

МАРАЛ ЕТІН ІСР-MS ӘДІСІМЕН ЭЛЕМЕНТТІК ЖӘНЕ ТОКСИКОЛОГИЯЛЫҚ ТАЛДАУ: ТАҒАМ ҚАУІПСІЗДІГІ СТАНДАРТТАРЫНА СӘЙКЕСТІК

А.Б. НАМЫСБАЕВА* , В.С. ЖАМУРОВА , А.Т. КОЖАБЕРГЕНОВ 

(Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Қазақстан Республикасы,
050010, Алматы, Абай даңғылы, 8)

Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: namysbayeva_a@mail.ru*

Масс-спектрометрия әдісі арқылы индуктивті байланыстырылған плазмамен (ICP-MS) марал етіндегі микроэлементтердің (Al, Fe, K, Ca, Mg, Cu, Na, Zn) және уытты заттардың (Cd, Co, Pb, Sr, Cr) концентрациялары анықталды. Марал етіндегі бұл элементтердің мөлшерінің орташа мәндері мынадай болды: алюминий үшін 36,58 мг/кг, темір үшін 38,39 мг/кг, калий үшін 3045,3 мг/кг, кальций үшін 77,28 мг/кг, магний үшін 224,07 мг/кг, мыс үшін 1,4 мг/кг, натрий үшін 217,94 мг/кг және мырыш үшін 30,04 мг/кг. Марал етіндегі уытты элементтердің мөлшері сиыр еті, қой еті, жылқы еті және тауық еті сияқты басқа ет түрлеріндегі ұқсас көрсеткіштермен салыстырылды. Талдау нәтижелері бойынша марал етіндегі қорғасын (Pb) концентрациясы ең төмен көрсеткіштердің бірі болды небәрі 0,008 мг/кг. Бұл ретте марал етіндегі стронций (Sr) - 1,07 мг/кг мен хром (Cr) - 3,08 мг/кг мөлшері басқа ет өнімдеріне қарағанда жоғары болды. Дегенмен марал етіндегі Pb, Cd және Cr деңгейлері КО ТР № 034/2013 Кеден одағының Техникалық регламентіне, № 466/2001 Комиссия (ЕО) қаулысына және тағам өнімдеріне жанасатын заттар бойынша АҚШ-тағы FDA ұсыныстарына сәйкес рұқсат етілген мәндер шегінде болды.

Негізгі сөздер: марал еті, марал шаруашылығы, микроэлементтер, ICP-MS, ауыл шаруашылығы, стандарттау және сертификаттау.

ЭЛЕМЕНТНЫЙ И ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЯСА МАРАЛА МЕТОДОМ ICP-MS: СООТВЕТСТВИЕ СТАНДАРТАМ ПИЩЕВОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

А.Б. НАМЫСБАЕВА*, В.С. ЖАМУРОВА, А.Т. КОЖАБЕРГЕНОВ

(Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Казахстан, 050010,
г. Алматы, проспект Абая, 8)

Электронная почта автора-корреспондента: namysbayeva_a@mail.ru*

Методом масс-спектрометрии в мясе марала, добытого в Восточно-Казахстанской области, были определены концентрации микроэлементов (Al, Fe, K, Ca, Mg, Cu, Na, Zn) и токсичных веществ (Cd, Co, Pb, Sr, Cr) с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS). Средние значения содержания этих элементов в мясе маралов составили: 36,58 мг/кг для алюминия, 38,39 мг/кг для железа, 3045,3 мг/кг для калия, 77,28 мг/кг для кальция, 224,07 мг/кг для магния, 1,4 мг/кг для меди, 217,94 мг/кг для натрия и 30,04 мг/кг для цинка. Содержание токсичных элементов в мясе марала также сравнивалось с аналогичными показателями в других видах мяса, таких как говядина, баранина, конина и курица. Результаты анализа показали, что концентрация свинца (Pb) в мясе марала оказалась одной из самых низких — всего 0,008 мг/кг. В то же время содержание стронция (Sr) — 1,07 мг/кг и хрома (Cr) — 3,08 мг/кг в мясе марала было выше, чем в других мясных продуктах. Тем не менее, уровни Pb, Cd и Cr в мясе марала не превышали установленных норм и находились в пределах допустимых значений, согласно Техническому регламенту Таможенного союза ТР ТС № 034/2013, Постановлению Комиссии (ЕС) № 466/2001 и рекомендациям FDA США по веществам, контактирующим с пищевыми продуктами.

Ключевые слова: мясо марала, мараловодство, микроэлементы, ICP-MS, сельское хозяйство, стандартизация и сертификация.

ELEMENTAL AND TOXICOLOGICAL CHARACTERIZATION OF MARAL MEAT BY ICP-MS: COMPLIANCE WITH FOOD SAFETY STANDARDS

A.B. NAMYSBAYEVA*, V.S. ZHAMUROVA, A.T. KOZHABERGENOV

(Kazakh National Agrarian Research University, Kazakhstan, 050010, Almaty, Abay avenue, 8)

Corresponding author's e-mail: namysbayeva_a@mail.ru*

Concentrations of trace elements (Al, Fe, K, Ca, Mg, Cu, Na, Zn) and toxic substances (Cd, Co, Pb, Sr, Cr) were determined in the meat of maral (red deer) extracted in the East Kazakhstan region using the mass spectrometry method with inductively coupled plasma (ICP-MS). The average values for these elements in maral meat were: 36.58 mg/kg for aluminum, 38.39 mg/kg for iron, 3045.3 mg/kg for potassium, 77.28 mg/kg for calcium, 224.07 mg/kg for magnesium, 1.4 mg/kg for copper, 217.94 mg/kg for sodium and 30.04 mg/kg for zinc. The content of toxic elements in maral meat was also compared with similar indicators in other types of meat, such as beef, mutton, horse meat and chicken. The results of the analysis showed that the concentration of lead (Pb) in maral meat turned out to be one of the lowest — only 0.008 mg/kg. At the same time, the content of strontium (Sr) — 1.07 mg/kg and chromium (Cr) — 3.08 mg/kg in maral meat was higher than in other meat products. Nevertheless, the levels of Pb, Cd and Cr in maral meat did not exceed the established norms and were within acceptable values, according to the Technical Regulation of the Customs Union TR CU No. 034/2013, Commission Regulation (EC) No. 466/2001 and the recommendations of the US FDA on substances in contact with food.

Keywords: maral meat, maral breeding, trace elements, ICP-MS, agriculture, standardization and certification.

Kipicne

Экотоксиндер мен ксенобиотиктер сияқты ластаушы заттардың шамамен 70 % адам ағзасына тағамнан түсетіні белгілі [1, 2]. Тамақ өнімдеріндегі ксенобиотиктер денсаулыққа ең үлкен қауіп төндіреді [3], оның ішінде ауыр металдар, пестицидтер, радиоактивті изотоптар, нитраттар мен нитриттер. Зерттеуге сәйкес [4], осы ластаушы заттардың ішінде радионуклидтер мен ауыр металдар мутагендік және канцерогендік қасиеттерге ие. Қазақстан Республикасындағы күрделі экологиялық жағдайды ескере отырып, радиологиялық аспектілер азық-түлік қауіпсіздігінің маңызды бөлігі болып табылады [5]. Қырғи Қабақ соғысы кезіндегі ядролық сынақтар тарихында маңызды рөл атқарған Семей ядролық полигоны төрт жүз елу алты ядролық жарылыстың орны болды, оның жүз он алтысы жер үстінде және үш жүз қырығы жер астында болды [6]. Бұл сынақтар полигон аумағында да, одан тыс жерлерде де, оның ішінде елді мекендерде де радиоактивті ластануға әкелді [7]. Радиациялық ластану деңгейіне байланысты аумақтар бірнеше қауіпті аймақтарға бөлінді: экстремалды сәулеленуден минималды сәулеленуге дейін, сондай-ақ артықшылықты әлеуметтік-экономикалық мәртебесі бар аймақтар [6]. Радионуклидтермен қатар қоршаған ортадағы кадмий, қорғасын, мыс және мырыш сияқты ауыр металдардың көбеюі жақын маңдағы аумақтарды ластайтын өнеркәсіптік кәсіпорындардың қызметімен де

байланысты [8]. Металдардың ластануы адам денсаулығына қауіп төндіретін азық-түлік тізбегіне әсер ететін күрделі экологиялық проблемаларды тудырады [9]. Ет майлардың, соның ішінде қаныққан май қышқылдарының маңызды көзі болып табылады, олар қатерлі ісік және жүректің ишеми-ялық ауруы сияқты аурулардың дамуымен байланысты [10]. Жабайы жануарлардың, оның ішінде маралдың еті дәстүрлі түрде табиғилығы, дәмі және тағамдық қасиеттері үшін бағаланады. Қазіргі қоғамда қарқынды ауыл-шаруашылық жағдайында өсірілген жануарлардан алынатын етпен салыстырғанда «органикалық» деп қабылданатын жабайы өнімдерге деген қызығушылық артып келеді [11]. Аң еті жануарлардың табиғи қоректенуіне, олардың еркін өмір салтына және стрестің болмауына байланысты экологиялық таза өнім болып саналады [12]. Марал – Қазақстанда, Қытайда, Моңғолияда және Ресейде кездесетін қызыл бұғының кіші түрі [13]. Бұл түрдің ет және фармакологиялық шикізат көзі ретіндегі маңызы зор [14]. Қазақстанда маралдар негізінен елдің шығыс бөлігінде тұрады, ал 2012 жылы олардың саны шамамен 3500 басты құрады [15]. Ғылыми басылымдардан марал етіндегі микроэлементтердің құрамы туралы ақпаратты, мысалы, Польшаның солтүстік-шығысындағы маралдардың етінің құрамы туралы ақпаратты табуға болады [16]. Айта кететін жайт – Шығыс Қазақстандағы маралдардың мекендейтін жері

Қазақстан Республикасының 1992 жылғы 18 желтоқсандағы әлеуметтік қорғау ережелеріне сәйкес радиациялық қауіптіліктің жоғары аймағына жатады. Бұл зерттеудің мақсаты – марал етіндегі микроэлементтер мен улы заттардың концентрациясын анықтау, сондай-ақ бұл деректерді сиыр еті, қой еті, жылқы еті және тауық еті сияқты басқа жануарлардың етіндегі концентрациялармен салыстыру.

Зерттеу әдістері мен материалдары

Азот қышқылы (HNO_3) және гидрофтор қышқылы (HF) сияқты химиялық реагенттер Sigma-Aldrich Co. LLC компаниясынан (Сент-Луис, Миссури, АҚШ) сатып алынды. Зерттеу сол климаттық жағдайда өсірілген 6 маралдың (*Cervus elaphus*) ет үлгілері негізінде жүргізілді. Тәжірибелер Шығыс Қазақстан облысы, Ұлан ауданы, Привольное ауылында Багратион фермасында ұсталған 18-ден 24 айға дейінгі жануарларға жүргізілді (1-сурет). Зерттеу барысында ферманың климаттық жағдайлары, оның ішінде температураның ауытқуы, жауын-шашынның орташа жылдық мөлшері, қар жамылғысының қалыңдығы, сондай-ақ топырақ типі мен өсімдік жамылғысы егжей-тегжейлі қарастырылды [12]. Ет сынамалары Семей қаласының ет комбинаттарында жиналды. Барлығы 6 жануар таңдалды (3 аналық және 3

аталық). Үлгілерді жинау процедурасы этикалық нормаларға қайшы келмеді, өйткені тіндер қайтыс болғаннан кейін жиналды, бұл жануарлардың әл-ауқатын зерттеудегі стандартты тәжірибе. Ветеринариялық тексеру кезінде салмағы 200 г (10 рет қайталауға 20 г-нан) бұлшықет үлгілері алынды. Үлгілерді жинау процедурасы [22] тармағында көрсетілген ұсыныстарға сәйкес жүргізілді.

Сонымен қатар зерттеу үшін Семей қаласының базарларынан сиыр, қой, жылқы және тауық етінің үлгілері жиналды. Барлығы 50 сынама алынды (5 рет қайталауға еттің әр түрінен 200 г-нан 5 сынама). Барлық үлгілер зертханаға жеткізіліп, талдау басталғанға дейін -18-ден -20 °C-қа дейінгі температурада мұздатқышта сақталды. Содан кейін ет гомогенизацияланды, содан кейін әрбір үлгінің 1-2 г жоғары қысымды тефлон ыдыстарына салынды. Үлгілер 400 °C температурада 4 сағат, содан кейін 600 °C температурада 2 сағат бойы муфта пешінде жағылды. 1 г құрғақ үлгіні одан әрі ыдырату үшін 3 см³ азот қышқылы мен 2 см³ фторлы қышқыл қосылды, содан кейін микротолқынды пеште Milestone жүйесінде 20 минут қыздырылды. Микротолқынды ыдырау аяқталғаннан кейін сынамалар 1 % азот қышқылымен 10 см³ көлемге дейін сұйылтылды.



1-сурет. Іріктеп алу орындарының географиялық орналасуы

Бұлшықет тінінің үлгілеріндегі элементтердің құрамын анықтау үшін индуктивті байланысқан плазмалық масс-спектрометрия (ICP-MS, Varian-820 MS, Varian Company, Аустралия) қолданылды. Талдау процесі сертификатталған анықтамалық материалдарды қолдану арқылы тексерілді. Масс-спектрометр Var-TS-MS және IV-ICPMS-71a (Бейорга-

никалық кәсіпорындар, АҚШ) стандартты ерітінділерінің көмегімен калибрленді. ICP-MS сезімталдығын реттеу үшін Ba, Be, Ce, Co, B, Pb, Mg, Tl, Th-10 микрограмм/л концентрациясы бар Var-TS-MS сұйылтылған калибрлеу ерітіндісі қолданылды. Детекторды калибрлеу кезінде Cd, Pb, Cu, Zn концентрациясы 10, 50 және 100 микрограмм/л-ге тең IV-ICPMS-71a үш ерітіндісі

қолданылды. Барлық өлшеулер жоғары дәлдікті көрсетті, сертификатталған және есептелген концентрациялар арасындағы ауытқулар 10 %-дан аз болды. ICP-MS Varian 820 жұмыс параметрлері келесі параметрлерді қамтыды: плазма ағыны — 17,5 л/мин; қосалқы ағын — 1,7 л/мин; қорғаныс газы — 0,2 л/мин; бүрку ағыны — 1,0 л/мин; сынама алу тереңдігі — 6,5 мм; РЖ генератордың қуаты — 1,4 кВт; сорғы жылдамдығы — 5 айн/мин; тұрақ-тандыру уақыты — 10 с.

Талдаулар үш рет қайталай отырып жүргізілді және нәтижелер дымқыл салмақ мг/кг-мен көрсетілген орташа мәндер ретінде 1-кестеде берілген. Деректер SAS/STAD™ (SAS Institute Inc., 100 SAS Campus Drive, Кэри, Солтүстік Каролина, АҚШ) бағдарламалық жасақтамасының көмегімен статистикалық талданды. Бастапқыда деректердің қалыпты таралуы тексерілді [16], бұл элементтердің барлық концентрациясы үшін расталды. Топтар арасындағы айырмашылықтарды талдау үшін [22] тармағында сипатталған параметрлік әдістер қолданылды. Топтар арасындағы статистикалық

салыстыру Тукей критерийі бойынша жүргізілді. Айырмашылықтар $p < 0,05$ маңыздылық деңгейінде маңызды деп саналды.

Нәтижелер және оларды талқылау.

Зерттеу нәтижелері марал етінің адам ағзасының қалыпты жұмыс істеуі үшін қажетті бірқатар микроэлементтердің құнды көзі екенін көрсетті (1-кесте). Атап айтқанда, оның құрамында калий (K) — 3045,30 мг/кг, фосфор (P) — 592,12 мг/кг, магний (Mg) — 224,07 мг/кг, натрий (Na) — 217,94 мг/кг, кальций (Ca) — 77,28 мг/кг, темір (Fe) — 38,39 мг/кг, алюминий (Al) — 36,58 мг/кг, мырыш (Zn) — 30,04 мг/кг, марганец (Mn) — 6,92 мг/кг, мыс (Cu) — 1,40 мг/кг және никель (Ni) — 0,30 мг/кг сияқты микроэлементтердің жоғары концентрациясы бар.

Сонымен қатар Шығыс Қазақстанда мекендейтін маралдардың етінде рубидий (Rb) < 0,300 мг/кг, селен (Se) < 0,011 мг/кг, күміс (Ag) < 0,005 мг/кг сияқты бірнеше басқа элементтердің аздаған мөлшері, сондай-ақ концентрациясы 0,003 мг/кг-нан төмен ванадий (V) және бериллий (Be) (1-кесте) анықталды.

Кесте 1. Марал етінің үлгілеріндегі микроэлементтердің концентрациясы

Микро-элемент	Үлгілердің қайта талдануы, мг/кг						Орташа a ± CA
	1	2	3	4	5	6	
Al	38.89±1.24	21.79±0.63	31.88±1.11	42.08±1.30	39.12±1.33	45.74±1.69	36.58±1.22
Be	< 0.003	< 0.001	< 0.002	< 0.004	< 0.003	< 0.005	< 0.003
V	< 0.003	< 0.003	< 0.002	< 0.003	< 0.002	< 0.004	< 0.003
Fe	41.54±1.49	30.39±0.97	32.76±1.08	35.66±1.21	43.48±1.39	46.54±1.62	38.39±1.29
K	3152.90±44.9	3127.2±42.8	3109.4±44.3	2675.5±27.2	3043.3±37.5	3163.6±43.1	3045.3±39.9
Ca	106.35±41.50	52.75±18.90	57.41±23.00	62.77±23.80	93.18±31.70	91.22±34.7	77.28±28.9
Mg	231.97±8.11	221.35±7.97	235.02±9.63	154.34±4.93	242.88±8.26	258.89±8.02	224.07±7.82
Mn	6.80±0.23	5.63±0.21	5.99±0.21	6.52±0.25	7.94±0.29	8.62±0.33	6.92±0.25
Cu	1.32±0.05	1.13±0.04	0.95±0.03	0.69±0.03	1.93±0.06	2.37±0.07	1.40±0.05
Na	227.22±8.17	177.29±6.02	201.31±6.84	161.60±5.81	272.98±9.83	267.23±9.62	217.94±7.72
Ni	0.32±0.01	0.24±0.01	0.25±0.01	0.36±0.01	0.35±0.01	0.31±0.01	0.30±0.01
Rb	< 0.33	< 0.30	< 0.32	< 0.21	< 0.31	< 0.33	< 0.30
Se	< 0.011	< 0.004	< 0.010	< 0.027	< 0.005	< 0.007	< 0.011
Ag	< 0.001	< 0.006	< 0.003	< 0.001	< 0.013	< 0.007	< 0.005
P	611.93±20.82	576.71±19.61	623.32±21.20	403.33±12.50	653.29±22.21	684.17±24.63	592.12±20.16
Zn	30.30±0.97	30.70±1.17	31.60±1.10	20.62±0.70	32.39±1.10	34.64±1.12	30.04±1.03

Орташа ± CA – Орташа мән ± стандартты ауытқу

($p \leq 0.05$) – Сынақтар арасындағы статистикалық маңызды айырмашылық

Марал етіндегі ауыр металдардың мөлшері жетекші халықаралық стандарттарда, оның ішінде АҚШ-тың Азық-түлік және дәрі-дәрмек басқармасының талаптарында (21 CFR, 174-189 бөлімдері), №466/2001 Комиссия ережесінде (ЕК), сондай-ақ КО ТР 021/2011

«Тамақ өнімдерімен жанасатын тамақ өнімдері туралы» және КО ТР 034/2013 «Ет және ет өнімдерінің қауіпсіздігі туралы» Кеден одағының техникалық регламентінде белгіленген рұқсат етілген нормалардан едәуір төмен болып шықты (2-кесте) [17, 18, 19, 20]. Алынған

мәліметтерге сәйкес, еттегі хромның (Cr) концентрациясы 1,58 мг/кг құрады, бұл шекті рұқсат етілген деңгейден едәуір төмен (10,00 мг/кг-нан аз). Ет үлгілеріндегі стронцийдің мөлшері 1,35 мг/кг деңгейінде екені анықталды. Басқа ауыр металдар үшін келесі нәтижелер алынды: мыс концентрациясы 0,076 мг/кг-нан аз, қорғасын мен кадмий 0,007 мг/кг-нан аз. Марал

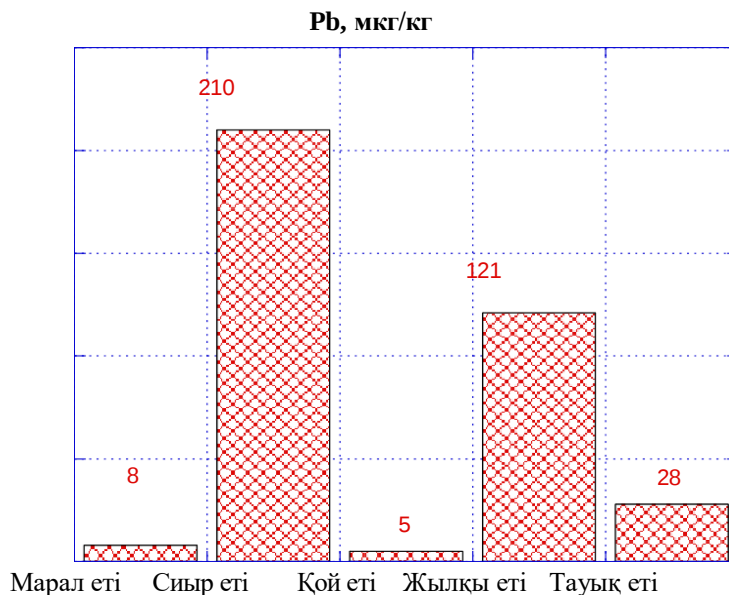
етіндегі қорғасын деңгейі 3 жасқа дейінгі балалар үшін $< 0,100$ мг/кг және 3 жастан асқан балалар үшін $< 0,200$ мг/кг рұқсат етілген нормалардан бірнеше есе төмен. Сол сияқты, кадмийдің (Cd) мөлшері де критикалық деңгейден едәуір төмен болып шықты, ол $\leq 0,300$ мг/кг құрайды (2-кесте).

Кесте 2. Марал етіндегі ұтты элементтердің мөлшері

Элементтер	Үлгілердің қайта талдануы, мг/кг						Орташа $\pm$ CA	Рұқсат етілген деңгейлер, мг/кг
	1	2	3	4	5	6		
Cd	< 0.005	< 0.004	< 0.005	< 0.004	< 0.008	< 0.006	< 0.007	≤ 0.03
Pb	< 0.004	< 0.003	< 0.008	< 0.003	< 0.016	< 0.014	< 0.007	$\leq 0,10$ - < 3 жастағы балалар $\leq 0,20$ - > 3 жастағы балалар
Cr	2.24 ± 0.69	2.03 ± 0.69	3.08 ± 1.08	1.66 ± 0.57	6.33 ± 2.34	4.67 ± 1.59	1.58 ± 0.57	Хромдалған консервідегі тағамдар үшін ≤ 10.00
Co	< 0.062	< 0.042	< 0.061	< 0.048	< 0.063	< 0.073	< 0.076	
Sr	1.12 ± 0.04	0.85 ± 0.03	1.07 ± 0.04	0.94 ± 0.03	0.83 ± 0.03	1.35 ± 0.04	1.32 ± 0.05	

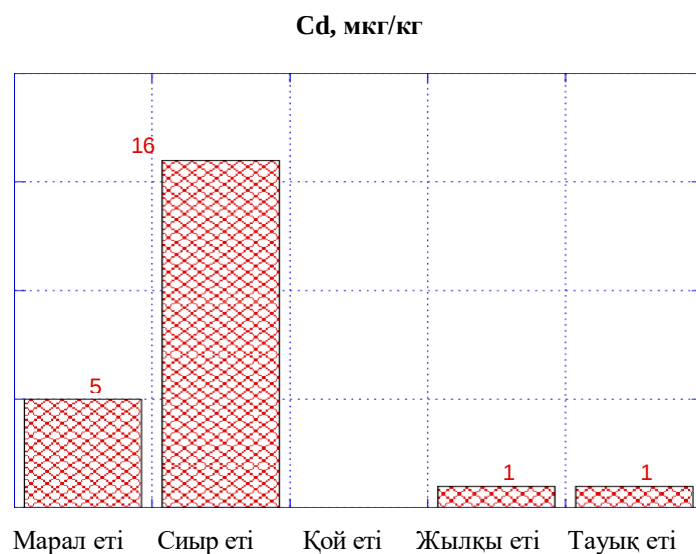
Марал етіндегі ұтты элементтер мөлшерінің нәтижелері сиыр, қой, жылқы және тауық еті сияқты басқа ет түрлерімен салыстырылды. Осы мәліметтерге сәйкес, марал етіндегі қорғасынның концентрациясы

сиыр етіне қарағанда 26 есе, жылқы етіне қарағанда 15 есе, тауық етіне қарағанда 3,5 есе төмен болды және сонымен бірге қой етіндегі қорғасын деңгейімен сәйкес келді (2-сурет).



Сурет 2. Марал, сиыр, қой, жылқы және тауық етіндегі қорғасын (Pb) концентрациясын салыстыру

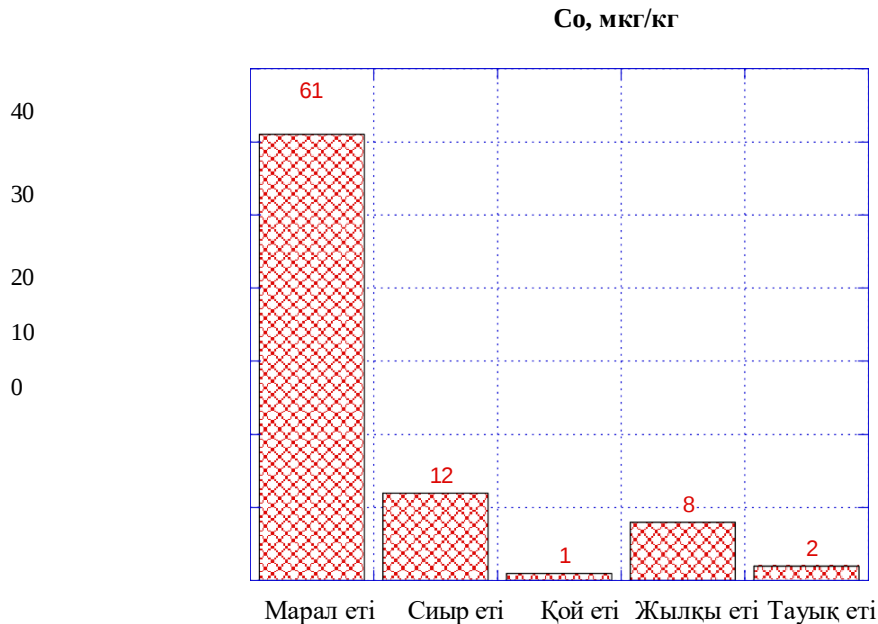
Марал етіндегі Cd концентрациясында сәл өзгеше коэффициенттер анықталды. Ол сиыр етінен 3,2 есе аз болды, бірақ жылқы етінен, тауық етінен және әсіресе қой етінен 5 есе жоғары болды (3-сурет).



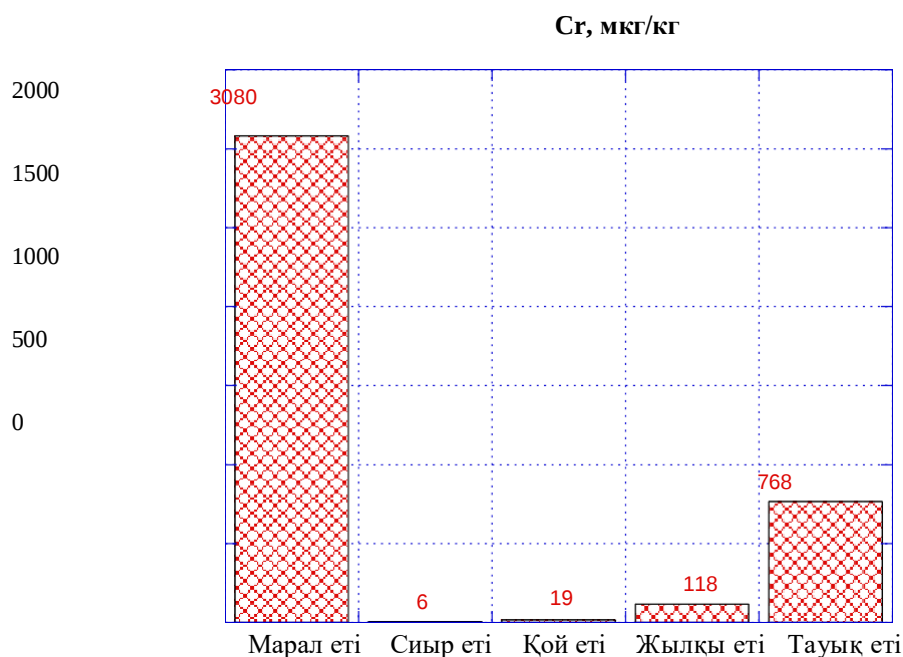
Сурет 3. Марал, сиыр, қой, жылқы және тауық етіндегі кадмий (Cd) концентрациясын салыстыру

Алайда марал етіндегі Co (4-сурет), Cr (5-сурет) және Sr (6-сурет) концентрациясы еттің қалған төрт түріне қарағанда бірнеше есе көп екені анықталды. Сонымен қатар марал етіндегі Pb, Cd және Cr концентрациясы КО ТР № 034/2013 Кеден Одағының Техникалық

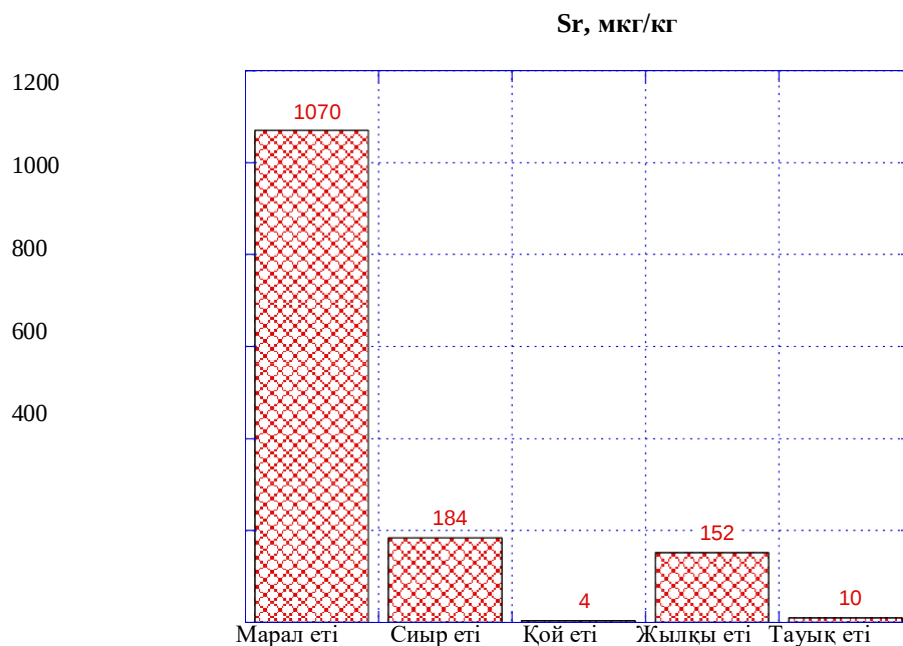
регламентінде, № 466/2001 (ЕК) Комиссия ережесінде [18] және АҚШ-тың Азық-түлік және дәрі-дәрмек басқармасының талаптарында [17] белгіленген рұқсат етілген деңгейден аспады немесе шегінде болды [20].



Сурет 4. Марал, сиыр, қой, жылқы және тауық етіндегі кобальт (Co) концентрациясын салыстыру



Сурет 5. Марал, сиыр, қой, жылқы және тауық етіндегі хром (Cr) концентрациясын салыстыру



Сурет 6. Марал, сиыр, қой, жылқы және тауық етіндегі стронций (Sr) концентрациясын салыстыру

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау

Мәліметтерге сәйкес [21], марал еті адамның тамақтануына қажетті кобальт, хром, мыс, молибден, марганец, селен және мырыш сияқты маңызды микроэлементтердің тамаша көзі болып табылады.

Жақында токсикологтар кадмийге ерекше назар аудара бастады, өйткені бұл ауыр металл мырыш, фосфор, мыс және басқа

микроэлементтер сияқты маңызды элементтердің антагонисі болып табылады, өмірлік маңызды тін ферменттерінің белсенділігін тежейді. Адам ағзасында кадмий темір, мыс, мырыш және кальций сияқты элементтермен бәсекелеседі, бұл элементтер жетіспеген кезде кадмийдің жиналуына әкелуі мүмкін [25]. Марал етіндегі кадмийдің концентрациясы $< 0,03$ мг/кг болатын біздің деректеріміз басқа зерттеулерде [26] алынған

нәтижелерге сәйкес келеді. Зерттеуге сәйкес [21], кадмий өсімдіктер мен саңырауқұлақтарда экологиялық таза жерлерде аз мөлшерде кездеседі, маралдардың қоректік тізбегінде елеусіз деңгейлерді құрайды. Қорғасын созылмалы уланудың себебі болып табылады, орталық жүйке жүйесіне, қанға, ақуыз синтезіне және генетикалық процестерге зиянды әсер етеді. Қорғасынның барлық түрлерінің уыттылығы бірдей және олардың қауіптілік деңгейіндегі айырмашылықтар негізінен биологиялық сұйықтықтардағы, әсіресе асқазан сөліндегі ерігіштік дәрежесіне байланысты [28]. Зерттеу барысында марал етінен қорғасынның 0,007 мг/кг-нан аз іздері анықталды. Алайда қоректік тізбегіне енетін марал етіндегі қорғасынның концентрациясы Еуропалық Одақ белгілеген шекті рұқсат етілген деңгейден едәуір төмен. Сондай-ақ, марал етіндегі кадмий мен хромның мөлшері белгіленген нормалардан аспайды. Қолданыстағы санитарлық нормаларға сәйкес (Ресей, Қазақстан және Беларусь Кеден Одағының азық-түлік қауіпсіздігі жөніндегі КО ТР 021/2011 Техникалық Регламенті; Комиссияның № 466/2001 Ережесі (ЕК) бойынша еттегі уытты элементтердің рұқсат етілген концентрациясы: қорғасын (Pb) үшін – 0,5 мг/кг, кадмий (Cd) үшін – 0,05 мг/кг.

Қорытынды

Зерттеу нәтижелері марал етіндегі макро- және микроэлементтердің құрамын толығырақ сипаттауға мүмкіндік береді. Бұл деректер диетологияның талаптарын ескере отырып, жаңа функционалды тамақ өнімдерін әзірлеу және рецептілерді болжау саласындағы қосымша зерттеулер үшін пайдалы болады. Азық-түлік қауіпсіздігі мәселесі өзекті бола түсуде және оның маңыздылығы артып келеді. Ет өнімдерінің қауіпсіздігін зерттеу ерекше маңызға ие болып отыр, өйткені бұл зерттеулер Қазақстан Республикасында ет және ет өнімдерін өндіруді кеңейтуге ықпал етеді, сонымен қатар ет өнімдерінің экспорты мен импортын ынталандыруы мүмкін. Сыртқы сауда рәсімдері азық-түлік қауіпсіздігінің қатаң нормалары мен жоғары стандарттарын, сондай-ақ ет және ет өнімдерін ветеринариялық-санитариялық тұрғыдан мұқият тексеруді талап етеді.

ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Ballschmiter K. Environmental impact of contaminants. *Pure Appl Chem* 1996; 68:1771-1780.
2. Gadzala-Kopciuch R., Berecka B., Bartoszewicz J., Buszewski B. Determination of environmental pollutants in the ecosystem. *Polish J Environ Studies* 2004; 13:453-462.
3. Kümmerer K. Antimicrobial substances in the environment: Risks and consequences. *J Antimicrob Chemother* 2004; 54:311-320.
4. Lema M.W., Ijumba J.N., Njau K.N., Ndakidemi P.A. Environmental implications of heavy metals and their impact on health. *Int J Eng Res General Sci* 2014; 2:852-863.
5. Луницын В.Г., Неприятель А.А. Безотходная технология переработки продукции пантового оленеводства // Сиб. вестн. с.-х. науки. - 2016. - № 5. - 83-91.
6. Луницын В.Г., Неприятель А.А. Новые продукты функционального питания на основе продукции мараловодства // Сиб. вестн. с.-х. науки. - 2017. - № 4. - 87-92.
7. Луницын В.Г., Белозерских И.С. Анализ биохимического состава биосубстанций полученных ферментативным гидролизом в поле ультразвука // Проблемы пантового оленеводства и пути их решения: сб. науч. тр. ВНИИПО. - Барнаул, 2016. - Т. 9. - С. 139-142.
8. Гречко Г.М., Нерушай С.А., Иванков А.И. Способ переработки пантов маралов и северных оленей в ультрадисперсный порошок. Патент № RU 2 291 701 C2 МПК A61K 35/32, A01N 1/02, опубл. 20.01.2007 г.
9. Malhat F., Hagag M., Saber A., Fayz A.E. Occurrence of environmental pollutants in animal tissues. *Bull Environ Contam Toxicol* 2012; 88:611-613.
10. Polak T., Rajar A., Gašperlin L., Zlender B. Heavy metal concentration in meat products. *Meat Sci* 2008; 80:864-869.
11. Peshuk L.V., Shtyk I.I. Proceedings of the Scientific Conference: Perspective technologies of food products produced from animal and plant raw materials, 20 May 2013. Kiev: National University of Food Technology: p. 38-41. [In Russian]
12. Шәкібаева Г.Х. Метрология, стандарттау және сертификаттау негіздері: оқу құралы, Алматы: Қазақ университеті, 2012 – 242 б.
13. Parés-Casanova P.M., Korzhikenova N., Sambetbaev A., Iglukov O. Research on the nutritional composition of wild animal meats. *Global J Anim Sci Res* 2015; 3:166-170.
14. Bah C.S.F., Bekhit A., Carne A., McConnell M.A. Meat quality and trace metal analysis in animal tissues. *J Sci Food Agric* 2015; Early View. DOI:10.1002/jsfa.7062.
15. Lix L.M., Keselman J.C., Keselman H.J. Statistical analysis in educational research. *Rev Educ Res* 1996; 66:579-619.
16. U.S. FDA Food Contact Substances: 21 CFR sections 174-189, Federal Register, Effective Food Contact Notifications, Prior Sanctioned Letters, GRAS Notices, Threshold of Regulations Exemptions.

Available at: [https://www.fda.gov/food/packaging-food-contact-substances-fcs/determining-regulatory-status-components-food-contact-material#cfr174].

17. Commission Regulation (EC) No. 466/16 March 2001 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. *Official Journal* L 77:1-13.

18. The Technical Regulation of the Russia-Kazakhstan-Belarus Customs Union (CU) on Food Safety (TR CU 021/2011). Adopted by the CU Commission decision No. 880, December 9, 2011. Effective July 1, 2013.

19. The Technical Regulations of the Customs Union on the Safety of Meat and Meat Products (TR CU 034/2013). Approved by the Board of the Eurasian Economic Commission No. 68, October 9, 2013.

20. Jarzyńska G., Falandysz J. Heavy metals in wild game meat: Environmental and dietary implications. *Environ Int* 2011; 37:882-888.

21. Skibniewski M., Skibniewska E.M., Kośla T. Environmental contamination in wildlife and its effect on meat safety. *Environ Sci Pollut Res* 2014; DOI 10.1007/s11356-014-4007-0. [E-pub ahead of print, Dec 30, 2014].

22. Gasparik J., Massányi P., Slamecka J., Fabis M., Jurcik R. Trace element concentrations in the tissues of wild animals. *Environ Sci Health* 2004; 39:2105-2111.

23. Falandysz J., Szymczyk-Kobrzyńska K., Brzostowski A., Zalewski K., Zawadowski A. Assessment of heavy metals in wild animal meat. *Food Addit Contam* 2005; 22:141-149.

24. Kaliaskarova B.A., Kassymova Z.S. Innovative development of food production and processing. Proceedings of the Scientific Conference: Innovative development of food, light, and hospitality industry, October 17-18, 2013. Almaty: Almaty Technological University; p. 86-88.

25. Bilandzic N., Sedak M., Vratarić D., Perić T., Simić B. Analysis of environmental pollutants in game meat. *Sci Total Environ* 2009; 407:4243-4247.

26. Lazarus M., Prevendar-Crnić A., Bilandžić N., Kusak J., Reljić S. Analysis of heavy metals in wild game from Croatia. *Arh Hig Rada Toksikol* 2014; 65:281-292.

27. Oomen A.G., Hack A., Minekus M., Zeijdner E., Verstraete W., Van de Wiele T., Wragg J., Rempelberg C.J.M., Sips A.J.A.M., Van Wijnen J.H. Environmental impacts of food contaminants. *Environ Sci Technol* 2002; 36:3326-3334.

28. Čadková Z., Száková J., Miholová D., Horáková B., Kopecký O., Krivská D., Langrová I., Tlustoš P. Trace elements in agricultural products and their food safety implications. *J Agric Food Chem* 2015; 63:2344-2354.

REFERENCES

1. Smagulova, B.S. (2014). Ekinshi ainylymdagy sūt shikizatyryn kaıta öndeudin kaldyksyz tekhnologiyasy [Waste-Free Technology for

Reprocessing Secondary Milk Raw Materials]. Pavlodar: Kereku. 100 p. (in Kazakh).

2. Kanareikina, S.G. (2014). Kombinirovannyi produkt s ispol'zovaniem sukhogo kobyly'ego moloka [Combined Product Using Dried Mare's Milk]. Konevodstvo i konnyi sport, (2), 29-31. (in Russian).

3. Saburova, K.M. (2002). Razrabotka tekhnologii kislomolochnykh napitkov smeshannogo syr'evo-go sostava, obogashchennykh biologicheski aktivnymi veshchestvami [Development of Technology for Fermented Milk Drinks of Mixed Raw Composition Enriched with Biologically Active Substances]. PhD Dissertation. St. Petersburg. 172 p. (in Russian).

4. Kuznetsov, V.V. (Ed.). (2005). Spravochnik tekhnologa molochnogo proizvodstva. Tekhnologiya i retseptury. T.6. Tekhnologiya detskikh molochnykh produktov [Handbook of the Dairy Technologist. Technology and Formulations. Vol. 6: Technology of Children's Dairy Products]. Moscow. 506 p. (in Russian).

5. Yakunin, A.V., Sinyavskii, Yu.A., & Ibraimov, Y.S. (2017). Otsenka pishchevoi tsennosti kobyly'ego moloka i kislomolochnykh produktov na ego osnove i vozmozhnosti ikh ispol'zovaniya v detskom pitanii [Evaluation of Nutritional Value of Mare's Milk and Fermented Milk Products Based on It and Their Potential Use in Child Nutrition]. Voprosy sovremennoi pediatrii, 16(3), 235-240. <https://doi.org/10.15690/vsp.v16i3.1734>. (in Russian).

6. Faust, E.A., & Osina, T.S. (2018). Osnovy biotekhnologii produktov iz syr'ya rastitel'nogo i zhivotnogo proiskhozhdeniya: metodicheskie ukazaniya po vypolneniyu laboratornykh rabot [Fundamentals of Biotechnology of Products from Plant and Animal Raw Materials: Laboratory Guidelines]. Saratov: Saratovskii GAU. 46 p. (in Russian).

7. Temerbaeva, M.V. (2014). Podbor polisakharidnogo kompleksa dlya stabilizatsii struktury bioigurta na osnove koz'ego moloka [Selection of a Polysaccharide Complex to Stabilize the Structure of Bioyogurt Based on Goat Milk]. In Agrarnaya nauka sel'skomu khozyaistvu, Vol. 3, pp. 205-207. Altai State Agraria n University. (in Russian).

8. Mukherjee, P.K., et al. (2014). Immunomodulatory Leads from Medicinal Plants. Indian Journal of Traditional Knowledge, 13(2), 235-256.

9. Nikolaeva, O.Yu. (2020). Klassifikatsiya lekarstvennykh sredstv prirodnogo proiskhozhdeniya i travyanykh sborov dlya ukrepleniya zdorov'ya v fitoterapii [Classification of Medicinal Products of Natural Origin and Herbal Collections for Health Improvement in Phytotherapy]. Farmatsiya Kazakhstan, (9), 36-40. (in Russian).

10. Silant'eva, L.A., & Kharitonova, I.B. (2015). Perspektivy ispol'zovaniya lekarstvennykh trav pri proizvodstve molochnykh produktov [Prospects for the Use of Medicinal Herbs in Dairy Production]. In Proceedings of the International Scientific-Practical

Conference “Food Security and Scientific Support for the Development of the Domestic Industry of Competitive Food Ingredients”, St. Petersburg, pp. 185–187. (in Russian).

11. Duzbaeva, N.A., et al. (2020). Fitokhimicheskii sostav rastenii *Thymus serpyllum* L. i issledovanie antibakterial'noi aktivnosti [Phytochemical Composition of *Thymus serpyllum* L. and Study of Antibacterial Activity]. *Vestnik Evraziiskogo natsional'nogo universiteta imeni L.N. Gumileva*, 1(130), 68–75. (in Russian).

12. Vasilevskaya, E.R., Aryuzina, M.A., & Vetrova, E.S. (2021). Comparative Study of Technologies for Extraction of Biologically Active Substances from Raw Material of Animal Origin. *Theory and Practice of Meat Processing*, 6(3), 226–235.

13. Mezenova, N.Y., et al. (2021). Obtaining and Estimating the Potential of Protein Nutraceuticals from Highly Mineralized Collagen-Containing Beef Raw Materials. *Theory and Practice of Meat Processing*, 6(1), 10–22.

14. Temerbaeva, M.V., & Bekseitov, T.K. (2017). Razrabotka tekhnologii bioiogurta dlya funktsional'nogo pitaniya na osnove koz'ego moloka [Development of Technology of Bioyogurt for Functional Nutrition Based on Goat Milk]. *Vestnik Omskogo GAU*, 1(25), 120–126. (in Russian).

15. Reshetnik, E.I., & Utochkina, E.A. (2011). Razrabotka tekhnologii fermentirovannogo molochno-rastitel'nogo napitka s funktsional'nymi svoistvami [Development of Technology of Fermented Dairy-Plant Beverage with Functional Properties]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv*, (2), 58–62. (in Russian).

16. Evdokimova, O.V., & Ivanova, T.N. (2017). Vliyanie zakvasochnykh kul'tur na potrebitel'skie svoistva iogurtov [Influence of Starter Cultures on Consumer Properties of Yogurts]. *Sovremennaya nauka i innovatsii*, (1), 206–208. (in Russian).

17. Safonov, D.A. (2005). Ispol'zovanie funktsional'nykh ingredientov dlya proizvodstva zhevatel'nykh konditerskikh izdelii [Use of Functional Ingredients for the Production of Chewing Confectionery]. In *Proceedings of the International Scientific-Practical Conference “Tekhnologii i produkty zdorovogo pitaniya”*, Moscow: MGUPP, June 6–8, p. 193. (in Russian).

18. Krivchenko, V.N., & Sheveleva, O.V. (2013). Kislomolochnye produkty: innovatsionnye tekhnologii v proizvodstve [Fermented Milk Products: Innovative Technologies in Production]. *Vestnik Sibirskogo universiteta potrebitel'skoi kooperatsii*, (4), 123–129. (in Russian).