

ления разных групп микроорганизмов, и позволяет быстро и экономически более выгодно, без использования стерилизованных сред и чашек Петри проводить санитарно-микробиологические исследования.

#### Литература

1. Качество и безопасность продукции: создание и развитие систем управления/А.Б.Лисицин [и др.]; под общ.ред.академика РАСХН А.Б.Лисицина.- М.: Эдиториал сервис, 2010.-312с.
2. Безвредность пищевых продуктов / под ред. Г.Р. Робертса. М.: Агропромиздат, 1986. — 362 с.
3. Донченко, Л.В. Безопасность пищевого сырья и продуктов питания/Л.В. Донченко, В.Д. Надыка. – М.: Пищепромиздат, 1999. – 531 с.
4. Постовит, В. А. Пищевые токсикоинфекции/В.А. Постовит. – JL: Медицина, 1984. –368с.
5. Аверин, Г. Д. Физико-химические основы холодильной обработки пищевых продуктов/ Г. Д. Аверин., Н. Н.Журавская, Э. И. Каухчешвили [ и др]. – М.: Агропромиздат, 1985. – 255 с.

УДК 543: 658.562

## КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА РЕЗУЛЬТАТОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАДМИЯ В ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТАХ МЕТОДОМ ИНВЕРСИОННОЙ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИИ И АТОМНО-АБСОРБЦИОННОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ

**Ребезов М.Б., д-р с-хоз. наук, профессор, Белокаменская А.М., аспирант, Мазаев А.Н., аспирант, Ребезов Я.М., студент**  
**ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет»**  
**(Национальный исследовательский университет), г. Челябинск**  
**Максимюк Н.Н., д-р с-хоз. наук, профессор**  
**ФГБОУ ВПО «Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»,**  
**г. Великий Новгород**

*Анализ данных показывает, что все результаты исследования проб продовольственного сырья и пищевых продуктов на содержание кадмия, полученные методами инверсионной вольтамперометрии на анализаторе «ТА-4» и атомно-абсорбционной спектроскопии на «Квант-2АТ», по оценке прецизионности и оперативному контролю погрешности с применением метода добавок удовлетворительны.*

*Data analysis shows that all the results of a study of samples of food raw materials and food products on the content of cadmium, obtained by stripping voltammetry at the analyzer «TA-4» and atomic absorption spectrometry on the «Kvant-2AT», according to the precision and operational control error with additive method are satisfactory.*

Ключевые слова: инверсионная вольтамперометрия, атомно-абсорбционный метод, пищевые продукты, кадмий, испытания.

Введение системы технического регулирования безопасности и качества пищевых продуктов, а также внедрение системы ХАССП (анализ рисков и контроль критических точек) снижают уровень риска возникновения опасностей для здоровья потребителей и вместе с тем повышают требования к качеству проведения испытаний пищевых продуктов в соответствии с требованиями СанПиН 2.3.2.1078–01, ФЗ № 88, ФЗ № 90, ФЗ № 178 Российской Федерации. Это определяет необходимость обновления лабораторной базы средств измерений, введение и освоение новых более чувствительных методов исследования, введение стандартов на методы исследований, которые гармонизированы с международными стандартами. В аналитической практике среди инструментальных методов анализа пищевых продуктов и продовольственного сырья по определению содержания тяжелых металлов широко используется атомно-абсорбционная спектроскопия и инверсионная вольтамперометрия.

С целью сопоставления результатов, получаемых данными методами, на кафедре «Прикладная биотехнология» ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ» (НИУ) проведен сравнительный анализ результатов исследований пищевых продуктов на содержание кадмия методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторе «ТА-4» и атомно-абсорбционной спектроскопии на «Квант-2АТ».

Экспериментальная часть и методика исследования. Определение кадмия атомно-абсорбционным методом осуществляется в соответствии с ГОСТ 30178–96. Метод основан на минерализации продукта

способом сухого или мокрого озоления и определении концентрации элемента в растворе минерализата (в 1 % растворе азотной кислоты) методом пламенной атомной абсорбции, в данной работе на атомно-абсорбционном спектрометре «Квант-2АТ». Минерализация осуществляется в соответствии с ГОСТ 26929-94. Химические помехи, влияющие на результаты определения элементов, устраняются в процессе минерализации [1, 2].

Концентрация кадмия в испытуемых и контрольных растворах определяется по графику зависимости абсорбции от концентрации. Массовую долю кадмия в пробе (m), млн-1, рассчитывают по формуле:

$$m = \frac{(c_x - c_k) \cdot Y \cdot K}{p} \quad (1)$$

где  $c_x$  – концентрация элемента в испытуемом растворе, мкг/см<sup>3</sup>;  $c_k$  – среднее арифметическое значение концентрации элемента для параллельных контрольных растворов, мкг/см<sup>3</sup>; Y – исходный объем испытуемого раствора, см<sup>3</sup>; p – навеска пробы, г; K – коэффициент разбавления.

Если разность ( $c_x - c_k$ ) оказывается меньше предела обнаружения, то дается односторонняя оценка максимально возможной концентрации кадмия в продукте в млн –1 в соответствии с формулой:

$$m_{\max} < \frac{3S_n \cdot Y \cdot K}{p\sqrt{n}} \quad (2)$$

где n – число параллельных измерений абсорбции испытуемого раствора;  $S_n$  – стандартное среднеквадратическое отклонение от среднего значения для единичного измерения, мкг/см<sup>3</sup>.

$$S_n = \sqrt{\frac{\sum (c'_i - c_i'')^2}{2k}} \quad (3)$$

где ( $c'_i - c_i''$ ) – расхождение параллельных измерений концентрации кадмия в i-м растворе; k – количество растворов. За окончательный результат измерений принимают среднее арифметическое результатов двух параллельных определений.

Инверсионная вольтамперометрия кадмия осуществляется в соответствии с МУ 31-04/04 «Количественный химический анализ проб пищевых продуктов, продовольственного сырья, кормов и продуктов их переработки. Методика выполнения измерений массовых концентраций цинка, кадмия, свинца и меди методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторах типа ТА». Диапазоны определяемых содержаний элементов приведены в табл. 1.

**Таблица 1 – Диапазон определяемых содержаний кадмия методом ИВА на анализаторе «ТА-4»**

Диапазон определяемых содержаний, мг/кг	Индикаторный электрод
0,0015–1,0 вкл.	Ртутный пленочный на серебряной подложке
0,0015–1,0 вкл.	Серебряный модифицированный

Анализатор «ТА-4» содержит электрохимическую ячейку с тремя индикаторными электродами. Это позволяет одновременно получать три результата анализа в условиях повторяемости [8]. Измерения массовых концентраций кадмия выполняют методом инверсионной вольтамперометрии после предварительной подготовки проб путем «мокрой» минерализации. Химические помехи, влияющие на результаты определения элементов, устраняются в процессе пробоподготовки. Растворение навески и устранение мешающего влияния органической матрицы проводят при нагревании со смесью азотной кислоты и перекиси водорода. Для анализа берут аликвоту подготовленной пробы. Потенциал максимума регистрируемого анодного пика (аналитического сигнала) Cd на фоне муравьиной кислоты составляет (минус 0,6±0,1) В. В качестве электрода сравнения и вспомогательного электрода используют хлорсеребряный электрод (ХСЭ), в качестве рабочего электрода – ртутно-пленочный электрод (РПЭ).

Массовую концентрацию кадмия в пробе определяют по методу добавок аттестованных смесей кадмия (ГСО 7472-98). Массовая концентрация кадмия в анализируемой пробе вычисляется автоматически по формуле:

$$X_i = \frac{I_1 \cdot C_o \cdot V_o}{(I_2 - I_1) \cdot m} \cdot \frac{V_{\text{мм}}}{V_{\text{ан}}} \quad (4)$$

где  $X_i$  – содержание кадмия в анализируемой пробе, мг/кг;  $C_d$  – концентрация аттестованной смеси кадмия, из которой делается добавка к анализируемой пробе, мг/дм<sup>3</sup>;  $V_d$  – объем добавки аттестованной смеси кадмия, см<sup>3</sup>;  $I_1$  – величина пика кадмия в анализируемой пробе, мкА;  $V_{\text{мин}}$  – объем минерализата, полученного растворением золы в известном объеме растворителя, см<sup>3</sup>;  $V_{\text{ал}}$  – объем аликвоты, взятой для анализа из минерализата, см<sup>3</sup>;  $I_2$  – величина пика кадмия в пробе с добавкой, мкА;  $m$  – масса пробы, взятой для анализа, г.

Осуществление сличительных испытаний. Содержание кадмия определялось на атомно-абсорбционном спектрометре «Квант–2АТ» с пламенной атомизацией и анализаторе вольтамперометрическом «ТА–4». При проведении анализа оценивалось среднеквадратическое отклонение повторяемости  $\sigma$  и промежуточной (внутрилабораторной) прецизионности  $\sigma_R$  атомно-абсорбционного анализа и инверсионной вольтамперометрии.

Для исследовательских целей были использованы стандартные образцы состава раствора ионов кадмия ГСО 7472–98 ФГУП «Уральский научно-исследовательский институт метрологии» (сертификат об утверждении типа – № 2005; аттестованное значение образца – 1,0 мг/см<sup>3</sup>). Для проведения сличительных испытаний было выбрано четыре вида пищевых продуктов, чтобы по возможности охватить различные диапазоны концентраций кадмия. Каждая проба замерялась в нескольких параллелях, за результат анализа принималось среднее значение трех результатов единичного анализа, расхождение между которыми не превышало предела повторяемости. С целью контроля точности результатов анализа база данных формировалась в течение 24 дней. В итоге для каждого вида продукта в условиях промежуточной (внутрилабораторной) прецизионности было получено 5 результатов определения кадмия на «Квант–2АТ» и анализаторе «ТА–4».

Факторы промежуточной (внутрилабораторной) прецизионности в данном случае – разные операторы, осуществляющие измерения в разные дни с использованием одного и того же оборудования.

С целью контроля стабильности результатов анализа применялся метод добавок. Оперативный контроль процедуры анализа осуществляет непосредственно исполнитель путем сравнения результата отдельно взятой контрольной процедуры  $K_k$  с рассчитанным нормативом контроля  $K$ . Оперативный контроль процедуры анализа предусматривает проведение следующих операций [2, 3]: получение результата контрольного измерения; расчет результата контрольной процедуры  $K_k$ ; расчет норматива контроля  $K$ ; реализация решающего правила контроля: сравнение результата контрольной процедуры  $K_k$  с нормативом контроля  $K$ . При проведении оперативного контроля процедуры анализа с использованием контрольной процедуры для контроля погрешности (КПКП) с применением метода добавок средствами контроля являются рабочие пробы стабильного состава и эти же пробы с известной добавкой определяемого компонента. Взятие навески осуществлялось в утроенном размере, анализируемая проба делилась на три части. Одна часть оставалась без изменений, во вторую и третью делают добавку определяемого элемента  $C_d$ . Внесение добавки осуществлялось на двух этапах: а) на этапе пробоподготовки; б) на этапе осуществления измерения. Параллельно оцениваются три результата. В условиях внутрилабораторной прецизионности проводился анализ проб с введенной добавкой определяемого элемента и без добавки. В соответствии с методиками анализа были получены результаты контрольных измерений концентрации определяемого элемента в усредненной рабочей пробе –  $X(n)$  и в усредненной рабочей пробе с внесенной известной добавкой определяемого элемента –  $X(n)+d$ . В качестве результатов контрольных измерений концентрации определяемого элемента в пробе и в пробе с добавкой использованы только средние арифметические двух результатов единичного анализа, расхождение между которыми не превышает предела повторяемости.

Результаты и их обсуждение. Контроль точности результатов анализа. Контроль промежуточной прецизионности. Анализ был выполнен в условиях повторяемости и промежуточной прецизионности. Результаты приведены в табл. 2.

Прецизионность результатов определений оценивалась в соответствии с ГОСТ Р ИСО 5725–6–2002 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений». Сравнивался размах между максимальным и минимальным значениями из всех пяти результатов анализа ( $X_{\text{max}}-X_{\text{min}}$ ) с абсолютным значением критического диапазона для пяти результатов анализа  $CR_{0,95}(5)$ . Абсолютное значение критического диапазона  $CR_{0,95}(5)$  определяют, используя относительное значение критического диапазона для пяти результатов анализа ( $CR_{0,95}(5)$ , %), рассчитываемое по формуле:

$$(CR_{0,95}(5), \%) = f(n) \times \sigma_R, \quad (5)$$

где  $f(n)$  – коэффициент критического диапазона;  $n$  – число определений;  $\sigma_R$  – стандартное отклонение промежуточной прецизионности, %.

**Таблица 2 – Результаты анализа проб пищевых продуктов на содержание кадмия, полученные в условиях внутрилабораторной (промежуточной) прецизионности**

Проба	№	ТА-4	Квант-2АТ	ТА-4	Квант-2АТ	ТА-4	Квант-2АТ
Рыба ПДК 0,2 мг/кг				Д1 c = 0,05		Д2 c = 0,05	
	1	0,034	0,034	0,064	0,066	0,071	0,084
	2	0,033	0,035	0,062	0,064	0,07	0,081
	3	0,028	0,036	0,063	0,065	0,074	0,077
	4	0,026	0,031	0,061	0,061	0,074	0,076
	5	0,031	0,028	0,064	0,067	0,081	0,075
	Хср	0,0304	0,0328	0,0628	0,0646	0,074	0,0786
	Оценка прецизионности результатов $(X_{max}-X_{min}) \leq CR_{0,95}(5)$						
		0,008< 0,015	0,008 <0,015	0,003 <0,032	0,003 <0,032	0,011 <0,037	0,009 <0,037
Хлеб ПДК 0,07 мг/кг				Д1 c = 0,05		Д2 c = 0,05	
	1	0,025	0,026	0,066	0,067	0,077	0,071
	2	0,024	0,024	0,063	0,065	0,076	0,076
	3	0,019	0,027	0,061	0,067	0,069	0,072
	4	0,019	0,025	0,064	0,065	0,081	0,075
	5	0,023	0,024	0,059	0,066	0,076	0,073
	Хср	0,022	0,0252	0,0626	0,066	0,0758	0,0734
	Оценка прецизионности результатов $(X_{max}-X_{min}) \leq CR_{0,95}(5)$						
		0,006 <0,011	0,003 <0,012	0,007 <0,032	0,002 <0,031	0,012 <0,038	0,005 <0,034
Молоко ПДК 0,03 мг/кг				Д1 c = 0,01		Д2 c = 0,01	
	1	0,0081	0,0061	0,0128	0,0125	0,0148	0,0157
	2	0,0067	0,0074	0,0124	0,0127	0,0145	0,0161
	3	0,0074	0,0067	0,0133	0,0131	0,0162	0,0153
	4	0,0075	0,0065	0,0123	0,0134	0,0147	0,0147
	5	0,0077	0,0068	0,0130	0,0133	0,0154	0,0167
	Хср	0,0075	0,0067	0,0128	0,0130	0,0151	0,0157
	Оценка прецизионности результатов $(X_{max}-X_{min}) \leq CR_{0,95}(5)$						
		0,0014 <0,004	0,0013 <0,0031	0,001 <0,006	0,001 <0,006	0,002 <0,008	0,002 <0,007
Мясо ПДК 0,05мг/кг				Д1 c = 0,05		Д2 c = 0,05	
	1	0,035	0,031	0,061	0,061	0,075	0,081
	2	0,034	0,028	0,065	0,064	0,074	0,083
	3	0,037	0,024	0,061	0,059	0,073	0,076
	4	0,029	0,026	0,065	0,067	0,071	0,077
	5	0,032	0,024	0,063	0,063	0,073	0,067
	Хср	0,0334	0,0266	0,063	0,0628	0,0732	0,0768
	Оценка прецизионности результатов $(X_{max}-X_{min}) \leq CR_{0,95}(5)$						
		0,008 <0,017	0,007 <0,012	0,004 <0,032	0,008 <0,03	0,004 <0,037	0,016 <0,036

Примечание: Д1 – добавка на этапе пробоподготовки;

Д2 – добавка на этапе осуществления измерений.

Коэффициент критического диапазона  $f(n)$  для пяти результатов равен 3,9. Значения стандартного отклонения промежуточной прецизионности  $\sigma_R$  каждого метода измерений приведены в методиках: для атомно-абсорбционного спектрометра «Квант-2АТ»:  $(CR_{0,95}(5), \%) = f(5) \times Sr(Cd) = 3,9 \times 12 = 46,8 \%$ ; для анализатора вольтамперометрического «ТА-4»:  $(CR_{0,95}(5), \%) = f(5) \times Sr(Cd) = 3,9 \times 13 = 50,7 \%$ .

Абсолютное значение критического диапазона  $CR_{0,95}(5)$  рассчитывают по формуле:

$$CR_{0,95}(5) = 0,01 \times (CR_{0,95}(5), \%) \times X_{ср}(5), \quad (6)$$

Если размах между максимальным и минимальным значениями пяти результатов анализа  $(X_{max}-X_{min})$  равен или меньше абсолютного значения критического диапазона  $CR_{0,95}(5)$ , то результаты анализа, выполненного в условиях повторяемости и промежуточной прецизионности, расценивают как удов-

летворительные. Анализ данных табл. 2 показал, что условие  $(X_{\max} - X_{\min}) \leq CR_{0,95}(5)$  выполняется для всех результатов измерений.

Контроль стабильности результатов анализа с применением метода добавок. Оперативный контроль процедуры анализа осуществляет непосредственно исполнитель путем сравнения результата отдельно взятой контрольной процедуры  $K_k$  с рассчитанным нормативом контроля  $K$ . Оперативный контроль процедуры анализа предусматривает проведение следующих операций: получение результата контрольного измерения; расчет результата контрольной процедуры  $K_k$ ; расчет норматива контроля  $K$ ; реализация решающего правила контроля: сравнение результата контрольной процедуры  $K_k$  с нормативом контроля  $K$ . Результат контрольной  $K_k$  процедуры рассчитывают по формуле:

$$K_k = X_{\text{ср}(n)+д} - X_{\text{ср}(n)} - C_d, \text{ мг/кг}, \quad (7)$$

где  $C_d$  – значение добавки, мг/кг;  $X_{\text{ср}(n)+д}$  – концентрация определяемого элемента в усредненной рабочей пробе с внесенной известной добавкой определяемого элемента, мг/кг;  $X_{\text{ср}(n)}$  – концентрация определяемого элемента в усредненной рабочей пробе, мг/кг.

Норматив контроля  $K$  рассчитывают по формуле:

$$K = \sqrt{(\Delta L_{X_{n+d}})^2 + (\Delta L_{X_n})^2}, \text{ мг/кг}, \quad (8)$$

где  $\pm \Delta L_{X_{n+d}}$  – характеристика погрешности результатов контрольного измерения, соответствующая содержанию определяемого элемента в пробе с добавкой, рассчитанная по формуле:

$$\Delta L_{X_{n+d}} = 0,01 \times \delta_l \times X_{n+d}, \text{ мг/кг}, \quad (9)$$

$\pm \Delta L_{X_n}$  – характеристика погрешности результатов контрольного измерения, соответствующая содержанию определяемого элемента в пробе, рассчитанная по формуле:

$$\Delta L_{X_n} = 0,01 \times \delta_l \times X_n, \text{ мг/кг}, \quad (10)$$

$\pm \delta_l$  – относительное значение характеристики погрешности результатов анализа, установленное при реализации методики в лаборатории и обеспечиваемое контролем стабильности результатов анализа:

$$\delta_l = 0,84 \times \delta, \% , \quad (11)$$

$\pm \delta$  – относительное значение показателя точности методики.

Процедуру анализа признают удовлетворительной при выполнении условия:

$$|K_k| \leq K. \quad (12)$$

Результаты оперативного контроля процедуры анализа с использованием контрольной процедуры для контроля погрешности с применением метода добавок сведены в табл. 3.

**Таблица 3 – Результаты оперативного контроля процедуры анализа с применением метода добавок**

добавка на этапе пробоподготовки				добавка на этапе осуществления измерений			
ТА-4		Квант-2АТ		ТА-4		Квант-2АТ	
$K_k$	$K$	$K_k$	$K$	$K_k$	$K$	$K_k$	$K$
-0,0176	0,0229	-0,0182	0,0195	-0,0064	0,0262	-0,0042	0,0229
-0,0094	0,0217	-0,0092	0,0190	0,0038	0,0259	-0,0018	0,0209
-0,0047	0,0048	-0,0037	0,0039	-0,0024	0,0055	-0,0010	0,0046
-0,0204	0,0234	-0,0138	0,0183	-0,0102	0,0264	0,0002	0,0218

Анализ данных табл. 3 показал, что условие  $|K_k| \leq K$  выполняется для всех результатов измерений.

Оценка прецизионности результатов, полученных разными методами, осуществляется путем расчета относительной погрешности, отражающей точность измерений, и сравнения ее со среднеквадратическим отклонением воспроизводимости результата при реализации разных методов исследования [13].

Относительная погрешность  $\sigma$  вычисляется по следующей формуле:

$$\sigma = \frac{\Delta Q}{Q_0} \cdot 100\% \quad (13)$$

где  $\Delta Q$  – абсолютная погрешность;  $Q_0$  – настоящее (действительное) значение измеряемой величины.

За действительное значение измеряемой величины  $Q_0 = X_{ист}$  принимается среднее значение усредненных результатов пяти измерений, полученных разными методами:

$$X_{ист} = \frac{X_{cp}(5)_1 + X_{cp}(5)_2}{2} \quad (14)$$

где  $X_{cp}(5)_1$  – усредненное значение результатов пяти измерений, полученных в условиях промежуточной (внутрилабораторной) прецизионности, при реализации одного метода;  $X_{cp}(5)_2$  – усредненное значение результатов пяти измерений, полученных в условиях промежуточной (внутрилабораторной) прецизионности, при реализации второго метода.

Абсолютная погрешность – это значение, вычисляемое как разность между значением величины, полученным в процессе измерений, и настоящим (действительным) значением данной величины. Абсолютная погрешность вычисляется по следующей формуле:

$$\Delta Q_n = Q_n - Q_0, \quad (15)$$

где  $\Delta Q_n$  – абсолютная погрешность;  $Q_n$  – значение некой величины, полученное в процессе измерения;  $Q_0$  – значение той же самой величины, принятое за базу сравнения (настоящее значение).

За значение величины  $Q_n$  принимают одно из усредненных значений результатов пяти измерений, полученных в условиях внутрилабораторной прецизионности, при реализации одного метода. Относительная погрешность  $\sigma$ , рассчитанная по формуле (13), сравнивается со среднеквадратическим отклонением воспроизводимости ( $\sigma_R$ , %). Среднеквадратическое отклонение воспроизводимости при анализе проб пищевых продуктов на содержание кадмия составляет 17 %.

Процедуру анализа признают удовлетворительной при выполнении условия:

$$\sigma \leq \sigma_R. \quad (16)$$

Результаты оценки прецизионности результатов, полученных разными методами, путем расчета относительной погрешности и сравнения ее со среднеквадратическим отклонением воспроизводимости результатов сведены в табл. 4.

С целью контроля стабильности результатов анализа, полученных разными методами, осуществлялся оперативный контроль погрешности с применением метода добавок. Оперативный контроль процедуры анализа осуществлялся путем сравнения результата отдельно взятой контрольной процедуры  $K_k$  с рассчитанным нормативом контроля  $K$ . Расчеты осуществлялись в соответствии с формулами (7)–(12). За значения  $X_{cp}(n)$  и  $X_{cp}(n)+d$  принимались средние значения усредненных результатов пяти измерений, полученных разными методами, рассчитанные по формуле (14), в пробах без добавки и в пробах с добавкой. Результаты оперативного контроля процедуры анализа с использованием контрольной процедуры для контроля погрешности с применением метода добавок сведены в табл. 4.

Заключение. Анализ был выполнен в условиях повторяемости и промежуточной прецизионности. При расчете концентраций определяемых элементов в пробе осуществлялась метрологическая обработка результатов в соответствии с ГОСТ Р ИСО 5725–6–2002. Анализ данных показывает, что все результаты исследования проб продовольственного сырья и пищевых продуктов на содержание кадмия, полученные методами инверсионной вольтамперометрии на анализаторе «ГА-4» и атомно-абсорбционной спектроскопии на «Квант-2АТ», по оценке прецизионности и оперативному контролю погрешности с применением метода добавок удовлетворительны. Анализ данных мониторинга результатов исследования проб пищевых продуктов за последние пять лет показывает, что наибольшее число результатов исследований приходится на диапазон – менее 0,001 мг/кг для кадмия. Исходя из этого, актуальным является внедрение нового оборудования с пределом обнаружения ниже приведенных значений.

Таблиця 4 – Оценка прецизионности результатов, полученных разными методами при исследовании проб пищевых продуктов на содержание кадмия

Проба	№ п/п	ТА-4	Квант-2АТ	ТА-4	Квант-2АТ	ТА-4	Квант-2АТ	
Рыба ПДК 0,2 мг/кг				Д1 с = 0,05		Д2 с = 0,05		
	X(5)ер	0,0304	0,0328	0,0628	0,0646	0,074	0,0786	
	Хер	0,0316		0,0637		0,0763		
	Оценка прецизионности результатов, полученных разными методами							
		3,8 % < 17 %		1,4 % < 17 %		3 % < 17 %		
				Кк	К	Кк	К	
			-0,0179	0,0233	-0,0053	0,0173		
Хлеб ПДК 0,07 мг/кг				Д1 с = 0,05		Д2 с = 0,05		
	X(5)ер	0,022	0,0252	0,0626	0,066	0,0758	0,0734	
	Хер	0,0236		0,0643		0,0746		
	Оценка прецизионности результатов, полученных разными методами							
		6,8 % < 17 %		2,6 % < 17 %		1,6 % < 17 %		
				Кк	К	Кк	К	
			Кк	К	0,001	0,0164		
Молоко ПДК 0,03 мг/кг				Д1 с=0,01		Д2 с=0,01		
	X(5)ер	0,0075	0,0067	0,0128	0,0130	0,0151	0,0157	
	Хер	0,00709		0,01288		0,01541		
	Оценка прецизионности результатов, полученных разными методами							
		5,5 % < 17 %		1 % < 17 %		1,9 % < 17 %		
				Кк	К	Кк	К	
			-0,0042	0,0048	-0,0017	0,0036		
Мясо ПДК 0,05 мг/кг				Д1 с = 0,05		Д2 с = 0,05		
	X(5)ер	0,0334	0,0266	0,063	0,0628	0,0732	0,0768	
	Хер	0,03		0,0629		0,075		
	Оценка прецизионности результатов, полученных разными методами							
		11,3 % < 17 %		0,2 % < 17 %		2,4 % < 17 %		
				Кк	К	Кк	К	
			-0,0171	0,0228	-0,005	0,0169		

Примечание: Д1 – добавка на этапе пробоподготовки;  
Д2 – добавка на этапе осуществления измерений.

### Література

- ГОСТ 30178–96 «Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов».
- ГОСТ 26929–94 «Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов».
- МУ 31–04/04 «Количественный химический анализ проб пищевых продуктов, продовольственного сырья, кормов и продуктов их переработки. Методика выполнения измерений массовых концентраций цинка, кадмия, свинца и меди методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторах типа ТА».

УДК 664.665-021.4:613.2

## ФЕРМЕНТАТИВНИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ АДАПТОГЕННИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Селіванська І.О., канд. техн. наук  
Науково-виробнича асоціація «Одеська біотехнологія», м. Одеса

Запропонований метод *in vitro* визначення адаптогенних властивостей функціональних харчових продуктів з використанням ферменту фосфоліпази А<sub>2</sub> дозволяє швидко і дешево оцінити їх адаптогенні властивості, що в значній мірі вирішує питання пошуку нових, більш ефективних джерел і засобів, які містять адаптогенні речовини.