

УДК 628.54

ДВОХЧАСТОТНИЙ УЛЬТРАЗВУК В ПІДГОТОВЦІ ПРОБ ЖИРІВ ТА ОЛІЙ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПЛЮМБУМУ ТА КАДМІЮ

О.І. Юрченко, О.С. Каліненко, Л.В. Бакланова, О.М. Бакланов, М.О. Добріян, Т.В. Черножук

Вивчено використання двохчастотного ультразвуку при підготовці проб жирів та олій для визначення Плюмбуму та Кадмію. Показано, що використання УЗ частотою 20-45 кГц, інтенсивністю 1.0-2.5 Вт/см² та УЗ частотою 1.0-2.5 МГц, інтенсивністю 0.50-0.75 Вт/см² протягом 2-3 хв. для інтенсифікації кислотної мінералізації дозволяє підвищити ступінь вилучення Плюмбуму та Кадмію, збільшити співвідношення органічної і водної фаз та покращити відтворюваність результатів аналізу у порівнянні з використанням УЗ однієї частоти.

Ключові слова: двохчастотний ультразвук, Плюмбум, Кадмій, жири, олія, метрологічні характеристики.

Вступ

Визначення Плюмбуму та Кадмію в жирах та оліях ускладнюється необхідністю проведення мінералізації [1]. Суха мінералізація займає більше 40 год., при цьому можливі втрати елементів, що визначаються [2]. Мокра мінералізація також тривала, займає близько 16 год. [2]. Для прискорення мінералізації використовується дія на систему фізичних полів різної природи. Найбільше розповсюдження отримало мікрохвильове опромінення у закритих системах [3]. Однак, використання автоклавів для розкладання жирів та олій може привести до утворення вибухонебезпечних сполук, зокрема нітрогліцерину [4], тому використання усіх можливостей сучасних мікрохвильових систем, забезпечених автоклавами, проблематичне. Для визначення Плюмбуму та Кадмію у жирах і оліях рекомендовано використовувати кислотну екстракцію нітратною кислотою (1:1) при кип'ятінні протягом 1.5–2.0 год. з наступним атомно-абсорбційним визначенням [5]. Використання мікрохвильового випромінювання дозволяє скоротити час екстракції до однієї год., проте імовірність утворення нітрогліцерину при цьому збільшується [4].

Раніше нами була запропонована методика атомно-абсорбційного визначення Плюмбуму та Кадмію [6], що включала розчинення наважки у чотирихлористому карбоні та екстракцію Плюмбуму та Кадмію нітратною кислотою (1:2), що містить 0.2 % трилону Б, під дією ультразвуку (УЗ) частотою 18-44 кГц, інтенсивністю 1.4-1.5 Вт/см² протягом 2-3 хв. При цьому ступінь екстрагування елементів не перевищувала 90 - 92 %, крім того, співвідношення органічної і водної фаз не могло бути більше за 2:1, що не дозволяло визначати Плюмбум та Кадмій з чутливістю, меншою 10 ГДК [6].

Описано [7] використання одночасної дії УЗ високої та низької частот для інтенсифікації концентрування Плюмбуму та Кадмію з розчинів кухонної солі. Встановлено більш високу ефективність двохчастотного УЗ у порівнянні з УЗ однієї частоти.

Метою даної роботи є розробка експресної методики атомно-абсорбційного визначення Плюмбуму та Кадмію в жирах і оліях з використанням одночасної дії УЗ високої та низької частот.

Експериментальна частина

Застосовували атомно-абсорбційний спектрометр ААС-3 з електротермічним атомізатором ЕА-3 фірми Карл Цейсс Йена (Німеччина). Використовували графітові кювети з піролітичним покриттям, лампи з полим катодом Nurva (Німеччина).

УЗ обробку проводили модернізованим УЗ диспергатором УЗДН-1 з набором магнітострикційних трубчастих випромінювачів, що працюють в діапазоні від 18 до 47 кГц при інтенсивності від 0.5 до 25 Вт/см². Використовували також ультразвуковий генератор типу 24–УЗГИ–К–1.2, до якого підключали магнітострикційні й п'єзоелектричні випромінювачі, що дозволяють ство-

рювати в досліджуваних розчинах ультразвукові коливання частотою 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 440, 500, 550, 600, 650, 700, 750, 800, 880, 900, 950, 1000, 1200, 1500, 2000, 2500, 3000 кГц. Застосовували стандартні п'єзоелектричні випромінювачі типу ЦТС–19, виготовлені із цирконата титану–плюмбуму та з нанесеним захисним фторопластовим покриттям [7]. Дані п'єзокерамічні випромінювачі були обрані тому, що мають достатню механічну міцність і стабільність випромінювання на високих частотах УЗ (від 100 кГц до 2.5 МГц) при інтенсивності до 12 Вт/см² [8].

Параметри зовнішнього акустичного поля визначали розрахунковим і експериментальним шляхом за методикою [7]. Використовували реактиви кваліфікації не нижче х.ч. Розчини готували на бідистильованій воді.

Методика експерименту. Наважку продукту масою в 12.00 г розчиняли в 5 мл чотирьохлористого карбону. Розчинення проби в чотирьохлористому карбоні при кислотній екстракції сприяє зменшенню утворення емульсій [7]. Приливали 10 мл. нітратної кислоти (1:1), що містить 0.2 % трилону Б згідно з [6]. Далі на систему діяли УЗ частотою 18-46 кГц, інтенсивністю 0.8-2.7 Вт/см² та УЗ частотою 0.5-3.0 МГц, інтенсивністю 0.45-0.80 Вт/см². Для прискорення розділення фаз систему центрифугували протягом 4 хв. при 5000 об/хв. Суміш переносили у ділильну лійку. Після розділення фаз водну фазу переносили в порцелянову чашку. Екстракцію повторювали. Об'єднаний екстракт обережно упарювали до сухого залишку на електроплитці, розчиняли в нітратній кислоті (1:1) і доводили нітратною кислотою об'єм розчину до 5 см³. В отриманому розчині визначали вміст Плюмбуму та Кадмію електротермічним атомно-абсорбційним методом [6]. Паралельно підготовку тих самих проб проводили згідно з [6], і також визначали вміст Плюмбуму та Кадмію атомно-абсорбційним методом [6]. Крім того в проби, що аналізуються, вводили по 0,10 мг/кг Плюмбуму та Кадмію і проводили аналіз відповідно до за наведеною методикою. Також проводили "холостий" дослід для визначення домішок металів, що визначаються у реагентах, що використовуються, а також дослід у розчинах, насичених СО₂ для створення умов, що дозволяють запобігти можливості протікання звукохімічних реакцій [3, 8].

Результати та їх обговорення

Зміна частоти низькочастотного УЗ при екстракції Плюмбуму та Кадмію від 20 до 40 кГц на величину їх ступеня екстрагування практично не позначилася (табл.1).

Таблиця 1. Вплив частоти низькочастотного ультразвуку на ступінь екстрагування Плюмбуму та Кадмію з жирів і олій

Частота УЗ, кГц	Ступінь екстрагування, %			
	Жир свиний		Олія соняшникова нерафінована	
	Pb	Cd	Pb	Cd
18	16	21	18	22
19	84	85	87	86
20	96	96	97	97
30	97	97	97	97
40	97	97	97	98
40*	91	90	89	90
41	90	92	92	94
41*	84	87	86	83
45	82	84	92	90
46	65	69	71	74

У цій і наступних таблицях наведені середні результати шести дослідів при співвідношенні органічної та водної фаз 2:1. Частота високочастотного УЗ 2.0 МГц, інтенсивність високочастотного УЗ 0.5 Вт/см², інтенсивність низькочастотного УЗ 2.0 Вт/см², час дії УЗ – 2.0 хв.

*Проведення дослідів в умовах неможливості протікання звукохімічних реакцій – при насиченні проби СО₂ [3].

Порівняння результатів, одержаних з використанням височастотного УЗ частотою 0.5-3.0 МГц показало, що кращі результати були отримані при використанні УЗ частотою 1.0-2.5 МГц (табл. 2).

Таблиця 2. Вплив частоти височастотного ультразвуку на ступінь екстрагування Плюмбуму та Кадмію з жирів і олій

Частота УЗ, МГц	Ступінь екстрагування, %			
	Жир свиний		Олія соняшникова нерафінована	
	Pb	Cd	Pb	Cd
0.5	78	75	85	84
1.0	97	96	97	96
1.5	97	97	98	98
1.5*	81	82	81	82
2.0	97	97	97	98
2.5	97	97	97	98
3.0	82	84	92	90
Без УЗ**	27	30	31	36
Без УЗ***	87	88	89	90

Частота низькочастотного УЗ - 40 кГц, інтенсивність низькочастотного УЗ 2,0 Вт/см², інтенсивність височастотного УЗ 0,5 Вт/см², час дії УЗ - 2,0 хв. *Проведення дослідів в умовах неможливості протікання звукохімічних реакцій – при насиченні проби СО₂ [3]. **Використовували струшування протягом 1 год за допомогою механічного струшувача АВУ- 6с (60 струшувань за хв.).

***Використовували кип'ятіння протягом 2 год.

При цьому інтенсивність низькочастотного УЗ повинна бути 1.5-2.5 Вт/см² (табл. 3), а височастотного – 0.50-0.75 Вт/см² (табл. 4). Час дії УЗ повинен бути 1 – 3 хв. (табл. 5).

Таблиця 3. Вплив інтенсивності низькочастотного ультразвуку на ступінь екстрагування Плюмбуму та Кадмію з жирів і олій

Інтенсивність низькочастотного УЗ, Вт/см ²	Ступінь екстрагування, %			
	Жир свиний		Олія соняшникова нерафінована	
	Pb	Cd	Pb	Cd
0.80	16	75	18	32
0.90	84	85	87	85
1.0	96	96	97	97
2.0	97	97	97	98
2.5	97	97	97	98
2.6	93	94	94	95
2.7	91	92	92	93

Частота височастотного УЗ 2.0 МГц, частота низькочастотного УЗ - 40 кГц, інтенсивність височастотного УЗ 0.5 Вт/см², час дії УЗ – 2.0 хв.

Використання ультразвуку двох частот для інтенсифікації екстракції обумовлено більш високою ефективністю двохчастотного ультразвуку у порівнянні з ультразвуком однієї частоти. Це пояснюється особливостями для даної системи експериментально визначеними оптимальними умовами утворення і схлопування кавітаційних пухирців при двохчастотній дії ультразвуку, при якій утворюється понад 90 % малих сферичних кавітаційних пухирців, саме при схлопуванні яких і інтенсифікуються дані процеси [8, 9]. Також встановлено, що при підвищенні частоти низькочастотного УЗ понад 45 кГц та височастотного УЗ понад 2.5 МГц, ступінь вилучення Плюмбуму та Кадмію зменшується і за рахунок утворення стійких емульсій [7, 8]. При дії УЗ менш 1 хв повнота екстракції Плюмбуму та Кадмію не досягається, а дія УЗ більш 3 хв призводить до утворення стійких емульсій і, як результат, до зменшення ступеня екстрагування Плюмбуму та Кадмію.

Таблиця 4. Вплив інтенсивності високочастотного ультразвуку на ступінь екстрагування Плюмбуму та Кадмію з жирів і олій

Інтенсивність високочастотного УЗ, Вт/см ²	Ступінь екстрагування, %			
	Жир свиний		Олія соняшникова нерафінована	
	Pb	Cd	Pb	Cd
0.45	16	75	18	32
0.50	97	97	97	98
0.55	97	97	97	97
0.60	97	97	97	98
0.70	97	97	97	98
0.75	97	97	97	98
0.80	90	92	93	94

Частота високочастотного УЗ 2.0 МГц, частота низькочастотного УЗ - 40 кГц, інтенсивність низькочастотного УЗ 2.0 Вт/см², час дії УЗ – 2 хв.

Таблиця 5. Вплив часу дії ультразвуку на ступінь екстрагування Плюмбуму та Кадмію з жирів і олій

Час дії УЗ, хв	Ступінь екстрагування, %			
	Жир свиний		Олія соняшникова нерафінована	
	Pb	Cd	Pb	Cd
0.5	88	89	90	92
1.0	96	96	96	96
1.5	96	97	96	97
2.0	97	97	97	98
2.5	97	97	97	98
3.0	92	93	93	94
3.5	90	92	91	90

Частота високочастотного УЗ 2.0 МГц, частота низькочастотного УЗ - 40 кГц, інтенсивність високочастотного УЗ 2.0 Вт/см², інтенсивність низькочастотного УЗ 2.0 Вт/см².

Таблиця 6. Вплив співвідношення органічної і водної фаз на ступінь екстрагування Плюмбуму та Кадмію з жирів і олій

Співвідношення органічної і водної фаз	Ступінь екстрагування, %			
	Жир свиний		Олія соняшникова нерафінована	
	Pb	Cd	Pb	Cd
Інтенсифікація двохчастотним УЗ				
1:1	98	99	99	99
2:1	98	98	99	99
3:1	98	98	99	99
4:1	97	98	98	99
5:1	97	97	97	98
6:1	97	97	97	98
7:1	83	83	84	85
Інтенсифікація УЗ низької частоти [6]				
1:1	96	97	97	96
2:1	94	94	94	95
3:1	83	84	85	86
4:1	71	72	74	75

Частота високочастотного УЗ 2.0 МГц, частота низькочастотного УЗ - 40 кГц, інтенсивність високочастотного УЗ 2.0 Вт/см², інтенсивність низькочастотного УЗ 2.0 Вт/см², час дії УЗ – 2.0 хв.

При використанні одночастотного УЗ [6]: частота УЗ 22 кГц, інтенсивність УЗ 2.0 Вт/см², час дії 2 хв.

Інтенсифікуюча дія УЗ імовірно залежить від комбінації дії акустичних течій та кавітаційних ефектів [7, 8]. Так, при проведенні досліджень в умовах непротікання звукохімічних реакцій – при насиченні проби CO₂ [7, 8], ступінь екстрагування Плюмбуму та Кадмію зменшується (табл. 1, 2). При озвучуванні розчинів в умовах насичення проби CO₂ звукохімічні реакції не йдуть, тому що CO₂ проникає в кавітаційну порожнину вже на ранній стадії її розвитку і перешкоджає електричному пробію або ефективно дезактивує збуджені стани [8, 9].

Без дії УЗ кількісне визначення було можливе тільки за умови кип'ятіння протягом 2 год. При цьому ступінь екстрагування Плюмбуму та Кадмію не перевищувала 90 % (табл. 2). Використання механічного струшування, навіть в оптимальних для цієї системи умовах - протягом 1 год., 60 струшувань за хв, не дало можливості проводити кількісне визначення Плюмбуму та Кадмію (табл.2).

Використання двохчастотного УЗ дає можливість використовувати співвідношення органічної і водної фаз 6:1, а одночастотного тільки 2:1, що дозволяє підвищити чутливість визначення Плюмбуму та Кадмію у три рази (табл. 6).

Висновки

В результаті проведених досліджень нами встановлено, що використання УЗ частотою 20-45 кГц, інтенсивністю 1.0-2.5 Вт/см² та УЗ частотою 1.0-2.5 МГц, інтенсивністю 0.50-0.75 Вт/см² протягом 2-3 хв. для інтенсифікації кислотної екстракції дозволяє підвищити ступінь екстрагування Плюмбуму та Кадмію, збільшити співвідношення органічної і водної фаз та покращити відтворюваність результатів аналізу у порівнянні з використанням УЗ однієї частоти (табл.7, 8). Розроблено методику експресного визначення Плюмбуму та Кадмію у жирах і оліях. Правильність методики перевіряли методом добавок, а також аналізом одних і тих же проб альтернативною методикою, у якості якої використали методику з використанням УЗ однієї, низької частоти (табл.7).

Таблиця 7. Результати визначення Плюмбуму та Кадмію у жирах і оліях

Найменування продукту	Введено Плюмбуму та Кадмію по, мг/кг	Знайдено мікроелементів (мг/кг) / Відносне стандартне відхилення (n = 6) відгук	
		Плюмбум	Кадмій
Методика, що пропонується			
Олія соняшникова нерафінована	0	0.112/0.070	0.030/0.063
	0.100	0.209/0.077	0.101/0.066
Жир свиний	0	0.102/0.076	0.044/0.060
	0.100	0.200/0.077	0.101/0.068
Методика згідно[6]			
Олія соняшникова нерафінована	0	0.105/0.087	0.027/0.075
	0.100	0.203/0.084	0.121/0.074
Жир свиний	0	0.103/0.088	0.044/0.072
	0.100	0.187/0.085	0.137/0.074

Таблиця 8. Характеристика способів підготовки проб жирів та олій для визначення Плюмбуму та Кадмію

Найменування показника	Результат показника	
	Методика згідно [6]	Методика, що пропонується
Співвідношення органічної і водної фаз, що забезпечує при екстракції кількісне вилучення Плюмбуму та Кадмію (більш 90%)	2:1	6:1
Ступінь витягу Плюмбуму та Кадмію	94-95%	97-98%
Відносне стандартне відхилення результатів визначення Плюмбуму	0.084-0.088	0.070-0.077
Відносне стандартне відхилення результатів визначення	0.072-0.075	0.060-0.068

Кадмію		
Час, що витрачається на підготовку проб жирів та олій для визначення Плюмбуму та Кадмію	15-20 хв.	15-20 хв.

Методика визначення Плюмбуму та Кадмію в жирах і оліях. Наважку жиру або олії масою 12.00 г розчиняють в пробірці в 12 мл. чотирьохлористого карбону. Приливають 5 см³ нітратної кислоти (1:1), що містить 0.2 % трилону Б. Далі на систему діють УЗ 20-45 кГц, інтенсивністю 1.0-2.5 Вт/см² та УЗ частотою 1.0-2.5 МГц, інтенсивністю 0.50-0.75 Вт/см² протягом 2-3 хв. Для розділення фаз систему центрифугують протягом 4 хв. при 5000 об/хв. Суміш переносять у ділильну лійку. Після поділу фаз, водну фазу переносять в порцелянову чашку. Екстракцію повторюють. Об'єднаний екстракт обережно упарюють до сухого залишку на електроплитці, розчиняють в нітратній кислоті (1:1) і доводять об'єм розчину до 5 см³. В отриманому розчині визначають вміст Плюмбуму та Кадмію електротермічним атомно-абсорбційним методом [6].

Умови визначення Плюмбуму електротермічним атомно-абсорбційним методом: довжина хвилі 283.3 нм, ширина спектральної щілини монохроматора – 0.20 мм, величина струму лампи Narva - 5 mA, об'єм проби - 20 мкл. В якості модифікаторів матриці використовують розчин нітрату паладію (0.1 мкг/мл), рекомендованого при аналізі жирів та олій [10]. Визначення проводяться за програмою: висушування при температурі 100 °С, швидкість підйому температури 10 град/с з витримкою при даній температурі 30 с; температура піролізу - 590 °С, 20 с; температура атомізації – 1300 – 2000 °С, 5с; очистка -2500 °С.

Умови визначення Кадмію електротермічним атомно-абсорбційним методом: довжина хвилі 228.8 нм, ширина спектральної щілини монохроматора – 0.20 мм, величина струму, що подається на лампу Narva - 3 mA, об'єм проби - 20 мкл. В якості модифікаторів матриці використовують розчин нітрату паладію (0.1 мкг/мл), рекомендованого при аналізі жирів та олій [10].

На стадії атомізації використовували режим "газ-стоп". В якості захисного газу - Гелій осч. Вимірювання проводили за однопроменевою схемою з дейтерієвим коректором фону.

Чутливість визначення Плюмбуму – 0.002 мг/ кг, Кадмію – 0.0005 мг/кг.

Література

1. Химический состав пищевых продуктов: справочные таблицы содержания аминокислот, жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов, органических кислот и углеводов / [Под ред. М.Ф. Негесина и И.М. Скурихина] М.: Пищ. пром-сть, 1979. – 247 с.
2. Скурихин И.М. Методы анализа пищевых продуктов. Проблемы аналитической химии. Т. 8. / И.М. Скурихин. –М.: Наука, 1988. – 132 с.
3. СВЧ–излучение как фактор интенсификации пробоподготовки. Анализ объектов с органической матрицей / И.В. Кубракова, Т.Ф. Кудинова, Е.Б. Ставниченко, Н.М. Кузьмин // Журн. аналит. химии.– 1997.–Т. 52, № 6.–С. 587–593.
4. Хавезов И., Цалев Д. Атомно-абсорбционный анализ. Л.:Химия, 1983. – 144 с.
5. Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов (ГОСТ 30178-96) [Принят 1996-10-04]. – М.: 2010. – 11 с. (Межгосударственный стандарт).
6. Чмиленко Ф.А. Атомно–абсорбционное определение токсичных элементов в жирах и маслах / Ф.А. Чмиленко, Л.В. Бакланова // Укр. хим. журн.–1998.–Т. 64, № 2.– С.134–140.
7. Аналітична хімія кухонної солі та розсолів / [Бакланов О.М., Авдєєнко А.П., Чмиленко Ф.О., Бакланова Л.В.] – Краматорськ: вид-во ДДМА, 2011. – 283 с.
8. Маргулис М.А. Звукохимические реакции и сонолюминисценция / Маргулис М.А. М.: Химия, 1986. – 288 с.
9. Ультразвук. Маленькая энциклопедия / Гл.ред. И.П. Голямина – М.: Сов. энцикл., 1979.– 400 с.
10. Алемасова А.С. Высокотемпературные процессы превращения комплексообразователей и комплексов металлов в атомно–абсорбционном анализе.– Донецк: Изд–во ДонГУ, 1997. – 297 с.

References

1. Himicheskiy sostav pisch'evy'h produktov: spravochny'e tablicy' sodержaniya aminokislot, jirny'h kislot, vitaminov, makro- i mikroelementov, organicheskikh kislot i uglevodov / [Pod red. M.F. Netesina i I.M. Skurikhina] M.: Pisch'. prom-st', 1979. – 247 s.
2. Skurykhyn Y.M. Metodi analiza pyshevykh produktov. Problemi analytycheskoi khymyy. T. 8. / Y.M. Skurykhyn. –M.: Nauka, 1988. – 132 s.
3. SVCH-izluchenie kak faktor intensivizatsii probopodgotovki. Analiz ob`ektov s organicheskoy matricyey / I.V. Kubrakova, T.F. Kudinova, E.B. Stavnivenko, N.M. Kuz'min // Journ. analit. himii.- 1997.-T. 52, № 6.-S. 587-593.
4. Havezov I., Calev D. Atomno-absorbtsionny'y analiz. L.:Himiya, 1983. – 144 s.
5. Sy'r'e i produkty' pisch'evy'e. Atomno-absorbtsionny'y metod opredeleniya toksichny'h elementov (GOST 30178-96) [Prinyat 1996-10-04]. - M.: 2010. - 11 s. (Mejgosudarstvenny'y standart)
6. Chmilenko F.A. Atomno-absorbtsionnoe opredelenie toksichny'h elementov v jirah i maslah / F.A. Chmilenko, L.V. Baklanova // Ukr. him. jurn.-1998.-T. 64, № 2.- S.134-140.
7. Anali'tichna hi'mi'ya kuhonnoy` soli' ta rozsoliv` / [Baklanov O.M., Avdeenko A.P., Chmilenko F.O., Baklanova L.V.] - Kramators'k: vid-vo DDMA, 2011. - 283 s.
8. Margulis M.A. Zvukohimicheskie reakcii i sonolyuminiscenciya / Margulis M.A. M.: Himiya, 1986. – 288 s.
9. Ul'trazvuk. Malen'kaya e`nciklopediya / Gl.red. I.P. Golyamina - M.: Sov. e`ncikl., 1979.- 400 s.
10. Alemasova A.S. Vy'sokotemperaturny'e processy' prevrasch'eniya kompleksobrazovatelyey i kompleksov metallov v atomno-absorbtsionnom analize.- Doneck: Izd-vo DonGU, 1997 - 297 s.

Поступила в редакцию 2 сентября 2014 г.

О.И. Юрченко, О.С. Калиненко, Л.В. Бакланова, А.М. Бакланов, М.А. Добрян, Т.В. Черножук. Двухчастотный ультразвук в подготовке проб жиров и масел для определения свинца и кадмия.

Изучено использование двухчастотного ультразвука при подготовке проб жиров и масел для определения свинца и кадмия. Показано, что использование УЗ частотой 20-45 кГц, интенсивностью 1.0-2.5 Вт/см² и УЗ частотой 1.0-2.5 МГц, интенсивностью 0.50-0.75 Вт/см² в течение 2-3 мин для интенсификации кислотной минерализации позволяет повысить степень извлечения свинца и кадмия, увеличить соотношение органической и водной фаз и улучшить воспроизводимость результатов анализа по сравнению с использованием УЗ одной частоты.

Ключевые слова: двухчастотный ультразвук, свинец, кадмий, жиры, масла, метрологические характеристики.

O.I. Yurchenko, O.S. Kalinenko, L.V. Baklanova, O.M. Baklanov, M.O. Dobriyan, T.V. Chernozhuk. Double frequency ultrasound at oils and fats sample preparation for detection of lead and cadmium.

Application of double frequency ultrasound at oils and fats sample preparation for detection of lead and cadmium was examined. The irradiation with a combination of 1.0-2.5 W/cm² 20-45 kHz and 0.5-0.75 W/cm² 1.0-2.5 MHz ultrasound during 2-3 minutes intensifies acid mineralization of samples and allows to enhance the extraction of lead and cadmium, to increase the ratio of organic to water phases and to improve reproducibility of analysis compared to its single-frequency versions.

Key words: double frequency ultrasound, lead, cadmium, oil, metrology characteristics.

Kharkov University Bulletin. 2014. № 1136. Chemical Series. Issue 24 (47).