



Хүнсний бүтээгдэхүүний аюулгүй байдал: Хүнсний зарим бүтээгдэхүүн дэх УЗОБ-ын бохирдол

Бархүү Баярмаа^{1*}, Мөнхжаргал Одончимэг¹, Намжил Эрдэнэчимэг¹, Дамдиндорж Мөнгөннاران¹,
Сүрэнжав Энхтуул²

¹Хүнсний химийн лаборатори, Хими, Химийн Технологийн Хүрээлэн, Шинжлэх Ухааны Академи,
Улаанбаатар 13330, Монгол улс

²Органик бус химийн лаборатори, Хими, Химийн Технологийн Хүрээлэн, Шинжлэх Ухааны Академи,
Улаанбаатар 13330, Монгол улс

*E-mail: bbayarma@mas.ac.mn
ORCID: [0000-0002-8509-9198](https://orcid.org/0000-0002-8509-9198)

Хүлээн авсан: 22.11.2022

Хяналтанд: 09.12.2022

Хэвлэлтэнд авсан: 31.12.2022

Хураангуй: Хоол, хүнс нь хүний амьдралын хэвийн үйл ажиллагааг зохицуулах, гадаад болон дотоод орчны сөрөг нөлөөг эсэргүүцэх, өвчин эмгэгээс сэргийлэх, эрүүл мэндийг дэмжих үйлчлэл бүхий бодисын цогц бөгөөд аюулгүй байх ёстой. Хүнсний аюулгүй байдал нь хүн амыг эрүүл, аюулгүй, тэжээллэг хоол хүнсээр байнга хүртээмжтэй хангахад оршдог бол хүнсний бүтээгдэхүүний аюулгүй байдал нь хүн амыг бохирдоогүй хүнсээр хангахыг хэлэх бөгөөд хүнсний аюулгүй байдал нь өөртөө бүтээгдэхүүний аюулгүй байдлыг багтаадаг. Хүн бүр аюулгүй, шим тэжээлтэй хүнсээр хангагдах эрхтэй бөгөөд бүтээгдэхүүний аюулгүй байдал алдагдахад хүүхдийн суралцах болон насанд хүрэгчдийн ажиллах бүтээмжийг бууруулдаг. Хүн бүр эрүүл идэвхтэй амьдрахад хэрэгцээт хоол хүнсээр хангагдаж байх нөхцөл бүрдсэн үед, хүнсний баталгаа хангагдлаа гэж үздэг. Хүнсний бүтээгдэхүүнд эрүүл мэндэд сөргөөр нөлөөлж болзошгүй бохирдуулагч агуулагдаж байгааг хүнсний бохирдол гэнэ. Бохирдуулагчдад зориудаар нэмээгүй үйлдвэрлэл, савлагаа, тээвэрлэлт эсвэл хадгалалтын төрөл бүрийн шатанд мөн хүрээлэн буй орчны бохирдлоос хүнсэнд бий болох боломжтой хүнсний чанарт сөргөөр нөлөөлж, хүний эрүүл мэндэд эрсдэл учруулж болзошгүй нэгдлүүд хамаарна. Эдгээр бохирдуулагчийн нэг нь тосонд уусамтгай, биохуримтлал үүсгэдэг, химийн болон биологийн задралд орохгүй тогтвортой, хүн болон амьд организмд онцгой хортой удаан задардаг органик бохирдуулагч (УЗОБ) юм. Бид судалгаандаа хонь, үхэр, адуу, загас, тахианы мах, өндөг, сүү, цөцгийн тос, жимс гэх мэт 24 нэр төрлийн дотоодын болон импортын хүнсний бүтээгдэхүүний дээж цуглуулж, боловсруулан удаан задардаг органик бохирдуулагчидын (УЗОБ) агуулгыг өндөр мэдрэмжит багажит шинжилгээний аргаар Швед, Герман улсын УЗОБ-ын шинжилгээний итгэмжлэгдсэн лабораторид тодорхойлуулсан.

Түлхүүр үг: бохирдуулагч, биохуримтлал, хүн, амьд организмд хортой, химийн болон биологийн задрал

ОРШИЛ

Хүнсний баталгаат байдлыг хангахад хангамж, хүртээмж, хэрэглээ, тогтвортой байдал зэрэг 4 суурь хүчин зүйлс оролцох бөгөөд хөдөө аж ахуйн анхан шатны үйлдвэрлэгчээс хэрэглэгч хүртэлх бүх шатны оролцогчдод хамаарах чухал асуудал юм. Хүнсний бүтээгдэхүүн нь хүний эрүүл мэндэд сөрөг нөлөө үзүүлэх өвчин үүсгэгч, химийн бодисын үлдэгдэлгүй, бичил биетний бохидолгүй, тэжээллэг чанарын үзүүлэлтүүдийн шаардлагыг хангасан байхыг хүнсний аюулгүй байдал гэнэ.

Дэлхийн хүн ам, экосистемийн эрүүл мэндэд онцгой хортойд тооцогдож буй бүлэг органик бодист удаан задардаг органик бохирдуулагч (УЗОБ) хамаардаг. УЗОБ нь олон галогент нүүрс устөрөгчид бөгөөд ихэвчлэн хлор (Cl), бром (Br), фтор (F) агуулсан байдаг. УЗОБ-ын ихэнхийг хүмүүс зориудаар үйлдвэрлэж аж үйлдвэр, хөдөө аж ахуй, эрүүл мэндийн салбарт хортон шавьж болон зарим өвчинтэй тэмцэхэд, үйлдвэрлэлийн зориулалттай

материал, түүхий эдийн шатамхай чанарыг бууруулах, галт тэсвэртэй чанарыг сайжруулах гэх мэт зорилгоор нэмэлт болгон ашигладаг байсан. Эдгээр бодисууд нь үүсэж бий болсон цагаасаа олон арван жилийн туршид задарч үгүй болохгүйгээр хорт чанараа хадгалсаар байдаг онцлогтой. Дэлхийн аль нэг хэсэгт үүссэн УЗОБ нь ууршиж салхиар, эсвэл гол, далай тэнгисийн усаар үүссэн газраасаа хэдэн мянган километр зөөгдөн хур борооны устай хамт эргэж хөрс, ус, ургамал, хүн амьтныг хордуулдаг. Улмаар хоол тэжээлийн гинжин хэлхээнд орж байгаль дээр бохирдлын битүү хэлхээ үүсгэдэг байна. УЗОБ-ыг дотор нь 3 ангилдаг: (1) Хлорорганик пестицидүүд (ОСР), үүнд гексахлорциклогексан (НСН), гексахлорбензол (НСВ), дихлор-дифенилтрихлорэтан (DDT) г.м.; (2) үйлдвэрийн химийн бодисууд, тухайлбал: полихлорт бифенил (РСВ), полибромт дифенил (PBDEs), перфтортоктан сульфонат (PFOS) г.м.; (3) үйлдвэрийн процесс, ил шаталт зэргээс зориудын

бусаар үүсдэг завсрын бүтээгдэхүүнүүд, тухайлбал: полихлорт дибензо-п-диоксин (PCDDs), полихлорт дибензофуран (PCDFs), полиароматик нүүрсустөрөгч (PAHs) хамаардаг [1-4].

УЗОБ-ын хор аюулыг дэлхийн улс орнууд хүлээн зөвшөөрч, 2001 оны 5-р сард УЗОБ-ын хор нөлөөлөөс хүний эрүүл мэнд, байгаль орчныг хамгаалах зорилго бүхий Удаан задардаг органик бохирдуулагчийн тухай Стокольмын конвенцийг батлан 2004 онд хүчин төгөлдөр болсон [1, 2].

УЗОБ-ууд нь усанд муу, тосонд сайн уусдаг учраас хүн, амьтны өөхлөг эд эрхтэнд хуримтлагдан бодисын солилцоонд орж биеэс ялгарч гардаггүй учраас бага тунгаар байнга хордоход хуримтлагдсаар өндөр хэмжээнд хүрдэг онцлогтой. Иймээс хөрс, ус, агаарын бохирдлоос бидний өдөр тутмын хүнсний бүтээгдэхүүн ялангуяа мах, загас зэрэг амьтны гаралтай бүтээгдэхүүнд УЗОБ-ын бодис агуулагдаж болзошгүй тул бүтээгдэхүүнийг хянах, шинжлэх нь чухал асуудлын нэг. Хүмүүсийн УЗОБ-оор хордсон тохиолдлын 90% нь бохирдсон хүнс, тэр дундаа амьтны гаралтай хүнснээс үүдэлтэй гэж судлаачид үздэг байна [2].

Хэрэглэгчдийг бохирдсон хүнсний бүтээгдэхүүнээс хамгаалахын тулд үндэсний болон олон улсын олон байгууллага тухайлбал, Европын Хүнсний Аюулгүй Байдлын Газар (EFSA), Дэлхийн Эрүүл Мэндийн Байгууллага (WHO), АНУ-ын Хүнс, Эмийн Чанарын Хяналтын Хороо (FDA) зэрэг байгууллагуудаас дүрэм, журам боловсрогдсон байдаг байна [3]. Одоогийн байдлаар УЗОБ-д өртөх өртөлт, эрсдэлийн үнэлгээг хийх нь хүнсний бүтээгдэхүүний аюулгүй байдлын тулгамдаж байгаа асуудлын нэг болоод байна. Хүснэгт 1-д хүнсний зарим төрлийн бүтээгдэхүүнд илэрч бүртгэгдсэн УЗОБ нэгдлүүдийг харуулсан [3]. Үүнтэй уялдуулан монголчуудын хоол хүнсэндээ өргөн хэрэглэдэг

зарим нэрийн бүтээгдэхүүнд УЗОБ-ын бохирдлыг хянах анхны системчилсэн судалгааг Нэгдсэн үндэстний байгууллагын Байгаль орчны хөтөлбөртэй хамтран хэрэгжүүлсэн “Азийн бүсийн удаан задардаг органик бохирдуулагчийн мониторингийн судалгаа” (GEF ID4894, UNEP Code 4F32) бүсийн төслийн хүрээнд эхлүүлсэн.

СУДАЛГААНЫ МАТЕРИАЛ, АРГА ЗҮЙ

Шинжилгээнд ашигласан урвалж бодисыг “Цэцүүх трейд” ХХК, “Грийн Химистри” ХХК болон “Сигма Алдрич” - ээс худалдан авсан бөгөөд бүх бодис, урвалж химийн цэвэр зэрэглэлийнх байв. Энэхүү судалгаанд дотоодын болон импортын өргөн хэрэглээний 24 төрлийн хүнсний бүтээгдэхүүний дээжийг Улаанбаатар хотын зах, худалдааны төвүүдээс худалдаж авч ашигласан. Хүснэгт 2-т УЗОБ-ын бохирдол илрүүлэх шинжилгээнд хамруулсан хүнсний бүтээгдэхүүний нэр, хэмжээг дэлгэрэнгүй харуулсан болно.

Мах, махан бүтээгдэхүүний дээжийг гомогенжүүлэн, тослогийн хэмжээг Фольчийн аргаар, чийгийн хэмжээг жин тогтмолжуулах аргаар тус тус тодорхойлсон [5-9]. Гомогенжүүлсэн махны дээжийг гүн хөлдөөх аргаар, гүүний саам, үнээний сүүг тоосруулан хатаах аргаар, чацаргана жимсний шүүсийг гүн хөлдөөн хатаах аргаар, цөцгийн тос, өрөм, зөөхийг гүн хөлдөөх, өндгийг гомогенжүүлж гүн хөлдөөх аргаар тус тус бэлтгэсэн [5].

Дээжийг Фрайбургийн Их сургуулийн Хүнсний хими, мал эмнэлгийн шинжилгээний үндэсний хүрээлэн, Швед улсын Орбброгийн Их сургуулийн Шинжлэх ухаан ба технологийн сургууль, Амстердамын Их сургуулийн Хүрээлэн буй орчны судалгааны хүрээлэн зэрэг газруудын олон улсын лавлагаа лабораториудад шинжлүүлсэн. Эдгээр лабораториуд нь хүнсний бүтээгдэхүүнд УЗОБ-ын

Хүснэгт 1. Хүнсний бүтээгдэхүүнд илэрсэн УЗОБ-ын бохирдол

Хүнсний бүтээгдэхүүн	УЗОБ	Товчилсон нэрийн тайлбар (англи / монгол)
Өндөг	Диоксин/фуран, PCBs, OCPs, PFCs болон HBCDs	PCBs - polychlorinated biphenyls (полихлортбифенил)
Сүүн бүтээгдэхүүн (сүү, цөцгийн тос, бяслаг, зөөхий, тараг, йогурт, зайрмаг, г.м)	Диоксин/фуран, PCBs, OCPs болон PAHs	OCPs - organochlorine pesticide (хлороорганик пестицид)
Мах, махан бүтээгдэхүүн (гахай, тахиа, үхэр, зайдас, г.м)	Диоксин/фуран, PCBs OCPs, HBCDs болон PCNs	PFCs - perfluorochemicals (перфторт химийн бодис)
Үр тариа, гурил, хивэг	PAHs	HBCDs - hexabromocyclododecanes (гексабромциклододекан)
Будаа, жимс, хүнсний ногоо (байцаа, лууван, төмс, г.м)	OCPs, PCBs болон PAHs	PAHs - polyaromatic hydrocarbons (полиароматик нүүрсустөрөгч)
Зөгийн бал	OCPs	
Тос (ургамлын тос, оливын тос, г.м)	Диоксин/фуран, PCBs, OCPs, PFCs болон HBCDs	PCNs - polychlorinated naphthalenes (полихлорт нафталин)
Загас	OCPs, PCBs, PBDEs, PFOS, диоксин/фуран болон HBCDs	PFOS - perfluoroctane sulfonate (перфтороктан сульфонат)
Хясаа	OCPs, PCBs болон PBDEs	
Эмгэн хумс	PAHs	
Ус	PFOS, OCPs, PCBs болон PAHs	PBDEs - polybrominated diphenyl ethers (полибромт дифенилийн эфир)

Хүснэгт 2. УЗОБ-ын бохирдлыг шинжлэх дээжийн бүртгэл

№	Илгээсэн дээжийн нэр	УЗОБ-ын шинжилгээний бүлгүүд/ хэмжээ, г					
		OCPs(all)+PCB(6) at VU-E&H	Toxaphene at VU-E&H	PBDE+PBB+HBCD screening at VU-E&H	HBCD isomers at VU-E&H	dl-POPs at MTM	PFOS at MTM
1	Үхрийн мах		100г		100г	500г	-
2	Мөрөг загас-1	100г	-		100г	500г	нойтон жин 50г
3	Мөрөг загас-2	100г	-		100г	500г	нойтон жин 50г
4	Цурхай загас-3	100г	-		-	500г	нойтон жин 50г
5	Цурхай загас-4	100г	-		-	500г	нойтон жин 50г
6	Хонины мах		100г		100г	500г	-
7	Адууны мах	100г					-
8	Гахайн мах	100г					
9	Импортын тахианы мах-1	100г			100г	500г	нойтон жин 50г
10	Дотоодын “Оргио” тахианы мах-2	100г			100г	500г	нойтон жин 50г
11	Хонины сүүл	-				300г	нойтон жин 50г
12	“Түмэн шувуут” өндөг-1	4 өндөг, нойтон жин 100-150г		4 өндөг, нойтон жин 100-150г		20 өндөг, нойтон жин 500г	4 өндөг, нойтон жин 100-150г
13	“Баян” өндөг-2	4 өндөг, нойтон жин 100-150г		4 өндөг, нойтон жин 100-150г		20 өндөг, нойтон жин 500г	4 өндөг, нойтон жин 100-150г
14	“НВЦ” өндөг-3	4 өндөг, нойтон жин 100-150г		4 өндөг, нойтон жин 100-150г		20 өндөг, нойтон жин 500г	4 өндөг, нойтон жин 100-150г
15	Селсентэй өндөг-4	4 өндөг, нойтон жин 100-150г		4 өндөг, нойтон жин 100-150г		20 өндөг, нойтон жин 500г	4 өндөг, нойтон жин 100-150г
16	Үнээний сүү	-	-	-	-	300г	250г
17	“Өлзий” цөцгий-1	-		250г		100г	
18	“Миний монголын сүү” цөцгий-2	-		250г		100г	
19	Зөөхий-3	-		250г		100г	
20	Өрөм-4	-		250г		100г	
21	Чацарганы шүүс	500г					
22	Чацаргана жимс үрийн тос	-				300г	250г
23	Маалингын үр	500г					
24	Гүүний саам	-					

агууламжийг тодорхойлоход шингэний хроматографи-масс спектрометр (LC-MS), хийн хроматографи-масс спектрометр (GC-MS) болон хос массын спектрометр (GCxGC-MS)-ын багажуудыг ашигласан ба дээжийг шинжилгээнд бэлтгэхдээ Сокслетын арга (SOX), хатуу-шингэний (SLE), хатуу фазын (SPE), хатуу фазын микро (SPME), богино долгионы зуух ашиглан хандлах (MAE), шингэн-шингэний (LLE), даралтат шингэний (PLE), соронзон хутгалттай (SBSE) зэрэг хандлалтын аргуудыг ашигласан болно.

ҮР ДҮН, ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

Амьтны гаралтай бүтээгдэхүүнийг гомогенжүүлэн хөлдөөн хатаахын өмнө чийг, нийт тосны агууламжийг тодорхойлж үр дүнг Хүснэгт 3-т харууллаа. Хүснэгтээс харахад амьтны гаралтай мах махан бүтээгдэхүүнээс гахайн мах хамгийн өндөр өөх тосны буюу 31.11%-ийн агууламжтай байна. Харин 2 төрлийн загасны чийг ойролцоо (77.5-77.8%) байсан бол өөх, тосны агууламжаар “Мөрөг загас” нь “Цурхай” загаснаас 2.2 дахин их байна. Тахианы махны хувьд “Оргио” тахианы махны тосны агууламж импортын тахианаас 1.2 дахин их,

чийг 0.79%-иар бага байгаа нь харагдаж байна. Малыг махны хувьд хонины мах хамгийн бага чийгийн агууламжтай (66.0%) ба өөх тосны агууламж 18.74% буюу хамгийн өндөр нь байна. Манай улсын өргөн хэрэглээний хүнсний зарим бүтээгдэхүүнд тодорхойлсон PCBs (полихлортбифенил)-ийн агууламжийг Хүснэгт 4-т, OCPs (хлорорганик пестицид)-ийн агууламжийг Хүснэгт 5-д, dl-POPs (диоксин төст УЗОБ)-ийн агууламжийг Хүснэгт 6-д, токсафены агууламжийг Хүснэгт 7-д, BFR (галд тэсвэртэй бромт нэгдлийн агууламжийг Хүснэгт 8-д тус тус дэлгэрэнгүй харууллаа.

Хүснэгт 3. Амьтны гаралтай хүнсний бүтээгдэхүүнүүд дэх чийг, тосны агууламж

№	Дээжний нэр	Чийг, %	Тос, %
1	Мөрөг загас	77.8	2.84
2	Цурхай загас	77.5	1.30
3	Импортын тахианы мах	73.8	2.43
4	“Оргио” тахианы мах	74.6	2.84
5	Гахайн мах	55.7	31.11
6	Адууны мах	69.7	6.59
7	Хонины мах	66.0	18.74
8	Үхрийн мах	78.2	1.40

Хүснэгт 4. Полихлортбифенилийн (PCBs) агууламж, мг/кг, дээжний жинд

УЗОБ	Мах махан бүтээгдэхүүний дээжний нэр							Тахианы мах	
	Үхрийн мах	Мөрөг загас-2	Цурхай загас-3	Цурхай загас-4	Хонины мах	Адууны мах	Гахайн мах	Импорт - 1	Оргио - 2
	PCB 28	<0.15	*0.28	<0.16	<0.11	<0.72	<0.17	<1.3	<0.14
PCB 52	*0.07	1.1	*0.07	*0.08	<0.28	*0.06	<0.3	*0.05	*0.31
PCB 101	<0.11	3.5	*0.19	*0.25	<0.51	<0.13	<1	<0.1	<0.51
PCB 153	*0.1	2.4	*0.22	0.32	*0.4	*0.11	<0.63	<0.07	<0.35
PCB 138	<0.11	3.1	*0.23	0.36	<0.53	<0.15	<1.2	<0.1	<0.53
PCB 180	<0.11	*0.25	<0.13	<0.09	<0.54	<0.14	<1.1	<0.1	<0.54

УЗОБ	Бусад дээжний нэр						Маалингын үр
	“Түмэн шувуут” өндөг-1	“Баян” өндөг-2	“НВЦ” өндөг-3	Селентэй өндөг-4	Чацарганы шүүс		
PCB 28	<0.22	<0.22	<0.22	<0.21	<0.88	<0.88	
PCB 52	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<1	<1	
PCB 101	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<1.3	<1.3	
PCB 153	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.75	<0.76	
PCB 138	<0.13	<0.13	<0.13	<0.12	<0.79	<0.79	
PCB 180	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.61	<0.61	

Хүснэгт 5. Хлорорганик пестицидийн (ОСР) агууламж, мг/кг, дээжний жинд

УЗОБ	Мах махан бүтээгдэхүүний дээжний нэр							Тахианы мах	
	Үхрийн мах	Мөрөг загас-2	Цурхай загас-3	Цурхай загас-4	Хонины мах	Адууны мах	Гахайн мах	Импорт - 1	Оргио - 2
	α-НСН	<0.04	1.1	0.06	0.07	<0.17	0.1	0.4	<0.03
β-НСН	*0.13	0.33	<0.06	<0.04	*0.56	*0.12	<0.44	<0.06	<0.33
Линдан (γ-НСН)	<0.13	*0.22	<0.13	*0.09	<0.62	*0.14	<1	<0.12	<0.62
Гептахлор	<0.007	NA	<0.006	<0.005	<0.03	<0.007	<0.05	<0.007	<0.03
Цисгептахлор-эпоксид	<0.07	<0.01	<0.009	<0.007	<0.34	<0.01	<0.07	<0.07	<0.34
Трансгептахлор-эпоксид	<0.05	<0.07	<0.06	<0.04	<0.25	<0.06	<0.5	<0.05	<0.25
α-Эндосульфан	<0.1	<0.01	<0.009	<0.007	<0.49	<0.01	NA	<0.09	NA
Альдрин	<0.02	<0.01	<0.009	<0.007	<0.09	<0.01	<0.08	<0.02	<0.09
Дильдрин	<0.32	<0.45	<0.43	<0.3	<1.5	<0.44	<3.4	<0.3	<1.6
Эндрин	<0.12	<0.17	<0.16	<0.11	<0.59	<0.17	<1.3	<0.11	<0.6
Цис-хлордан	<0.06	<0.07	<0.06	<0.05	<0.3	<0.07	<0.52	<0.06	<0.3
Транс-хлордан	<0.12	<0.15	<0.14	<0.1	<0.59	<0.15	<1.1	<0.11	<0.59
Цис-нонахлор	<0.23	<0.3	<0.28	<0.2	<1.1	<0.29	<2.2	<0.22	<1.1
Транс-нонахлор	<0.16	<0.09	<0.08	<0.06	<0.76	<0.09	<0.68	<0.15	<0.77
Оксихлордан	<0.08	<0.11	<0.11	<0.07	<0.38	<0.11	<0.85	<0.07	<0.38
2,4'-DDT	<0.04	NA	<0.01	<0.008	<0.19	<0.01	<0.09	<0.04	<0.2
4,4'-DDT	<0.08	0.21	<0.06	<0.04	<0.37	<0.06	<0.47	<0.07	<0.37
2,4'-DDD	<0.03	0.14	0.04	0.03	<0.13	<0.0009	<0.007	<0.03	<0.13
4,4'-DDD	<0.02	0.47	*0.05	*0.03	<0.11	*0.03	*0.18	<0.02	<0.11
2,4'-DDE	<0.02	*0.05	0.04	*0.02	<0.08	<0.01	<0.11	<0.02	<0.08
4,4'-DDE	<0.05	1.3	0.4	0.35	<0.26	<0.06	<0.44	<0.05	<0.26
HCBDD	<0.06	*0.08	*0.06	*0.04	<0.27	0.13	*0.48	*0.08	<0.27
Пентахлорбензол	<0.01	0.06	0.03	0.03	<0.06	*0.03	<0.09	<0.01	<0.06
Гексахлорбензол	0.43	0.33	0.35	0.2	1.5	0.58	<0.19	*0.1	<0.26
Мирекс	<0.01	*0.04	<0.02	*0.01	<0.06	<0.02	<0.14	<0.01	<0.06

УЗОБ	Бусад дээжний нэр						Маалингын үр
	“Түмэн шувуут” өндөг-1	“Баян” өндөг-2	“НВЦ” өндөг-3	Селентэй өндөг-4	Чацарганы шүүс		
α-НСН	<0.09	<0.09	<0.09	<0.09	<0.03	<0.03	
β-НСН	*0.33	*0.33	<0.32	<0.31	<1.3	<1.3	
Линдан (γ-НСН)	<0.16	<0.16	*0.17	<0.16	<0.28	<0.28	
Гептахлор	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.33	<0.33	
Цис-гептахлор-эпоксид	<0.17	<0.17	<0.17	<0.17	<0.65	<0.66	
Транс-гептахлор-эпоксид	<0.19	<0.19	<0.19	<0.18	*1.9	<1	
α-Эндосульфан	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.09	<0.09	
Альдрин	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	NA	<0.31	
Дильдрин	*0.23	*0.21	*0.22	<0.21	<0.09	<0.09	
Эндрин	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.25	<0.25	
Цис-хлордан	<0.24	<0.24	<0.24	<0.23	<0.55	<0.56	
Транс-хлордан	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.19	<0.19	
Цис-нонахлор	<0.3	<0.3	<0.3	<0.29	<0.89	<0.9	
Транс-нонахлор	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.12	<0.12	
Оксихлордан	<0.09	<0.08	<0.09	<0.08	<0.15	<0.15	
2,4'-DDT	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.07	<0.26	
4,4'-DDT	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.28	<0.28	
2,4'-DDD	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.15	<0.15	

4,4'-DDD	<0.07	<0.07	<0.07	<0.06	<0.37	<0.37
2,4'-DDE	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.37	<0.37
4,4'-DDE	*0.05	*0.04	*0.05	*0.04	*0.6	<0.54
HCBD	*0.13	*0.11	*0.1	*0.13	<0.39	*0.89
Пентахлорбензол	*0.09	*0.09	*0.08	*0.08	*0.21	<0.17
Гексахлорбензол	*0.15	0.2	*0.11	*0.1	<0.01	<0.01
Мирекс	<0.07	<0.07	<0.07	*0.07	<0.09	*0.24

Хүснэгт 6. Диоксин, диоксин төст УЗОБ (dl-POPs) агууламж, нг/кг

УЗОБ	Мөрөг загас-2	Цурхай загас-3	Цурхай загас-4	Үхрийн мах	Хонины мах	Тахианы мах		Хонины сүүл	Чацарга-ны тос
						Импорт 1	Оргио 2		
Нэгж	нг/кг			нг/кг тос					
2,3,7,8-Cl4DD	<0.02	<0.02	<0.02	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.02
1,2,3,7,8-Cl5DD	<0.02	<0.02	<0.05	<0.03	<0.07	<0.03	<0.15	<0.03	<0.02
1,2,3,4,7,8-Cl6DD	<0.02	<0.02	<0.02	<0.07	<0.08	0.17	<0.1	<0.06	<0.0
1,2,3,6,7,8-Cl6DD	<0.02	<0.02	<0.02	<0.06	0.07	0.2	<0.1	0.05	<0.05
1,2,3,7,8,9-Cl6DD	<0.02	<0.02	<0.02	<0.06	<0.04	<0.09	<0.04	<0.03	<0.05
1,2,3,4,6,7,8-Cl7DD	<0.10	<0.10	<0.10	0.35	0.17	2.86	0.71	<0.15	<0.10
Cl8DD	<0.2	<0.2	<0.2	1.41	0.41	4.68	3.38	<0.30	<1.00
2,3,7,8-Cl4DF	<0.02	0.31	<0.05	0.33	0.05	0.39	0.74	0.03	<0.05
1,2,3,7,8-Cl5DF	<0.02	0.02	<0.02	0.14	0.03	0.14	<0.1	0.03	<0.03
2,3,4,7,8-Cl5DF	<0.02	0.03	<0.03	0.35	0.3	0.22	<0.18	0.24	<0.03
1,2,3,4,7,8-Cl6DF	<0.02	<0.02	<0.02	0.37	0.46	0.34	0.17	0.34	<0.05
1,2,3,6,7,8-Cl6DF	<0.02	<0.02	<0.02	0.25	0.29	0.15	<0.11	0.23	<0.05
1,2,3,7,8,9-Cl6DF	<0.02	<0.02	<0.02	<0.03	<0.03	<0.08	<0.1	<0.06	<0.05
2,3,4,6,7,8-Cl6DF	<0.02	<0.03	<0.02	0.16	0.12	0.16	<0.1	0.13	<0.05
1,2,3,4,6,7,8-Cl7DF	<0.06	<0.06	<0.06	0.34	0.34	0.5	0.3	0.25	<0.1
1,2,3,4,7,8,9-Cl7DF	<0.06	<0.06	<0.06	<0.09	<0.09	<0.14	<0.10	<0.09	<0.1
Cl8DF	<0.2	<0.2	<0.2	<0.30	<0.30	0.8	<0.50	<0.30	<1
WHO2005-TEQPCDD/PCDF	0.000	0.04	0.000	0.23	0.20	0.25	0.10	0.15	0.000
PCB 77	<2.0	96.7	5.1	26.6	5.5	62.5	69.8	3.3	7.3
PCB 81	<0.5	5.9	0.7	2.2	0.6	2.5	4.6	0.5	<0.5
PCB 126	<0.5	10.9	1.4	6.6	2.5	2.2	2.1	3.1	<0.5
PCB 169	<0.5	1	1.9	0.8	0.7	<0.5	<0.5	0.6	<0.5
PCB 105	11	2740	44	199	83	374	256	57	20
PCB 114	<5	161	<5	18	<7	34	22	<9	<5
PCB 118	28	5530	126	723	208	956	693	132	48
PCB 123	<5	105	<5	16	<5	27	15	<5	<5
PCB 156	<5	261	11	59	30	85	57	26	<5
PCB 157	<5	58	<5	10	7	21	10	<6	<5
PCB 167	<5	124	5	32	8	44	22	9	<5
PCB 189	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
WHO2005 TEQPCB	0.00	1.40	0.203	0.72	0.28	0.27	0.25	0.34	0.003
WHO2005 TEQtotal	0.00	1.44	0.203	0.95	0.48	0.52	0.35	0.49	0.003
UB WHO2005-TEQPCDD/PCDF	0.06	0.10	0.10	0.31	0.31	0.32	0.40	0.31	0.09
UB WHO2005 TEQtotal	0.13	1.50	0.30	1.03	0.59	0.61	0.66	0.59	0.16

Хүснэгт 7. Токсафены агууламж, мг/кг дээжний жин

Мах махан бүтээгдэхүүний дээжний нэр/код								
Матриц	Үхрийн мах	Мөрөг загас-1	Мөрөг загас-2	Хонины мах	Тахианы мах		Зөөхий - 3	Өрөм-4
					Импорт - 1	Оргио - 2		
CHB26	<0.15	<0.17	<0.18	<0.74	<0.15	<0.08		
CHB50	<0.04	<0.04	*0.04	<0.19	<0.04	<0.02		
CHB62	<0.56	<0.59	<0.64	<2.7	<0.54	<0.28		
Бусад дээжний нэр/код								
	“Түмэн шувуут” өндөг - 1	“Баян” өндөг - 2	“НВЦ” өндөг - 3	Селентэй өндөг - 4	“Өлзий” цөцгий - 1	“Миний монголын сүү” цөцгий - 2		
CHB26	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.48	<0.47	<0.48	<0.46
CHB50	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.49	<0.49	<0.49	<0.48
CHB62	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.48	<0.48	<0.48	<0.47

Хүрээлэн буй орчин, хүнс, хүний биологийн шингэн болон эдийн дээжинд РСВ-ийн зургаан конгенер (PCB 28, 52, 101, 138, 153, 180) нэгдэл өндөр давтамжтай илэрдэг тул олон улсад эдгээр РСВ-г бохирдлын илтгэгч индикатор болгон ашигладаг.

Шинжилгээнд хамрагдсан дээж (махны 6, загасны 3, өндөгний 4, түүнчлэн ургамлын гаралтай 2)-нд ΣPCB нийлбэр агууламжийг тооцож, Европын холбооны улсын ЕС 1881/2006 шаардлагатай [10] харьцуулахад мөрөг загаснаас бусад дээжинд

Хүснэгт 8. Полибромт дифенилийн эфир (PBDE), полибромт бифенилийн эфир (PB153) болон гексабромциклододеканы (HBCD агууламж, мг/кг дээжний жинд)

Мах махан бүтээгдэхүүний дээжний нэр/код							
Матриц	Үхрийн мах	Мөрөг загас - 1	Мөрөг загас - 2	Хонины мах	Тахианы мах		Оргно - 2
					Импорт - 1	Оргно - 2	
BDE 17	<0.07	<0.08	<0.09	<0.36	<0.07	<0.04	
BDE 28	<0.05	<0.05	*0.07	<0.23	<0.05	<0.02	
BDE 47	<0.15	<0.17	1.1	<0.71	<0.14	<0.07	
BDE 99	<0.08	<0.009	<0.01	<0.39	<0.08	<0.04	
BDE 100	<0.13	<0.05	*0.18	<0.6	<0.12	<0.06	
BDE 153	<0.08	<0.07	<0.08	*0.59	*0.12	<0.04	
BDE 154	<0.14	<0.15	<0.17	<0.68	<0.14	<0.07	
BDE 183	<0.2	<0.22	<0.24	<0.97	<0.19	<0.1	
BDE 209	<0.29	<0.28	<0.3	<1.4	<0.27	<0.14	
PBB 153	<0.01	<0.06	<0.06	<0.07	<0.01	<0.007	
α-HBCD	<0.02	*0.02	<0.5	<0.09	<0.02	<0.009	
β-HBCD	<0.02	<0.02	<0.02	<0.09	<0.02	<0.009	
γ-HBCD	<0.02	<0.02	<0.02	<0.09	<0.02	<0.009	

Бусад дээжний нэр/код								
	“Түмэн шувуут” өндөг-1	“Баян” өндөг-2	“НБИЦ” өндөг-3	Селентэй өндөг-4	“Өлзий” цөцгий-1	“Миний монголын сүү” цөцгий-2	Зөөхий-3	Өрөм-4
BDE 17	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.3	<0.3	<0.3	<0.29
BDE 28	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
BDE 47	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.31	<0.3	<0.31	<0.3
BDE 99	<0.03	<0.02	<0.02	<0.02	<0.22	*0.23	*0.26	*0.22
BDE 100	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.16	<0.15	<0.16	<0.15
BDE 153	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.58	<0.57	<0.57	<0.56
BDE 154	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.58	<0.58	<0.58	<0.56
BDE 183	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.08	<0.08	<0.08	<0.07
BDE 209	<0.23	<0.22	<0.23	<0.22	*0.16	3.1	1.3	0.42
PBB 153	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.27	<0.26	<0.27	<0.26
α-HBCD	<0.01	<0.05	<0.01	<0.01	<0.12	<0.12	<0.12	<0.12
β-HBCD	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.12	<0.12	<0.12	<0.12
γ-HBCD	<0.01	NA	NA	NA	<0.12	0.83	<0.12	<0.12

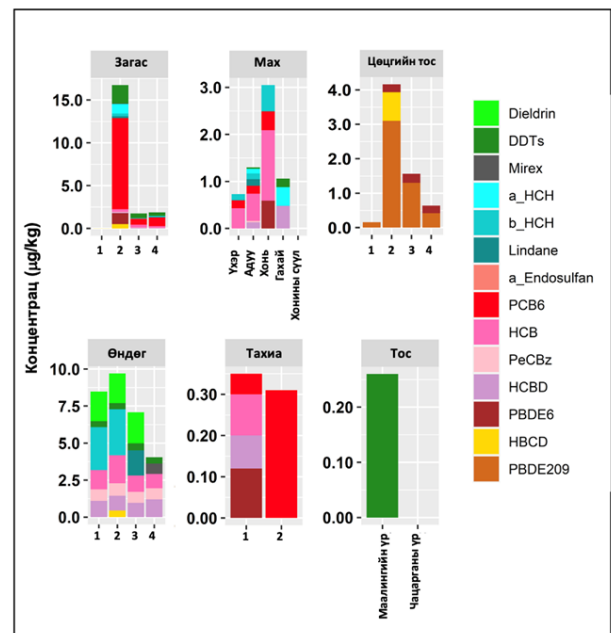
ΣPCB хүлцэх хэмжээнд гарсан. Мөрөг загасны дээжид ΣPCB 2.3 мг/кг (нойтон жинд) илэрсэн нь Европын холбооны улсад мөрдөгддөг (125 мкг/кг) хэмжээнээс 18 дахин их байна.

PCB-ийн 209 конгенер дотор хоруу чанар өндөртэй арван хоёр PCB (77, 81, 126, 169, 105, 114, 118, 123, 156, 157, 167, 189) илэрснийг диоксин, диоксин төст УЗОБ (dl-POPs)-ын ангилалд хамааруулдаг. Диоксин болон диоксин төст УЗОБ-ын агууламжийг хоёр төрлийн загас, үхэр, хонь, тахианы мах, хонины сүүл болон чацаргана жимсний тосонд тодорхойлж, хоруу чанарын нэгжид шилжүүлэн тооцсон дүнгээс (Хүснэгт 6) харахад цурхай загас-1 болон үхрийн махны дээжид харьцангуй өндөр хэмжээнд илэрсэн. Эдгээр дүнг Европын холбооны улсын CR 2014/663/EU зөвлөмжид [11] тусгасан зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээтэй харьцуулахад доогуур угатай байна.

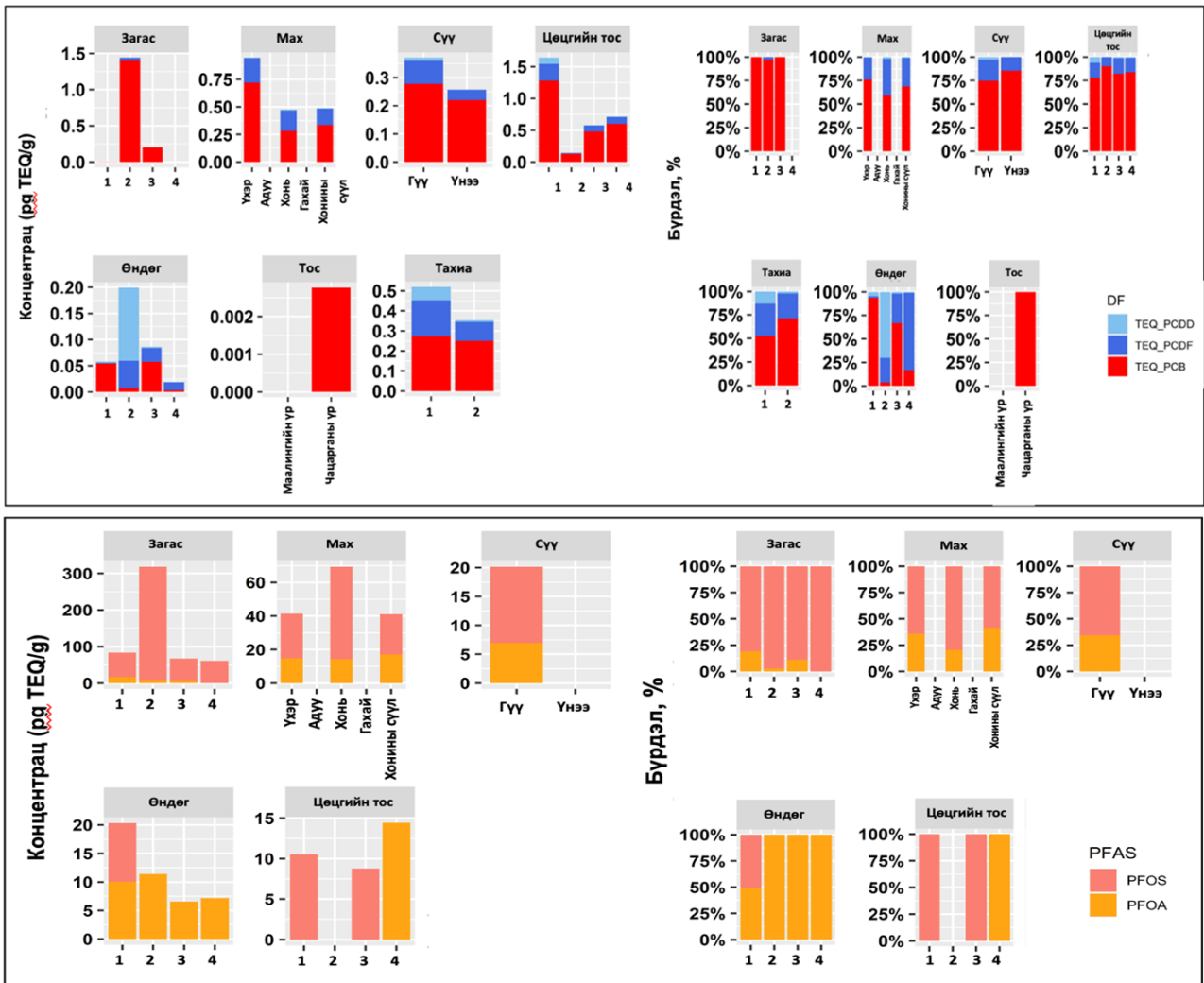
Шинжилгээнд хамрагдсан хүнсний бүтээгдэхүүний дээжид хлорорганик пестицидүүд (ОСР)-ээс DDT-ийн задралын бүтээгдэхүүн болох DDE, гексабромциклододекан (HCB), пентахлорбензол харьцангуй өндөр агууламжтай илэрсэн.

Хүснэгт 4, 8-д үзүүлсэн дүнгүүдийг боловсруулж, илэрсэн УЗОБ нэгдлүүдийг пестицид болон

үйлдвэрийн химийн бодис (Зураг 1), диоксин, диоксин төст (dl-POPs) болон PFAS (Зураг 2) гэж тус тус ангилан харууллаа.



Зураг 1. Пестицид болон үйлдвэрийн химийн бодисын харьцуулсан дүн



Зураг 2. Диоксин төст болон перфторт алкilyn нэгдэлүүдийн харьцуулсан дүн

Альдрин, эндрин, хлордан тэдгээрийн изомерүүд, гептахлор, полибромт бифенил (PBB-53), перфторгексан сульфонат (PFHxS) судалгаанд хамруулсан хүнсний 18 төрлийн 24 дээжинд илрээгүй байна. Альдриныг 1970 оноос, эндрин болон гептахлорыг 1952 оноос, хлорданыг 1945 оноос эхлэн хөдөө аж ахуйн салбарт хөрс сүйтгэгч шавжийг устгах, ургамлыг шавжнаас хамгаалахад дэлхий нийтэд хэрэглэж байсан бөгөөд Монгол улсад 1997 оноос ашиглахыг хориглосон жагсаалтад оруулсан байна. Дихлордифенил трихлорэтан (DDT) нь маалингийн үр, өндгөнд илэрсэн бол дилдрин өндгөнд харьцангуй өндөр агууламжтай илэрсэн (Зураг 1). Энэ нь хөрсний бохирдолтой холбоотой байх магадлалтай [12, 13]. Үйлдвэрийн химийн бодис болох полихлорт бифенил (PCB) мах, махан бүтээгдэхүүний дээж болох загас, үхэр, хонь, адуу, тахианы маханд, полибромт дифенилийн эфир (PBDE) сүү цагаан идээ, импортын тахианы маханд илэрсэн байна. Судалгааны дүнд үйлдвэрийн химийн бодисууд болох полихлорт бифенил (PCB) загасны маханд 10 мкг/кг, гексахлорбензол (HCB) хонины маханд 1.5

мкг/кг, өндгөнд 1.6 мкг/кг, пентахлорбензол (PeCBz) өндгөнд 0.7 мкг/кг, гексахлорбутадиен өндгөнд (HCBd) 1.25 мкг/кг, галд тэсвэртэй бромт нэгдэл (BFR) цөцгийн тосонд 3.1 мкг/кг тус тус агуулагдаж байгааг олж тогтоосон. Зураг 2-г тусгасан дүнгээс харахад загасны дээж перфтортоктан сульфонат (PFOS), перфтортоктаны хүчил (PFOA), полихлорт бифенил (PCB6), полибромт диценилийн эфир (PBDE6)-ээр голчлон бохирдсон бол тахианы маханд диоксин төст нэгдлүүд (dl-POPs) илэрсэн байна (Зураг 2). Загасны дээж дэх PFOS-ийн агууламж 309 pg орчим байсан нь манай өргөн хэрэглээний бусад хүнсний дээжтэй харьцуулахад харьцангуй өндөр байна. Нэг удаагийн мониторингийн дүнгээр манай улсын өргөн хэрэглэгддэг хүнсний бүтээгдэхүүнд УЗОБ-ын бохирдол ихтэй гэж дүгнэх нь өрөөсгөл ойлголт бөгөөд цаашид импортын болон дотоодын хүнсний бүтээгдэхүүн дэх химийн бохирдлыг хянах, түүнчлэн хөрс, ус, агаарын шинжилгээг тогтмол хийх нь хүнсний аюулгүй байдлын чухал асуудлын нэг болж байна [14-16].

ДҮГНЭЛТ

Монгол улсын хүн амын дунд өргөнөөр хэрэглэгддэг нийт 24 төрлийн дотоодын болон импортын хүнсний бүтээгдэхүүн дэх УЗОБ-ын агууламжийг шинжилсэн дүнг үндэслэн УЗОБ-ын бохирдол харьцангуй бага, зөвшөөрөгдөх хэмжээнээс доогуур түвшинд байна гэж үзэж болно. Гэсэн хэдий ч үйлдвэрийн химийн бодис болох РСВ, НСВ, РеСВz болон НСBD зарим хүнсний бүтээгдэхүүнээс илэрсэнд анхаарал хандуулж, хүнсний аюулгүй байдлыг хангах бодлогын хүрээнд дотоодын болон импортын хүнсний бүтээгдэхүүнүүдэд УЗОБ-ын мониторинг явуулж байх шаардлагатай байна.

Энэхүү судалгаа нь хүнсний бүтээгдэхүүн дэх УЗОБ-ын бохирдлыг хянах анхны системчилсэн судалгаа байсан бөгөөд цаашид ямар төрлийн УЗОБ-ын бодисыг хянах шаардлагатайг тодорхойлсноороо чухал ач холбогдолтой юм.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

1. H.Fiedler, R.Kallenborn, J.Boer, L.K.Sydnes (2019). The Stockholm Convention: A Tool for the global regulation of persistent, organic pollutants. *Chemistry International*. 41(2):4-11. <https://doi.org/10.1515/ci-2019-0202>
2. Удаан задардаг органик бохирдуулагчийн тухай үндэсний хөтөлбөр (2014).
3. W.Guo, B.Pan, S.Sakkiah, G.Yavas, W.Ge, W.Zou et.al. (2019). Persistent organic pollutants in food: Contamination sources, health effects and detection methods. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 16:4361. <https://doi:10.3390/ijerph16224361>
4. B.Bayarmaa, T.Gan-Erdene, R.Weber, L.Jargalsaikhan (2014). Analysis of polybrominated diphenyl ether and tetrabromobisphenol A in plastic samples in Mongolia. *Mongolian Journal of Chemistry*. 15(41):27-32. <http://doi.dx.org/10.5564/mjc.v15i0.317>
5. UNEP (2017). Protocol for the sampling and pre-treatment of national samples within the UNEP/GEF projects to support the global monitoring plan of POPs, 2016-2019, Component 4 National Samples, (Chemicals Branch United Nations Environment

Programme (UNEP) Division of Technology, Industry and Economics)

6. Official methods of analysis (2000). 17th ed., AOAC International, Gaithersburg, MD, Method 985.14.
7. S.Y.Baek, J.Jurng, Y.S.Chang (2013). Spatial distribution of polychlorinated biphenyls, organochlorine pesticides, and dechlorane plus in Northeast Asia. *Atmospheric Environment* 64:40-46. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.09.015>
8. X.Ren et al. (2017). Current lipid extraction methods are significantly enhanced adding a water treatment step in *Chlorella protothecoides*. *Microbial Cell Factories*. 16:26. <https://doi:10.1186/s12934-017-0633-9>
9. E.G.Bligh, W.J.Dyer (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*. 8:37.
10. Commission Regulation (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs (OJ L364, 20.12.2006:5.
11. Commission Recommendation 2014/663/EU of 11 September 2014 (OJ L272, 13.9.2014:17-18.
12. E.A.Mamontova, E.Tarasova, D.Ganchimeg, M.I.Kuzmin, A.Mamontov et. al. (2011). Persistent organic pollutants (PCBs and OCP) in air and soil from Ulaanbaatar and the Lake Hovsgol region, Mongolia. *Mongolian Journal of Chemistry*. 12 (38):69-77. <https://doi.org/10.5564/mjc.v12i0.176>
13. O.Khureldavaa, J.He, D.Hou, R.Zhang, F.Zhang et.al. (2014). Residual characteristics of HCHs and DDTs in soil and dust of some parks in Ulaanbaatar, Mongolia. *Mongolian Journal of Chemistry* 15 (41):15-20. <https://doi.org/10.5564/mjc.v15i0.315>
14. E.Surenjav, J.Lkhasuren, H.Fiedler (2022). POPs monitoring in Mongolia - Core matrices. *Chemosphere*. 297:134180. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.134180>
15. E.Surenjav (2022). Final substantive report of GMP2 project "POPs Monitoring Plan in the Asia region" for Mongolia
16. H.Fielder, E.Surenjav, Kh.Otgonbayar, B.Barkhuu (2022). Stockholm Convention POPs in abiotic and biota samples from Mongolia. *Organohalogen Compounds*. 83:380-384

Food Safety: The contamination of persistent organic pollutants in some food products

Barkhuu Bayarmaa^{1*}, Munkhjargal Odonchimeg¹, Namjil Erdenechimeg¹, Damdindorj Mungunnaran¹,
Surenjav Enkhtuul²

¹Laboratory of Food Chemistry, Institute of Chemistry and Chemical Technology, Mongolian Academy of Sciences,
Ulaanbaatar 13330, Mongolia

²Laboratory of Inorganic Chemistry, Institute of Chemistry and Chemical Technology, Mongolian Academy of Sciences,
Ulaanbaatar 13330, Mongolia

*E-mail: bbayarma@mas.ac.mn
ORCID: [0000-0002-8509-9198](https://orcid.org/0000-0002-8509-9198)

Submitted: 22.11.2022

Reviewed: 09.12.2022

Accepted: 31.12.2022

Abstract: Food and nutrient are complex substances that should regulate a normal routine of human life, prevent adverse effects of the external and internal environment, and prevent diseases and promote health. Food safety includes the safety issue of food products to ensure that the population is constantly accessible to safe, healthy, and nutritious foods, while food product safety refers to the provision of foods to the population that is not contaminated. Everyone has the right to be provided with a safe and nutritious diet, and when product safety is lost, it reduces the child's learning and the adult's working productivity. It is considered that food safety is established well when everyone is satisfied with the food needed to live a healthy lifestyle.

Food pollution occurs when it contains pollutants that can adversely affect the health of the population. Pollutants in the food may occur from unintentional production or during the various steps of packaging, transportation, or storage, and environmental pollution affects adversely the quality of foods and pose a risk to human health. One of these pollutants is persistent organic pollutants (POPs) that are soluble in oil, ability to bioaccumulate, persist in the environment, and pose a risk of causing adverse effects to humans and living organisms.

In the present study, a total of 24 samples including mutton, beef, horse meat, fish and chicken, dairy products, or eggs that are domestic and imported food products were collected, pre-treated, and sent to the expert laboratories in Sweden and Germany. The occurrences, relative abundances, and distribution of 26 POPs listed in either Annex A, B, or C of the Stockholm Convention were analyzed in food samples from Mongolia.

Keywords: *pollutants, bioaccumulation, toxic for human and living organisms, chemical and biological degradation*

© The Author(s). 2022 **Open Access** This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made.

DOI: <https://doi.org/10.5564/bicct.v10i10.2606>