https://doi.org/10.58805/fs.V.1(32)-31

АСТЫҚТАҒЫ МИКОТОКСИНДЕРДІ БАҚЫЛАУДЫҢ ИННОВАЦИЯЛЫҚ ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНУ ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫ

А. Құралбекқызы, С.Е. Ибраимова✉, М.С. Абилдаева, А.Н. Серикбаева, И.Н. Курманбаева, Б.Ж. Мулдабекова

[1] *Алматы Технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан*
✉ *Корреспондент-автор: canek21@mail.ru*

Бұл мақалада астықтағы микотоксиндерді бақылаудың инновациялық әдістеріне шолу жасалынды. Дезинфекцияның жаңа технологиялары тұтынушылардың жоғары сапалы және қауіпсіз тағамға деген сұранысын қанағаттандыруға бағытталған. Дәнді дақылдар, адам рационындағы маңызды тағамдардың бірі бола отырып, әдетте ұзақ уақыт сақталады, бұл әртүрлі қауіпті заттармен ластану қаупінің жоғарылауына әкеледі. Микотоксиндер дәнді дақылдарды ластаушы заттардың бірі болып табылады, бұл сала үшін үлкен экономикалық шығындарға және адам денсаулығына қауіп төндіреді. Алдын алу микотоксиндердің адамға әсерін азайтудың негізгі тәсілі болғанымен, дезинфекциялау әдістері қосымша шаралар ретінде де әзірленуде. Дегенмен, кейбір дәстүрлі әдістер (химиялық өңдеу) қауіпсіздік, тиімділік және тағамның сапалық сипаттамаларын бұзу сияқты шектеулерге байланысты саланың күткеніне сәйкес келмейді. Осыған байланысты саланың талаптарын қанағаттандыру және дәстүрлі әдістердің шектеулерін еңсеру үшін азықтүлікті өңдеудің жаңа әдістері ұсынылды. Жаңа әдістер өңдеу жағдайларына, микотоксин түріне және тамақ матрицасына байланысты микотоксиндерді жоюдың немесе азайтудың әртүрлі тиімділігіне ие. Осылайша, бұл шолуда суық плазма, сәулелену және импульстік жарық сияқты микотоксиндерді залалсыздандырудың жаңа технологияларына шолу жасалады, олар өнімнің сапасы мен қоректік қасиеттеріне минималды теріс әсер ете отырып, микотоксин деңгейін төмендетуде тиімді болуы мүмкін.

Түйін сөздер: Суық плазма, озон, тағам қауіпсіздігі, дәнді дақылдар, ластану.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ МИКОТОКСИНОВ В ЗЕРНЕ

А. Құралбекқызы, С.Е. Ибраимова✉, М.С. Абилдаева, А.Н. Серикбаева, И.Н. Курманбаева, Б.Ж. Мулдабекова

[1] *Алматинский Технологияческий университет, Алматы, Казахстан*
e-mail: canek21@mail.ru

В этой статье представлен обзор инновационных методов борьбы с микотоксинами в зерне. Новые технологии дезинфекции привлекают значительное внимание, поскольку призваны удовлетворить спрос потребителей на высококачественные и безопасные продукты питания. Злаки, являясь одним из важных продуктов питания в рационе человека, обычно хранятся длительное время, что приводит к повышенному риску загрязнения различными опасными веществами. Микотоксины являются одним из основных загрязнителей злаков, приводящих к огромным экономическим потерям для отрасли и угрозе для здоровья человека. Хотя профилактика является основным подходом к снижению воздействия микотоксинов на человека, методы дезинфекции также разрабатываются в качестве дополнительных мер. Однако некоторые традиционные методы (химическая обработка) не соответствуют ожиданиям отрасли из-за таких ограничений, как безопасность, эффективность и разрушение качественных характеристик пищевых продуктов. В связи с этим были предложены новые методы обработки пищевых продуктов, чтобы соответствовать требованиям отрасли и преодолеть ограничения традиционных методов. Новые методы обладают различной эффективностью удаления или снижения содержания микотоксинов в зависимости от условий обработки, типа микотоксина и пищевой матрицы. Таким образом, в данном обзоре представлен обзор новых технологий дезактивации микотоксинов, таких как холодная плазма, облучение и импульсный свет, которые могут быть эффективны для снижения уровня микотоксинов с минимальным негативным воздействием на качество и питательные свойства продукции.

Ключевые слова: Холодная плазма, озон, пищевая безопасность, зерновые, загрязнение.

PROSPECTS FOR THE APPLICATION OF INNOVATIVE METHODS OF MYCOTOXIN CONTROL IN GRAIN

A. Kuralbekkyzy, **S.E. Ibraimova**✉, **M.S. Abildaeva**, **A.N. Serikbaeva**, **I.N. Kurmanbayeva**, **B.Zh. Muldabekova**

[1] *Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan*
e-mail: canek21@mail.ru

This article provides an overview of innovative methods for controlling mycotoxins in grain. New disinfection technologies are attracting considerable attention, as they are designed to meet consumer demand for high-quality and safe food. Cereals, being one of the important food products in the human diet, are usually stored for a long time, which leads to an increased risk of contamination with various dangerous substances. Mycotoxins are one of the main pollutants of cereals, leading to huge economic losses for industry and a threat to human health. Although prevention is the main approach to reducing human exposure to mycotoxins, disinfection methods are also being developed as additional measures. However, some traditional methods (chemical processing) do not meet industry expectations due to limitations such as safety, effectiveness, and degradation of food quality. In this regard, new food processing methods have been proposed to meet industry requirements and overcome the limitations of traditional methods. New methods have varying efficiencies for removing or reducing mycotoxins, depending on processing conditions, the type of mycotoxin, and the food matrix. Thus, this review provides an overview of new technologies for the decontamination of mycotoxins, such as cold plasma, irradiation and pulsed light, which can be effective in reducing mycotoxin levels with minimal negative impact on the quality and nutritional properties of products.

Keywords: Cold plasma, ozone, food safety, grains, pollution.

Кіріспе. Дәнді дақылдар адамның тамақтануында маңызды орын алады және әлемдегі ең маңызды тағамдардың бірі болып табылады. Дәнді дақылдар өсу, егін жинау, тасымалдау, сақтау немесе тарату кезінде әртүрлі микроорганизмдермен жиі ластанады (1-сурет). Микотоксиндердің түзілуі көбінесе ыстық және ылғалды климаттық жағдайларда жүреді, бұл көгерудің өсуіне ықпал ететін маңызды факторлардың бірі болып табылады [1]. Астық өнімдерінің микотоксигенді саңырауқұлақтармен ластануы өнім сапасының төмендеуіне және оны тұтынуға зиянды етуі мүмкін. Осы себептерге байланысты бүкіл әлемде тамақ өнімдеріндегі микотоксиндердің құрамын реттеу ережелері қабылданды. Осыған байланысты дәнді

дақылдардағы жалпы микотоксиндердің орташа рұқсат етілген шегі афлатоксиндердің жалпы санынан 4 мкг/кг,2мкг/кг фумонизиндер, 5 мкг/кг охратоксин А және 750 мкг / кг дезоксиниваленолды құрайды.



1-сурет. Токсигенді саңырауқұлақтардың өсуіне және дақылдарды жеткізу тізбегінде микотоксиндердің болуына әсер ететін факторлар

Микотоксиндер-тағамды ластайтын саңырауқұлақтардың улы, қайталама қалдықтары [2]. Микотоксиндер төмен концентрацияда да зиянды әсер етеді және уыттылықтың кең спектріне ие болуы мүмкін [3]. Микотоксиндер адам денсаулығына үлкен қауіп төндіруі мүмкін, өйткені олардың кейбіреулері канцерогендік, мутагендік және генотоксикалық белсенділікке ие. Микотоксиндер пайда болғаннан кейін олардың физикалық және химиялық тұрақтылығына байланысты ыдырауы қиын [4]. Осылайша, қоғамдық денсаулыққа әсер етуден басқа, дақылдардың микотоксиндермен ластануы айтарлықтай экономикалық шығындарға әкелуі мүмкін [5].

Қазақстан әлемдегі ірі астық өндіруші елдердің бірі болғандықтан, астық өнімдерінің микробиологиялық қауіпсіздігін қамтамасыз ету мәселесі ерекше маңызға ие. Елдің климаттық жағдайлары негізінен құрғақ болғанымен, астықты жинау, сақтау және тасымалдау кезеңдерінде температура мен ылғалдылықтың өзгеруі микроскопиялық саңырауқұлақтардың дамуына және микотоксиндердің түзілуіне қолайлы жағдай туғызуы мүмкін. Соңғы жылдары жүргізілген зерттеулер Қазақстан аумағында өндірілетін бидай дәндерінде негізінен Fusarium туысына жататын саңырауқұлақтармен түзілетін дезоксиниваленол (DON), зеараленон (ZEN), Т-2 токсині, фумонизиндер және охратоксин А анықталатынын көрсетті. Зерттеулер нәтижесінде Қазақстандық бидай үлгілерінде зеараленон мен дезоксиниваленолдың жоғары мөлшерлері анықталған. Зеараленонның мөлшері 571 мкг/кг дейін, ал дезоксиниваленолдың мөлшері 151 мкг/кг дейін жеткен [6]. Қазіргі уақытта Қазақстанның астық сақтау және өңдеу кәсіпорындарында микотоксиндердің түзілуінің алдын алу мақсатында астықты кептіру, механикалық тазарту, сұрыптау, аэрациялау, сондай-ақ сақтау режимдерін (температура мен ылғалдылықты бақылау) реттеу әдістері кеңінен қолданылады. Бұл технологиялардың артықшылығы-экономикалық тұрғыдан тиімділігі, өндірістік жағдайда оңай енгізілуі және астықтың сапалық көрсеткіштерін сақтай отырып, микробиологиялық қауіпсіздігін қамтамасыз етуі болып табылады. Алайда аталған әдістер негізінен микотоксиндердің түзілуінің алдын алуға бағытталған және астық құрамында бұрыннан жинақталған микотоксиндерді толық залалсыздандыруды қамтамасыз ете алмайды. Осыған байланысты дәнді дақылдарды залалсыздандырудың жаңа әдістеріне қажеттілік туындады. Бұл әдістер саңырауқұлақтардың ластануын/өсуін және микотоксиндердің пайда болуын болдырмау үшін алдын алу шараларын алмастырмауы керек болса да, оларды әзірлеу микотоксиндердің тұтынушыларға әсерін азайтудың кешенді стратегиясы болуы мүмкін.

Тамақ өнеркәсібінде микотоксиндерді ыдырату үшін суық плазма, сәулелену, озонмен өңдеу, биологиялық әдістер сияқты жаңа әдістер қолданылады. Бұл жаңа технологиялар астықтың тағамдық қасиеттеріне, сапалық сипаттамаларына және органолептикалық қасиеттеріне теріс әсер етуі мүмкін (1-кесте) [7, 8]. Бұл технологиялар микотоксиндерді дезинфекциялау үшін астық өнеркәсібінде қолданудың айтарлықтай әлеуетіне ие. Сондықтан, бұл шолуда микотоксиндерді дезинфекциялаудың жаңа технологияларына шолу, сондай-ақ дәнді дақылдарда болуы мүмкін микотоксиндердің құрамын төмендету тиімділігінің ауқымы ұсынылған. Технологияларды салыстырмалы талдау нәтижелері олардың тиімділігімен қатар өндірістік енгізу ерекшеліктерінің де маңызды екенін көрсетті. Озондау әдісі салыстырмалы түрде төмен пайдалану шығындарымен және өңдеу ұзақтығының қысқалығымен ерекшеленеді, алайда арнайы жабдықты қажет етеді. Суық плазма технологиясы микотоксиндерді төмендетуде жоғары тиімділік көрсеткенімен, жабдықты енгізу және энергия шығындары салыстырмалы түрде жоғары болуы мүмкін. Сәулелендіру әдістері өнеркәсіптік жағдайда тиімді қолданылғанымен, технологиялық инфрақұрылым мен қауіпсіздік талаптарына байланысты қосымша шығындарды талап етеді. Осыған байланысты өндірістік қолдану тұрғысынан озондау мен суық плазма технологиялары тиімділік пен экономикалық орындылық арасындағы оңтайлы шешімдер ретінде қарастырылуы мүмкін.

Әдеби дереккөздерді салыстырмалы талдау нәтижелері инновациялық технологиялардың микотоксиндерді төмендету тиімділігі өңдеу әдісіне, микотоксин түріне және өңдеу жағдайларына байланысты өзгеретінін көрсетті. Озонмен өңдеу дән сапасына минималды әсер ете отырып, микотоксиндердің мөлшерін тиімді төмендету мүмкіндігін көрсетті. Суық плазма технологиясы микотоксиндердің жоғары инактивация деңгейін қамтамасыз етіп, өнімнің тағамдық және органолептикалық қасиеттерін сақтауда тиімділігімен ерекшеленді. Сәулелендіру әдісі токсигенді саңырауқұлақтарды бақылауда жоғары нәтижелер көрсеткенімен, өнімнің кейбір сапалық сипаттамаларына әсер етуі мүмкін екендігі анықталды. Импульстік жарық пен биологиялық әдістер экологиялық қауіпсіз тәсілдер ретінде бағаланғанымен, олардың тиімділігі өңдеу жағдайлары-

на тәуелді болып келеді [9]. Осыған байланысты әмбебап әрі барлық жағдайда ең тиімді технология анықталмады, алайда суық плазма мен озондау қазіргі таңда өндірістік қолдану перспективасы жоғары әдістер ретінде қарастырылады. Сонымен қатар, микотоксиндермен ластану мәселелері Қазақстан және Ресей ғалымдарының зерттеулерінде де қарастырылған. Қазақстандық зерттеулерде астық дақылдарындағы токсигенді саңырауқұлақтардың таралуы мен микотоксиндердің түзілу ерекшеліктері зерттеліп, дән сапасын бақылаудың маңыздылығы көрсетілген. Ресей ғалымдарының еңбектерінде астықтағы микотоксиндердің таралу заңдылықтары, оларды анықтау және бақылау тәсілдері қарастырылған. Бұл зерттеулер өңірлік ерекшеліктерді ескере отырып, микотоксиндерді бақылау мен залалсыздандырудың тиімді әдістерін жетілдіру қажеттілігін көрсетеді [10].

1 - кесте. Дезинфекциялық технологиялардың артықшылықтары мен кемшіліктері

Дезактивация технологиясы	Кемшіліктері	Артықшылықтары
Суық плазма	Қақпақтардың түзілуімен байланысты мәселелер. Белсенді ингредиенттердің сіңуінің төмендігі.	Химиялық қалдықтардың болмауы. Термиялық емес сипат. Азық-түлік өнімінің сапалық қасиеттерін сақтау.
Сәулелену	Липидтер мен витаминдердің тотығуы, жағымсыз дәмдердің пайда болуы, азық-түлік өнімдерінің түсінің өзгеруі, жоғары капиталдық шығындар.	Микотоксиндерді тиімді түрде жояды. Термиялық емес табиғат.
Озон	Тиімділік дәннің қасиеттері мен ылғалдылығына байланысты. Липидтердің тотығуы және белгілі бір дәрумендер мен фенолдық қосылыстардың ыдырауы түстің өзгеруіне әкеледі.	Құрамында улы қалдықтар жоқ. Экологиялық таза өнім. Дән сапасына минималды әсер етеді.
Импульстік жарық	Тек беткі дезинфекция. Өңдеудің тиімділігі тағам материалының қасиеттеріне, мысалы, тағам материалының матрицасы мен қалыңдығына, құрамына және микотоксин түріне байланысты..	Үнемді, жылу өткізбейтін технология. Азық-түлік өнімдерінде қалдық қалдырмайды.
Биологиялық әдістер	Уытты емес биобәсекелес микроорганизмдерді таңдау қиын. Детоксикация ұзақ уақытты қажет етеді.	Экологиялық таза. Уытты қалдық қалдырмайды. Өте тиімді.
Табиғи ингредиенттер	Кейбір табиғи ингредиенттердің күшті хош иісі. Табиғи ингредиенттерді дайындаудың күрделі процедуралары.	Қоршаған ортаға зиянсыз өнім. Уытты қалдық қалдырмайды.

Соңғы жылдары микотоксиндерді бақылау мен залалсыздандырудың инновациялық технологиялары, соның ішінде суық плазма, озондау және сәулелендіру әдістері белсенді зерттелуде. Аталған әдістер микотоксиндердің деңгейін төмендетумен қатар өнімнің сапалық көрсеткіштерін сақтауға мүмкіндік береді. Әртүрлі зерттеулер нәтижелері олардың тиімділігі өңдеу шарттарына, микотоксин түріне және өндірістік ерекшеліктерге байланысты өзгеретінін көрсетеді. Осыған байланысты аталған технологияларды салыстырмалы бағалау және өндірістік жағдайда қолдану перспективаларын анықтау ғылыми және практикалық тұрғыдан өзекті болып табылады.

Материалдар мен әдістер. Бұл шолуда дәндегі микотоксиндерді бақылаудың заманауи инновациялық әдістеріне арналған ғылыми дереккөздерді іздеуге, таңдауға және сыни бағалауға негізделген жүйелі тәсіл қолданылды. Ғылыми әдебиеттерді іздеу халықаралық ғылыми дерекқорлар: Scopus, Web of Science, PubMed және Google Scholar платформалары арқылы жүргізілді. Іріктеу барысында «mycotoxins in grain», «mycotoxin control»,

«mycotoxin decontamination», «cold plasma», «ozone treatment», «irradiation», «grain safety» сияқты негізгі S.E.

жарияланымдардың терминдер мен олардың комбинациялары пайдаланылды. Әдебиеттерді таңдау кезінде ғылыми өзектілігі, зерттеу тақырыбына сәйкестігі, жарияланған мерзімі және нәтижелердің тәжірибелік маңыздылығы ескерілді. Талдауға негізінен соңғы жылдары жарияланған рецензияланатын ғылыми мақалалар енгізілді.

Алынған деректер салыстырмалы және сыни талдау әдістері арқылы өңделіп, микотоксиндерді бақылау мен залалсыздандырудың перспективалы технологиялары анықталды.

Нәтижелер және талқылау. Ғылыми әдебиеттерді талдау нәтижелері көрсеткендей, микотоксиндерді бақылау және залалсыздандыру әдістерінің тиімділігі қолданылатын технологияға, микотоксиннің түріне және өңдеу шарттарына тәуелді болады. Суық плазма әдісі микотоксиндердің деңгейін төмендетуде жоғары тиімділік көрсетіп, өнімнің сапалық қасиеттерін сақтауға мүмкіндік береді. Озондау технологиясы өңдеу уақыты қысқа болған жағдайда тиімділігімен ерекшеленеді және қосымша химиялық қалдықтар түзбейді. Сәулелендіру әдісі микотоксиндерді азайтуда нәтижелі болғанымен, кейбір жағдайларда өнім сапасына әсер етуі мүмкін. Осыған байланысты әр әдістің тиімділігі қолдану мақсатына, өнім ерекшелігіне және өндірістік жағдайларға сәйкес бағалануы қажет. Ғылыми әдебиеттерге шолу дәннің микотоксинмен ластану мәселесі азық-түлік қауіпсіздігіндегі ең өзекті мәселелердің бірі болып қала беретінін көрсетті. Ағымдағы зерттеулерге шолу микотоксиндерді бақылаудың қолданыстағы әдістерінің сезімталдықты, ерекшелікті және талдау жылдамдығын жақсарту үшін тез дамып келе жатқанын көрсетті. Осыған байланысты астықтың микотоксиндермен ластануын дезинфекциялау әдістеріне талдау жасалынды.

*Дәнді дақылдардағы негізгі микотоксиндер.*Егер микотоксиндер егістікте немесе сақтау кезінде дақылдарды ластаса, олар тұтынушының асында болуы мүмкін. Дәнді дақылдардағы бүкіл әлемде жиі кездесетін және бақыланатын микотоксиндер олар - афлатоксиндер, охратоксиндер, фумонизиндер, зеараленон және дезоксиниваленол жатады және оларды тұтыну тұтынушылар үшін өткір немесе созылмалы салдарға әкелуі мүмкін.

Афлатоксиндер-бұл негізінен Aspergillus flavus және A. parasiticus тұқымдас саңырауқұлақтар шығаратын өте улы микотоксиндер. Афлатоксиндердің әртүрлі түрлері анықталды, соның ішінде афлатоксин B1 , афлатоксин B2 , афлатоксин G1 және афлатоксин G2. Көптеген тағамдар дәнді дақылдар, дәмдеуіштер, майлы дақылдар, жаңғақтар және ет сияқты афлатоксиндерге ұшырайды [11]. Бидай, күріш және жүгеріні қоса алғанда, дәнді дақылдарға Aspergillus тұқымдасының саңырауқұлақтары жиі әсер етеді. Астықта афлатоксиндердің болуы негізінен егін жинау кезінде ылғалдың көп болуына, астықты дұрыс кептірмеуге және сақтауға байланысты. Афлатоксиндер канцерогенді, тератогенді және мутагенді болып табылады.

Охратоксинді негізінен Aspergillus және Penicillium түрлері шығарады, атап айтқанда A. ochraceus және P. verrucosum. Астықта ластанудың бұл түрі негізінен егін жинаудан кейінгі сақтау кезінде пайда болады. Токсигенді саңырауқұлақтардың өсуі және охратоксиндер сияқты микотоксиндердің өндірісі басқа факторлармен қатар дәннің ылғалдылығына және сақтау температурасына байланысты. Охратоксин әртүрлі тағамдарда, негізінен жүгері мен бидайда, сондай-ақ кептірілген жемістер мен жүзімде кездеседі. Охратоксин А - Aspergillus spp шығаратын охратоксиндер тұқымдасының ішіндегі ең уыттысы. Охратоксин А, ең алдымен, уыттылығына байланысты бүйрек пен бауырға әсер етеді. Ол адам денсаулығы үшін нефротоксикалық, тератогенді және канцерогенді [12].

Зеараленонды Fusarium тұқымдасының түрлері шығарады, атап айтқанда F. roseum және F. Moniliforme. Әдетте, зеараленон шығаратын саңырауқұлақтар жүгеріге әсер етеді. Сонымен қатар, олар сұлы, арпа, бидай және күріш сияқты басқа да дәнді дақылдарға әсер етеді. Ыстыққа төзімділігі жоғары болғандықтан, басқа микотоксиндер сияқты зеараленонды әртүрлі технологиялық операциялар процесінде толығымен жою қиын [13].

Дезоксиниваленол, сондай-ақ вомитоксин ретінде белгілі, әдетте өндіріледі F. culmorum және F. graminearum далада және/немесе егін жинағаннан кейін сақтау кезінде пайда болады. Дезоксиниваленол бидай, жүгері, арпа, күріш, сұлы және қара бидайда көп мөлшерде кездеседі. Дезоксиниваленол өндірісі әдетте ылғалды ауа-райына және егін жинау кезінде жоғары ылғалдылыққа байланысты болады. Дезоксиниваленол ішек морфологиясына әсер етіп, бас ауруы, диарея, жүрек айну, іштің ауыруы және безгекті тудыратыны анықталды [14].

*Астықты микотоксиндермен дезинфекциялау әдістері.*Микотоксиндердің пайда болуына әкелетін саңырауқұлақтардың өсуін толығымен болдырмау мүмкін емес. Сондықтан микотоксин деңгейін төмендетудің көптеген әдістері жасалды. Микотоксиндермен немесе саңырауқұлақтардың өсуімен күресудің алғашқы қадамы егін жинауға дейін және одан кейін тиісті шараларды сақтау болып табылады. Жиналған астық өңдеу, тасымалдау және сақтау процесінде ластануы мүмкін. Кейде егу Көлік және қойма бөлмелерінде болады. Егу үшін тиісті қоршаған орта жағдайлары микробтардың тез өсуіне және ақырында астықтың жоғалуына әкеледі. Сонымен қатар, егін жинаудан кейінгі операциялар мен астық жағдайы сақтау жағдайларына және астықтың микробтық ластануының әртүрлі түрлерінің пайда болуына әсер ету үшін өте маңызды. Белгілі бір техникалық мақсаттары бар көптеген технологиялық операциялар дәнді дақылдардағы микотоксиндердің деңгейін төмендетуі мүмкін, мысалы, ұнтақтау және пиллинг. Дегенмен, микотоксиндердің деңгейін төмендету олардың негізгі мақсаты емес, микотоксиндердің концентрациясын төмендететін және осылайша адамға әсер ететін технологиялар қажет [15].

Дәстүрлі дезинфекция әдістері. Дәндегі микотоксиндердің мөлшері тазарту және ұнтақтау нәтижесінде азаяды. Микотоксиндердің жоғары деңгейі әдетте ұнтақтау немесе қабыршақтану процесінде жойылатын астықтың сыртқы қабатында шоғырланады. Алайда микотоксиндердің кейбір пайызы ұнтақталған дәнде қалады, бұл оның сапасына әсер етеді. Дәндегі микотоксиндердің өсуіне әсер ететін негізгі фактор-сақтауды басқару. Ылғалдылық, температура және ылғалдылық сияқты тиісті сақтау параметрлері микроорганизмдердің өсуін және микотоксиндердің түзілуін бақылайды. Бұл процедуралар көгерудің өсуіне және микотоксиндердің пайда болуына жол бермеу үшін қолданылады. Алайда, егер астықта микотоксиндер болса, оларды осы стратегиялармен бақылау мүмкін емес. Дәнді дақылдарды дезинфекциялау үшін сутегі асқын тотығы, лимон қышқылы, сүт қышқылы, пропион қышқылы және озондалған су сияқты әртүрлі химиялық заттар қолданылады. Химиялық өңдеу микотоксиндердің аз уытты қосылыстарға айналуына әкеледі. Химиялық залалсыздандыру әдістері астық өнеркәсібінде олардың қол жетімділігі мен арзан болуына байланысты қолданылады. Дегенмен, астықты химиялық залалсыздандырудың кейбір әдістеріне әртүрлі денсаулық сақтау ұйымдары тыйым салады. Органикалық қышқылдар сияқты химиялық заттар дәннің ылғалдылығын арттырады және эндоспермге енеді. Сонымен қатар, қалдық химиялық заттар мен шектеулі әсер осы химиялық заттарды залалсыздандыру үшін қолдануға қиындық тудырады. Алайда, осы дәстүрлі әдістерді қолданғанымен, дақылдарды микотоксиндермен дезинфекциялау үшін жаңа технологияларды ашып, қолдануға тура келді [16].

Жаңа дезинфекция әдістері. Дәнді дақылдардағы микотоксиндерді ыдыратудың дәстүрлі әдістері пайдалы, экологиялық таза және үнемді жаңа технологияларды әзірлеуге көп күш жұмсауды қажет етті. Кез келген жаңа технология дәнді дақылдардың микотоксиндік жүктемесін

олардың сапасына, қоректік және органолептикалық сипаттамаларына нұқсан келтірместен азайтуы керек. Төменде дәнді дақылдарды залалсыздандырудың маңызды жаңа әдістері қарастырылған.

Сәулелендіру. Сәулелену ғасырлар бойы тағамды дезинфекциялау үшін кеңінен қолданылады.

Дегенмен, иондаушы энергияның тағамға әсерін қамтитын микотоксиндерді ыдырату үшін сәулелену қолданудың инновациялық әдістері ұсынылды.

Судың және басқа компоненттердің радиолизінен туындаған бос радикалды реакция сияқты жанама әсерлер сәулеленудің әсерінен микотоксиндердің ыдырауына әкеледі. Сәулелену

астықтың Aspergillus, Fusarium және Penicillium түрлері сияқты токсигенді саңырауқұлақтармен

ластануын бақылау үшін тиімді қолданылады.

Түрлі дәнді дақылдарда саңырауқұлақтардың өсуін едәуір төмендету үшін сәулеленудің әртүрлі дозалары қолданылады. Алайда сәулелену процесі астықтың сапалық қасиеттеріне белгілі бір дәрежеде теріс әсер етуі мүмкін [17]. Авторлар әртүрлі ылғалдылық деңгейінде жүгерідегі афлатоксиндерге гамма - сәулеленудің әсерін зерттеді. Афлатоксиндердің өндірісі сәулелену дозасының жоғарылауымен төмендеді және 4 кГр шамалы болды. Микотоксиндердің ыдырау тиімділігі гамма-сәулелену дозасына ғана емес, сонымен қатар өңделген үлгілердің ылғалдылық деңгейіне де байланысты. Бұл әсер судың радиолизіне байланысты, нәтижесінде микотоксиндердің ыдырауына әкелетін жоғары реактивті радикалдар пайда болады [18].

Суық плазма. Суық плазманы тамақ өнеркәсібінің әртүрлі салаларында қолдануға болады. Суық плазма-дәнді дақылдарды зарарсыздандыру үшін кеңінен қолданылатын жаңа технологиялардың бірі. Бұл

технология дәстүрлі әдістермен салыстырғанда сапалық сипаттамаларға нұқсан келтірместен 5-30 °C температурада микотоксиндердің жоғары инактивациясын қамтамасыз етеді. Бұл технология қоректік және сенсорлық қасиеттерін сақтай отырып, дәнді дақылдардың сапалық сипаттамаларын сақтай отырып , перспективалы нәтижелер көрсетті. Алайда, суық плазманың тиімділігі микотоксиндердің құрылымына, дәннің сипаттамаларына және бетіне байланысты [19].

Озонмен өңдеу. Озон оны тамақ өнеркәсібінде дезинфекциялаушы ретінде қолданудың әлеуетті мүмкіндіктерін ашады.Озон-дәнді дақылдардан микотоксиндерді кетіру үшін қолданылатын күшті тотықтырғыш. Озонмен емдеу улы қалдықтарды қалдырмайтын және экологиялық таза дәстүрлі дезинфекция әдістеріне әлеуетті баламалардың бірі болып табылады. Озон B1 , B2 , G1 , G2 афлатоксиндері , Фумонизин в, охратоксин а, патулин және зеараленон сияқты дәнді дақылдарда кездесетін жалпы микотоксиндерді ыдыратады [20]. Озонмен өңдеудің басты артықшылығы-бұл дәнді дақылдардың сапалық қасиеттеріне аз әсер етеді.

Импульсті жарық. Импульстік Жарық-астықты дезинфекциялау үшін қолданылатын перспективалы құралдардың бірі. Бұл астық сапасына айтарлықтай әсер етпестен дәстүрлі технологияларға әлеуетті балама ұсынады. Дегенмен, импульстік жарықтың дәнге ену қабілеті төмен және өну үшін пайдаланылатын тұқымдардың өну пайызын азайтады. Импульстік жарық - бұл азық-түлік материалында ешқандай қалдық қалдырмайтын үнемді және термиялық емес технология. Тағамдық материалдың матрицасы мен қалыңдығы, микотоксиннің құрамы мен түрі сияқты тағамдық материалға қатысты көптеген факторлар импульстік жарықпен өңдеуге әсер етуі мүмкін [21].

Биологиялық әдістер. Микотоксиндердің тиімді дезактивациясын көрсететін перспективалы нәтижелердің арқасында биологиялық әдістер тұтынушылар арасында танымал бола бастады. Бұл экологиялық таза технология және ешқандай қалдық қалдырмайды. Бактериялық штамдар, көгеру және ашытқы сияқты көптеген биологиялық агенттер микотоксиндердің биологиялық ыдырауында немесе байланысуында перспективалы нәтижелер көрсетті. Микотоксиндерді залалсыздандыру үшін қолданылатын микроорганизмдер тамақ өнімдерінде қажетсіз заттарды шығармай, жоғары тиімділік пен тиімділікке ие болуы керек. Сонымен қатар, бұл микроорганизмдер астық сапасына теріс әсер етпеуі керек [22].

Табиғи ингредиенттер. Дәмдеуіштер, шөптер және өсімдіктер сияқты әртүрлі көздерден алынған табиғи ингредиенттер негізінен микотоксиндерді дезинфекциялау үшін ұнтақ түрінде қолданылады, ал олар дезинфекциялау үшін әртүрлі синтетикалық химиялық заттарды қолданғанда байқалатын қалдық уыттылықты қалдырмайды. Осы тұрғыдан алғанда, табиғи ингредиенттердегі химиялық қосылыстарды микотоксиндерді дезинфекциялаудың химиялық

негізделген тәсілдері ретінде қарастыруға болады. Қазіргі уақытта тамақ өнеркәсібінде әртүрлі қолдану үшін өсімдік сығындыларына ықтимал сұраныс бар. Әр түрлі көздерден алынған өсімдік сығындылары микотоксиндерді ыдырату қабілетіне ие екендігі хабарланды. Өсімдік сығындылары перспективалы тәсілді көрсетеді және саңырауқұлақтардың өсуіне және дәнді дақылдарда микотоксиндердің жиналуына жол бермеу үшін тиімді қолданылады [23].

Қорытынды. Дәнді микотоксиндермен ластанудың ықтимал қауіптері сала үшін басты мәселе болып қала береді және адам денсаулығына елеулі қауіп төндіреді. Дегенмен, дәнді микотоксиндердің бұзылуын бақылау үшін қолданылатын дәстүрлі әдістер астық сапасына теріс әсер ететін және қоршаған ортаға әсер ететін уытты жүктемені азайтады. Дәстүрлі әдістердің шектеулерін жеңу үшін озон, суық плазма және сәулелену сияқты жаңа залалсыздандыру технологиялары микотоксиндерді ыдырату үшін пайдаланылған кезде перспективалы нәтижелер көрсетті. Жаңа технологиялар сапалық сипаттамаларға айтарлықтай әсер етпестен микотоксиндерді тиімді ыдыратады. Сонымен қатар, әр технология оңтайландырылған өңдеу жағдайында әр түрлі тиімділікті көрсетті, бұл сонымен қатар тағамдық материалдың қасиеттеріне байланысты. Сонымен қатар, бактериялар мен ашытқылар сияқты микроорганизмдердің микотоксиндерді ыдыратуына немесе жоюына негізделген биологиялық әдістер әлеуетті перспективаларды көрсетті. Микотоксиндерді детоксикациялау үшін қолданған кезде әр технологияның өзіндік артықшылықтары бар. Бұл жаңа әдістер астық сапасына нұқсан келтірместен микотоксиндердің тиімді ыдырауын қамтамасыз ету үшін қосымша зерттеулер қажет.

References

1. Gebremeskel A.F., Ngoda P.N., Kamau-Mbuthia E.W., Mahungu S.M.Prevalence and controlling mechanisms of mycotoxin//Cogent Food Agric.-2019.-Vol.5(1).DOI 10.1080/23311932.2019.16589 78.
2. Vasseghian Y., Moradi M., Dragoi E.N., Khaneghah A.M. A review on mycotoxins detection techniques in edible oils// Int. J. Environ. Anal. Chem.-2020.-Vol.102(9). -P.2125-2139. DOI 10.1080/03067319.2020.1750607.
3. Martins C., Assunção R., Cunha S.C. et.al. Assessment of multiple mycotoxins in breakfast cereals available in the Portuguese market \//Food Chem. −2018.-Vol.239.-P.132-140. DOI 10.1016/j.foodchem.2017.06.088.
4. Javanmardi F., Khodaei D., Sheidaei Z. et.al. Decontamination of aflatoxins in edible oils: A comprehensive review// Food Rev. Int. 2020.-Vol 38(7). -P.1410-1426. DOI 10.1080/87559129.2020.1812635.
5. Mohsen M., Hamid T., Foroud B., et al. Aflatoxin B1 in the Iranian pistachio nut and decontamination methods: A systematic review \//Quality Assurance and Safety of Crops & Foods. −2020. -Vol.12(4) -P. 15-25. DOI 10.15586/qas.v12i4.784.
6. Nugmanov A., Beishova I., Kokanov S., Lozowicka, et al. Systems to reduce mycotoxin contamination of cereals in the agricultural region of Poland and Kazakhstan //Crop protection. −2018.- Vol.106. - P. 64-71. DOI 10.1016/j.cropro.2017.12.014.
7. Roohi R., Hashemi S. M. B., A Mousavi Khaneghah. Kinetics and thermodynamic modelling of the aflatoxin's decontamination: a review \//International Journal of Food Science and Technology. −2020.- 55(12). -P.3525-3532. DOI 10.1111/ijfs.14689.
8. Luo Y., Liu X., Li J. Updating techniques on controlling mycotoxins-A review // Food control. −2018.-Vol. 89.- P. 123-132 DOI 10.1016/j.foodcont.2018.01.016.
9. Ostry V., Malir F., Toman J., & Grosse Y. Mycotoxins as human carcinogens-the IARC Monographs classification //Mycotoxins Research. 2017.-Vol.33.- P.65-73 DOI 10.1007/s12550-016-0265-7.
10. Dutbayev Y. B., Kharipzhanova A., Yessimbekova M., et al. Ochratoxin A and Deoxynivalenol Mycotoxin Profile in Triticale Seedlings with Different Susceptibility to the Root Rot//OnLine Journal of Biological Sciences. −2023.-Vol.23(1). - P.87-93. DOI 10.3844/ojbsci.2023.87.93.
11. Heshmati, A., Ghadimi, S., Ranjbar, A., & Khaneghah, A. M. Assessment of processing impacts and type of clarifier on the concentration of ochratoxin A in pekmez as a conventional grape-based product //LWT. −2020.-Vol.119:108882. DOI 10.1016/j.lwt.2019.108882.
12. Kamle M., Mahato D. K., Devi S., Lee K. E., et al. Fumonisins: Impact on agriculture, food, and human health and their management strategies //Toxins. −2019.-Vol.11(6):328 DOI 10.3390/toxins11060328.
13. Guo Z., Wang M., Wu J., et al. Quantitative assessment of zearalenone in maize using multivariate algorithms coupled to Raman spectroscopy//Food chemistry. −2019.-Vol. 286.-P. 282-288. DOI 1016/j.foodchem.2019.02.020.
14. Shah L., Ali A., Yahya M., Zhu Y., Wang S., et al. Integrated control of fusarium head blight and deoxynivalenol mycotoxin in wheat \//Plant pathology. −2017.-Vol.67(3). -P.532-548. DOI 10.1111/ppa.12785.
15. Kaushik G. Effect of processing on mycotoxin content in grains \//Critical reviews in food science and nutrition. −2015.-Vol.55(12). P.1672-1683. DOI 10.1080/10408398.2012.701254.
16. Jubeen F., Sher F., Hazafa A., Zafar F., et al. Evaluation and detoxification of aflatoxins in ground and tree nuts using food grade organic acids //Biocatalysis and agricultural biotechnology. 2020.-Vol. 29: 101749. DOI 10.1016/j.bcab.2020.101749.
17. Mehrez A., Maatouk I., Romero-González R., Amara A. B., et al. Assessment of ochratoxin A stability following gamma irradiation: experimental approaches for feed detoxification perspectives //World Mycotoxin. −2016.-Vol.9(2). -P. 289-298. DOI 10.3920/WMJ2013.1652.
18. Mir S. A., Siddiqui M. W., Dar B. N., Shah M. A., et al. Promising applications of cold plasma for microbial safety, chemical decontamination and quality enhancement in fruits //Applied microbiology. −2020.-Vol.129(3). -P. 474-485. DOI 10.1111/jam.14541.
19. Selcuk M., Oksuz L., Basaran, P. Decontamination of grains and legumes infected with Aspergillus spp. and Penicillum spp. by cold plasma treatment // Bioresource technology. −2008. -Vol.99(11). -P. 5104-5109. DOI 10.1016/j.biortech.2007.09.076.

20. Dasan B. G., Boyaci I. H., Mutlu, M. Inactivation of aflatoxigenic fungi (Aspergillus spp.) on granular food model, maize, in an atmospheric pressure fluidized bed plasma syste // Food Control. 2016.- Vol.70.-P. 1-8. DOI 10.1016/j.foodcont.2016.05.015.
21. WielogorskaE., Ahmed Y., Meneely J., Graham W. G. et.al. A holistic study to understand the detoxification of mycotoxins in maize and impact on its molecular integrity using cold atmospheric plasma treatment \/Fod chemistry. −2019.-Vol.301:125281. DOI 10.1016/j.foodchem.2019.125281.
22. Gavahian M., & Cullen, P. J. Cold plasma as an emerging technique for mycotoxin-free food: Efficacy, mechanisms, and trends //Food Reviews International. −2020.-Vol. 36(2). -P. 193-214. DOI 10.1080/87559129.2019.1630638.
23. Proctor A. D., Ahmedna M., Kumar J. V., & Goktepe I. Degradation of aflatoxins in peanut kernels/flour by gaseous ozonation and mild heat treatment //Food additives and contaminants. −2004. Vol. 21(8). -P. 786-793. DOI 10.1080/02652030410001713898

Авторлар туралы мәлімет

Құралбекқызы А. - магистрант, «Алматы технологиялық университеті» АҚ, Алматы, Қазақстан, e-mail: aruzhan. kuralbekovna@gmail.com;

Ибраимова С.Е. - PhD, «Алматы технологиялық университеті» АҚ, Алматы, Қазақстан, e-mail: canek21@mail.ru;

Абилдаева М.С. - магистрант, «Алматы технологиялық университеті» АҚ, Алматы, Қазақстан, e-mail: merey.abildayeva@mail.ru;

Серикбаева А.Н. - PhD, «Алматы технологиялық университеті» АҚ, Алматы, Қазақстан, e-mail: ayana-sn@mail.ru;

Курманбаева И.Н. - PhD, «Алматы технологиялық университеті» АҚ, Алматы, Қазақстан, e-mail: indira_kurmanbaeva@mail.ru;

Мулдабекова Б.Ж. - профессор, «Алматы технологиялық университеті» АҚ, Алматы, Қазақстан, e-mail: bayan_1004@mail.ru.

Information about the authors

Kuralbekkyzy A. - master's student, JSC "Almaty Technological University", Almaty, Kazakhstan, e-mail: aruzhan.kuralbekovna@gmail.com;

Ibraimova S.E. - PhD JSC, "Almaty Technological University", Almaty, Kazakhstan, e-mail: canek21@mail.ru;

Abildaeva M.S. - master's student, JSC "Almaty Technological University", Almaty, Kazakhstan, e-mail: merey.abildayeva@mail.ru;

Serikbaeva A.N. - PhD, JSC "Almaty Technological University", Almaty, Kazakhstan, e-mail: ayana-sn@mail.ru;

Kurmanbayeva I.N.- PhD, JSC "Almaty Technological University", Almaty, Kazakhstan, e-mail: indira_kurmanbaeva@mail.ru;

Muldabekova B.Zh. - professor of JSC, "Almaty Technological University", Almaty, Kazakhstan, e-mail: bayan_1004@mail.ru.