

Зарим хүнсний ногоонд макро, микро элемент тодорхойлох атом-цөмийн аргагүйн судалгаа

Г.Дамдинсүрэн^{1,3}, А.Цогзолмаа^{1,3}, Ц.Амартайван^{1,2}, Д.Болортуяа³, П.Зузаан^{3,*}

¹ Хэрэглээний Шинжлэх Ухаан, Инженерчлэлийн Сургууль, Монгол Улсын Их Сургууль

² Шинжлэх Ухааны Сургууль, Байгалийн Ухааны Салбар, Монгол Улсын Их Сургууль

³ Цөмийн Физикийн Судалгааны Төв, Монгол Улсын Их Сургууль

Импортын болон дотоодын зарим хүнсний ногоо (чинжүү, сонгино, сармис)-ын дээжид рентген-флуоресценцийн болон идэвхжилийн шинжилгээний аргаар макро, микро элементийн агуулгыг тодорхойлж, үр дүнг олон улсын болон монгол улсын стандарт (зөвшөөрөгдөх) утгатай харьцуулан үнэлсэн талаар өгүүлнэ. Энэ ажлыг “Хүрээлэн буй орчин, биологийн объектыг шинжлэх цөмийн физикийн аргагүйн судалгаа” сэдэвт ажлын хүрээнд хийж гүйцэтгэв.

PACS numbers: 82.80.-d, 82.80.Ej

I. УДИРТГАЛ

Аливаа хүнсний ногоо, ургамалд агуулагдах макро, микро элементийн хэмжээ нь тариалалт, хөрсний нөхцөл, ургалтын үргэлжлэх хугацааны цаг агаарын нөхцөл байдал, бордоо ашиглалт, хураах үйл явц болон тухайн үеийн ургамлын төлөв зэрэг олон хүчин зүйлээс хамаардаг [1].

Хүнсний ногоо нь витамин, эрдэс бодис, эслэгийн баялаг агууламжтай бөгөөд антиоксидант чанар ихтэй байдаг. Гэсэн хэдий ч хүнд металаар бохирдсон хүнсний ногооны хэрэглээ нь хүний эрүүл мэндэд аюул учруулж болзошгүй учраас хүнд металлын бохирдлын хэмжээ нь хүнсний бүтээгдэхүүний чанарын баталгааг илтгэх нэг чухал үзүүлэлт болдог.

Хөгжиж буй улс орнуудын хувьд үйлдвэрлэл, хотжилт, хүн амын төвлөрөл, уул уурхайн үйл ажиллагаа зэргээс хамааран хүрээлэн буй орчны бохирдлыг ихээхэн нэмэгдүүлдэг. Хүнсний бүтээгдэхүүнийг тариалах, боловсруулах, тээвэрлэх, хадгалах, борлуулах явцад орчины нөлөөллөөс хамааран хүнсний ногооны гадаргуун хэсэг ихээр бохирддог [2].

Хүнд металлууд нь хүнсний бүтээгдэхүүнээр дамжин хүний биед орж, удаан хугацааны турш хуримтлал бий болсноор хүний биеийн биохимийн процессуудыг тасалдуулж зүрх судас, мэдрэл, бөөр, ясны зэрэг олон өвчлөлд хүргэдэг [3-4]. Зарим хүнд металлууд болох Cu, Zn, Mn, Co, Mo зэрэг нь хүнс тэжээлд багахан хэмжээгээр агуулагдах үед хүн, амьтны

өсөлтөд сайнаар нөлөөлдөг ба харин Cd, As, Cr, Pb нь хорт хавдар үүсгэх эрсдэлийг нэмэгдүүлдэг [5-6]. Жимс, хүнсний ногоонд хүнд металл (Cu, Cd, Pb)-ийн агуулга өндөр байвал ходоодны хавдар үүсэх магадлалтай [7]. Үүнээс гадна жимс, хүнсний ногоо нь тариалах явцад хөрснөөс металлуудыг маш сайн шингээх үйлчилгээтэй байдаг бөгөөд хүнд болон хортой элементийн бохирдолтой хөрсөнд жимс, хүнсний ногоо тариалах замаар бохирдлын хэмжээг бууруулдаг [8-10].

Энэхүү судалгааны ажлаар хүнсний өргөн хэрэглээний бүтээгдэхүүний нэг болох зарим төрлийн хүнсний ногоонд агуулагдах үндсэн болон дагалдах элементийн агуулгыг атом-цөмийн аналитик аргаар тодорхойлох, хэмжилтийн аргагүй боловсруулах, үр дүнг манай болон олон улсын стандарт утгатай харьцуулан үнэлэх зорилго тавив.

II. СУДАЛГААНЫ АРГАЗҮЙ, ТУРШИЛТ

Судалгааны дээжээр монгол улсад тариалсан сонгино, сармисны дээж, мөн импортын чинжүү (улаан, ногоон), сонгино, сармисны дээжийг сонгон авч туршилтад ашиглав. Чинжүү, сонгино, сармисны 100 грамм боловсруулаагүй дээжид агуулагдах эрдэс бодисын дундаж хэмжээг хүснэгт 1-т харуулав.

* Electronic address: zuzaan@num.edu.mn

Хүснэгт 1. 100 г бүтээгдэхүүн дэх эрдэс бодисын дундаж хэмжээ [11].

Д/д	Элемент, мг	Чинжүү	Сонгино	Сармис
1	F	0.002	0.0011	-
2	Na	3	4	17
3	Mg	10	10	25
4	P	20	29	153
5	K	175	146	401
6	Ca	10	23	181
7	Mn	0.122	0.129	1.672
8	Fe	0.34	0.21	1.7
9	Cu	0.066	0.039	0.299
10	Zn	0.13	0.17	1.16
11	Se	-	0.0005	0.0142

А. Дээж бэлтгэл

Судалгааны дээж тус бүрийг цэвэрлэн хатаах шүүгээнд 105°C – т 20 цаг хатаасны дараа 65 мкм ширхэглэлтэй болтол нунтаглан тээрэмдэж, стандарт дээжүүдтэй адил нэгэн төрөл болгон хэмжилтэд бэлтгэв [12].

Хүснэгт 2. Дээжийн төрөл, чийгшил (%).

Д/д	Дээж	Төрөл	Чийгшил, %	Чийгшил, % [8]
1	Чинжүү	ногоон	94.19	93.9
2		(хятад) улаан	92.78	
3	Сонгино	монгол	92.51	89.11
4		хятад	93.39	
5	Сармис	хятад	68.24	59
6		монгол	65.03	

Хүснэгт 2-т дээж тус бүрийн хатаахын өмнөх болон хатаасны дараах жинг харьцуулан харьцангуй чийгшлийг үнэлэв. Бидний сонгож авсан дээжүүд нь дундаж утгатай ойролцоо чийгшилтэй болох нь харагдав.

В. Рентген-флуоресценцийн шинжилгээний арга

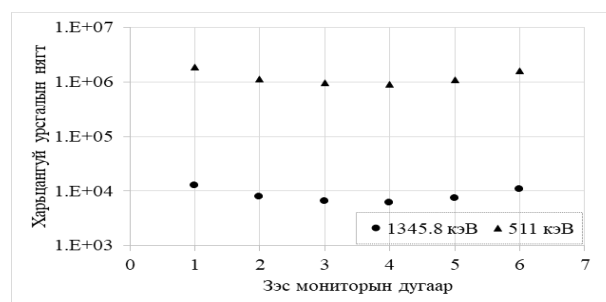
Рентген-флуоресценцийн шинжилгээ (РФС) – нд МУИС-ийн Цөмийн физикийн судалгааны төв (ЦФСТ) – ийн өндөр мэдрэх чадвартай, энергиэр ялгах SPECTRO XEPUS спектрометрийг ашигласан. Тус спектрометр нь цахилгаан хөргөлттэй бөгөөд Pd анодтой рентген хоолой, 8 (НОРG, Мо, Al₂O₃, Со гэх мэт) ширхэг хоёрдогч болон туйлшруулагч бай, Mn Ka шугамын хувьд 155 эВ-ийн энергийн ялгах чадвартай SDD хагас дамжуулагч детектор, спектрийг тооцоолж үр дүнг боловсруулах програм хангамж бүхий компьютер зэргээс бүрддэг [13]. Харьцуулах стандарт, судлах дээжүүдээс ~10 граммыг авч, 32 мм голчтой

майлар ёроолтой полимер саванд жигд дарж нягтруулан хэмжилтэд бэлтгэсэн. Хэмжилтийн хугацаа бай тус бүр 300 секунд бөгөөд спектрийг SPECTRO XEPUS спектрометрийн X-LabPro болон рентген спектр боловсруулалтын программ AXIL, тооцооны MS-Excel зэрэг програмуудыг ашиглан боловсруулалт хийж, үр дүнг тооцоолов.

С. Идэвхжилийн шинжилгээний арга

Чинжүү, сонгино, сармисны дээжид хортой болон дагалдах элемент тодорхойлох гамма идэвхжилийн шинжилгээ (ГИШ)*-ний туршилтыг Оросын Холбооны Улс (ОХУ) – ийн Дубна хот дахь Цөмийн Шинжилгээний Нэгдсэн Институт (ЦШНИ) – ийн микротрон МТ-25 дээр хийж гүйцэтгэв. Электроны энерги 23 МэВ, гүйдэл 10 мкА байх үед гамма цацрагийн урсгалаар дээжийг 4 цаг шарж идэвхжүүлэв [14]. Шарсан дээжийн идэвхжлийг тус бүрчлэн 2, 20, 120 цаг хүлээсний дараа харгалзан 5, 30 минут, 1 цагийн хугацаагаар гамма-спектрометр дээр хэмжилт хийв. Стандарт болон судлах дээжийн жин ~5-10 грамм байсан бөгөөд туршилтад IAEA-V-8 (Rye Flour), A-11 (milk powder) стандарт дээжийг ашигласан.

Дээж бүр дэх гамма цацрагийн урсгалын нягтын өөрчлөлтийг ~0.2 грамм масстай зэс мониторуудыг ашиглан 12.7 цагийн хагас задралын үетэй ⁶⁵Cu(γ,n)⁶⁴Cu урвалын 511(37), 1345.8(0.48) кэВ энергитэй гамма шугамын тусламжтай тодорхойлсон [15-16]. Гамма цацрагийн урсгалын нягтын харьцангуй түгэлтийг зураг 1. – т харуулав.



Зураг 1. Гамма цацрагийн урсгалын нягтын харьцангуй өөрчлөлт.

Ш. ҮР ДҮН БА ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

Сонгож авсан хүнсний ногооны дээжүүдэд рентген-флуоресценцийн болон гамма идэвхжилийн шинжилгээний аргаар

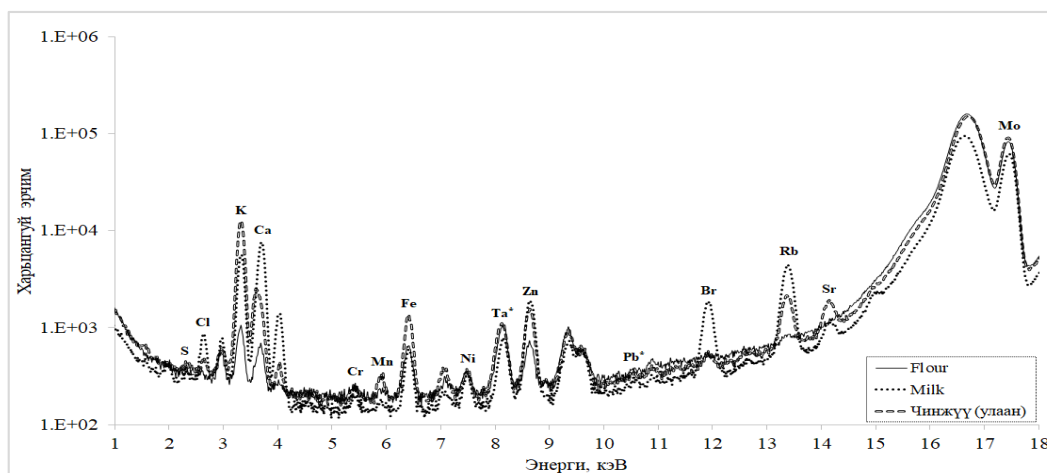
тодорхойлсон элементийн шинжилгээний дүнг хүснэгт 3, 4. – т нэгтгэн харуулав.

Хүснэгт 3. РФШ-ний аргаар тодорхойлсон элементийн шинжилгээний дүн.

Элемент	Чинжүү (улаан)	Чинжүү (ногоон)	Сонгино (монгол)	Сонгино (хятад)	Сармис (монгол)	Сармис (хятад)
P, %	0.33±0.09	0.66±0.19	0.40±0.02	0.41±0.18	0.39±0.24	0.34±0.13
Cl	0.38±0.01	0.52±0.01	0.31±0.01	0.24±0.01	0.08±0.01	0.09±0.01
K	6.06±0.71	6.06±0.91	2.58±0.21	3.10±0.26	2.44±0.08	2.16±0.06
Ca	0.25±0.04	0.27±0.05	0.43±0.04	0.45±0.05	0.08±0.04	0.11±0.04
Al, г/т	6.02±0.02	4.39±0.03	4.10±0.04	5.66±0.05	7.78±0.05	4.59±0.04
Mn	<DL	2.8	3.3	3.6	4.0	3.2
Fe	8.3±1.7	5.9±1.6	5.2±0.8	5.5±1.1	7.7±2.2	7.3±1.8
Zn	34.0±5.5	38.1±1.1	42.9±8.7	39.4±9.1	43.8±9.1	37.0±5.8
Br	0.5	<DL	1.4	1.1	0.8	0.2
Rb	14.1±0.5	20.6±0.5	7.2±0.4	13.4±1.4	1.5±0.3	9.0±1.5

РФШ-ий аргаар Spectro XEPoS спектрометр дээр хэмжсэн чинжүү (улаан) болон стандарт (IAEA-V-8 Rye Flour, A-11 milk powder) дээжийн спектрийг молибден (Mo) хоёрдогч байн хувьд харьцуулан зураг 2-г харуулав. Спектр дээр Та, Рb элементийн L-шугамыг “*” – оор тэмдэглэв. Элементийн шинжилгээний дүнгээс Cr, As, Pb

зэрэг элементүүд спектр дээр илэрсэн хэдий ч бидний ашиглаж буй РФШ-ний спектрометрийн тодорхойлох хязгаарын утгаас бага байв [13]. Тиймээс эдгээр элементийн агуулгыг зөвшөөрөгдөх (стандарт) утгатай харьцуулан үнэлэх зорилгоор хагас тоон шинжилгээ хийж, үр дүнг харьцуулсныг зураг 3-г харуулав.



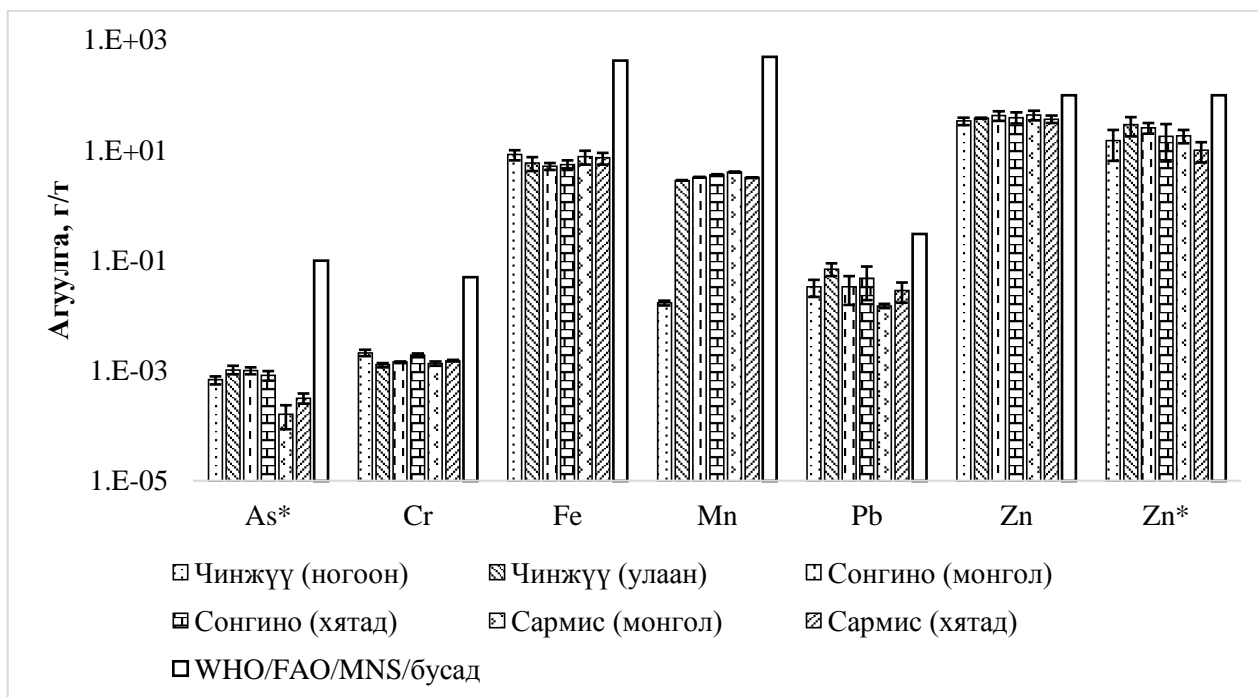
Зураг 2. Чинжүү (улаан) болон стандарт дээжийн спектр (Mo бай).

Хүснэгт 4. ГИШ*-ний аргаар тодорхойлсон элементийн шинжилгээний дүн.

Элемент	Чинжүү (улаан)	Чинжүү (ногоон)	Сонгино (монгол)	Сонгино (хятад)	Сармис (монгол)	Сармис (хятад)
Na, %	0.65±0.06	0.90±0.07	0.53±0.06	0.50±0.04	0.27±0.02	0.26±0.02
Cl, %	0.41±0.02	0.49±0.01	0.41±0.02	0.28±0.01	0.02±0.01	0.03±0.01
Ca, %	0.15±0.02	0.20±0.08	0.26±0.04	0.30±0.07	0.05±0.01	0.05±0.01
Zn, г/т	14.9±8.4	29.1±11.1	25.8±5.8	18.1±11.8	18.4±5.0	10.0±4.0
As, г/т	0.0007	0.0010	0.0010	0.0008	0.0002	0.0003
Sb, г/т	0.0024	0.0033	0.0030	0.0030	0.0028	0.0027
Rb, г/т	6.3±0.1	15.0±2.1	2.7±0.6	5.1±0.6	1.1±0.2	5.6±0.5

Чинжүү, сонгино, сармисны дээжид рентген-флуоресценцийн болон гамма идэвхжилийн шинжилгээний аргаар тодорхойлсон хүнд

(металл) элементийн агуулгыг зөвшөөрөгдөх утга [17-20] – тай харьцуулан зураг 3-г үзүүлэв.



Зураг 3. Хүнсний ногооны дээжид тодорхойлсон хүнд элементийн агуулгыг харьцуулсан дүн.

Дээрх харьцуулсан зургаас харахад бидний сонгон авсан хүнсний ногооны (хуурай) дээжид тодорхойлсон хүнд элементийн агуулгыг зөвшөөрөгдөх утгатай харьцуулан үзэхэд бүгд доогуур гарсан. Гэвч бидний сонгон авсан харьцуулах (стандарт) дээжийн өгөгдөл хязгаарлагдмал байсны улмаас РФШ, ГИШ – ээр илэрсэн S, Ni, Cu, Ga, Sr, Ta, Si, V, Ti зэрэг элементийн агуулгыг тодорхойлж чадаагүй. Цаашид судалгааны ажлыг үргэлжлүүлэн бусад шинжилгээний аргуудыг ашиглан үр дүнг баталгаажуулах, түүнээс гадна хүнсний ногоог тариалж буй хөрс, усны дээжийг зэргийг цогцоор судлах шаардлагатай харагдаж байна.

ДҮГНЭЛТ

Чинжүү, сонгино, сармисны дээжид РФШ-ний аргаар Al, P, Cl, K, Ca, Cr, Mn, Fe, Zn, As, Br, Rb, Pb зэрэг 13 элемент, харин ГИШ-ий аргаар Na, Cl, Ca, Zn, As, Sb, Rb зэрэг 7 элементийн агуулгыг тодорхойлов.

Судалгаагааны дүнгээс As, Cr, Fe, Mn, Pb, Zn зэрэг хортой, хүнд (металл) элементийн агуулгыг олон улсын болон монгол улсын стандарт утгатай харьцуулав. Эдгээр элементийн агуулга зөвшөөрөгдөх хэмжээнээс бага байв.

Элементийн шинжилгээний дүнгээс харахад хүнд (Mn, Fe, Zn, Cu, Ni, Ta зэрэг), хортой (As,

Cr, Pb) элементүүд илэрч байгаа нь энэхүү судалгааны ажлыг цаашид нарийвчлан хийх шаардлагатайг харуулж байна.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

- [1] P. Ekholm et al. Journal of Food Composition and Analysis 20 (2007) 487–495
- [2] Mohamed H.H. Ali et al. The Egyptian Journal of Aquatic Research 38-1, 2012, 31-37
- [3] WHO (World Health Organization), Environmental Health Criteria, vol. 134, Geneva, 1992.
- [4] Jarup, L., Hazards of heavy metal contamination. British Medical Bulletin 68 (2003), 167–182.
- [5] Feig, D.I., Reid, T.M., Loeb, L.A., 1994. Reactive oxygen species in tumorigenesis. Cancer Research 54 (Suppl.), 1890–1894.
- [6] Trichopoulos, D., 1997. Epidemiology of cancer. In: DeVita, V.T. (Ed.), Cancer, Principles and Practice of Oncology. Lippincott Company, Philadelphia, pp. 231–258.
- [7] Turkdogan, M.K., Kilicel, F., Kara, K., Tuncer, I., 2002. Heavy metals in soil, vegetables and fruits in the endemic upper gastrointestinal cancer region of Turkey. Environmental Toxicology and Pharmacology 13, 175–179.

- [8] Lokeshwari, H. and Chandrappa, G.T. 2006. Impact of heavy metal contamination of Bellandur Lake on soil and cultivated vegetation. *Current Science*. 91: 622-627.
- [9] Sharma, R.K., Agrawal, M. and Marshall, F.M. 2007. Heavy metals contamination of soil and vegetables in suburban areas of Varanasi, India. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 66: 258-266.
- [10] Latif A, Bilal M, Asghar W, Azeem M, Ahmad MI, et al. (2018) Heavy Metal Accumulation in Vegetables and Assessment of their Potential Health Risk. *J Environ Anal Chem* 5: 234.
- [11] USDA Nutrient Database (<https://fdc.nal.usda.gov/index.html>)
- [12] A.E. Mohamed et al. / *Ecotoxicology and Environmental Safety* 55 (2003) 251–260
- [13] Spectro XEPOS ED-XRF Spectrometers (<https://www.spectro.com>)
- [14] Belov A.G et al, Microtron MT-25. Workshop on Application of Microtrons in Nuclear Physics. Plovdiv 22-24 September 1992, Dubna, 1993, No. D15-93-80, pp. 12-19.
- [15] И.В.Меднис. “Гамма-излучение радионуклидов, применяемых в нейтронно-активационном анализе” РИГА <ЗИНАТНЕ>, 1987
- [16] Handbook on Nuclear Activation Data №273 Vienna.1987
- [17] Maximum permissible value, FAO – Food and Agriculture Organization; WHO – World Health Organization
- [18] Хүнсний бүтээгдэхүүн дэх хүнд металын үлдэгдлийн зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээ, Монгол улсын стандарт MNS 4504:2008
- [19] China’s Maximum Levels for Contaminants in Foods, Chinese Standard (GB 2762-2005)
- [20] Maximum levels for certain contaminants in foodstuffs, European Union Standards (EC: No. 629/2008).