

УДК 663.423:663.44: 631.523

## СОДЕРЖАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФИРНОГО МАСЛА В УКРАИНСКИХ СОРТАХ ХМЕЛЯ

Л. В. Проценко<sup>1</sup>, Н. И. Ляшенко<sup>1</sup>, О. В. Свирчевская<sup>1</sup>,  
А. С. Власенко<sup>1</sup>, Т. П. Гринюк<sup>1</sup>, Г. М. Милоста<sup>2</sup>, А. А. Регилевич<sup>2</sup>

<sup>1</sup> – Институт сельского хозяйства Полесья НААН Украины  
г. Житомир, Украина

(Украина, г. Житомир, 10007, шоссе Киевское, 131; e-mail:  
isgpo\_zt@ukr.net);

<sup>2</sup> – УО «Гродненский государственный аграрный университет»  
г. Гродно, Республика Беларусь

(Республика Беларусь, 230008, г. Гродно, ул. Терешковой, 28; e-mail:  
ggau@ggau.by)

**Ключевые слова:** эфирное масло хмеля, мирцен, кариофиллен, фарнезен, гумулен, сорта хмеля.

**Аннотация.** В статье освещено современное состояние знаний о компонентах эфирного масла хмеля. Отмечено, что, хотя доля этих веществ в составе шишек незначительная, они являются решающими в ароматике хмеля и пива, создавая в нем неповторимый аромат и пряность. Исследовано количественное и качественное содержание эфирного масла в сортах хмеля украинской селекции. Установлено, что максимальное количество этого вещества содержится в шишках хмеля ароматического сорта Заграва – 2,76 мл/100 г сухого хмеля. В группе горьких сортов – в шишках сорта Руслан, что составляет 3,20 мл/100 г сухого хмеля, и является максимальным показателем за годы исследований. Среди тонкоароматичных сортов хмеля минимальное количество масла за годы исследований было определено в шишках сортов Злато Полесья и Клон 18 – 0,43 и 0,44 мл/100 г соответственно. Установлено, что содержание и качественный состав эфирного масла в шишках хмеля зависит от селекционного сорта и является сортовым признаком, генетически закрепленным в каждом сорте.

## CONTENT AND RESEARCH OF ESSENTIAL OIL IN UKRAINIAN HOPPED VARIETIES

L. V. Protsenko<sup>1</sup>, N. I. Lyashenko<sup>1</sup>, J. V. Svirchevska<sup>1</sup>, A. S. Vlasenko<sup>1</sup>,  
T. P. Grinyuk<sup>1</sup>, H. M. Milosta<sup>2</sup>, A. A. Rehilevich<sup>2</sup>

<sup>1</sup> – Polissia Institute of Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences

Zhitomir, Ukraine

(Ukraine, 10007, Zhitomir, 131 Kievskoye Highway; e-mail:

isgpo\_zt@ukr.net);

<sup>2</sup> – EI «Grodno state agrarian university»

Grodno, Republic of Belarus

(Republic of Belarus, 230008, Grodno, 28 Tereshkova st.; e-mail:

ggau@ggau.by)

**Key words:** *essential oil of hops, myrcene, caryophyllene, farnesene, humulen, varieties of hops.*

**Summary.:** *The article highlights the current state of knowledge about the components of the essential oil of hops. It is noted that although the share of these substances in the cones is insignificant, they are decisive in the aroma of hops and beer, creating in it a unique aroma and spice. The quantitative and qualitative content of the essential oil in the hop varieties of the Ukrainian selection has been investigated. It has been established that the maximum amount of this substance is contained in the hop cones of the Zagrava aromatic variety – 2,76 ml / 100 g dry hops. In the group of bitter varieties – in cones of Ruslan variety, which is 3.20 ml / 100 g of dry hops, and is the maximum indicator over the years of research. Among finely aromatic hop varieties, the minimum amount of oil over the years of research was determined in cones of varieties Zlato Polesye and Clone 18 – 0,43 and 0,44 ml / 100 g, respectively. The content and qualitative composition of the essential oil in hop cones depends on the breeding variety and is a varietal trait genetically fixed in each variety.*

*(Поступила в редакцию 03.06.2019 г.)*

**Введение.** На протяжении многих столетий хмель является основным компонентом при варке пива. Хмелевая горечь очень важна для пива, она уравнивает сладкий вкус ячменного солода. Однако хмель придает пиву не только пикантную горечь и особые вкусовые нотки, но и неповторимый аромат и пряность [1-4]. Происходит это благодаря многообразию эфирных масел и ароматических веществ, содержащихся в шишках хмеля, которые и придают пиву своеобразный хмелевой аромат [5-7]. Хотя доля этих веществ в составе шишек незначительная, они являются решающими в ароматике хмеля и пива. По данным исследований, проводимых в Научно-исследовательском институте по пивоварению в Берлине Илоной Шнайдер [1], в готовом

пиве четко чувствуются масла хмеля при концентрации 10 ppm = 0,001%. Современные сорта хмеля способны обогатить пиво всем спектром вкусов и ароматов от свежескошенного разнотравья до тропических фруктов.

Кроме того, эфирное масло хмеля используется при производстве лекарственных препаратов и в парфюмерии [2, 4, 6].

Содержание эфирного масла в шишках хмеля в зависимости от сорта колеблется от 0,05 до 4,2 мл на 100 г сухого хмеля [2, 8]. Основное количество эфирного масла накапливается в конце синтеза горьких веществ и локализуется в лупулин шишек хмеля. Современные исследования химического состава эфирного масла хмеля показали, что в его состав входит более 300 компонентов (углеводороды, эфиры, кетоны, спирты, альдегиды, органические кислоты и другие соединения). Большинство компонентов масла, что составляет почти 70% общего количества, относятся к углеводородной фракции. Большую часть этой фракции составляют монотерпеноиды и сесквитерпеноиды [2, 3], основными из которых являются четыре соединения: мирцен, карофиллен, гумулен, а также в некоторых сортах дополнительно фарнезен или  $\alpha$ - и  $\beta$ -селинены [2, 3]. Характеристики компонентов хмеля постоянно меняются: от начала формирования шишек хмеля, наступления технической и физиологической спелости, переработки хмеля в соответствующие хмелепродукты и использования его в пивоварении.

**Цель исследования** заключалась в анализе современного уровня знаний об основных компонентах эфирного масла хмеля, исследовании его количественного и качественного состава в сортах хмеля украинской селекции.

**Материал и методика исследований.** Исследования проводились в 2016-2018 гг. в аттестованной лаборатории отдела биохимии хмеля и пива Института сельского хозяйства Полесья Национальной академии аграрных наук Украины (далее Институт). Исследовали образцы шишек хмеля ароматических и горьких сортов, выращенных в хмелеводческих хозяйствах Украины. Образцы хмеля каждого сорта отбирали в фазе полной технической спелости не менее чем из 10 кустов из среднего яруса растений, согласно действующему в Украине стандарту [9]. Масса средней пробы для идентификации и биохимических исследований составляла не менее 1 кг сухого хмеля. Образцы хмеля высушивали до стандартной влажности 9-12%.

Количество эфирного масла определяли по методу Гинзберга. Метод основан на определении содержания эфирного масла в см<sup>3</sup> на 100 г воздушно сухого вещества путем получения эфирного масла гид-

родистилляцией с последующей декантацией и сбором его в специальном ловушки.

Качественный состав эфирного масла определяли методом газожидкостной капиллярной хроматографии на 50-60 м капиллярных кварцевых колонках Stabilwax на хроматографе «Кристалл 2000 М» с ПИД. Метод заключается в фракционировании эфирного масла. Температура термостата программируется от 70 до 220 °С со скоростью 4°С в минуту с последующим выдерживанием в изотермическом режиме 40 мин. После выхода хроматографа на оптимальный режим, вводится проба эфирного масла хмеля в количестве от 0,1 до 0,4 мкл. Расход хроматографического инертного газа (аргона, азота, гелия) составляет от 20 до 30 см<sup>3</sup>, водорода – 30 см<sup>3</sup> в минуту. Температура камеры для ввода пробы эфирного масла составляет 220°С, а детектора – 250°С.

Условия хроматографирования подбирают таким образом, чтобы обеспечить распределение основных компонентов эфирного масла: мирцена, кариофиллена, фарнезена и гумулена.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Ароматические вещества так же, как и горькие, сосредоточены, в основном, в лупулине. До сегодняшнего дня еще не изучены и не проанализированы все вещества хмеля, в т. ч. и эфирные масла. Состав эфирных масел очень сложный и представлен различными классами органических соединений. Ученые впервые выделили некоторые из этих компонентов почти 200 лет назад, а имена им были даны Альфредом Чепменом в конце XIX в. Но в 1950-х гг. была изобретена газовая хроматография, которая помогла исследователям идентифицировать почти 1000 компонентов [1, 3].

Нами был исследован современный уровень знаний о компонентах эфирного масла хмеля. Благодаря определенному его составу каждый сорт хмеля придает пиву индивидуальные вкусовые качества и ароматические свойства. Это могут быть травяные, цитрусовые, фруктовые и даже ягодные нотки, что в значительной степени зависит от содержания соединений углеводородной фракции эфирного масла, а именно мирцена, кариофиллена, гумулена и фарнезена [1, 3]. Основным компонентом среди монотерпеноидов является мирцен, содержание которого, в зависимости от сорта, колеблется от 10 до 72%. Количественно важнейший компонент масла хмеля, который присутствует практически во всех сортах. Во многих американских разновидностях хмеля, включая Cascade, Amarillo, Citra и Simcoe, содержится 50-70% мирцена, а в благородных хмелях его содержание значительно ниже, в частности в европейских сортах – 16-30% [3]. Из-за низкой температу-

ры дистилляции мирцен достаточно летучий и при кипячении суслу с хмелем малоэффективен, поскольку испаряется в очень короткое время. Характеристики аромата чрезвычайно широкие, которые можно описать как зеленый, хмелевой, имеет незначительный сосновый и цитрусовый привкусы. При современных способах пивоварения, в частности, при использовании техники «сухого охмеления», обычно образуется аромат «зеленого» или свежего хмеля [3].

Гумулен является традиционным маслом благородных сортов хмеля, имеет пряный, травянистый аромат, который ассоциируется с европейскими благородными хмелями, придает вкус вьетнамского кориандра. Гумулен при непродолжительном кипячении создает легкий пряный привкус, характерный для жатецкого хмеля [3]. Обычно данное соединение проявляет свои лучшие характеристики при добавлении в конце кипячения суслу или после него.

Кариофиллен – противоположность гумулена. Хотя это соединение не является существенным компонентом благородного хмеля, кариофиллен есть основным ароматическим компонентом многих традиционных английских сортов, таких как Golding и Northdown, а также американских, например Mount Hood [3]. В украинских сортах хмеля этого масла находится в пределах 5-14% [8]. Кариофиллен придает пиву крепкий аромат сухой древесины, перца, пряный и землистый тон. При определенных условиях может создавать цитрусовый привкус. Сорта хмеля оцениваются по соотношению количества гумулена и кариофиллена, которое для благородных сортов хмеля должно быть 3:1 и более. Кариофиллен быстро окисляется, поэтому для сохранения его вкуса необходимо применять свежий хмель, часто при этом используется позднее охмеление [3].

Фарнезен является «визитной карточкой» для благородных сортов хмеля. Он придает вкус зеленого яблока, а также цветочный, цитрусовый, древесный аромат, в крайнем проявлении, заплесневелый запах [3]. В большинстве зарубежных сортов фарнезен по количеству занимает последнее место среди компонентов хмелевого масла, обычно его менее 1%. Но в благородных сортах хмеля (Жатецкий, Люблинский, Тетнангер, Шпальт Селект) и во всех ароматических украинских сортах (Клон 18 Славянка, Национальный, Заграва, Гайдамацкий, Злато Полесья), а также горьких сортах (Проминь) и американском сорте Каскад его содержание значительно выше и составляет 4-24% [3, 8]. Итак, эфирное масло является одним из основных показателей пивоваренного качества хмелепродукции. Для получения характерного профиля хмелевого аромата пива используется хмель с определенным со-

держанием и составом эфирного масла, которое имеет востребованный хмелевой аромат.

Результаты исследований количества накопления эфирного масла в шишках ароматических и горьких сортов хмеля в 2018 г. и средние значения показателей за последние три года приведены в таблице 1.

Следует отметить, что количество эфирного масла в сортах хмеля урожая 2018 г. (за исключением сорта Руслан) было ниже по сравнению с 2017 г. и почти на одном уровне с 2016 г. Максимальное количество этого вещества за годы исследований было зафиксировано в 2017 г. Среди тонкоароматичных сортов хмеля минимальное количество масла в 2018 г. было определено в шишках сорта Злато Полесья, что составляет 0,43 мл/100 г сухого хмеля, среднее значение за 2016-2018 гг. составляет 0,51 мл/100 г. Почти такое же его количество было и в хмеле сорта Клон 18. Максимальное количество хмелевого масла в ароматических сортах (2,76 мл/100 г сухого хмеля) содержится в шишках сорта Заграва, среднее значение за исследуемые годы – 2,43 мл/100 г. В группе горьких сортов стабильно высокое количество масла было определено в шишках сорта Руслан – 3,20 мл/100 г сухого хмеля, что является максимальным показателем за годы исследований.

Таблица 1 – Количество эфирного масла в шишках хмеля сортов украинской селекции (2016-2018 гг.), мл/100 г сухого хмеля

Сорта хмеля	Годы исследований			
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	Среднее
Тонкоароматический тип хмеля				
Клон 18	0,44	0,70	0,51	0,55
Славянка	1,50	1,80	1,80	1,70
Национальный	0,85	1,54	1,10	1,16
Злато Полесья	0,45	0,65	0,43	0,51
Ароматический тип хмеля				
Заграва	2,30	2,76	2,24	2,43
Старовольнский	0,88	1,76	1,25	1,30
Триумф	0,99	1,76	1,12	1,29
Горький тип хмеля				
Альта	1,32	2,09	1,53	1,65
Руслан	2,87	2,59	3,20	2,89
Проминь	1,24	1,84	1,19	1,42
Ксайта	1,87	1,09	1,01	1,32
НІР <sub>0,5</sub>	0,05	0,04	0,04	0,05

Итак, в результате проведенных исследований установлено, что в украинских сортах хмеля содержание эфирного масла соответствует паспортным данным исследуемых сортов.

Состав эфирного масла исследуемых сортов хмеля украинской селекции представлен в таблице 2. Украинские сорта хмеля в составе эфирного масла содержат от 21,0% мирцена в шишках сорта Злато По-

леся до 55,4% в хмеле сорта Руслан. Кариофиллен в ароматических сортах находится в пределах 5,0-13,0%, что характерно для европейских сортов. Все тонкоароматические и ароматические сорта имеют в составе эфирного масла достаточно высокое содержание фарнезена от 12,1 до 17,8%. Также данное соединение в значительном количестве (14,8%) имеют шишки сорта Проминь, который является единственным представителем среди горьких сортов с фарнезеновым типом эфирного масла. Однако наибольшее количество фарнезена в составе эфирного масла имеет сорт Национальный, содержание которого составляет 17,8%.

Таблица 2 – Качественный состав эфирного масла в шишках хмеля сортов украинской селекции (2016-2018 гг.), мл/100 г сухого хмеля

Сорта хмеля	% к общему содержанию			
	Мирцен	Кариофиллен	Фарнезен	Гумулен
Тонкоароматический тип хмеля				
Клон 18	26,8	9,4	16,0	27,4
Злато Полесья	21,0	7,2	13,9	26,3
Славянка	45,6	5,5	12,9	10,6
Национальный	35,0	9,2	17,8	18,4
Ароматический тип хмеля				
Заграва	40,0	7,7	12,1	18,4
Старовольнский	44,1	7,0	16,4	17,0
Горький тип хмеля				
Альта	32,4	8,5	<1,0	18,9
Проминь	46,2	5,0	14,8	17,3
Полесский	29,8	13,0	<1,0	28,1
Руслан	55,4	6,5	<1,0	18,6
Ксанта	36,2	9,4	<1,0	18,9
НІР <sub>0,5</sub>	1,33	0,24	0,53	0,63

Также наличие в ароматических сортах достаточно высокого содержания гумулена в составе эфирного масла относит их к благородным сортам. Благодаря низкому содержанию кариофиллена и высокому содержанию фарнезена в составе эфирного масла, в сочетании с уникальным составом горьких веществ, сорта украинской селекции имеют высокую технологическую оценку.

**Вывод.** Таким образом, содержание, качественный состав компонентов эфирного масла и их соотношение в шишках хмеля не зависит от групповой принадлежности сорта, агротехники выращивания, а есть сортовым признаком, генетически закрепленным в каждом сорте, т. е. контролируется на уровне генома, и является одним из биохимических критериев идентификации селекционных сортов хмеля.

Установлено, что максимальное количество этого вещества среди ароматической группы сортов содержится в шишках хмеля сорта Заграва – 2,76 мл/100 г сухого хмеля. В группе горьких сортов стабильно высокое количество масла синтезировалось в шишках сорта Руслан, что составляет 3,20 мл/100 г сухого хмеля и является максимальным показателем за годы исследований. Среди тонкоароматичних сортов хмеля минимальное количество масла за годы исследований было определено в шишках сортов Злато Полесья и Клон 18 – 0,43 и 0,44 мл/100 г соответственно. Все тонкоароматические, ароматические и горький сорт Проминь имеют в составе эфирного масла достаточно высокое содержание фарнезена от 12,1 до 17,8%.

Итак, в украинских сортах хмеля содержание и состав эфирного масла соответствует паспортным данным исследуемых сортов. Установление количества и состава горьких веществ и эфирного масла в сортах хмеля при современном их разнообразии, даст возможность создавать необходимые условия для получения высококачественного сырья для пивоваренной отрасли и фармакологии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шнайдер, И. О хмеле, фильтрах и ценных маслах / И. Шнайдер // Пиво: технологии и инновации. – 2017. – № 3 [4]. – С. 39-41.
2. Ляшенко, Н. И. Биохимия хмеля и хмелепродуктов / Н. И. Ляшенко. – Житомир: Полісся, 2002. – 388 с.
3. Гринюк, Т. П. Сучасні методи аналізу при визначенні оцінки якості ефірної олії хмелю / Т. П. Гринюк, Л. В. Проценко, М. І. Ляшенко, Р. І. Рудик, А. С. Власенко, В. Черненко // Агропромислове виробництво Полісся. – Житомир: ІСГП. – 2018. – № 11. – С. 69-74.
4. Ляшенко, М. І. Пренілфлавоноїди хмелю та пива / М. І. Ляшенко, Л. В. Проценко // Агропромислове виробництво Полісся. – Житомир: ІСГП. – 2009. – № 2. – С. 81-85.
5. Регилевич, А. А. Объективная оценка качества шишек хмеля – это высокоэффективная жидкостная хроматография // Современные технологии сельскохозяйственного производства: сборник научных статей по материалам XIX Международной научно-практической конференции. – Гродно: ГГАУ, 2016. – 390 с.
6. Рудик, Р. І. Дослідження ефірної олії хмелю // Агропромислове виробництво Полісся. – 2015. – № 8. – С. 74-78.
7. Латыпова, Г. М. Исследование эфирного масла сырья хмеля обыкновенного / Г. М. Латыпова, С. Ф. Шафикова, Р. Я. Давлетшина, В. А. Катаев // Башкирский химический журнал. – Уфа, 2013. – Том 20. – № 2. – С. 87-92.
8. Проценко, Л. В. Атлас українських сортів хмелю / Л. В. Проценко, Р. І. Рудик, М. І. Ляшенко, І. П. Штанько, В. О. Цибульський, О. В. Черненко, А. С. Власенко, Т. П. Гринюк // Житомир: ФОП О.О. Євенок, 2017. – 74 с.
9. Хмель. Правила відбирання проб та методи випробування ДСТУ 4099:2009. – [Чинний від 2011-07-01]. – К.: Держспоживстандарт України 2010. – 32 с. – (Національний стандарт України).