

Алынды: 29.03.2023 / Қабылданды: 11.05.2023 / Онлайн жарияланды: 30.06.2023
 УДК 614.2:616-053.2:004(574)
 DOI 10.53511/PHARMKAZ.2023.26.91.046

Ұ.М. Бисенова

Қазақстан Республикасы Денсаулық сақтау министрлігі Медициналық және фармацевтикалық бақылау комитетінің «Дәрілік заттар мен медициналық бұйымдарды сараптау ұлттық орталығы» ШЖҚ РМК Алматы, Қазақстан

МИКРОБТЫҚ КЕРАТИНАЗАЛАР ӨНДІРІСТІК ҚАЛДЫҚТАРДЫ БАСҚАРУДЫҢ ӘЛЕУЕТТІ ҚҰРАЛЫ РЕТІНДЕ

Түйін: Жыл сайынғы дүниежүзілік тауық қауырсындарының қалдықтары 8,5 млн тоннаны құрайды. Барлық құс қалдықтарының ішінде қауырсын және мамық шикізаты ерекше қызығушылық тудырады, өйткені оның құрамында 65%-ға жуық азықтық протеин (мамандандырылған протеин – кератин) бар, сондықтан мұндай ерітінділер негізгі қауырсын ақуызын сіңімді түрге айналдыру проблемасы жануарлардың ақуыз қорын жұмылдыру тұрғысынан да, қоршаған ортаны қорғау тұрғысынан да маңызды болып табылады. Биотехнологиялық әдістер үнемді және экологиялық таза болып саналатындықтан, қалдықтарды басқарудың қызықты баламасы микроорганизмдер арқылы кератиннің ыдырауы болып табылады. Бұл мақалада кератинолитикалық микроорганизмдер шығаратын кератиназалар және оларды қолданудың ықтимал аймақтары туралы жалпы ақпарат берілген.

Түйінді сөздер: кератин, кератиназалар, кератинолитикалық микроорганизмдер, кератин қалдықтары, *B. Subtilis*.

У.М. Бисенова

РГП на ПХВ «Национальный центр экспертизы лекарственных средств и медицинских изделий» Комитета медицинского и фармацевтического контроля Министерства здравоохранения Республики Казахстан Алматы, Қазақстан

U.M. Bissenova

«National Center for Expertise of Medicines and Medical Devices» of the Committee for Medical and Pharmaceutical Control of the Ministry of Health of the Republic of Kazakhstan Almaty, Kazakhstan

МИКРОБНЫЕ КЕРАТИНАЗЫ КАК ПОТЕНЦИАЛЬНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ БОРЬБЫ С ПРОМЫШЛЕННЫМИ ОТХОДАМИ

Резюме: Ежегодные глобальные отходы куриных перьев составляют 8,5 млн т. Из числа всех отходов птицы максимальную заинтересованность представляет перо-пуховое сырье, так как именно в нем содержится около 65 % кормового белка (специализированный белок – кератин), следовательно, решение такой задачи, как перевод основного белка пера в усвояемую форму имеет первостепенное значение как с позиции мобилизации резервов животного белка, так и с точки зрения охраны окружающей среды. Поскольку биотехнологические методы считаются экономически эффективными и экологически чистыми, интересной альтернативой для борьбы с отходами является деградация кератина микроорганизмами. В работе приведены общие сведения о кератиназах, продуцируемых кератинолитическими микроорганизмами, и возможных сферах их применения.

Ключевые слова: кератин, кератиназы, кератинолитические микроорганизмы, кератиновые отходы, *B. Subtilis*.

MICROBIAL KERATINASES AS A POTENTIAL AGENT FOR COMBINATING INDUSTRIAL WASTE

Resume: The annual global waste of chicken feathers is 8.5 million tons. Of all the waste of poultry, feather-down raw materials are of the most interest, since it contains about 65 % of feed protein (specialized protein - keratin), therefore, the solution of such a task as transferring the main protein of a feather to digestible form is of paramount importance as with positions of mobilization of reserves of animal protein, and from the point of view of environmental protection. Since biotechnological methods are considered cost-effective and environmentally friendly, an interesting alternative to combating waste is the degradation of keratin by microorganisms. The paper presents a general information about keratinases, that produced by keratinolytic microorganisms, and possible scopes of their application.

Keywords: keratin, keratinase, keratinolytic microorganisms, keratin waste, *B. Subtilis*.

Адамның шаруашылық қызметінің, оның ішінде егіншілік пен мал шаруашылығының, сондай-ақ тері өңдеу өнеркәсібінің қарқынды дамуы қоршаған ортаға жанама өнімдердің шығуымен байланысты. Жыл сайынғы жаһандық тауық қауырсынының қалдықтары 8,5 миллион тоннаны құрайды.

Барлық құс қалдықтарының ішінде қауырсын-мамық шикізаты ең үлкен қызығушылық тудырады, өйткені оның құрамында 65% жуық азықтық протеин бар (мамандандырылған протеин - кератин), сондықтан негізгі қауырсын протеиніне айналдыру сияқты мәселені шешу. Қорытылатын нысаны жануарлар ақуызының қорын жұмылдыру позициясында да, қоршаған ортаны қорғау тұрғысынан да маңызды.

Кератиннің жанама өнімдері Еуропалық Парламент ережелеріне сәйкес қалдықтардың үш санатына жіктеледі (1-кесте). Дүниежүзілік құс өнеркәсібі жыл сайын шамамен 2 миллион тонна тауық қауырсында-рын шығарады. Сонымен қатар, дүние жүзіндегі мал шаруашылығы да тері, жүн және тұяқ түріндегі миллиондаған тонна кератин қалдықтарын шығарады. Кератиннің қосалқы өнімдерінің басқа көздері - аң терісі өнеркәсібі, ет комбинаттары және мал сою алаңдары Кератиннің қосалқы өнімдері тек қана кератин белоктарынан тұрады, олар жоғары сатыдағы омыртқалылардың эпителий жасушаларымен синтезделетін талшықты құрылымдық белоктардың бір түрі болып табылады [1]. Жоғарыда аталған кератин қосалқы өнімдерінің барлығы экологиялық теңгерімсіздікті тудырады және ауаны, топырақты және суды ластау көзі болып табылады. Сонымен қатар, олар адамдар мен жануарлардың бірқатар қауіпті ауруларының себебі болып табылатын көптеген патогендік микроорганизмдер үшін тіршілік ету ортасы ретінде әрекет етеді.

АҚШ есептеріне сәйкес, құс қалдықтары, егер дұрыс басқарылмаса, аммиак, азот оксиді және күкіртті сутегі сияқты әртүрлі ластаушы заттардың шығарылуына әкеледі. Бұл зауыттардағы иісті газдардың бөлінуіне байланысты жұмысшылар бас ауруы, көздің, тамақ пен мұрынның тітіркенуі, жүрек айну, іш өту және т.б. шағымданады. Бұл газдар сонымен қатар Ньюкасл ауруы, ауа саккулиті және кератоконъюнктивит сияқты ауруларды тудырады. Осылайша, бұл кератин қалдықтарын азайту үшін жаңа әзірлемелер қажет. Табиғатта кератин қалдықтарын протеолитикалық ферментті, яғни осы қалдықтарда бар кератин ақуызының қат-

ты құрылымына әсер ететін кератиназаны өндіру қабілетімен белгілі бірқатар микроорганизмдер пайдаланады. Бұл кератинолитикалық микроорганизмдер кератиннің жанама өнімдерін көміртегі мен азот көзі ретінде пайдаланады, бұл қалдықтардың экологиялық тиімсіздігін төмендетуге жол ашады.

Бұл ақуыздың ыдырауы арнайы микробтық протеолитикалық ферменттердің, кератиназалардың қатысуымен мүмкін болады. Кератин қалдықтарын азық ингредиенттеріне өңдеудің типтік әдістеріне механикалық, гидротермиялық және термохимиялық өңдеу жатады. Дегенмен, бұл өзгертулер әдетте қымбат және энергияны көп қажет етеді, нәтижесінде алынған өнімдер негізінен төмен сипатталады тағамдық құндылығы, сондай-ақ маңызды аминқышқылдарының тапшылығы. Концентрлі сілтілермен (KOH, NaOH, Ca(OH)₂) немесе қалпына келтіретін қосылыстармен (Na₂SO₃, Na₂S) қосымша өңдеу кератин гидролизінің тиімділігінің жоғарылауына қарамастан, басқа жағымсыз заттардың түзілуіне, метиониннің, лизиннің және триптофанның жоғалуына әкеледі. , сонымен қатар белокты емес аминқышқылдарының түзілуі [2].

Биотехнологиялық әдістер үнемі және экологиялық таза болып саналатындықтан, бұл әдістерге қызықты балама арзанырақ құнына, экологиялық қауіптің болмауына және потенциалды маңызды өнімдердің шығуына байланысты кератинді микроорганизмдермен ыдырауы болып табылады. Заманауи биотехнологияның негізгі бағыты – жанама өнімдерді барынша тарта отырып, қалдықсыз және аз қалдықты технологияларды дамыту арқылы өндірістің экологиялық тазалығын қамтамасыз ету мақсатында құрамында кератині бар шикізатты өңдеу перспективаларын арттыруға бағытталған зерттеулер негізгі өндірісте өңдеу. Осыған байланысты бүгінгі таңда құрамында кератин бар шикізатты өңдеу үшін ферментативті процестерді пайдалануға, соның ішінде кератинолиттік ферменттер түзетін штаммдарды қолдануға бағытталған зерттеулердің маңызы зор және өзекті болып табылады. Микроорганизмдер кератинді пептидтер мен аминқышқылдарына дейін ыдыратады, олар қоректік ортада жиналып, негізгі құрылыс материалы – көміртегі мен азот ретінде ішінара метаболизденеді.

Кератиназалар - ерімейтін кератинді гидролиздеу (ыдырату) қабілеті бар протеолитикалық ферменттердің ерекше түрі. Бұл ферменттер тобы қауырсын-

1-кесте – Жануарлардың жанама өнімдерінің жіктелуі

| 1-санат (тәуекелі жоғары) | 2-санат (тәуекелі жоғары) | 3-санат (төмен тәуекел) |
|--|---|--|
| Ұшалар/бөліктер кіреді трансмиссивті губка тәрізді энцефалопатиядан, жұқпалы аурулардан өлген жануарлардың денелері; эксперименттік процедуралардан, заңсыз емдеуден | Жұқпалы аурулары бар және бекітілген емдеуден өткен жануарлардың өлекселері/дене бөліктері кіреді. Сонымен қатар, ол жануарлардың асқазан-ішек жолдарының материалдарын қамтиды | Жұқпалы ауру қоздырғыштары жоқ жануарлардың терісі, тұяғы, жүні, жүні, мүйізі, жүні т.б. жатады. Сонымен қатар адам тұтынуға арналған жануарлардың жұмыртқалары мен дене бөліктері жатады. |

дардың, шаштың, жүннің, коллагеннің және бүгінгі күні «қатты қалдықтар проблемасын» тудыратын басқа кератин құрылымдарының гидролизінде маңызды рөл атқарады.

Бирегей сипаттамаларына байланысты кератиназалар мал шаруашылығы, құс қауырсындарын өңдеу, жуғыш заттар, жуғыш заттар, былғары, жем және басқалар сияқты өнеркәсіптік салаларда әлеуетті қолдану мүмкіндігіне ие. Кератиннің тиімді ыдырауын қамтамасыз ететін механизмдерді зерттеу өнеркәсіптік және экологиялық маңызды.

Кератинолитикалық белсенділік бірқатар микроорганизмдерде, атап айтқанда стрептомицеттерде анықталды (*Streptomyces* sp. A11, *Streptomyces pactum* DSM 40530, *Streptomyces fradiae*, *Streptomyces* sp. S. K1-02, *Streptomyces ornatus*, *Streptomyces chromogenes* s. *graecus* ЛИА 0832, *Streptomyces lavendulae* ВКПМ s-910) және саңырауқұлақтарда (*Microsporium canis*, *Microsporium gypseum*, *Microsporium fulvum*, *Dermatophilus congolensis*, *Aspergillus fumigatus*, *Trichophyton mentagrophytes*, *Trichophyton simii*, *Trichophyton schoenleinii*, *Chrysosporium georgiae*, *Scopulariopsis brevicaulis*) [3]. *Bacillus subtilis*-103 белгілі штаммы, оны колбаларда өсіру кезінде максималды түзілу ортадағы ферменттер өскеннен кейін 48-50 сағаттан кейін байқалады. Максималды протеолитикалық белсенділік (60–70 бірлік/мл және 1 мл-ге 29-30 мг тирозин) аздап қышқыл және бейтарап рН аймақтарында пайда болады, 6,6-7,5. Дегенмен, штамм *B. subtilis*-103 жеткілікті жоғары протеаза белсенділігіне ие емес, бұл процесті қиындатады протеолитикалық ферменттердің жоғары белсенді препараттарын алу. Сонымен қатар, терең штаммды культивациялағанда ашыту нәтижесі тұрақты болмайды, культураның өзі фаголизге ұшырайды, соның салдарынан өнім төмен болады [5-10].

Bacillus sp. АН-101 белгілі штаммы, оңтайлы рН 12–13 сілтілі кератиназаны өндіретін, ол адам шашының кератинін арнайы гидролиздейді. Бұл микроорганизм өсіріледі 37 °С температурада 56 сағат бойы еритін крахмал, желатин бар күрделі ортада, ашытқы сығындысы және бейорганикалық тұздар жиынтығы; Ортаның рН мәні NaHCO_3 қосу арқылы 9,5-ке дейін реттеледі. *Bacillus* sp. АН-101 кератиназалық белсенділігі - жоғары, бірақ өнеркәсіптік енгізу үшін жеткіліксіз фермент. *Bacillus licheniformis* 31 бактериялық штаммы белгілі, ірі қара мал етінен бөлінген *B. licheniformis* жоғары кератинолитикалық белсенділікке ие екендігі анықталды. Бұл өз кезегінде *B. licheniformis* штаммын жоғары активті кератиназа көзі ретінде пайдалану мүмкіндігін көрсетеді.

B. licheniformis ВКМ В-222ОD белгілі штаммы кератиназа (сериндік протеаза) продуценті болып табылады, оны микробиологиялық өнеркәсіпте жеңіл өнеркәсіпте және нативті кератиннің гидролизі қажет ауыл шаруашылығында қолданылатын ферменттік препараттарды өндіру үшін пайдалануға болады. *B. licheniformis* ВКМ В-222ОD штаммы кератиназа биосинтезі қаби-

летінің жоғарылауына ие және кератиназа препаратының гидролиздік әсерін күшейтетін сілтілі протеаза мен α -амилазаны қоса, кем дегенде алты жасушадан тыс ферментті шығарады. Дегенмен, *B. licheniformis* ВКМ В-222ОD штаммы, негізінен, кәдімгі протеолитикалық ферменттердің ыдырауына төзімді кератин тәрізді ақуыздарды арнайы гидролиздейтін кератиназа ферментіне қатысты жоғары өнімділікке ие және салыстырмалы түрде әлдеқайда аз, өсімдік ақуыздарының гидролизіне қажетті сілтілі протеазалар кешеніне [18]. Жоғарыда аталған өндірушілердің кемшіліктері төмен өнімділік және өсіру әдісінің күрделілігі болып табылады. Сонымен қатар, *Microsporium*, *Dermatophilus* және *Trichophyton* тектес микроорганизмдер патогенді болып табылады және оларды ферменттік препараттарды өнеркәсіптік өндіру үшін қолдануға болмайды [11]. Ең тиімді штаммды анықтау мақсатында *Bacillus* тұқымдас үш штаммы (*B. subtilis* LFB-FIOCRUZ 1270, *B. subtilis* LFB-FIOCRUZ 1273 және *B. licheniformis* LFB-FIOCRUZ 1274) өндіру үшін бағаланған зерттеу жүргізілді. кератиназа көміртегі мен азоттың жалғыз көзі ретінде қаламды пайдаланады. Осы зерттеуде оқшауланған микроорганизмдер биотехнологияның әлеуетін білдіреді. *B. subtilis* 1273 кератиннің деградациясында ең тиімді болды [12].

Кератинолитикалық протеазаларды өнеркәсіпте қолдану үлкен экономикалық шығындармен ауқымды өндірісті қажет етеді. Кератин кезінде микробтық кератиназа өндірісі индукцияланады субстрат ретінде пайдаланылады, осылайша кератинге бай қалдықтар (мысалы, тауық еті қауырсын немесе түк) қоректік ортаға жиі қосылады. Бұл кератинді материалдар жылы алынады көп мөлшерде агроөнеркәсіптік қызмет нәтижесінде пайда болады және әдетте қоршаған ортаны ластайтын қалдықтар ретінде шығарылады орталар және денсаулыққа қауіп төндіреді. [14-15].

Кератин қалдықтары басқа да қоспалармен бірге жүреді. Мысалы, құс қауырсындарының қалдық еті, шеміршегі, қаны және т.б.; адамның шашында шаң, косметика және т.б. бар. Дұрыс пайдалану үшін оны майлы материалды кетіру үшін еріткішпен алдын ала өңдеу керек; осы қалдық материалды қолайлы өлшемге келтіру үшін кептіріңіз және ұнтақтаңыз. Барлық осы кезеңдерден кейін ғана кератинолитикалық микроорганизмдер кератин қалдықтарына тиімді әсер ете алады [4]. Зерттеулер көрсеткендей, азоттың қосымша көздері, атап айтқанда: мочевина, пептон, триптон, ашытқы сығындысы, аммоний хлориді және натрий нитраты кератиназа титрінің жоғарылауына әкеледі. Фермент өндірісінің ұлғаюының негізгі себебі микроорганизмдердің кератинді пайдалану әлеуетін одан әрі арттыратын осы оңай қол жетімді метаболиттер арқылы бастапқы өсуіне байланысты болуы мүмкін. Сонымен қатар, бұл процесс спецификалық және зерттелетін микроорганизмдерге байланысты. Сондықтан кератиназалардың экономикалық тұрғыдан тиімді өндірісіне қол жеткізу үшін микробиологиялық өртүрлілікті

зерттеу, сондай-ақ қолайлы штаммдарды анықтау және таңдау қажет. [3].

Тоқыма өнеркәсібінде кератиназалар ластануды тудыратын дәстүрлі физика-химиялық әдістерді алмастыра алады. Сонымен қатар, кератиназалар көптеген өнімдерде (мысалы, жуғыш заттар, препараттар және косметика) және былғары өнеркәсібінде қолданылады [16].

Сондай-ақ, кератиназалар перспективалы препараттар болып табылады және кератинді гидролиз қажет болатын әртүрлі салаларда қолданылады: приондарды гидролиздеу үшін биомедициналық, фармацевтикалық және косметикалық өнеркәсіпте, дерматофитозды емдеуде вакциналарды дайындау, биоактивті пептидтерді өндіру және жою. псориазды және безеуді емдеуде кератин. Ферменттің көмегімен өлі тері жасушалары ериді, мұқият және терең тазарту жүргізіледі.

Кератинге бай өсімдік материалдары табиғи түрде көп мөлшерде өндіріледі, бірақ олардың ерімейтіндігі мен қарапайым протеолитикалық ферменттердің әсерінен ыдырамайтындығына байланысты практикалық қолдануда шектеулі [17].

Осылайша, соңғы жылдары экологиялық проблемалардың саны үздіксіз өсуде, сондықтан қоршаған ортаны және өзімізді олардың зиянды әсерінен қорғау үшін өздігінен ыдырамайтын кератин қалдықтарымен жұмыс істеудің экологиялық таза технологиялары қажет. Кератиназалар, өз кезегінде, кератин қалдықтарының проблемасымен күресетін табиғи катализаторлар болып табылады, оны жоғары құнды өнімдерге айналдырады. Дегенмен, бұл кератиназаның әлеуетті продуценттері ретінде қарастырылуы мүмкін микроорганизмдердің әртүрлі түрлерін зерттеуде егжей-тегжейлі зерттеулерді қажет етеді.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Kornilowicz-Kowalska, T. Biodegradation of keratin waste: theory and practical aspects / T. Kornilowicz-Kowalska, J. Bohacz // Waste Manage. 2014. – Vol. 14. – P. 49–56.
- 2 Gupta, R. Microbial keratinases and their prospective applications: an overview / R. Gupta, P. Ramnani // Applied Microbiology and Biotechnology. – 2006. – Vol. 70. – P. 21–33.
- 3 El-Naghy, M. A. Degradation of chicken feathers by *Chrysosporium georgiae*. / M. A. El-Naghy [et al.] // Mycopathologia. – 1998. – V. 143. – No 2. – P. 77–84.
- 4 Anbu, P. Optimization of extracellular keratinase production by poultry farm isolate *Scopulariopsis brevicaulis* / P. Anbu [et al.] // Bioresource Technology. 2007. – Vol. 98. – P. 1298–1303.
- 5 Atalo, K.; Gashe, B.A. Protease production by a thermophilic *Bacillus* species (P-001A) which degrades various kinds of fibrous proteins. *Biotechnol. Lett.*, 15, 1151-1156, 1993.
- 6 Böckle, B.; Galunski, B.; Müller, R. Characterization of a keratinolytic serine protease from *Streptomyces pactum* DSM40530. *Appl. Environ. Microbiol.*, 61, 3705-3710, 1995.
- 7 Bradbury, J.H. The structure and chemistry of keratin fibers. *Adv. Prot. Chem.*, 27, 111-211, 1973.
- 8 De Toni, C.H.; Richter, M.F.; Chagas, J.R.; Henriques, J.A.; Termignoni, C. Purification and characterization of an alkaline serine endopeptidase from a feather-degrading *Xanthomonas maltophilia* strain. *Can. J. Microbiol.*, 48, 342-348, 2002.
- 9 Elmayergi, H.H.; Smith, R.E. Influence of growth of *Streptomyces fradiae* on pepsin-HCl digestibility and methionine content of feather meal. *Can. J. Microbiol.*, 17, 1067-1072, 1971.
- 10 Friedrich, A.B.; Antranikian, G. Keratin degradation by *Fervidobacterium pennavorans*, a novel thermophilic anaerobic species of the order Thermotogales. *Appl. Environ. Microbiol.*, 62, 2875-2882.
- 11 Kaul, S.; Sumbali, G. Keratinolysis by poultry farm soil fungi. *Mycopathologia*, 139, 137-140, 1997.
- 12 Kim, J.M.; Lim, W.J.; Suh, H.J. Feather-degrading *Bacillus* species from poultry waste. *Process Biochem.*, 37, 287-291, 2001.
- 13 Kushwaha, R.K.S. The in vitro degradation of peacock feathers by some fungi. *Mykosen*, 26, 324-326, 1983.
- 14 Lee, C.G.; Ferket, P.R.; Shih, J.C.H. Improvement of feather digestibility by bacterial keratinase as a feed additive. *FASEB J.*, 59, 1312, 1991.
- 15 Lin, X.; Inglis, G.; Yanke, L.; Cheng, K.J. Selection and characterization of feather-degrading bacteria from canola meal compost. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.*, 23, 149-153, 1999.
- 16 MacFaddin, J.F. *Biochemical tests for identification of medical bacteria*. Lippincott, Williams & Wilkins, Baltimore, 2000, 912p.
- 17 Mohamedin, A.H. Isolation, identification and some cultural conditions of a protease-producing thermophilic *Streptomyces* strain grown on chicken feather as substrate. *Int. Biodeter. Biodegrad.*, 43, 13-21, 1999.
- 18 Moritz, J.S.; Latshaw, J.D. Indicators of nutritional value of hydrolyzed feather meal. *Poultry Sci.*, 80, 79-86, 2001.

REFERENCES

- 1 Kornilowicz-Kowalska, T. Biodegradation of keratin waste: theory and practical aspects / T. Kornilowicz-Kowalska, J. Bohacz // Waste Manage. 2014. – Vol. 14. – P. 49–56.
- 2 Gupta, R. Microbial keratinases and their prospective applications: an overview / R. Gupta, P. Ramnani // Applied Microbiology and Biotechnology. – 2006. – Vol. 70. – P. 21–33.
- 3 El-Naghy, M. A. Degradation of chicken feathers by *Chrysosporium georgiae*. / M. A. El-Naghy [et al.] // Mycopathologia. – 1998. – V. 143. – No 2. – P. 77–84.
- 4 Anbu, P. Optimization of extracellular keratinase production by poultry farm isolate *Scopulariopsis brevicaulis* / P. Anbu [et al.] // Bioresource Technology. 2007. – Vol. 98. – P. 1298–1303.
- 5 Atalo, K.; Gashe, B.A. Protease production by a thermophilic *Bacillus* species (P-001A) which degrades various kinds of fibrous proteins. *Biotechnol. Lett.*, 15, 1151-1156, 1993.
- 6 Böckle, B.; Galunski, B.; Müller, R. Characterization of a keratinolytic serine protease from *Streptomyces pactum* DSM40530. *Appl. Environ. Microbiol.*, 61, 3705-3710, 1995.
- 7 Bradbury, J.H. The structure and chemistry of keratin fibers. *Adv. Prot. Chem.*, 27, 111-211, 1973.
- 8 De Toni, C.H.; Richter, M.F.; Chagas, J.R.; Henriques, J.A.; Termignoni, C. Purification and characterization of an alkaline serine endopeptidase from a feather-degrading *Xanthomonas maltophilia* strain. *Can. J. Microbiol.*, 48, 342-348, 2002.
- 9 Elmayergi, H.H.; Smith, R.E. Influence of growth of *Streptomyces fradiae* on pepsin-HCl digestibility and methionine content of feather meal. *Can. J. Microbiol.*, 17, 1067-1072, 1971.
- 10 Friedrich, A.B.; Antranikian, G. Keratin degradation by *Fervidobacterium pennavorans*, a novel thermophilic anaerobic species of the order Thermotogales. *Appl. Environ. Microbiol.*, 62, 2875-2882.
- 11 Kaul, S.; Sumbali, G. Keratinolysis by poultry farm soil fungi. *Mycopathologia*, 139, 137-140, 1997.
- 12 Kim, J.M.; Lim, W.J.; Suh, H.J. Feather-degrading *Bacillus* species from poultry waste. *Process Biochem.*, 37, 287-291, 2001.

- 13 Kushwaha, R.K.S. The in vitro degradation of peacock feathers by some fungi. *Mykosen*, 26, 324-326, 1983.
- 14 Lee, C.G.; Ferket, P.R.; Shih, J.C.H. Improvement of feather digestibility by bacterial keratinase as a feed additive. *FASEB J.*, 59, 1312, 1991.
- 15 Lin, X.; Inglis, G.; Yanke, L.; Cheng, K.J. Selection and characterization of feather-degrading bacteria from canola meal compost. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.*, 23, 149-153, 1999.
- 16 MacFaddin, J.F. *Biochemical tests for identification of medical bacteria*. Lippincott, Williams & Wilkins, Baltimore, 2000, 912p.
- 17 Mohamedin, A.H. Isolation, identification and some cultural conditions of a protease-producing thermophilic *Streptomyces* strain grown on chicken feather as substrate. *Int. Biodeter. Biodegrad.*, 43, 13-21, 1999.
- 18 Moritz, J.S.; Latshaw, J.D. Indicators of nutritional value of hydrolyzed feather meal. *Poultry Sci.*, 80, 79-86, 2001.

Вклад авторов. Все авторы принимали равносильное участие при написании данной статьи.

Конфликт интересов – не заявлен.

Данный материал не был заявлен ранее, для публикации в других изданиях и не находится на рассмотрении другими издательствами. При проведении данной работы не было финансирования сторонними организациями и медицинскими представительствами. Финансирование – не проводилось.

Авторлардың үлесі. Барлық авторлар осы мақаланы жазуға тең дәрежеде қатысты.

Мүдделер қақтығысы – мәлімделген жоқ.

Бұл материал басқа басылымдарда жариялау үшін бұрын мәлімделмеген және басқа басылымдардың қарауына ұсынылмаған. Осы жұмысты жүргізу кезінде сыртқы ұйымдар мен медициналық өкілдіктердің қаржыландыруы жасалған жоқ. Қаржыландыру жүргізілмеді.

Authors' Contributions. All authors participated equally in the writing of this article.

No conflicts of interest have been declared.

This material has not been previously submitted for publication in other publications and is not under consideration by other publishers. There was no third-party funding or medical representation in the conduct of this work. Funding - no funding was provided.

Сведения об авторах:

Бисенова Ұлжан Мұхтарқызы, Фармакологиялық сынақ зертханасының 2 санаттағы маманы, тел.: +7(727) 331 08 03, e-mail: u.bisenova@dari.kz