

ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ЭФИРНОГО МАСЛА ХМЕЛЯ ОБЫКНОВЕННОГО СОПЛОДИЙ ЕСТЕСТВЕННОГО ФИТОЦЕНОЗА ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

© Коренская И.М., Дьякова Н.А.

Воронежский государственный университет (ВГУ)

Россия, 394018, Воронежская область, г. Воронеж, Университетская пл., д. 1

В настоящее время в Воронежской области планируется развитие крупномасштабного культивирования и заготовки хмеля обыкновенного соплодий, одной из основных групп биологически активных веществ которых являются эфирные масла. Образование и накопление биологически активных веществ в растениях – сложный процесс, связанный с рядом факторов климатических, почвенных, экологических и иных факторов.

Цель исследования – изучение компонентного состава эфирного масла хмеля обыкновенного соплодий, заготовленных от дикорастущих растений в естественном экотопе Воронежской области.

Материалы и методы. В Воронежской области были заготовлены хмель обыкновенного соплодия в естественном экотопе в экологически чистом месте в соответствии с требованиями нормативной документации. Получение эфирного масла хмеля обыкновенного соплодий и количественное определение его содержания проводили методом гидропародистилляции. Определение компонентного состава полученных эфирных масел проводили на хромато-масс-спектрометрическом комплексе Agilent Technologies 7890B GC System (Agilent Technologies, США) с масс-селективным детектором Agilent Technologies 5977A MSD (Agilent Technologies, США). Анализ и обработка данных осуществлялись на основании баз данных NIST11 (от 19.05.2011), использовалось программное обеспечение MassHunter v. B.06.00 и NIST MS Search 2.0.

Результаты. Изучение эфирного масла хмеля обыкновенного соплодий, заготовленных в естественном экотопе Воронежской области, показало высокое содержание данной группы биологически активных веществ. Хромато-масс-спектрометрический анализ эфирного масла позволил идентифицировать более 40 различных компонентов. Показано высокое содержание β -селинена, селина-4,7-диена, кариофиллена, гумулена, а также их производных. Выявлены значительные различия в качественном составе эфирного масла соплодий хмеля в зависимости от региона произрастания. Анализ фармакологической активности основных компонентов полученного эфирного масла из соплодий хмеля обыкновенного, заготовленного в Воронежской области, позволил предположить его противовоспалительное, антисептическое, успокоительное действия.

Заключение. Значительные сырьевые запасы хмеля обыкновенного соплодий на территории Центрального Черноземья делают актуальным как заготовку дикорастущего сырья, так и развитие его культивирования на территории региона для пищевых и фармацевтических потребностей. Изученные особенности накопления основных компонентов эфирного масла соплодий хмеля обыкновенного могут быть учтены при культивировании и заготовке сырья.

Ключевые слова: Воронежская область; хмель обыкновенный; соплодия; эфирные масла; компонентный состав.

Коренская Ирина Михайловна – канд. фарм. наук, доцент, доцент кафедры фармацевтической химии и фармацевтической технологии, ВГУ, г. Воронеж. ORCID iD: 0000-0001-5444-8108. E-mail: irmich65@yandex.ru

Дьякова Нина Алексеевна – д-р фарм. наук, доцент, доцент кафедры фармацевтической химии и фармацевтической технологии, ВГУ, г. Воронеж. ORCID iD: 0000-0002-0766-3881. E-mail: Ninotchka_V89@mail.ru (автор, ответственный за переписку)

Хмель обыкновенный (*Humulus lupulus* L. (1753)) – вьющееся многолетнее травянистое эфирно-масличное двудомное растение (лиана), рода Хмель (*Humulus* L.), семейства Конопцевые (*Cannabaceae* Martynov). Мужские соцветия формируются на ветвях второго порядка в виде метельчатого соцветия. Женские цветки собраны в шишковидные сложные соцветия, имеющие попарно расположенные чешуи, представляющие собой прилистники неразвившихся листьев, в пазухе которых находятся двойные завитки из двух, четырех или шести цветков. Прицветники при плодах разрастаются и несут желтые железки. Цветет в июле–августе [1-4].

Хмель обыкновенный широко распространен в умеренном климате Северной Америки,

Евразии, Северной Африки. На территории Российской Федерации растет почти повсеместно в умеренных и южных широтах европейской части и Западной Сибири. Издревле культивируется. Основное товарное производство хмеля в России расположено в Чувашской Республике, Республике Марий Эл, Алтайском крае, Республике Башкортостан. Хмель обыкновенный обладает значительными сырьевыми запасами дикорастущего сырья на территории Воронежской области [1, 2].

Хмель – растение-медонос. Длинные, четырехгранные, полые внутри стебли хмеля пригодны для изготовления веревок. Соплодия хмеля ранее применяли для окраски тканей в желтый цвет. В настоящее время часто исполь-

зуется как декоративное растение для озеленения высоких изгородей, мансард, балконов. Соплодия хмеля с давних пор и по настоящее время применяются в хлебопечении и пивоварении для изготовления жидких дрожжей [1].

В медицинской практике издревле используются соплодия женских особей хмеля обыкновенного, часто именуемые «шишки» за внешнее сходство. Они применяются внутрь как седативное, снотворное, антидепрессивное, анксиолитическое, нейропротекторное средство, уменьшают тревожность, улучшают качество сна и когнитивные способности пациента. Препараты хмеля обыкновенного соплодий оказывают также болеутоляющее, противовоспалительное, желчегонное, мочегонное, лактогенное, иммуностимулирующее средство, стимулирующее обмен веществ. Оказывают выраженное бактерицидное, фунгицидное, противомаларийное, противоонкологическое действие. Имеют выраженную эстрогенную активность, что перспективно для замены синтетических гормональных препаратов для терапии климактерического синдрома у женщин. Современные исследования выявили гипогликемические, антиоксидантные, нефро- и гепатопротекторные, а также антимутагенные свойства препаратов хмеля обыкновенного соплодий. Отмечены гипосенсибилизирующие и противоаллергические свойства, а также выраженное антитромботическое действие. Наружно хмеля обыкновенного соплодия используются как регенеративное, антиколлагеновое, фунгицидное, бактерицидное средство, в частности, для лечения юношеского акне [5-19].

Хмеля обыкновенного соплодия входят в состав сборов и чаев («Седативный сбор № 2», «Успокоительный сбор № 2», «Фитоседан № 2»). Эфирное масло хмеля обыкновенного входит в состав лекарственных препаратов «Валокордин», «Корвалдин». Получаемые на основе данного растительного сырья экстракты (жидкий и сухой) входят в состав лекарственных препаратов и биологически активных добавок («Уролесан», «Урохол», «Пассифит», «Клиофит»), а также используются при производстве косметических средств (мази, кремы, шампуни, бальзамы). Хмеля обыкновенного соплодия используются для получения сложных настоек («Седофлор») [20]. Настои хмеля обыкновенного соплодий изготавливают в соотношении 1:10, так как в больших концентрациях препарат может вызвать отравление, которое проявляется головной болью, тошнотой и рвотой. Также препараты хмеля обладают фитоэстрогенными свойствами, в силу чего могут стать причиной гиперплазии эндометрия и вагинальных кровотечений [19, 21, 22].

Хмеля обыкновенного соплодия содержат эфирное масло (до 1,8-3,0%), хмелевые смолы (от 5% до 21-26%, включают α -кислоты (гумулон, адгумулон, когумулон, прегумулон, постгумулон), β -кислоты (лупулон, адлупулон, колупулог, прелупулон, постлупулон), твердые смолы; γ -смолы; δ -смолы)), воск, камедь, горечи, гликозид лупулин, витамины и витаминоподобные вещества (каротин, аскорбиновая кислота, холин, тиамин, никотиновая кислота), дубильные вещества (до 3%), гумулин (алкалоидоподобное вещество с наркотическим действием), фенольные соединения (до 2-5%, представлены флавоноидами (до 0,85%, основные представители – рутин, астрагалин, изокверцитрин, мирицетин и другими 3-гликозидами кверцетина и кемпферола, а также изопренилированные халконы (ксантогумол, изопренилксантогумол, дегидроциклоксантогумол) и флаваноны (изоксантогумол, 6-изопренилнarinгенин и 8-изопренилнarinгенин)); катехинами; антоцианидинами (цианидин, дельфинидин) и фенолкарбоновыми кислотами (хлорогеновая, галловая, протокатеховая, кофейная, хинная, кумаровая, оксикумаровая, п-кумароилхинная, неохлорогеновая, феруловая, ванилиновая, сиреневая, п-аминобензойная, валериановая, изовалериановая)). Хмеля обыкновенного соплодия содержат 3-9% α -горькой кислоты, 6-8% β -горькой кислоты вместе с мягкими α - и β -смолами и 1-2% твердых смол. До 95% общей горечи образуется α -кислотами, которые при кипячении превращаются в изо- α -кислоты. Хмеля обыкновенного соплодия содержат также большое количество солей кальция, калия, железа, алюминия и йода [19, 23-29].

Эфирное масло хмеля обыкновенного имеет сильный пряный аромат, окрас от светло-желтого или темно-желтого до зеленого. Согласно литературным данным, в состав данного эфирного масла входят мирцен, мирценол, гераниол, кариофиллен, линалоол, лупарол, фарнезен. Экспериментально подтверждено, что ряд компонентов эфирного масла соплодий хмеля обыкновенного имеют диагностическое значение при исследовании его подлинности (гумулен, кариофиллен, кубебен) [23, 30, 31]. При этом качественный и количественный состав эфирного масла соплодий хмеля значительно зависит от условий произрастания (почвенных, температурных факторов, увлажнения, освещения и т.д.), часто являющихся характерными для конкретного региона [32-34].

В конце 2022 – начале 2023 года Правительством Воронежской области, а также рядом предпринимателей отечественных и зарубежных аграрных компаний активно рассматриваются проекты по выращиванию, заготовке и пе-

переработке хмеля обыкновенного на территории Воронежской области. Одним из наиболее важных является российско-чешский сельскохозяйственный проект по культивации на территории области хмеля для нужд пищевой (в частности, пивоваренной) промышленности общей стоимостью более 17,2 миллиарда рублей. Под выращивание хмеля отводится более 1,2 тысяч гектаров, с которых планируется заготавливать порядка 2 тысяч тонн хмеля обыкновенного соплодий, что составит около 30% потребностей отечественного рынка. Производство планируется уже с 2024 года и будет осуществляться по мировым стандартам качества культивирования, что позволит впоследствии выйти на зарубежные рынки таких государств, как Индия, Китай, страны Юго-Восточной Азии [35].

Цель исследования – изучение компонентного состава эфирного масла хмеля обыкновенного соплодий, заготовленных от дикорастущих растений в естественном экотопе Воронежской области.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Хмель обыкновенного соплодия заготавливали в соответствии с действующей нормативной документацией [4] в начале их созревания в конце июля – начале августа 2022 года в Новоусманском районе Воронежской области в естественном экотопе в экологически чистом месте, вдали от промышленных предприятий, транспортных магистралей и иных объектов хозяйственного пользования. Сушили теневым способом при умеренной вентиляции. Получение эфирного масла и количественное определение его содержания проводили методом гидропародистилляции в соответствии с требованиями ОФС.1.5.3.0010 по методу 1, перед перегонкой измельчая хмель обыкновенного соплодия до величины частиц не более 2 мм [4]. Время перегонки составляло 3,5 часа. Взвешивание проводили на аналитических весах «A&D GH-202» (AND, Япония). Определение проводили трижды, полученные результаты статистически обрабатывали при доверительной вероятности 0,95.

Определение компонентного состава полученного эфирного масла проводили на хромато-масс-спектрометрическом комплексе Agilent Technologies 7890B GC System с масс-селективным детектором Agilent Technologies 5977A MSD. Температура узла ввода пробы – 310°C, аналитического интерфейса – 290°C. Разделение проводили на капиллярной колонке HP-5ms UI с неподвижной фазой (5% фенил)-метилполисилоксан (30м x 0.250мм x 0.25 μm).

Скорость потока газа носителя – 1 мл/мин., при постоянном потоке. Объем вводимой пробы – 1 мкл, деление потока 20:1; температурный режим: 40°C – изотерма 5 мин., нагрев 5°C/мин., до 65°C, изотерма 5 мин., затем нагрев со скоростью 5°C/мин. до 180°C, изотерма 1 мин., нагрев со скоростью 10°C/мин. до 270°C, изотерма 1 мин., нагрев со скоростью 10°C/мин. до 320°C, изотерма 3 минуты. Применялась ионизация «электронный удар» с энергией излучения 70 эВ. Регистрацию сигнала проводили по полному ионному току (ПТС) в диапазоне масс 20-550 m/z. Анализ и обработка данных осуществлялись на основании баз данных NIST11 (от 19.05.2011), использовалось программное обеспечение MassHunter v. B.06.00 и NIST MS Search 2.0 [33, 34].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Содержание эфирного масла в заготовленных на территории Воронежской области хмеля обыкновенного соплодиях составило $0,33 \pm 0,05\%$, что более чем в 1,5 раза превышает нормативный числовой показатель [4], что указывает на высокое накопление данной группы биологически активных веществ в изучаемом ЛРС в условиях произрастания в Центральном Черноземье.

Полученное эфирное масло имело зеленоватый-желтый оттенок, ароматный пряный запах. Результаты изучения качественного состава эфирного масла хмеля обыкновенного соплодий, заготовленного в Воронежской области, приведены в таблице 1 [36].

Хромато-масс-спектрометрически было идентифицировано 44 компонента изучаемого эфирного масла хмеля обыкновенного соплодий, заготовленных на территории Воронежской области [36]. При этом 40 соединений в составе полученного эфирного масла можно отнести к основным, так как их количество более 0,2%.

Качественный состав эфирного масла хмеля обыкновенного соплодий представлен монотерпеновыми (C10) и сесквитерпеновыми (C15) соединениями. Наиболее значимыми компонентами полученного эфирного масла хмеля обыкновенного явились β-селинен и селина-4,7-диен (концентрация компонентов более 11%), а общее содержание производных селинена составило 34,5%. Данная группа сесквитерпеновых соединений является характерной для эфирного масла каламондинового апельсина, листьев гуавы, семян сельдерея, растений рода Полынь. Для соединений данной группы описаны противовоспалительные свойства [37, 38].

Таблица 1

Table 1

Качественный состав эфирного масла хмеля обыкновенного соплодий

The qualitative composition of the essential oil of hops of common coplodium

RT	Наименование компонента Component name	Содержание, % Content, %	Достоверность, % Accuracy, %
11.716	эукалиптол eucalyptol	0.13	90.74
17.436	изоборнеол isoborneol	0.11	91.23
22.152	эстрагол estragole	0.49	88.41
23.858	копаен copaene	0.55	89.35
24.265	кубедол cubedol	0.21	95.44
24.876	α -акоренол alpha-acorenol	0.17	89.51
24.967	кариофиллен caryophyllene	3.43	98.14
25.201	γ -маалиен gamma-maaliene	0.36	87.53
25.367	селина-3,7-диен selene-3,7-diene	0.30	86.51
25.480	аромадендрен aromandendrene	6.39	93.41
25.601	1,1,4а-триметил-5,6-диметилендекалин 1,1,4a-trimethyl-5,6-dimethylene-decalin	0.98	81.15
25.699	циклогексан-1-метанол cyclohexane-1-methanol	0.11	80.07
25.842	гумулен humulene	6.34	93.91
26.046	γ -гурюнен gamma-gurjunene	1.98	88.33
26.28	4,5-диэпиаристолохен 4,5-di-epi-aristolochene	0.26	93.84
26.355	β -гуаиен beta-guaiene	0.53	85.12
26.461	γ -мууролен gamma-muurolene	4.91	91.39
26.672	β -селинен beta-selinene	11.05	91.27
26.914	селина-4,7-диен selina-4,7-diene	11.43	90.99
27.087	α -мууролен alpha-muurolene	0.45	86.21
27.517	кубенен cubenene	3.79	88.31
27.872	эреморфиллен eremophylene	6.05	83.98
28.031	селина-3,7-диен selene-3,7-diene	5.73	93.47
28.272	аллоаромадендрена оксид (1) alloaromadendrene oxide (1)	0.36	87.03

Таблица 1. Окончание

Table 1. The end

28.461	эпиглобулол epiglobulol	0.53	91,78
28.740	ледена оксид ledene oxide	1.09	85,14
28.974	аллоаромадендрена оксид (2) alloaromadendrene oxide (2)	1.38	89,97
29.019	β -гуаиен beta-guaiene	3.60	84,38
29.276	β -куркумен beta- kurkumen	0.60	90,63
29.351	β -санталол beta-santalol	0.60	89,54
29.577	кариофиллена оксид caryophyllene oxide	1.23	90,77
29.706	эудесм-11-ен-1-ол eudesm-11-en-1-ol	0.92	86,44
29.925	7-эпи- β -эудесмол 7-epi- β -eudesmol	1.40	90,81
30.053	эудесма-4,11-диен-2-ол eudesma-4,11-dien-2-ol	2.04	93,36
30.128	γ -химахален gamma-himachalene	3.17	93,98
30.377	β -гуаиен beta-guaiene	1.36	95,10
30.521	7-эпи- β -эудесмол 7-epi- β -eudesmol	2.70	90,77
30.604	селин-7-ен-4-ол selin-7-en-4-ol	5.90	91,22
31.034	эудесман eudesmane	0.57	87,40
31.207	танахин tanachin	1.70	89,21
32.430	колупулон colupulone	2.49	94,41
34.339	спатуленол spatulenol	1.66	94,98
34.739	тхеллунгианин г thellungianin g	0.53	98,74
43.273	лупулон lupulon	0.40	94,45
Итого Total		99.98	

Кариофиллен и его оксид, содержащиеся в изучаемом эфирном масле в количестве 4,66%, встречается также во многих сильно пахнущих растениях, таких как гвоздика и розмарин. Есть сведения, что данные соединения могут обладать противоопухолевым эффектом [39]. Гумулен (количественное содержание в изучаемом эфирном масле 6,34%) представляет собой изомер кариофиллена. Он придает эфирному маслу противовоспалительные свойства [37]. При этом

мирцен, выявленный в качестве важного компонента эфирного масла хмеля, заготовленного в Красноярском крае и Республике Башкортостан, в эфирном масле хмеля обыкновенного соплодий, заготовленных на территории Воронежской области, не обнаружен [40, 41].

К значимым компонентам эфирного масла хмеля обыкновенного соплодий, заготовленных на территории Воронежской области, относятся аромадендрен (6,39%), эреморфилен (6,05%), муу-

ролен (4,91%), кубенен (3,79%), β -гуаиен (3,60%), γ -химахален (3,17%), 7-эпи- β -эудесмол (1,40%), колупулон (2,49%), эудесма-4,11-диен-2-ол (2,04%). Мууролен – бициклический сесквитерпен кадинанового типа, является важным компонентом антисептического масла живицы кедрового стланика (*Pinus pumila* (Regel.)). Кубебен – сесквитерпеновый углеводород, редко встречающийся компонент эфирных масел, которым богато расслабляющее, успокаивающее эфирное масло черного перца (*Piper nigrum* L.) [2, 37]. Колупулон и лупулон, содержащиеся в эфирном масле хмеля, относятся к β -кислотам, лишенным горечи, однако в процессе окисления они способны превращаться в гумулоны, имеющие приятный горьковатый вкус [2, 37].

Заключение. Изучение эфирного масла хмеля обыкновенного соплодий, заготовленных в естественном экотопе Воронежской области, показало высокое содержание данной группы биологически активных веществ. Хромато-масс-спектрометрический анализ эфирного масла позволил идентифицировать более 40 различных компонентов. Показано высокое соединение β -селинена, селина-4,7-диена, кариофиллена, гумулена, а также их производных. Выявлены значительные различия в качественном составе эфирного масла соплодий хмеля в зависимости от региона произрастания. Анализ фармакологической активности основных компонентов полученного эфирного масла из соплодий хмеля обыкновенного, заготовленного в Воронежской области, позволил предположить его противовоспалительное, антисептическое, успокоительное действия. При этом значительные сырьевые запасы хмеля обыкновенного соплодий на территории Центрального Черноземья делают актуальным как заготовку дикорастущего сырья, так и развитие его культивирования на территории региона для пищевых и фармацевтических потребностей. Изученные особенности накопления основных компонентов эфирного масла соплодий хмеля обыкновенного могут быть учтены при культивировании и заготовке сырья в данном регионе.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Авторы заявляют об отсутствии финансирования.

ЛИЧНЫЙ ВКЛАД АВТОРОВ

Коренская И.М. – дизайн эксперимента, анализ полученных данных; Дьякова Н.А. – анализ полу-

ченных данных, написание и редактирование текста статьи.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Путьрский И.Н., Прохоров В.Н. *Хмель обыкновенный. Лекарственные растения*. Минск: Книжный дом; 2005. 704 с. [Putyrskij I.N., Prohorov V.N. *Hmel' obyknovennyy. Lekarstvennyye*. Minsk: Knizhnyj dom; 2005. 704 s. (in Russ.)].
2. Куркин В.А. *Фармакогнозия*. Самара: Офорт; 2004. 1179 с. [Kurkin V.A. *Pharmacognosy*. Samara: Ofort; 2004. 1179 p. (in Russ.)].
3. Chadwick L.R., Pauli G.F., Farnsworth N.R. The pharmacognosy of *Humulus lupulus* L. (hops) with an emphasis on estrogenic properties. *Phytomedicine*. 2006;13(1-2):119–131.
4. *Государственная фармакопея Российской Федерации*. Издание XIV. Том 4. Москва: ФЭМБ; 2018:1883 [State Pharmacopoeia of the Russian Federation. Edition XIV. Volume 4. Moscow: FEMB; 2018:1883 (in Russ.)].
5. Akazawa H., Kohno H., Tokuda H., Suzuki N., Yasukawa K., Kimura Y., Manosroi A., Manosroi J., Akihisa T. Anti-inflammatory and anti-tumor-promoting effects of 5-deprenyllupulone C and other compounds from Hop (*Humulus lupulus* L.). *Chemistry and Biodiversity*. 2012;9(6):1045–1054.
6. Albin A., Dell'Eva R., Vené R., Ferrari N., Buhler D.R., Noonan D.M., Fassina G. Mechanisms of the antiangiogenic activity by the hop flavonoid xanthohumol: NF-kappaB and Akt as targets. *FASEB Journal*. 2006;20(3):527–529.
7. Wang X., Yang L., Yang X., Tian Y. In vitro and in vivo antioxidant and antimutagenic activities of polyphenols extracted from hops (*Humulus lupulus* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2014;94(8):1693–1700. DOI: 10.1002/jsfa.6534.
8. Chadwick L.R., Nikolic D., Burdette J.E., Overk C.R., Bolton J.L., van Breemen R.B., Frohlich R., Fong H.H., Farnsworth N.R., Pauli G.F. Estrogens and congeners from spent hops (*Humulus lupulus*). *Journal of Natural Products*. 2004;67(12):2024–2032.
9. Pinto C., Cestero J.J., Rodríguez-Galdón B., Macías P. Xanthohumol, a prenylated flavonoid from hops (*Humulus lupulus* L.), protects rat tissues against oxidative damage after acute ethanol administration. *Toxicology Reports*. 2014;1:726–733. DOI: 10.1016/j.toxrep.2014.09.004.
10. Monteiro R., Becker H., Azevedo I., Calhau C. Effect of hop (*Humulus lupulus* L.) flavonoids on aromatase (estrogen synthase) activity - *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2006;54(8):2938–2943.
11. Kyrou I., Christou A., Panagiotakos D., Stefanaki C., Skenderi K., Katsana K., Tsigos C. Effects of a hops (*Humulus lupulus* L.) dry extract supplement on self-reported depression, anxiety and stress levels in apparently healthy young adults: a randomized, placebo-controlled, double-blind, crossover pilot study. *Hormones (Athens)*. 2017;16(2):171–180. DOI: 10.14310/horm.2002.1738.
12. Franco L., Sánchez C., Bravo R., Rodriguez A., Barriaga C., Juárez J.C. The sedative effects of hops (*Hu-*

- mulus lupulus), a component of beer, on the activity/rest rhythm. *Acta Physiologica Hungarica*. 2012;99(2):133–139.
DOI: 10.1556/APhysiol.99.2012.2.6.
13. Miyashita M., Sadzuka Y. Effect of linalool as a component of Humulus lupulus on doxorubicin-induced antitumor activity. *Food and Chemical Toxicology*. 2013;53:174–179. DOI: 10.1016/j.fct.2012.11.035.
14. Li Z.J., Li Z., Dong X.Y., Lu L.F., Wang C.L. Hypouricemic and nephroprotective effects of total flavonoids from the residue of supercritical CO₂ extraction of Humulus lupulus in potassium oxonate-induced mice. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2017;30(2):493–497.
15. Langezaal C.R., Chandra A., Scheffer J.J. Antimicrobial screening of essential oils and extracts of some Humulus lupulus L. cultivars. *Pharmaceutisch Weekblad Scientific Edition*. 1992;14(6):353–356.
16. Dietz B.M., Hagos G.K., Eskra J.N., Wijewickrama G.T., Anderson J.R., Nikolic D., Guo J., Wright B., et al. Differential regulation of detoxification enzymes in hepatic and mammary tissue by hops (Humulus lupulus) in vitro and in vivo. *Molecular Nutrition & Food Research*. 2013;57(6):1055–1066. DOI: 10.1002/mnfr.201200534.
17. Figard H., Girard C., Mougin F., Demougeot C., Berthelot A. Effects of aqueous hop (Humulus lupulus L.) extract on vascular reactivity in rats: mechanisms and influence of gender and hormonal status. *Phytomedicine*. 2008;15(3):185–193.
18. Frolich S., Schubert C., Bienzle U., Jenett-Siems K. In vitro antiplasmodial activity of prenylated chalcone derivatives of hops (Humulus lupulus) and their interaction with haemin. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*. 2005;55(6):883–887.
19. Кароматов И.Д., Атамурадова Ш.Т. Пищевое и лечебное значение растения хмель обыкновенный. *Биология и интегративная медицина*. 2018;18(1):187–212 [Karomatov I.D., Atamuradova SH.T. Pishchevoe i lechebnoe znachenie rasteniya hmel' obyknovennyj. *Biologiya i integrativnaya medicina*. 2018;18(1):187–212 (in Russ.)]. EDN: XTSQYX.
20. Регистр лекарственных средств России. URL: <https://www.rlsnet.ru/> (Дата обращения: 17.01.2024). [Registr lekarstvennyh sredstv Rossii. URL: <https://www.rlsnet.ru/> (in Russ.)].
21. Hunsel F.P., Koppel S., Puijenbroek E. Post-Menopausal Vaginal Hemorrhage Related to the Use of a Hop-Containing Phytotherapeutic Product. *Drug Safety - Case Reports*. 2015;2(1):14.
22. Hunsel F.P., Kampschöer P. Postmenopausal bleeding and dietary supplements: a possible causal relationship with hop- and soy-containing preparations. *Nederlands Tijdschrift voor Geneeskunde*. 2012;156(41):A5095.
23. Латыпова Г.М. Экспериментально-теоретическое обоснование рационального использования растений рода *Primula L.* и рода *Humulus L.*: автореферат дисс. ... д-ра фарм. наук: 14.04.02. Самара, 2015:46. [Latypova G.M. *Eksperimental'no-teoreticheskoe obosnovanie racional'nogo ispol'zovaniya rastenij roda Primula L. i roda Humulus L.*: avtoreferat diss. ... d-ra farm. nauk: 14.04.02. Samara, 2015:46. (in Russ.)].
24. Zhang W.K., Wang S.B., Fu C.Y., Li P., Xu J.K. Flavonoids from Humulus lupulus. *Zhongguo Zhong Yao Za Zhi*. 2013;38(10):1539–1542.
25. Wang W.S., Ye Y.H., Zhou Y.W. New prenylchalcones from the hops of Humulus lupulus. *Journal of Asian Natural Products Research*. 2008;10(5-6):485–490.
26. Zhang N., Tian B., Zhao S., Zhang X., Pan D., Shen X., Zhang Y. A new formylated chalcone from Humulus lupulus with protective effect on HUVECs injury by angiotensin II. *Journal of Asian Natural Products Research*. 2017;24:1–5.
DOI: 10.1080/14786419.2017.1402318.
27. Lin L.Y., Jiang Y.P., Zhang Q.Y., Qin L.P., Xin H.L. Research progress of chemical constituents and pharmacological activities in Humulus lupulus. *Zhongguo Zhong Yao Za Zhi*. 2017;42(10):1825–1829. DOI: 10.19540/j.cnki.cjcmm.20170224.016.
28. Bohr G., Gerhauser C., Knauff J., Zapp J., Becker H. Anti-inflammatory acylphloroglucinol derivatives from Hops (Humulus lupulus). *Journal of Asian Natural Products Research*. 2005;68(10):1545–1548.
29. Forino M., Pace S., Chianese G., Santagostini L., Werner M., Weinigel C., Rummler S., Fico G., Werz O., Taglialatela-Scafati O. Humudifucol and Bioactive Prenylated Polyphenols from Hops (Humulus lupulus cv. "Cascade"). *Journal of Asian Natural Products Research*. 2016;79(3):590–597.
DOI: 10.1021/acs.jnatprod.5b01052.
30. Gedrajtite G. The content of bitter substances and essential oil in hop cones from different ecotopes of Lithuania and their biometric indicators. *Biologija*. 1996;1:69–73.
31. Соколова Л.С., Павлова Е.В., Шушеначева А.М., Ефремов А.А. Особенности компонентного состава эфирного масла надземной части *Phlomis tuberosa L.* и *Humulus lupulus L.* *Химия растительного сырья*. 2012;(2):101–104. [Sokolova L.S., Pavlova E.V., Shushenacheva A.M., Efremov A.A. Osobennosti komponentnogo sostava efirnogo masla nadzemnoj chasti *Phlomis tuberosa L.* i *Humulus lupulus L.* *Himiya rastitel'nogo syr'ya*. 2012;(2):101–104 (in Russ.)]. EDN: PJTOIJ.
32. Дьякова Н.А., Коренская И.М., Костылева А.А., Сливкин А.И., Гапонов С.П. Изучение особенностей накопления эфирного масла в лекарственных растениях различных экологических условий произрастания. *Вестник Смоленской медицинской академии*. 2023;22(2):207–214 [D'yakova N.A., Korenskaya I.M., Kostyleva A.A., Slivkin A.I., Gaponov S.P. Izuchenie osobennostej nakopleniya efirnogo masla v lekarstvennyh rasteniyah razlichnyh ekologicheskikh uslovij proizrastaniya. *Vestnik Smolenskoj medicinskoj akademii*. 2023;22(2):207–214 (in Russ.)]. DOI: 10.37903/vsgma.2023.2.28. EDN: PLYRPZ.
33. Дьякова Н.А., Коренская И.М., Сливкин А.И. Сравнительный анализ качественного состава эфирного масла травы полыни горькой синантропной флоры Воронежской области. *Разработка и регистрация лекарственных средств*. 2023;12(2): 104–112 [D'yakova N.A., Korenskaya I.M.,

- Slivkin A.I. Sravnitel'nyj analiz kachestvennogo sostava efirnogo masla travy polyni gor'koj sinantropnoj flory Voronezhskoj oblasti. *Razrabotka i registraciya lekarstvennyh sredstv*. 2023;12(2):104–112 (in Russ.)). DOI: 10.33380/2305-2066-2023-12-2-104-112. EDN: IPFKJK.
34. Дьякова Н.А., Коренская И.М., Сливкин А.И., Гапонов С.П. Изучение особенностей количественного и качественного состава эфирного масла травы тысячелистника обыкновенного флоры Воронежской области. *Химико-фармацевтический журнал*. 2022;56(9):37–44 [D'yakova N.A., Korenskaya I.M., Slivkin A.I., Gaponov S.P. Izuchenie osobennostej kolichestvennogo i kachestvennogo sostava efirnogo masla travy tysyachelistnika obyknovennogo flory Voronezhskoj oblasti. *Himiko-farmaceuticheskij zhurnal*. 2022;56(9):37–44 (in Russ.)]. DOI: 10.30906/0023-1134-2022-56-9-37-44. EDN: UQKLUN.
35. В проект по выращиванию и переработке хмеля под Воронежем могут направить более 17 млрд рублей. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/5797493> (Дата обращения: 17.01.2024). [V proekt po vyrashchivaniyu i pererabotke hmelya pod Voronezhem mogut napravit' bolee 17 mlrd rublej. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/5797493> (in Russ.)].
36. Adams R.P. *Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry*. 4th ed. Carol Stream: Allured Publ. Corp.; 2007:804.
37. Хейфиц Л.А., Дашунин В.М. *Душистые вещества и другие продукты для парфюмерии*. Москва: Химия; 1994. 256 с. [Hejfic L.A., Dashunin V.M. *Dushistye veshchestva i drugie produkty dlya parfyumerii*. Moskva: Himiya; 1994. 256 p. (in Russ.)].
38. Bouzabata A., Cassanova J., Bighelli A., Cavaleiro C., Salgueiro L., Tomi F. The Genus *Myrtus* L. in Algeria: Composition and Biological Aspects of Essential Oils from *M. communis* and *M. nivellei*: A Review. *Chemistry and Biodiversity*. 2016;13(6):672–680.
39. Rufino S.M., Alves R.E., de Brito E.S., Pérez-Jiménez J., Saura-Calixto F., Mancini-Filho J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. *Food Chemistry*. 2010;121(4):996–1002.
40. Hetka N., Subach V., Rogovoy P. Comparative studies in leaf volatile compounds of three *Cinnamomum* species cultivated in greenhouses of Belarus. *Book of abstracts of 11 th Symp. on the Flora of Southeastern Serbia and Neighboring Regions*. Vlasina. 2013: 103–104.
41. Surendran S., Qassadi F., Surendran G., Lilley D., Heinrich M. Myrcene — What Are the Potential Health Benefits of This Flavouring and Aroma Agent? *Frontiers in Nutrition*. 2022;8:666–669. DOI: 10.3389/fnut.2021.699666.

Поступила в редакцию 18.02.2024

Подписана в печать 25.09.2024

Для цитирования: Коренская И.М., Дьякова Н.А. Изучение особенностей качественного состава эфирного масла хмеля обыкновенного соплодий естественного фитоценоза Воронежской области. *Человек и его здоровье*. 2024;27(2):54–62. DOI: 10.21626/vestnik/2024-2/07. EDN: VFNIQI.

STUDYING THE CHARACTERISTICS OF THE QUALITATIVE COMPOSITION OF ESSENTIAL OIL OF HOPS OF ORDINARY CO-FRUIITS OF NATURAL PHYTOCENOSIS OF VORONEZH REGION

© Korenskaya I.M., Dyakova N.A.

Voronezh State University (VSU)

1, Universitetskaya Sq., Voronezh, Voronezh region, 394006, Russian Federation

Currently, in the Voronezh region, it is planned to develop large-scale cultivation and harvesting of hops of ordinary coproducts, one of the main groups of biologically active substances of which is essential oils. The formation and accumulation of biologically active substances in plants is a complex process associated with a number of climatic, soil, environmental and other factors.

Objective – study of the component composition of the essential oil of hops of ordinary coproducts harvested from wild plants in the natural ecotope of the Voronezh region.

Materials and methods. In the Voronezh region, hops of ordinary co-fruit were harvested in a natural ecotope in an ecologically clean place in accordance with the requirements of regulatory documentation. The preparation of the hop essential oil of common coproducts and the quantification of its content were carried out by hydroperodistillation. Component composition of the obtained essential oils was determined using Agilent Technologies 7890B GC System (Agilent Technologies, USA) with Agilent Technologies 5977A MSD mass selective detector (Agilent Technologies, USA). Data analysis and processing was carried out on the basis of NIST11 databases (from 19.05.2011), MassHunter v. B.06.00 and NIST MS Search 2.0 software were used.

Results. Significant raw materials reserves of hops of common coproducts in the territory of the Central Black Earth Region make relevant both the procurement of wild raw materials and the development of its cultivation in the region for food and pharmaceutical needs. The studied features of the accumulation of the main components of essential oil of common hop co-fruits can be taken into account in the cultivation and procurement of raw materials.

Conclusion. Significant raw materials reserves of hops of common coproducts in the territory of the Central Black Earth Region make relevant both the procurement of wild raw materials and the development of its cultivation in the region for food and pharmaceutical needs. The studied features of the accumulation of the main components of essential oil of common hop co-fruits can be taken into account in the cultivation and procurement of raw materials.

Keywords: Voronezh region; common hops; co-fruits; essential oils; component composition.

Korenskaya Irina M. – Cand. Sci (Pharm.), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Pharmaceutical Chemistry and Pharmaceutical Technology, VSU, Voronezh, Russian Federation. ORCID iD: 0000-0001-5444-8108. E-mail: irmich65@yandex.ru

Dyakova Nina A. – Dr. Sci. (Parm.), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Pharmaceutical Chemistry and Pharmaceutical Technology, VSU, Voronezh, Russian Federation. ORCID iD: 0000-0002-0766-3881. E-mail: Ninotchka_V89@mail.ru (corresponding author)

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

SOURCE OF FINANCING

The authors state that there is no funding for the study.

AUTHORS CONTRIBUTION

Korenskaya I.M. – experiment design, analysis of the obtained data; Dyakova N.A. – analysis of the obtained data, writing and editing the text of the article

Received 18.02.2024

Accepted 25.09.2024

For citation: Korenskaya I.M., Dyakova N.A. Studying the characteristics of the qualitative composition of essential oil of hops of ordinary co-fruits of natural phytocenosis of Voronezh region. *Humans and their health*. 2024;27(2):54–62. DOI: 10.21626/vestnik/2024-2/07. EDN: VFNIQI.