. Survivability of immobilized *Lactobacillus plantarum* cells within bacterial cellulose in mamao juice // International Food Research Journal. – 2017. – Vol. 24(3). – P. 939–949.
- 135 Revin V.V., Dolganov A.V., Liyaskina E.V., Nazarova N.B., Balandina A.V., Devyataeva A.A., Revin V.D. Characterizing Bacterial Cellulose Produced by *Komagataeibacter sucrofermentans* H-110 on Molasses Medium and Obtaining a Biocomposite Based on It for the Adsorption of Fluoride // Polymers (Basel). – 2021. – Vol. 13(9). – P. 1422.

- 136 Omar A. El S., Kostag M., Jedvert K., Naved I., Malek Cellulose Regeneration and Chemical Recycling: Closing the “Cellulose Gap” Using Environmentally Benign Solvents // Macromol. Mater. Eng. – 2020. – P. 1900832
- 137 Tilak J., Subramanian M., Uthandi S., Bacterial Cellulose Dissolution for High-Value Nano Fibre Application // Madras Agric. – 2019. -№.106. -P. 199
- 138 Xing C.Y., Chen S.Y., Qiu M., Liang X., Liu Q., Zou Q.S., Li Z.J., Xie, Z. J., Wang, D., Dong, B. Q., Liu, L. P., Fan, D. Y., Zhang, H., Conceptually Novel Black Phosphorus/Cellulose Hydrogels as Promising Photothermal Agents for Effective Cancer Therapy // Adv. Healthcare Mater. – 2018. – 7. -P. 1701510c
139. Савицкая И. С., Кистаубаева А. С., Шокатаева Д. Х., Абдулжанова М. А. Физико-химические свойства бактериальной целлюлозы, полученной новым штаммом *Komagataeibacter xylinus* C-3 на оптимизированной питательной среде // Вестник КазНУ. Серия биологическая. – 2017. - №3 (72) – С. 114-128.
- 140 Шокатаева Д. Х., Савицкая И. С., Кистаубаева А. С., Абдулжанова М. А., Талипова А. Б. Структурные и механические свойства бактериальной целлюлозы, полученной при культивировании продуцента на средах с производственными отходами // Вестник КазНУ экологический. – 2018. – Vol. 2(55). – С. 80-91.
- 141 Shokatayeva D., Ignatova L., Savitskaya I., Kistaubaeva A., Talipova A., Asylbekova A., Abdulzhanova M., Mashzhan A. Bacterial Cellulose and Pullulan from Simple and LowCost Production Media // Eurasian Chemico-Technological Journal. - 2019. - Vol. 21. – P. 247–258
- 142 Slavin J. Fiber and prebiotics: mechanisms and health benefits // Nutrients. – 2013. –Vol. 5(4). – P. 1417–1435.
- 143 Leathers T.D. Biotechnological production and applications of Pullulan // Appl. Microbiol. Biotechnol. - 2003. - Vol. 62. – P. 468–473.
- 144 Chi Zh., Wang F., Chi Zhe, Yue L., Liu G., Zhang T. Bioproducts from *Aureobasidium pullulans*, a biotechnologically important yeast // Applied Microbiology and Biotechnology. – 2009. – Vol. 82. – P. 793-804.
- 145 Cheng K.C., Demirci A., Catchmark J.M. Pullulan: biosynthesis, production, and applications // Appl. Microbiol. Biotechnol. – 2011. – Vol. 92. – P. 29–44
- 146 Leathers T.D., Nofsinger G. W., Kurtzman C. P., Bothast R. J. Pullulan production by color variant strains of *Aureobasidium pullulans* // Journal of Industrial Microbiology. – 1988. – Vol. 3. – P. 231–239.
- 147 Gaur R., Singh R., Tiwari S., Yadav S.K., Daramwal N.S. Optimization of physico-chemical and nutritional parameters for a novel pullulan-producing fungus, *Eurotium chevalieri* // J. Appl. Microbiol. – 2010. – Vol. 109. – P.1035–1043.
- 148 Shingel K.I. Current knowledge on biosynthesis, biological activity, and chemical modification of the exopolysaccharide, pullulan // Carbohydr. Res. – 2004. – Vol. 339. – P. 447– 460.
- 149 Israilides C., Scanlon B., Smith A., Harding S.E., Jumel K.

Characterization of pullulans produced from agro-industrial wastes // Carbohydr. Polymer. – 1994. – Vol. 25. – P. 203–209.

150 Roukas T. Pretreatment of beet molasses to increase pullulan production // Process Biochem. - 1998. – Vol. 33. – P. 805–810.

151 Kim J.H., Kim M.R., Lee J.H., Lee J.W., Kim S.K. Production of high molecular weight pullulan by *Aureobasidium pullulans* using glucosamine // Biotechnol. Lett. – 2000. – Vol. 22. – P. 987–990.

152 Duan X. H., Chi Z.M., Wang L., Wang X.H. Influence of different sugars on pullulan production and activities of α -phosphoglucose mutase, UDPG-pyrophosphorylase and glucosyltransferase involved in pullulan synthesis in *Aureobasidium pullulans* Y68 // Carbohydr. Polym. – 2008. – Vol. 73. – P.587–593.

153 Kumar A.S., Mody K., Jha B. Bacterial exopolysaccharides – a perception // J. Basic Microbil. – 2007. – Vol. 47. – P. 103–117.

154 Teramoto N., Saitoh M., Kuroiwa J. Morphology and mechanical properties of pullulan/poly (vinyl alcohol) blends crosslinked with glyoxal // J. Appl. Polym. Sci. – 2001. – Vol. 82. – P. 2273–2280.

155 Jung S.W., Jeong Y.I., Kim S.H. Characterization of hydrophobized pullulan with various hydrophobicities // Int. J Pharmaceut. – 2003. – Vol. 254. – P. 109–121.

156 Rosas-Flores W., Ramos-Ramírez E.G., Salazar-Montoya J.A. Microencapsulation of *Lactobacillus helveticus* and *Lactobacillus delbrueckii* using alginate and gellan gum // Carbohydr. Polym. – 2013. - Vol. 98. - P. 1011-1017.

157 Wu Y., Zhang G. Synbiotic encapsulation of probiotic *Latobacillus plantarum* by alginate-arabinoxylan composite microspheres // LWT - Food Science and Technology. – 2018. – Vol. 93. – P. 135–141.

158 Zhantlessova S., Savitskaya I., Kistaubayeva A., Ignatova L., Talipova A., Pogrebnyak A., Digel, I. Advanced “Green” Prebiotic Composite of Bacterial Cellulose/Pullulan Based on Synthetic Biology-Powered Microbial Coculture Strategy // Polymers. – 2022. – Vol.14. – P. 3224.

159 Oguzhan P., Yangilar F. Pullulan: production and usage in food industry // African Journal of Food and Science Technology. – 2013. – Vol. 3. - № 4. - P. 57-63.

160 Chen, F., Yu, S., Liu, B. et al. An Injectable Enzymatically Crosslinked Carboxymethylated Pullulan/Chondroitin Sulfate Hydrogel for Cartilage Tissue Engineering // Sci Rep. - 2016. – Vol. 6. - P. 20014.

161 Mortazavian A., Razavi S. H., Ehsani M. R., Sohrabvandi S. Principles and methods of microencapsulation of probiotic microorganisms // Iranian Journal of Biotechnology. – 2017. – Vol. 5. – P. 1-18.

162 Anal A. K., Singh H. Recent advances in microencapsulation of probiotics for industrial applications and targeted delivery // Trends in Food Science and Technology. – 2017. - P. 240–251.

163 Nguyen D. N., Ton N. M. N. and Le V. V. M. Optimization of

Saccharomyces cerevisiae immobilization in bacterial cellulose by 'adsorption-incubation' method // International Food Research Journal. – 2009. – Vol. 16. – P. 59-64

164 Iguchi M., Yamanaka S., Budhiono A. Bacterial cellulose: a master-piece of nature's arts // Journal of Material Science. – 2000. – Vol. 35. – P. 261-270.

165 Klemm D. Bacterial synthesized cellulose-artificial blood vessels for microsurgery // Progress in Polymer Science. – 2001. – Vol. 26. – No. 9. – P. 1561-1603.

166 Gromovykh T.I., Sadykova V.S., Lutcenko S.V., Dmitrenok A.S., Feldman N.B., Danilchuk T.N., Kashirin V.V. Bacterial Cellulose Synthesized by *Gluconacetobacter hansenii* for Medical Applications // Prikladnaya Biokhimiya i Mikrobiologiya. – 2017. – Vol. 53. – No. 1. – P. 69–75.

167 Wang J., Tavakoli J., Tang Y. Bacterial cellulose production, properties and applications with different culture methods - A review // Carbohydr Polym. – 2019. – Vol. 219. – P. 63-76.

168 Zhang S., He H., Guan S., Cai B., Li Q., Rong S. Bacterial cellulose-alginate composite beads as *Yarrowia lipolytica* cell carriers for lactone production // Molecules. – 2020. – Vol. 25. – P. 928.

169 Jadhav S.B., Singhal R.S. Pullulan-complexed α -amylase and glucosidase in alginate beads: Enhanced entrapment and stability // Carbohydr. Polym. – 2014. – Vol. 105. – P. 49–56.

170 Li H., Zhang T., Li C., Zheng S., Li H., Yu J. Development of a microencapsulated synbiotic product and its application in yoghurt // LWT. – 2020. – Vol. 122. – P. 109033.

171 Nag A., Han K.S., Singh H. Microencapsulation of probiotic bacteria using pH-induced gelation of sodium caseinate and gellan gum // Int. Dairy J. – 2011. Vol. 21. – P. 247–253.

172 Çabuk B., Harsa S.T. Protection of *Lactobacillus acidophilus* NRRL-B 4495 under in vitro gastrointestinal conditions with whey protein/pullulan microcapsules // J. Biosci. Bioeng. – 2015. – Vol. 120. – P. 650–656.

173 Changa P.R., Jian R., Zheng P., Yu J., Ma X. Preparation and properties of glycerol plasticized-starch (GPS)/cellulose nanoparticle (CN) composites // Carbohydr. Polym. – 2010. – Vol. 79. – P. 301–305.

174 Khan A., Khan R.A., Salmieri S., Le Tien, C., Riedl B., Bouchard, J., Lacroix, M. Mechanical and barrier properties of nanocrystalline cellulose reinforced chitosan-based nanocomposite films // Carbohydr. Polym. – 2012.-Vol. 90. –P. 1601–1608.

175 Khan A., Huq T., Khan R.A., Dussault D., Salmieri S., Lacroix M. Effect of gamma radiation on the mechanical and barrier properties of HEMA grafted chitosan-based films // Radiat. Phys. Chem. – 2012. - Vol. 81. – P. 941–944.

176 Huq T., Fraschini C., Khan A., Riedl B., Bouchard J., Lacroix M. Alginate Based Nanocomposite for Microencapsulation of Probiotic: Effect of Cellulose Nanocrystal (CNC) and Lecithin // Carbohydr. Polym. – 2017. -Vol. 168. –P. 61–69.

177 Pandey S., Shreshtha I., Sachan S.G. Pullulan: Biosynthesis, Production and Applications. In Microbial Exopolysaccharides as Novel and Significant Biomaterials; Nadda, A.K., Sajna, K.V., Sharma, S., Eds.; Springer: Cham, Switzerland. – 2021. – P.121–141.

178 Fareez I.M., Lim S.M., Zulkefli N.A.A., Mishra R.K., Ramasamy K. Cellulose derivatives enhanced stability of alginate-based beads loaded with *Lactobacillus plantarum* LAB12 against low pH, high temperature and prolonged storage. // Probiotics Antimicrob. Proteins. – 2018. -Vol. 10. –P. 543–557.

179 Zhang M., Cai D., Song Q., Wang Y., Sun H., Piao Ch., Yu H., Liu J., Liu J., Wang Y. Effect on Viability of Microencapsulated *Lactobacillus rhamnosus* with the Whey Protein-pullulan Gels in Simulated Gastrointestinal Conditions and Properties of Gels. // Korean J. Food Sci. Anim. Resour. –2019. - Vol.39. –P. 459–473.

180 Maleki O., Alizadeh-Khaledabad M., Amiri S., Khosrowshahi A., Makouie S. Microencapsulation of *Lactobacillus rhamnosus* ATCC 7469 in whey protein isolate-crystalline nanocellulose-inulin composite enhanced gastrointestinal survivability. // LWT Food Sci. Tech. – 2021. -Vol. 3. –P. 2699–2709.

181 Afzaal M., Saeed F., Ateeq H., Shah Y.A., Hussain M., Javed A., Ikram A., Raza, M.A., Nayik G.A., Alfarraj S. et al. Effect of Cellulose–Chitosan Hybrid-Based Encapsulation on the Viability and Stability of Probiotics under Simulated Gastric Transit and in Kefir. // Biomimetics. – 2022.-Vol. 7. –P. 109.

182 Pupa P., Apiwatsiri P., Sirichokchatchawan W., Pirarat N., Muangsin N., Shah A., Prapasarakul N. The efficacy of three double-microencapsulation methods for preservation of probiotic bacteria. // Sci. Rep. –2021. -Vol.11. – P.13753.

183 Brumm P.J. Bacterial genomes: what they teach us about cellulose degradation. // Biofuels. –2013. -Vol. 4. –P.669–681.

184 Sensoy I. A review on the food digestion in the digestive tract and the used *in vitro* models. // Cur. Res. Food Sci. – 2021.-Vol. 4. –P. 308–319.

185 Corcoran B.M., Stanton C., Fitzgerald G.F., Ross R.P. Survival of probiotic lactobacilli in acidic environments is enhanced in the presence of metabolizable sugars. // Appl. Environ. Microbiol. – 2005. -Vol.71. –P.3060–3067.

186 Sohail A., Turner M.S., Coombes A., Bostrom T., Bhandari B. Survivability of probiotics encapsulated in alginate gel microbeads using a novel impinging aerosols method. // Intl. J. Food Microbiol. – 2011. -Vol.145. –P. 162–168.

187 Qi X., Simsek S., Chen B., Rao J. Alginate-based double-network hydrogel improves the viability of encapsulated probiotics during simulated sequential gastrointestinal digestion: Effect of biopolymer type and concentrations. // Int. J. Biol. Macromol. –2020.-Vol.165. –P.1675–1685.

188 Li C., Wang C.L., Sun Y., Li A.L., Liu F., Meng X.C. Microencapsulation of *Lactobacillus rhamnosus* GG by Transglutaminase Cross-Linked Soy Protein Isolate to Improve Survival in Simulated Gastrointestinal Conditions and Yoghurt. // J. Food Sci. –2016.-Vol.81. –P.1726-1734.

- 189 Siang S., Lai K., Kar L., Phing L. Effect of added prebiotic (Isomaltoligosaccharide) and Coating of Beads on the Survival of Microencapsulated *Lactobacillus rhamnosus* GG. // Food Sci. Technol. –2019.-Vol. 39. –P. 601–609.
- 190 Lopez Cordoba A., Deladino L., Martino M. Effect of starch filler on calcium-alginate hydrogels loaded with yerba mate antioxidants. // Carbohydr. Polym. – 2013.- Vol. 95.-Vol.1. –P. –315–323.
- 191 Zhao M., Qu F., Wu Z., Nishinari K., Phillips G.O., Fang Y. Protection mechanism of alginate microcapsules with different mechanical strength for *Lactobacillus plantarum* ST-III. // Food Hydrocoll. –2017.-Vol.66. –P. 396–402.
- 192 Iyer C., Kasyphathy K. Effect of Co-encapsulation of Probiotics with Prebiotics on Increasing the Viability of Encapsulated Bacteria under In Vitro Acidic and Bile Salt Conditions and in Yogurt. // J. Food Sci. Educ. –2005.-Vol.70. –P. 18–23.
- 193 Succi M., Tremonte P., Reale A., Sorrentino E., Grazia L., Pacifico S., Coppola R. Bile salt and acid tolerance of *Lactobacillus rhamnosus* strains isolated from Parmigiano Reggiano cheese. // FEMS Microbiol. Lett. – 2005. -Vol. 244. – P. 129–137.
- 194 Kheadr E. Impact of acid and ox gall on antibiotic susceptibility of probiotic *Lactobacilli*. // Afr. J. Agric. Res. –2006.-Vol.1. –P. 172–181.
- 195 Karu R., Sumeri I. Survival of *Lactobacillus rhamnosus* GG during simulated gastrointestinal conditions depending on food matrix. // J. Food Res. – 2016.-Vol. 5. –P. 56.
- 196 Morsy M., Morsy O., Abdelmonem M., Elsabagh R. Anthocyanin-Colored Microencapsulation Effects on Survival Rate of *Lactobacillus rhamnosus* GG, Color Stability, and Sensory Parameters in Strawberry Nectar Model. // Food Bioproc. Tech. – 2022.-Vol.15. –P. 352–367.
- 197 Youssef M., Korin A., Zhan F., Hady E., Ahmed H.Y., Geng F., Chen Y., Li B. Encapsulation of *Lactobacillus salivarius* in single and dual biopolymer. // J. Food Eng. – 2021.-Vol. 294. –P. 110398.
- 198 Wang J., Korber D.R., Low N.H., Nickerson M.T. Entrapment, survival and release of *Bifidobacterium adolescentis* within chickpea protein-based microcapsules. // Food. Res. Int. –2014. -Vol. 55. –P. 20-27.
- 199 Klemmer K.J., Korber D.R., Low N.H., Nickerson M.T. Pea protein-based capsules for probiotic and prebiotic delivery. *Int. J. Food Sci. Technol.* – 2011.-Vol. 46. –P. 2248–2256.
- 200 Tanimura A., Liu W., Yamada K., Kishida T., Toyohara H. Animal cellulases with a focus on aquatic invertebrates. // Fish Sci. – 2013.-Vol. 79. –P. 1–13.
- 201 Piancone E., Fosso B., Marzano M., De Robertis M., Notario E., Oranger A., Manzari C., Bruno S., Visci G., Defazio G., D'Erchia A. et al. Natural and after colon washing fecal samples: the two sides of the coin for investigating the human gut microbiome // Sci. Rep. – 2022. - Vol. 12. –P. 17909.
- 202 Balla A., Silini A., Cherif-Silini H., Bouket A.C., Boudechicha A., Luptakova L., Alenezi F.N., Belbahri L. Screening of Cellulolytic Bacteria from

Various Ecosystems and Their Cellulases Production under Multi-Stress Conditions // Catalysts. – 2022. - Vol. 12. –P. 769.

203 Omura T., Imagawa K., Kono K., Suzuki T., Minami H. Encapsulation of Either Hydrophilic or Hydrophobic Substances in Spongy Cellulose Particles //ACS Appl. Mater. Interfaces –2017.-Vol. 9. –P. 944–949.

204 Abdulzhanova M.A., Kistaubayeva A., Zhantlessova S., Savitskaya I., Karpenyuk T., Goncharova A., Sinyavskiy Y. The Effect of Encapsulating a Prebiotic-Based Biopolymer Delivery System for Enhanced Probiotic Survival // Polymers – 2023. – Vol. 15, № 7. P. 1752. (Scopus Процентиль – 76; Q1)

205 Corcoran B.M., Stanton C., Fitzgerald G.F., Ross R.P. Survival of probiotic lactobacilli in acidic environments is enhanced in the presence of metabolizable sugars // Appl. Environ. Microbiol. – 2016. - № 71. - P. 3060-3067.

206 Niven C.F., Buettner L.G., Evans J.B. Thermal tolerance studies on the heterofermentative lactobacilli that cause greening of cured meat products // Appl. Microbiol. – 2004. - № 2. – P. 269-275.

207 De Angelis M. Heat shock response in *Lactobacillus plantarum* // Appl. Environ. Microbiol. – 2004. - № 70. – P. 1336–1346.

208 Tuomola E., Crittenden R., Playne M., Isolauri E., Salminen S. Quality assurance criteria for probiotic bacteria // Am. J. of Clin. Nutrition. - 2001. - Vol. 73. - № 2. – P. 393-398.

209 Ross R.P., Desmond C., Fitzgerald G.F., Stanton C. Overcoming the technological hurdles in the development of probiotic foods. A review // Alimentary Pharmabiotic Centre, Cork, Teagasc Biotechnology, Dairy Products Research Centre, Moorepark, Fermoy, Co., Cork and Department of Microbiology, University College Cork, Cork, Ireland. - 2005. - P. 1410-1411.

210 Parvez S., Malik K.A., Ah Kang S. and Kim H.Y. Probiotics and their fermented food products are beneficial for health // J. Appl. Microbiol. - 2006. - № 100. - P. 1171-1185.

211 Heller K.J. Probiotic bacteria in fermented foods: product characteristics reid and starter organisms // Am. J. of Clin. Nutrition. - 2001. - Vol. 73.- № 2. - P. 374-379.

212 Ventura M. How high GC Gram-positive bacteria and in particular bifidobacteria cope with heat stress: protein players and regulators // FEMS Microbiol. Rev. – 2006. - № 30. – P. 734–759.

213 Stanton C., Gardiner G., Meehan H. Collins K., Fitzgerald G., Lynch P., Ross R. Market potential for probiotics // Am. J. Clin. Nutr. - 2001. - № 73. - P. 476–483.

214 Betoret E., Betoret N., Vidal D., Fito P. Functional foods development: trends and technologies // Trends Food Sci Technol. - 2011. - № 22. – P. 498-508.

215 Shakerian M., Razavi S.H., Ziai S.A., Khodaiyan F., Yarmand M.S., Moayedi A. Proteolytic and ACE-inhibitory activities of probiotic yogurt containing non-viable bacteria as affected by different levels of fat, inulin and starter culture // J. Food Sci. Technol. – 2015. – № 52. – P. 2428–2433.

216 Unal G., Akalin A.S. Antioxidant and angiotensin-converting enzyme

inhibitory activity of yoghurt fortified with sodium calcium caseinate or whey protein concentrate // Dairy Sci. Technol. - 2012. - № 92. – P. 627–639.

217 Lourens-Hattingh A., Viljoen B.C. Yogurt as probiotic carrier food // Int. Dairy J. – 2001. - № 11. – P. 1–17.

218 Mater D.D.G., Bretigny L., Firmesse O., Flores M.J., Mogenet A., Bresson J.L., Corthier G. *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* survive gastrointestinal transit of healthy volunteers consuming yogurt // FEMS Microbiol. Lett. – 2005. – № 250. – P. 185–187.

219 McFarland L.V. From yaks to yogurt: The history, development, and current use of probiotics // Clin. Infect. Dis. – 2015. - № 60. – P. 85–90.

220 Канарейкина С. Г., Канарейкин В. И. Кобылье молоко – уникальное сырьё для продуктов здорового питания // Известия ОГАУ. - 2016. - №4 (60). – С.150-152.

221 Гильмутдинова Л.Т., Кудаярова Р.Р. Янтурина Н.Х. Уникальный состав кобыльего молока-основа лечебных свойств кумыса. // Вестник башкирского Государственного аграрного университета. - 2011. – №33. - С.74-80.

222 Кручинин А. Г. и др. Роль технологических свойств сухого молока в формировании качества пищевых систем // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2020. – №. 8 (161). – С. 166-173.

223 Радаева И. А. и др. Формирование технологических свойств сухого молока //Вестник Мурманского государственного технического университета. – 2020. – Т. 23. – №. 3. – С. 280-290.

224 Антипов А. В., Дугаров Ц. Б. Сублимационная сушка как метод консервирования продуктов // Переработка молока. - 2012. - № 11. - С. 30-32.

225 ГОСТ Р 54074-2010. Молоко сухое обезжиренное. -М.: Стандартинформ, 2012: 33

226 Трубецков Д. В. Способ восстановления сухого молока. Патент 2452186 (РФ) МПК А23С9/00. RU2011108235/10. Заявл. 04.03.2011. Оpubл. 10.06.2012: 5

227 Тамим А.И. Йогурты и другие кисломолочные продукты. - СПб: Профессия, 2003. - 664 с.

228 Ахатова И.А. Молочное коневодство: племенная работа, технологии производства и переработки кобыльего молока. - Уфа: Тилем, 2007. - 324 с.

229 Мануйлов Б.М., Симоненко С.В., Сидорова Е.В., Копытко М.С. Особенности подбора закваски для йогурта из комбинаций молока различных сельскохозяйственных животных // Пищевая промышленность. - 2020. - №10. – С. 22-25.

230 Лисин П. А., Макарова А. А. Фазодинамический анализ процесса ферментации продуктов питания // Food industry. – 2022. – Т. 7. – №. 2. – С. 80-87.

231 Панов В. П., Лебедев А. С. Взаимосвязь титруемой и активной кислотности молока-сырья (практическое применение) //Молочная промышленность. – 2011. – №. 10. – С. 50-51.

232 Betoret E., Betoret N., Vidal D., Fito P. Functional foods development: trends and technologies // Trends Food Sci Technol - 2011. – Vol. 22. – P. 498-508.

233 Мунро П. А. Новые технологии создания молочных продуктов будущего // Молочная промышленность. – 2013 –Vol. 3. –P. 39-40.

234 Nithya Bala Sundaria S., Nivedita V., Chakravarthy M., Srisowmeyab G., Usha Antony, Nandhini Devb G. Characterization of microbial polysaccharides and prebiotic enrichment of wheat bread with pullulan In // LWT - Food Sci. Technol. – 2020. – Vol. 122. – P. 1-7

235 Dimitrellou D., Kandyli, P., Lević, S., Petrović, T., Ivanović, S., Nedović, V., & Kourkoutas, Y. Encapsulation of *Lactobacillus casei* ATCC 393 in alginate capsules for probiotic fermented milk production // LWT – 2019. Vol. 116. – P. 108501.

236 Jouki M., Khazaei N., Rezaei F., Taghavian-Saeid, R. Production of synbiotic freeze-dried yogurt powder using microencapsulation and cryopreservation of *L. Plantarum* in alginate-skim milk microcapsules // International Dairy Journal. – 2021. – P. 105133.

237 Бобылев Д. О. Сравнительный анализ методов производства творога //ББК 65.04 К64 Ответственные за выпуск: доктор экономических наук, профессор, ректор Уральского государственного экономического университета. – 2016. – С. 152.

238 Абдулжанова М.А., Кистаубаева А., Игнатова Л., Жантлесова С., Кабыкенова А., Собхи-эль-Сохайми Получение йогурта на основе сухого кобыльего молока, обогащенного пробиотическими микрокапсулами // Микробиология және вирусология – 2023. – № 2(41). – С. 96–123.

239 Ranadheera C.S., Vidanarachchi J.K., Rocha R.S., Cruz A.G., Ajlouni S. Probiotic Delivery through Fermentation: Dairy vs. Non-Dairy Beverages // Fermentation. - 2017. - Vol. 3 - P. 67.

240 Zhu W., Lyu F., Naumovski N., Ajlouni S., Ranadheera C.S. Functional Efficacy of Probiotic *Lactobacillus Sanfranciscensis* in Apple, Orange and Tomato Juices with Special Reference to Storage Stability and In Vitro Gastrointestinal Survival // Beverages. – 2020. – Vol. 6. – P. 13

241 Shah N.P., Lankaputhra W.E. Improving Viability of *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium spp.* in Yogurt // Int. Dairy J. – 1997. – Vol. 7. – P. 349–356.

242 Mortazavian A.M., Ghorbanipour S., Mohammadifar M.A., Mohammadi M. Biochemical Properties and Viable Probiotic Population of Yogurt at Different Bacterial Inoculation Rates and Incubation Temperatures // Philipp. Agric. Sci. – 2011. – Vol. 94. – P. 111–116.

243 Sanchez B., Ruiz L., de Reyes-Gavilan C.G.L., Margolles A. Proteomics of Stress Response in *Bifidobacterium* // Front. Biosci. – 2008. – Vol. 13. – P. 6905–6919.

244 Mishra V., Prasad D.N. Application of in vitro methods for selection of *Lactobacillus casei* strains as potential probiotics // International Journal of Food

Microbiology. - 2005. – Vol. 103. – P. 109–115.

245 Klingberg T.D., Budde B. The survival and persistence in the human gastrointestinal tract of five potential probiotic lactobacilli consumed as freeze-dried cultures or as probiotic sausage // Journal of food microbiology. – 2006. - Vol. 109 (1–2). - P. 157-159

246 Позняковский В. М. Актуальные вопросы современной нутрициологии: термины и определения, классификация продовольственного сырья и пищевых продуктов // Техника и технология пищевых производств. – 2012. – №. 3 (26). – С. 94-101.

247 Ожерельева О. Н., Кривенко Е. И. Управление качеством продукции с целью повышения эффективности деятельности предприятий пищевой и биохимической промышленности // перспективное развитие науки, техники и технологий. – 2013. – С. 14-16.

248 Speakman J. R. The roles of different macronutrients in regulation of appetite, energy intake and adiposity // Current opinion in endocrine and metabolic research. – 2022. – Т. 22. – С. 100297.

249 Перова Н. В. и др. Пищевые жирные кислоты. Влияние на риск болезней системы кровообращения // Рациональная фармакотерапия в кардиологии. – 2011. – Т. 7. – №. 5. – С. 620-627.

250 Зайцева Л. В. Роль различных жирных кислот в питании человека при производстве пищевых продуктов // Пищевая промышленность. – 2010. – №. 10. – С. 60-63.

251 Гладышев М. И. Незаменимые полиненасыщенные жирные кислоты и их пищевые источники для человека // Журнал сибирского федерального университета. Биология. – 2012. – Т. 5. – №. 4. – С. 352-386.

252 Осинцев А. М. и др. Зависимость вязкоупругих свойств сычужных гелей от концентраций молочного жира и сухих веществ // Техника и технология пищевых производств. – 2015. – №. 2 (37). – С. 53-61.

253 Джаббарова С. М., Хошимова В. Б. Аминокислоты химическое вещество в живом организме //So ‘Ngi Ilmiy Tadqiqotlar Nazariyasi. – 2023. – Т. 6. – №. 3. – С. 37-39.

254 Темербаева М. В., Ребезов М. Б. Теоретические и практические аспекты создания комбинированных пищевых продуктов специального назначения // Павлодар: Кереку. – 2017.

255 Weaver C. M. Dairy matrix: is the whole greater than the sum of the parts? // Nutrition Reviews. – 2021. – Т. 79 (2). – С. 4-15.

Қосымшалар



ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ **РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН**

REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ПАТЕНТ
PATENT

№ 7876

ПАЙДАЛЫ МОДЕЛЬГЕ / НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ / FOR UTILITY MODEL



(21) 2023/0033.2

(22) 16.01.2023

(45) 10.03.2023

(54) Функционалды және пробиотикалық қасиеттері бар йогурт алу тәсілі
Способ получения йогурта с функциональными и пробиотическими свойствами
Method of producing yogurt with functional and probiotic properties

(73) Абдулжанова Малика Анварбеговна (KZ)
Abdulzhanova Malika Anvarbegovna (KZ)

(72) Кистаубаева Аида Сериковна (KZ) Kistaubayeva Aida Serikovna (KZ)
Абдулжанова Малика Анварбеговна (KZ) Abdulzhanova Malika Anvarbegovna (KZ)
Савицкая Ирина Станиславовна (KZ) Savitskaya Irina Stanislavovna (KZ)
Синявский Юрий Александрович (KZ) Sinyavskiy Yuriy Aleksandrovich (KZ)
Жантлесова Сирина Дуйсеновна (KZ) Zhantlesova Sirina Duysenovna (KZ)



ЭЦК қол қойылды
Подписано ЭЦП
Signed with EDS

Н. Әбілқайыров
Н. Абулкаиров
N. Abulkairov

«Ұлттық зияткерлік меншік институты» РМК директорының м.а.
И.о. директора РИП «Национальный институт интеллектуальной собственности»
Executive director of RSE «National institute of intellectual property»

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ



РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ПАТЕНТ PATENT

№ 8172

ПАЙДАЛЫ МОДЕЛЬГЕ / НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ / FOR UTILITY MODEL



(21) 2023/0384.2

(22) 12.04.2023

(45) 16.06.2023

- (54) Функционалды және пробиотикалық қасиеттері бар ірімшік пастасын алу тәсілі
Способ получения творожной пасты с функциональными и пробиотическими свойствами
Method for producing curd paste with functional and probiotic properties
- (73) Абдулжанова Малика Анварбеговна (KZ)
Abdulzhanova Malika Anvarbegovna (KZ)
- (72) Кистаубаева Аида Сериковна (KZ) Kistaubayeva Aida Serikovna (KZ)
Савицкая Ирина Станиславовна (KZ) Savitskaya Irina Stanislavovna (KZ)
Абдулжанова Малика Анварбеговна (KZ) Abdulzhanova Malika Anvarbegovna (KZ)
Талипова Айжан Бериковна (KZ) Talipova Aizhan Berikovna (KZ)



ЭЦК қол қойылды
Подписано ЭЦП
Signed with EDS

Е. Оспанов
Е. Оспанов
Y. Ospanov

«Ұлттық зияткерлік меншік институты» РМК директоры
Директор РПТ «Национальный институт интеллектуальной собственности»
Director of RSE «National institute of intellectual property»



ЕВРАЗИЙСКИЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ СОЮЗ

Комитет санитарно-эпидемиологического контроля
Министерства здравоохранения Республики Казахстан



СВИДЕТЕЛЬСТВО
о государственной регистрации продукции

KZ.16.01.98.004.R.000456.07.23 от 19 июля 2023 года

Продукция: Специализированный пищевой продукт профилактического диетического питания - йогурт "Арғымақ". Изготовлена в соответствии с документами: СТ НАО 990140001154-003-2022. (Далее согласно приложению)

Изготовитель (Производитель): НАО "Казахский национальный университет имени Аль-Фараби", 050040, г. Алматы, пр. Аль-Фараби, 71, Республика Казахстан

Заявитель: НАО "Казахский национальный университет имени Аль-Фараби", 050040, г. Алматы, пр. Аль-Фараби, 71, Республика Казахстан

Соответствует: ТР ТС 021/2011 утв. Реш. КТС от 09.12.2011 № 880, ТР ТС 022/2011 утв. Реш. КТС от 09.12.2011 № 881, ТР ТС 027/2012 утв. Реш. СЕЭК от 15.06. (Далее согласно приложению)

Свидетельство выдано на основании: Протокола испытаний ИЛ ТОО "НУТРИТЕСТ" №102Р от 07.03.2023 г., ИЛ ТОО "Еркін талғам" №43Р от 24.02.2023 г., экспертное заключение Экспертного совета по регистрации БАД к пище, детского питания, пищевых добавок и др. (Далее согласно приложению)

Срок действия: Не ограничен

Председатель
Н. Садвакасов



№ 0002023



ЕВРАЗИЙСКИЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ СОЮЗ

Комитет санитарно-эпидемиологического контроля
Министерства здравоохранения Республики Казахстан



СВИДЕТЕЛЬСТВО
о государственной регистрации продукции

KZ.16.01.98.004.R.000455.07.23 от 19 июля 2023 года

Продукция: Специализированный пищевой продукт диетического профилактического питания Творожная паста «Арғымақ». Изготовлена в соответствии с документами: СТ НАО 990140001154-004-2022. (Далее согласно приложению)

Изготовитель (Производитель): НАО "Казахский национальный университет имени Аль-Фараби", 050040, г. Алматы, пр. Аль-Фараби, 71, Республика Казахстан

Заявитель: НАО "Казахский национальный университет имени Аль-Фараби", 050040, г. Алматы, пр. Аль-Фараби, 71, Республика Казахстан

Соответствует: ТР ТС 021/2011 утв. Реш. КТС от 09.12.2011 № 880, ТР ТС 022/2011 утв. Реш. КТС от 09.12.2011 № 881, ТР ТС 027/2012 утв. Реш. СЕЭК от 15.06. (Далее согласно приложению)

Свидетельство выдано на основании: Протокола испытаний ИЛ ТОО "НУТРИТЕСТ" №103Р от 07.03.2023 г., ИЛ ТОО "Еркін талғам №44Р от 24.02.2023 г., экспертное заключение Экспертного совета по регистрации БАД к пище, детского питания, пищевых добавок и др. (Далее согласно приложению)

Срок действия: Не ограничен

Председатель
Н. Садвакасов



№ 0002024