

УДК 543.42.034.7.035.63/64

И.В. Юрьева, ассистент; Е.В. Радион, доцент; С.А. Сафонов, студент

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ АЛЮМИНИЯ (III) В ПРОДУКТАХ ПИТАНИЯ

Conditions of carrying out of Al (III) with xylenolic orange photometric reaction as well as conditions of carrying out of measurements have been investigated. On this basis a simple and rapid procedure of Al (III) quantity determination in food stuffs has been proposed. The determination limit is equal to $\sim 0,07$ mg/l. The developed procedure has been tested on potable water.

В настоящее время весьма актуальное значение приобрела проблема контроля пищевых продуктов на содержание в них токсичных металлов, в т. ч. алюминия (III), попадающих в продукты питания вследствие загрязнения окружающей среды, в процессе технологической обработки, при хранении в металлической таре. В документации по безопасности продуктов питания зафиксированы данные о предельно допустимой концентрации (ПДК) алюминия (III) только в питьевой воде, поскольку методики определения его в других продуктах питания практически отсутствуют. В последнее время в литературе появились отдельные публикации, посвященные разработке методик анализа воды, физиологических жидкостей и растительного сырья на содержание Al (III). Обзор их приведен в [1], где показано, что основными недостатками предложенных методик являются невозможность определения микроколичеств алюминия (III) и длительность анализа.

В результате систематического литературного поиска было установлено, что одним из наиболее перспективных методов определения Al (III) является спектрофотометрия [1]. Основные достоинства этого метода – высокая чувствительность, точность, селективность, экспрессность, доступность оборудования, простота выполнения анализа. В этой связи целью настоящего исследования является разработка методики спектрофотометрического определения Al (III) в продуктах питания на основе одной из существующих методик.

Для фотометрического определения Al (III) предложено большое количество органических реагентов, которые образуют с ним устойчивые комплексы [2, 3]. Так, в единственной на сегодняшний день методике определения массовой концентрации Al (III) в питьевой воде, согласно ГОСТ [4], рекомендуется проводить анализ фотометрическим методом с алюминоном. Он является одним из наиболее старых органических реагентов для фотометрического определения Al (III) и значительно уступает по чувствительности и скорости развития окраски реагентам из группы трифенилметановых красителей (хромазуолу S, эриохромцианину R и ксиленоловому оранжевому). Кроме того, одним из недостатков алюминона считается получение сильно различающихся между собой результатов при использовании реагента разных предприятий или разных партий одного и того же предприятия. Этот недостаток устраняют предварительной очисткой по специальной методике [5]. Таким образом, методика [4], на наш взгляд, не вполне удовлетворяет требованиям химико-аналитического контроля безопасности пищевых продуктов.

Более перспективным может оказаться использование трифенилметановых красителей, в частности ксиленолового оранжевого (R). Этот реагент обладает рядом достоинств, наиболее ценным из которых является наличие в составе молекулы комплексо-

новых группировок. Благодаря им ксиленоловый оранжевый образует очень прочные комплексы с Al (III), которые практически не разрушаются даже в присутствии такого сильного комплексообразующего вещества, как ЭДТА. Кроме того, этот реагент широко используется в спектрофотометрии и имеет низкую себестоимость, поэтому для разработки методики определения Al (III) в продуктах питания в качестве фотометрического реагента был выбран именно ксиленоловый оранжевый.

Проведение химического анализа с использованием любой методики фотометрического определения включает следующие этапы:

- 1) подготовка пробы к анализу (переведение в раствор, отделение или маскирование мешающих ионов);
- 2) создание оптимальных условий проведения фотометрической реакции;
- 3) создание оптимальных условий проведения измерения;
- 4) измерение;
- 5) расчет результатов анализа.

Что касается описанных в литературе методик определения Al (III) в виде комплекса с ксиленоловым оранжевым, то они были разработаны преимущественно для анализа металлов и сплавов, технологических растворов [2, 6, 7]. Для анализа таких объектов, как продукты питания, они до сих пор не применялись. Следовательно, необходимо было модифицировать методику и адаптировать ее для нового объекта анализа. В этой связи в ходе проведения настоящего исследования были решены следующие задачи.

1. Оптимизация условий проведения фотометрической реакции. Поскольку данные, полученные разными авторами, довольно противоречивы, было проведено исследование влияния некоторых факторов на фотометрическую реакцию – способа создания оптимальной среды, концентрации аналитического реагента, условий образования устойчивых комплексов Al (III) с реагентом (время развития окраски, pH, температурно-временные параметры предварительной обработки растворов).

2. Оптимизация условий проведения измерения. Необходимость решения этой задачи была обусловлена недостаточностью и противоречивостью имеющихся литературных данных. В этой связи проведены исследования по обоснованию выбора $\lambda_{\text{опт}}$ и нахождению области концентраций, в которой зависимость $A=f(C)$ является линейной.

3. Выбор наиболее рационального приема нахождения неизвестной концентрации по величине аналитического сигнала. Все описанные методики определения Al (III) с R предполагают использование метода градуировочного графика. Однако при анализе такого сложного многокомпонентного объекта, как пищевой продукт, возникает проблема приготовления стандартных растворов для построения графика. Они должны содержать все элементы анализируемого объекта или по крайней мере отдельные мешающие компоненты матрицы, влияние которых достаточно подробно изучено [8]. Следовательно, при смене объекта анализа – продукта – необходимо сменить методику приготовления стандартных растворов для построения графика и провести длительное и трудоемкое исследование по выяснению состава объекта и влияния различных мешающих компонентов на результаты анализа. По нашему мнению, более целесообразно проводить анализ с использованием метода добавок, который позволяет устранить влияние состава пробы на результаты анализа. В этом случае методика анализа становится более универсальной, и ее можно будет использовать для широкого круга объектов без каких-либо изменений. Кроме того, отпадает необходимость проведения предварительного отделения мешающих компонентов, что делает методику более экспресс-

ной. Главным условием применимости метода добавок является строгое соблюдение линейной зависимости A от C .

Исследования проведены на модельных растворах алюминия (III) в области концентраций 10–200 мкмоль/л. В работе использованы следующие реактивы и растворы: стандартные растворы алюминия (III): 0,01 моль/л, приготовленный по точной навеске $AlCl_3 \cdot 6H_2O$ согласно [9], и 10^{-4} – 10^{-5} моль/л, приготовленные в день проведения анализа разбавлением предыдущего раствора; растворы ксиленолового оранжевого: 10^{-3} моль/л, приготовленный по методике [2], и 10^{-4} – 10^{-5} моль/л, приготовленные в день проведения анализа разбавлением предыдущего раствора; ацетатные буферные растворы со значениями pH от 2,3 до 6,5, приготовленные из ледяной уксусной кислоты и CH_3COONa [2]. Для регулирования pH применяли 2 М раствор CH_3COOH . Все реактивы имели квалификацию ч. д. а.

Контроль значений pH осуществляли с помощью иономера И-160 с микропроцессором (индикаторный электрод – стеклянный ЭСЛ-43-07; электрод сравнения – хлоридсеребряный ЭВЛ-1МЗ).

Методика определения состояла в следующем: пробу нейтрального или слабокислого раствора подкисляли, создавали требуемое значение pH, добавляли фотометрический реагент, затем вносили буферный раствор и нагревали на водяной бане для развития окраски. После охлаждения фотометрировали относительно раствора холостой пробы в кварцевых кюветах с толщиной слоя 1 см при $\lambda=536$ нм. Измерения светопоглощения (A) выполнены на спектрофотометре СФ-46 со встроенной микропроцессорной системой. По значению светопоглощения определяли концентрацию Al (III) в исследуемом растворе, используя графический метод серии добавок [8]. Все результаты анализа рассчитаны как средние из результатов 5 параллельных определений для одной и той же пробы в одинаковых условиях.

При исследовании фотометрической реакции измерения A выполняли относительно дистиллированной воды в интервале длин волн 400–600 нм.

Состояние алюминия (III) в водных растворах и способы создания оптимальной среды для проведения фотометрической реакции

Способ создания оптимальной среды имеет большое значение при фотометрическом определении Al (III), так как это является одним из основных условий получения воспроизводимых результатов. В этой связи необходимо иметь данные о формах существования Al (III) в растворе при оптимальном значении pH и его аналитически активной форме в реакции комплексообразования.

В водных растворах алюминий (III) может находиться в зависимости от pH в виде ионов $[Al(H_2O)_6]^{3+}$, $[Al(OH)(H_2O)_5]^{2+}$, $[Al(OH)_2(H_2O)_4]^+$, $[Al(OH)_4]^-$, молекул $Al(OH)_3$ и полиядерных комплексов [2, 10]. Образование полимеризованных форм Al (III) в исследуемом диапазоне концентраций 10–200 мкмоль/л маловероятно, так как они доминируют в более концентрированных растворах. При $pH < 2,5$ Al (III) находится только в виде аква-ионов Al^{3+} , при pH 2,5, 4,0 и 4,5 появляются ионы $AlOH^{2+}$, $Al(OH)_2^+$ и молекулы $Al(OH)_3$ соответственно; при pH 5,0 в растворе будут находиться все катионные формы и молекулы $Al(OH)_3$, при pH 5,5 ионы $Al(OH)^{2+}$ и $Al(OH)_2^+$, а также Al^{3+} и $Al(OH)_3$ находятся приблизительно в равных количествах; при $pH > 5,5$ преобладают молекулы $Al(OH)_3$ [2, 10].

Изучение химизма взаимодействия Al (III) со многими органическими реагентами, в частности ксиленоловым оранжевым, показало, что аналитически активной фор-

мой Al (III) во всех случаях является ион Al^{3+} [2, 10]. Следовательно, светопоглощение растворов должно быть максимальным в тех условиях, когда Al (III) находится преимущественно в виде иона Al^{3+} ($pH \approx 2,5$). Однако на полноту комплексообразования влияет, кроме того, состояние реагента. Диссоциация реагента на те формы, в виде которых он вступает в фотометрическую реакцию с Al (III), обычно происходит в среде, близкой к нейтральной [2]. Полное связывание Al (III) в комплексы со многими органическими реагентами происходит при pH 5–6. При большем значении pH степень комплексообразования Al (III) уменьшается вследствие его гидролиза, поэтому зависимость поглощения комплексов Al (III) от pH всегда представляет собой кривую с максимумом.

Таким образом, значение pH влияет и на состояние алюминия (III), и на диссоциацию реагента. Хотя между отдельными формами Al (III) существует равновесие и они с течением времени переходят друг в друга, эти процессы протекают не до конца. Так, по мере связывания иона Al^{3+} с органическим реагентом ионы $Al(OH)^{2+}$ и $Al(OH)_2^+$ постепенно переходят в ион Al^{3+} , но не полностью. Вследствие этого поглощение растворов зависит от того значения pH , которое было создано в растворе перед добавлением органического реагента [2].

С учетом этого рекомендуется следующий способ создания оптимальной среды при фотометрическом определении Al (III). Перед введением органического реагента необходимо довести значение pH анализируемого раствора до 2–3, затем добавить реагент для образования окрашенного комплекса и только после этого с целью создания оптимальной среды ввести рассчитанное количество ацетата натрия или ацетатный буферный раствор с несколько большим, чем оптимальное, значением pH (приблизительно на 0,5 ед. pH). В нейтральные растворы кислоту для понижения pH нужно добавить сразу, чтобы исключить возможность перехода Al (III) в частично гидролизованную форму (частичный гидролиз начинается уже при pH 4). Это особенно важно тогда, когда готовится серия окрашенных растворов [2].

Определение оптимального интервала значений pH и $\lambda_{\text{оптим}}$

Ксиленоловый оранжевый в кислых растворах до pH 5–6 имеет лимонно-желтую окраску ($\lambda_{\text{max}} = 430$ нм), а в щелочных – красно-фиолетовую. С алюминием (III) при pH 3–6 он образует окрашенные комплексы красного и фиолетово-красного цвета [2]. При pH 3–3,5 образуется комплекс состава 1:1 фиолетово-красного цвета с $\lambda_{\text{max}} = 555$ нм [11], при $pH > 4,5$ – комплекс с отношением $Al:R=1:2$. По различным литературным источникам, для комплекса этого состава длина волны в максимуме поглощения составляет 465 [12], 480 нм [2], 505 [13].

По полученным нами данным, в условиях проведения эксперимента реагент имеет максимальное поглощение при $\lambda_{\text{max}} = 430$ нм, комплекс $Al:R=1:1$ – при $\lambda_{\text{max}} = 555$ нм, а комплекс $Al:R=1:2$ – при $\lambda_{\text{max}} = 480$ нм (рис. 1). При эквимольных концентрациях Al (III) и R в интервале значений pH 3,0–5,0 образуется только один комплекс состава 1:1 с максимумом поглощения при 555 нм (рис. 2, кр. 2–6). Такие растворы имеют малиновую окраску. Спектр поглощения раствора при pH 2,0 имеет широкую полосу в области максимального поглощения R (кр. 1). При данном значении pH практически отсутствуют те формы реагента, которые способны образовывать комплекс с Al (III), поэтому полученный спектр является спектром самого ксиленолового оранжевого. Об этом же свидетельствует окраска раствора – желтовато-оранжевая (цвет раствора R).

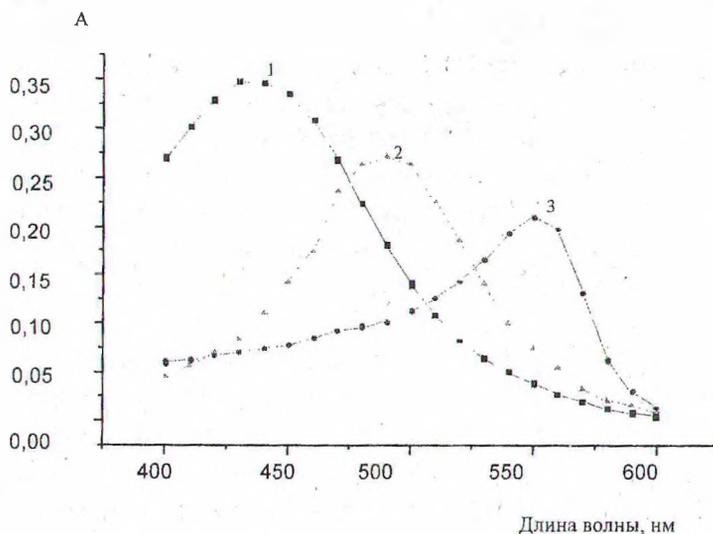


Рис. 1. Спектры поглощения R (1), комплексов Al:R=1:1 при pH 3,5 (2) и Al:R=1:2 при pH 5,0 (3) ($C_{Al}=C_R=1 \cdot 10^{-5}$ M)

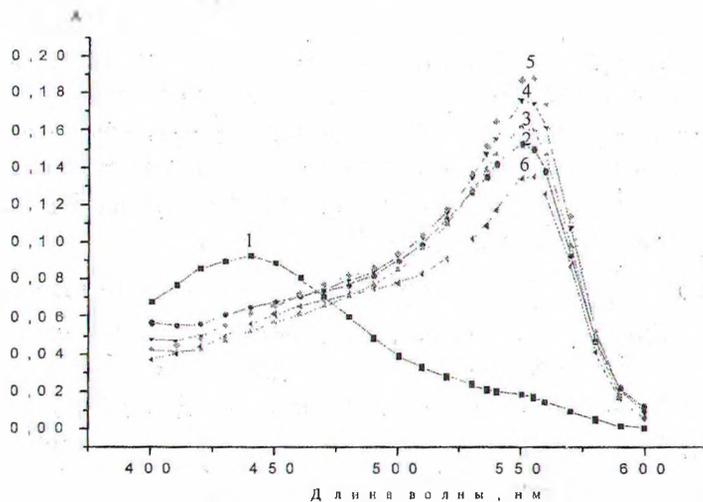


Рис. 2. Спектры поглощения растворов Al (III) – R ($C_{Al}=C_R=1 \cdot 10^{-5}$ M): 1 – pH 2,0; 2 – pH 3,0; 3 – pH 3,5; 4 – pH 4,0; 5 – pH 4,5; 6 – pH 5,0

Реакция образования окрашенного комплекса требует избытка фотометрического реагента, т. к. в этом случае лучше выполняется основной закон светопоглощения и повышается устойчивость комплекса [8]. Поскольку Al (III) образует с ксиленоловым оранжевым достаточно устойчивый комплекс, то для полного связывания Al (III) в окрашенное соединение достаточно прибавить 2–3-кратный избыток R. При избытке реагента в равновесии существуют оба комплекса, на что указывает наличие изобестической точки при 536 нм (рис. 3). С увеличением значения pH равновесие смещается в сторону образования комплекса Al:R=1:2, о чем свидетельствует рост поглощения при 480 нм и уменьшение его при 555 нм (рис. 3).

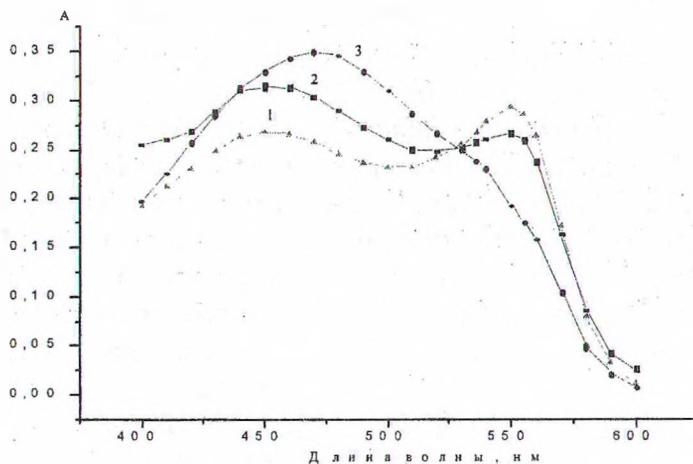


Рис. 3. Спектры поглощения растворов $\text{Al(III)} - \text{R}$ ($C_{\text{Al}}=1 \cdot 10^{-5} \text{ M}$, $C_{\text{R}}=3,5 \cdot 10^{-5} \text{ M}$): 1 – pH 3,0; 2 – pH 3,5; 3 – pH 4,0

Как следует из приведенных данных, если измерять A при λ_{max} (555 или 480 нм), то концентрация R будет влиять на результаты анализа, а если измерять A в изобестической точке, то концентрация R и pH среды не будут сказываться на результатах. Следовательно, оптимальной длиной волны является $\lambda = 536 \text{ нм}$.

С целью определения области значений pH, наиболее благоприятной для образования светопоглощающего соединения, были получены зависимости $A=f(\text{pH})$ при различных длинах волн (рис. 4). Как следует из приведенных данных, наибольшее и практически постоянное значение поглощения достигается в интервале значений pH 3,0–4,0, если проводить измерения при длинах волн 536 и 555 нм. Однако при измерении в изобестической точке (536 нм) изменение величины pH в указанном интервале меньше сказывается на значении светопоглощения (кр. 2). Таким образом, оптимальный интервал значений pH составляет 3,0–4,0, оптимальная длина волны – 536 нм.

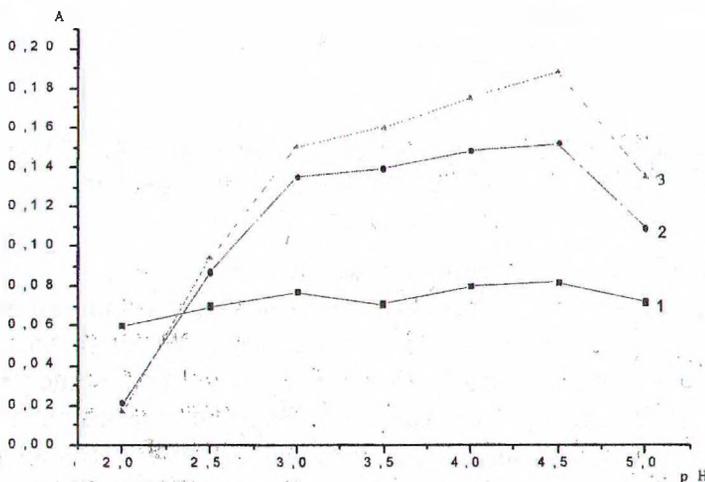


Рис. 4. Зависимость светопоглощения от pH при длинах волн 480 нм (1), 536 нм (2) и 555 нм (3) ($C_{\text{Al}}=C_{\text{R}}=1 \cdot 10^{-5} \text{ M}$)

Условия образования устойчивых комплексов алюминия (III) с ксиленоловым оранжевым

Окрашенные комплексы Al (III) при комнатной температуре образуются медленно, для полного развития окраски требуется около 4 ч [2]. По полученным нами данным, изменение вида спектров поглощения раствора R и раствора Al (III) – R происходит в течение достаточно длительного времени (рис. 5). Через 15 мин после приготовления раствор R имеет большее поглощение, чем раствор Al (III) – R (кр. 1, 4). Спектр последнего представляет собой широкую полосу из-за наложения полос поглощения R и комплекса, причем максимумы обеих полос выражены очень слабо (кр. 4). Со временем поглощение комплекса алюминия (III) увеличивается по сравнению с поглощением R и становится стабильным (кр. 5, 6). Таким образом, для полного развития окраски требуется около 3 ч, так как в дальнейшем значительного изменения поглощения не происходит. Положение максимума поглощения R практически не меняется, тогда как максимум поглощения комплекса несколько смещается в более длинноволновую область. Следует отметить, что поглощение комплекса в изобестической точке (536 нм) меньше подвержено изменению во времени, чем поглощение в области максимума (550 нм), следовательно, выгоднее использовать именно эту длину волны при проведении анализа, что хорошо согласуется с нашими данными по выбору оптимальной длины волны.

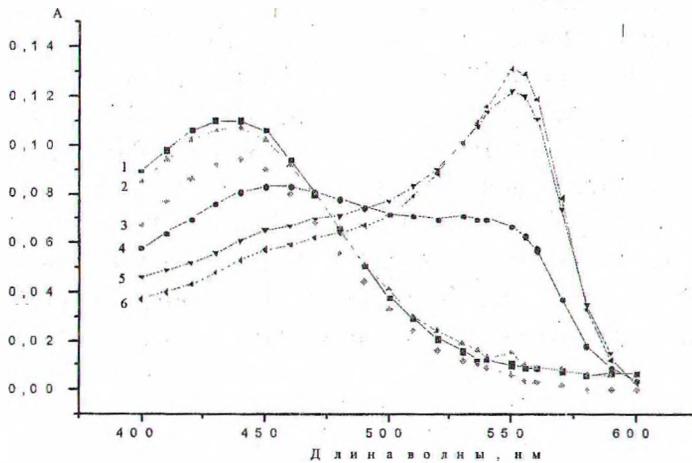


Рис. 5. Изменение вида спектров поглощения растворов R (1 – 3) и Al (III) – R (4 – 6) в зависимости от времени: 1, 4 – через 15 мин; 2, 5 – через 3 часа; 3, 6 – через 3 недели ($C_{Al}=C_R=1 \cdot 10^{-5}$ М)

Нагревание ускоряет образование комплексов. По данным [2], для достижения максимальной окраски достаточно нагревать растворы на кипящей водяной бане в течение 3 мин. Нами установлено, что при увеличении времени нагревания растворов на водяной бане при 90°C с 3 мин до 5–7 мин светопоглощение еще увеличивается на 21 % (536 нм) и 26 % (555 нм) (рис. 6). Следовательно, после нагревания в течение 3 мин раствор недостаточно устойчив и в процессе измерения интенсивность окраски может меняться. Поэтому необходимо нагревать раствор 5–7 мин и только после этого приступать к измерению.

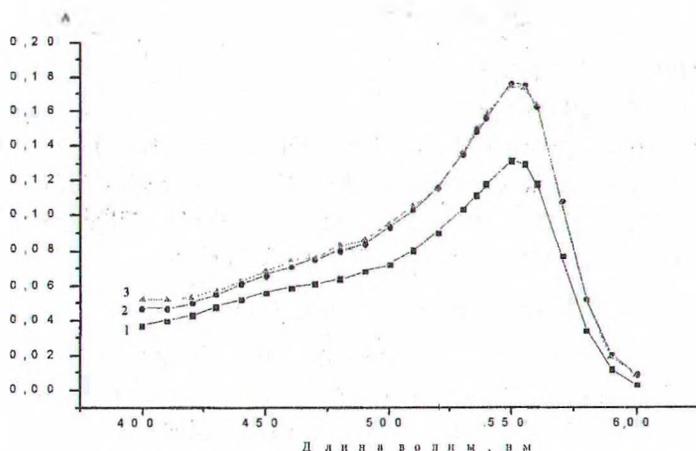


Рис. 6. Зависимость вида спектров поглощения растворов Al (III) – R от продолжительности нагревания: 1 – 3 мин; 2 – 5 мин; 3 – 7 мин

Для выяснения устойчивости светопоглощения комплексов Al (III) с R во времени было проведено измерение A приготовленных окрашенных растворов через определенные промежутки времени при pH 3,5 и концентрациях Al (III) и R, равных $1 \cdot 10^{-4}$ моль/л. Данные для первых 4 ч приведены на рис. 7. Сначала поглощение при оптимальной длине волны увеличивается, затем остается постоянным в течение нескольких недель, а после этого снижается на $\sim 10\%$. При других длинах волн наблюдаются более заметные колебания значений светопоглощения, что подтверждает правильность выбора $\lambda_{\text{оптим}}$.

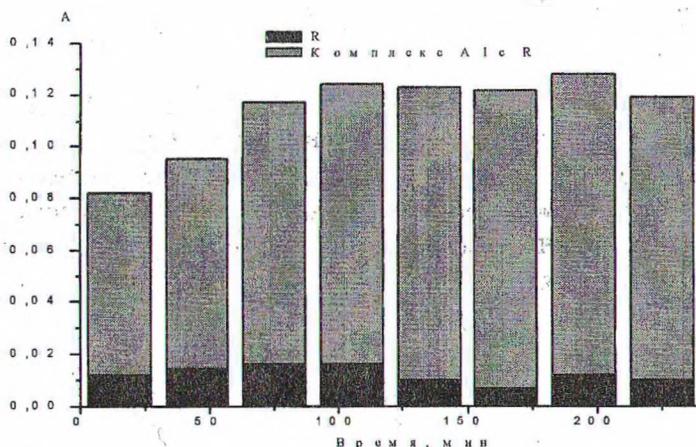


Рис. 7. Зависимость поглощения растворов R и Al (III) – R от времени при $\lambda = 536$ нм

Выполнение основного закона светопоглощения

Изучена зависимость $A = f(C)$ в диапазоне концентраций от 10 до 200 мкмоль/л. В качестве раствора сравнения использован раствор, содержащий реагент и все вспомогательные вещества. Линейность соблюдается в диапазоне от 10 до 150 мкмоль/л. При дальнейшем увеличении концентрации наблюдается отрицательное отклонение от закона светопоглощения. Графики вида $A = b + a \cdot C$, обработанные методом наименьших квадратов (при $R = 0,95$, $n = 5$), при различных длинах волн имеют вид

$$A_{480} = (0,00 \pm 0,01) + (4,85 \pm 0,77) \cdot 10^2 C;$$

$$A_{455} = (-0,01 \pm 0,02) + (4,11 \pm 1,19) \cdot 10^2 C;$$

$$A_{536} = (-0,01 \pm 0,04) + (1,74 \pm 0,45) \cdot 10^3 C,$$

где C – концентрация Al (III), мкмоль/л.

Предел определения, рассчитанный по [14], составляет 0,07 мг/л Al (III).

Полученные данные свидетельствуют о том, что измерения светопоглощения A лучше всего проводить при 536 нм, поскольку значение коэффициента чувствительности $S = \Delta A / \Delta C$ при $\lambda_{\text{оптим}}$ больше, чем при 555 нм и 480 нм.

Методика определения Al (III)

Отбирают 6 проб по 200,0 мл и упаривают до ~ 20 мл. Подкисляют 2 М раствором CH_3COOH до $\text{pH} \sim 3,0$, а затем вносят стандартные растворы R и Al (III) в соответствии с табл. 1. Растворы разбавляют дистиллированной водой и доводят значение pH до $3,5 \pm 0,1$, затем переносят в колбу вместимостью 100,0 мл и доводят до метки. Для полного развития окраски растворы нагревают на водяной бане при 90°C в течение 7 мин, а затем охлаждают до комнатной температуры.

Таблица 1

Приготовление растворов для проведения анализа методом добавок

№ раствора	Назначение раствора	Введено, мл	
		10^{-4} моль/л AlCl_3	10^{-4} моль/л R
1	Раствор сравнения	—	—
2	Анализируемый раствор без добавки Al (III)	—	40,0
3		1,0	40,0
4	Растворы со стандартной	5,0	40,0
5	добавкой Al (III)	10,0	40,0
6		15,0	40,0

Измеряют поглощение растворов № 2–6 при 536 нм в кварцевых кюветах с толщиной слоя 1 см относительно приготовленного раствора сравнения (раствор № 1). Строят зависимость светопоглощения (A) от концентрации добавки ($C_{\text{доб}}$) (рис. 8). Значение искомой концентрации C_x соответствует отрезку, отсекаемому прямой на оси абсцисс. По полученным данным рассчитывают концентрацию Al (III) в пробе с учетом предварительного упаривания.

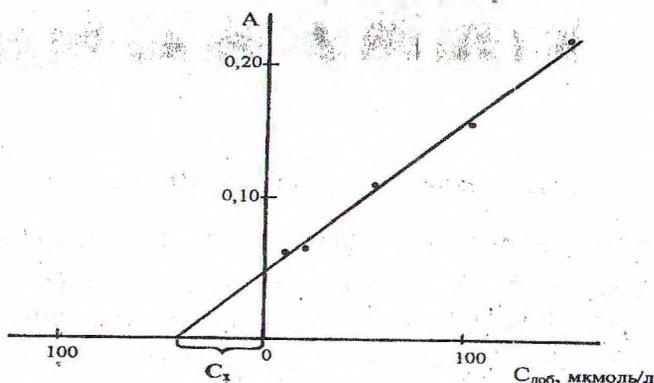


Рис. 8. Графическое определение концентрации Al (III) в растворе методом добавок

Уравнение прямой в этом случае (при $P = 0,95$, $n = 5$) имеет следующий вид:

$$A_{536} = (0,07 \pm 0,02) + (1,17 \pm 0,23) \cdot 10^3 C.$$

Линейность соблюдается при концентрации до 4,2 мг/л (155 мкмоль/л). Предел определения составляет 0,07 мг/л Al (III). Время, затрачиваемое на анализ серии из 5–6 проб, составляет около 3 ч без учета времени на подготовку пробы.

По предложенной методике проведено определение Al (III) в модельных растворах (табл. 2).

Таблица 2

Результаты определения Al (III) в модельных растворах ($n = 5$, $P = 0,95$)

Введено Al (III), г/л	Найдено Al (III), г/л	s_r
$1,31 \cdot 10^{-3}$	$1,32 \cdot 10^{-3} \pm 0,02 \cdot 10^{-3}$	$0,051 \cdot 10^{-3}$
$2,65 \cdot 10^{-3}$	$2,83 \cdot 10^{-3} \pm 0,05 \cdot 10^{-3}$	$0,064 \cdot 10^{-3}$
$4,05 \cdot 10^{-3}$	$3,85 \cdot 10^{-3} \pm 0,04 \cdot 10^{-3}$	$0,055 \cdot 10^{-3}$

Методика была апробирована на газированной питьевой воде. По результатам 5 параллельных определений содержание Al (III) составило 0,01 мг/л, что ниже ПДК = 0,5 мг/л.

Таким образом, на основании исследований выбраны оптимальные условия проведения фотометрической реакции и измерений. Предложена простая и экспрессная методика определения алюминия (III) в виде комплекса с ксиленоловым оранжевым. Проведена ее апробация на газированной питьевой воде. По сравнению с существующими методиками оптимизированы условия проведения фотометрической реакции (рН среды, температура), проанализирована возможность получения линейного интервала калибровочного графика и предложен более рациональный прием нахождения концентрации анализируемого раствора по результатам измерения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Юрьева И. В., Радион Е. В. Концентрирование и определение микроколичеств алюминия в продуктах питания // Труды БГТУ. Сер. III. Химия и технология неорганических веществ. – 2002. – Вып. X. – С. 25–34.
2. Тихонов В. Н., Яковлев П. Я. Определение алюминия в металлах и сплавах. – М.: Металлургия, 1978. – 264 с.
3. Пилипенко А. Т., Тананайко М. М. Разнолигандные и разнометалльные комплексы и их применение в аналитической химии. – М.: Химия, 1983. – 224 с.
4. ГОСТ 18165-89. Вода питьевая. Метод определения массовой концентрации алюминия.
5. Агафонова С. Н., Панфилов И. А., Яковлев П. Я. Методы очистки химических реагентов от примесей // Зав. лаб. – 1974. – Т. 40. – № 9. – С. 1051–1052.
6. Тихонов В. Н. Аналитическая химия алюминия. – М.: Наука, 1971. – 266 с.
7. Пршибил Р. Аналитическое применение этилендиаминтетрауксусной кислоты и родственных соединений. – М.: Мир, 1975. – 531 с.
8. Булатов М. И., Калинин И. П. Практическое руководство по фотометрическим методам анализа. – Л.: Химия, 1986. – 432 с.
9. Справочник химика-аналитика / Лазарев А. И., Харламов И. П., Яковлев П. Я., Яковлева Е. Ф. – М.: Металлургия, 1976. – 184 с.

10. Назаренко В. А., Антонович В. П., Невская Е. М. Гидролиз ионов металлов в разбавленных растворах. – М.: Атомиздат, 1979. – 192 с.
11. Марченко З. Фотометрическое определение элементов. – М.: Мир, 1971. – 501 с.
12. Назаренко Е. А., Невская Е. М. Комплексообразование алюминия с ксиленоловым оранжевым // ЖАХ. – 1969. – Т. 24. – № 4. – С. 536–540.
13. Николаев В. И., Алесковский В. В. Анализ сплавов металлов методами абсорбционной спектроскопии // ЖАХ. – 1963. – Т. 18. – № 7. – С. 816–821.
14. Дерффель К. Статистика в аналитической химии. – М.: Мир, 1994. – 268 с.

УДК 621.357

Н.П. Матвейко, доцент

ПОЛУЧЕНИЕ ИОДАТА КАЛИЯ С ЦЕЛЬЮ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ ИОДНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ

The electrochemical reception of kalium iodium with use of anodes on a basis silicide of transitive metals is investigated.

Иод накапливается во всех без исключения живых организмах, поэтому он относится к группе биомикроэлементов, без которых невозможно существование жизни на планете.

Иодная недостаточность признана наиболее распространенной в мире причиной возникновения таких поддающихся профилактике заболеваний, как эндемического зоба; узловых новообразований и рака; гипотиреоза (замедления обмена веществ); нарушений центральной нервной системы и развития умственной отсталости вплоть до явного критинизма. Дефицит иода вызывает снижение работоспособности, рождаемости и жизнеспособности потомства.

Общее количество людей, проживающих в зонах риска, превышает 1 млрд. 570 млн. человек, что составляет 29% от численности населения планеты. По последним данным, более чем в 130 странах выявлено наличие иододефицитных нарушений [1, 2].

Республика Беларусь относится к странам со средней или легкой степенью иодной недостаточности. Содержание иода в почвах колеблется в пределах от 0,64 до 9,23 мг/кг. В растительной продукции содержание иода составляет 0,1–0,49 мг/кг. Содержание иода в воде также незначительно и составляет: на севере страны – 3,2 мкг/л, в центре – 2,7 мкг/л, на юге – 1,9 мкг/л. В связи с этим, незначительно содержание иода и в основных продуктах питания. Так, 100 г колбасы содержит лишь четверть суточной нормы иода, которая составляет 100–150 мкг, а мясо, овощи, небогатый хлеб – и того меньше, порой в 50–60 раз [2]. Очевидно, что ликвидация иодной недостаточности является общенациональной проблемой, требующей проведения широкомасштабных мероприятий с привлечением многих министерств и ведомств [1].

Основным подходом к восполнению иодного дефицита является увеличение потребления иода путем йодирования наиболее часто употребляемых пищевых продуктов:

- соли для домашнего обихода;
- хлеба и хлебобулочной продукции;
- соли, используемой для пищевой промышленности и животноводства;
- минерально-витаминных комплексов, масляных капсул и лекарственных препаратов;
- питьевой воды.