

АЭРАЦИЯ РЕЖИМІ МЕН ӨСУ КИНЕТИКАСЫНЫҢ ПОСТБИОТИКАЛЫҚ МЕТАБОЛИТТЕР БИОСИНТЕЗІНЕ ӘСЕРІ

Қабденова А.Т., D111 – «Тамақ өнімдерін өндіру» БББ-ның 1 курс докторанты
ainurkabdenova258@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0001-6558-1868>

Бейсембаева Г.Ш., D111 – «Тамақ өнімдерін өндіру» БББ-ның 3 курс докторанты
beysembaeva69@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0004-1563-8530>

Какимова Ж.Х.¹, техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор
zhaynagul.kakimova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3501-3042>

Мирашева Г.О.¹, техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор
gulmira_mir@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4286-4563>

Шәкәрім Университеті, Семей қ., Қазақстан

Аңдатпа. Бұл зерттеуде аэрация мен өсіру ұзақтығының микробтардың өсуіне және постбиотикалық метаболит синтезіне әсерін зерттелді. Зерттелген штамдар *Lactobacillus* sp., *Leuconostoc mesenteroides* және *Hanseniaspora uvarum* болды. Өсіру бұрын оңтайландырылған жағдайларда, аэрация қарқындылығы мен инкубация уақыты әртүрлі болған жағдайда жүргізілді.

Сүт қышқылы бактериялары үшін (*Lactobacillus* sp. және *Leuconostoc mesenteroides*) максималды өсу орташа аэрацияда байқалады (80-100 rpm), ал постбиотиктердің ең көп шығымы анаэробты жағдайда қол жеткізіледі. *Hanseniaspora uvarum* ашытқысы үшін биомассаның максималды мәндері мен метаболиттердің құрғақ қалдықтары бекітілген, яғни орташа аэрация режимі (150 rpm) оңтайлы болды. Өсу кинетикасын зерттеу барлық штамдар үшін постбиотикалық метаболиттердің жинақталу шыңына 18 сағаттық культурадан кейін жететінін көрсетті, бұл өсудің кеш экспоненциалды фазасына толық сәйкес келеді. Инкубация уақытының 24 сағатқа дейін ұлғаюы метаболит өнімділігінің айтарлықтай жоғарылауына әкелмеді және тиімділігі төмен болды. Алынған нәтижелер постбиотиктерді алудың тиімділігін арттыру үшін өсірудің оңтайлы параметрлерін анықтауға мүмкіндік береді және тамақ және фармацевтика өнеркәсібіндегі биотехнологиялық процестерді әзірлеуде, өндірістік масштабта енгізу, технологиялық процестерді жетілдіруде пайдаланылуы мүмкін.

Тірек сөздер: постбиотиктер, сүт қышқылы бактериялары, ашытқы, аэрация, өсу кинетикасы, өсіру, метаболиттер.

Кіріспе. Соңғы жылдары постбиотиктер жоғары биологиялық белсенділігі мен функционалдық қасиеттерінің кең ауқымы арқасында зерттеушілердің назарын аударды. Пробиотиктерден айырмашылығы, постбиотиктер микробқа қарсы, антиоксидантты және иммуномодуляциялық әсері бар микроорганизмдердің метаболиттері болып табылады, бұл оларды тамақ өнеркәсібі мен медицинада қолдануға перспективалы етеді [1, 2].

Постбиотикалық қосылыстарды алудың тиімділігі көбінесе микроорганизмдердің өсу жағдайларымен анықталады, олардың арасында оттегі режимі мен мәдениеттің өсу ұзақтығы маңызды рөл атқарады. Аэрация деңгейі биомассаның өсуі мен қайталама метаболиттердің синтезі арасындағы байланысты өзгерту арқылы микроорганизмдердің метаболиттер жолдарына айтарлықтай әсер ететіні белгілі. Бұл әсіресе анаэробты немесе микроаэрофильді организмдер болып табылатын сүт қышқылы бактерияларына және факультативті-анаэробты метаболизмі бар ашытқыларға қатысты [3, 4, 5].

Өсіру жағдайларының әсерін қарастыратын жеке зерттеулердің болуына қарамастан, аэрация мен инкубация уақытының микроорганизмдердің әртүрлі топтарындағы постбиотиктердің түзілуіне әсерін кешенді бағалау әлі де жақсы түсінілмеген. Атап айтқанда, мақсатты метаболиттердің максималды шығымдылығын қамтамасыз ететін параметрлердің оңтайлы үйлесімі нақтылауды қажет етеді.

Бұл зерттеудің мақсаты аэрация режимі мен өсу кинетикасының биомассаға және *Lactobacillus* sp. штамдарының постбиотикалық метаболиттерінің синтезіне әсерін зерттеу болды. *Leuconostoc mesenteroides* және *Hanseniaspora uvarum*, сондай-ақ оларды

өсірудің оңтайлы жағдайларын анықтау. Зерттеу нысандары ретінде *Lacticaseibacillus* sp штамдары қолданылды, *Leuconostoc mesenteroides* және *Hanseniaspora uvarum*, метаболкалық белсенділігі және биологиялық белсенді қосылыстар түзу қабілеті бар. [6-8].

Постбиотиктердің өсуі мен жинақталу динамикасын бағалау үшін стандартты микробиологиялық және спектрофотометриялық әдістер қолданылды. Мақсатты метаболиттердің максималды шығымдылығын қамтамасыз ететін оңтайлы параметрлерді анықтау үшін талдау әртүрлі аэрация жағдайларында және өсіру уақыт аралықтарында жүргізілді. Алынған эксперименттік деректер микроорганизмдердің биосинтетикалық белсенділігінің өсіру жағдайларына тәуелділігін бағалауға және оларды өсірудің ең тиімді режимдерін орнатуға мүмкіндік береді.

Зерттеу нысандары мен әдістері. Келесі микробтық штамдар зерттеу нысаны ретінде қызмет етті: *Lacticaseibacillus* sp., *Leuconostoc mesenteroides* және *Hanseniaspora uvarum*. Бұл дақылдар биологиялық белсенді метаболиттерді, соның ішінде постбиотикалық қосылыстарды синтездеу қабілетіне байланысты таңдалды.

Өсіру 100 мл қоректік ортасы бар 250 мл колбаларда бақыланатын жағдайларда шейкер инкубаторында жүргізілді. Сүт қышқылы бактериялары үшін температура 30°C, ашытқылар үшін 32°C болды. Ортаның бастапқы рН мәні бактериялар үшін 6,5, ашытқылар үшін 4,5 болды. Инокуляция көлемі 1% құрады. Оттегі режимінің әсерін зерттеу үшін аэрацияның әртүрлі деңгейлері қолданылды: анаэробты жағдайлар, қалыпты аэрация (80–100 айн/мин) және сүт қышқылы бактериялары үшін қарқынды аэрация (150–180 айн/мин), сонымен қатар статикалық культивация, төмен (80 айн/мин) және орташа аэрация (150 айн/мин). Өсу кинетикасын және постбиотикалық метаболиттердің жинақталуын бағалау үшін үлгілер өсіруден кейін 6, 9, 12, 15, 18 және 24 сағаттан кейін жиналды. Тәжірибе барысында культураның оптикалық тығыздығы (OD_{600}), өміршең жасушалар саны (CFU/ml), ортадағы рН өзгеруі және үстіңгі қабаттағы құрғақ қалдық анықталды.

Жүргізілген зерттеулер аэрация режимі мен өсіру ұзақтығының микробтардың өсуіне және постбиотикалық метаболиттер синтезіне әсер ету заңдылықтарын анықтауға мүмкіндік берді. Алынған деректер жасуша биомассасы, метаболкалық белсенділік және өсіру жағдайлары арасындағы байланысты көрсетеді.

1. Аэрацияның микробтардың өсуіне және постбиотикалық өнімділікке әсері

Оттегінің микробтардың өсуіне және постбиотикалық метаболит синтезіне әсерін бағалау үшін әртүрлі аэрация жағдайында *Lacticaseibacillus* sp., *Leuconostoc mesenteroides* және *Hanseniaspora Uvarum* штамдарын өсіру бойынша тәжірибелер жүргізілді. Өсіру FSI-70 тұрақты температурада шайқау инкубаторында 100 мл қоректік ортасы бар 250 мл колбаларда жүргізілді. Бұрын анықталған оңтайлы өсіру параметрлері пайдаланылды: LAB үшін температура - 30 °C; Ашытқыға арналған температура - 32 °C; LAB ортасының рН - 6,5; ашытқы ортасының рН - 4,5; Өсіру ұзақтығы - 24 сағат; Инокуляция - 1%.

Аэрация режимдері:

Lacticaseibacillus sp. және *Leuconostoc mesenteroides* үшін келесі шарттар қолданылды:

1. Анаэробты жағдайлар
2. Орташа аэрация (шайкер 80–100 айн/мин, колбалар 2/3 толтырылған)
3. Қарқынды аэрация (шейкер 150–180 айн/мин)

Hanseniaspora Uvarum үшін:

1. Статикалық культивация (қозусыз)
2. Төмен аэрация (шайкер 80 айн/мин)
3. Орташа аэрация (шейкер 150 айн/мин).

Өсіруден кейін мыналар анықталды: культураның оптикалық тығыздығы (OD_{600}), өміршең жасушалардың саны (CFU/ml), ортаның рН өзгеруі және постбиотикалық үстіңгі заттың құрғақ қалдығы (1-3-кестелер).

Зерттеу нәтижелері:

1-кесте – Аэрация режимінің *Lacticaseibacillus* sp-дегі постбиотиктердің шығуына әсері

Аэрация режимі	OD600	KOE/мл ($\times 10^8$)	Соңғы pH	Құрғақ қалдық (мг/см ³)
Анаэробты жағдайлар	6.8	3.4	4.1	3.2
80–100 rpm	7.1	3.7	4.0	3.0
150–180 rpm	6.2	3.0	4.0	2.6

2-кесте – Аэрация режимінің *Leuconostoc mesenteroides*-тегі постбиотиктердің шығуына әсері

Аэрация режимі	OD600	KOE/мл ($\times 10^8$)	Соңғы pH	Құрғақ қалдық (мг/см ³)
Анаэробты жағдайлар	6.5	3.2	4.2	3.5
80–100 rpm	6.8	3.4	4.1	3.2
150–180 rpm	6.0	2.8	4.1	2.7

3-кесте – *Hanseniaspora Uvarum*-да аэрация режимінің постбиотиктердің шығуына әсері

Аэрация режимі	OD600	KOE/мл ($\times 10^8$)	Соңғы pH	Құрғақ қалдық (мг/см ³)
Статикалық өсіру	5.7	3.9	4.6	2.3
Төмен аэрация (80 rpm)	6.5	4.8	4.5	2.9
Орташа аэрация (150 rpm)	7.2	5.6	4.4	3.4

Нәтижелерді талқылау. Нәтижелер аэрация режимі микроорганизмдердің өсуіне және постбиотикалық метаболиттердің синтезіне айтарлықтай әсер ететінін көрсетті. *Lacticaseibacillus* sp үшін. және *Leuconostoc mesenteroides* ең жақсы өсу қарқыны орташа аэрацияда (80-100 rpm) байқалды. Бұл жағдайда дақылдардың оптикалық тығыздығы максималды мәндерге жетті, бұл жасушалардың жоғары биомассасын көрсетеді. Алайда, постбиотикалық метаболиттердің концентрациясын көрсететін супернатанттың максималды құрғақ қалдығы анаэробты жағдайда байқалды, бұл сүт қышқылы бактерияларының метаболизмінің ерекшеліктеріне байланысты болуы мүмкін [9-11].

Неғұрлым қарқынды аэрацияда (150-180 rpm) өсу мен метаболиттік белсенділіктің төмендеуі байқалды, мүмкін тотығу стрессіне және метаболиттік ашыту жолдарының өзгеруіне байланысты. *Hanseniaspora Uvarum* үшін қарама-қарсы тенденция. Метаболиттердің максималды өсуі мен синтезі орташа аэрацияда байқалды (150 rpm). Бұл жағдайда оптикалық тығыздық мәні OD = 7.2-ге жетті, ал супернатанттың құрғақ қалдығы 3.4 мг / см³ болды. Себебі ашытқы факультативті анаэробтар болып табылады және оттегінің болуы жасуша компоненттерінің белсенді метаболизмі мен биосинтезін ынталандырады [12-14]. Статикалық культура биомасса мен метаболиттік белсенділіктің төмендеуіне әкелді, ал қалыпты аэрация жасушалардың өсуі мен метаболит синтезі арасындағы оңтайлы тепе-теңдікті қамтамасыз етті.

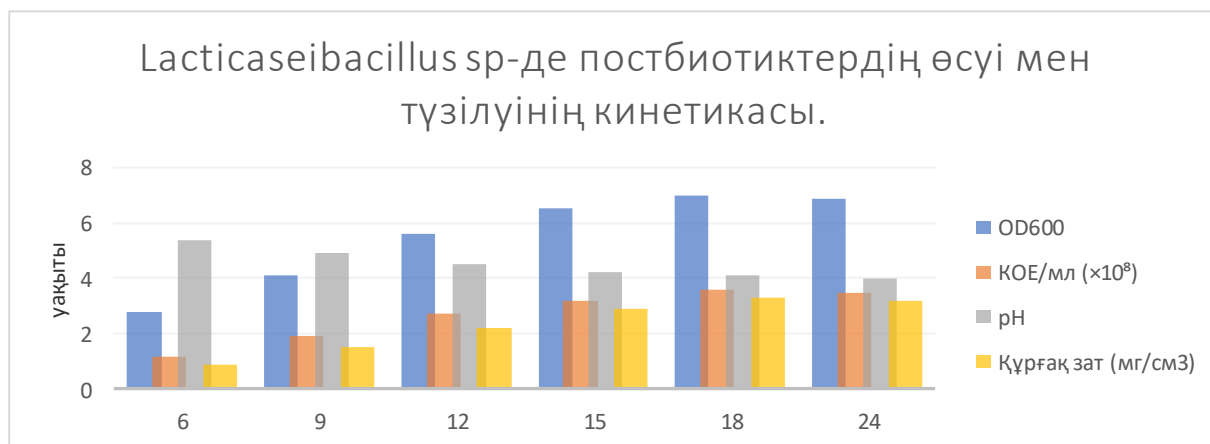
2. Микроорганизмдердің өсуі мен постбиотиктердің түзілу кинетикасы

Оңтайлы өсіру ұзақтығын анықтау және постбиотикалық метаболиттердің жинақталу динамикасын анықтау үшін *Lacticaseibacillus* sp штамдарының өсу кинетикасы бойынша зерттеулер жүргізілді., *Leuconostoc mesenteroides* және *Hanseniaspora Uvarum*. Өсіру бұрын анықталған оңтайлы жағдайларда жүргізілді: Lab үшін Температура – 30 °C, ашытқы үшін Температура – 32 °C, Lab үшін ортаның бастапқы PH – 6,5, ашытқы үшін ортаның бастапқы PH – 4,5, Lab аэрация режимі – 80-100 rpm, ашытқы аэрация режимі – 150 rpm, егу көлемі – 1 %. Дақылдар 100 мл қоректік ортасы бар 250 мл колбада өсірілді.

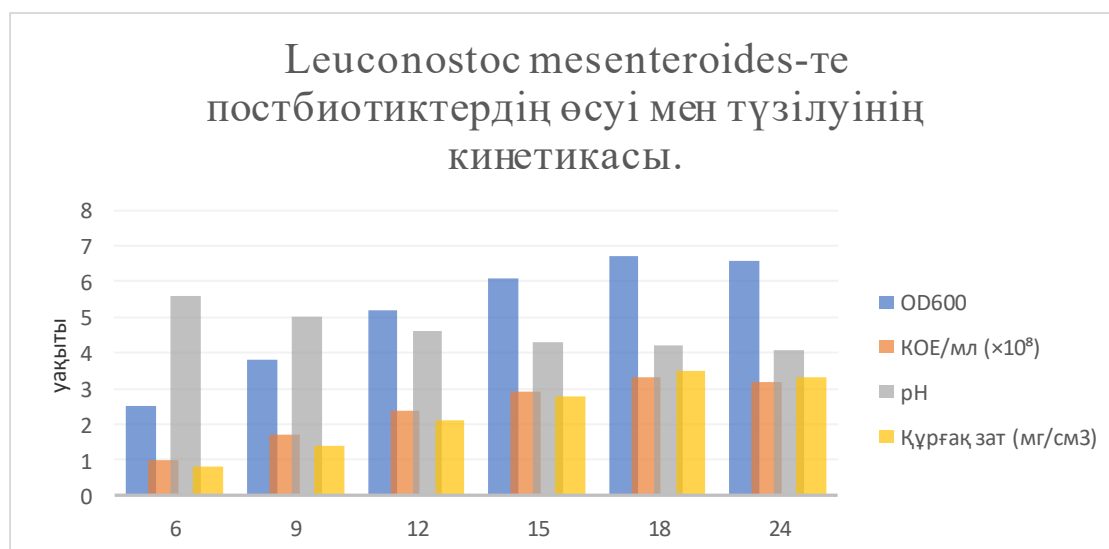
Өсу кинетикасын бағалау үшін сынамалар келесі уақыт аралықтарында алынды: 6, 9, 12, 15, 18 және 24 сағат өсіру. Әр нүктеде мыналар анықталды: мәдениеттің оптикалық

тығыздығы (OD_{600}), өміршең жасушалардың саны (cfu/мл), ортаның рН өзгеруі, постбиотикалық метаболиттердің шығуын сипаттайтын супернатанттың құрғақ қалдығы. (1-3 суреттер).

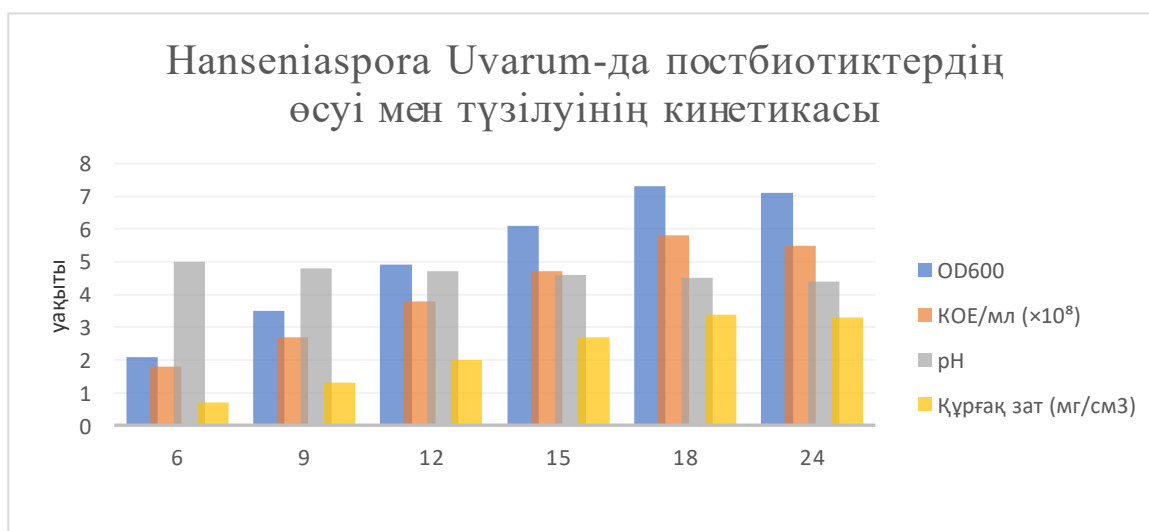
Зерттеу нәтижелері:



1-сурет – *Lacticaseibacillus* sp-де постбиотиктердің өсуі мен түзілуі



2-сурет – *Leuconostoc mesenteroides* -те постбиотиктердің өсуі мен түзілуі



3-сурет – *Hanseniaspora Uvarum*-да постбиотиктердің өсуі мен түзілуі

Нәтижелерді талқылау. Нәтижелер өсіру ұзақтығы микроорганизмдердің өсуіне және постбиотикалық метаболиттердің жиналуына айтарлықтай әсер ететінін көрсетті.

Lacticaseibacillus sp үшін. қарқынды өсу 9-18 сағат аралығында байқалды, бұл өсудің экспоненциалды фазасына сәйкес келеді. Оптикалық тығыздық пен супернатанттың құрғақ қалдықтарының максималды мәндері 18 сағаттық культурада тіркелді, бұл осы кезеңдегі метаболит синтезінің ең жоғары белсенділігін көрсетеді. Ұқсас динамика *Leuconostoc mesenteroides* үшін де байқалды. Биомассаның жоғарылауы органикалық қышқылдардың жиналуына байланысты ортаның рН біртіндеп төмендеуімен қатар жүрді. Постбиотикалық метаболиттердің максималды өнімділігі 18 сағаттық өсіруден кейін де тіркелді.

Hanseniaspora Uvarum үшін ең қарқынды өсу 12-18 сағат аралығында болды, содан кейін өсудің біртіндеп баяулауы және мәдениеттің стационарлық фазаға өтуі байқалды. Оптикалық тығыздықтың максималды мәндері ($OD = 7.3$) және құрғақ қалдық (3.4 мг / см³) 18 сағаттық өсіруде тіркелді. Өсіру ұзақтығының 24 сағатқа дейін одан әрі ұлғаюы биомассаның немесе метаболит концентрациясының айтарлықтай өсуіне әкелмеді, бұл мәдениеттің стационарлық өсу фазасына өтуін көрсетеді.

Осылайша, жүргізілген зерттеулер барлық зерттелетін штамдар үшін оңтайлы өсіру ұзақтығы шамамен 18 сағатты құрайтынын көрсетті, онда микроорганизмдердің максималды өсуі және постбиотикалық метаболиттердің ең көп шығымы байқалады.

Қорытынды. Зерттеуде аэрация режимі микроорганизмдердің өсуіне және постбиотикалық метаболиттердің синтезіне айтарлықтай әсер ететіні анықталды. *Lacticaseibacillus* sp үшін. және *Leuconostoc mesenteroides* максималды өсу орташа аэрацияда байқалды (80-100 rpm), ал постбиотиктердің ең көп шығымы анаэробты жағдайда қол жеткізілді. Аэрация қарқындылығының 150-180 rpm дейін жоғарылауы сүт қышқылы бактерияларының биомассасы мен метаболиттік белсенділігінің төмендеуіне әкелетіні көрсетілген, бұл тотығу стрессінің дамуына және ашыту жолдарының өзгеруіне байланысты болуы мүмкін [15].

Hanseniaspora uvarum үшін оптикалық тығыздықтың максималды мәндерін, өміршең жасушалардың концентрациясын және постбиотикалық метаболиттердің шығуын қамтамасыз ететін орташа аэрация режимі (150 rpm) оңтайлы болып табылады. Өсу кинетикасын зерттеу барысында барлық зерттелген штамдар үшін биомасса мен постбиотикалық қосылыстардың ең қарқынды жинақталуы 12-18 сағаттық культурада болатындығы анықталды.

Постбиотикалық метаболиттердің максималды өнімділігіне 18 сағаттық культурадан кейін қол жеткізілетіні анықталды, содан кейін культураның стационарлық фазаға ауысуы және көрсеткіштердің тұрақтануы байқалады. Өсіру ұзақтығының 24 сағатқа дейін ұлғаюы метаболиттердің өнімділігінің айтарлықтай өсуіне әкелмейді, бұл одан әрі өсіруді экономикалық тұрғыдан тиімсіз етеді.

Әдебиеттер:

- [1] **Liang, T.,** Xing J. Functional properties and safety traits of postbiotics from lactic acid bacteria // AMB Express, 2024. – Vol. 14.
- [2] **Петрусов, А.И.,** Котова И.Б. Общая микробиология: учебник. – М.: Академия, 2012. – 288 с.
- [3] **Кузнецов, А.Е.,** Градова Н.Б. Научные основы биотехнологии. – М.: Мир, 2006. – 504 с.
- [4] **Hussain, N.,** Tariq M., Saris P.E.J., Zaidi A. Evaluation of the probiotic and postbiotic potential of lactic acid bacteria // Journal of Infection in Developing Countries. – 2021. – Vol. 15. – № 1. – P. 102–112.
- [5] **Moradi, M.,** Kousheh S.A., Almasi H. et al. Postbiotics produced by lactic acid bacteria: The next frontier in food safety // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. – 2020. – Vol. 19. – № 6. – P. 3390–3415.
- [6] **Morán, J.,** Kilasoniya A. Integration of postbiotics in food products through attenuated probiotics // Foods. – 2024. – Vol. 13. – № 13. – Art. 2042.

- [7] **Salminen, S.**, Collado M.C., Endo A. et al. The ISAPP consensus definition of postbiotics // *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*. – 2021. – Vol. 18. – P. 649–666.
- [8] **Vieira, A.T.**, Teixeira M.M., Martins F.S. The role of probiotics and postbiotics in health and disease // *Journal of Applied Microbiology*. – 2020. – Vol. 128. – P. 1121–1130.
- [9] **Zheng, X.**, Qiao Y., Rocchetti G. et al. Postbiotics: an insightful review of the latest category in functional biotics // *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. – 2024. – Vol. 40.
- [10] **Zhang, Z.**, Guan L.L. Postbiotics: an emerging option for gut health // *Nature*. – 2020.
- [11] **Khavkin, A.I.**, Kovtun T.A. Кисломолочные продукты и постбиотики // *РМЖ. Мать и дитя*. – 2023. – Т. 6. – № 4. – С. 417–424.
- [12] **Sadighbathi, S.** et al. Development and properties of functional yoghurt enriched with postbiotic produced by yoghurt cultures using cheese whey and skim milk // *Frontiers*. – 2023. – Vol. 14.
- [13] **Aguilar-Toalá, J.E.**, Garcia-Varela R., Garcia H.S. et al. Postbiotics: an evolving term within the functional foods field // *Trends in Food Science & Technology*. – 2018. – Vol. 75. – P. 105–114.
- [14] **Wegh, C.A.M.**, Geerlings S.Y., Knol J., Roeselers G., Belzer C. Postbiotics and their potential applications in early life nutrition and beyond // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2019. – Vol. 20. – № 19. – Art. 4673.
- [15] **Hill, C.**, Guarner F., Reid G. et al. Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic // *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*. – 2014. – Vol. 11. – P. 506–514.

References:

- [1] **Liang, T.**, Xing J. Functional properties and safety traits of postbiotics from lactic acid bacteria // *AMB Express*. – 2024. – Vol. 14.
- [2] **Netrusov, A.I.**, Kotova I.B. *General Microbiology: Textbook*. – Moscow: Akademiya, 2012. – 288 p. [in Russian]
- [3] **Kuznetsov, A.E.**, Gradova N.B. *Scientific Fundamentals of Biotechnology*. – Moscow: Mir, 2006. – 504 p. [in Russian]
- [4] **Hussain, N.**, Tariq M., Saris, P.E.J., Zaidi, A. Evaluation of the probiotic and postbiotic potential of lactic acid bacteria // *Journal of Infection in Developing Countries*. – 2021. – Vol. 15. – №1. – P. 102–112.
- [5] **Moradi, M.**, Kousheh S.A., Almasi, H. et al. Postbiotics produced by lactic acid bacteria: The next frontier in food safety // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. – 2020. – Vol. 19. – №6. – P. 3390–3415.
- [6] **Morán, J.**, Kilasoniya A. Integration of postbiotics in food products through attenuated probiotics // *Foods*. – 2024. – Vol. 13. – № 13. – Art. 2042.
- [7] **Salminen, S.**, Collado M.C., Endo, A. et al. The ISAPP consensus definition of postbiotics // *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*. – 2021. – Vol. 18. – P. 649–666.
- [8] **Vieira, A.T.**, Teixeira M.M., Martins F.S. The role of probiotics and postbiotics in health and disease // *Journal of Applied Microbiology*. – 2020. – Vol. 128. – P. 1121–1130.
- [9] **Zheng, X.**, Qiao Y., Rocchetti G. et al. Postbiotics: an insightful review of the latest category in functional biotics // *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. – 2024. – Vol. 40.
- [10] **Zhang, Z.**, Guan L.L. Postbiotics: an emerging option for gut health // *Nature*. – 2020.
- [11] **Khavkin, A.I.**, Kovtun T.A. Кисломолочные продукты и постбиотики // *РМЖ. Мать и дитя*. – 2023. – Т. 6. – № 4. – С. 417–424.
- [12] **Sadighbathi, S.** et al. Development and properties of functional yoghurt enriched with postbiotic produced by yoghurt cultures using cheese whey and skim milk // *Frontiers*. – 2023. – Vol. 14.
- [13] **Aguilar-Toalá, J.E.**, Garcia-Varela R., Garcia H.S. et al. Postbiotics: an evolving term within the functional foods field // *Trends in Food Science & Technology*. – 2018. – Vol. 75. – P. 105–114.
- [14] **Wegh, C.A.M.**, Geerlings S.Y., Knol J., Roeselers G., Belzer C. Postbiotics and their potential applications in early life nutrition and beyond // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2019. – Vol. 20. – № 19. – Art. 4673.
- [15] **Hill, C.**, Guarner F., Reid G. et al. Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic // *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*. – 2014. – Vol. 11. – P. 506–514.

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА АЭРАЦИИ И КИНЕТИКИ РОСТА НА БИОСИНТЕЗ ПОСТБИОТИЧЕСКИХ МЕТАБОЛИТОВ

Қабденова А.Т., PhD-докторант 1 курса ОП D111 «Производство продуктов питания»
Бейсембаева Г.Ш., PhD-докторант 3 курса ОП D111 «Производство продуктов питания»
Какимова Ж.Х., кандидат технических наук, ассоциированный профессор
Мирашева Г.О., кандидат технических наук, ассоциированный профессор

Шәкарім Университет, г.Семей, Қазақстан

Аннотация. В работе исследовано влияние режима аэрации и продолжительности культивирования на рост микроорганизмов и синтез постбиотических метаболитов. Объектами исследования служили штаммы *Lactocaseibacillus* sp., *Leuconostoc mesenteroides* и *Hanseniaspora uvarum*. Культивирование проводили при ранее оптимизированных условиях с варьированием интенсивности аэрации и времени инкубации.

Установлено, что для молочнокислых бактерий (*Lactocaseibacillus* sp. и *Leuconostoc mesenteroides*) максимальный рост наблюдается при умеренной аэрации (80–100 rpm), тогда как наибольший выход постбиотиков достигается в анаэробных условиях. Для дрожжей *Hanseniaspora uvarum* оптимальным оказался режим умеренной аэрации (150 rpm), при котором фиксировались максимальные значения биомассы и сухого остатка метаболитов. Исследование кинетики роста показало, что пик накопления постбиотических метаболитов для всех штаммов достигается через 18 часов культивирования, что соответствует поздней экспоненциальной фазе роста. Увеличение времени инкубации до 24 часов не приводило к значительному повышению выхода метаболитов.

Полученные результаты позволяют определить оптимальные параметры культивирования для повышения эффективности получения постбиотиков и могут быть использованы при разработке биотехнологических процессов в пищевой и фармацевтической промышленности.

Ключевые слова: постбиотики, молочнокислые бактерии, дрожжи, аэрация, кинетика роста, культивирование, метаболиты.

EFFECT OF AERATION REGIME AND GROWTH KINETICS ON THE BIOSYNTHESIS OF POSTBIOTIC METABOLITES

Kabdenova A., 1st-year PhD student in the educational program D111 «Food Production»
Beisembayeva G., 3 st-year PhD student in the educational program D111 «Food Production»
Kakimova Zh., candidate of technical sciences, associate professor
Mirasheva G., candidate of technical sciences, associate professor

Shakarim University, Semey, Kazakhstan

Abstract. The work investigated the effect of aeration regime and cultivation duration on the growth of microorganisms and the synthesis of postbiotic metabolites. The objects of the study were the strains of *Lactocaseibacillus* sp., *Leuconostoc mesenteroides* and *Hanseniaspora uvarum*. Cultivation was carried out under previously optimized conditions, with varying aeration intensity and incubation time.

It has been established that for lactic acid bacteria (*Lactocaseibacillus* sp. and *Leuconostoc mesenteroides*), maximum growth is observed under moderate aeration (80–100 rpm), while the highest yield of postbiotics is achieved under anaerobic conditions. For the yeast *Hanseniaspora uvarum*, the optimal mode was moderate aeration (150 rpm), which resulted in the highest values of biomass and dry residue of metabolites. The growth kinetics study showed that the peak accumulation of postbiotic metabolites for all strains was reached after 18 hours of cultivation, which corresponds to the late exponential growth phase. Increasing the incubation time to 24 hours did not significantly increase the yield of metabolites.

The obtained results make it possible to determine the optimal cultivation parameters for increasing the efficiency of postbiotic production and can be used in the development of biotechnological processes in the food and pharmaceutical industries.

Keywords: postbiotics, lactic acid bacteria, yeast, aeration, growth kinetics, cultivation, metabolites