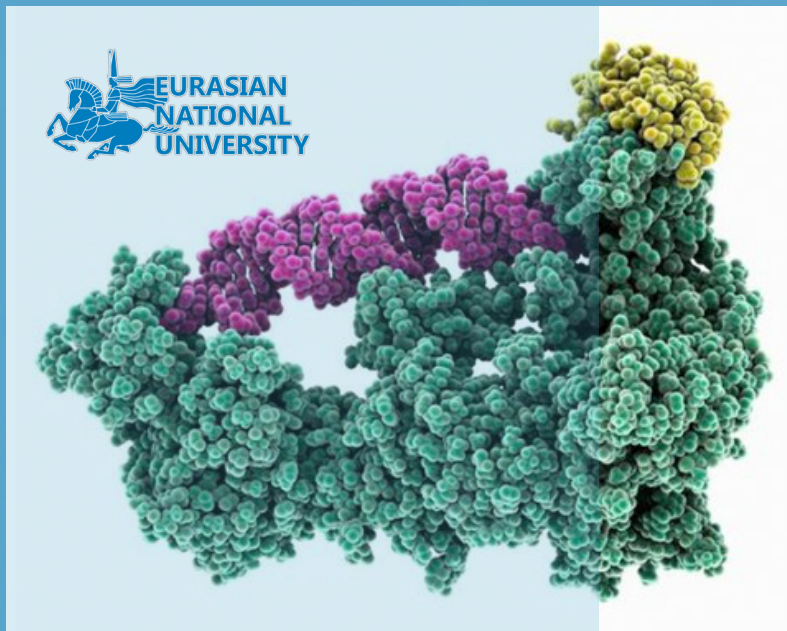


ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ



Л. Н. ГУМИЛЕВА АТЫНДАҒЫ
ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

ЕВРАЗИЙСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Л. Н. ГУМИЛЕВА

АСТАНА, ҚАЗАҚСТАН
11 СӘУІР 2024 ЖЫЛ

АСТАНА, КАЗАХСТАН
11 АПРЕЛЯ 2024 ГОД

"ОМАРОВ ОҚУЛАРЫ: ХХІ
ҒАСЫРДЫҢ БИОЛОГИЯ ЖӘНЕ
БИОТЕХНОЛОГИЯСЫ" АТТЫ
ХАЛЫҚАРАЛЫҚ ҒЫЛЫМИ
ФОРУМНЫҢ БАЯНДАМАЛАР
ЖИНАҒЫ

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
МЕЖДУНАРОДНОГО НАУЧНОГО
ФОРУМА "ОМАРОВСКИЕ ЧТЕНИЯ:
БИОЛОГИЯ И БИОТЕХНОЛОГИЯ
ХХІ ВЕКА"

УДК 57 (063)
ББК 28.0
Ж 66

Жалпы редакцияны басқарған т.ғ.д., профессор Е.Б. Сыдықов
Под редакцией д.и.н., профессора Е.Б. Сыдыкова

Редакция алқасы:
Редакционная коллегия:

Ж.К. Масалимов, А.Б. Курманбаева, Ж.А.Нурбекова, Н.Н. Иқсат.

«Омаров оқулары: ХХІ ғасыр биология және биотехнологиясы» халықаралық ғылыми форумының баяндамалар жинағы. – Астана: Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, 2024. – 284 б., қазақша, орысша, ағылшынша.

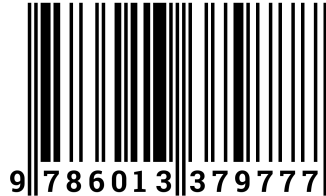
Сборник материалов международного научного форума «Омаровские чтения: Биология и биотехнология ХХІ века». – Астана. Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, 2024. – 284 с., казахский, русский, английский.

ISBN 978-601-337-977-7

Жинақ «Омаров оқулары: ХХІ ғасыр биология және биотехнологиясы» атты халықаралық ғылыми форумна қатысушылардың баяндамаларымен құрастырылған. Бұл басылымда биология, биотехнология, молекулалық биология және генетиканың маңызды мәселелері қарастырылған. Жинақ ғылыми қызметкерлерге, PhD докторанттарға, магистранттарға, сәйкес мамандықтағы студенттерге арналған.

Сборник составлен по материалам, представленным участниками международного научного форума «Омаровские чтения: Биология и биотехнология ХХІ века». Издание освещает актуальные вопросы биологии, биотехнологии, молекулярной биологии и генетики. Сборник рассчитан на научных работников, PhD докторантов, магистрантов, студентов соответствующих специальностей.

ISBN 978-601-337-977-7



УДК 57
ББК 28
О-58

©Коллектив авторов, 2024
©Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, 2024

2016. — Vol. 103. — P. 241–252.

3.Sattar A. Perspectives of Potassium Solubilizing Microbes in Sustainable Food Production System: A Review / A. Sattar, Naveed, M. Ali, A. Zahir, M.S. Nadeem, M. Yaseen[Electronic resource]. — URL:

https://www.researchgate.net/publication/327776810_Perspectives_of_potassium_solubilizing_microbes_in_sustainable_food_production_system_A_review (дата обращения 14.04.2020).

4.Muriu-Ng'ang'a F.W. Socio-Economic Factors Influencing Utilisation of Rain Water Harvesting and Saving Technologies in Tharaka South, Eastern Kenya / F.W. Muriu-Ng'ang'a, M. Mucheru-Muna, F. Waswa, F.S. Mairura // Agricultural Water Management. — 2017. — Vol. 194. — P. 150–159.

5.ГОСТ 28168–89. Почвы. Отбор проб.

6.ГОСТ 26425–85. Почва. Метод определения ионов хлорида в водной вытяжке.

7.Александрова Л.Н. Лабораторно-практические занятия по почвоведению / Л.Н. Александрова, О.А. Найденова. -Л.: Наука, 1986. — 224 с.

8.Yasmin H. Isolation and characterization of phosphate solubilizing bacteria from rhizosphere soil of weeds of khewra salt range and attock / H. Yasmin, A. Bano // Pakistan Journal of Botany. — 2011. — № 3. — P.1663–1668.

9.ГОСТ 26211–91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора по методу Аррениуса в модификации ВИУА.

10.Нетрусова А.И. Практикум по микробиологии / А.И. Нетрусова. — М.: Академия, 2005. — 608 с.

УДК 579.017.7-579.222.3/678.048

Микроорганизмдердің антиоксиданттық жүйесінің ерекшеліктері

Маратова Азиза Багдатовна¹, Бектурова Асемгуль Жамбуловна²

Биотехнология және микробиология кафедрасы, «Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті» КеАҚ, Астана, Қазақстан, azizamaratova001@gmail.com

Биотехнология және микробиология кафедрасы, «Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті» КеАҚ, Астана, Қазақстан, bekturova_azh@enu.kz

Кіріспе. Микроорганизмдердің антиоксиданттық жүйесі – бұл микроорганизмдерге қоршаған ортадағы бос радикалдар деңгейінің жоғарылауынан туындаған тотығу стрессімен күресуге мүмкіндік беретін қорғаныс механизмдерінің кешені. Бұл жүйені зерттеу микроорганизмдердің тіршілік әрекетін түсіну үшін ғана емес, сонымен қатар патогендік микроорганизмдермен күресудің жаңа әдістерін жасау үшін маңызды.

Бүгінгі таңда бактериялардан саңырауқұлақтарға дейін әртүрлі микроорганизмдердің антиоксиданттық жүйесіне арналған көптеген зерттеулер бар. Бұл жүйенің жаңа құрамдас бөліктерін ашу және олардың функцияларын түсіну микроорганизмдердің қоршаған ортамен өзара әрекеттесуі туралы білімдерді кеңейтуге және оларды бақылау әдістерін жақсартуға көмектеседі.

Зерттеудің мақсаты: микроорганизмдердің, олардың ішінде бактериялардың, саңырауқұлақтар мен қарапайымдылардың антиоксиданттық жүйесінің негізгі компоненттерін, олардың тотығу-тотықсыздану тепе-теңдігін сақтаудағы ролін және микроорганизмдердің қорғаныш механизмдерін күшейтудің мүмкін жолдарын қарастыру туралы ғылыми деректерге шолу жүргізу.

Зерттеу материалдары мен әдістері. Бұл әдеби шолу «Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті» КеАҚ биотехнология және микробиология кафедрасында жүргізілді. Бұл ғылыми жұмысты жазу кезінде дәлелді базасы жоғары ғылыми мақалаларды жариялайтын жоғары импакт-факторы бар рецензияланатын журналдардың дерекқорлары қолданылды. Мұндай ашық қолжетімді онлайн-платформалардың

қатарында мыналар болды: орыс тілінде «КиберЛенинка» ғылыми электронды кітапханасы, «МедиаСфера» баспасы; ағылшын тілінде – NCBI Literature Resources (PubMed, PubMed Central), халықаралық ғылыми PLOS One журналы, Elsevier, MDPI және Frontiers журналдары, Google Scholar, Embase, EBSCO және т.б. Материалдарды іздеуде түйінді сөздер ретінде келесі сөздер мен сөз тіркестері пайдаланылды: микроорганизмдер, антиоксидантты жүйе, бактериялар, аэробтар мен анаэробтар. Осылайша, микроорганизмдердің антиоксиданттық белсенділігін зерттеуге арналған барлығы 300-ге жуық мақалалар талданды. Олардың ішінде 50-ге жуық мақала әрі қарай зерттеу үшін сұрыпталып алынды.

Зерттеу нәтижелері. Микроорганизмдердің антиоксиданттық жүйесінде (MAЖ) каталаза, пероксидаза, супероксиддисмутаза (СОД), ДНҚ репарациясы жүйесі сияқты бірқатар ферменттер, сондай-ақ бос радикалдарды бейтараптандыруға қатысатын әртүрлі субстраттар бар. МАЖ зерттеуге арналған зерттеулер салыстырмалы түрде ертеректе басталған деп айтуға болады. Осыған дейінгі зерттеулер МАЖ құрылымын, физикалық-химиялық қасиеттерін және метаболизм процестері кезінде әсер ететін тотығу стрессінен қорғаудағы рөлін зерттеуге арналған. Жақында жұқпалы процесс кезінде фагоциттердің тотығу стрессінен қорғаудағы МАЖ рөлі туралы қарқынды зерттеулер жүргізілді.

Биологиялық ортада оттегі (O_2) электрондардың ең соңғы акцепторы қызметін атқаратыны белгілі. Биологиялық тотығу кезінде O_2 -ден пероксид ионы (O_2^{2-}), супероксид ионы (O_2^-) секілді көптеген улы өнімдер түзіледі. O_2^- түзілуіне алып келетін реакция O_2 молекуласына төрт электронның бір мезгілде ауысуына байланысты цитохромоксидазамен катализацияланады. O_2^{2-} түзілу реакциясы флавині бар кейбір ферменттерге тән. Осы ферменттердің көмегімен O_2 пероксид ионына (O_2^{2-}) дейін тотықсызданады, ол өз кезегінде протондармен әрекеттесіп H_2O_2 түзіледі. Оксидазалармен (НАДФ оксидаза, ксантиноксидаза және т.б.) катализацияланатын тағы бір реакция O_2 молекуласына бір ғана электрон береді, нәтижесінде супероксид ионы – O_2^- түзіледі.

Жоғарыда қарастырылған барлық токсикалық өнімдер жасушалар үшін өте улы және түрлі реакцияларға жылдам түсуге бейім болып табылатын «бос оттегі радикалдары» деп аталады. Осыған орай, жасушаларда бұл өнімдерді бейтараптандыратын антиоксиданттық ферменттер бар. Осылайша, супероксид ионы (O_2^-) супероксиддисмутаза (СОД) ферментінің көмегімен сутегі асқын тотығына (H_2O_2) айналады. Сутегі асқын тотығы да жасушалар үшін улы; каталаза ферменті сутегі асқын тотығын молекулалық оттегі мен суға ыдыратады, осылайша оны бейтараптайды. Осыған байланысты пероксидазалардың да қорғаныс әсері бар, олардың көмегімен органикалық заттар сутегі асқын тотығымен тотығады, бірақ бұл су молекуласын тудырады. Осылайша, СОД және каталаза ферменттері супероксид радикалдарын зиянсыз оттегіге айналдырады.

Құрамында флавин бар ферменттер O_2^{2-} түзілуін катализдейді, демек, H_2O_2 барлық аэробты организмдерде болады, сондықтан бұл организмдерде де каталаза ферменті бар. Анаэробты микроорганизмдерде бұл ферменттің болмауына байланысты олардың аэробты тыныс алуы H_2O_2 жинақталуына, одан әрі анаэробты микроорганизмдердің деструкциясына алып келеді [1]. Қазіргі таңда әртүрлі микроорганизмдердегі каталазаның қызметі жақсы зерттелген. Кей кезде бұл ферментті таза күйінде бөліп алса, кейбір жағдайда молекулалық массасы және басқа да физикалық-химиялық қасиеттері зерттелген. Мысалы, *Escherichia coli* K12 штамынан алынған каталаза ферментінің құрамында молекулалық массасы 90 Кд және 92 Кд тең мөлшерлі екі суббірлік бары анықталды. Нативті каталазаның молекулалық салмағы 532 Кд болды, бұл оның құрылымы әдеттегі каталазаға тән емес гексомерлі екенін растады. Химиялық құрылымын зерттеу кезінде, каталазаның әрбір суббірлігінде бір гем тобы және бір Fe атомы болатыны анықталды, ал гем тобының болуы каталазалар үшін спектрлік қасиеттері бойынша да, ерігіштігі жағынан да ерекше белгі болып табылды [2]. *Klebsiella pneumoniae*-ден таза түрде алынған каталазаның жаңа түрі ерекше – «димер» болып

шықты. Фермент 2,8-ден 11,8-ге дейінгі өте кең рН диапазонында белсенді болып шықты [3].

Кейбір микроорганизмдерде каталазаның пероксидазалық белсенділігі де бар екені анықталды. Nadler V. және т.б. авторлар әртүрлі бактериялардағы каталаза ферментін салыстырмалы түрде зерттеді [4]. Олар *Rhodopseudomonas capsulata* және *E. coli* каталазаларының типтік каталазалардан айырмашылығы – пероксидазалық белсенділігі бар екенін көрсетті. Авторлар типтік каталазалар мен типтік пероксидазалардың арасында аралық қасиеттері бар «каталаза-пероксидаза» деп аталатын гидропероксидазалардың жаңа класы ретінде *R. capsulata* және *E. coli* каталазасын қарастыруды ұсынды. Пероксидазаның каталазалық белсенділігі пропион қышқылы бактерияларында [5] және *Bacillus stearothermophilus*-та [6] да анықталды.

Саңырауқұлақтарда каталаза ферменті негізінен пероксисомаларда орналасады. *Candida boidinii* штамы ретінде танымал *Klaeckera spp.* ашытқы саңырауқұлақтары пероксисомаларда локализацияланған каталазаны синтездейді [7]. Бұл каталаза сонымен қатар H_2O_2 қатысында метанолды формальдегидке дейін тотықтыруға қабілетті, бұл оның пероксидаза белсенділігін көрсетеді. Иммунохимиялық қасиеттері бойынша бұл каталаза *Candida tropicalis* саңырауқұлақтарының каталазасымен белгілі дәрежеде ұқсастыққа ие болып табылды.

Осылайша, микроорганизмдерде құрамында гемин бар гидропероксидазалардың үш түрі табылды: монофункционалды каталаза, монофункционалды пероксидаза және каталазалық ($2 H_2O_2 \Rightarrow H_2O_2 + O_2$) және пероксидазалық ($A H_2 + H_2O_2 \Rightarrow A + 2 H_2O$) белсенділік көрсететін дифункционалды каталаза-пероксидаза.

Кейбір зерттеулер каталаза ферментінің индукциялық фермент екенін анықтады. Осылайша, *Salmonella typhimurium* жасушаларын H_2O_2 төмен концентрациясымен өңдегенде, олардың H_2O_2 -ге бейімделуімен бірге 5-уі оху R генімен кодталған 30 ақуыздың синтезі индукцияланды [8]. Сыртқы H_2O_2 әсерінен, тотығу стрессі ретінде, *Shigella* туыстығының бактерияларында және басқа грамтеріс ішек бактерияларында интактілі (бақылау тобындағы) бактериялармен салыстырғанда каталаза белсенділігінің айтарлықтай жоғарылауы байқалды. Jamieson D.J. және т.б. авторлар [9] *Candida albicans*-ты H_2O_2 төмен концентрациясымен немесе супероксид тудыратын агентпен (менадиян) өңдеу – келесі жолы дәл осы саңырауқұлақтарды дәл осы тотықтырғыштардың жоғары концентрацияларымен әсер еткен кездегі өлім әсерінен қорғайтын бейімделу реакциясын тудыратынын анықтады.

Каталаза-негативті *Streptococcus pyogenes* пероксид-тудыратын агентке (паракват), сондай-ақ пероксидке қарсы оларды асқын тотықтың сублетальды дозасымен өңдеген кезде индукциялық жауап көрсетті. *S. pyogenes* мутанттары алкилгидропероксидаза мен глутатионпероксидазаны кодтайтын бір немесе бірнеше гені жетіспегендіктен анаэробты жағдайларда «жабайы» штамм ретінде аман сақталды. Дегенмен, олар паракват пен гидропероксидтің әсеріне аса сезімтал болды [10]. Каталаза тапшылығы бар *Haemophilus influenzae* [11] және *Legionella pneumophila* Kat A және Kat B мутанттарының [12] экспоненциалды фазасының дақылдары жабайы түрге қарағанда экзогендік H_2O_2 -ге сезімтал болып табылды, бұл тотығулық стресстен қорғаудағы каталазаның рөлі маңызды екенін көрсетеді.

СОД (супероксиддисмутаза) негізгі антиоксиданттық ферменттердің бірі болып табылады. Жоғарыда айтылғандай, бұл фермент супероксид радикалын сутегі асқын тотығына айналдырады. СОД-ның үш түрі бар: олар құрамында марганец, темір, мыс және мырышы бар болып бөлінеді. СОД-ның барлық үш түрі микроорганизмдерде кездеседі: Fe-СОД кейбір жоғары сатыдағы өсімдіктерге де, прокариоттарға да тән; Cu-СОД эукариоттарға тән; Cu-Zn-СОД – эукариоттар мен кейбір прокариоттарға тән. Кейбір бактерияларда (мысалы, *E. coli*) бірнеше СОД бар. Бұл бактериялардың құрамында локализациясы мен экспрессиясы бойынша ерекшеленетін үш СОД бар. Fe-СОД және Mn-СОД цитоплазмада кездеседі және бактериялардың ДНҚ-сы мен ақуыздарын тотығудан

қорғайды. Cu-Zn-SOD периплазмада бола отырып, мембраналық және периплазмалық құрылымдарды супероксидтердің экзогендік әсерінен қорғайды [12].

Cu-Zn-SOD-ның құрылымы барынша толық зерттелген. Әртүрлі көздерден алынған бұл ферменттің әрқайсысында бір мыс атомы және бір мырыш атомы бар екі бірдей суббірліктен түзілген шамамен 32 Кд молекулалық тұтастық бар. Мыс катализдік белсенділікке қатысады, ал мырыш тек құрылымдық рөл атқарады [13].

Жасуша ішілік Cu-Zn-SOD-дан басқа ЕС-SOD деп аталатын жасушадан тыс Cu-Zn-SOD бар. Жасушадан тыс ЕС-SOD әртүрлі өсімдіктерде, бактерияларда, нематодтық паразиттерде және *Schistosoma*-да кездеседі.

E. coli K12 өсуі мен мутагенезіне тотығу стрессінің әсерін зерттеу оттегіге тәуелді өсу тежелуінің және мутация индукциясының алдын алуда SOD каталазаға қарағанда маңыздырақ екенін көрсетті [14]. *Staphylococcus xylois*-тың SOD-жетіспейтін мутанттары гипербарикалық оксигенацияға және паракватқа сезімтал болып табылды, бұл SOD тотығу стрессінен қорғауда маңызды рөл атқарады деген қорытындыға әкелді [15]. *Helicobacter pylori*-дың SOD белсенділігін жабайылармен салыстырғанда төмендеткен SOD-B мутанттары O₂-ге, сонымен қатар H₂O₂-ге сезімтал болды және олардың мутация жиілігі жабайы түріне қарағанда 15 есе дерлік жоғары болды [16]. Кейбір зерттеулер [16, 17] SOD каталаза сияқты индукциялық фермент екенін көрсетеді, оның мөлшері сыртқы тотығу стрессіне байланысты.

Микроорганизмдердің өздерінен бөліп шығаратын пигменттерінің де антиоксиданттық белсенділігі болуы мүмкін екендігі анықталды. Осылайша, құрамында каротиноидтары бар *Sarcinia lutea* және *S. aureus* штамдары каротиноидтары жеткіліксіз басқа грамоң бактериялардың штамдарына қарағанда синглетті оттегінің летальды әсеріне төзімдірек [17]. Және де *Cryptococcus neoformans* және *Aspergillus fumigatus* құрамындағы меланин пигментінің вируленттілікте маңызды рөл атқаратыны дәлелденген [18].

Бос радикалдар іс жүзінде кез келген биомолекуламен әрекеттесетіндіктен, олардың әрекеті ДНҚ молекуласына да бағытталуы мүмкін. Мысалы, H₂O₂ потенциалды бактерицидтік агент Fe²⁺-пен әрекеттесіп, тотығу арқылы ДНҚ молекуласын зақымдауы мүмкін гидроксил радикалын (ОН) түзе алады [17, 18]. Кез келген тірі жасушада зақымдалған ДНҚ-ның бастапқы құрылымын толық немесе ішінара қалпына келтіруге қабілетті механизмдер бар. ДНҚ зақымдануын түзету реакцияларын катализациялайтын ферменттер жиынтығы қалпына «репарациялық жүйелер» деп аталатын жүйеге біріктірілген. Осы ферменттердің көмегімен ДНҚ тізбегінің ақаулы бөліктері кесіліп, жаңа нуклеотидтермен ауыстырылады. Осылайша, ДНҚ репарация жүйесі бос радикалдарды бейтараптандыруға емес, олардың ДНҚ молекуласына әсерін жоюға бағытталған. Әрине, бос радикалдарды байланыстыратын басқа антиоксиданттық ферменттердің әрекеті де ДНҚ зақымдануының алдын алады. Buchmeier N.A. және т.б. авторлар [18] ДНҚ репарация жүйесінің жеткіліксіздігі үшін каталаза тапшылығы бар мутанттарға жүргізген тәжірибелерінде *S. typhimurium* штамдарын тотығу стрессінен қорғау кезінде каталазаға қарағанда ДНҚ репарация жүйесі маңыздырақ екенін анықтады: ДНҚ репарациялық жүйесінің жеткіліксіздігі бар мутанттар каталаза тапшылығы бар мутанттарға қарағанда экзогендік H₂O₂ әсеріне сезімтал.

Микроорганизмдерге қарсы иммундық жауапты қалыптастырудағы каталаза мен SOD-ның рөлін зерттеу кезінде құнды нәтижелер алынды. Антиоксиданттық ферменттердің ең аз мөлшері бар микроорганизмдердің штамдары, осы ферменттердің максималды мөлшері бар штамдармен салыстырғанда, инфекциядан кейінгі ерте кезеңдерінде салыстырмалы түрде айқын иммундық жауапты индукциялайтыны расталды. Инфекциядан кейінгі келесі кезеңдерде құрамында осы ферменттердің ең аз мөлшері бар микроорганизмдердің штамдарына қарсы иммундық жауаптың қарқындылығы ферменттердің максималды мөлшері бар штаммға қарсы иммундық жауаптың қарқындылығынан төмен болды [19].

МАЗ-нің белсенділігін зерттеу кейбір химиотерапиялық препараттардың синтезінің ғылыми негізі болды. Осылайша, трипаносомалық ауру тудыратын *Trypanasoma cruzi* микроорганизмінің H_2O_2 және ұқсас субстраттардан каталазалық қорғанысы жоқ. H_2O_2 метаболизмдік утилизациясы негізінен глутатионредуктаза жүйесінің көмегімен жүзеге асырылады [19, 20]. Сондықтан Чагас ауруын (американдық трипаносомоз) емдеу үшін глутатионредуктазаның күшті тежегіші болып табылатын нифуртимокс препараты ұсынылды: сәйкесінше, нәтижесінде пайда болған H_2O_2 инактивацияланбайды, бірақ ОН топтарын түзу үшін улы оксидтермен әрекеттесу арқылы паразиттердің жасушалық құрылымдарын зақымдайды [20].

Қорытынды. Осылайша, МАЗ оларды тек метаболизмдік процестерде ғана емес, сонымен қатар фагоцитоз кезінде фагоцитарлық жасушалардан түзілетін тотығу метаболиттерінен қорғайды және сол арқылы патогендік фактор ретінде рөл атқарады. Сондықтан МАЗ микроорганизмдер тудыратын аурулардың патогенезінде үлкен маңызға ие.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. Стейниер С., Эдельберг Э., Инграм Дж. Микробтар әлемі/ағылшын тілінен аударма/ - М.:Мир, 2019; 12. Abrams J.J., Webster D.A. Purification, partial characterization, and possible role of catalase in the bacterium *Vitreosilla*.
2. Loewen P.C., Switala J. Purification and characterization of catalase HP II from *Escherichia coli* K 12. - *Biochem and Cell. Biol.* 2016, 64 (7): 638-646;
3. Essawy, M. A., Eldin, M. M., Elsedek, S. E., et al. (2014). Antioxidant Activity of Lactic Acid Bacteria against Cadmium Induced Oxidative Stress. *Journal of Environment and Analytical Toxicology*, 4(1), 1000224.
4. Nikolov, R., Goranova, Z., Malinova, M., et al. (2015). Antioxidant properties of lactic acid bacteria in yarrow-supplemented milk. *Journal of Food Science and Technology*, 52(7), 4134-4141.
5. Ali, S. S., Ahsan, H., Zia, M. K., Siddiqui, T., & Khan, F. H. (2020). Understanding oxidants and antioxidants: Classical team with new players. *Journal of food biochemistry*, 44(3), e13145. <https://doi.org/10.1111/jfbc.13145>
6. Bjørklund, G., Gasmi, A., Lenchyk, L., Shanaida, M., Zafar, S., Mujawdiya, P. K., Lysiuk, R., Antonyak, H., Noor, S., Akram, M., Smetanina, K., Piscopo, S., Upyr, T., & Peana, M. (2022). The Role of Astaxanthin as a Nutraceutical in Health and Age-Related Conditions. *Molecules* (Basel, Switzerland), 27(21), 7167. <https://doi.org/10.3390/molecules27217167>
7. Farina, M., & Aschner, M. (2019). Glutathione antioxidant system and methylmercury-induced neurotoxicity: An intriguing interplay. *Biochimica et biophysica acta. General subjects*, 1863(12), 129285. <https://doi.org/10.1016/j.bbagen.2019.01.007>
8. Bhatt, P., Singh, G., Gupta, A., et al. (2016). Antioxidant enzyme activity of *Lactobacillus acidophilus* and *L. plantarum*. *International Journal of Probiotics and Prebiotics*, 11(1), 61-68.
9. Varela, E., Uyarra, M. C., Tornadijo, M. E., et al. (2017). Antioxidant enzymatic activities and bioaccessibility of flavonoid compounds in *Lactobacillus*-fermented beer. *International Journal of Food Microbiology*, 253, 54-61.
10. Amaretti, A., Herve-Jimenez, L., Leonardi, A., et al. (2018). Fermentation of xylo-oligosaccharides by *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* and *Lactobacillus acidophilus*: Towards an efficient symbiotic for functional food development. *Food Research International*, 107, 329-338.
11. Mozaheb, N., Arefian, E., Aliyan, A., & Amoozegar, M. A. (2022). Induction of the antioxidant defense system using long-chain carotenoids extracted from extreme halophilic archaeon, *Halovenus aranensis*. *International microbiology : the official journal of the Spanish Society for Microbiology*, 25(1), 165–175. <https://doi.org/10.1007/s10123-021-00198-6>
12. Pompeu, G. B., Pietrobon, V. C., Andreote, C. C. F., Ferreira, L. F. R., Aguiar, M., Sartori, S. B., Cruz, S. H., & Monteiro, R. T. R. (2019). Role of the antioxidant defense system

during the production of lignocellulolytic enzymes by fungi. International microbiology : the official journal of the Spanish Society for Microbiology, 22(2), 255–264. <https://doi.org/10.1007/s10123-018-00045-1>

13. Wang, W. H., Wang, Y., Zhou, K., Li, H. M., & Yang, P. L. (2022). Response mechanism of microorganisms to the inhibition of endogenous pollution release by calcium peroxide. The Science of the total environment, 848, 157708. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157708>

14. Cuaz-Perolin, C., M.Mathis, A., Grether, G., et al. (2019). Anti-inflammatory and antioxidant effects of bacillus cereus-fermented milk on atherosclerosis induced by an inflammatory diet. International Journal of Molecular Sciences, 20(12), 2990.

15. K R, R., Balakrishnan, P., & Gopi, S. (2022). Systematic review on activity of liposomal encapsulated antioxidant, antibiotics, and antiviral agents. Journal of liposome research, 32(4), 340–353. <https://doi.org/10.1080/08982104.2021.2024568>

16. Zhu, X., Meng, C., Sun, F., Wei, Z., Chen, L., Chen, W., Tong, S., Du, H., Gao, J., Ren, J., Li, D., & Gao, Z. (2023). Sustainable production of astaxanthin in microorganisms: the past, present, and future. Critical reviews in food science and nutrition, 63(30), 10239–10255. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2080176>

17. Poole R. K. (2020). Flavohaemoglobin: the pre-eminent nitric oxide-detoxifying machine of microorganisms. F1000Research, 9, F1000FacultyRev-7. <https://doi.org/10.12688/f1000research.20563.1>

18. Ren, C. Y., Wu, E. L., Hartmann, E. M., & Zhao, H. P. (2021). Biological Mitigation of Antibiotic Resistance Gene Dissemination by Antioxidant-Producing Microorganisms in Activated Sludge Systems. Environmental science & technology, 55(23), 15831–15842. <https://doi.org/10.1021/acs.est.1c04641>

19. Li, J., Ran, X., Zhou, M., Wang, K., Wang, H., & Wang, Y. (2022). Oxidative stress and antioxidant mechanisms of obligate anaerobes involved in biological waste treatment processes: A review. The Science of the total environment, 838(Pt 3), 156454. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156454>

20. Fentie, E. G., Jeong, M., Emire, S. A., Demsash, H. D., Kim, M. A., Jeon, H. J., Lee, S. E., Tagele, S. B., Park, Y. J., & Shin, J. H. (2022). Physicochemical properties, antioxidant activities and microbial communities of Ethiopian honey wine, Tej. Food research international (Ottawa, Ont.), 152, 110765. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110765>

УДК: 355.477.19:368.9

Исследование возможности использования опилок тополя с добавлением кукурузного клейстера для получения пластика без связующего

Жанабаева Аида Жамбылқызы

Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, Астана, Казахстан
aiddaj@mail.ru

В наше время есть возможность получить древесный пластик без добавления связующих (ДП-БС) с различными видами отходов древесины.

Альтернативным сырьем для получения ДП-БС могли бы выступать отходы тополя, которые остаются после производства фанеры, древесностружечных плит, картона и бумаги. У тополя белая древесина, иногда присутствует зеленоватый оттенок, текстура невыразительная, но свежесрубленная древесина обладает приятным, горьковатым запахом. Древесина мягкая, однородная, ее прочностные свойства близки к липе. У тополя низкая износостойкость и низкая стойкость к воздействию биологических факторов, но он очень хорошо проявляет себя в условия повышенной влажности.