

Alzhaxina Nazym Yerbolovna, PhD, the main author <https://orcid.org/0000-0001-7855-0940>
Astana branch «Kazakh research institute of processing and food industry» LTD, Nur-Sultan, st. Al-Farabi 47, 010000, Republic of Kazakhstan, nazjomka@mail.ru
Dalabaev Askhat Bolatuly, Master of Engineering and Technology, <https://orcid.org/0000-0001-7811-0697>
Astana branch «Kazakh research institute of processing and food industry» LTD, Nur-Sultan, st. Al-Farabi 47, 010000, Republic of Kazakhstan, dalabaev_askhat@mail.ru
Abylgazinova Aizhan Tleuzhanovna, Candidate of Agricultural Sciences, <https://orcid.org/0000-0002-1562-2123>
NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Republic of Kazakhstan, a.abylgazinova@list.ru
Khastayeva Aigerim Zhanuzakovna, PhD, <https://orcid.org/0000-0002-2679-0210>
JSC «Kazakh University of technology and business», Nur-Sultan, st. K. Mukhamedkhanov 37A, 010000, Republic of Kazakhstan, gera_or@mail.ru
Zhadrasyn Zhansaya Korganbekkyzy, Master of Engineering and Technology
Astana branch «Kazakh research institute of processing and food industry» LTD, Nur-Sultan, st. Al-Farabi 47, 010000, Republic of Kazakhstan, zhadrasyn.zhansaya@gmail.com

**ӨСІМДІК МАЙЛАРЫ КОНТАМИНАНТТАРЫНЫҢ ТОКСИКОЛОГИЯЛЫҚ
АСПЕКТІЛЕРІН ЗЕРТТЕУ
STUDY OF TOXICOLOGICAL ASPECTS OF VEGETABLE OIL CONTAMINANTS**

Аннотация

Тамақ өнімдерін ластаушылар тобы, атап айтқанда, монохлорпропандиолдардың (3-MCPD және 2-MCPD) және глицидолдың (GE) этерифицирленген түрлерін қоса алғанда, технологиялық процестерден туындаған өсімдік майлары, жақында тағамдық майлар мен өсімдік майларын өндірушілердің назарын аударды. Бұл заттар негізінен өсімдік майларын тазарту кезінде дезодорация сатысында пайда болады және олардың бастапқы эфирлерінен 3-MCPD және глицидолдың шығарылуына байланысты адам ағзасына улы болып табылады. Сондықтан, ЕО ережелері соңғы тұтыну нарығына орналастырылған немесе тамақ өнімдерінде ингредиент ретінде пайдаланылатын өсімдік майлары мен майларында 1 промилле GE максималды деңгейін белгілейді. 2-MCPD-де токсикологиялық мәліметтер жеткіліксіз және ықтимал қауіп 3-MCPD-ге тең деп саналады. Мақалада осы ластаушы заттардың пайда болу процесінің әртүрлі предшественники, механизмдері мен шарттары егжей-тегжейлі сипатталған. Токсикологиялық аспектілер: уыттылық, нейротоксикалық және канцерогендік MCPDE және GE-дің ең маңызды жанама әсерлері ретінде сипатталған. Бұл ластаушы заттарды анықтаудың аналитикалық әдістері тікелей және жанама тәсілдерді қамтиды, олардың кейбіреулері әртүрлі топтар үшін толығымен тексерілген. Алайда, осы өзекті тақырып бойынша зерттеулерді жалғастыруға көптеген мүмкіндіктер тудыратын маңызды проблемалар әлі де бар.

ANNOTATION

A group of food pollutants, in particular vegetable oils, caused by technological processes, including esterified forms of monochloropropanediols (3-MCPD and 2-MCPD) and glycidol (GE), has recently attracted considerable attention from manufacturers of edible fats and vegetable oils. These substances are mainly formed at the deodorization stage during the refining of vegetable oils and are potentially toxic to the human body due to the release of 3-MCPD and glycidol from their initial esters. Therefore, the EU regulation sets the maximum GE level at 1 ppm in vegetable oils and fats placed on the final consumer market or used as an ingredient in food. 2-MCPD does not have sufficient toxicological data, and the potential hazard is considered equal to 3-MCPD. The article describes in detail the various precursors, mechanisms and conditions of the formation of these pollutants. Toxicological aspects: Toxicity, neurotoxicity and carcinogenicity have been described as the most important side effects of MCPDE and GE. Analytical methods for determining these pollutants include direct and indirect approaches, and some of them are fully tested for various groups. However, there are still important issues that motivate many opportunities to continue research on this topical topic.

Кілт сөздер: *контаминанттар, өсімдік майлары, тамақ шикізаты, уыттылық, тамақ қауіпсіздігі, монохлорпропандиолдар (3-MCPD және 2-MCPD), глицидил эфирлері (GE)*

Key words: *contaminants, vegetable oils, food raw materials, toxicity, food safety, monochloropropanediols (3-MCPD and 2-MCPD), glycidyl esters (GE)*

Кіріспе. Тамақтану - адамның қоршаған ортамен байланысын анықтайтын маңызды факторлардың бірі, ол адамның ыңғайлы физикалық және ақыл-ой дамуына жағдай жасайды, химиялық, биологиялық және физикалық сипаттағы бөгде заттардың детоксикация механизмдерін қалыптастырады және тұтастай алғанда адам денсаулығын анықтайды. Өсімдік майларын өндіру технологиясы химиялық қосылыстардың өте күрделі кешені болып табылады, оның құрамында тек маңызды макро -, микронутриенттермен кіші биологиялық белсенді заттар ғана емес, сонымен қатар белгілі бір биологиялық белсенділігі бар бөтен заттардың кең спектрі бар [1].

Азық-түлік шикізатының қауіпсіздігі мәселелерінің өзектілігі жыл сайын артып келеді, өйткені өсімдік майлары мен тамақ өнімдерінің тиісті сапасын қамтамасыз ету оларды пайдалану кезінде адам денсаулығына қауіптің болмауын анықтайтын негізгі факторлардың бірі болып табылады. Қазіргі жағдайда өсімдік майларында контаминанттардың әртүрлі мөлшері бар, кейбір жағдайларда, негізінен белгіленген гигиеналық нормативтер деңгейінен төмен. Алайда өсімдік майларының белгілі бір түрлеріндегі контаминанттардың кейбір прекурсорлары, тіпті рұқсат етілген деңгейде де адам ағзасына ауыртпалық түсіреді [2].

Қазіргі уақытта өсімдік майларының қауіпсіздігі, әдетте, гигиеналық стандарттар бойынша бағаланады, атап айтқанда химиялық, биологиялық, қауіпті химиялық қосылыстарды, яғни, контаминанттарды бағалау. Тамақ өнімдерінде контаминанттардың болуы зерттелетін өнімнің берілген массасында (көлемінде) рұқсат етілген деңгейден аспауы тиіс. Алайда, белгіленген нормативтік көрсеткіштер бойынша қауіпсіздікті бақылау азық-түлік шикізатының қауіпсіздігі деңгейіне сәйкес келмейді, өйткені токсикологиялық қауіпті анықтау кезінде құррамы бағаланбайды [3].

Осылайша, қауіп-қатерді талдауды көрсететін жарияланымдарға шолу өсімдік майлары контаминанттарының токсикологиялық аспектілерін зерттеуге бағытталған зерттеулер өте өзекті деп қорытынды жасауға мүмкіндік береді. Атап айтқанда, өсімдік майларының контаминациясы және олардың адам ағзасына әсері мәселелері жеткілікті зерттелмеген. Азық-түлік қауіпсіздігінің аталған аспектісі өте маңызды, өйткені глицидил эфирлерінің уыттылығы, негізінен монохлорпропандиолдардың (3-MCPD және 2-MCPD) және глицидолдың еркін формаларына байланысты халықтың тамақтануы едәуір нашарлауы мүмкін. Алайда, этерификацияланған формалар ішек жолындағы липазалармен гидролизденіп, бос формаларды шығарады және ықтимал уыттылықты тудырады [4].

Зерттеу материалдары мен әдістері. Зерттеу нысандары: күнбағыс майы (КМ), рапс майы (РМ), жүгері майы (ЖМ), зәйтүн майы (ЗМ), пальма майы (ПМ), соя майы (СМ) болып табылады.

Зерттеу нәтижелерін алу үшін шикізат пен дайын өнімнің физика-химиялық көрсеткіштерін теориялық және эксперименттік зерттеудің қазіргі заманғы жалпы қабылданған, стандартты әдістері пайдаланылды: өсімдік майларының сыну көрсеткіші ГОСТ ISO 6320-2012 «Жануарлар мен өсімдік майлары. Сыну көрсеткішін анықтау әдісі»; май-қышқыл құрамын анықтау ГОСТ 30418-96 «Өсімдік майлары. Май-қышқыл құрамын анықтау әдісі»; глицидил эфирлерін глицидолға қайта есептегенде анықтау ISO 18363-1:2015 «Жануарлар мен өсімдік майлары. ГХ-МС қолданумен монохлорпропандиолдардың (MCPD) және глицидолдың май қышқылдарының күрделі эфирлерінің құрамын анықтау. 1 бөлім. Жылдам сілтілі перэтерификацияны және 3-MCPD құрамын өлшеуді және глицидол құрамын дифференциалды өлшеуді қолдану әдісі».

Нәтижелер мен талқылау. Тағамдық өсімдік майлары, әдетте, сапасына, иісіне, сыртқы түріне, дәміне және сақтау мерзіміне әсер етуі мүмкін қоспалар мен басқа қосылыстарды кетіру үшін тазартылады. Алайда, тазарту процесінде қажетсіз химиялық өзгерістер де болуы мүмкін. Рафинация процесінің дезодорациялау сатысында жоғары температурада пайда болатын монохлорпропандиол (MCPD) эфирлерінің май қышқылдарының күрделі эфирлерін 3-монохлорпропан-1,2-диол (3-MCPD), 2-монохлорпропан-1,3-диол

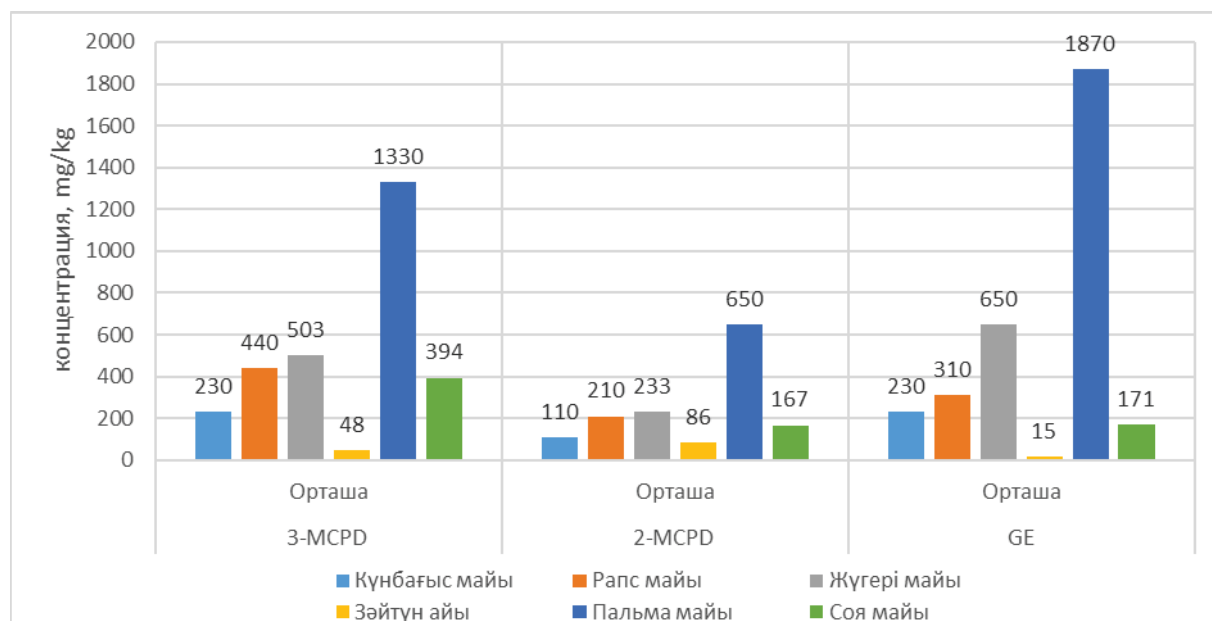
(2-MCPD) және глицидил (3-гидрокси-1,2-эпоксипропан) сияқты технологиялық ластаушы заттарды қамтиды [5-8].

Майды дезодорациялау хош иісті заттар мен басқа да қажет емес компоненттерді кетіру үшін майды тазарту процесінің соңғы және маңызды қадамы болып табылады. Оларға пестицидтердің қалдықтары, пигменттер, бос май қышқылдары және т.б. жатады. Алайда, GE және 3-MCPD эфирлері сияқты зиянды термиялық ластаушы заттар жоғары температуралы дезодорация кезінде пиролитикалық реакциялар нәтижесінде пайда болады. Соңғы 10 жыл ішінде азық-түлік майлары мен май негізіндегі тағамдарда, әсіресе балалар тағамдарының қоспаларында GE-нің пайда болуы май өңдеу өнеркәсібінде көбірек назар аударуда. Алайда, қазіргі уақытта өсімдік майларында GE рұқсат етілген концентрациясын шектейтін әмбебап ғаламдық ережелер жоқ.

3-MCPD табылған тамақ өнімдерінің тізіміне тазартылған өсімдік майлары, қуырылған тағамдар, балалар қоспалары, ет өнімдері, сүт өнімдері, дәнді дақылдар мен нан-тоқаш өнімдері, сорпалар, тұздықтар және қуырылған кофе кіреді. Өсімдік майларындағы, әсіресе тазартылған пальма майы мен оны қайта өңдеу өнімдеріндегі жоғары мөлшер бүгінгі күні назар аудартып отыр. Осы уақытқа дейін тазартылмаған өсімдік майларында 3-MCPD табылған жоқ немесе оның іздері ғана табылды. Глицидил эфирлері негізінен тазартылған пальма майында кездеседі. Ал 2-MCPD - ге қатысты мәліметтер әлі де шектеулі [9-12].

1-суретте өсімдік майларындағы 3-MCPD, 2-MCPD және GE концентрациясы көрсетілген.

1-суреттен көріп отырғанымыздай, бұл заттардың өсімдік майларында пайда болуы рафинация процесіне тікелей байланысты және бұл 140°C-тан жоғары температурада болады. MCPD түзілуіне қатысатын прекурсорлар хлордың қатысуымен ацилглицериндер (триацилглицериндер, диацилглицериндер және моноацилглицериндер) болуы мүмкін. Пальма жемістерінде өсімдіктердің эндогендік метаболизмі нәтижесінде пайда болатын, сонымен қатар пальма ағаштарын өсіру кезінде қолданылатын тыңайтқыштардың құрамында хлоридтердің едәуір мөлшері бар. Глицидил эфирлері үшін негізгі прекурсорлар диацилглицериндер мен моноацилглицериндерді және ластаушы заттардың түзілуі болып табылады. Бұл диацилглицериндердің немесе гидроксил тобының ығысуы нәтижесінде пайда болған ацилоксоний ионының ішкі нуклеофильді шабуылы нәтижесінде пайда болады [13-15].

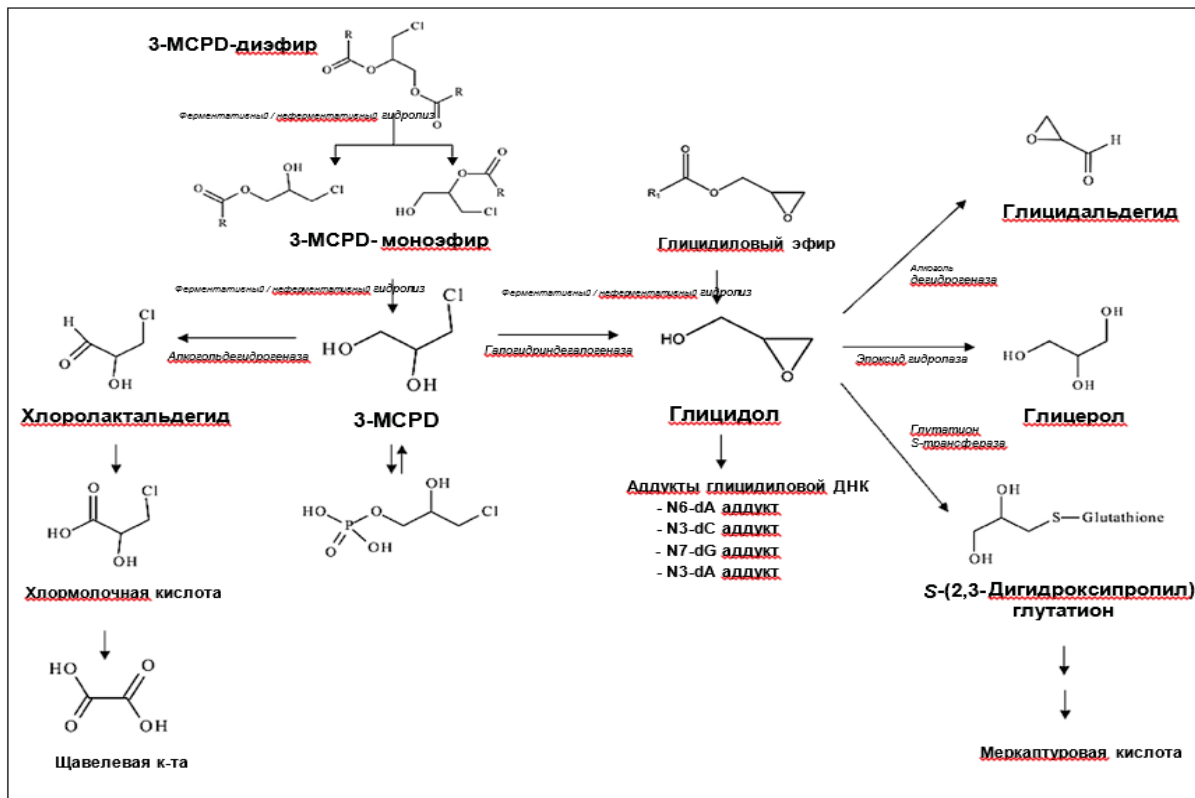


Сурет 1 - Өсімдік майларындағы 3-MCPD, 2-MCPD және GE пайда болу деңгейлері

Токсикологиялық аспектілер 3-MCPD де, GE де асқазан-ішек жолында өздерінің бос түрлеріне дейін едәуір дәрежеде гидролизденетінін және сәйкесінше бос 3-MCPD және глицидол ретінде уыттылықты тудыратынын көрсетеді.

Глицидол және оның май қышқылы эфирлері ішке қабылдағаннан кейін тиімді сінеді. GE жүйесінің негізгі гидролизі жүреді, дегенмен детерификация процесі глицидолдың ішкі әсерінің әртүрлі шараларына негізделген маймылдарға қарағанда егеуқұйрықтарда кеңірек көрінеді. Алайда бұл бақылаудың физиологиялық негізі анықталмаған. Глицидол фрагменттерінің метаболизмі глутатион конъюгациясы мен меркаптурат түзілуін қоса алғанда, бірнеше ферменттік жолдар арқылы жүреді. Глицидол бөлігі негізінен несеппен нашар сипатталған метаболиттер түрінде шығарылады, төмен жылдамдықпен тыныс алу арқылы CO₂ түрінде және аз бөлігі нәжіс арқылы шығарылады.

MCPD және GE болжамды метаболиттік жолдары 2-суретте көрсетілген.



Сурет 2 - MCPD және GE метаболиттік жолдары

Сонымен қатар, глицидол бөліктері эпексидті сақинаның электрофильді табиғаты негізінде жасушалық макромолекулалармен (мысалы, ДНҚ және гемоглобин) ковалентті түрде байланысуы мүмкін. Глицидол фрагментінің ДНҚ-мен байланысуы генотоксикалық және мутацияға әкелуі мүмкін. Сондай-ақ, глицидол бөліктеріндегі көміртек атомдары глицерин мен CO₂ қоса, прекурсорлық молекулаларға ауысқаннан кейін қалыпты аралық метаболизм арқылы жасушалық макромолекулаларға қосылуы мүмкін. Эпексидті фрагменттің реактивтілігі глицидолдың мутагенділігін алдын ала метаболиттік белсендіруді қажет етпей, тікелей ДНҚ өзара әрекеттесу арқылы растайды.

Токсикологиялық бағалау 3-MCPD анықтау үшін FAO/ДДСҰ азық - түлік қоспалары жөніндегі бірлескен сарапшылар комитеті (JECFA) қырық бірінші, елу жетінші және алпыс жетінші жиналыстарда, ал эстерификацияланған форма (3-MCPD) және GE 2016 жылы Комитеттің сексен үшінші отырысында бағаланғанын көрсетті. Қазіргі уақытта Азық - түлік туралы шектеулі мәліметтер мен 2-MCPD токсикологиялық мәліметтер базасы жеткіліксіз болғандықтан және оның эфирлері әлі күнге дейін бағаланбаған [16].

Бос 3-MCPD және MCPDE туралы айтатын болсақ, кеміргіштерде жүргізілген зерттеулер бүйрек пен ұрықтың уыттылықтың негізгі мақсатты органдары екенін көрсетті. 3-MCPDE қысқа мерзімді ауыз арқылы әсер ету бүйректің салыстырмалы массасының жоғарылауына және жоғары дозаларда түтікшелі эпителийдің гиперплазиясына,

гломерулярлық зақымға және гиалинді цилиндрлердің жиналуына әкелді. Аталық бездің салмағының артуы және аталық без бен аталық бездегі гистопатологиялық деректер, әдетте, 3-MCPD ретінде көрсетілген дене салмағының күніне 30 мг/кг-ға тең және одан жоғары дозаларда байқалды. Бүйрек түтікшелерінің гиперплазиясы ең сезімтал токсикологиялық соңғы нүкте ретінде анықталды.

3-MCPD ұрық пен бүйрекке уыттылықты, сонымен қатар тәжірибелік жануарларда қатерлі ісік ауруын тудыруы мүмкін, ал глицидол генотоксикалық канцероген болып саналады. Қатерлі ісік ауруын зерттеу жөніндегі халықаралық агенттіктің (IARC) мәліметтері бойынша, 3-MCPD адам үшін мүмкін канцероген (2B тобы), ал глицидол адам үшін мүмкін канцероген (2A тобы) ретінде жіктеледі. 2 үшін канцерогендік жіктеу жоқ. Алайда, 2-MCPD егеуқұйрықтардың бүйректеріне уыттылықты 3-MCPD сияқты көрсетеді, бірақ басқа механизмдерге сәйкес [17].

Ауызша қабылдағаннан кейін 3-MCPD эфирлері асқазан-ішек жолында баяу сінеді, плазмадағы ең жоғары концентрацияға 2-3 сағаттан кейін жетеді. Баяу сіңуді ішек жолындағы эфирлердің гидролиздік реакцияларымен түсіндіруге болады, бұл 3-MCPD сіңуін баяулатады. Эксперименттік деректер 3-MCPD диэфиірі 135 нг/мл сарысудағы максималды концентрацияға ауызша қабылдағаннан кейін шамамен 2,5 сағаттан кейін жететінін көрсетеді. 1600 мг/кг дипалмитат 3-MCPD. 3-MCPD-нің негізгі мақсатты органдары бүйрек пен ұрық болса да, оның метаболиттері бауыр, ми, тимус, ішек, көкбауыр және плазма сияқты басқа жерлерде анықталды. 3-MCPD үшін In Vivo геноуыттылығы байқалмады.

Глицидол құрылымында эпоксидті сақинаның жоғары реактивтілігіне байланысты генотоксикалықты көрсетеді. Эпоксидті сақинаның электрофильді табиғаты глицидолға ДНҚ мен гемоглобинмен ковалентті байланысуға мүмкіндік береді, нәтижесінде ДНҚ аддуктары пайда болады, мысалы 3-(2,3-дигидроксипропил) - dUrd және 3-(2,3-дигидроксипропил) - dThd, жоғарыда 2-суретте көрсетілген.

Тікелей және жанама тәсілдерге бөлуге болатын 3-MCPD, 2-MCPD және GE аналитикалық анықтау әдістері бар. Осы әдістерді қолдануға шолу 1-кестеде келтірілген.

Алдымен хроматографиялық талдау алдында қосылыстардың этерификацияланған формаларын олардың еркін формаларына түрлендіруді қажет ететін жанама әдістер қолданылды, содан кейін газ хроматографиясы GX - MS масс-спектрометриясымен біріктірілді. Бұл әдістер күнделікті мақсаттар үшін көптеген артықшылықтарға ие, мысалы, аналитикалық стандарттардың ең аз саны және нәтижелерді қарапайым түсіндіру, бірақ әдетте перээтерификация, бейтараптандыру, тұздау және дериватизация сияқты бірнеше кезеңдерді қамтиды [18].

Кесте 1 – Өсімдік майларында 3-MCPD, 2-MCPD және GE анықтаудың аналитикалық әдістері

Атауы	Әдіс	Гидролиз	Қосылыстар	LOD (mg/kg)	LOQ (mg/kg)
Балық майы	Жанама	Сілтілік катализатор	3-MCPDE, GE	-	200 70
Тағамдық майлар	Жанама	Ферменттік катализатор	3-MCPDE, GE	25	50
Тағамдық майлар мен тоң майлар	Жанама	Сілтілік катализатор	3-MCPDE, 2-MCPDE	1417	43 52
Өсімдік майлары	Түзу	Жатпайды	3-MCPD моноэфирлер	0,08-12,7	0,98-38,0

Перээтерификация дегеніміз 3-MCPDE, 2-MCPDE және GE-ді олардың еркін формаларында бөлудің маңызды кезеңі болып табылады. Реакцияны катализдеу үшін қышқыл, сілті немесе ферменттер қолданылуы мүмкін. Кейбір зерттеулер сілтілік ерітіндідегі төмен тұрақтылық пен 3-MCPD ыдырауын көрсетті. Сонымен қатар, сілтілі жағдайда GE және хлорланған қосылыстардың болуы 3 - MCPDE деңгейінің жоғарылауына әкелуі мүмкін.

Сілтілермен катализденетін перээтерификациядан айырмашылығы, қышқылды қолдану 3-MCPDE ыдырауына ықпал етпейді.

Жанама әдістер сондай-ақ GX-MS талдауынан бұрын деривализацияны қажет етеді. MCPDE және GE-дің еркін формалары жоғары полярлыққа және төмен құбылмалылыққа ие, бұл талдаудың төмен сезімталдығына әкеледі. Әдетте фенилборон қышқылы қосылыстарды аспаптық талдау үшін ұшқыш туындыларға айналдыру үшін қолданылады [19].

Екінші жағынан, тікелей әдістер MCPDE және GE-ді талдауға мүмкіндік береді, өйткені олар тамақ өнімдерінде кездеседі және перээтерификация және дериватизация кезеңдерін қажет етпестен қарапайым экстракция процедураларын қажет етеді. Жоғары тиімді сұйық хроматография-масс-спектрометрия ЖХ-МС / МС әр түрлі қосылыстарды анықтау және сандық анықтау үшін қолданылды. Негізгі кемшілік-көптеген аналитикалық стандарттардың қажеттілігі, өйткені MCPDE және GE-нің әр түрі жеке анықталады және сандық түрде анықталады.

MCPDE және GE-дің ең маңызды жанама әсерлері бар: нейротоксикалық, уыттылық, сондай-ақ канцерогенділік. Нейротоксикалық күн сайын 50 немесе 100 мг/кг дозада зонд арқылы CD-1 к 3-MCPD тышқандарына әсер ету кезінде анықталды, бұл бірнеше күн ішінде артқы аяқтардың сал ауруына әкелді (тәулігіне дене салмағының 50 мг/кг). 104 апта ішінде ауыз суға енгізу арқылы тышқандардағы 3-MCPD канцерогенділігінің уыттылығын ұзақ мерзімді зерттеуде. Әрқайсысы 50 еркек және 50 аналық тышқандардан тұратын үш топ 30, 100 немесе 300 мг/л деңгейінде 100 және 200 мг/л (ерлер үшін тәулігіне дене салмағының 4.2, 14.3 және 33.0 мг/кг; әйелдер үшін тәулігіне дене салмағының 3.7, 12.2 және 31,0 мг/кг) алды. Әр топтағы еркектердің кем дегенде 80% және аналықтардың 72% - ы 104 апта бойы аман қалды. Ауыз су алатын еркектер мен әйелдерде дене салмағының төмендеуі және дене салмағының жоғарылауы 300/200 мг/л. екі жыныста да су мен тамақ тұтынуы 300/200 мг/л төмендеді. Тәулігіне 300/200 мг/л әсеріне ұшыраған екі жыныстағы жануарларда сарқылған түр немесе отыру қалпын қабылдау байқалды. Қан сарысуының гематологиясы мен биохимиясында дәйекті тәуелді айырмашылықтар болған жоқ. Гистопатологиялық зерттеу 3-MCPD қолданумен байланысты ісік емес немесе ісік ісіктерін анықтаған жоқ [20].

Қорытынды. Соңғы жылдары MCPD және GE анықтамаларына қатысты қарқынды зерттеулер жүргізілді. Осы ластаушы заттардың жоғары концентрациясы бар өнімдер, сондай-ақ контаминанттардың прекурсорлары тұтынушылар үшін әлі де кеңінен қол жетімді. Әртүрлі ұйымдар жүргізген токсикологиялық бағалаулар адам денсаулығына ықтимал қауіп төндіретін осындай қорытынды жасады. Ластаушы заттардың пайда болуын азайту мақсатында стратегияларды қолдану бойынша көптеген ұсыныстар берілген. Олардың өнеркәсіптік деңгейдегі тиімділігі өндірістік тізбектің барлық қатысушыларының күш-жігерін талап етеді, бұл осы өзекті мәселелерді шешуге мүмкіндік береді. Аналитикалық әдістердің жетістіктері де атап өтілді, бірақ толық тексерілген процедуралар тек май, тоң май және маргариннің кейбір түрлеріне қол жетімді. Алға қойылған болашақ міндеттерге 2-MCPD мазмұнын қысқарту бойынша деректер базасын ұлғайту кіреді.

Алғыс. Авторлар Қазақстан Республикасы Ауыл шаруашылығы министрлігінің (BR10764977) бағдарламалық-мақсатты қаржыландыруы шеңберінде "Өсімдік майларындағы глицидил эфирлерінің құрамын төмендету технологиясын әзірлеу" жобасына қаржылай қолдау көрсеткені үшін ризашылықтарын білдіреді және алғыс айтады.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Sampaio K.A., Ayala J.V., Van Hoed V., Silva S.M., Ceriani R., Verhe R., Meirelles A.J.A. Impact of crude oil quality on the refining conditions and composition of nutraceuticals in refined palm oil / J Food Sci. - 2017. - P. 1840-1852.
2. Ariseto A.P., Silva W.C., Scaranelo G.R., Vicente E. 3-MCPD and glycidyl esters in infant formulas from the Brazilian market: occurrence and risk assessment / Food Control. - 2017. - P. 76-81.

3. Graziani G., Gaspari A., Chianese D., Conte L., Ritieni A. Direct determination of 3-chloropropanol esters in edible vegetable oils using high resolution mass spectrometry (HRMS- Orbitrap) / *Food Addit Contam Part A*. - 2017. - P. 1893-1903.
4. Cheng W.W., Liu G.Q., Wang L.Q., Liu Z.S. Glycidyl fatty acid esters in refined edible oils: a review on formation, occurrence, analysis, and elimination methods / *Compr Rev Food Sci Food Saf*. - 2017. - P. 263-281.
5. Hung W.C., Peng G.J., Tsai W.J., Chang M.H., Liao C.D., Tseng S.H., Kao Y.M., Wang D.Y., Cheng H.F. Identification of 3-MCPD esters to verify the adulteration of extra virgin olive oil/ *Food Addit Contam Part B Surveill*. - 2017. - P. 233-239.
6. Kuhlmann J. Analysis and occurrence of dichloropropanol fatty acid esters and related process-induced contaminants in edible oils and fats / *Eur J Lipid Sci Technol*. - 2016. - P. 382-395.
7. Jedrkiewicz R., Glowacz A., Gromadzka J., Namiesnik J. Determination of 3-MCPD and 2-MCPD esters in edible oils, fish oils and lipid fractions of margarines available on Polish market/ *Food Control*. - 2016. - P. 487-492.
8. Kamikata K., Vicente E., Ariseto-Bragotto A.P., de O. Miguel A.M.R., Milani R.F., Tfouni S.A.V. Occurrence of 3-MCPD, 2-MCPD and glycidyl esters in extra virgin olive oils, olive oils and oil blends and correlation with identity and quality parameters / *Food Control*. - 2019. - P. 135-141.
9. Leigh J., MacMahon S. Occurrence of 3-monochloropropanediol esters and glycidyl esters in commercial infant formulas in the United States / *Food Addit Contam Part A*. - 2017. - P. 356-370.
10. Wang L., Ying Y., Zhengyan H., Tianjiao W., Xianghong S., Pinggu W. Simultaneous determination of 2- and 3-MCPD esters in infant formula milk powder by solid-phase extraction and GC-MS analysis / *J AOAC Int*. - 2016. - P. 786-791.
11. Chai Q., Zhang X., Karangwa E., Dai Q., Xia S., Jingyang Y., Gao Y. Direct determination of 3-chloro-1,2-propanediol esters in beef flavoring products by ultra-performance liquid chromatography tandem quadrupole mass spectrometry / *RSC Adv*. - 2016. - P. 113576-113582.
12. Sadowska-Rociek A., Surma M., Cieslik E. Analysis of acrylamide, 3-monochloropropane-1,2-diol, its esters and glycidyl esters in carbohydrate-rich products available on the Polish market / *Rocz Panstw Zakl Hig*. - 2018. - P. 127-137.
13. Miyazaki K., Koyama K. An improved enzymatic indirect method for simultaneous determinations of 3-MCPD esters and glycidyl esters in fish oils / *J Oleo Sci*. - 2017. - P. 1085-1093.
14. Garballo-Rubio A., Soto-Chinchilla J., Moreno A., Zafra-Gomez A. A novel method for the determination of glycidyl and 3-monochloropropanediol esters in fish oil by gas chromatography tandem mass spectrometry / *Talanta*. - 2017. - P. 267-273.
15. Ozcagli E., Alpenunga B., Fenga C., Berktaş M., Tsitsimpikou C., Wilks MF et al. Effects of 3- monochloropropane-1,2-diol (3-MCPD) and its metabolites on DNA damage and repair under in vitro conditions / *Food Chem Toxicol*. - 2016. - P. 89.
16. Aasa J., Vare D., Motwani H.V., Jenssen D., Tornqvist M. Quantification of the mutagenic potency and repair of glycidol-induced DNA lesions / *Mutat Res Genet Toxicol Environ Mutagen*. - 2016. - P. 805.
17. Rietjens I.M., Dussort P., Gunther H., Hanlon P., Honda H., Mally A., O'Hagan S., Scholz G., Seidel A., Swenberg J. et. al. Exposure assessment of process-related contaminants in food by biomarker monitoring / *Arch Toxicol*. - 2018. - P. 15-40.
18. Okparanta S., Daminabo V., Solomon L. Assessment of rancidity and other physicochemical properties of edible oils (mustard and corn oils) stored at room temperature/ *J. Food and Nutr. Sci*. - 2018. - Vol. 6. - N 3. - P. 70-75.
19. Gonzalez Fuentes A., Zuniga M.C., Olea-Azar C.A., [et al.]. Effect of olive pruning extract on lipid oxidation in sunflower oil / *Cien. Inv. Agr*. - 2017. - Vol. 44. - N 3. - P. 262-271.
20. Asnaashari M., Farahmandfar R., Esmaeilzadehkenari R. Influence of light and temperature on lipid oxidation and colour changes of corn oil including curcumin / *Int. J. Adv. Sci. Eng. and Technol*. - 2017. - Vol. 5. - N 3. - P. 38-41.

РЕЗЮМЕ

Группа загрязнителей пищевых продуктов, в частности растительных масел, вызываемых технологическими процессами, включая этерифицированные формы монохлорпропандиолов (3-MCPD и 2-MCPD) и глицидола (GE), в последнее время привлекла к себе значительное внимание производителей пищевых жиров и растительных масел. Эти вещества в основном образуются на стадии дезодорации при рафинировании растительных масел и потенциально токсичны для человеческого организма из-за высвобождения 3-MCPD и глицидола из их исходных сложных эфиров. Поэтому регламент ЕС устанавливает максимальный уровень GE при 1 промилле в растительных маслах и жирах, помещенных на конечный потребительский рынок или, используется в качестве ингредиента в продуктах питания. 2-MCPD не имеет достаточных токсикологических данных, и потенциальная опасность считается равной 3-MCPD. В статье подробно описаны различные предшественники, механизмы и условия процесса образования этих загрязняющих веществ. Токсикологические аспекты: токсичность, нейротоксичность и канцерогенность были описаны как наиболее важные побочные эффекты MCPDE и GE. Аналитические методы определения этих загрязнителей включают прямой и косвенный подходы, и некоторые из них полностью проверены для различных групп. Однако по-прежнему существуют важные проблемы, которые мотивируют множество возможностей для продолжения исследований по данной актуальной теме.