

УДК 54.056; 54-79; 543.51

## НОВЫЕ КОМПОНЕНТЫ ЭКСТРАКТА *ALCEA NUDIFLORA* ПОСЛЕ МИКРОВОЛНОВОЙ ЭКСТРАКЦИИ\*

© **Н.А. Панкрушина\*\***, **Т.П. Кукина**

*Новосибирский институт органической химии им. Н.Н. Ворожцова СО РАН,  
пр. акад. Лаврентьева, 9, Новосибирск, 630090 (Россия),  
e-mail: pankrush@nioch.nsc.ru*

*Alcea nudiflora* (Lindl.) Boiss. семейства Malvaceae имеет широкий ареал произрастания в Средней Азии, Алтайском крае и Западной Сибири и издавна используется в народной и традиционной медицине. Наличие ресурса и многолетняя практика применения делают *Alcea nudiflora* перспективным источником ценных биологически активных природных соединений. Экстракция под действием микроволнового излучения стала в последние годы удобным способом извлечения природных соединений из растительного сырья. В настоящей работе исследован химический состав *A. nudiflora* после эффективной микроволновой экстракции (МВЭ) с использованием растворителей с различной способностью превращать микроволновую энергию в тепло: гексана, этилацетата, метил-трет-бутилового эфира (МТБЭ) и этилового спирта (EtOH). Выбранные условия МВЭ позволили значительно сократить время экстракции и получить экстракты, обогащенные новыми соединениями. Методом ГХ/МС изучен химический состав экстрактов надземной части *Alcea nudiflora* (Lindl.) Boiss. после микроволновой экстракции. Впервые обнаружены 13 кислот, в том числе 6 кислот ароматического ряда и 7 неразветвленных одноосновных кислот ненасыщенного и насыщенного рядов, а также 11 новых нейтральных соединений, среди которых 7 производных нафталина.

Ключевые слова: *Alcea nudiflora* (Lindl.) Boiss., новые ароматические и алифатические карбоновые кислоты, нафталины, микроволновая экстракция, ГХ/МС.

### **Введение**

Род *Alcea* семейства Malvaceae насчитывает 77 видов, из которых в России произрастают *A. nudiflora*, *A. kusariensis*, *A. taurica*, *A. rosea* L. [1–3]. Многие виды *Alcea* используются в качестве пищевых, текстильных, пигментных, лекарственных, медоносных и декоративных растений. *A. rosea* (также известная как *Althaea rosea* (L.) Cav., *Alcea rosea* L. var. *nigra*, Hollyhock) используется в качестве компонента различных травяных чаев для лечения кашля и бронхита из-за наличия слизи в листьях и цветках [4]. Объект нашего исследования *A. nudiflora* (Lindl.) Boiss. – многолетнее травянистое растение, широко распространенное в горных районах Центральной и Средней Азии, а также в Алтайском крае (Россия) и Западной Сибири. *A. nudiflora* издавна применяется в традиционной и народной медицине для лечения дизурии, диареи и сиалореи, как кровоостанавливающее средство при послеродовых кровотечениях, для лечения опухолей [5, 6]. Несмотря на доступность ресурса и многолетнюю практику применения, это растение не входит в Фармакопею и не используется как официальное лекарственное растительное сырье, а исследование химического состава вида *A. nudiflora* (Lindl.) Boiss. еще далеко до завершения [1, 7].

Вторичные метаболиты растений являются важными источниками биологически активных веществ,

---

*Панкрушина Наталья Алексеевна* – кандидат химических наук, старший научный сотрудник лаборатории терпеновых соединений,  
e-mail: pankrush@nioch.nsc.ru

*Кукина Татьяна Петровна* – кандидат химических наук, старший научный сотрудник лаборатории медицинской химии, e-mail: kukina@nioch.nsc.ru

которые используются в качестве растительных препаратов или промежуточных веществ для производства лекарственных средств. Экстракция является основным способом выделения природных соединений из растительного сырья. В последние десятилетия все большее внимание привлекает

---

\* Данная статья имеет электронный дополнительный материал (приложение), который доступен читателям на сайте журнала. DOI: 10.14258/jcprtm.2021018361s

\*\* Автор, с которым следует вести переписку.

микроволновая экстракция (МВЭ). Эффективность и быстрота экстракции в сравнении с другими методами, а также использование небольших проб и объемов реагентов являются важными преимуществами МВЭ [8–10]. Цель настоящей работы – исследование химического состава *A. nudiflora* после использования современной эффективной микроволновой экстракции.

### **Экспериментальная часть**

*Растительное сырье.* Надземная часть собрана в сентябре 2013 г. в Наманганской области, Папский район, село Санг, и охарактеризовано по морфологическим признакам, описанным ранее [2, 11]. Воздушно-сухое сырье размолото на электрической мельнице и просеяно через сито с отверстиями размером 2 мм.

*Реагенты.* В качестве экстрагентов использовали гексан, этилацетат, метил-*трет*-бутиловый эфир (МТБЭ) и этиловый спирт (EtOH) квалификации х.ч., которые дополнительно перегоняли.

*Микроволновая экстракция.* Экстракцию осуществляли с использованием одномодового микроволнового реактора "Discover-S-Class" (СЕМ Согр., США) с рабочей частотой 2.45 ГГц, выходной мощностью до 300 Вт, системой контроля температуры и давления и возможностью электромагнитного перемешивания *in situ*. В микроволновую ампулу загружали 2.0 г воздушно-сухого измельченного растительного сырья, 20.0 мл растворителя и магнитный якорек для перемешивания. Закрытую ампулу помещали в реактор и выдерживали в течение 20 мин при фиксированных условиях. Постоянную МВ-мощность поддерживали принудительным охлаждением воздушным обдувом. Затем ампулу вынимали, экстракт отфильтровывали, растворитель удаляли при пониженном давлении, остаток дополнительно сушили в вакууме. Все эксперименты проводились трижды. Выход экстракта рассчитывали относительно исходного растительного материала. Для оптимизации процесса экстракт после первой экстракции отфильтровывали, к сырью добавляли новую порцию экстрагента, ампулу помещали в микроволновой реактор и повторяли процесс в тех же условиях. Экстракты объединяли и определяли выход.

*Экстракция методом перколяции.* Экстракция проводилась ступенчато в проточном перколяторе, снабженном рубашкой, обеспечивающей возможность подогрева или охлаждения перколятора, подогрев осуществлялся проточной водой с температурой 50 °С. Навеска измельченного сырья 100 г загружалась в перколятор, заливалась порцией экстрагента, нагретого до 50 °С, настаивалась в течение 1.5 ч, экстракт сливался через нижний кран. Сырье заливали растворителем с таким расчетом, чтобы слой растворителя над сырьем был высотой 1.5–2.0 см, соотношение растворитель : сырье составляло 10 : 1.5–2. Процесс повторяли 4 раза. При смене растворителя остаток экстракта удаляли из перколятора продуванием воздуха через сырье. Выход экстрактивных веществ определяли после удаления растворителя на роторном испарителе досуха.

*Выполнение ГХ/МС анализа и идентификация компонентов.* Подготовка образцов производилась, путем общепринятой процедуры омыления без предварительного отделения свободных кислот на суммарные кислые компоненты и суммарные неомыляемые вещества, как подробно описано ранее [12]. Нативные кислоты метилировали диазометаном и анализировали в виде метиловых эфиров, нейтральные вещества исследовали без дериватизации. Образцы анализировали методом ГХ/МС с использованием газового хроматографа Hewlett Packard 5890/II GC с квадрупольным анализатором масс (HP MSD 5971) в качестве детектора и кварцевой капиллярной колонкой HP-5ms [дифенил (5%)-диметилсилоксан (95%)] длиной 30 м с внутренним диаметром 0.25 мм и толщиной пленки 0.25 мкм. Газ-носитель гелий, скорость потока 1.0 мл/мин. Хроматографические анализы проводили при программируемой температуре колонки 50 °С в течение 2 мин, от 50 °С до 300 °С при 4 °С/мин и 300 °С в течение 30 мин; температуре инжектора 280 °С; температуре ионного источника 170 °С и скорости сканирования 1.2 скана/с в диапазоне масс 30–650 аме. Образцы вводили с соотношением разделения 20 : 1. Линейные индексы удерживания (KI) соединений рассчитывались путем интерполяции KI *n*-алканов C<sub>7</sub>–C<sub>39</sub>. Содержание компонентов рассчитывали по площади пиков без использования поправочных коэффициентов. Идентификация компонентов основывалась на сравнении их полных масс-спектров с таковыми для аутентичных соединений, опубликованных в коммерческих библиотеках (NIST08 (NIST, США) и W8N08 (John Wiley and Sons, Inc., США) и в Атласе спектров [13].

### **Результаты и обсуждение**

Способность вещества преобразовывать МВ-энергию в тепло зависит от его диэлектрической проницаемости ( $\epsilon'$ ). Для МВЭ были выбраны растворители с различным значением диэлектрической проницаемо-

сти: EtOH ( $\epsilon'$  24.3), этилацетат ( $\epsilon'$  6.0), МТБЭ, ( $\epsilon'$  2.4) и гексан ( $\epsilon'$  1.9). Выбирая оптимальные условия экстракции, варьировали мощность излучения (50 Вт и 100 Вт), заданную температуру (50 и 65 °С), время воздействия (10, 20, 30 мин). Условия МВЭ и выходы приведены в таблице 1.

Как видно из таблицы, существенным параметром для МВЭ является диэлектрическая проницаемость  $\epsilon'$ . С понижением  $\epsilon'$  снижается выход экстрактов, выход фракций НВ и фракций кислот относительно исходного сырья. Полярность экстрагента сказывается на соотношении нейтральных компонентов и кислот в экстракте. Так, этанолом извлекается больше экстрактивных веществ, чем МТБЭ, при этом фракционный состав полученных экстрактов сильно различается. В гексановом экстракте преобладают нейтральные вещества, более полярные экстрагенты (этилацетат, МТБЭ) извлекают больше кислот, этиловый спирт почти одинаково извлекает как нейтральные вещества, так и кислоты. При этом сумма выходов кислых и нейтральных компонентов экстрактов практически равна выходу исходного образца, взятого для омыления, за исключением этанольного экстракта, для которого она составляет всего треть. Это означает, что этанольный экстракт обогащен водорастворимыми компонентами, которые удаляются в процессе щелочного гидролиза. Компоненты, идентифицированные в гексановом и этилацетатном экстрактах, присутствуют в компонентном составе МТБЭ и EtOH экстрактов, поэтому далее МВЭ проводили с использованием МТБЭ и EtOH. Как оказалось, повышение мощности МВ-воздействия не приводит к увеличению выхода экстрагируемых веществ. При этом, в сравнении с перколяцией, значительно сократилось время процесса, но для однократной МВЭ не удалось достичь существенного повышения выхода. С целью оптимизации МВЭ было предпринято повторное экстрагирование (табл. 2).

Результаты оптимизации показывают, что в случае двукратной МВЭ этиловым спиртом общий выход экстракта и выход фракций значительно увеличивается, а трехкратная МВЭ уже не дает существенного вклада. Двукратная МВЭ, с использованием МТБЭ с низким значением диэлектрической постоянной, несущественно повышает общий выход экстракта и выход фракций, преимуществом, по сравнению с перколяцией, является значительное сокращение процедуры экстракции. Методом ГХ/МС в неомыляемых веществах МТБЭ-экстракта обнаружены углеводороды (более 50%, основные компоненты *n*-нонакозан и *n*-гептакозан), 10.9% фитола, 8.9% стериннов, производные нафталина 4.1%. Сообщалось, что производные нафталина были найдены в растениях различных семейств [14, 15], так, например, в эфирном масле листьев растения *Nicotiana alata* обнаружены 1-метил нафталин и 2-метил нафталин в заметных количествах (3.07 и 2.79% соответственно) [16], производные нафталина найдены и в семействе Мальвовых [17], а именно в *Hibiscus syriacus* [18], *Decaschistia parviflora* Kurz [19] и *Althaea officinalis* [20]. Однако производные нафталина до сих пор не были обнаружены в видах *Alcea*. В МТБЭ-экстракте впервые идентифицированы следующие соединения: (КІ;% от НВ): 1,2,3,4-тетраметилбензол (1110; 0.5), 6-метил-1,2,3,4-тетрагидронафталин (1290; 0.5), 2-метил-нафталин (1295;1.0), 1-метил-нафталин (1310; 0.4), гептилциклогексан (1350; 0.6), 5,6-диметил-1,2,3,4-тетрагидронафталин (1385; 0.6), 6,9-диметилтетрадекан (1410; 0.4), 1,5-диметилнафталин (1427; 0.5), 2,7-диметил-нафталин (1450; 0.6), 1,4,5-триметил-нафталин (1530; 0.5), докозан (2200; 0.5). Этанольный экстракт был обогащен фитолом (45.8%) и стеринами (23.3%, основные компоненты –  $\beta$ -ситостерол и стигмастерол). Качественный и количественный состав фракции полипренолов соответствует описанному в работе [21].

Таблица 1. Выходы экстрактов и фракций надземной части *A. nudiflora* после МВЭ

Экстрагент	Условия МВЭ	Выход экстракта, %	НВ* % от экстракта / % от сырья	Кислоты % от экстракта / % от сырья
Этиловый спирт $\epsilon'$ 24.3	50 Вт, 65 °С, 20 мин	14.13±0.25	16.43±0.30 / 1.92±0.04	18.23±0.36 / 2.50±0.05
	100 Вт, 50 °С, 20 мин	11.64±0.23	14.24±0.28 / 2.04±0.04	15.62±0.23 / 1.82±0.04
Этилацетат $\epsilon'$ 6.0	50 Вт, 65 °С, 20 мин	3.62±0.07	41.03±0.54 / 1.53±0.03	53.04±0.52 / 1.92±0.04
	100 Вт, 50 °С, 20 мин	3.43±0.07	40.02±0.51 / 1.41±0.03	53.03±0.52 / 1.91±0.04
МТБЭ $\epsilon'$ 2.4	50 Вт, 50 °С, 20 мин	3.12±0.06	42.04±0.58 / 1.32±0.03	52.04±0.47 / 1.63±0.03
	100 Вт, 50 °С, 20 мин	3.23±0.06	44.03±0.56 / 1.42±0.03	52.09±0.47 / 1.71±0.03
Гексан $\epsilon'$ 1.9	50 Вт, 65 °С, 20 мин	2.14±0.04	58.04±0.53 / 1.23±0.02	36.02±0.32 / 0.80±0.02
	100 Вт, 60 °С, 20 мин	2.12±0.04	57.02±0.58 / 1.24±0.02	38.03±0.34 / 0.92±0.02
Этиловый спирт МТБЭ	Перколяция, 50 °С, 6 ч	16.83±0.30	1.73±0.03	2.22±0.04
	Перколяция, 50 °С, 6 ч	3.63±0.08	1.62±0.03	1.74±0.03

НВ\* – неомыляемые вещества

Таблица 2. Оптимизация МВЭ. Выходы экстрактов и фракций надземной части *A. nudiflora*

Условия МВЭ		Выход экстракта, %	НВ % от экстракта / % от сырья	Кислоты % от экстракта / % от сырья
Этиловый спирт, 50 Вт, 65 °С, 20 мин	две экстракции	22.62±0.45	12.92±0.26 / 2.92±0.06	17.82±0.36 / 4.13±0.08
	три экстракции	23.13±0.46	12.64±0.25 / 2.91±0.06	18.31±0.36 / 4.22±0.08
МТБЭ, 100 Вт, 50 °С, 20 мин	две экстракции	3.61±0.07	38.00±0.49 / 1.41±0.03	46.04±0.52 / 1.71±0.03
	три экстракции	3.73±0.07	36.14±0.47 / 1.34±0.03	48.02±0.59 / 1.82±0.04

В МТБЭ-экстракте и EtOH-экстракте в составе жирных кислот основными компонентами являются линоленовая и пальмитиновая кислоты. Впервые идентифицированы в *A. nudiflora* фенолкарбоновые кислоты: бензойная (964; 0.5), фенилуксусная (980; 0.4), салициловая (1020; 1.1), вератровая (1570; 0.5), феруловая (1878; 1.2), 3,4-диметоксикоричная (1896; 0.4) и одноосновные кислоты ненасыщенного и насыщенного ряда: 8Z,11Z,14Z,17Z-8,11,14,17-эйкозатетраеновая (2278; 1.6), трикозановая (2620; 0.3), 2-гидроксидокозановая (2628; 1.2), 2-гидрокситрикозановая (2760; 0.4), пентакозановая (2818; 0.2), 2-гидрокситетракозановая (2837; 1.0), нонакозановая (3298; 0.2). Фенолкарбоновые кислоты были обнаружены ранее в растениях рода *Alcea*, в том числе в *A. pallida*, *A. apterocarpa* [22] и *A. rosea* var. *Nigra* [23]. Однако до сих пор в *A. nudiflora* не было найдено кислот ароматического ряда. Они, вероятно, существуют в гликозилированных формах в растении и не экстрагируются в обычных условиях экстракции.

В результате проведенных исследований изучен химический состав экстрактов надземной части *Alcea nudiflora* (Lindl.) Voiss. после микроволновой экстракции. Выбранные условия МВЭ позволили получить за короткое время экстракты, обогащенные новыми соединениями. Методом ГХ/МС впервые обнаружены 11 новых нейтральных соединений, среди которых 7 производных нафталина, а также 13 кислот, в том числе 6 кислот ароматического ряда и 7 неразветвленных одноосновных кислот ненасыщенного и насыщенного рядов. Настоящее исследование расширит знания о фитохимическом составе *A. nudiflora*, что поможет использовать это растение в будущем в качестве нового потенциального источника растительных препаратов или в качестве промежуточных продуктов для производства лекарств.

*Авторы выражают благодарность ЦКП «ВТАН» НГУ за предоставление микроволнового оборудования, Химическому сервисному центру коллективного пользования СО РАН за проведение спектральных измерений, а также благодарят Хидырову Назиру Кудратовну за предоставление образцов растительного материала.*

### Электронный дополнительный материал

В электронном приложении к статье приведены дополнительные экспериментальные данные, обсуждаемые в статье.

### Список литературы

1. Буданцев А.Л. Растительные ресурсы России: Дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность. М., 2009. Т. 2. 520 с.
2. Введенский А.И. Флора Узбекистана. Ташкент, 1959. Т. 4. 169 с.
3. Зыкова Е.Ю., Шауло Д.Н., Гатилова Е.А. Флористические находки адвентивных и аборигенных видов в Новосибирской области // *Turczaninowia*. 2017. Т. 20. №4. С. 44–50. DOI: 10.14258/turczaninowia.20.4.6.
4. Al-Snafi A.E. The Pharmaceutical importance of *Althaea officinalis* and *Althaea rosea*: A review // *Int J Pharmtech Res*. 2013. Vol. 5. N3. Pp. 1378–1385.
5. Sezik E., Yesilada E., Shadidoyatov H., Kulivey Z., Nigmatullaev A.M., Aripov H.N., Takaishi Y., Takeda Y., Honda G. Folkmedicine in Uzbekistan. I. Toshkent, Djizzax, and Samarqand provinces // *J. Ethnopharmacol*. 2004. Vol. 92. N2–3. Pp. 197–207. DOI:10.1016/j.jep.2004.02.016.
6. Zaurov D.E., Belolipov I.V., Kurmukov A.G., Sodombekov I.S., Akimaliev A.A., Eisenman S.W. The Medicinal Plants of Uzbekistan and Kyrgyzstan // *Medicinal Plants of Central Asia: Uzbekistan and Kyrgyzstan*. New York, 2012. Pp. 15–275. DOI:10.1007/978-1-4614-3912-7\_5.
7. Azab A. Traditional medicine, current research and future opportunities // *Eur. Chem. Bull*. 2016. Vol. 5. N12. Pp. 505–514. DOI: 10.17628/ECB.2016.5.505.
8. Al-Mamoori F., Al-Janabi R. Recent advances in microwave-assisted extraction (MAE) of medicinal plants: A review // *Int. Res. J. Pharm*. 2018. Vol. 9. N6. Pp. 22–28. DOI: 10.7897/2230-8407.09684.
9. Chaturvedi A.K. Extraction of nutraceuticals from plants by microwave assisted extraction // *Sys. Rev. Pharm*. 2018. Vol. 9. N1. Pp. 31–35. DOI:10.5530/srp.2018.1.6.

10. Vinatoru M., Mason T.J., Calinescu I. Ultrasonically assisted extraction (UAE) and microwave assisted extraction (MAE) of functional compounds from plant materials // *Trend Anal. Chem.* 2017. Vol. 97. Pp. 159–178. DOI: 10.1016/j.trac.2017.09.002.
11. Флора СССР / под ред. Б.К. Шишкина. М.-Л., 1949. Т. 15. С. 108–111.
12. Кукина Т.П., Баяндина И.И., Покровский Л.М. Неполарные компоненты экстрактов зверобоя продырявленного // *Химия растительного сырья.* 2007. №3. С. 39–45.
13. Ткачев А.В. Исследование летучих веществ растений. Новосибирск, 2008. 969 с.
14. Hesse C., Hilp K., Kating H., Schaden G. Inhaltsstoffe aus *Ononis spinosa* L., 2. Mitt. Aromatische Kohlenwasserstoffe aus den ätherischen Ölen der Radix und Herba Ononidis // *Arch. Pharm.* 1977. Vol. 310. N10. Pp. 792–795. DOI: 10.1002/ardp.19773101006.
15. Ibrahim S.R.M., Mohamed G.A. Naturally occurring naphthalenes: chemistry, biosynthesis, structural elucidation, and biological activities // *Phytochem Rev.* 2016. Vol. 15. N2. Pp. 279–295. DOI: 10.1007/s11101-015-9413-5.
16. Popova V., Ivanova T., Nikolova V., Stoyanova A., Docheva M., Hristeva T., Damyanova S., Nikolov N. Biologically Active and Volatile Compounds in Leaves and Extracts of *Nicotiana alata* Link & Otto from Bulgaria // *N. J. Pharm. Sci. & Res.* 2017. Vol. 9. N11. Pp. 2045–2051.
17. Vasudeva N., Sharma S.K. Biologically active compounds from the genus *Hibiscus* // *Pharm. Biol.* 2008. Vol. 46. N3. Pp. 145–153. DOI: 10.1080/13880200701575320.
18. Yoo I.D., Yun B.S., Lee I.K., Ryoo I.J., Choung D.H., Han K.H. Three naphthalenes from root bark of *Hibiscus syriacus* // *Phytochemistry.* 1998. Vol. 47. N5. Pp. 799–802.
19. Wongsan N., Kanokmedhakul S., Kanokmedhakul K., Kongsaree P., Prabpai S., Pyne S.G. Parviflorals A–F, trinorcadalenes and bis-trinorcadalenes from the roots of *Decaschistia parviflora* // *Phytochemistry.* 2013. Vol. 95. Pp. 368–374. DOI: 10.1016/j.phytochem.2013.07.017.
20. Valiei M., Shafaghat A., Salimi F.J. Chemical composition and antimicrobial activity of the flower and root hexane extracts of *Althaea officinalis* in Northwest Iran // *Med. Plants Res.* 2011. Vol. 5. N32. Pp. 6972–6976. DOI: 10.5897/JMPR11.963.
21. Khidyrova N.K., Rakhmatova M.Zh., Kukina T.P., Shakhidoyatov R.Kh., Shakhidoyatov Kh.M. Polyprenols and triterpenoids from leaves of *Alcea nudiflora* // *Chem. Nat. Compd.* 2012. Vol. 48. N2. Pp. 180–184. DOI: 10.1007/s10600-012-0199-z.
22. Ertas A., Boga M., Gazioglu I., Yesil Y., Hasimi N., Ozaslan C., Yilmaz H., Kaplan M. Fatty Acid, Essential Oil and Phenolic Compositions of *Alcea pallida* and *Alcea apterocarpa* with Antioxidant, Anticholinesterase and Antimicrobial Activities // *Chiang Mai J. Sci.* 2016. Vol. 43. N1. Pp. 89–99.
23. Dudek M., Matławska I., Szkudlarek M. Phenolic acids in the flowers of *Althaea rosea* var. *nigra* // *Acta Pol. Pharm.* 2006. Vol. 63. N3. Pp. 207–211.

Поступила в редакцию 1 сентября 2020 г.

После переработки 29 октября 2020 г.

Принята к публикации 5 ноября 2020 г.

**Для цитирования:** Панкрушина Н.А., Кукина Т.П. Новые компоненты экстракта *Alcea nudiflora* после микроволновой экстракции // *Химия растительного сырья.* 2021. №1. С. 79–84. DOI: 10.14258/jcrpm.2021018361.

*Pankrushina N.A.\**, *Kukina T.P.* NEW COMPONENTS OF *ALCEA NUDIFLORA* EXTRACT AFTER MICROWAVE EXTRACTION

*N.N. Vorozhtsov* Novosibirsk Institute of Organic Chemistry SB RAS, pr. Lavrentieva, 9, Novosibirsk, 630090 (Russia), e-mail: [pankrush@nioch.nsc.ru](mailto:pankrush@nioch.nsc.ru)

*Alcea nudiflora* (Lindl.) Boiss. (Malvaceae) has a wide area of growth in Central Asia, the Altai territory and Western Siberia and has long been used in folk and traditional medicine. Availability of the resource and long-term application practice makes *Alcea nudiflora* a promising source of valuable biologically active natural compounds. The chemical composition of *A nudiflora* has been studied after effective microwave assisted extraction (MAE) performed using solvents with different ability to convert microwave energy into heat: hexane, ethyl acetate, methyl tert-butyl ether (MTBE) and ethyl alcohol (EtOH). The selected MAE conditions enabled us to reduce significantly the extraction time and obtain extracts enriched with new compounds. The chemical composition of aboveground part extracts of *Alcea nudiflora* (Lindl.) Boiss was studied by applying GC/MS method. 13 acids were discovered for the first time, including 6 aromatic acids and 7 unbranched monobasic acids of unsaturated and saturated series, as well as 11 new neutral compounds, including 7 naphthalene derivatives.

**Keywords:** *Alcea nudiflora* (Lindl.) Boiss., new aromatic and aliphatic carboxylic acids, naphthalenes, microwave extraction, GC/MS.

### References

1. Budantsev A.L. *Rastitel'nyye resursy Rossii: Dikorastushchiye tsvetkovyye rasteniya, ikh komponentnyy sostav i biologicheskaya aktivnost'*. [Plant resources of Russia: Wild flowering plants, their component composition and biological activity]. Moscow, 2009, vol. 2, 520 p. (in Russ.).
2. Vvedenskiy A.I. *Flora Uzbekistana*. [Flora of Uzbekistan]. Tashkent, 1959, vol. 4, 169 p. (in Russ.).
3. Zykova Ye.Yu., Shauro D.N., Gatilova Ye.A. *Turczaninowia*, 2017, vol. 20, no. 4, pp. 44–50. DOI: 10.14258/turczaninowia.20.4.6. (in Russ.).
4. Al-Snafi A.E. *Int. J. Pharmtech Res.*, 2013, vol. 5, no. 3, pp. 1378–1385.
5. Sezik E., Yesilada E., Shadidoyatov H., Kulivey Z., Nigmatullaev A.M., Aripov H.N., Takaishi Y., Takeda Y., Honda G. *J. Ethnopharmacol.*, 2004, vol. 92, no. 2–3, pp. 197–207. DOI:10.1016/j.jep.2004.02.016.
6. Zurov D.E., Belolipov I.V., Kurmukov A.G., Sodombekov I.S., Akimaliev A.A., Eisenman S.W. *Medicinal Plants of Central Asia: Uzbekistan and Kyrgyzstan*, New York, 2012, pp. 15–275. DOI:10.1007/978-1-4614-3912-7\_5.
7. Azab A. *Eur. Chem. Bull.*, 2016, vol. 5, no. 12, pp. 505–514. DOI: 10.17628/ECB.2016.5.505.
8. Al-Mamoori F., Al-Janabi R. *Int. Res. J. Pharm.*, 2018, vol. 9, no. 6, pp. 22–28. DOI: 10.7897/2230-8407.09684.
9. Chaturvedi A.K. *Sys. Rev. Pharm.*, 2018, vol. 9, no. 1, pp. 31–35. DOI:10.5530/srp.2018.1.6.
10. Vinatoru M., Mason T.J., Calinescu I. *Trend Anal. Chem.*, 2017, vol. 97, pp. 159–178. DOI: 10.1016/j.trac.2017.09.002.
11. *Flora SSSR* [Flora of the USSR], ed. B.K. Shishkin. Moscow-Leningrad, 1949, vol. 15, pp. 108–111. (in Russ.).
12. Kukina T.P., Bayandina I.I., Pokrovskiy L.M. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2007, no. 3, pp. 39–45. (in Russ.).
13. Tkachev A.V. *Issledovaniye letuchikh veshchestv rasteniy*. [Study of plant volatiles]. Novosibirsk, 2008, 969 p. (in Russ.).
14. Hesse C., Hilp K., Kating H., Schaden G. *Arch. Pharm.*, 1977, vol. 310, no. 10, pp. 792–795. DOI: 10.1002/ardp.19773101006.
15. Ibrahim S.R.M., Mohamed G.A. *Phytochem Rev.*, 2016, vol. 15, no. 2, pp. 279–295. DOI: 10.1007/s11101-015-9413-5.
16. Popova V., Ivanova T., Nikolova V., Stoyanova A., Docheva M., Hristeva T., Damyanova S., Nikolov N. *N. J. Pharm. Sci. & Res.*, 2017, vol. 9, no. 11, pp. 2045–2051.
17. Vasudeva N., Sharma S.K. *Pharm. Biol.*, 2008, vol. 46, no. 3, pp. 145–153. DOI: 10.1080/13880200701575320.
18. Yoo I.D., Yun B.S., Lee I.K., Ryoo I.J., Choung D.H., Han K.H. *Phytochemistry*, 1998, vol. 47, no. 5, pp. 799–802.
19. Wongs N., Kanokmedhakul S., Kanokmedhakul K., Kongsaree P., Prabpai S., Pyne S.G. *Phytochemistry*, 2013, vol. 95, pp. 368–374. DOI: 10.1016/j.phytochem.2013.07.017.
20. Valiei M., Shafaghat A., Salimi F.J. *Med. Plants Res.*, 2011, vol. 5, no. 32, pp. 6972–6976. DOI: 10.5897/JMPR11.963.
21. Khidyrova N.K., Rakhmatova M.Zh., Kukina T.P., Shakhidoyatov R.Kh., Shakhidoyatov Kh.M. *Chem. Nat. Compd.*, 2012, vol. 48, no. 2, pp. 180–184. DOI: 10.1007/s10600-012-0199-z.
22. Ertas A., Boga M., Gazioglu I., Yesil Y., Hasimi N., Ozaslan C., Yilmaz H., Kaplan M. *Chiang Mai J. Sci.*, 2016, vol. 43, no. 1, pp. 89–99.
23. Dudek M., Matlawska I., Szkudlarek M. *Acta Pol. Pharm.*, 2006, vol. 63, no. 3, pp. 207–211.

Received September 1, 2020

Revised October 29, 2020

Accepted November 5, 2020

**For citing:** Pankrushina N.A., Kukina T.P. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2021, no. 1, pp. 79–84. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2021018361.

\* Corresponding author.