

6. Уборочная кампания [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.belta.by/all-rubric-news/viewSuzet/uborochnaja-kampanija-84/>.

7. Урбан, Э. Зерновые: новинки белорусской селекции / Э. Урбан // Журнал Белорусское сельское хозяйство. – Минск, 2017. – № 6. – С. 60-63.

УДК 663.423:663.44: 631.523

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА УКРАИНСКИХ ГРАНУЛ ХМЕЛЯ

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

<sup>1</sup> – Институт сельского хозяйства Полесья НААН Украины  
г. Житомир, Украина (Украина, 10007, г. Житомир, шоссе Киевское,  
131; e-mail: isgp\_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:** гранулы хмеля тип 90, биохимическая оценка, горькие вещества, эфирное масло, ксантогумол, сорт хмеля Заграва.

**Аннотация.** Проанализированы биохимические показатели гранул хмеля тип 90 ароматического сорта хмеля Заграва по количеству и составу горьких веществ, ксантогумола, эфирного масла и определена их пивоваренная оценка. На основе биохимической оценки гранул хмеля тип 90 украинского производства установлена их конкурентоспособность. Установлено, что содержание альфа-кислот в гранулах хмеля сорта Заграва колеблется от 5,8 до 6,5 %. Бета-кислот в исследованных партиях хмеля содержится 6,3-7,0 %, ксантогумола – от 0,35 до 0,44 %. Содержание когумулона в составе альфа-кислот – от 23,1 до 26,0 % и значительное содержание фарнезена (12,8-13,5 %) в составе эфирного масла свидетельствует о высоком качестве состава горьких и ароматических веществ сорта Заграва. Доказано, что гранулы сорта Заграва по составу и качеству горьких веществ и эфирного масла соответствуют мировым аналогам.

## STUDY OF QUALITY INDICATORS OF UKRAINIAN HOP GRANULES

L. V. Protsenko<sup>1</sup>, S. N. Ryzhuk<sup>1</sup>, N. I. Lyashenko<sup>1</sup>, N. A. Koshytska<sup>1</sup>,  
J. V. Svirchevska<sup>1</sup>, A. S. Vlasenko<sup>1</sup>, T. P. Grinyuk<sup>1</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, Kievskoye Highway, 131;  
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:** *hop granules type 90, biochemical evaluation, bitter substances, essential oil, xanthohumol, hop variety Zagrava.*

**Summary.** *The biochemical parameters of hop granules type 90 of the aromatic hop variety Zagrava were analyzed in terms of the amount and composition of bitter substances, xanthohumol, essential oil, and their brewing assessment was determined. Based on the biochemical assessment of hop granules type 90 of Ukrainian production, their competitiveness was established. It was found that the content of alpha-acids in hop granules of the Zagrava variety ranges from 5,8 % to 6,5 %. Beta-acids in the investigated batches of hops contain – 6,3-7,0 %, xanthohumol from 0,35 to 0,44 %. The content of cohumulone in the composition of alpha-acids is from 23,1 to 26,0 % and a significant content of farnesene of 12,8-13,5 % in the composition of essential oil testifies to the high quality of the composition of bitter and aromatic substances of the Zagrava variety. It has been proven that granules of the Zagrava variety correspond to world analogues in composition and quality of bitter substances and essential oil.*

*(Поступила в редакцию 02.06.2021 г.)*

**Введение.** Основными продуктами переработки хмеля, которые используют украинские производители пива, являются гранулы тип 90, гранулы тип 45, обогащенные лупулином, изомеризованные гранулы, экстракты: этанольные, углекислотные, изомеризованные, редуцирующие, хмелевые масла и эмульсии эфирных масел [1, 2].

В Украине, в основном, хмель перерабатывают в гранулы тип 90, которые практически не отличаются по биохимическим показателям от шишек хмеля. Преимуществом использования хмелевых гранул перед шишковым хмелем является то, что при охмелении сусла улучшается дисперсия, экстракция и изомеризация альфа-кислот, которые находятся в гранулах хмеля [1, 2]. Гранулированный хмель удобнее дозировать как при упаковке, так и при охмелении сусла [3]. Экономия хмеля при их использовании составляет приблизительно 10 %. К тому же объемная масса гранулированного хмеля значительно меньше, чем спрессованного, поэтому уменьшаются транспортные и складские расходы [3].

Предыдущими исследованиями украинских и зарубежных ученых [1, 2, 4-6] было установлено, что пиво, изготовленное из гранул хмеля или других хмелепродуктов, определенных селекционных сортов, значительно отличается по характеру горечи, вкусом и ароматом. Это связано с особенностью биохимического состава горьких веществ, поли-

фенольных соединений и эфирного масла хмеля ароматических и горьких сортов. Различное соотношение компонентов этих соединений по-разному влияет на вкусовые и ароматические свойства пива. Поэтому подбор гранул хмеля, изготовленных из сортов с оптимальным составом горьких веществ для получения пива с отличной и качественной горечью, является вопросом актуальным для белорусских и украинских производителей пива [4, 5].

**Цель исследования** заключалась в определении комплексной технологической оценки качества гранул хмеля тип 90 украинского производства и установлении их конкурентоспособности на основе биохимических характеристик.

**Материал и методика исследований.** Исследования проводились в 2016-2020 гг. в испытательной лаборатории отдела биохимии хмеля и пива и биотехнологии Института сельского хозяйства Полесья Национальной академии аграрных наук Украины, в производственных условиях гранулирования хмеля ООО «Хмель Украины», ЧП «Гальчин-агро».

В работе использовались лабораторные современные физико-химические методы определения качественных показателей гранул хмеля, специальные высокоэффективная жидкостная хроматография, спектрофотометрия, а также методы контроля, гармонизированы с методиками Европейской Пивоваренной Конвенции ЕВС [1, 7], общепринятые в хмелеводческой области согласно ДСТУ 7028:2009 Гранулы хмеля Технические условия [8], математико-статистические с использованием дисперсионного и корреляционно-регрессионного анализа для оценки достоверности полученных результатов исследований.

Исследовали качественные показатели гранул хмеля тип 90, отобранные из партий гранул сорта хмеля Заграва. Масса средней пробы для идентификации и биохимических исследований составляла не менее 1 кг гранул хмеля. Исследовали 7-10 образцов от партий гранул данного сорта хмеля.

Методы исследований количества и качественного состава горьких веществ гранул хмеля. Количество альфа-кислот – кондуктометрический показатель горечи, определяли международным методом согласно Аналитике ЕВС 7.5. [1, 7, 8]. Метод основан на кондуктометрическом титровании диэтилово-эфирного экстракта горьких веществ хмеля раствором уксуснокислого свинца и расчетом массовой доли альфа-кислот. Содержание и состав альфа-, бета-кислот и ксантогумола – методом высокоэффективной жидкостной хроматографии согласно международной методики ЕВС 7.7. [1, 7]. Горькие вещества хмеля альфа- и бета-кислоты и их составляющие, в частности когумулон в

составе альфа-кислот, колупулон в составе бета-кислот, а также ксантогумол из гранул хмеля экстрагировали органическим растворителем – метанолом. Соотношение между массой гранул хмеля и экстрагентом составляло 1 : 10. Количество этих веществ определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Хроматографирование осуществляли с помощью жидкостного хроматографа Ultimate 3000 с УФ детектором при температуре 35 °С. Использовали колонки фирмы «Rostek» Pinnacle DB C<sub>18</sub> 3 мк размером 2,1 x 100 мм, которые были заполнены сорбентом Pinnacle DB C<sub>18</sub> 3 мк. В качестве подвижной фазы использовали раствор метанола, воды и ацетонитрил в соотношении 38 : 24 : 38. Для количественного определения ксантогумола использовали стандарт-эталон ксантогумола с содержанием данного вещества 99,8 %. Эталон альфа- и бета-кислот (International Calibration Extract ICE-3, производитель – Versuchsstation Schweizerischen Brauereien) с содержанием компонентов когумулونا – 13,88 %, гумулونا + адгумулونا – 30,76 %, колупулونا – 13,44 % и лупулونا + адлупулونا – 10,84 % [1].

Методы исследований количества и качественного состава эфирного масла хмеля. Количество эфирного масла определяли по методу Гинзберга [1, 2]. Метод основан на определении содержания эфирного масла в мл на 100 г воздушно-сухого вещества путем получения эфирного масла гидродистилляцией с последующей декантацией и сбором его в специальные ловушки.

Качественный состав эфирного масла определяли методом газожидкостной капиллярной хроматографии [1, 2] на 50-60 м капиллярных кварцевых колонках Stabilwax на хроматографе «Кристалл 2000 М» с ПИД-детектором. Метод заключается во фракционировании эфирного масла. Температура термостата программируется от 70 до 220 °С со скоростью 4 °С в минуту с последующим выдерживанием в изотермическом режиме 40 минут. 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.** Сейчас в Украине есть два современных предприятия с качественной переработки хмеля. Предприятия, расположенные в Житомирской области, на современном оборудовании могут каждый час производить 300-500 кг высоко-

качественных гранул хмеля. На предприятиях внедрена система управления качеством, которая соответствует требованиям ДСТУ ISO 9001:2017. На данных предприятиях налажено производство гранул хмеля по усовершенствованной учеными Института сельского хозяйства Полесья НААН технологии, по оптимизации массовой доли влаги гранулированного хмеля до 7-8 %, что позволило улучшить биохимические показатели гранул хмеля и продлить срок их хранения.

Нами проведена комплексная технологическая оценка качества гранул хмеля тип 90, произведенных в Украине, и пригодность их использования в пивоварении с учетом химического состава на основе идентификации горьких веществ, ксантогумола и эфирного масла. Исследования проводились в лабораторных условиях и условиях пивоваренных заводов Украины. Основными критериями для отнесения сорта к определенному типу является количественный и качественный состав горьких веществ, эфирного масла и ксантогумола, т. е. классификация осуществляется по сортовым признакам.

В таблицах 1 и 2 приведены показатели качества и критерии, по которым определялась биохимическая оценка гранул хмеля тип 90, а именно: по количеству и составу горьких веществ, ксантогумола и эфирного масла.

Наиболее ценными соединениями хмеля и его продуктов переработки являются горькие вещества. Эти вещества уникальны и не встречаются в составе других растений. Наиболее важные среди горьких веществ – это альфа-кислоты, в процессе изомеризации при охмелении сула превращаются в изо-альфа-кислоты, основные соединения горечи пива. Количество альфа-кислот является основным ценообразующим фактором оценки хмеля и хмелепродуктов.

Биохимические показатели качества представлены на примере партий гранул ароматического высокосмольного, наиболее распространенного в Украине, сорта хмеля Заграва.

Таблица 1 – Содержание и состав горьких веществ и ксантогумола в образцах от партий гранул хмеля тип 90 сорта Заграва

| № з/п | Показатели качества гранул хмеля | № образца от партии гранул хмеля |     |     |     |     |     |     |     |     | Среднее | Стандартное отклонение |
|-------|----------------------------------|----------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------|------------------------|
|       |                                  | 1                                | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   |         |                        |
| 1     | 2                                | 3                                | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12      | 13                     |
| 2     | Массовая доля влаги, %           | 8,1                              | 8,4 | 7,8 | 8,4 | 8,3 | 7,7 | 8,0 | 8,2 | 7,8 | 8,1     | ±0,3                   |

Продолжение таблицы 1

| 1  | 2                                                      | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13         |
|----|--------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------------|
| 3  | КПГ (Массовая доля $\alpha$ -кислот, метод ЕВС 7.5), % | 5,9  | 6,3  | 6,4  | 6,0  | 6,2  | 5,8  | 6,2  | 6,5  | 6,2  | 6,2  | $\pm 0,2$  |
| 4  | Массовая доля $\alpha$ -кислот, метод ЕВС 7.7, %       | 5,6  | 6,0  | 6,0  | 5,7  | 5,8  | 5,5  | 6,0  | 6,1  | 5,8  | 5,8  | $\pm 0,2$  |
| 5  | Массовая доля $\beta$ -кислот, метод ЕВС 7.7, %        | 6,8  | 6,5  | 6,3  | 6,8  | 7,0  | 6,7  | 6,3  | 6,4  | 6,4  | 6,5  | $\pm 0,3$  |
| 6  | Соотношение $\beta$ -та $\alpha$ -кислот               | 1,16 | 1,12 | 1,10 | 1,00 | 1,07 | 1,09 | 1,11 | 0,98 | 0,99 | 1,0  | $\pm 0,3$  |
| 7  | Когуmulон в составе $\alpha$ -кислот, %                | 25,5 | 24,3 | 23,1 | 24,1 | 26,0 | 24,3 | 25,6 | 23,8 | 24,8 | 24,6 | $\pm 0,9$  |
| 8  | Колупулон в составе $\beta$ -кислот %                  | 46,0 | 45,2 | 47,8 | 46,9 | 43,1 | 46,8 | 44,5 | 43,8 | 46,3 | 45,6 | $\pm 1,6$  |
| 9  | Ксантогуmol, %                                         | 0,41 | 0,44 | 0,35 | 0,42 | 0,37 | 0,40 | 0,41 | 0,38 | 0,42 | 0,40 | $\pm 0,05$ |
| 10 | Индекс окисления горьких веществ (индекс старения)     | 0,28 | 0,27 | 0,33 | 0,33 | 0,34 | 0,30 | 0,32 | 0,31 | 0,30 | 0,3  | $\pm 0,03$ |

По анализу данных, представленных в таблице, видно, что партии гранул хмеля имеют стабильное содержание влаги и альфа-кислот. Содержание альфа-кислот в гранулах сорта Заграва колеблется от 5,8 до 6,5 %. Все исследуемые партии хмеля имели низкое содержание когуmulона в составе альфа-кислот от 23,1 до 26,0 %, что характерно для данного сорта хмеля. Массовая доля когуmulона в составе альфа-кислот по мнению ученых Германии, Чехии, США, Словении и пивоваров-специалистов для тонкоароматичных сортов не должна превышать 30 [1].

Бета-кислот в представленных партиях гранул – 6,3-7,0 %. Бета-кислоты не горькие на вкус, но в процессе окисления образуются соединения, имеющие приятную горечь. Одним из основных их свойств является высокое антисептическое действие, что важно для повышения биологической стойкости пива при хранении [1]. Содержимое колупуллона в составе бета-кислот и ксантогумола в партиях гранул также стабильное.

Характерная особенность этого сорта хмеля, а также гранул, изготовленных из него, заключается в том, что наряду с высоким содержанием горьких веществ, есть значительное преимущество в смолах доли бета-кислот над долей альфа-кислот. У них сохраняется положительный коэффициент ароматичности 0,98-1,16 между содержанием бета-кислот и альфа-кислот, равный или больше единицы. Это один из решающих признаков при оценке пивоваренного качества хмеля и гранул.

Учитывая то обстоятельство, что в гранулах хмеля этого сорта большой удельный вес бета-кислот в общем показателе горечи хмеля при нормировании его в пивоварении согласно Технологической Инструкции, горечь пива была несколько избыточна, что дает возможность проводить нормирование гранул хмеля данного сорта с экономией его до 10 %, имея при этом прекрасные вкусовые качества пива.

Содержание эфирного масла (таблица 2) в гранулах хмеля колеблется от 1,4 до 1,8 %. В состав эфирного масла входят кариофиллен, гумулен, фарнезен при относительно небольшом количестве мирцена, что обуславливает получения пива с тонким хмелевым ароматом и высокими вкусовыми качествами.

Таблица 2 – Содержание и состав эфирного масла в образцах от партий гранул хмеля тип 90 сорта Заграва

| № з/п | Показатели качества гранул хмеля  | № образца от партии гранул хмеля |      |      |      |      |      |      |      |      | Среднее | Стандартное отклонение |
|-------|-----------------------------------|----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|------------------------|
|       |                                   | 1                                | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    |         |                        |
| 2     | Эфирное масло, мл/100 г гранул    | 1,4                              | 1,6  | 1,8  | 1,5  | 1,6  | 1,7  | 1,8  | 1,7  | 1,8  | 1,7     | 0,1                    |
| 3     | Состав эфирного масла, %, в т. ч. |                                  |      |      |      |      |      |      |      |      |         |                        |
|       | - мирцена                         | 35,7                             | 36,9 | 38,7 | 38,2 | 35,8 | 37,6 | 36,6 | 37,9 | 38,3 | 37,3    | 1,1                    |
|       | - кариофиллена                    | 7,2                              | 7,1  | 6,8  | 6,9  | 7,5  | 6,9  | 6,7  | 7,2  | 7,1  | 7,0     | 0,3                    |
|       | - фарнезена                       | 13,5                             | 12,8 | 12,9 | 13,4 | 13,3 | 12,9 | 12,8 | 13,1 | 13,3 | 13,1    | 0,3                    |
|       | - гумулена                        | 16,1                             | 16,3 | 16,9 | 16,8 | 16,5 | 16,2 | 16,9 | 17,0 | 17,0 | 16,6    | 0,4                    |

Основным компонентом среди монотерпеноидов является мирцен, содержание которого, в зависимости от сорта, колеблется от 10 до 72 %. Во многих американских разновидностях хмеля, включая Cascade, Amarillo, Citra и Simcoe, содержится 50-70 % мирцена, а в благородных хмеля его содержание значительно ниже, в частности в европейских сортах – 16-30 % [4, 6]. Из-за низкой температуры дистилляции, мирцен достаточно летучий и при кипячении сула с хмелем малоэффективен, поскольку испаряется в очень короткое время. Характеристики аромата чрезвычайно широки, их можно описать как

зеленые, хмелевые, имеют незначительный сосновый и цитрусовый привкусы. При современных способах пивоварения, в частности, использовании техники «сухого охмеления», обычно образуется аромат «зеленого» или свежего хмеля [1, 6]. В исследованных партиях хмеля сорта Заграва содержится 35,7-38,7 % мирцена.

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 [6]. Обычно данное соединение проявляет свои лучшие характеристики при добавлении в конце кипячения сула или после него. Гумулена в исследованных партиях от 16,1 до 17,0 %.

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 [4]. В украинских сортах хмеля этого масла находится в пределах 5-14 % [1]. 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 [1, 4]. Содержание кариофиллена в исследованных партиях стабильное и составляет 6,7-7,5 %.

Фарнезен является «визитной карточкой» для благородных сортов хмеля. Он придает вкус зеленого яблока, а также цветочный, цитрусовый, древесный аромат, в крайнем проявлении заплесневелый запах [4, 6]. В большинстве зарубежных сортов фарнезен по количеству занимает последнее место среди компонентов хмелевого масла, обычно его менее 1 % [1, 9, 10]. Но в благородных сортах хмеля, таких как Жатецкий, Люблинский, Тетнангер, Шпальт Селект, 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 %. [4]. В нашем исследовании количество фарнезена в составе эфирного масла составило 12,8-13,5 %.

Итак, эфирное масло, что является одним из основных показателей пивоваренного качества хмелепродукции для исследованных партий хмеля имеет стабильный высококачественный состав.

В результате проведенных исследований на основе биохимической оценки гранул хмеля тип 90 украинского производства установлена их конкурентоспособность. Доказано, что украинские хмелепродукты по своим характеристикам соответствуют мировому уровню.

**Заключение.** Количественное содержание и качественный состав горьких веществ, эфирного масла, полифенольных соединений и ксантогумола в гранулах хмеля украинского производства сорта Заграва стабильный и соответствует паспортным данным этого сорта.

Гранулы хмеля тип 90 ароматического сорта Заграва по биохимическим и технологическим показателям соответствуют требованиям ДСТУ 707028:2009 Гранулы хмеля Технические условия.

Оптимальное сочетание ароматических и горьких веществ в шишках хмеля украинской селекции и высокая технологичность обораживания для грануляции обеспечивает гранулам отличные пивоварни качества. На основе характеристики гранул хмеля тип 90 сорта Заграва, произведенных в Украине, по составу и качеству горьких веществ и эфирного масла являются уникальными, установлено соответствие качества украинских хмелепродуктов мировому уровню.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Методологія оцінювання хмелю і хмелепродуктів: монографія / Л. В. Проценко [и др.]; за ред. Л. В. Проценко. – Житомир: Рута, 2020. – 272 с.
2. Ляшенко, Н. И. Биохимия хмеля и хмелепродуктов / Н. И. Ляшенко. – Житомир: Полісся, 2002. – 388 с.
3. Ляшенко, М. І. Ефективність використання гранульованого хмелю в пивоварінні / М. І. Ляшенко, Л. В. Проценко, М. Г. Михайлов // Хмелярство. – К.: Урожай, 2007. – Вип. 22. – С. 11-16.
4. Сучасні методи аналізу при визначенні оцінки якості ефірної олії хмелю / Т. П. Гринюк [и др.] // Агропромислове виробництво Полісся. – Житомир: ІСГП. – 2018. – № 11. – С. 69-74.
5. Регилевич, А. А. Объективная оценка качества шишек хмеля – это высокоэффективная жидкостная хроматография / А. А. Регилевич // Современные технологии сельскохозяйственного производства: сборник научных статей по материалам XIX Международной научно-практической конференции. – Гродно: ГГАУ, 2016. – 390 с.
6. Шнайдер, И. О хмеле, фильтрах и ценных маслах / И. Шнайдер // Пиво: технологии и инновации. – 2017. – № 3 [4]. – С. 39-41.
7. Ahalitika – EBC (1987), European Brebery Convention, Fourth edition.
8. Гранули хмелю Технічні умови ДСТУ 7028:2009. – [Чинний від 2011-07-01] – К.: Держспоживстандарт України 2010. – 19 с. – (Національний стандарт України).
9. Рудик, Р. І. Дослідження ефірної олії хмелю / Р. І. Рудик // Агропромислове виробництво Полісся. – 2015. – № 8. – С. 74-78.
10. Исследование эфирного масла сырья хмеля обыкновенного / Г. М. Латыпова [и др.] // Башкирский химический журнал. – Уфа. 2013. – Том 20. – № 2. – С. 87-92.