

TUPROQ VA OZIQ-OVQAT TARKIBIDAGI Cd²⁺,Ni IONINI INVERSION-VOLTAMPEROMETRIK USULDA ANIQLASH

*¹Allamuratova Z.S., ²Haydarova U.A. ³Uralov N.B.

^{1,2}Termiz Davlat Universiteti talabasi

³Termiz Davlat Universiteti o`qituvchisi

*e-mail: zarianxonim6@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada tuproq va oziq-ovqat namunalari tarkibidagi kadmiy (Cd²⁺), Ni, ionlarini zamonaviy va sezgir tahlil usuli — inversion-voltamperometriya yordamida aniqlash masalalari ko'rib chiqiladi. Tuproq va oziq-ovqat tarkibidagi og'ir metallarni monitoring qilishning ekologik ahamiyati, tahlil jarayonining bosqichlari va usulning afzalliklari bayon etilgan.

Kalit So'zlar: Tuproqva oziq-ovqat tarkibidagi kadmiy (Cd²⁺),Ni ionlarini inversion-voltamperometriya, og'ir metallar, ekologik monitoring, elektrod, polyarografiya.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИОНОВ Cd²⁺ В СОСТАВЕ ПОЧВЫ МЕТОДОМ ИНВЕРСИОННОЙ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИИ.

С. Алламуратова^{1*}, У. А. Хайдарова², Н. Б. Уралов³

^{1,2} Студент Термезского государственного университета

³Преподаватель Термезского государственного университета

*e-mail: zarianxonim6@gmail.com

Аннотация: В данной статье рассматриваются вопросы определения ионов кадмия (Cd²⁺) и никеля (Ni²⁺) в образцах почвы и пищевых продуктов с использованием современного и чувствительного метода анализа - инверсионной вольтамперометрии. Описаны экологическая значимость мониторинга тяжелых металлов в почве и продуктах питания, этапы процесса анализа и преимущества данного метода.

Ключевые слова: Определение ионов кадмия (Cd^{2+}) и никеля (Ni^{2+}) в почве и пищевых продуктах методом инверсионной вольтамперометрии, тяжелые металлы, экологический мониторинг, электрод, полярография.

DETERMINATION OF Cd^{2+} IONS IN SOIL COMPOSITION BY INVERSION VOLTAMMETRY METHOD.

Z.Allamuratova^{1*}, U.Haydarova², N.Uralov³

^{1,2}Student of Termez State University

³Lecturer at Termez State University

*e-mail: zarianxonim6@gmail.com

Abstract: This article examines the issues of determining cadmium (Cd^{2+}) and nickel (Ni^{2+}) ions in soil and food samples using a modern and sensitive analytical method — stripping voltammetry. The environmental significance of monitoring heavy metals in soil and food, the stages of the analytical process, and the advantages of the method are described.

Keywords: Determination of cadmium (Cd^{2+}) and nickel (Ni^{2+}) ions in soil and food products by stripping voltammetry, heavy metals, environmental monitoring, electrode, polarography.

Hozirgi vaqtda atrof-muhitning texnogen ifloslanishi global muammolardan biri bo'lib qolmoqda. Tuproq qoplami inson hayotiy faoliyati uchun zarur bo'lgan asosiy resurs bo'lib, undagi og'ir metallar miqdorini nazorat qilish oziq-ovqat xavfsizligi bilan bevosita bog'liq. Og'ir metallar orasida kadmiy (Cd^{2+}) o'zining yuqori toksikligi, organizmlarda to'planish (bioakkumulyatsiya) xususiyati va uzoq vaqt davomida parchalanmasligi bilan alohida ajralib turadi.

Pb^{2+} va Cd^{2+} ionlarining bir vaqtning o'zida elektroanalitik aniqlashini modifikatsiyalangan bor bilan qo'shilgan olmos (Sb-BDD) elektrodidan foydalanib, chiziqli supurish anodik ajratish voltammetriyasi (LSASV) yordamida taqdim etilgan. Sb cho'ktirish analitlar bilan joyida, 0,1 M HCl (pH 1) dagi 1 mg l⁻¹ SbCl₃ eritmasidan amalga oshirildi. Pb^{2+} BDD elektrodida bir vaqtning o'zida qo'shilganda Cd^{2+} ionini 50–500 mkg/l⁻¹ chiziqli diapazonida osongina aniqlanishi va miqdoriy jihatdan aniqlangan [1].

Tabiiy suv va oziq-ovqat namunalarida og'ir metallarning (qo'rg'oshin, kobalt, mis, kadmiy, temir va nikel) iz miqdorini aniqlash uchun oddiy va yangi qo'shma cho'ktirish usuli ishlab chiqildi. Analit ionlari sirkoniy (IV) gidroksid yordamida qo'shma cho'ktirildi. Metall darajasini aniqlash olov atomining yutilish spektrometriyasi (FAAS) yordamida amalga oshirildi. Analit ionlarining tiklanishiga pH, sirkoniy (IV) miqdori, namuna hajmi va boshqalar kabi analitik parametrlarning ta'siri o'rganildi. Mumkin bo'lgan matritsa ionlarining ta'siri ham o'rganildi. Analit ionlarining tiklanishi 95-100% oralig'ida edi. Oldindan konsentratsiya koeffitsienti 25 sifatida hisoblandi. 3 sigma ($n=21$) asosida analit ionlari uchun aniqlash chegaralari 0,27-2,50 mikrogL(-1) oralig'ida edi. Nisbiy standart og'ish 8% dan past ekanligi aniqlandi. Taqdim etilgan qo'shma yog'ingarchilik protsedurasining validatsiyasi tahlil sertifikatlangan ma'lumotnoma materiallari (GBW 07605 Choy va LGC 6010 Qattiq ichimlik suvi) yordamida amalga oshirildi. Ushbu protsedura tabiiy suvlar va qahva, baliq, tamaki, qora va ko'k choy kabi oziq-ovqat namunalariga muvaffaqiyatli qo'llanildi.[2]

Ushbu ish mis bilan ifloslangan qishloq xo'jaligi tuproqlaridagi og'ir metallarning umumiy miqdorini tahlil qilish uchun uchta analitik usulni taqqoslashga bag'ishlangan. Tuproq namunalari perxlorik va ftorid gidrogen kislotalari aralashmasi yordamida tiniq eritmalarga aylantiriladi. O'rganilayotgan metallar mis, qo'rg'oshin, kadmiy, nikel, kobalt, rux va marganetsdir. Tuproq eritmaları murakkab matritsalar bo'lib, o'rganilayotgan analitik usullar ion xromatografiyasi (IC), anodli ajratish voltammetriyasi (ASV) yoki adsorbktiv ajratish voltammetriyasi (AdSV) va induktiv bog'langan plazma atom emissiya spektroskopiyasi (ICP-AES) yoki grafit pechining atom yutilish spektroskopiyasi (AAS). Ion xromatografiyasini analitik usul sifatida qo'llash ikkita turli eluent yordamida mumkin: rux, kobalt va marganetsni aniqlash uchun PDCA va mis, nikel va marganetsni tahlil qilish uchun oksalat kislotasi. Hech qanday boyitish jarayonisiz biz Cu^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} va Ni^{2+} uchun ICP-AES va IC o'rtasida juda yaxshi kelishuv natijalarini olishimiz mumkin. Cd^{2+} , Pb^{2+} va Zn^{2+} uchun ASV va ICP-AES yoki AAS o'rtasida hamda Ni^{2+} uchun AdSV va ICP-AES o'rtasida yaxshi korrelyatsiya kuzatildi. Kobalt uchun bir tomondan IC yoki AdSV va boshqa tomondan ICP-AES o'rtasida yaxshi kelishuv topilmadi.[3]

TAJRIBA QISMI

Angor tumani sho'rlangan tuproq namunalarini tahlil qilish metodikasi.

Tadqiqot obyekti sifatida Surxondaryo viloyati Angor tumanining antropogen ta'sirga duchor bo'lgan sho'rlangan tuproq massivlari tanlab olindi. Ushbu hudud tuproqlari o'zining yuqori minerallasuv darajasi metodika asosida amalga oshirildi.

Namunalar olish va dastlabki ishlov berish:

Tuproq namunalari tuman xo'jaliklarining turli nuqtalaridan GOST 17.4.3.01-2017 talablariga muvofiq, 0-20 sm gacha bo'lgan haydov qatlamidan olindi. Namunalar laboratoriya sharoitida o'simlik qoldiqlari va toshlardan tozalanib, havo-quruq holatigacha quritildi. Shundan so'ng, namuna gomogen holga keltirilib, 0.5 mm li elakdan o'tkazildi.

Namunalarni mineralizatsiya qilish (Ekstraktsiya):

Tuproq tarkibidagi Cd^{2+} va Pb^{2+} ionlarining umumiy miqdorini aniqlash uchun namunalarga "nam parchalash" usuli qo'llanildi:

Aniq tortib olingan 2.0-5.0 g tuproq namunasi konussimon kolbaga joylashtirildi.

Unga 15 ml konsentrlangan nitrat kislotasi (HNO_3) va xlorid kislotasi (HCl) ning 1:3 nisbatdagi "zar suvi" aralashmasi qo'shildi.

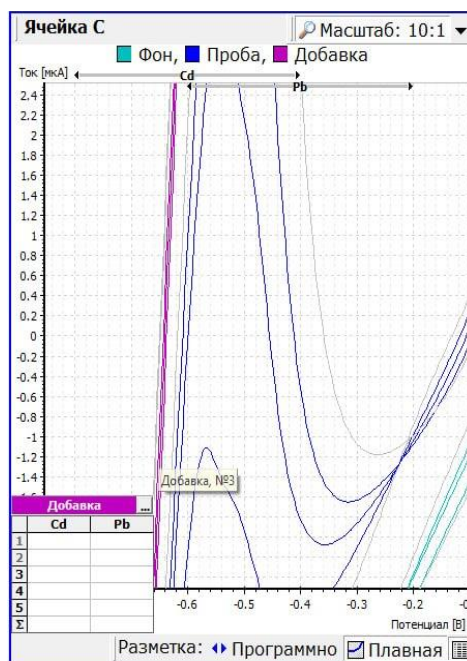
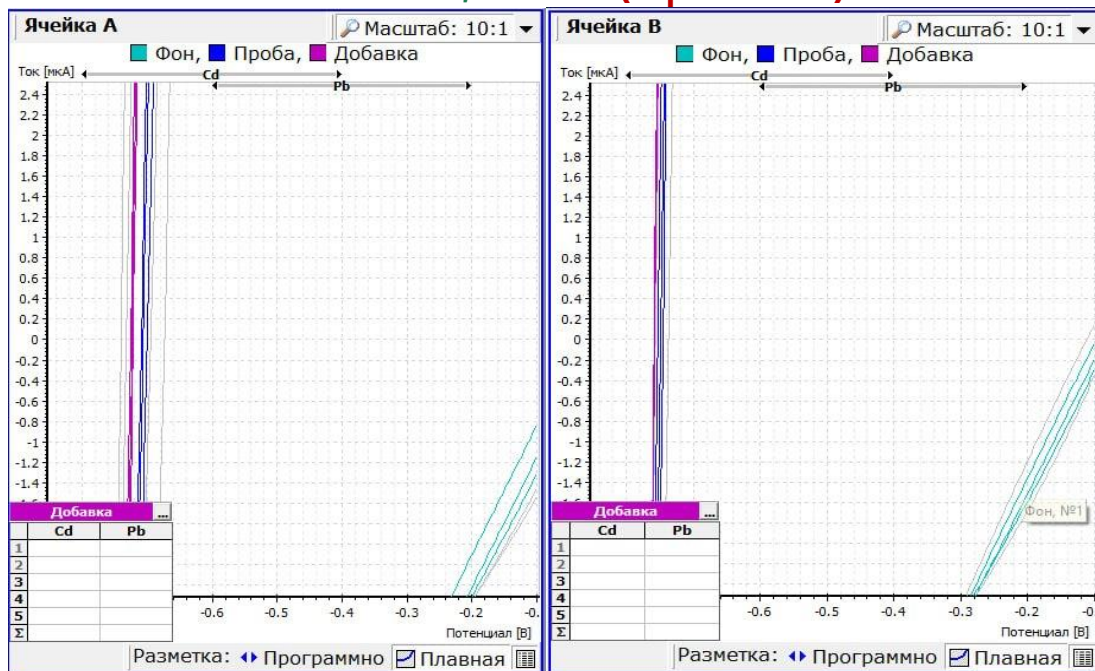
Jarayon qumli hammomda, eritma hajmi 2-3 ml qolguncha (lekin quruq qoldiq bo'lmaguncha) davom ettirildi. Organik birikmalarni to'liq oksidlash uchun 1-2 ml H_2O_2 qo'shib, eritma rangsizlangunga qadar qizdirildi. Tayyor mineralizat 0.1 M HCl eritmasi bilan yuvilib, qog'oz filtr orqali 50 ml hajmli o'lchov kolbasiga o'tkazildi va distillangan suv bilan belgisigacha to'ldirildi.

Inversion-voltamperometrik o'lchov jarayoni:

Tahlillar voltammogrammalarda aks etganidek, uch elektrodlilik elektrokimyoviy yacheykada o'tkazildi. Tajriba sharoitlari quyidagicha belgilandi:

- Fon elektroliti: 0.1 M HCl eritmasi;
- To'plash potentsiali (E_e): kadmiy va qo'rg'oshin uchun mos ravishda -1.1 V dan -1.2 V gacha;
- To'plash vaqti (t_e): Ionlar konsentratsiyasiga qarab 60 soniyadan 180 soniyagacha.

Voltammogrammalardan (A, B, C yacheykalar) ko'rinib turibdiki, kadmiy (Cd) uchun aniq analitik signal -0.6 V dan -0.65 V oralig'ida, qo'rg'oshin (Pb) uchun esa -0.4 V dan -0.45 V atrofida qayd etildi (1-rasm).



1-rasm.

Natijalar va hisoblashlar:

Olingan natijalarning ishonchliligini ta'minlash uchun har bir namuna 3 martadan (jadvalga muvofiq $n=3$) tahlil qilindi. Angor tumani tuproq namunalarida elementlarning o'rtacha konsentratsiyasi quyidagicha aniqlandi:

- Kadmiy (Cd): 28 mg/l (ekstraktda);

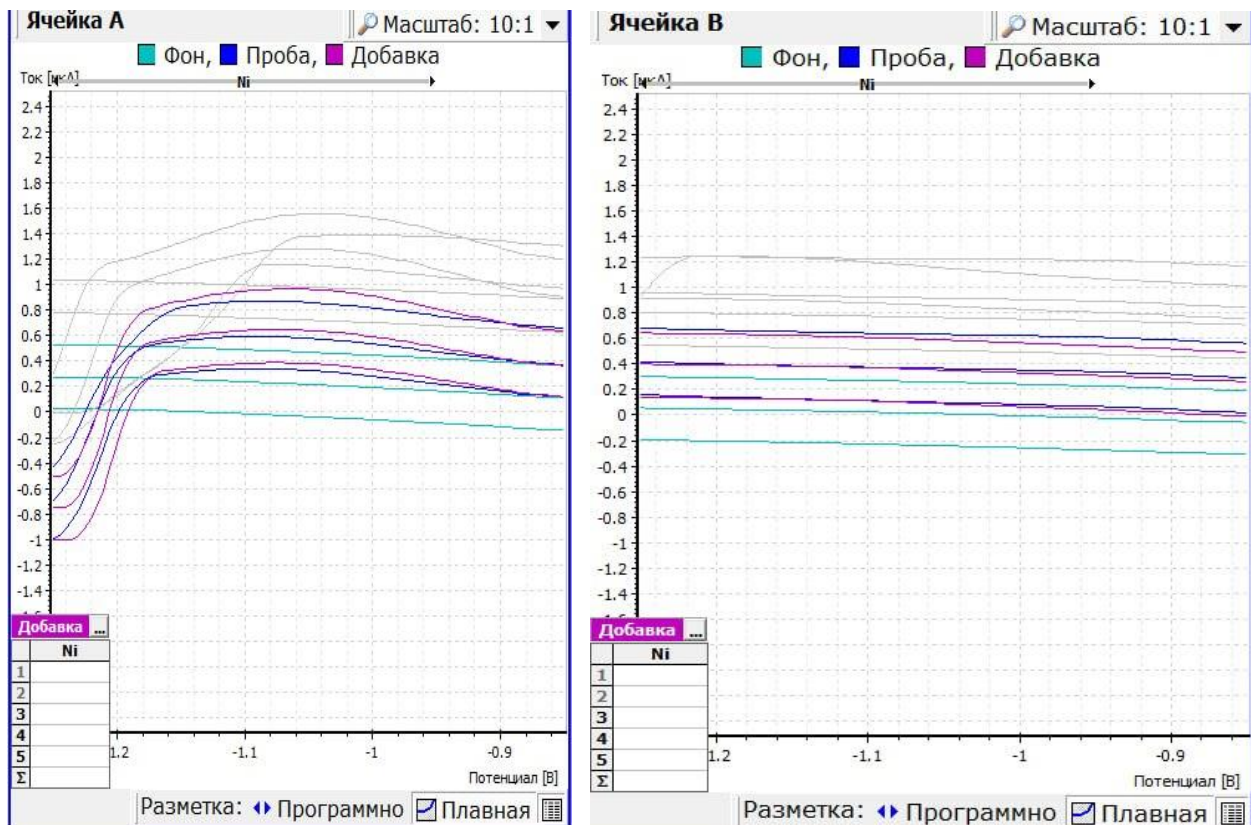
- Qo'rg'oshin (Pb): 13 mg/l (ekstraktda).

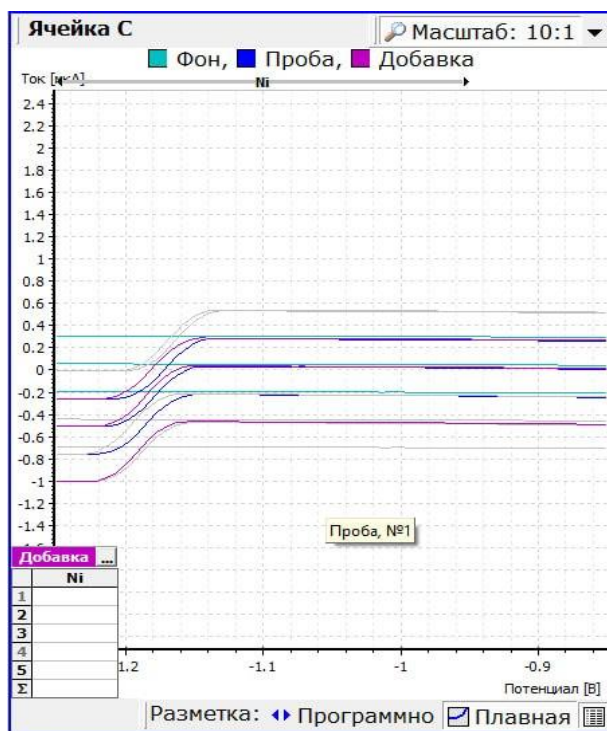
Tahlil jarayonida olingan yuqori cho'qqilar va "standart qo'shimcha" usuli yordamida olingan farqlar tuproqning sho'rlanish darajasi og'ir metallar tahliliga sezilarli xalaqit bermasligini, tanlangan elektrokimyoviy usulning yuqori selektivligini ko'rsatdi.

Kimyoviy tahlil natijalari

Tahlil uslubi bo'yicha me'yoriy hujjatlar (MH)	Aniqlanayotgan komponent	Konsentratsiya, mg/l	Yagona tahlil natijalari soni	Tahlil natijasini olish usuli
	Kadmiy	28	3	O'rtacha
	Qo'rg'oshin	13	1	O'rtacha

Oziq-ovqat namunasi tarkibidagi organik moddalarni yo'qotish va metall ionlarini erkin holatga o'tkazish uchun namuna mufel pechida kuydirildi (yoki nam usulda kislotalar yordamida parchalandi). Olingan qoldiq tegishli fon elektrolitida eritilib, o'lchov yacheykalariga (A, B va C yacheykalar) joylashtirildi.





Tajriba jarayonida elektrodlarda tiklanish jarayonini kuzatish uchun potensial -0.9 V dan -1.2 V gacha bo'lgan oraliqda berildi. Nikelning analitik signali (cho'qqisi) asosan -1.0 V dan -1.1 V gacha bo'lgan potensial oralig'ida qayd etildi.

2. Voltammogrammalarni yozib olish (2, 3 va 4-rasmlar tahlili) Tahlil dasturida har bir yacheyka uchun uch bosqichli o'lchov amalga oshirildi. Grafiklarning vertikal o'qi tok kuchini (mka – mikroamper), gorizontal o'qi esa potensialni (V – volt) ko'rsatadi:

Фон (Фон - och havorang chiziqlar): Dastlab yacheykadagi toza fon elektrolitining voltammogrammasi yozib olindi. Bu bosqich fonga tushishi mumkin bo'lgan ifloslanishlarni hisobga olish va xatoliklarni kamaytirish uchun xizmat qiladi.

Намунa (Проба - to'q ko'k chiziqlar): Yacheykaga oziq-ovqat namunasi eritmasi kiritilgandan so'ng o'lchov o'tkazildi. Grafiklarga ko'ra, namuna qo'shilgandan keyin tok kuchining o'zgarishi kuzatilgan.

Standart qo'shimcha (Добавка - binafsharang chiziqlar): Noma'lum konsentratsiyani aniq hisoblash uchun namunaga ma'lum konsentratsiyaga ega bo'lgan standart Nikel eritmasi qo'shildi. Standart qo'shimchadan keyin analitik signalning

(cho'qqining balandligi) proporsional ravishda o'sishi kuzatildi. Ushbu o'sish orqali namunadagi dastlabki nikel miqdori hisoblanadi.

3. Tahlil natijalarini hisoblash (1-rasm tahlili) Dasturiy ta'minotning natijalar darchasida hisoblash parametrlaridan "O'rtacha qiymat bo'yicha hisoblash" (Расчёт по "средним") hamda xatoliklarni kamaytirish maqsadida "Fonni hisobga olish" (Учёт фона) funksiyalari yoqilgan holatda tahlil qilindi.

Jadvaldan olingan yakuniy natijalar:

Barcha o'lchov natijalari [mg/l] o'lchov birligida ifodalangan.

Yacheykalar bo'yicha alohida natijalar (Результат единичного анализа)

A yacheyka: 0 mg/l

B yacheyka: 0.0000807 mg/l

C yacheyka: 0 mg/l

A va C yacheykalarda namuna konsentratsiyasi o'lchov chegarasidan past bo'lganligi yoki analitik signal yetarli darajada ajralib chiqmaganligi sababli dastur natijani 0 deb qabul qilgan. Asosiy analitik signal B yacheykada muvaffaqiyatli qayd etilgan.

Umumiy yakuniy tahlil natijasi (Результат анализа): Dastur umumiy o'rtachalashtirish natijasida oziq-ovqat namunasi tarkibidagi nikel miqdorini **0.000081 mg/l** (ya'ni 0.081 mkg/l) deb belgiladi.

Xulosa:

Olingan natija (0.000081 mg/l) shuni ko'rsatadiki, tekshirilayotgan oziq-ovqat mahsuloti tarkibida nikel (Ni) ionlari faqatgina mikro-izlar darajasida mavjud. Bu miqdor davlat standartlarida belgilangan oziq-ovqat xavfsizligi bo'yicha ruxsat etilgan miqdorlardan (REM) ancha past bo'lib, mahsulotning og'ir metallar bo'yicha xavfsiz ekanligini tasdiqlaydi.

ADABIYOTLAR RO'YXATI:

Kathryn E. ToghilLei Xiao, Gregory G. Wildgoose, Richard G. Compton
Electroanalytical Determination of Cadmium(II) and Lead(II) Using an Antimony

Nanoparticle Modified Boron-Doped Diamond Electrode *Elektroanalysis* :2009 p. 1113-1118. <https://doi.org/10.1002/elan.200904547>

1. Demirhan Citak, Mustafa Tuzen, Mustafa Soylak. Simultaneous coprecipitation of lead, cobalt, copper, cadmium, iron and nickel in food samples with zirconium(IV) hydroxide prior to their flame atomic absorption spectrometric determination. *Food and Chemical Toxicology*. 2009, pp. 2302-2307. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2009.06.021>
2. 3.P. Gunkel, B. Fabre, G. Prado, J.Y. Baliteau Ion chromatographic and voltammetric determination of heavy metals in soils. Comparison with atomic emission spectroscopy *Analisis* :1999 p. 823-828. <https://doi.org/10.1051/analisis:1999149>
3. Abbasi, S., Khodarahmiyan, K., & Abbasi, F. (2011). Simultaneous determination of ultra trace amounts of lead and cadmium in food samples by adsorptive stripping voltammetry. *Food Chemistry*, 128(1), 254–257. doi:10.1016/j.foodchem.2011.03.002
4. Adeloju, S. B., & Bond, A. M. (1983). Determination of lead and cadmium in biological and food samples by anodic stripping voltammetry. *Analytica Chimica Acta*, 148, 59–69.
5. Alghamdi, A. H. (2010). Applications of stripping voltammetric techniques in food analysis. *Arabian Journal of Chemistry*, 3(1), 1–7. doi:10.1016/j.arabjc.2009.12.001
6. Ali, A. M., Mohamed, G. G., & Mohamed, H. A. (1999). Determination of trace metal ions in common salt by differential pulse stripping voltammetry. *Food Chemistry*, 65(4), 503–507.
7. Bard, A. J., & Faulkner, L. R. (2001). *Electrochemical methods: Fundamentals and applications* (2nd ed.). John Wiley & Sons.
8. Brainina, K. Z., Stozhko, N. Y., Belysheva, G. M., Inzhevatova, O. V., Kolyadina, L. I., Cremisini, C., & Galletti, M. (2004). Determination of heavy metals in wines by anodic stripping voltammetry with thick-film modified electrode. *Analytica Chimica Acta*, 514(2), 227–234. doi:10.1016/j.aca.2004.03.047
9. Economou, A. (2005). Bismuth-film electrodes: Recent developments and potentialities for electroanalysis. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 24(4), 334–340. doi:10.1016/j.trac.2004.11.006
10. Ensafi, A. A., & Zarei, K. (2000). Simultaneous determination of trace amounts of cadmium, nickel and cobalt in water samples by adsorptive voltammetry using ammonium 2-amino-cyclopentene dithiocarboxylate as a chelating agent. *Talanta*, 52(3), 435–440. doi:10.1016/S0039-9140(00)00334-9

11. FAO/WHO Codex Alimentarius Commission. (1995). *General standard for contaminants and toxins in food and feed: CXS 193-1995*. Codex Alimentarius Commission.
12. Gajan, R. J., Larry, D., & Capar, S. G. (1982). Determination of lead and cadmium in foods by anodic stripping voltammetry: I. Development of method. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, 65(4), 970–977.
13. Huang, M., Chen, Y., Wang, J., & Li, X. (2025). Quantitative detection of toxic elements in food samples: Recent progress and analytical challenges. *Processes*, 13(10), 3361. doi:10.3390/pr13103361
14. Jovanovski, V., Hočevar, S. B., & Ogorevc, B. (2017). Bismuth electrodes in contemporary electroanalysis. *Current Opinion in Electrochemistry*, 3(1), 114–122. doi:10.1016/j.coelec.2017.07.010
15. Liu, N., Chen, X., Ma, H., & Li, Y. (2022). Improving the accuracy of stripping voltammetry detection of heavy metal ions in soil extracts by chemometric correction. *Analytica Chimica Acta*, 1205, 339742. doi:10.1016/j.aca.2022.339742