

ХФТАР 68.38.01

ӨОЖ 637.072

<https://doi.org/10.52269/SEPT2631005>

RANDOX АНАЛИЗАТОРЫНДА АЗЫҚ ЖӘНЕ АЗЫҚ ҚОСПАЛАРЫНДАҒЫ МИКОТОКСИНДЕРДІҢ ҚАЛДЫҚ ҚҰРАМЫН АНЫҚТАУ

Ақанова Ж.Ж. – ветеринария ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, «С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» КЕАҚ, Астана қ., Қазақстан Республикасы.

Есеева С.С.* – ветеринария ғылымдарының кандидаты, «С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» КЕАҚ, Астана қ., Қазақстан Республикасы.

Бегенова А.Б. – ветеринария ғылымдарының кандидаты, «С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» КЕАҚ, Астана қ., Қазақстан Республикасы.

Кузубаева А.С. – PhD доктор, «С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» КЕАҚ, Астана қ., Қазақстан Республикасы.

Мақалада азық және азық қоспаларының микотоксиндермен ластану мәселелері толыққанды қарастырылған. Микотоксиндер – жануарлар мен адам денсаулығына теріс әсер ететін азықтар мен азық қоспаларының табиғи ластауыштарының маңызды топтарының бірі болып саналады. Бұл токсиндер жануарлар үшін өнімділіктің төмендеуі мен бірге, иммундық жүйенің әлсіреуі және көбею функцияларының бұзылуына әкелсе, адамдар үшін де өте әсері зор, денсаулыққа әртүрлі қауіп төндіреді. Зерттеудің мақсаты – Қазақстан аумағында пайдаланатын, көбінде айналымдағы азық және азық қоспаларындағы микотоксиндер қалдықтарының мөлшерін анықтап, олардың жануарлар мен адам денсаулығына кешенді түрде әсерін бағалау. Бақылау объектілері ретінде ең қауіпті микотоксиндердің негізгі топтарының бірі таңдалды: фумонизиндер, охратоксин А, афлатоксиндер (AFB1 және AFG1), дезоксиниваленол, T2/HT2 токсиндері және зеараленон. Зерттеу міндеттері: әртүрлі жем санаттарындағы (шырынды, қатаң және қойытылған) микотоксиндер қалдықтарының концентрациясын сандық түрде анықтау, сондай-ақ олардың рұқсат етілген шектерден асып кетуін бағалау. Бұл зерттеу нәтижелері азық және азық қоспаларының микотоксиндермен ластануын зерттеудегі ағымдағы кемшіліктерді толтыруға, анықтау әдістерін жетілдіруге және тәуекелдерді азайтудың кешенді тәсілдерін қолдану қажеттілігін айқындауға бағытталған.

Түйінді сөздер: афлатоксиндер, азық және азық қоспалары, микотоксиндер, бақылау, тамақ өнімдерінің қауіпсіздігі, рұқсат етілген нормалар.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНОГО СОДЕРЖАНИЯ МИКОТОКСИНОВ В КОРМАХ И КОРМОВЫХ ДОБАВКАХ НА АНАЛИЗАТОРЕ RANDOX

Аканова Ж.Ж. – кандидат ветеринарных наук, ассоциированный профессор, НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина», г. Астана, Республика Казахстан.

Есеева С.С.* – кандидат ветеринарных наук, НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина», г. Астана, Республика Казахстан.

Бегенова А.Б. – кандидат ветеринарных наук, НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина», г. Астана, Республика Казахстан.

Кузубаева А.С. – доктор PhD, НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина», г. Астана, Республика Казахстан.

В статье раскрыты вопросы контаминации кормов и кормовых добавок микотоксинами. Микотоксины представляют собой одну из наиболее значимых групп природных загрязнителей кормов и кормовых добавок, оказывающих комплексное негативное воздействие на здоровье животных и человека. Риски для животных и человека различны, но взаимосвязаны. Для животных микотоксины ведут к снижению продуктивности, угнетению иммунитета и нарушению воспроизводства. Цель исследования оценить остаточные количества микотоксинов в образцах кормов и кормовых добавках, собранных по Казахстану, и оценить их комплексное негативное воздействие на здоровье животных и человека. В качестве объектов контроля выбраны основные группы микотоксинов, представляющих наиболее серьезную угрозу: фумонизины, охратоксин А, афлатоксины (AFB1 и AFG1), дезоксиниваленол, токсины T2/HT2 и зеараленон. Задачи: количественно определить остатки микотоксинов в различных категориях кормов (сочные, грубые и концентрированные), оценить, превышают ли концентрации остатков допустимые пределы. Полученные результаты исследования призвано восполнить существующий пробел в изучении контаминации микотоксинами корма и кормовые добавки, а также поддерживать совершенствование методов их обнаружения и установить необходимость комплексного подхода к снижению рисков.

Ключевые слова: афлатоксины, безопасность пищевых продуктов, допустимые нормы, микотоксины, корма и кормовые добавки, контроль.

DETERMINATION OF RESIDUAL MYCOTOXIN LEVELS IN FEED AND FEED ADDITIVES USING THE RANDOX ANALYZER

Akanova Zh.Zh. – Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University NCJSC, Astana, Republic of Kazakhstan.

Yesseneyeva S.S. – Candidate of Veterinary Sciences, S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University NCJSC, Astana, Republic of Kazakhstan.*

Begenova A.B. – Candidate of Veterinary Sciences, S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University NCJSC, Astana, Republic of Kazakhstan.

Kuzeubayeva A.S. – PhD, S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University NCJSC, Astana, Republic of Kazakhstan.

The article discusses the issues of contamination of feed and feed additives with mycotoxins. Mycotoxins are one of the most significant groups of natural pollutants in feed and feed additives that have a complex negative impact on animal and human health. The risks to animals and humans are different, but interrelated. In animals, mycotoxins can lead to reduced productivity, immunosuppression, and impaired reproductive performance. The research aim was to evaluate the residual mycotoxin levels in feed samples and feed additives collected in Kazakhstan and to assess their complex negative effects on animal and human health. The main groups of mycotoxins that pose the most serious threat were selected as control objects: fumonisins, ochratoxin A, aflatoxins (AFB1 and AFG1), deoxynivalenol, T2/HT2 toxins and zearalenone. The research objectives: to quantify mycotoxin residues in various feed categories (succulent, roughage and concentrated feeds), to assess whether residue concentrations exceed acceptable limits. The obtained research results are intended to fill the existing gap in the study of mycotoxin contamination of feed and feed additives, as well as to support the improvement of methods for their detection and establish the need for an integrated approach to risk reduction.

Key words: aflatoxins, food safety, permissible levels, mycotoxins, feed and feed additives, control.

Кіріспе. Мал шаруашылығы өнімдеріндегі ластаушы қалдық заттар, әсіресе малдарға қолданылатын антибиотиктер, гормоналды өсу стимуляторлары мен микотоксиндердің қалдықтары азық-түлік қауіпсіздігі мен халық денсаулығы тұрғысынан маңызды мәселелердің бірі болып табылады. Бұл заттар малдың азықтарын ластап, нәтижесінде ет, сүт және жұмыртқа сияқты жануарлардан алынатын өнімдерде жинақталуы мүмкін. Осы өнімдерді тұтыну арқылы бұл ластаушы қалдықтар адам ағзасына еніп, иммундық және эндокриндік жүйелерге теріс әсерін тигізеді. Сонымен қатар, бұл заттардың ұзақ мерзімді әсері микробқа қарсы төзімділіктің дамуына ықпал етіп, аурулардың асқыну жағдайына әкеледі. Ғылыми зерттеулер көрсеткендей, мұндай ластаушы заттардың кешенді әсері денсаулыққа зиян келтіріп, халықтың жалпы әл-ауқатына теріс ықпал ететін қауіпті факторларға айналады.

Микотоксиндер – жануарлар мен адам денсаулығына кешенді теріс әсер ететін азықтар мен жануарлардан алынатын тағам өнімдеріндегі табиғи ластаушылардың маңызды топтарының бірі болып табылады. Бұл токсиндер негізінен саңырауқұлақтар тарапынан өндіріліп, азық және азық қоспаларында жинақталады, нәтижесінде олар жануарлар мен адамдарға қауіп төндіреді.

Аса қауіпті микотоксиндер қатарына *Aspergillus*, *Fusarium*, және *Penicillium* тұқымдас саңырауқұлақтар арқылы бөлінетін афлатоксиндер, зearаленон, охратоксин А, трихотеценоидер және фумонизиндер жатады.

Афлатоксиндер (AFB1, AFB2, AFG1, AFG2, сонымен қатар AFM1 метаболиті) – *Aspergillus flavus* және *Aspergillus parasiticus* саңырауқұлақтары арқылы өндіріледі және олар негізінен жүгері, жержаңғақ, мақта торты мен күрішті зақымдайды. Бұл қосылыстар ыстыққа төзімді болып табылады және өңдеу кезінде өздерінің қасиеттерін сақтайды. Ең қауіптісі – AFB1, ол табиғи канцерогендердің ең күшті түрлерінің бірі ретінде танылған (IARC, 1-топ). AFB1 жануарларда, әсіресе құстарда бауырдың зақымдануына, өнімділіктің төмендеуіне және иммуносупрессияға әкеледі. Ластаған азықты тұтынған күйіс қайыратын жануарлар AFB1-ді AFM1-ге айналдырады, бұл микотоксин сүтпен бөлініп, пастерлеуден кейін де сақталады [1, 4 б.].

Охратоксин А (ОТА) – *Aspergillus ochraceus*, *A. carbonarius* және *Penicillium verrucosum* саңырауқұлақтарымен түзілетін микотоксин. Бұл қосылыс негізінен дәнді дақылдарда – бидай, арпа, сұлы, жүгері және соя сияқты өсімдіктерде кездеседі. ОТА өңдеуге төзімді болып табылады және жануарлар тіндерінде жиналуға бейім. Бұл микотоксиннің негізгі уыттық әсері бүйректің зақымдануы мен оның канцерогендік және иммуносупрессивті қасиеттерімен байланысты. Шошқалар мен құстар ОТА-ға өте жоғары сезімталдық танытады, ал адамдарда бұл микотоксин эндемиялық нефропатиямен байланысты болып, әсіресе құрғақ әдіспен өндірілген ет және шұжық өнімдерінде жинақталуы мүмкін [2, 8 б.].

Деоксиниваленон (DON) немесе vomitоксин – *Fusarium graminearum* және *F. culmorum* саңырауқұлақтарымен өндірілетін ең көп таралған микотоксиндердің бірі. Бұл микотоксин көбінесе бидай,

арпа және жүгері дақылдарында кездеседі. DON термиялық өңдеуге төзімді және астықты өңдеу кезінде сақталуы мүмкін. Жануарларда, әсіресе шошқаларда, азықтанудың төмендеуіне, құсу, диарея және иммунитеттің әлсіреуінен өнімділікті айтарлықтай төмендетеді. Адамдарда DON микотоксині асқазан-ішек жолдарының бұзылуына және үздіксіз тұтыну кезінде иммундық қорғаныстың төмендеуіне әкеледі [3, 6.94].

Fusarium graminearum және *F. culmorum* саңырауқұлақтарымен өндірілетін зеараленон (ZEA) – күшті эстрогендік белсенділігі бар микотоксин. Ол ыстыққа төзімді және жүгері, бидай, арпада жиі кездеседі. Ауыл шаруашылығы жануарларында ZEA репродуктивті мәселелерге алып келеді: мегежіндерде бедеулік, түсік тастау, ісіну және сыртқы жыныс мүшелерінің ұлғаюы байқалады, ал құстарда жұмыртқа өнімділігі төмендейді. Адамдар үшін қауіп ұзақ мерзімді әсер ету кезінде гормон тәрізді әсерлердің пайда болуымен байланысты, бірақ уыттылығы афлатоксиндермен салыстырғанда төмен [4, 3 б.].

Фумонизиндер (FB1, FB2, FB3) – *Fusarium verticillioides* және *F. proliferatum* саңырауқұлақтарымен өндірілетін микотоксиндер, олар көбінесе жүгері мен жүгері өнімдерінде кездеседі. Бұл токсиндер суда жақсы ериді, ыстыққа төзімді және жануарлар үшін өте улы болып табылады. Фумонизиндер жылқыларда лейкоэнцефаломалицияны, шошқаларда өкпе ісінуін, ірі қара малдарда өнімділігін төмендеуін және құстарда бауырдың зақымдауын тудырады. Халықаралық қатерлі ісіктерді зерттеу агенттігі (IARC) FB1-ді адамда болуы мүмкін канцерогендер (2B тобы) ретінде жіктеп, оны өңеш қатерлі ісігінің қаупінің жоғарылауымен байланыстырады [5, 3 б.].

Трихотецен тобына жататын T-2 және HT-2 токсиндері – *Fusarium sporotrichioides* және *F. poae* саңырауқұлақтарымен өндірілетін микотоксиндер, олар көбінесе сұлы, арпа, бидай және жүгері дақылдарында кездеседі. Бұл токсиндер өңдеуге өте төзімді және айқын уытты әсер етеді, шырышты қабықтың некрозы, жаралардың пайда болуы, иммундық жүйенің басылуы және қан түзілуінің бұзылуын тудырады. Құстарда ауыз қуысының шырышты қабығының некрозды зақымдануы және жұмыртқа өндірісінің төмендеуі байқалады. Сонымен қатар, адамдарда бұл токсиндер тағамдық-токсикалық алейкия ауруының дамуына әкелуі мүмкін. Бұл ауру гемопоэздің (қан түзілу) бұзылуымен сипатталады және ауыр ауыр зардаптарға, оның ішінде қан аурулары мен иммундық тапшылыққа әкелуі мүмкін [6, 7б.; 7, 508 б.].

Микотоксиндер мутагендік, тератогендік және иммуносупрессивті әсерлері бар, инфекцияларға сезімталдықты арттырып, вакциналардың тиімділігін төмендетеді. Awuchi және т.б. жүргізген шолуда (2025) микотоксиндердің адам ағзасына әсері тек тамақ арқылы ғана емес, сонымен қатар тыныс алу немесе тері арқылы да болуы мүмкін екені көрсетілген, ал созылмалы әсері канцерогендік және иммундық жүйені бәсеңдететін әсерлермен байланысты екенін көрсетті [8, 6 б.]. Микотоксиндер адам мен жануарлардың денсаулығына қауіп төндіріп, сонымен қатар ауыл шаруашылығында айтарлықтай экономикалық шығындарға әкеліп, бұл мәселені жаһандық деңгейде өзекті етеді [9, 158 б.]. Еуропалық қоршаған орта агенттігінің (2025) есебіндегі климаттың өзгеруі азық түліктің микотоксиндермен, әсіресе дезоксиниваленолмен ластану қаупін арттыратыны және бірқатар Еуропалық өңірлерде қауіпсіз әсер деңгейінен асатын халықтың үлесі артып келе жатқанын көрсетілген. Бұл зерттеу микотоксиндердің азық-түлік өнімдеріндегі жоғары деңгейлері мен олардың денсаулыққа әсерін басқару қажеттілігін көрсетеді. Заманауи деректерді жүйелеу арқылы микотоксиндерді анықтау әдістерін жетілдіру және қауіпті азайту үшін кешенді тәсілдің қажеттілігі туралы шолуда ерекше атап өтілген [10, 2 б.].

Микотоксикоздар жануарлардың физиологиялық көрсеткіштеріне теріс әсер етіп, өнімділіктің төмендеуіне және шаруашылық шығындарының артуына әкеледі. Микотоксиндердің зиянды әсерін азайту мақсатында профилактикалық шаралар маңызды болып табылады. Оларға адсорбенттерді қолдану, азықтың сақтау жағдайларын жақсарту, сондай-ақ биологиялық препараттар арқылы микотоксиндерді бейтараптандыру кіреді [11, 22 б.]. Микотоксиндер мен пестицидтерді азық-түлік қауіпсіздігіне қауіп төндіретін факторлар ретінде қарастыру олардың биологиялық әсерін терең түсінуге мүмкіндік береді. Зерттеулер көрсеткендей, бұл контаминанттар мутагендік белсенділікке ие болып, иммундық жүйенің қызметін әлсіретеді. Сонымен қатар, олардың мал азығы мен тағам құрамында болуы токсикалық әсердің кумулятивтілігін күшейтеді [12, 28 б.].

Тәжірибелік бақылау деректері Россельхознадзор материалдарында (2023) ұсынылған, онда Брянск қаласындағы «ВНИИЗЖ» ФМБУ зертханасы жүргізген екі мыңнан астам астық өнімін зерттеу туралы хабарланған. Үлгілерде афлатоксин В1, дезоксиниваленол және Т-2 токсині үнемі анықталып отырды, бұл ластанудың жоғары деңгейін және тұрақты зертханалық бақылау қажеттілігін көрсетеді [13, 194 б.].

Микотоксиндердің қауіпін бағалауда бірлескен ластану, яғни мал азығында бірнеше микотоксиндердің бір мезгілде болуы ерекше мәнге ие. Әрбір микотоксиндердің концентрациясы рұқсат етілген деңгейден аспаған жағдайда да, олардың бірлескен әсері токсикалық әсердің синергетикалық күшеюіне әкелуі мүмкін. Сол себепті, Еуропалық Одақ пен басқа елдердің заманауи бақылау жүйелері LC-MS/MS сияқты жоғары сезімтал аналитикалық әдістерді пайдалана отырып, көп микотоксинді талдауға ерекше көңіл бөлуде [14, 4 б.].

Халықаралық ұйымдар, оның ішінде Азық-түлік және ауыл шаруашылығы ұйымы (FAO) мен Дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымы (ДДСҰ), микотоксиндерді жаһандық деңгейде реттеу мен бақылау қажеттігін атап көрсетеді. Дегенмен, әр елдегі ұлттық тәсілдер айтарлықтай ерекшеленеді. Мысалы, АҚШ-та осы саладағы жауапкершілік FDA мен EPA-ға жүктелсе, Канадада – CFIA басқарады. Еуропалық Одақ афлатоксиндер мен басқа микотоксиндер үшін нақты максималды деңгейлерді бел-

гілеген. Қытай және басқа Азия елдерінде ережелер үнемі күшейтіліп отырады, ал Бразилия мен Латын Америкасы елдерінде микотоксиндерді бақылау, әсіресе ауыл шаруашылығы өндірісінің көлеміне байланысты, ерекше маңызды болып табылады [15, 4 б.; 16, 2 б.; 17, 4 б.].

Жаһандық зерттеулер көрсеткендей, микотоксиндердің орташа деңгейі әдетте белгіленген шектерден аспайды, алайда кейбір жағдайларда, әсіресе маусымдық қауіп-қатер кезеңдерінде, бұл деңгейлер жиі асып кетеді. Сонымен қатар, авторлар ірі қара мен қой шаруашылығына қатысты деректердің жеткіліксіз екенін атап көрсетеді, ал шошқа мен құс шаруашылығы үшін микотоксиндерді бағалауға арналған биомаркерлер негізінде ақпараттық панельдер жасалған [18, 3 б.].

Мониторинг тәжірибесі сыртқы әсерді (азық құрамын талдау) және ішкі әсерді (сүттегі, зәрдегі және басқа биологиялық сұйықтықтардағы метаболиттерді анықтау) бақылауды біріктіреді. Сүт бағытындағы мал шаруашылығында негізгі көрсеткіш – сүттегі афлатоксин М1, ол афлатоксин В1-нің жемнен сүтке өтуін көрсетеді. Zentai және әріптестерінің шолуы бойынша, афлатоксин В1-нің сүтке өтуі орташа есеппен 1–2 % құрайды, бірақ жоғары өнімді сиырларда бұл көрсеткіш 6 %-ға дейін жетуі мүмкін. Бұл үдеріс сүт өнімділігі, азық мөлшері мен сапасы, маусымдық және климаттық факторлар, сондай-ақ адсорбенттердің қолданылуына тәуелді. Айта кетерлігі, афлатоксин М1 ластанған азықпен азықтан-дырғаннан кейін бірнеше сағат ішінде анықталуы мүмкін, ал оның деңгейі азық беруді тоқтатқан соң бірнеше күн ішінде төмендейді. Бұл ақпарат сүт өнімдерінің қауіпсіздігін қамтамасыз ету және афлатоксин В1-дің рұқсат етілген деңгейлерін азық-түлік базасында бақылау үшін маңызды [18, 8 б.].

Микотоксиндерді заманауи бақылау негізінен «скрининг және растау» тәсіліне сүйенеді. Жылдам ИФА сынақтары мен биосенсорлар қауіпті шикізат партияларын тез анықтауға мүмкіндік береді, ал LC-MS/MS әдістері жоғары дәлдікті қамтамасыз етіп, токсин қоспаларын талдауды растау үшін «алтын стандарт» ретінде қолданылады. Оптикалық және наноматериалдарға негізделген биосенсорлық технологиялар жедел диагностика үшін жоғары перспективаны көрсеткенімен, әзірге олардың стандартталуы мен нақтылауы қажет. Алдын алу және қалпына келтіру шараларының ішінде, әсіресе афлатоксиндерге қарсы тиімділігі дәлелденген адсорбенттер және токсиндерді жою үшін микроорганизмдер мен ферменттерді қолданатын биологиялық әдістер маңызды рөл атқарады. Сонымен қатар, бірнеше микотоксин түрін бір мезгілде бақылауға мүмкіндік беретін біріктірілген стратегиялар үлкен әлеуетке ие деп бағаланады [19, 2 б.].

ЕАЭО елдері, оның ішінде Қазақстан, микотоксиндер мәселесін тағам өнімдері мен астық қауіпсіздігіне қойылатын талаптарды белгілейтін ЕАЭО ТР 021/2011 және ЕАЭО ТР 015/2011 техникалық регламенттері шеңберінде реттейді. 2015 жылдан бастап Қазақстанда күшіне енген «Органикалық өнімдерді өндіру және оның айналымы туралы» заңға сәйкес, маусымдық факторлар мен өңірлік ерекшеліктерді ескере отырып, микотоксиндердің мониторингін енгізу және LC-MS/MS әдісі бойынша Ұлттық зертханалық желіні дамыту өзекті мәселеге айналды. Жайылымдық алқаптардың жоғары үлесі мен органикалық өндіріс әлеуетін ескере отырып, жемшөптің ластануын алдын алу және НАССР жүйесіне негізделген құжатталған жоспарларды жүзеге асыру басты міндет болып табылады. Бұл шаралар жануарлар мен адам денсаулығына төнетін қауіп-қатерді азайтып, әлемдік нарықтағы өнімнің бәсекеге қабілеттілігін арттыруға және ұлттық стандарттарды Codex Alimentarius пен EFSA халықаралық тәсілдерімен үйлестіруге мүмкіндік береді.

Қазіргі деректер азықтың бірнеше микотоксиндермен бір мезгілде ластануының жиі кездесетінін көрсетеді, бұл қауіпті бағалауды күрделендіріп, жеке токсиндерді талдаудан кешенді, көп факторлы бағалауға өту қажеттігін туындатады.

Азық және азық қоспаларының қауіпсіздігін бақылау әдістерін талдау көрсеткендей, антибиотиктердің қалдық мөлшері, өсу стимуляторларын қолдану және микотоксиндермен ластану осы саладағы негізгі мәселелер болып қалуда. Бұл факторлар жүйелі түрде әсер етіп, бастапқы ауыл шаруашылық өндірісінен өнімді өңдеуге және сатуға дейінгі барлық кезеңдерді қамтиды. Соңғы жылдардағы маңызды жетістіктердің бірі – Randox Evidence Investigator Myco 7 сияқты мультиплексті биочип платформаларын енгізу, олар бір уақытта жоғары сезімталдық пен талдау жылдамдығы арқылы ең қауіпті жеті микотоксинді анықтауға мүмкіндік береді. Мұндай технологияларды қолдану ластанудың маңызды деңгейлерін уақтылы анықтауға, сондай-ақ ұлттық тәсілдерді Еуропалық Одақ пен ДДСҰ-ның халықаралық регламенттерімен үйлестіруге ықпал етеді.

Мақсаты: азық және азық қоспаларының микотоксиндермен ластануын бағалау.

Зерттеу міндеттері: 1. Азықтың әртүрлі категорияларында (шырынды, қатаң және қойытылған) микотоксиндердің қалдықтарын сандық түрде анықтау. 2. Шырынды, қатаң және қойытылған азықтарында микотоксиндердің қалдықтары концентрациясының рұқсат етілген шектерден асуын бағалау.

Зерттеу материалдары мен әдістері. Зерттеу жұмыстары С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университетінің Биологиялық қауіпсіздік жөніндегі Қазақстан-Қытай бірлескен зертханасында жүргізілді. Зерттеуге дәнді дақылдардың үлгілері, әртүрлі сатылардағы аралас құрама жемдер, шроттар, экструдаттар, түйіршіктелген қоспалар, ет-сүйек және балық ұны, сондай-ақ астық өңдеудің жанама өнімдері қосылды. Бақылау нысаны ретінде жануарлар денсаулығына және жанама түрде адамның денсаулығына ең үлкен қауіп төндіретін микотоксиндердің негізгі топтары таңдалды: фумонизиндер, охратоксин А, афлатоксиндер (AFB1 және AFG1), дезоксиниваленол, Т-2/HT-2 токсиндері және зеараленол.

Үлгілерді алу жоспарына азық және азық қоспаларын қарқынды өңдейтін өңірлерден – Алматы, Астана, Шымкент және Қарағанды сияқты ірі қалалардан – таңдалған. Зерттеу кезеңінде отандық және импорттық өндірістен 98 азық және азық қоспасының үлгілері алынды. Үлгілерді алу МЕМСт 27262-87 «Өсімдік тектес азық» және МЕМСт 13586.3–83 «Астық. Сынамаларды қабылдау ережелері мен іріктеу әдістері» стандартына сәйкес жүргізілді, барлық көрсетілген ережелер сақталды. Әр партиядан кем дегенде 10 нүктелік сынама тот баспайтын болат зонд арқылы алынды. Үлгілер құрамды сынама ретінде біріктіріліп, таңбаланды және құрғақ пластик пакеттерге тығыздалды. Барлық үлгілер зертхана жағдайында 60 °C температурада 12 сағат бойы кептіру шкафында кептірілді. Талдауға дайындау стандарттарға сәйкес жүргізіліп, жем немесе дәнді дақылдардың ұнтақталған үлгісі пайдаланылды. 5 г сынамадан 0,5 мм сүзгіден өткізілген, ацетонитрил–метанол–су (50:40:10) қоспасымен экстракция жасалды, кейін үлгілер шайқалып, орап және центрифугадан өткізілді. Алынған супернатант буфермен сұйылтылды: сезімтал режимде – 20 есе, бақылау режимінде – 250 есе. Бағдарламалық қамтамасыз ету сұйылту коэффициентін ескере отырып, концентрацияларды автоматты түрде реттейді. Барлық үлгілер зертханалық журналға тіркеліп, жеке кодтармен белгіленді. Алайда, үлгілердің ылғал мөлшері мен біртектілігіне қатысты алдын ала талдаулар жүргізілмеді.

Микотоксиндерді азық және азық қоспаларында анықтау үшін Randox (Ұлыбритания) компаниясының Evidence Investigator биочиптік жүйесі қолданылды. Randox Evidence Investigator™ MYCo 7 әдістемесі дәнді дақылдар мен жемшөптегі ең маңызды жеті микотоксинді бір уақытта сандық түрде анықтауға мүмкіндік береді: фумонизиндер (FB1, FB2), охратоксин А (OTA), афлатоксиндер В1 және G1, дезоксиниваленол (DON), трихотец токсиндері (Т-2/HT-2) және зеараленон (ZEN). Әдіс Evidence Investigator™ биочип платформасында химилюминесцентті иммундық талдауға негізделген, онда сигнал қарқындылығы талданатын заттың концентрациясына кері пропорционалды. Калибрлеу 9 нүктелі стандартты қисық арқылы жүргізілді; калибрлеу ерітінділері 1 мл ионсыздандырылған суда ерітіліп, құйынды араластырғышта 30 минут араластырылды және дереу қолданылды. Әрбір жиынтықта өнімділікті тексеру үшін сапаны бақылау материалдары пайдаланылды. Барлық процедуралар Randox валидация хаттамаларына және Еуропалық дәрі-дәрмек агенттігінің ұсыныстарына сәйкес жүргізілді.

Статистикалық талдау IBM SPSS Statistics 25.0 (IBM Corp., Армонк, Нью-Йорк, АҚШ) бағдарламалық пакетін пайдалану арқылы жүргізілді. Сипаттамалық статистикаға орташа мән, стандартты ауытқу, минималды және максималды мәндер есептелді. Топтарды салыстыру дисперсиялық талдау (ANOVA) арқылы жүргізіліп, статистикалық маңыздылық $p < 0,05$ деңгейінде бағаланды.

Нәтижелер. 2024–2025 жылдары микотоксиндердің құрамын зерттеу мақсатында әртүрлі шығу тегіндегі жемшөптерге ауқымды зерттеу жүргізілді. Үлгілер ірі сүт фермалары, шаруа қожалықтары, агрофирмалар, оқу және ғылыми мекемелер, сондай-ақ Ресей, Қытай және Даниядан келген импорттық азық-түлік жеткізілімдерін қоса алғанда, 51 бірегей нүктеден алынды. Географиялық қамту Қазақстанның барлық негізгі ауыл шаруашылығы өңірлерін – Павлодар, Ақмола, Алматы, Солтүстік Қазақстан, Батыс Қазақстан, Шығыс Қазақстан, Ақтөбе облыстары және Шымкент қаласын – қамтыды. Зерттеуге жеке шаруашылықтар мен ірі кәсіпорындар, сондай-ақ өңдеушілер мен жеке өндірушілер қатысты.

Мұндай кең ауқым үлгілерді таңдаудың репрезентативтілігін қамтамасыз етіп, микотоксиндер мәселесін ұлттық және аймақтық деңгейде бағалауға мүмкіндік берді. Қазақстанның 10 қаласынан жиналған әртүрлі азық және азық қоспаларының үлгілері талданды (1-сурет).

Зерттеулерде Randox Evidence Investigator™ Myco 7 әдістемесі қолданылды, ол дәнді дақылдар мен жемшөптегі ең маңызды жеті микотоксинді бір мезгілде анықтауға мүмкіндік береді: фумонизиндер (FB1, FB2), охратоксин А (OTA), афлатоксиндер В1 және G1, дезоксиниваленол (DON), трихотец токсиндері (Т-2/HT-2) және зеараленон (ZEN).



1 сурет – Қазақстандағы азық және азық қоспаларының үлгілерін іріктеудің географиялық пункттері

Талдау жүргізу үшін жем Radox стандартталған протоколына сәйкес алдын ала дайындалды: үлгілер біртекті күйге келтіріліп, органикалық еріткішпен экстракция жасалды, кейін қоспаны тазалап, суспензияларды кетіру үшін центрифугаланды. Алынған сығынды буферлік ерітіндімен жұмыс концентрациясына дейін сұйылтылып, биочип ұңғымаларына енгізілді (2, 3-сурет).



2 сурет – Ауыл шаруашылығы жануарларының жемшөп сынамаларын іріктеу (Ақмола облысы)



3 сурет– Жем үлгілерін електен өткізу арқылы гомогенизациялау және талдауға дайындау

Бұл әдіс халықаралық маңызы бар жеті негізгі микотоксинді бақылауға мүмкіндік береді. Сезімтал режимде анықтау шектері келесідей: афлатоксин В1 – 0,25 ppb, афлатоксин G1 – 0,5 ppb, охратоксин А – 0,4 ppb, Т-2/НТ-2 токсиндері – 7 ppb, зеараленон – 5 ppb, дезоксиниваленол – 80 ppb, фумонизиндер – 175 ppb. Бұл мәндер Еуропалық Одақтағы ең жоғары рұқсат етілген деңгейлермен (MRL) салыстырғанда төмен немесе сәйкес келеді, сондықтан әдіс ресми бақылауға жарамды деп есептеледі.

Зерттеу барысында Еуропалық Одақ ережелеріне сәйкес (№ 1881/2006 ЕС және одан кейінгі жаңартулар) тамақ өнімдеріндегі микотоксиндерге қатаң шектеулер анықталды. Афлатоксиндер үшін рұқсат етілген максималды деңгейлер: AFB1 – 2 мкг/кг, афлатоксиндердің қосындысы (B1, B2, G1, G2) – 4 мкг/кг, сүттегі AFM1 – 0,05 мкг/кг. Охратоксин А деңгейлері дәмді дақылдар үшін 3 мкг/кг, ал кофе, какао және кептірілген жемістер үшін 5 мкг/кг құрайды. Дезоксиниваленол үшін дән деңгейі рұқсат етілген шек 1250 мкг/кг, ал балалар тағамында – 200 мкг/кг аспайды. Зеараленон үшін максималды деңгейлер балалар тағамында 20 мкг/кг, негізгі тамақ өнімдерінде 100 мкг/кг-ға дейін өзгереді. Фумонизиндер (B1 + B2) үшін жүгері ұны 1000 мкг/кг, өңдеуге арналған жүгері – 4000 мкг/кг шегіне дейін рұқсат етіледі. EFSA Т-2 және НТ-2 токсиндері үшін денсаулыққа қауіп төндірмейтін нұсқаулық деңгейлерін сұлы мен жүгеріде 100 мкг/кг деп ұсынды (1-кесте).

1 кесте – Randox Evidence Investigator™ MYCo 7 (EV4065) әдісі бойынша микотоксиндерді анықтау параметрлері әрбір микотоксин үшін төмендегідей көрсетілген: анықтау шегі (LOD), ЕО нормативтік деңгейлері (MRL) және токсикологиялық маңызы (клиникалық маңыздылығы)

Микотоксин	LOD Myco 7 (сезімтал режим, ppb)	ЕО нормативтік деңгейі (MRL, µg/kg)	Токсикологиялық маңызы
Афлатоксин В1 (AFB1)	0,25	Дәнді дақылдар мен жаңғаққа – 2; балалар тағамы – 0,1–0,2; сүттегі AFM1 – 0,05	I топ канцероген (IARC), бауыр зақымдануы, гепатокарцинома
Афлатоксин G1 (AFG1)	0,5	Афлатоксиндердің қосындысы (B1, B2, G1, G2) – 4 дәнді дақыл мен жаңғаққа; балалар тағамы – 0,5–1	AFB1-ге ұқсас уыттылық, канцерогендік және мутагендік әсер
Охратоксин А (OTA)	0,4	Дәнді дақылдар мен балалар тағамы – 3; кофе, какао, кептірілген жемістер – 5; жүзім – 10	Нефротоксин, иммуносупрессивті, канцерогендік
Дезоксиниваленол (DON)	80	Дәнді дақылдар – 1250; наубайшылық өнімдер – 750; балалар тағамы – 200	Ақуыз синтезін тежеу, құсу, анорексия, салмақ жоғалту
T-2/HT-2 токсиндері	7	EFSA индикативті деңгейлері: сұлы мен жүгері – 100; балалар өнімдері – 15–50	Күшті цитотоксикалық әсер, иммуносупрессия, асқазан-ішек зақымдануы
Фумонизиндер (B1+B2+B3)	175	Жүгері ұны – 1000; өңдеуге арналған жүгері – 4000; балалар тағамы – 200	Гепатотоксикалық, нефротоксикалық, мүмкін канцероген (IARC 2B)
Зеараленон (ZEA)	5	Дәнді дақылдар – 100; нан мен макарон – 50–75; балалар тағамы – 20	Эстрогенді белсенділік, репродуктивті бұзылыстар, әсіресе шошқаларда

Әрбір микотоксиннің клиникалық және санитарлық маңызы мұндай бақылаудың қажеттілігін айқын көрсетеді. Азық және азық қоспаларындағы микотоксиндерді анықтау үшін Randox биочип жүйесі қолданылды, бұл жүйе азықтың қауіпсіздігіне әсер ететін факторларды бағалау үшін микотоксиндердің ең төменгі концентрацияларын дәл анықтауға мүмкіндік береді.

2-кестеде азық және азық қоспаларындағы микотоксиндерді анықтау нәтижелерінің статистикалық талдауы ұсынылған.

2 кесте – Азық және азық қоспаларындағы негізгі микотоксиндердің концентрациясы (орташа мән, стандартты ауытқу және диапазон, µg/kg)

Микотоксин	Азық түрлері	n	Оң үлгілер саны	Орташа ± SD	мин	макс
Fumonisin (FUM)	Жем қоспалары	62	1	29,81±123,56	17,30	951,96
	Минералды жем қоспалары	8	0	6,13±15,76	4,105	45,003
Ochratoxin A (OTA)	Шырынды азықтар	28	8	0,40 ± 0,53	0,106	2,5
	Жем қоспалары	62	42	1,18 ± 1,23	0,11	6,54
	Минералды жем қоспалары	8	3	0,39 ± 0,37	0,09	1,11
Aflatoxin G1 (AFG1)	Шырынды азықтар	28	3	0,23 ± 0,20	0,031	0,909
	Жем қоспалары	62	15	0,40 ± 0,44	0,06	3,14
	Минералды жем қоспалары	8	2	0,54 ± 0,84	0,008	2,034
Deoxynivalenol (DON)	Шырынды азықтар	28	4	43,05 ± 27,38	9,75	110,19
	Жем қоспалары	62	15	67,43 ± 36,44	28,80	225,76
	Минералды жем қоспалары	8	1	37,38 ± 35,13	11,16	119,98
T2 / HT2	Шырынды азықтар	28	1	1,06 ± 1,18	0,22	6,334
	Жем қоспалары	62	9	3,85 ± 5,68	0,49	33,38
	Минералды жем қоспалары	8	0	0,60 ± 0,35	0,27	1,319

2-кестенің жалғасы

Aflatoxin B1 (AFB1)	Минералды жем қоспалары	28	2	0,09 ± 0,24	0,016	1,26
	Шырынды азықтар	62	4	0,09 ± 0,07	0,03	0,39
	Жем қоспалары	8	1	0,10 ± 0,11	0,016	0,31
Zearalenone (ZEA)	Минералды жем қоспалары	28	2	1,00±1,00	0,03	4,289
	Шырынды азықтар	62	18	6,18±6,8	0,10	39,80
	Жем қоспалары	8	1	2,4±5,03	0,003	14,54

Алынған деректерді талдау фумонизиндердің қауіп деңгейі бойынша салыстырмалы түрде төмен екенін көрсетті, себебі олардың концентрациясы көптеген үлгілерде рұқсат етілген шектерден айтарлықтай асқан жоқ. Дегенмен, кейбір үлгілерде, әсіресе құрама жемдерде, түйіршіктерде және бидай қалдықтарының кейбір түрлерінде фумонизиндердің деңгейі 951,9 бөлік миллиардқа дейін жетті, бұл белгіленген рұқсат етілген 175 бөлік миллиардтан бірнеше есе жоғары болды.

Фумонизиндермен жоғары ластану әсіресе құс шаруашылығында қолданылатын бастапқы және өсу топтарына арналған құрама азықтарында айқын байқалды. Охратоксин А-ның деңгейі көптеген үлгілерде 0,1-ден 1,8 бөлік миллиардқа дейін ауытқып, кейбір жағдайларда 0,4 бөлік миллиардтан асып түсті. Ең жоғары концентрация ашытқыларда, түйіршіктерде және құрама жемдерде тіркелді, мұнда охратоксин А деңгейі 6,5 бөлік миллиардқа жетті.

Афлатоксиндер тобы ерекше назар аударуды талап етеді, себебі бұл микотоксиндер әсіресе уыттылығы мен канцерогенділігімен танымал. Афлатоксин В1, ең улы және канцерогенді микотоксиндердің бірі, көптеген үлгілерде 0,25 ppm нормасынан асып түсті. Балық ұнында оның концентрациясы 1,26 бөлік миллиардқа дейін жеткен, ал арпа қалдықтарында 5,8 бөлік миллиардқа жоғары мәндер тіркелді. Сонымен қатар, афлатоксин G1 рұқсат етілген деңгейден жоғары концентрацияда анықталды, құрама жем мен ашытқыда оның деңгейі 2,2 бөлік миллиардқа дейін жетті.

Дезоксиниваленол зерттелген сынамаларда анықталды. Оның деңгейі көптеген үлгілерде рұқсат етілген шектен айтарлықтай жоғары болды, 80 бөлік миллиардтан асқан көрсеткіштер байқалды. Ең жоғары деңгейлер түйіршіктерде 225,7 бөлік миллиардқа және құрама жемде 186 бөлік миллиардқа жетті. Бұл токсин астық қалдықтары мен құрама жемді қоса алғанда, барлық өнім санаттарында анықталды, бұл оны жем базасының ластануының маңызды индикаторы ретінде сипаттауға мүмкіндік береді.

T2/HT2 токсиндері де айтарлықтай қауіп төндіреді, олардың шекті рұқсат етілген концентрациясы 7 бөлік миллиард құрайды. Бірқатар үлгілерде көрсеткіштер 10-20 бөлік миллиардтан асты, ал жемшөпте 33,4 бөлік миллиардқа дейінгі жеткен. Бұл ластану деңгейінің жоғары болуы стартты және өсу кезеңіндегі азықтардың ең бейім болып табылатынын және құс шаруашылығы үшін жүйелі қауіп төндіретінін көрсетті.

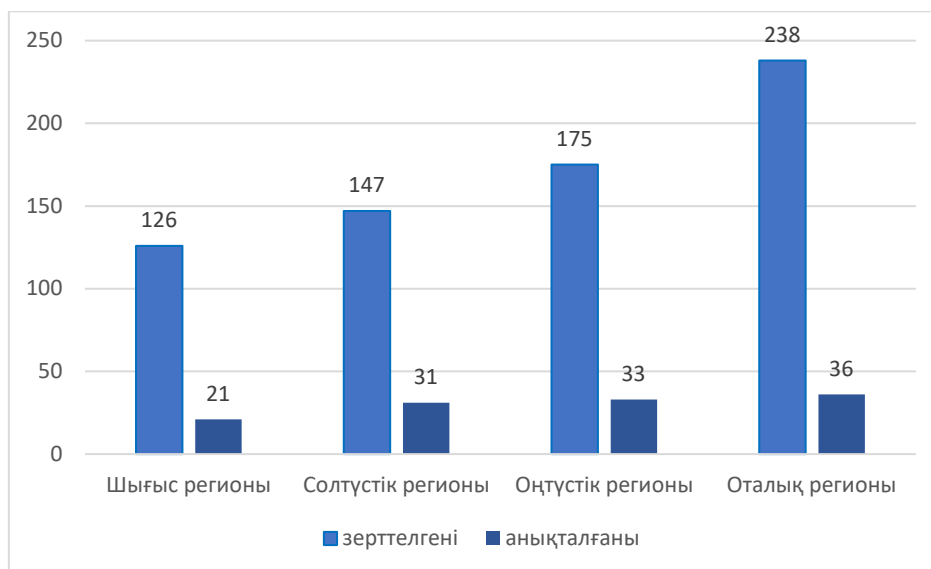
Айқын эстрогендік әсері бар зearаленон көптеген үлгілерде рұқсат етілген мөлшерден асып кеткені анықталды. Белгіленген норматив 5 бөлік миллиардты құрайды, алайда Павлодар түйіршіктерінде зearаленонның деңгейі 39,8 бөлік миллиардқа, құрама жемде – 32,5 бөлік миллиардқа, ал арпа қалдықтарында – 27,8 бөлік миллиардқа дейін жетті. Бұл токсиннің жоғары концентрациясы әсіресе құрама жемдерде, түйіршіктерде және астық өңдеудің жанама өнімдерінде жиі тіркелді.

Қазақстанның өңірлері бойынша алынған нәтижелерді талдай отырып, сынамалардың басым бөлігі орталық аймақтан алынғанын атап өткен жөн. 36 сынаманың ішінен ең көп жағдайда микотоксиндердің бар екені анықталды.

Қазақстанның шығыс бөлігінде микотоксиндерді анықтау мақсатында 5 өндірушінің құрама жемдері мен шырынды жемдерінен 18 сынама алынды. Зерттеу нәтижелері бойынша фумонизиндер, афлатоксин В1 және T2/HT2 токсиндері анықталмады.

Зерттеу нәтижелері бойынша шығыс Қазақстанның сынамаларында охратоксин А (ОТА) 8 үлгіде анықталды, олардың деңгейі рұқсат етілген шек – 0,40 ppb-дан сәл жоғары болып, 0,41-ден 0,90 ppb аралығында өзгеріп, орташа мәні 0,63 ppb болды. Афлатоксин G1 тек бір үлгіде стандарттан 0,07 ppb-ға асып түсті. Дезоксиниваленол (DON) үш үлгіде 82-ден 93 ppb аралығында аздап өсті, бұл рұқсат етілген 80 ppb шегінен асқан көрсеткіш болды. Зearаленон (ZEA) микотоксиндері тоғыз үлгіде анықталды, олардың барлығында зearаленонның деңгейі рұқсат етілген шектен екі есе жоғары болды, орташа мәні 9,6 ppb құрап, стандартты шек 80 ppb-дан айтарлықтай асып түсті.

Солтүстік өңірлерде микотоксиндерді анықтау үшін жемшөп пен жемшөп қоспаларынан 21 сынама алынды. Зерттеу нәтижелері бойынша фумонизиндерден басқа микотоксиндердің барлық түрлері анықталды. Охратоксин А (ОТА) 8 сынамада табылды, оның деңгейі рұқсат етілген нормадан 3-тен 13 есеге дейін жоғарылады, ал 2 сынамада бұл көрсеткіш 50 еседен астам өскен. Бұл сынамаларда микотоксиндердің көбеюі бірнеше микотоксин түрлері бойынша байқалды, атап айтқанда афлатоксин G1, В1 және зearаленон (ZEA) деңгейлері 5-тен 20 есеге дейін артты. Сонымен қатар, дезоксиниваленол (DON) және T2/HT2 токсиндері зерттелген сынамалардың 20%-ында анықталды. T2/HT2 токсиндерінің деңгейі рұқсат етілген нормадан 2 есе жоғары болды, ал дезоксиниваленол деңгейі 80 ppb нормасымен салыстырғанда 86-дан 186 ppb аралығында өзгерді.



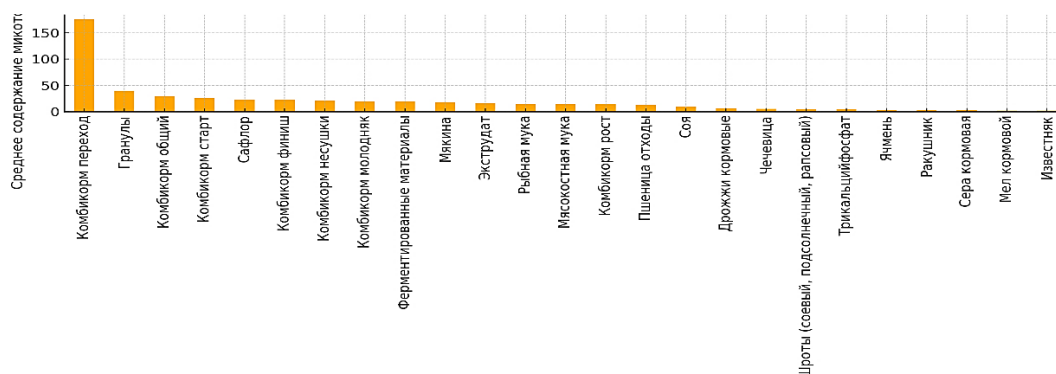
4 сурет – Қазақстан өңірлері бойынша зерттеу нәтижелері

Қазақстанның оңтүстік бөлігінде зерттелген 25 сынаманың 15-де охратоксин А (Ochratoxin A) 0,60-тан 6,50 бөлік миллиард аралығында анықталды, ал рұқсат етілген шегі 0,40 бөлік миллиард болды. Афлатоксин В1 анықталмады. Микотоксиндердің концентрациясы нормадан ауытқып, фумонизиндер тек бір үлгіде анықталды, бірақ оның деңгейі рұқсат етілген шектен 5 есе жоғары болып, 951,95 бөлік миллиардты көрсетті. Афлатоксин G1, дезоксиниваленол (Deoxynivalenol) және T2/HT2 токсиндері бірнеше сынамаларда сәл жоғарылау деңгейде анықталды.

Орталық аймақта зерттелген 34 сынамада фумонизиндер анықталмады, бірақ T2/HT2 токсиндері бір сынамада рұқсат етілген деңгейден 2 есе жоғары болды, ал афлатоксин В1 екі сынамада аздап жоғарылағаны байқалды. Орталық аймақтың микотоксиндермен ластануына қатысты алаңдаушылық туғызған ең маңызды фактор – охратоксин А (Ochratoxin A). Бұл микотоксин 20 сынамада анықталды, бұл жалпы үлгілердің 59%-ын құрайды. Охратоксин А деңгейі 0,51-ден 4,0 бөлік миллиард аралығында өзгеріп, үш сынамада оның концентрациясы рұқсат етілген 0,40 бөлік миллиард шегінен асып, 20,4 бөлік миллиардқа дейін жетті.

Аймақтар бойынша салыстыру микотоксиндермен ластану деңгейлерінде айтарлықтай айырмашылықтарды көрсетті. Шымкентте жем қоспалары, мысалы, үшкальций фосфаты, бор, күкірт және ұлутас салыстырмалы түрде қауіпсіз көрсеткіштерді көрсетті, алайда ет-сүйек ұнында фумонизиндер 45 бөлік миллиард деңгейінде анықталды. Алматыда ең қатты ластанған құрама жемдер болды, мұнда фумонизиндердің концентрациясы 900 бөлік миллиардтан асып, дезоксиниваленол 200 бөлік миллиардтан жоғары болды. Павлодар мен Қарағанды облыстарында түйіршіктер мен ашытылған шикізаттарда дезоксиниваленол мен зеараленонның жоғары деңгейлері анықталды. Ақмола облысында құрама жемдер мен ақуыз-минералды витаминді қоспаларда да дезоксиниваленол мен зеараленон деңгейлері жиі рұқсат етілген нормадан асып немесе оған жақындап қалды.

Азық және азық қоспаларындағы микотоксиндерді зерттеу дәнді дақылдар, әр түрлі сатыдағы құрама жемдер, шроттар, экструдаттар, түйіршіктелген қоспалар, ет-сүйек және балық ұны, сондай-ақ астық өңдеудің жанама өнімдерін қоса алғанда, әртүрлі шығу тегі бар тоқсаннан астам үлгілерін қамтыды. Зерттеу барысында бақылау нысандары ретінде жануарлар мен жанама түрде адамның денсаулығына ең үлкен қауіп төндіретін микотоксиндердің негізгі топтары таңдалды. Бұл топтарға афлатоксиндер, фумонизиндер, охратоксиндер, зеараленон, дезоксиниваленол және T2/HT2 токсиндері жатады (5-сурет).



Сурет 5 – Азық түрлері бойынша микотоксиндер табылған орташа көрсеткіштері

Талқылау. Осылайша, жүргізілген зерттеу мал шаруашылығына және жануарлардан алынатын өнімдердің қауіпсіздігіне ең үлкен қауіптер зерттелген сынамалардың едәуір бөлігіндегі рұқсат етілген шекті концентрациядан айтарлықтай асатын фумонизиндермен, дезоксиниваленолмен және зеараленонмен байланысты екенін анықтады. Ең осал санаттар ретінде құстарға арналған жемдер мен түйіршіктер анықталды, бұл олардың құрамындағы ерекшеліктерге және өндіріс технологиясына байланысты.

Алынған деректерге сүйене отырып, құс пен жас мал азығына арналған жемдегі микотоксиндерді жүйелі түрде бақылау қажеттілігі және құрамды жем өндіруде қолданылатын дәнді қосалқы өнімдерді тұрақты тексеру қажеттігі айқындалды. Бұл шаралар микотоксиндердің деңгейін басқаруға және олардың азыққа енуін азайтуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, жем қоспаларында микотоксин сорбенттерін қолдану маңызды аспект болып табылады, өйткені бұл тәуекел деңгейін төмендетуге ықпал етеді. Зертханалық бақылауды күшейту қажеттілігі әсіресе Алматы мен Павлодар қалаларындағы құс фермалары мен құрама жем зауыттарында сезіледі, себебі бұл аймақтарда микотоксиндердің шекті концентрациядан айтарлықтай асып кеткен көрсеткіштері тіркелді. Жемдегі микотоксиндерді бақылау мен азайтуға арналған кешенді тәсіл ғана жеммен қамтамасыз етудің қауіпсіздігін қамтамасыз етіп, жануарлар мен адам денсаулығына төнетін қауіпті азайтады. Әрбір микотоксиннің клиникалық және санитариялық тұрғысынан маңызы мұндай бақылаудың қажеттілігін айқындайды. Афлатоксиндер Халықаралық қатерлі ісік зерттеу агенттігінің (IARC) 1-ші топтағы канцерогендер қатарына жатады және бауыр қатерлі ісігін тудыруы мүмкін. Охратоксин А бүйрекке уытты әсер етіп, канцерогендік қасиеттерге ие. Дезоксиниваленол жануарларда құсу мен салмақ жоғалтуға себеп болады. T2/HT2 токсиндері иммундық жүйенің жұмысын әлсіретіп, организмнің қорғаныс қабілетін төмендетеді. Зеараленон айқын эстрогендік әсер көрсетеді, бұл шошқа шаруашылығы үшін әсіресе қауіпті, себебі ол жануарлардың репродуктивтік жүйесіне теріс әсер етуі мүмкін. Фумонизиндер бауыр мен бүйрек ауруларымен байланысты және олар ықтимал канцерогендер ретінде қарастырылады.

Айта кету керек, Radox Мусо 7 әдісі мультиплекстілікті, жоғары сезімталдықты және деректерді автоматтандырылған өңдеуді біріктіреді, бұл оны жем мен дәнді дақылдарды жаппай скрининг жүргізуге өте қолайлы етеді. Алынған нәтижелер зертханалар мен реттеуші органдарға Еуропалық Одақ пен халықаралық стандарттарға сәйкес тиімді мониторингті жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

Қауіптерді басқару кешенді тәсілді қажет етеді, өйткені микотоксиндермен ластану мәселесі тек қана бірқатар шаралар арқылы шешілуі мүмкін. Жемшөп қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін негізгі шаралар агротехника мен шикізатты тасымалдау жүйесін қамтиды. Оған ылғалдылық пен температураны бақылау, жылдам кептіру мен салқындату, ауа өткізбейтін силостарда сақтау және маусымдық әрі аймақтық ерекшеліктерді ескере отырып, партияларды тұрақты тексеру жатады. Микотоксиндердің биожетімділігін төмендету үшін афлатоксиндер, зеараленон (ZEA) және охратоксин А (OTA) қарсы тиімді адсорбенттер мен биологиялық препараттар қолданылады. Ко-контаминация жағдайында сорбенттер мен биотрансформациялаушы агенттердің қосарланған схемалары қажет.

Қорытынды. Зерттеудің кең ауқымы іріктеменің өкілдігін қамтамасыз етіп, азық және азық қоспаларындағы микотоксиндердің жағдайын ұлттық және аймақтық деңгейде бағалауға мүмкіндік берді. Зерттеу жемде микотоксиндердің жүйелі түрде бар екендігін анықтады. Құрама жемдер мен түйіршіктелген өнімдер, әсіресе бірнеше ірі нысандарда өндірілгендері, ең үлкен қауіп төндіреді. Бұл үлгілерде охратоксин А, зеараленон және дезоксиниваленолдың маңызды деңгейлері анықталды. Бірқатар үлгілерде охратоксин деңгейі стандарттан ондаған есе асып, 20 ppb-ден жоғары болды, ал рұқсат етілген шегі 0,4 ppb ғана еді. Дезоксиниваленол ең көп таралған токсин болып шықты: әрбір екінші үлгіде оның концентрациясы 30-дан 90 ppb аралығында болды, ал кейбір жағдайларда 200 ppb-ден асып кетті. Зеараленон да айтарлықтай мөлшерде анықталды, 5 ppb стандартымен салыстырғанда 39 ppb-ден асқан.

Канцерогенді B1 және G1 афлатоксиндері бірнеше үлгілерде табылды; Павлодар облысынан алынған арпа қалдықтарында AFB1 деңгейі рұқсат етілген шектен жиырма еседен астам асып түсті. Жем қоспалары – ашытқы, ет және сүйек ұны, ұн – аз ластанған, бірақ осы үлгілерде де охратоксин мен афлатоксиндер анықталды, бұл мәселенің жүйелік сипатын растайды. Тіпті бақылау үлгілерінде дезоксиниваленол мен фумонизиндердің айтарлықтай деңгейлері байқалды, бұл қауіптің ауқымын көрсетеді.

Жалпы алғанда, алынған деректер Қазақстандағы азық және азық қоспаларының қауіпсіздігіне қатысты қолайсыз жағдайды көрсетеді. Ең қауіпті микотоксиндер ретінде дезоксиниваленол, зеараленон, охратоксин А және афлатоксиндер айқын көрінеді. Кейбір жағдайларда олардың деңгейі рұқсат етілген шектен ондаған есе асып кеткен. Бұл жағдай кешенді шараларды қажет етеді. Микотоксиндермен күресу үшін астықпен қамтамасыз етуді бақылауды күшейту, құрама жемдерге адсорбенттер мен детоксификаторларды енгізу және шикізат пен дайын өнімдерді бақылаудың жүйесін құру қажет. Импортты бақылау, әсіресе қауіпті аймақтардан келетін өнімдерге қатысты, аса маңызды басымдық болып қала береді. Сонымен қатар, фермерлер мен өндірушілермен белсенді өзара әрекет ету, оларды микотоксикоздың созылмалы қаупі, оның жануарлар денсаулығына әсері және мал шаруашылығы өнімдерінің қауіпсіздігі туралы хабардар ету қажет. Тек мониторингті, білім беруді және технологиялық жаңалықтарды біріктіретін жүйелі тәсіл ғана қауіптерді азайтып, жемнің, демек, тұтынушылар үшін соңғы өнімнің қауіпсіздігін қамтамасыз етеді.

Қаржыландыру туралы ақпарат (бар болса). Зерттеуді Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім Министрлігінің Ғылыми комитеті қаржыландырды (грант № br21882327).

Мүдделер қақтығысы: Авторлар мүдделер қақтығысының жоқ екенін мәлімдейді.

ӘДЕБИЕТТЕР:

1. Mahmoud Y.A., Elkaliny N.E., Darwish O.A., Ashraf Y., Ebrahim R.A., Das S.P., Yahya G. **Comprehensive review for aflatoxin detoxification with special attention to cold plasma treatment.** [Text] /Mahmoud Y.A., Elkaliny N.E., Darwish O.A., Ashraf Y., Ebrahim R.A., Das S.P., Yahya G.//Mycotoxin Res. – 2025 May; – 41(2): – P. 277–300.
2. Malir F., Ostry V., Pfohl-Leszkowicz A. **Ochratoxin A: 50 years of research** [Text] /Malir F., Ostry V., Pfohl-Leszkowicz A //Toxins (Basel). – 2016. – Vol. 8(7), art. 191. DOI: 10.3390/toxins8070191.
3. Sobrova P., Adam V., Vasatkova A., Beklova M., Zeman L., Kizek R. **Deoxynivalenol and its toxicity.** [Text] /Sobrova P., Adam V., Vasatkova A., Beklova M., Zeman L., Kizek R. //Interdiscip Toxicol. – 2010 Sep;3(3). – P 94–99.
4. Han X., Huangfu B., Xu T., Xu W., Asakiya C., Huang K., He X. **Research Progress of Safety of Zearalenone: A Review.** [Text] /Han X, Huangfu B, Xu T, Xu W, Asakiya C, Huang K, He X. // Toxins (Basel). – 2022 Jun 2; – 14(6). – P. 386.
5. Anumudu C.K., Ekwueme C.T., Uhegwu C.C. et al. **A review of the mycotoxin family of fumonisins, their biosynthesis, metabolism, methods of detection and effects on humans and animals.** [Text] /Anumudu C.K., Okeke E.S., Ogbuagu O.E.//. Int. J. Mol. Sci. – 2025. – Vol. 26. – 184 c.
6. Meneely J., Greer B., Kolawole O., Elliott C. **T-2 and HT-2 Toxins: Toxicity, Occurrence and Analysis: A Review.** [Text] /Meneely J, Greer B, Kolawole O, Elliott C// -Toxins (Basel). – 2023 Jul 29;15(8): – P. 481.
7. Bennett J. W., Klich M. **Mycotoxins** [Text] /Bennett, J. W.; Klich, M// -Clinical Microbiology Reviews. – 2003. – vol. 16, – P. 497–516.
8. Awuchi C.G., Ondari E.N., Ogbonna C.U., Upadhyay A.K., Baran K., Okpala C.R. **Korzeniowska M., Guiné R.F. Mycotoxins Affecting Animals, Foods, Humans, and Plants: Types, Occurrence, Toxicities, Action Mechanisms, Prevention, and Detoxification Strategies–A Revisit.** [Text] /Awuchi C.G., Ondari E.N., Ogbonna C.U., Upadhyay A.K., Baran K. // – Foods. – 2021, – vol. 10(6), – P. 1279.
9. Goda A., Shi J., Liu X. **Global health and economic impacts of mycotoxins: a comprehensive review.** [Text] /Goda A. A., El-Kady A. A., Salem M. M., Ibrahim S. M. //– Environmental Sciences Europe, – 2025. – Vol. 37. – P. 122.
10. Li K., Cai H., Luo B., Duan S., Yang J., Zhang N., He Y., Wu A., Liu H. **Recent Progress of Mycotoxin in Various Food Products – Human Exposure and Health Risk Assessment** [Text] /Li, K.; Cai, H., Luo, B., Duan, S.// -Foods. – 2025. – Vol. 14(5). – P. 865.
11. Попов А.Н., Попова Е.В., Дьячкова Е.В. **Ауыл шаруашылығы жануарларының микотоксикозы: себептері, салдары және алдын алу шаралары** [Мәтін] /Попов А.Н., Попова Е.В., Дьячкова Е.В. // -Вет., зоотех. және биотех., – 2018. – № 3. – С. 16–31. (In Russian).
12. Табанюхов И.В., Мирошников П.Н., Скрябин В.А., Жучаев К.В. **Пестицидтер мен микотоксиндер тамақ қауіпсіздігіне қауіп төндіретін көздер ретінде** [Мәтін] /Табанюхов И.В., Мирошников П.Н., Скрябин В.А., Жучаев К.В.// – Инновация және азық-түлік қауіпсіздігі, – 2020. – № 2. – С. 28–34.
13. Кудина А.В., Дәндік пен оның өңдеу өнімдеріндегі микотоксиндерді анықтаудың заманауи әдістері. **Ауыл шаруашылығы өнімдерін қайта өңдеу және сапасын басқару: VI Халықаралық ғылыми-практикалық конференцияның мақалалар жинағы.** [Мәтін] /Кудина А.В. // – 2023. – № 4. – С. 194–195.
14. Battilani P., Palumbo R., Giorni P., Dall’Asta C., Dellafiora L., Gkrillas A., Toscano P. et al. **Mycotoxin mixtures in food and feed: holistic, innovative, flexible risk assessment modelling approach.** // EFSA Supporting Publications. – 2020. – Vol. 17.
15. Alassane-Kpembi I., Pinton P., Oswald I.P. **Effects of Mycotoxins on the Intestine** [Text] /Alassane-Kpembi I., Pinton P., Oswald I.P.// -Toxins. – 2019. – Vol. 11, No. 3. – P. 159.
16. Agriopoulou S., Stamatelopoulou E., Varzakas T. **Advances in Analysis and Detection of Major Mycotoxins in Foods.** [Text] /Agriopoulou S, Stamatelopoulou E, Varzakas T.// -Foods. – 2020. – vol.9(4). – P. 518.
17. Corrêa A.N.R., Ferreira C.D. **Mycotoxins in Grains and Cereals Intended for Human Consumption: Brazilian Legislation, Occurrence Above Maximum Levels and Co-Occurrence.** [Text] /Corrêa A., Dietrich Ferreira C. // Food Reviews International. – 2023. – Vol. 39(8). – pp. 5920–5933.
18. Zentai A, Józwiak Á, Süth M, Farkas Z. **Carry-Over of Aflatoxin B1 from Feed to Cow Milk-A Review.** [Text] /Zentai A, Józwiak Á, Süth M// -Toxins (Basel). -2023. -vol. 15(3) – P.195.
19. Pisoschi, A. M., Iordache, F., Stanca, L., Mitranescu, E., Bader Stoica, L., Geicu, O. I., Bileanu, L., & Serban, A. I. **Biosensors for Food Mycotoxin Determination: A Comparative and Critical Review.** [Text] /Pisoschi, A.M., Iordache, F., Stanca, L.// -Chemosensors, – 2024. – 12(6), – P.92.

REFERENCES:

1. Mahmoud Y.A., Elkaliny N.E., Darwish O.A., et al. Comprehensive review for aflatoxin detoxification with special attention to cold plasma treatment. *Journal of Mycotoxin Res.*, 2025, vol. 41(2), pp. 277–300.
2. Malir F., Ostry V., Pfohl-Leszkowicz A., Malir J., Toman J. Ochratoxin A: 50 years of research. *Toxins*, 2016, vol. 8(7), art. 191. DOI: 10.3390/toxins8070191.
3. Sobrova P., Adam V., Vasatkova A., Beklova M., Zeman L., Kizek R. Deoxynivalenol and its toxicity. *Interdiscip Toxicol.*, 2010, vol. 3, pp. 94–99.
4. Han X., Huangfu B., Xu T., et al. Research Progress of Safety of Zearalenone: A Review. *Toxins*, 2022, vol. 14(6), art. 386.
5. Anumudu C.K., Ekwueme C.T., Uhegwu C.C. et al. A review of the mycotoxin family of fumonisins, their biosynthesis, metabolism, methods of detection and effects on humans and animals. *Int. J. Mol. Sci.*, 2025, vol. 26, art. 184.
6. Meneely J., Greer B., Kolawole O., Elliott C. T-2 and HT-2 Toxins: Toxicity, Occurrence and Analysis: A Review. *Toxins*, 2023, vol. 15(8), art. 481.
7. Bennett J. W., Klich M., Mycotoxins. *Clinical Microbiology Reviews*. 2003, vol. 16, pp. 497–516.
8. Awuchi C.G., Ondari E.N., Ogbonna C.U., et al. Mycotoxins Affecting Animals, Foods, Humans, and Plants: Types, Occurrence, Toxicities, Action Mechanisms, Prevention, and Detoxification Strategies—A Revisit. *Foods*, 2021, vol.10(6), art. 1279.
9. Goda A., Shi J., Liu X. Global health and economic impacts of mycotoxins: a comprehensive review. *Environmental Sciences Europe*, 2025, vol. 37, art. 122.
10. Li K., Cai H., Luo B., et al. Recent Progress of Mycotoxin in Various Food Products – Human Exposure and Health Risk Assessment. *Foods*, 2025, vol. 14(5), art. 865.
11. Popov A.N., Popova E.V., D'yachkova E.V. Mikotoksikoz sel'skohozyajstvenny'h zhivotny'h: prichiny, posledstviya i mery profilaktiki [Mycotoxicosis in farm animals: causes, consequences, and preventive measures]. *Vet., zooteh. zhane biotekh.*, 2018, vol. 3, pp. 16–31. (In Russian)
12. Tabanyuhov I.V., Miroshnikov P.N., Skryabin V.A., Zhuchayev K.V. Pesticidy i mikotoksiny kak istochniki ugrozy bezopasnosti pishchevy'h produktov [Pesticides and mycotoxins as sources of risk to food safety]. *Innovacii i prodovol'stvennaya bezopasnost'*, 2020, no 2, pp. 28–34. (In Russian)
13. Kudina A. V., Sovremennyy'e metody' opredeleniya mikotoksinov v zerne i produktah ego pererabotki [Modern methods for detecting mycotoxins in grain and grain-derived products]. *Pererabotka i upravlenie kachestvom sel'skohozyajstvennoj produkcii: sbornik statej VI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii*, 2023, vol. 4, pp. 194–195. (In Russian)
14. Battilani P., Palumbo R., Giorni P., et al. Mycotoxin mixtures in food and feed: holistic, innovative, flexible risk assessment modelling approach. *EFSA Supporting Publications*, 2020, vol. 17, iss. 1, 161 p.
15. Alassane-Kpembi I., Pinton P., Oswald I.P. Effects of mycotoxins on the intestine. *Toxins*, 2019, vol. 11, no. 3, art. 159.
16. Agriopoulou S., Stamatelopoulou E., Varzakas T. Advances in analysis and detection of major mycotoxins in foods. *Foods*, 2020, vol. 9(4), art. 518.
17. Corrêa A.N.R., Ferreira C.D. Mycotoxins in grains and cereals intended for human consumption: brazilian legislation, occurrence above maximum levels and co-occurrence. *Food Reviews International*, 2022, vol. 39(8), pp. 5920–5933.
18. Zentai A., Józwiak Á., Süth M., Farkas Z. Carry-over of Aflatoxin B1 from feed to cow milk—a review. *Toxins*, 2023, vol. 15(3), art. 195.
19. Pisoschi A.M., Iordache F., Stanca L., et al. Biosensors for Food Mycotoxin Determination: A Comparative and Critical Review. *Chemosensors*, 2024., vol. 12(6), art. 92.

Жіберілген күні: 2026 жылғы 9 сәуір. Қабылданған күні: 2026 жылғы 1 шілде.

Жарияланған күні: 2026 жылғы 30 қыркүйек.

Авторлар туралы мәліметтер:

Ақанова Жаннара Жульдасовна – ветеринария ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, «С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы, 010000, Қосшы қ., 4 үй, тел.: 87014212103, e-mail: azhzh80@mail.ru.

Есенеева Салтанат Советқызы* – ветеринария ғылымдарының кандидаты, «С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы, 010000, Астана қ., Е882 көш, 5 үй, 35 пәтер тел.: 87788406387, e-mail: s.eseneeva@kazatu.edu.kz.

Бегенова Айнагүл Байболсынқызы – ветеринария ғылымдарының кандидаты, «С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы, 010000, Астана қ., Жеңіс даңғ 62 тел.: 87751611747, e-mail: a.begenova@kazatu.edu.kz.

Кузеубаева Анар Сабырбаевна – PhD доктор, «С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы, 010000, Астана қ., Жеңіс даңғ 62 тел.: 87028529254, e-mail: a.kuzeubaeva@kazatu.edu.kz.

Аканова Жаннара Жульдасовна – кандидат ветеринарных наук, ассоциированный профессор, НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина», Республика Казахстан, 010000, г. Косшы, дом 4, тел.: 87014212103, e-mail: azhzh80@mail.ru.

Есенеева Салтанат Советовна* – кандидат ветеринарных наук, НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина», Республика Казахстан, 010000, г. Астана, ул. Е882 дом 5, кв. 35, тел.: 87788406387, e-mail: s.eseneeva@kazatu.edu.kz.

Бегенова Айнагуль Байбулсыновна – кандидат ветеринарных наук, НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина», Республика Казахстан, 010000, г. Астана, пр. Победы 62, тел.: 87751611747, e-mail: a.begenova@kazatu.edu.kz.

Кузеубаева Анар Сабырбаевна – PhD, НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина», Республика Казахстан, 010000, г. Астана, пр. Победы 62, тел.: 87028529254, e-mail: a.kuzeubaeva@kazatu.edu.kz.

Akanova Zhannara Zhuldassovna – Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University NCJSC, Republic of Kazakhstan, 010000, Astana, Kosshy, bld. 4, tel.: 87014212103, e-mail: azhzh80@mail.ru.

Yesseneyeva Saltanat Sovetovna* – Candidate of Veterinary Sciences, S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University NCJSC, Republic of Kazakhstan, 010000, Astana, E882 Str., bld. 5, apt. 35, tel.: 87788406387, e-mail: s.eseneeva@kazatu.edu.kz.

Begenova Ainagul Baibulsynovna – Candidate of Veterinary Sciences, S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University NCJSC, Republic of Kazakhstan. 010000, Astana, 62 Pobeda Ave., tel.: 87751611747, e-mail: a.begenova@kazatu.edu.kz.

Kuzeubayeva Anar Sabyrbayevna – PhD, S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University NCJSC, Republic of Kazakhstan, 010000, Astana, 62 Pobeda Ave., tel.: 87028529254, e-mail: a.kuzeubaeva@kazatu.edu.kz.

МРНТИ 68.41.53; 34.27.29

УДК 636.09; 578.2:57.08

<https://doi.org/10.52269/SEPT2631017>

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОЛУЧЕНИЯ АНТИГЕНОВ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ РИНОПНЕВМОНИИ ЛОШАДЕЙ

Алексеевкова С.В.* – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, г. Москва, Российская Федерация.

Куттымуратова К.Б. – магистр ветеринарии, Казахский национальный аграрный исследовательский университет, г. Алматы, Республика Казахстан.

Сансызбай А.Р. – доктор ветеринарных наук, профессор кафедры биологической безопасности, Казахский национальный аграрный исследовательский университет, г. Алматы, Республика Казахстан.

Нусупова С.Т. – кандидат ветеринарных наук, ассоциированный профессор кафедры фармакологии и патологии животных, Казахский национальный аграрный исследовательский университет, г. Алматы, Республика Казахстан.

Исследованы способы получения антигенов для диагностики ринопневмонии – вирусного аборта лошадей методом иммуноферментного анализа, основанные на ступенчатом центрифугировании и осаждении полиэтиленгликолем. В качестве материала использовали вакцинный штамм СВ/69 вируса герпеса лошадей 1-го типа, культивированный в культуре клеток СПЭВ. Инфекционный титр вируса составил $6,5 \lg \text{ТЦД}_{50}/\text{мл}$. Установлено, что наиболее очищенный антиген получают из свободных вирионов методом ступенчатого центрифугирования с последующей очисткой в градиенте сахарозы. Однако данный способ требует значительных временных и материальных затрат, использования специализированного оборудования и характеризуется низким выходом: из 105 мл исходной вирусосодержащей суспензии получено 400 мкл антигена. Антиген, выделенный из клеточно-связанной фракции вируса, имел более высокий выход – 650 мкл, но содержал больше клеточных примесей. Метод осаждения полиэтиленгликолем технологически проще и обеспечивает больший выход антигена – 1,5 мл из 125 мл суспензии, однако полученный препарат оказался непригодным для ИФА, несмотря на эффективность в реакции торможения гемагглютинации. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости выбора метода