

АНАЛИТИЧНАЯ ХИМИЯ
ANALYTICAL CHEMISTRY

УДК 542.61:543.054:543.544.5.068.7
<https://doi.org/10.29235/1561-8331-2026-62-1-26-33>

Поступила в редакцию 17.09.2025
Received 17.09.2025

Е. В. Андриевская¹, С. М. Лещёв², Е. И. Полянских¹, Л. Л. Бельшева¹

¹Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья, Минск, Беларусь
²Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

**ЭКСТРАКЦИЯ ПАРА-ГИДРОКСИБЕНЗОЙНОЙ КИСЛОТЫ И ПАРАБЕНОВ
ОРГАНИЧЕСКИМИ РАСТВОРИТЕЛЯМИ**

Аннотация. Изучено распределение *para*-гидроксибензойной кислоты и девяти парабенов (метилпарабен, этилпарабен, пропилпарабен, *изо*-пропилпарабен, бутилпарабен, *изо*-бутилпарабен, пентилпарабен, бензилпарабен, фенилпарабен) в экстракционных системах вода–органические растворители. В качестве органических растворителей использовали *n*-гексан, хлороформ, изоамиловый спирт. Количественное определение аналитов проводили методом высокоэффективной хроматографии с диодно-матричным детектированием. Рассчитаны значения констант распределения $P_{\text{эксп}}$. Проанализировано влияние природы фаз экстракционных систем и строения изученных соединений на полученные значения констант. Установлено, что величины десятичных логарифмов констант распределения для *para*-гидроксибензойной кислоты и парабенов растут в ряду *n*-гексан < хлороформ < изоамиловый спирт, что соответствует увеличению экстрагирующей способности органических растворителей.

Ключевые слова: экстракция, константы распределения, *para*-гидроксибензойная кислота, парабены, высокоэффективная жидкостная хроматография

Для цитирования. Экстракция *para*-гидроксибензойной кислоты и парабенов органическими растворителями / Е. В. Андриевская, С. М. Лещёв, Е. И. Полянских, Л. Л. Бельшева // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя хімічных навук. – 2026. – Т. 62, № 1. – С. 26–33. <https://doi.org/10.29235/1561-8331-2026-62-1-26-33>

E. V. Andrievskaya¹, S. M. Leshev², A. I. Palianskikh¹, L. L. Belysheva¹

¹Republican Center of Hygiene, Epidemiology and Public Health, Minsk, Belarus
²Belarusian State University, Minsk, Belarus

EXTRACTION OF *PARA*-HYDROXYBENZOIC ACID AND PARABENS WITH ORGANIC SOLVENTS

Abstract. Extraction of *para*-hydroxybenzoic acid and nine parabens (methylparaben, ethylparaben, propylparaben, *iso*-propylparaben, butylparaben, *iso*-butylparaben, pentylparaben, benzylparaben, phenylparaben) from their water solutions by organic solvents (*n*-hexane, chloroform, isoamyl alcohol) was studied. Analytes were quantified by high-performance liquid chromatography with diode-array detection. The distribution constants were calculated. The influence of the nature of extractants and the structure of the studied substances on the obtained values of the constants was analyzed. It was found that the values of the decimal logarithms of the distribution constants for *para*-hydroxybenzoic acid and parabens increase in the series *n*-hexane < chloroform < isoamyl alcohol, which corresponds to an increase in the extractive capacity of organic solvents.

Keywords: extraction, distribution constants, *para*-hydroxybenzoic acid, parabens, high-performance liquid chromatography

For citation. Andrievskaya E. V., Leshev S. M., Palianskikh A. I., Belysheva L. L. Extraction of *para*-hydroxybenzoic acid and parabens with organic solvents. *Vesti Natsyyanal'noi akademii navuk Belarusi. Seryya khimichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Chemical series*, 2026, vol. 62, no. 1, pp. 26–33 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1561-8331-2026-62-1-26-33>

Введение. В современной пищевой и парфюмерно-косметической промышленности широко используются консерванты и антимикробные агенты. Одними из наиболее распространенных консервантов являются *para*-гидроксибензойная кислота и ее сложные эфиры, известные как парабены [1–3]. Однако результаты ряда исследований указывают на потенциальное цитотоксическое и канцерогенное воздействие парабенов на ткани человека, а также на их способность

влиять на гормональный баланс [3–5]. В связи с потенциальными рисками для здоровья населения содержание парабенов в потребительских товарах подвергается строгому контролю во всем мире.

На территории Республики Беларусь и стран Евразийского экономического союза установлены значения максимально допустимого уровня содержания *para*-гидроксибензойной кислоты и парабенов для пищевой продукции, которые в зависимости от типа продукта варьируются в диапазоне 300–1 000 мг/кг в пересчете на бензойную кислоту¹. В отношении косметической продукции максимально допустимый уровень их содержания в пересчете на *para*-гидроксибензойную кислоту регламентируется до 0,8 % в суммарной концентрации и до 0,4 % – в индивидуальной концентрации².

В зависимости от метода анализа и природы анализируемого пищевого и косметического продукта в литературных источниках описаны различные способы подготовки проб для определения содержания *para*-гидроксибензойной кислоты и парабенов. В качестве экстрагентов используются метанол [6], водно-метанольные и водно-этанольные растворы с различными объемными соотношениями растворителей [7, 8]. Однако указанные экстракционные системы не обеспечивают достаточную селективность выделения целевых аналитов из пищевых и косметических продуктов сложного состава.

В процессе пробоподготовки пищевой и косметической продукции для определения в ней *para*-гидроксибензойной кислоты и парабенов широко применяются твердофазная экстракция (ТФЭ) с использованием картриджей С18 [6, 9, 10], дисперсионная ТФЭ [11]. Вместе с тем данные подходы характеризуются значительными временными затратами на проведение анализа и требуют наличия дорогостоящих импортируемых расходных материалов и сорбентов, что обуславливает актуальность применения методик, основанных на жидкость-жидкостной экстракции. С целью исключения этапа очистки экстрактов методами ТФЭ и дисперсионной ТФЭ, представляется целесообразным использование экстрагента, обладающего высокой селективностью и достаточной эффективностью для извлечения *para*-гидроксибензойной кислоты и парабенов, при минимальном извлечении сопутствующих компонентов анализируемых матриц.

Таким образом, задача эффективного извлечения *para*-гидроксибензойной кислоты и парабенов из проб пищевой и косметической продукции, их селективного отделения от компонентов матрицы и минимизация длительности анализа сохраняет свою актуальность.

Цель настоящей работы – определить константы распределения *para*-гидроксибензойной кислоты и девяти парабенов (метилпарабен, этилпарабен, пропилпарабен, *изо*-пропилпарабен, бутилпарабен, *изо*-бутилпарабен, пентилпарабен, бензилпарабен, фенилпарабен) между водой и рядом органических растворителей, что позволит разработать оптимальные условия извлечения и концентрирования данных консервантов из пищевой и косметической продукции.

Материалы и методы исследования. В качестве стандартных образцов использовали 4-гидроксибензойную кислоту ($\geq 99,0$ %, Sigma-Aldrich, США); метил-4-гидроксибензоат ($\geq 99,0$ %, Acros Organics, Бельгия); этил-4-гидроксибензоат ($\geq 99,0$ %, Acros Organics, Бельгия); *изо*-пропил-4-гидроксибензоат ($\geq 98,0$ %, Sigma-Aldrich, США); *n*-пропил-4-гидроксибензоат ($\geq 99,0$ %, Acros Organics, Бельгия); *изо*-бутил-4-гидроксибензоат ($\geq 98,0$ %, Sigma-Aldrich, США); *n*-бутил-4-гидроксибензоат ($\geq 99,0$ %, Sigma-Aldrich, США); пентил-4-гидроксибензоат ($\geq 99,0$ %, Acros Organics, Бельгия); бензил-4-гидроксибензоат ($\geq 98,0$ %, Alfa Aesar, Германия); фенил-4-гидроксибензоат ($\geq 98,0$ %, Acros Organics, Бельгия).

Вспомогательные реагенты: ацетонитрил для ВЭЖХ ($\geq 99,9$ %, Sigma-Aldrich, США); метанол для ВЭЖХ ($\geq 99,9$ %, Sigma-Aldrich, США); калий фосфорнокислый однозамещенный «х. ч.» (ЗАО «База № 1 Химреактивов», Россия); ортофосфорная кислота «х. ч.» (ЗАО «База № 1 Химреактивов», Россия); хлороформ «х. ч.» (ЗАО «База № 1 Химреактивов», Россия); изоамиловый спирт «ч. д. а.» (АО «ЭКОС-1», Россия); *n*-гексан для ВЭЖХ ($\geq 99,9$ %, Panreac, Испания).

¹ См.: Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств : ТР ТС 029/2012 : принят 20.07.2012 : с изм. на 29.08.2023 / Евраз. экон. комис. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/-902359401> (дата обращения: 04.08.2025).

² См.: О безопасности парфюмерно-косметической продукции : ТР ТС 009/2011 : принят 23.09.2011 : с изм. на 15.04.2022 / Евраз. экон. комис. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/-902359401> (дата обращения: 05.08.2025).

В качестве вспомогательного оборудования использовали центрифугу, охлаждаемую Sigma 3-18K (Sigma, Германия), электровстряхиватель Multi Reax (Heidolph, Германия), испаритель аналитический ZipVar 20 (Glas-Col, США).

Количественное определение консервантов осуществляли с помощью жидкостного хроматографа Agilent 1200 с диодно-матричным детектированием (Agilent Technologies, США). Хроматографическое разделение проводили на обращенно-фазной колонке Zobax Eclipse XDB Phenil длиной 250 мм, внутренним диаметром 3,0 мм, с зернением сорбента 5,0 мкм (Agilent Technologies, США).

Компоненты подвижной фазы: 0,05 М фосфатный буферный раствор с pH 2,2 (А) и ацетонитрил (Б). Режим градиентного элюирования: 0–16 мин – от 15 до 45 об.% Б; 16–17 мин – 45 об.% Б; 17–21 мин – от 45 до 15 об.% Б. Скорость потока подвижной фазы – 0,7 мл/мин. Температура термостата колонки – 30 °С. Объем вводимой пробы – 20 мкл.

Параметры детектирования: длина волны поглощения для *para*-гидроксибензойной кислоты и парабенов – 254 нм, ширина полосы поглощения – 16 нм.

Величины констант распределения *para*-гидроксибензойной кислоты и девяти парабенов (метилпарабен, этилпарабен, пропилпарабен, *изо*-пропилпарабен, бутилпарабен, *изо*-бутилпарабен, пентилпарабен, бензилпарабен, фенилпарабен) $P_{\text{эксп}}$ определяли при температуре 20 ± 1 °С. В качестве органической фазы выступали хлороформ, изоамиловый спирт, *n*-гексан.

При анализе в качестве органических экстрагентов хлороформа и изоамилового спирта использовали водные растворы *para*-гидроксибензойной кислоты и парабенов с концентрацией 10 мкг/мл.

При изучении в качестве органического экстрагента *n*-гексана учитывалось, что *para*-гидроксибензойная кислота и парабены проявляют в данном растворителе тенденцию к молекулярной самоассоциации. Исходные концентрации каждого аналита подбирались таким образом, чтобы равновесная концентрация в *n*-гексане не превышала 0,01 М для парабенов и 0,0001 М для *para*-гидроксибензойной кислоты. Для изучения константы распределения *para*-гидроксибензойной кислоты в системе вода–*n*-гексан исходный водный раствор кислоты подкисляли непосредственно перед добавлением органического растворителя.

Исходное соотношение объемов органической и водной фаз составляло 2 : 1; число параллельных исследований $n = 6$. Экстракцию проводили интенсивным встряхиванием в течение 5 мин с последующим центрифугированием при 20 °С и 10 000 об/мин в течение 20 мин.

Равновесную водную фазу во всех случаях отбирали и анализировали методом высокоэффективной хроматографии с диодно-матричным детектированием, количественное определение проводили методом абсолютной градуировки. Концентрацию аналитов в равновесной органической фазе определяли по разности концентраций в исходном растворе и равновесной водной фазе.

Расчет значений констант распределения аналитов $P_{\text{эксп}}$ проводили по уравнению:

$$P_{\text{эксп}} = \frac{(C_{\text{исх}}V_{\text{исх}} - [C]_{\text{вод}}V_{\text{вод}}) \frac{V_{\text{вод}}}{V_{\text{орг}}}}{[C]_{\text{вод}}}, \quad (1)$$

где $C_{\text{исх}}$ – концентрация аналитов в исходном водном растворе, мкг/мл; $[C]_{\text{вод}}$ – концентрация аналитов в равновесном водном растворе, мкг/мл; $V_{\text{исх}}$, $V_{\text{вод}}$, $V_{\text{орг}}$ – объемы исходного раствора, равновесных водной и органической фаз соответственно, мл.

Результаты и их обсуждение. В табл. 1–3 представлены значения рассчитанных констант распределения $P_{\text{эксп}}$ и их десятичные логарифмы $\lg P_{\text{эксп}}$ для *para*-гидроксибензойной кислоты и девяти парабенов в экстракционных системах вода–изоамиловый спирт, вода–хлороформ и вода–*n*-гексан. Число параллельных исследований для каждой экстракционной системы $n = 6$. Значения относительного стандартного отклонения среднего арифметического констант распределения составляли от 2 до 6 %.

Из данных, представленных в табл. 1–3, следует, что значения констант распределения *para*-гидроксибензойной кислоты и парабенов в значительной степени зависят как от строения экстрагируемого вещества, так и природы используемого растворителя.

Таблица 1. Значения констант распределения и их десятичные логарифмы для *para*-гидроксibenзойной кислоты и девяти парабенен в экстракционной системе вода–изоамиловый спирт

Table 1. Values of distribution constants and their logarithms for *para*-hydroxybenzoic acid and nine parabens in the water-isoamyl alcohol extraction system

Вещество	$P_{\text{эксп}}$	$\lg P_{\text{эксп}}$
<i>Para</i> -гидроксibenзойная кислота	1,7	0,22
Метилпарабен	12	1,09
Этилпарабен	43	1,63
Пропилпарабен	172	2,24
<i>Изо</i> -пропилпарабен	250	2,40
Бутилпарабен	833	2,92
<i>Изо</i> -бутилпарабен	1 000	3,00
Пентилпарабен	2 500	3,40
Бензилпарабен	909	2,96
Фенилпарабен	1 111	3,05

Таблица 2. Значения констант распределения и их десятичные логарифмы для *para*-гидроксibenзойной кислоты и девяти парабенен в экстракционной системе вода–хлороформ

Table 2. Values of distribution constants and their logarithms for *para*-hydroxybenzoic acid and nine parabens in the water-chloroform extraction system

Вещество	$P_{\text{эксп}}$	$\lg P_{\text{эксп}}$
<i>Para</i> -гидроксibenзойная кислота	0,01	–1,99
Метилпарабен	6,8	0,83
Этилпарабен	23	1,36
Пропилпарабен	71	1,85
<i>Изо</i> -пропилпарабен	125	2,10
Бутилпарабен	312	2,49
<i>Изо</i> -бутилпарабен	416	2,62
Пентилпарабен	1 250	3,10
Бензилпарабен	200	2,30
Фенилпарабен	227	2,36

Таблица 3. Значения констант распределения и их десятичные логарифмы для *para*-гидроксibenзойной кислоты и девяти парабенен в экстракционной системе вода–*n*-гексан

Table 3. Values of distribution constants and their logarithms for *para*-hydroxybenzoic acid and nine parabens in the water–*n*-hexane extraction system

Вещество	$P_{\text{эксп}}$	$\lg P_{\text{эксп}}$
<i>Para</i> -гидроксibenзойная кислота	0,00015	–3,82
Метилпарабен	0,013	–1,89
Этилпарабен	0,039	–1,41
Пропилпарабен	0,17	–0,79
<i>Изо</i> -пропилпарабен	0,28	–0,55
Бутилпарабен	0,72	–0,14
<i>Изо</i> -бутилпарабен	0,89	–0,05
Пентилпарабен	2,83	0,45
Бензилпарабен	0,47	–0,33
Фенилпарабен	0,50	–0,30

Для всех исследованных экстракционных систем логарифмы констант распределения $\lg P_{\text{эксп}}$ выстраиваются в следующий ряд, не зависящий от природы растворителя: *para*-гидроксibenзойная кислота < метилпарабен < этилпарабен < пропилпарабен < *изо*-пропилпарабен < бензилпарабен < фенилпарабен < бутилпарабен < *изо*-бутилпарабен < пентилпарабен. Логарифм константы распределения для *para*-гидроксibenзойной кислоты значительно меньше, чем для ее сложных

эфиров, что обусловлено большей гидрофильностью молекулы кислоты за счет наличия карбоксильной группы.

Последовательное увеличение значений логарифмов констант распределения в гомологическом ряду эфиров *para*-гидроксибензойной кислоты вызвано удлинением алкильного заместителя и соответствующим увеличением степени гидрофобности боковой цепи сложноэфирной группы, связанной с бензольным кольцом. Большее значение логарифмов констант распределения для *изо*-пропилпарабена и *изо*-бутилпарабена, чем для пропилпарабена и бутилпарабена, обусловлено стерическим эффектом более разветвленных алкильных заместителей, что делает молекулы менее склонными к гидратации. Меньшее значение логарифмов констант распределения для бензилпарабена и фенилпарабена, чем для бутилпарабена, *изо*-бутилпарабена и пентилпарабена, объясняется наличием дополнительной бензильной и фенильной групп в структуре бензилпарабена и фенилпарабена, что делает их молекулы более полярными, несмотря на большее количество атомов углерода в боковой цепи. Бензилпарабен и фенилпарабен имеют близкие значения логарифмов констант распределения, несмотря на то что бензилпарабен содержит в своей структуре дополнительную метиленовую группу. Это обусловлено эффектом сопряжения фенильной и сложноэфирной групп, приводящим к падению плотности отрицательного заряда на сложноэфирной группе и ослаблению ее гидратации.

Величины $\lg P_{\text{эксп}}$ для *para*-гидроксибензойной кислоты и парабенов растут в ряду *n*-гексан < хлороформ < изоамиловый спирт, что соответствует увеличению полярности органических растворителей. Наименьшее извлечение аналитов неполярным апротонным *n*-гексаном объясняется тем, что он способен лишь на неспецифические ван-дер-ваальсовы взаимодействия с неполярными участками исследуемых соединений, в то время как в структуре молекул аналитов также присутствуют полярные группы ($-\text{C}(\text{O})\text{OH}$, $-\text{C}(\text{O})\text{OR}$, $-\text{OH}$), на специфические взаимодействия с которыми неполярные молекулы *n*-гексана не способны.

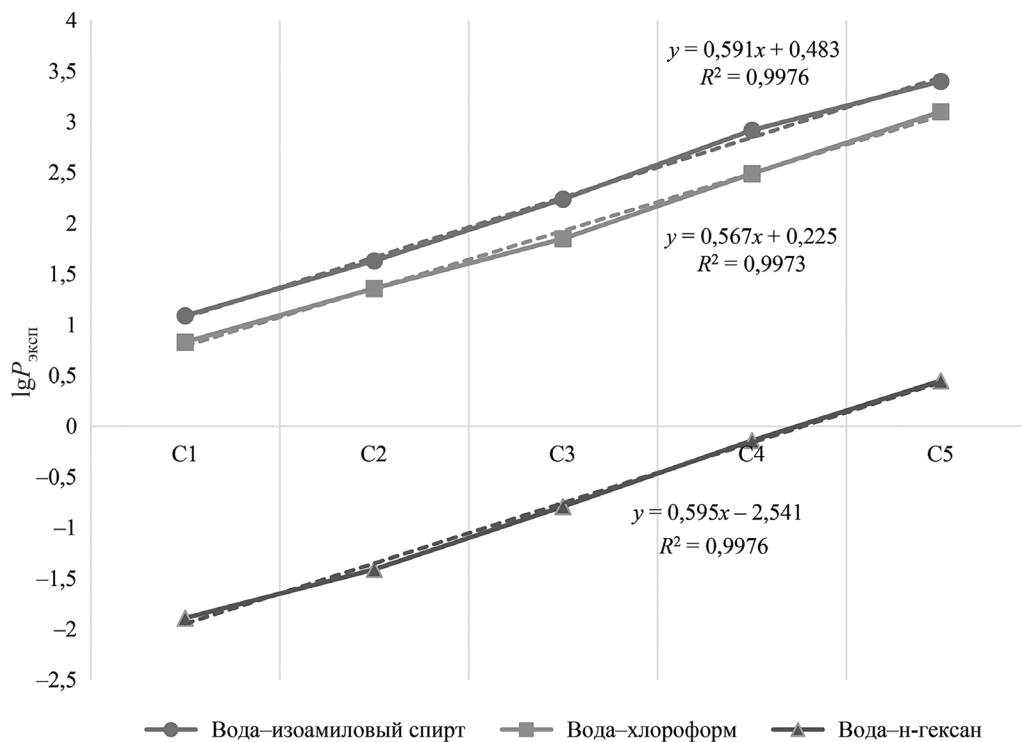
Экстрагирующая способность хлороформа выше для всех аналитов, чем экстрагирующая способность *n*-гексана. Более высокая сольватирующая способность хлороформа, по всей видимости, обусловлена увеличением вклада кислотно-основных взаимодействий функциональных групп аналитов с молекулами хлороформа, который является относительно сильной С–Н кислотой, а также эффективными электростатическими взаимодействиями поляризованных молекул данного растворителя с различными участками аналитов.

Наибольшее извлечение достигается экстракцией изоамиловым спиртом, который обладает большей полярностью, чем *n*-гексан и хлороформ. Молекулы изоамилового спирта способны вступать как в специфические донорно-акцепторные взаимодействия, так и в неспецифические взаимодействия неполярного углеводородного участка с неполярными участками молекул аналитов. Однако данный растворитель является малоселективным и помимо целевых соединений соэкстрагирует многочисленные сопутствующие компоненты пищевых и косметических матриц. Таким образом, в случае использования экстракционной системы вода–изоамиловый спирт, необходима последующая очистка спиртового экстракта, что усложняет пробоподготовку и увеличивает время анализа.

Неполярный *n*-гексан является наименее эффективным экстрагентом и может быть использован для очистки водных растворов проб пищевой и косметической продукции от липидов.

Хлороформ является достаточно селективным экстрагентом, из водных растворов проб пищевой и косметической продукции данный растворитель не извлекает сопутствующие компоненты, такие как белки, сахара, электролиты. Однако, исходя из полученных результатов исследования, хлороформ плохо экстрагирует *para*-гидроксибензойную кислоту. Значение константы распределения *para*-гидроксибензойной кислоты для экстракционной системы вода–хлороформ в 170 раз меньше, чем для системы вода–изоамиловый спирт. Парабены также характеризуются меньшими константами распределения для экстракционной системы вода–хлороформ, чем для системы вода–изоамиловый спирт.

Для увеличения констант распределения аналитов в наиболее селективной экстракционной системе вода–хлороформ потенциальным решением является улучшение процесса экстракции путем высаливания аналитов неорганической солью. Возможность применения данного подхода



Зависимость десятичных логарифмов констант распределения эфиров *para*-гидроксибензойной кислоты с неразветвленным алифатическим алкильным заместителем в боковой цепи сложноэфирной группы от количества атомов углерода для экстракционных систем вода-изоамиловый спирт, вода-хлороформ и вода-*n*-гексан

Dependence of the distribution constant logarithms of esters of *para*-hydroxybenzoic acid with an aliphatic alkyl substituent in the side chain of the ester group on the number of carbon atoms for the extraction systems water-isoamyl alcohol, water-chloroform and water-*n*-hexane

для экстракции *para*-гидроксибензойной кислоты и парабенов представляет собой перспективное направление для дальнейших исследований.

На рисунке представлены графики зависимости десятичных логарифмов констант распределения $\lg P_{\text{эксп}}$ эфиров *para*-гидроксибензойной кислоты с неразветвленным алифатическим алкильным заместителем в боковой цепи сложноэфирной группы от количества атомов углерода в цепи для экстракционных систем вода-ізааміловы спірт, вода-хлороформ і вода-*n*-гексан.

Из данных, представленных на рисунке, следует, что зависимость десятичных логарифмов констант распределения эфиров *para*-гидроксибензойной кислоты с неразветвленным алифатическим алкильным заместителем в боковой цепи сложноэфирной группы от количества атомов углерода характеризуется линейностью. Коэффициент наклона для каждой прямой равен 0,6, что соответствует значению инкремента метиленовой группы. Инкремент метиленовой группы – инкремент логарифма константы распределения, обусловленный введением метиленовой группы [12]. Таким образом, принцип аддитивности хорошо работает для всех неразветвленных алкилзамещенных эфиров *para*-гидроксибензойной кислоты при определении констант распределения во всех исследованных экстракционных системах.

Заключение. В ходе работы исследованы константы распределения *para*-гидроксибензойной кислоты и девяти парабенов (метилпарабен, этилпарабен, пропилпарабен, *изо*-пропилпарабен, бутилпарабен, *изо*-бутилпарабен, пентилпарабен, бензилпарабен, фенилпарабен) в экстракционных системах вода-ізааміловы спірт, вода-хлороформ і вода-*n*-гексан. Проанализирована взаимосвязь полученных значений с влиянием природы фаз экстракционных систем и строением изученных соединений. Установлено, что наиболее эффективным экстрагентом для *para*-гидроксибензойной кислоты и парабенов является изоамиловый спирт, однако данный растворитель не обладает хорошей селективностью, что делает невозможным его использование для экстракции аналитов из пищевой и косметической продукции сложного состава. Наиболее селективная

для целевых аналитов экстракционная система вода–хлороформ характеризуется меньшими значениями констант распределения, чем для системы вода–изоамиловый спирт. Однако возможным решением данной проблемы является улучшение процесса экстракции путем высаливания аналитов неорганическими солями, что представляет собой перспективное направление для дальнейших исследований.

Зависимость десятичных логарифмов констант распределения эфиров *para*-гидроксibenзойной кислоты с неразветвленным алифатическим алкильным заместителем в боковой цепи сложноэфирной группы от количества атомов углерода характеризуется линейностью с коэффициентом наклона для каждой прямой, равным 0,6, что соответствует значению инкремента метиленовой группы. Проведенное исследование показывает, что принцип аддитивности хорошо работает для всех неразветвленных алкилзамещенных эфиров *para*-гидроксibenзойной кислоты при определении констант распределения во всех исследованных экстракционных системах.

Список использованной литературы

1. Polat, S. 5.1 – Preservatives in cosmetics. Regulatory aspects and analytical methods / S. Polat, F. Gosetti, M. C. Gennaro // Analysis of cosmetic products / eds: A. Salvador, A. Chisvert. – Elsevier Science, 2007. – P. 211–241. <https://doi.org/10.1016/B978-044452260-3/50034-6>
2. Ливенцова, Е. О. Парабены: свойства, применение, методы определения / Е. О. Ливенцова // Харчова наука і технологія. – 2015. – Т. 9, № 4. – С. 44–50. <https://doi.org/10.15673/2073-8684.4/2015.55870>
3. Sony, M. G. Safety assessment of esters of 4-hydroxibenzoic acid (parabens) / M. G. Sony, I. G. Carabin, G. A. Burdock // Food and chemical toxicology. – 2005. – Vol. 43, № 7. – P. 985–1015. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2005.01.020>
4. Oestrogenic activity of parabens in MCF7 human breast cancer cells / J. R. Byford., L. E. Shaw, M. G. B. Drew [et al.] // The Journal of steroid biochemistry and molecular biology. – 2002. – Vol. 80, № 1. – P. 49–60. [https://doi.org/10.1016/S0960-0760\(01\)00174-1](https://doi.org/10.1016/S0960-0760(01)00174-1)
5. Rietschel, R. L. Dermatitis to preservatives and other additives in cosmetics and medications / R. L. Rietschel, L. F. Fowler // Fisher's contact dermatitis / eds: R. L. Rietschel, J. F. Fowler. – Philadelphia: Williams & Wilkins, 1995. – P. 257–329.
6. Moreta, C. Analytical method for the determination and a survey of parabens and their derivatives in pharmaceuticals / C. Moreta, M. T. Tena, K. Kannan // Environmental research. – 2015. – Vol. 142. – P. 452–460. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.07.014>
7. Simultaneous determination of eight preservatives in feeds by high performance liquid chromatography / W.-H. Gao, X.-M. Cao, J.-H. Han [et al.] // Asian Journal of Chemistry. – 2014. – Vol. 26, № 14. – P. 4162–4166. <https://doi.org/10.14233/ajchem.2014.16052>
8. Imamović, B. HPLC determination of some frequently used parabens in sunscreens / B. Imamović, M. Šober, E. Bečić // International Journal of Pharmacy Teaching & Practices. – 2012. – Vol. 3, № 1. – P. 219–224.
9. Simultaneous Analytical Method for Various Paraben and Alcohol Preservatives in Supposedly Natural and Organic Cosmetics by Off-line SPE–UHPLC–DAD and LC–MS/MS / K. M. Han, I. S. Woo, C. G. Park [et al.] // Chromatographia. – 2024. – Vol. 87, № 11. – P. 751–763. <https://doi.org/10.1007/s10337-024-04362-8>
10. Determination of seven parabens in surface water samples by UHPLC-MS/MS and solid-phase extraction / Q. C. Thuy, P. T. Phuong, T. L. T. Thien, B. Q. Minh // Vietnam Journal of Chemistry. – 2022. – Vol. 60, № 6. – P. 738–743. <https://doi.org/10.1002/vjch.202200016>
11. Presence of Parabens and Bisphenols in Food Commonly Consumed in Spain / Y. Gálvez-Ontiveros, I. Moscoso-Ruiz, L. Rodrigo [et al.] // Foods. – 2021. – Vol. 10, № 1. – Art. 92. <https://doi.org/10.3390/foods10010092>
12. Коренман, И. М. Экстракция в анализе органических веществ / И. М. Коренман. – М. : Химия, 1977. – 200 с.

References

1. Polat S., Gosetti F., Gennaro M. C. 5.1 – Preservatives in cosmetics. Regulatory aspects and analytical methods. Salvador A., Chisvert A. (eds). *Analysis of cosmetic products*. Elsevier Science, 2007, pp. 211–241. <https://doi.org/10.1016/B978-044452260-3/50034-6>
2. Liventsova E. O. Parabens: properties, application, methods of determination. *Kharchova nauka ta tekhnologiya = Journal of Food science and technology*, 2015, vol. 9, no. 4, pp. 44–50 (in Russian). <https://doi.org/10.15673/2073-8684.4/2015.55870>
3. Sony M. G., Carabin I. G., Burdock G. A. Safety assessment of esters of 4-hydroxibenzoic acid (parabens). *Food and chemical toxicology*, 2005, vol. 43, no. 7, pp. 985–1015. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2005.01.020>
4. Byford J. R., Shaw L. E., Drew M. G. B., Pope G. S., Sauer M. J., Darbre P. D. Oestrogenic activity of parabens in MCF7 human breast cancer cells. *The Journal of steroid biochemistry and molecular biology*, 2002, vol. 80, no. 1, pp. 49–60. [https://doi.org/10.1016/S0960-0760\(01\)00174-1](https://doi.org/10.1016/S0960-0760(01)00174-1)
5. Rietschel R. L., Fowler L. F. Dermatitis to preservatives and other additives in cosmetics and medications. *Fisher's contact dermatitis*. Philadelphia, Williams & Wilkins, 1995, pp. 257–329.

6. Moreta C., Tena M. T., Kannan K. Analytical method for the determination and a survey of parabens and their derivatives in pharmaceuticals. *Environmental research*, 2015, vol. 142, pp. 452–460. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.07.014>
7. Gao W.-H., Cao X.-M., Han J.-H., Li X.-F., Jia Y.-M. Simultaneous determination of eight preservatives in feeds by high performance liquid chromatography. *Asian Journal of Chemistry*, 2014, vol. 26, no. 14, pp. 4162–4166. <https://doi.org/10.14233/ajchem.2014.16052>
8. Imamović B., Šober M., Bečić E. HPLC determination of some frequently used parabens in sunscreens. *International Journal of Pharmacy Teaching & Practices*, 2012, vol. 3, iss. 1, pp. 219–224.
9. Han K. M., Woo I. S., Park C. G., Kim Y. K., Yang Y. J., Park B. R., Choi J. D., Son K. H. Simultaneous Analytical Method for Various Paraben and Alcohol Preservatives in Supposedly Natural and Organic Cosmetics by Off-line SPE–UHPLC–DAD and LC–MS/MS. *Chromatographia*, 2024, vol. 87, no. 11, pp. 751–763. <https://doi.org/10.1007/s10337-024-04362-8>
10. Thuy Q. C., Phuong P. T., Thien T. L. T., Minh B. Q. Determination of seven parabens in surface water samples by UHPLC-MS/MS and solid-phase extraction. *Vietnam Journal of Chemistry*, 2022, vol. 60, no. 6, pp. 738–743. <https://doi.org/10.1002/vjch.202200016>
11. Gálvez-Ontiveros Y., Moscoso-Ruiz I., Rodrigo L., Aguilera M., Rivas, A., & Zafra-Gómez A. Presence of Parabens and Bisphenols in Food Commonly Consumed in Spain. *Foods*, 2021, vol. 10, no. 1, art. 92. <https://doi.org/10.3390/foods10010092>
12. Korenman, I. M. *Extraction in organic substances analysis*. Moscow, Khimiya Publ., 1977. 200 p. (in Russian).

Информация об авторах

Андриевская Екатерина Владимировна – младший научный сотрудник. Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья (ул. Академическая, 8, 220012, Минск, Республика Беларусь). E-mail: kateandrievskaya@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1879-709X>

Лещёв Сергей Михайлович – доктор химических наук, профессор. Белорусский государственный университет (ул. Ленинградская, 14, 220030, Минск, Республика Беларусь). E-mail: leschev.sergey54@gmail.com; <http://orcid.org/0000-0001-5378-1718>

Полянских Елена Ильинична – кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник. Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья (ул. Академическая, 8, 220012, Минск, Республика Беларусь). E-mail: chf@rspch.by; <http://orcid.org/0000-0003-1305-8837>

Бельшева Людмила Леонидовна – заведующий лабораторией. Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья (ул. Академическая, 8, 220012, Минск, Республика Беларусь). E-mail: chf@rspch.by; <http://orcid.org/0000-0002-7245-3776>

Information about the authors

Andrievskaya Ekaterina V. – Junior Researcher. Republican Center of Hygiene, Epidemiology and Public Health (8, Akademicheskay Str., 220012, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: kateandrievskaya@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1879-709X>

Leschev Sergey M. – Dr. Sci. (Chemistry), Professor. Belarusian State University (14, Leningradskaya Str., 220030, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: leschev.sergey54@gmail.com; <http://orcid.org/0000-0001-5378-1718>

Palianskikh Alena I. – Ph. D. (Chemistry), Leading Researcher. Republican Center of Hygiene, Epidemiology and Public Health (8, Akademicheskay Str., 220012, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: chf@rspch.by; <http://orcid.org/0000-0003-1305-8837>

Belysheva Liudmila L. – Head of the Laboratory. Republican Center of Hygiene, Epidemiology and Public Health (8, Akademicheskay Str., 220012, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: chf@rspch.by; <http://orcid.org/0000-0002-7245-3776>