

ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ РАСТЕНИЙ

PLANT PHYSIOLOGY AND BIOCHEMISTRY

DOI: 10.12731/2658-6649-2025-17-2-1053

EDN: ZXTFKS

УДК 581.192:631.861:661.162.6



Научная статья

**ВЛИЯНИЕ РАЗНЫХ СПОСОБОВ
ОБРАБОТКИ НА ФИТОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ
ЛИСТЬЕВ И ШИШЕК ХМЕЛЯ ОБЫКНОВЕННОГО
(*HUMULUS LUPULUS* L.)**

*Д. Аль Хуссейн, Е. Алмуграби,
А.А. Мостякова, О.А. Тимофеева*

Аннотация

Обоснование. Уже с давних времен установлено, что в лекарственных растениях содержится большое количество активных соединений, которые используются для лечения многих заболеваний. Впервые проведено сравнительное изучение листьев и шишки хмеля обыкновенного по накоплению фитохимических веществ. Были подобраны коммерческие препараты биостимуляторов роста (гибберсиб, эпин-экстра) и био-удобрение (пудрет). Установлено, что хмель, выращенная в условиях Татарстана, обладает богатым фитохимическим составом и большим содержанием биоактивных веществ. Может быть рекомендована в качестве ресурса, что позволит фармакологическую промышленность наиболее качественным сырьем.

Цель исследования. Осуществить сравнительный анализ фитохимических составов листьев и шишек хмеля обыкновенного (*Humulus lupulus* L.) при различных методах их обработки.

Материалы и методы исследований. В мае 2023 года в лабораторных условиях была произведена посадка корневищных черенков хмеля в закрытом грунте. В соответствии со схемой эксперимента по первому варианту корневищные черенки были посажены в горшки с почвой, в которой содержался пудрет (био-удобрение из высушенного в СВЧ-лучах птичьего помета, состоит

из 88.4% органического вещества, 4.59% азота, 1.80% калия, 3.70% фосфора) в количестве 10 г на 1 кг почвы. По второму способу корневищные черенки хмеля были обработаны гибберсибом (666,6 мкг/л) посредством опрыскивания, по третьему способу они были обработаны эпин-экстра (500 мкл/л) аналогично посредством опрыскивания.

Через 4 недели образцы, обработанные по всем вариантам, и контрольный образец были пересажены в открытый грунт. (кислотность почвы составляла 6.9, концентрация органического вещества (гумуса) – 1,96%, нитратного азота – 35,5 мг/кг, аммиачного азота – 11,3 мг/кг, подвижного фосфора – 584 мг/кг, обменного кальция – 13,25 ммоль/100 г, обменного магния – 1,5 ммоль/100 г).

Пробы для анализа (листья и шишки) были извлечены спустя 12 недель с момента их посадки в открытом грунте (средняя ночная температура составила +14°C).

Фитохимический состав в листьях и в шишках определяли спектрофотометрическими методами описано в исследовании Аль Хуссейн и соавторы (2023).

Опыты проводили в шести биологических повторностях. Статистическую обработку данных осуществлялась с использованием программы Excel 2016. Достоверность различия определялась по критерию Манна-Уитни с $p \leq 0,05$.

Результаты. Эпин-экстра увеличивал преимущественно концентрацию флавоноидов, дубильных веществ и витамина B₂ в образцах, гибберсиб увеличивал концентрацию фенольных соединений, каротиноидов, сахаров и белков, пудрет увеличивал концентрацию витамина C, каротиноидов, витамина B₂ и белков.

Заключение. В наших исследованиях можем сделать вывод, что экстракты хмеля имеют более широкий потенциал для использования в области медицины и пищевых технологий, чем просто ферментация, а это связано с возможностью улучшения содержания полезных первичных и вторичных веществ с использованием синтетических регуляторов роста и био-удобрение. Большое количество листьев хмеля остается неиспользованным побочным сельскохозяйственным продуктом, но по нашими исследованиями доказали возможность использования листьев хмеля в качестве источника первичных и вторичных метаболитов в медицине (в качестве седативного, антимикробного, мочегонного, противовоспалительного средства при лечении гастритов, циститов, уретритов, заболеваний почек, печени и желчного пузыря) и пищевой промышленности (пищеваренной промышленности, в пекарном производстве).

Ключевые слова: *Humulus lupulus* L.; Эпин-экстра; гибберсиб; пудрет; листья; шишки; фитохимический состав; спектрофотометрический метод

Для цитирования. Аль Хуссейн, Д., Алмуграби, Е., Мостякова, А. А., & Тимофеева, О. А. (2025). Влияние разных способов обработки на фитохимический состав листьев и шишек хмеля обыкновенного (*Humulus lupulus* L.). *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 17(2), 60-81. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2025-17-2-1053>

Original article

INFLUENCE OF DIFFERENT PROCESSING METHODS ON THE PHYTOCHEMICAL COMPOSITION OF LEAVES AND CONES OF COMMON HOPS (*HUMULUS LUPULUS* L.)

*D. Al Hussein, E. Almugrabi,
A.A. Mostyakova, O.A. Timofeeva*

Abstract

Background. It has been established for a long time that medicinal plants contain a large number of active compounds that are used to treat many diseases. For the first time, a comparative study of the leaves and cones of common hops was conducted for the accumulation of phytochemical compositions. Commercial preparations of growth biostimulants (gibbersib, epin-extra) and bio-fertilizer (pudret) were selected. It was established that hops grown in the conditions of Tatarstan have a rich phytochemical composition and a high content of bioactive substances. can be recommended as a resource that will allow the pharmacological industry to use the highest quality raw materials.

Purpose. Conduct a comparative analysis of the phytochemical composition in the leaves and cones of common hop (*Humulus lupulus* L.) under different processing methods.

Materials and methods. Planting of rhizomatous hop cuttings was carried out at the beginning of May 2023 in protected soil under laboratory conditions. According to the experimental design, rhizome cuttings were planted in pots with soil to which pudret was added (bio-fertilizer from bird droppings dried in microwave rays, consisting of 88.4% organic matter, 4.59% nitrogen, 1.80% potassium, 3.70% phosphorus) at the rate of 10 g/kg of soil, in the second variant, rhizomatous hop cuttings were treated with gibbersib (666.6 µg/l) by spraying, and in the third variant they were treated with epin-extra (500 µl/l) also by spraying.

After 4 weeks, all variants and also the control were transplanted into open ground (soil acidity was 6.9, organic matter content (humus) 1.96%, nitrate nitrogen

content 35.5 mg/kg, ammonia nitrogen 11.3 mg/kg, available phosphorus 584 mg/kg, the amount of exchangeable calcium was 13.25 mmol/100 g and exchangeable magnesium 1.5 mmol/100 g).

Samples for analysis (leaves and cones) were taken 12 weeks after planting in open ground (average night temperature was +14°C).

The phytochemical composition in the leaves and buds was determined by spectrophotometric methods described in a study by Al Hussain et al (2023).

The experiments were carried out in six biological replicates. Statistical processing of the data was carried out using Excel 2016. The significance of the difference was determined using the Mann-Whitney test with $p \leq 0.05$.

Results. Epin-extra increased the content of flavonoids, tannins and vitamin B2 to a greater extent, gibbersib increased the content of phenolic compounds, carotenoids, sugars and proteins, and powder increased the content of vitamin C, carotenoids, vitamin B2 and proteins.

Conclusion. Our research shows that hop extracts have a wider potential for use in medicine and food technology than just fermentation, and this is due to the possibility of improving the content of useful primary and secondary substances using synthetic growth regulators and bio-fertilizers. A large number of hop leaves remain an unused agricultural by-product, but our research has proven the possibility of using hop leaves as a source of primary and secondary metabolites in medicine (as a sedative, antimicrobial, diuretic, anti-inflammatory agent in the treatment of gastritis, cystitis, urethritis, kidney diseases, liver and gall bladder) and food industry (brewing industry, bakery production).

Keywords: *Humulus lupulus* L.; Epin-extra; gibbersib; pudret; leaves; cones; phytochemical composition; spectrophotometric method

For citation. Al Hussein, D., Almugrabi, E., Mostyakova, A. A., & Timofeeva, O. A. (2025). The influence of different processing methods on the phytochemical composition of leaves and cones of common hop (*Humulus lupulus* L.). *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 17(2), 60-81. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2025-17-2-1053>

Введение

Хмель (*Humulus lupulus* L.) – давно известное растение, культивируемое людьми. Самые ранние источники сообщают о его происхождение в древнем Китае, позже он распространился по огромной части регионов мира с умеренным климатом [35]. Несмотря на то, что в настоящее время хмель прочно связан с производством пива, это действительно было так на протяжении долгого времени, его исходное применение было иным.

Хмель часто применялся в роли лекарственных растений в известных фармакопеях, предусмотренных для смягчения симптомов разного рода заболеваний [8-15]. Ему присвоены противовоспалительные и антимикробные свойства, и, кроме этого, мочегонные, пищеварительные, седативные и прогестогенные свойства. По причине большого разнообразия его достоинств для улучшения здоровья он признавался растением, которое продлевает жизнь [8-15].

Почти все части растения хмеля богаты биологически активными соединениями [6-10], характеризующимися мощной противомикробной, антиоксидантной и противогрибковой свойствами. Хмель богат первичными метаболитами как белки, сахар и витамины, и вторичными метаболитами как смолы, эфирные масла и полифенолы [6; 8; 15; 21].

Эти особенности в сочетании с растущим интересом к натуральным веществам, способствующим укреплению здоровья, открывают новые интересные перспективы для хмеля за пределами пивной промышленности [16]. На протяжении веков и до сих пор из выращенного хмеля люди получали чай, продукты питания (приготовление молодых побегов) и даже консервант для хлеба [20]. Недавно было обнаружено, что экстракция, полученная из хмеля, действует как успокоительное и предотвращает различные заболевания, такие как стеатоз печени, воспаление, фиброз, ожирение и диабет [15-25].

Главная составная частью применяемого в настоящее время хмеля представляет собой шишка (женское соцветие растения), тем не менее, оставшиеся элементы растения хмеля тоже содержат полезные вещества в листьях, стеблях и корневищах [25-33].

Цель исследования – провести сравнительный анализ фитохимический состав в листьях и шишках хмеля обыкновенного (*Humulus lupulus* L.) при разных способах обработки.

Материалы и методы исследований

В мае 2023 года в лабораторных условиях была произведена посадка корневищных черенков хмеля в огражденный грунт. В соответствии со схемой эксперимента по первому варианту корневищные черенки были посажены в горшки с почвой, в которой содержался пудрет (био-удобрение из высушенного в СВЧ-лучах птичьего помета, состоит из 88.4% органического вещества, 4.59% азота, 1.80% калия, 3.70% фосфора) в количестве 10 г на кг почвы. По второму способу корневищные черенки хмеля были обработаны гибберсибом (666,6 мкг/л) посредством опрыскивания,

по третьему способ они были обработаны эпин-экстра (500 мкл/л) аналогично посредством опрыскивания.

Через 4 недели образцы, обработанные по всем вариантам, и контрольный образец были пересажены в открытый грунт. (кислотность почвы составляла 6.9, концентрация органического вещества (гумуса) – 1,96%, нитратного азота – 35,5 мг/кг, аммиачного азота – 11,3 мг/кг, подвижного фосфора – 584 мг/кг, обменного кальция – 13,25 ммоль/100 г, обменного магния – 1,5 ммоль/100 г).

Пробы для анализа (листья и шишки) были извлечены через 12 недель с момента их посадки в открытом грунте (средняя ночная температура составила +14 °C).

Фитохимический состав в листьях и в шишках определяли спектрофотометрическими методами описано в исследовании Аль Хуссейн и соавторы [22].

Опыты проводили в шести биологических повторностях. Статистическую обработку данных осуществлялась с использованием программы Excel 2016. Достоверность различия определялась по критерию Манна–Уитни с $p \leq 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

К числу лекарственных растений с интересными биологическими свойствами относится хмель (*Humulus lupulus* L.), широко известный благодаря своему использованию в пивоваренной промышленности, но в последние годы его все чаще начали применять и в медицине. Его сильный терапевтический потенциал обусловлен наличием, особенно в шишках, широкого спектра биоактивных молекул, в основном вторичных метаболитов, некоторые из которых характеризуют само растение, например, горькие кислоты и специфические полифенолы, такие как ксантогумол [21; 27].

Известно, что хмель богат фенольными соединениями, в основном флавоноидами, которые являются вторичными метаболитами. С помощью спектрометрического анализа было обнаружено, что в растениях содержится примерно 14,4% фенольных кислот, флавоноиды, проантоцианидины, халконы, а также катехины [30]. Более того, в солоде содержится 70–80% всех полифенольных соединений, присутствующих в пиве [23].

По полученным нами результатам было установлено, что в контрольных образцах содержится существенно больше фенольных соединений, флавоноидов и дубильных веществ, чем в листьях.

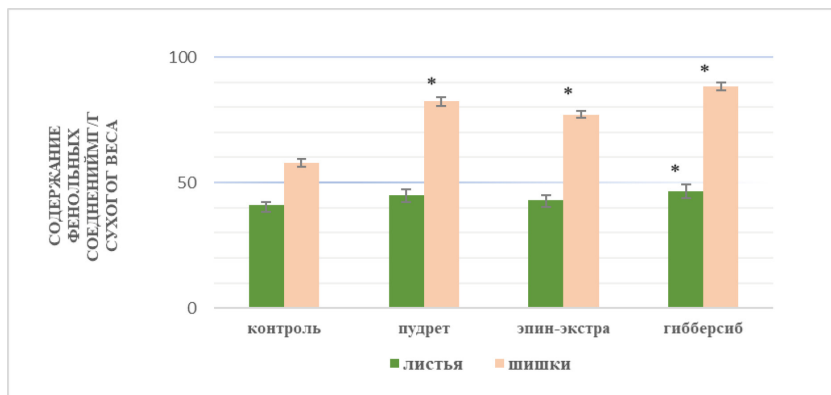


Рис. 1. Влияние разных способов обработки на содержание растворимых фенольных соединений в растениях *Humulus lupulus* L.

*- Статистически значимые различия ($p < 0.05$) в сравнении с контролем.

Суммарное содержание фенольных соединений в наших исследований варьировалось в пределах от 41,2 до 46,4 мг/г сухого веса в листьях и от 57,9 до 88,2 мг/г в шишках (рис. 1). Наши данные совпадают с результатами, полученными Jae Il Lyu (2022), которые изучали содержание фенольных соединений и флавоноидов в шишках у шести сортах хмеля, согласно их данным, количество фенольных соединений было от 52,8 до 81,9 мг/г сухого веса, а количество флавоноидов от 3,9 до 19,7 мг/г сухого веса [16]. В то время содержание флавоноидов в наших исследований было выше, чем у них, где было от 20,56 до 30,86 мг/г сухого веса у листьев и от 23,15 до 36,04 мг/г в шишках. По другим литературным сведениям содержание флавоноидов в шишках хмеля варьируется от 14 до 85 мг/г сухого веса [18]. Это разница в содержании может быть связана с различными сортами и факторами окружающей среды.

Флавоноиды присутствуют в соплодиях, листьях и стеблях растения. Флавоноиды хмеля представлены различными группами - изофлавонами, флаванолами, флавононами, халконами, антоцианидинами, наиболее часто с ними сталкиваются в форме гликозидов [15].

Все регуляторы роста растений и био-удобрения увеличивали содержание параметров. Однако максимальный эффект продемонстрировал гибберсиб в листьях и в шишках, где он повысил содержание фенольных соединений в листьях на 13,2% и на 52,2% в шишках относительно контрольного образца. Кроме регуляторов роста и био-удобрения повысилось

содержание флавоноидов, в большей степени под влиянием эпина-экстра, их концентрация повысилась в листьях на 50,1 % и на 55,6% в шишках относительно контрольного образца. Гибберсиб был сильно схож по действию к эпину, а пудрет проявил минимальное действие (рис. 2).

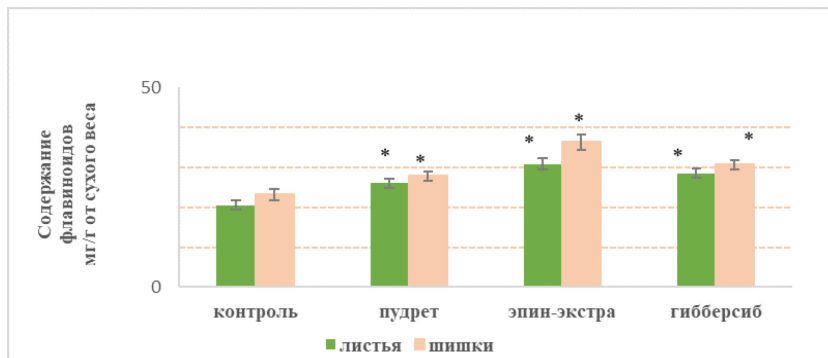


Рис. 2. Влияние разных способов обработки на содержание флавоноидов в растениях *Humulus lupulus* L.

*- Статистически значимые различия ($p < 0.05$) по сравнению с контролем.

Одной из ведущих групп биологически активных веществ сырья *Humulus lupulus* L. выступают дубильные вещества, являющихся многообразной смесью похожих по составу фенольных соединений, характеризующихся высокой антиоксидантной активностью [2].

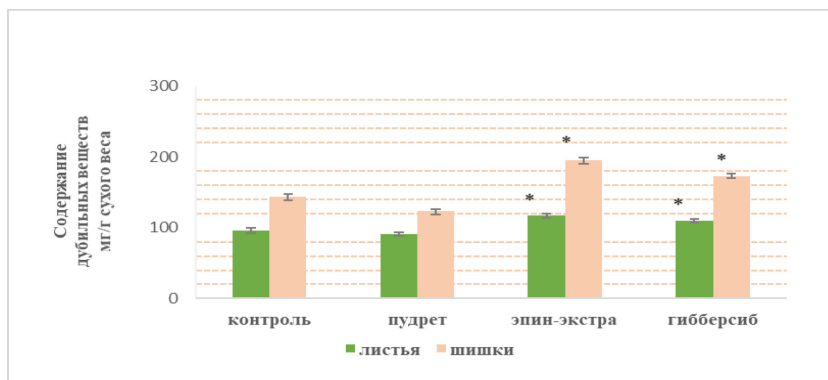


Рис. 3. Влияние разных способов обработки на содержание дубильных веществ в растениях *Humulus lupulus* L.

*- Статистически значимые различия ($p < 0.05$) по сравнению с контролем.

Суммарная содержание дубильных веществ в наших исследованиях варьировалось от 96,5 до 116,8 мг/г сухого веса в листьях, и от 144,2 до 195,4 мг/г в шишках. Эпин преимущественно повышал содержание дубильных веществ в шишках на 35,4% и в листьях на 21,03% относительно контрольного образца (рис. 3).

Было проиллюстрировано, что эпин-экстра ускоряет биосинтез фенольных соединений на персике и задействован в уменьшении тепловыделения в процессе окислительного стресса [13], кроме того, было продемонстрировано в исследовании Алмуграби [1], что эпин-экстра и гибберсиб ускоряют синтез фенольных соединений и флавоноидов в онтогенезе у растения капуста кейл.

К основным активным веществам, присутствующих в различных растениях, относятся витамины. В шишках хмеля были обнаружены витамины (рутин, С, Е, В₂, В₆, РР). Во время роста шишек хмеля они аккумулируют до 63,5 мг % витамина С и 20-70 мг% токоферолов [3].

Согласно предыдущей литературе, аскорбиновая кислота являются мощными антиоксидантами и неизменно защищают организм от хронических заболеваний, удаляя множество различных активных форм кислорода [7].

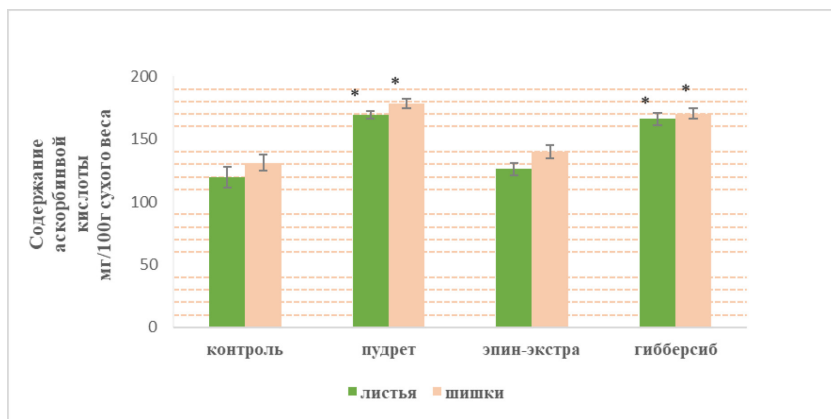


Рис. 4. Влияние разных способов обработки на содержание аскорбиновой кислоты в растениях *Humulus lupulus* L.

*- Статистически значимые различия ($p < 0.05$) по сравнению с контролем.

Полученные нами результаты показали, что в хмеле обыкновенном содержится большое количество витамина С, В₂ и каротиноидов. Суммарная

содержание витамина С в наших исследованиях варьировалось от 119,6 до 169,3 мг/100 г сухого веса в листьях и от 131,1 до 178,2 мг/100 г в шишках. Все регуляторы роста и био-удобрения увеличивали содержание витамина С, однако в некоторой степени пудрет показал более высокие результаты, аккумулярование витамина С увеличилось на 41,5% в листьях и на 35,9% в шишках (рис. 4).

Важнейшая задача каротиноидов в живых организмах состоит в том, что они оберегают клетки организма от отрицательного эффекта свободных радикалов [14].

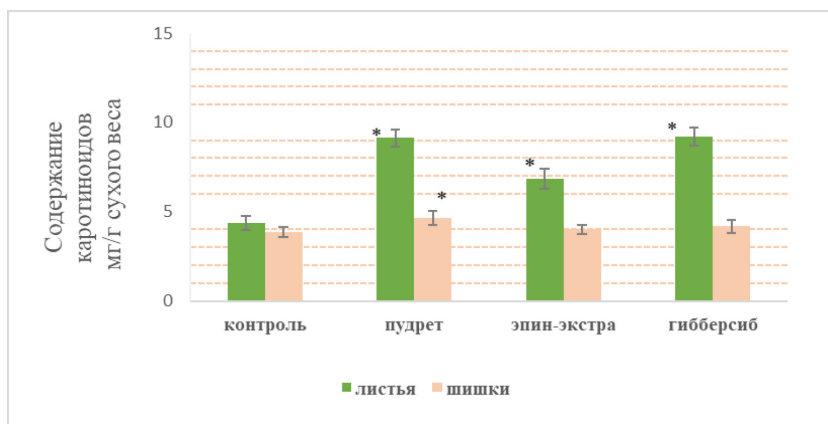


Рис. 5. Влияние разных способов обработки на содержание каротиноидов в растениях *Humulus lupulus* L.

*- Статистически значимые различия ($p < 0.05$) по сравнению с контролем.

Общее количество каротиноидов у хмеля обыкновенного в наших исследованиях было от 4,3 мг/г до 9,2 мг/г сухого веса в листьях и от 3,8 мг/г до 4,6 мг/г сухого веса в шишках (рис. 5). По нашим результатам содержание каротиноидов было выше в листьях по сравнению с шишками в контрольном варианте. В листьях хмеля пудрет и гибберсиб повышали содержание каротиноидов, а в шишках только пудрет повышал содержание показателя.

Суммарное содержание рибофлавина в хмеле обыкновенном в полученном нами исследованиях варьировалось от 350,6 мкг/г до 432,3 мкг/г сухого веса в листьях и от 412,5 до 535,1 мкг/г сухого веса в шишках. Пудрет и эпин повышали содержание рибофлавина в листьях и также в шишках, эпин увеличивал концентрацию витамина В₂ на 23,2% в листьях и на 6,86% в шишках, пудрет повышал концентрацию данного параметра

на 29,7% в шишках. Между тем гибберсиб снижал его концентрацию в листьях на 5,69% и на 3,1% в шишках (рис. 6).

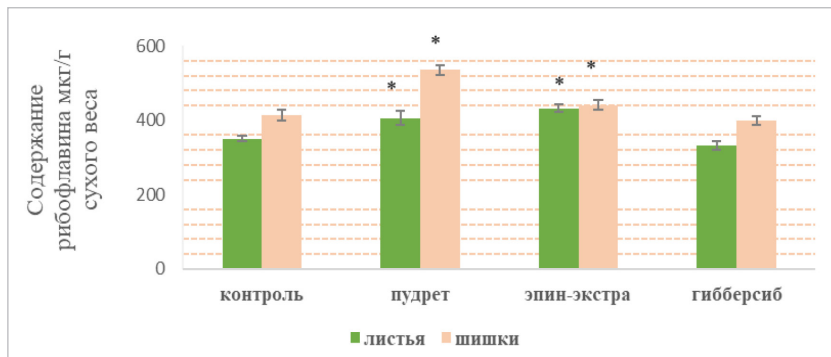


Рис. 6. Влияние разных способов обработки на содержание рибофлавина в растениях *Humulus lupulus* L.

*- Статистически значимые различия ($p < 0.05$) по сравнению с контролем.

Как видно из наших результатов, пудрет повышал содержание всех изученных витаминов, это может быть связано с содержанием в нем азота. Есть много исследований, которые показывают увеличение содержания витамина С, каротиноидов, и рибофлавина в растениях под влиянием азотных удобрений [4; 19].

Faivre et al. (2007) и Farag et al. (2011) подтвердили присутствие некоторых сахаров в хмеле, среди которых глюкоза, фруктоза и мальтоза [10; 11]. В наших экспериментах зафиксировали существенное различие в концентрации сахаров между листьями и шишками. Суммарное содержание сахаров в хмеле обыкновенном в наших работах было 47,6 мг/г сухого веса в контрольных листьях и 117,3 мг /г сухого веса в шишках. Содержание сахара в наших трудах варьируется от 47,69 мг/г до 62,93 мг/г сухого веса в листьях и от 117,3 мг/г до 149,7 мг/г сухого веса в шишках (рис. 7).

Регуляторы роста увеличивали содержание сахаров в листьях и в шишках, в особенности при воздействии гибберсибом, который повышал концентрацию сахаров на 31,9% в листьях хмеля и на 27,6% в шишках, а эпин-экстра увеличивал содержание на 11,3% в шишках. Между тем пудрет снижал содержание сахаров в листьях на 16,8% и также в шишках на 15,7%.

Было показано, что гиббереллин инициирует образование α -амилазы, что предположительно, является одной из причин увеличения содержания сахаров под действием гибберсиба в наших исследованиях [12].

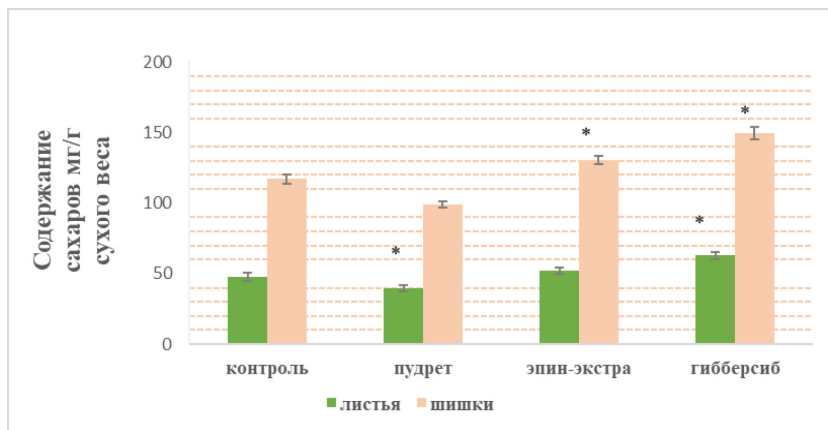


Рис. 7. Влияние разных способов обработки на содержание сахаров в растениях *Humulus lupulus* L.

*- Статистически значимые различия ($p < 0.05$) по сравнению с контролем.

Олигосахариды представляют собой главные соединения для синтеза фенола из шикимовой кислоты, так как промежуточные продукты гликолиза, и пентозофосфатного пути принимают участие в синтезе ароматических аминокислот. Ранее было продемонстрировано, что содержание вторичных метаболитов преимущественно обусловлено балансом между образованием и расходом олигосахаридов: чем выше это отношение, тем интенсивнее образуются вторичные метаболиты [28].

Белки осуществляют огромное количество жизненно важных задач в организме для образования и восстановления тканей, кроме того, они расходуются в процессе образования ферментов, гормонов и других химических веществ организма. Tanaka et al. (2014) доказали наличие триптофана у хмеля [31].

Согласно нашим результатам, количество белка составляло от 72,5 мг/г до 81,9 мг/г сухого веса в листьях и от 70,7 мг/г до 123,1 мг/г сухого веса в шишках. Пудрет и гибберсиб повысили содержание белков в листьях и шишках, но эпин-экстра уменьшал его концентрацию в листьях и увеличивал его в шишках.

Пудрет увеличивал концентрацию на 74,03% в шишках и на 12,9% в листьях (рис. 8), эти повышения может быть связано с содержанием в нем азота, который входит в синтезе аминокислоты. Однако он уменьшал содержание углеродсодержащих метаболитов в растениях хмель (как сахара

и дубильные вещества), это согласуется с теорией (соотношение между N и C) [12].

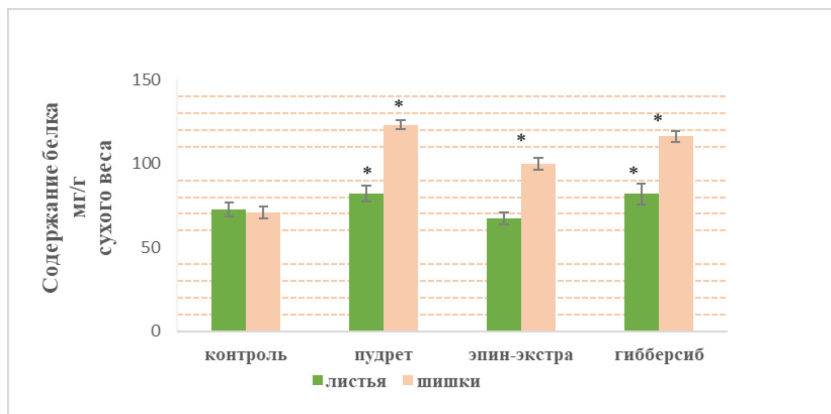


Рис. 8. Влияние разных способов обработки на содержание белка в растениях *Humulus lupulus* L.

*- Статистически значимые различия ($p < 0.05$) по сравнению с контролем.

Для каждого конкретного фитохимического вещества и соответствующего пути его биосинтеза существует свое оптимальное соотношение этих элементов.

Фенилаланин является предшественником в биосинтезе фенолов, а также аминокислотой, используемой в синтезе белка. Следовательно, может существовать конкуренция за фенилаланин между синтезом белка и синтезом углеродсодержащих метаболитов, и поэтому биосинтез сахара и дубильные вещества в наших исследованиях может быть ингибирован из-за включения фенилаланина в синтез белка [29].

Так же калий активно участвует в синтез белка и каротиноидов [34]. Присутствие калия в составе пудрета, может быть, он играл роль в повышении уровня каротиноидов и белков в наших исследованиях.

В работе [1] было показано что, гибберсиб повышает содержание белков и сахаров в растениях капусты кейл.

Заключение

В наших исследованиях можем сделать вывод, что экстракт хмеля имеет более широкий потенциал для использования в области медицины и пищевых технологий, чем просто ферментация, а это связано с возможно-

стью улучшения содержание полезных первичных и вторичных веществ с использованием синтетических регуляторов роста и био-удобрение. Большое количество листьев хмеля остается неиспользованным побочным сельскохозяйственным продуктом, но по нашими исследованиями доказали возможность использования листьев хмеля в качестве источника первичных и вторичных метаболитов в медицине (в качестве седативного, антимикробного, мочегонного, противовоспалительного средства при лечении гастритов, циститов, уретритов, заболеваний почек, печени и желчного пузыря) и пищевой промышленности (пивоваренной промышленности, в пекарном производстве).

Благодарности. Работа выполнена при поддержке программы стратегического академического лидерства Казанского федерального университета

Список литературы

1. Алмуграби, Е. (2021). Фитохимический состав и антиоксидантный статус *Brassica oleraceae* L. при действии природных и синтетических регуляторов роста растений: Дис. ... к-та биол. наук. Казань, 170 с.
2. Киреева, Т. Б. & Китова, Е. А. (2006). Экологически онтогенетические особенности накопления дубильных веществ в траве душицы обыкновенной в условиях Удмуртии. *Биология*, (10), 85-96.
3. Маланкина, Е. Л. Лекарственное применение хмеля. https://www.greeninfo.ru/lianes/humulus_lupulus.html/Article/_aID/5359
4. Сажина, Н. Н. & Мисин, В. М. (2011). Измерение суммарного содержания фенольных соединений в различных частях лекарственных растений. *Химия растительного сырья*, (3), 149-152. EDN: <https://elibrary.ru/OHSURD>
5. Шафикова, С. Ф. (2013). Фармакогностическое изучение листьев хмеля обыкновенного (*Humulus lupulus* L.): Дис. ... к-та фарм. наук. Самара, 181 с. EDN: <https://elibrary.ru/YGMBGB>
6. Astray, G. & Gullón, P. & Gullón, B. & MuneKata, P. E. & Lorenzo, J. M. (2020). *Humulus lupulus* L. as a natural source of functional biomolecules. *Appl. Sci.*, 10, 5074. <https://doi.org/10.3390/app10155074> EDN: <https://elibrary.ru/HVX-HXH>
7. Colville, L. & Smirnoff, N. (2008). Antioxidant status, peroxidase activity, and PR protein transcript levels in ascorbate-deficient *Arabidopsis thaliana* vtc mutants. *Journal of Experimental Botany*, 59(14), 3857-3868. <https://www.jstor.org/stable/24037641>

8. Carbone, K. & Gervasi, F. (2022). An Updated Review of the Genus *Humulus*: A Valuable Source of Bioactive Compounds for Health and Disease Prevention. *Plants*, (11), 3434. <https://doi.org/10.3390/plants11243434> EDN: <https://elibrary.ru/UHHOVD>
9. Dedei, A. J. (2021). Assessment of mineral nutrient impact on metabolites accumulation in kale (*Brassica oleracea* var. *sabellica*). *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 13(3), 208-224. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-3-208-224> EDN: <https://elibrary.ru/GFXXKY>
10. Faivre, C. & Ghedira, K. & Goetz, P. et al. (2007). *Humulus lupulus* L. *Phytothérapie*, 5(2), 86-89. <https://doi.org/10.1007/s10298-007-0217-7>
11. Farag, M. A. & Porzel, A. & Schmidt, J. et al. (2011). Metabolite profiling and fingerprinting of commercial cultivars of *Humulus lupulus* L. (hop): a comparison of MS and NMR methods in metabolomics. *Metabolomics*, 8(3), 492-507. <https://doi.org/10.1007/s11306-011-0335-y> EDN: <https://elibrary.ru/IDBQZY>
12. Finkelstein, R. R. & Gampala, S. S. L. & Rock, C. (2002). Absciscic Acid Signaling in Seeds and Seedlings. *The Plant Cell*, 18, 15-45. <https://doi.org/10.1105/tpc.010441>
13. Gao, H. & Zhang, Z. & Lv, X. & Cheng, N. & Peng, B. & Cao, W. (2016). Effect of 24-epibrassinolide on chilling injury of peach fruit in relation to phenolic and proline metabolisms. *Postharvest Biology and Technology*, 111, 390-397.
14. Kopsell, D. A. & Lefsrud, M. G. & Kopsell, D. E. & Curran Celentano, J. (2005). Air temperature affects biomass and carotenoid pigment accumulation in kale and spinach grown in a controlled environment. *Hortscience*, 40(7), 2026-2030. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.40.7.2026> EDN: <https://elibrary.ru/MFRVSL>
15. Bocquet, L. & Sahpaz, S. & Hilbert, J. L. & Rambaud, C. (2018). *Humulus lupulus* L., a very popular beer ingredient and medicinal plant: overview of its phytochemistry, its bioactivity, and its biotechnology. *Phytochem Rev*, (17), 1047-1090. <https://doi.org/10.1007/s11101-018-9584-y> EDN: <https://elibrary.ru/KKXZIB>
16. Lyu, J. I. & Ryu, J. & Seo, K. S. & Kang, K. Y. & Park, S. H. & Ha, T. H. & Ahn, J. W. & Kang, S. Y. (2022). Comparative Study on Phenolic Compounds and Antioxidant Activities of Hop (*Humulus lupulus* L.) Strobile Extracts. *Plants*, (11), 135. <https://doi.org/10.3390/plants11010135> EDN: <https://elibrary.ru/CWQHXA>
17. Maša, K. & Eva, Š. & Iztok, J. K. & Željko, K. & Urban, B. (2019). Hop Compounds: Extraction Techniques, Chemical Analyses, Antioxidative, Antimicrobial, and Anticarcinogenic Effects. *Nutrients*, (11), 257. <https://doi.org/10.3390/nu11020257>

18. Muzykiewicz, A. & Nowak, A. & Zielonka-Brzezicka, J. & Florkowska, K. & Duchnik, W. & Klimowicz, A. (2019). Comparison of antioxidant activity of extracts of hop leaves harvested in different years. *Herba Pol*, 65, 1-9. <https://doi.org/10.2478/hepo-2019-0013>
19. Mozafar, A. (2008). Nitrogen fertilizers and the amount of vitamins in plants. *Plant Nutrition*, 16(12), 2479-2506. <https://doi.org/10.1080/01904169309364698>
20. Nionelli, L. & Pontonio, E. & Gobetti, M. & Rizzello, C. G. (2018). Use of hop extract as antifungal ingredient for bread making and selection of autochthonous resistant starters for sourdough fermentation. *Int. J. Food Microbiol*, 266, 173-172. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2017.12.002>
21. Okafor, V. N. & Anyalebechi, R. I. & Okafor, U. W. & Okonkwo, C. P. & Obiefuna, J. N. et al. (2020). Phytochemical Constituents of Extracts of Hops and Some Potential Nigerian Hop Substitutes: A Comparative Study in Beer Brewing. *Int J Biol Chem Res*, 11(1), 1-7. <https://www.researchgate.net/publication/350005833>
22. Al Hussein, D. & Almugrabi, E. & Mostyakova, A. & Timofeeva, A. (2023). Phytochemical composition of *Humulus Lupulus* L. in ontogeny under different treatments. *E3S Web of Conferences*, 381, 01022. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338101022> EDN: <https://elibrary.ru/KDHRXU>
23. Quifer-Rada, P. & Vallverdú-Queralt, A. & Martínez-Huélamo, M. & Chiva-Blanch, G. & Jáuregui, O. & Estruch, R. & Lamuela-Raventós, R. (2015). A comprehensive characterisation of beer polyphenols by high resolution mass spectrometry (LC-ESI-LTQ-Orbitrap-MS). *Food Chem*, 169, 336-343. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.07.154>
24. Rodolfi, M. & Barbanti, L. & Giordano, C. & Rinaldi, M. & Fabbri, A. & Pretti, L. & Casolari, R. & Beghé, D. & Petrucci, R. & Ganino, T. (2021). The Effect of Different Organic Foliar Fertilization on Physiological and Chemical Characters in Hop (*Humulus lupulus* L., cv Cascade) Leaves and Cones. *Appl. Sci.*, (11), 6778. <https://doi.org/10.3390/app11156778> EDN: <https://elibrary.ru/NIVHWI>
25. Stanius, Ž. & Dūdenas, M. & Kaškonienė, V. & Stankevičius, M. M. & Skrzydlewska, E. & Drevinskas, T. & Ragažinskienė, O. & Obelevičius, K. & Maruška, A. (2022). Analysis of the Leaves and Cones of Lithuanian Hops (*Humulus lupulus* L.) Varieties by Chromatographic and Spectrophotometric Methods. *Molecules*, 27, 2705. <https://doi.org/10.3390/molecules27092705> EDN: <https://elibrary.ru/CMGBSD>
26. Schmidt, S. & Zietz, M. & Schreiner, M. & Rohn, S. & Kroh, L. & Krumbein, A. (2010). Genotypic and climatic influences on the concentration and compo-

- sition of flavonoids in Kale (*Brassica oleracea* var. *sabellica*). *Food Chemistry*, 119, 1293-1299. <https://doi.org/10.1021/jf9033909> EDN: <https://elibrary.ru/NAZVGT>
27. Wei, S. & Sun, T. & Du, J. & Zhang, B. & Xiang, D. & Li, W. (2018). Xanthohumol, a prenylated flavonoid from Hops, exerts anticancer effects against gastric cancer in vitro. *Oncol. Rep.*, 40, 3213-3222. <https://doi.org/10.3892/or.2018.6723>
28. Shui, Y. C. & Feng, X. & Yan, W. (2009). Advances in the study of flavonoids in Ginkgo biloba leaves. *Medicinal Plant Research*, 3, 1248-1252. <http://www.academicjournals.org/JMPR>
29. Scheible, W. & Morcuende, R. & Czechowski, T. & Fritz, C. & Osuna, D. & Palacios-Rojas, N. & Schindelasch, D. & Thimm, O. & Udvardi, M. K. & Stitt, M. (2004). Genome-Wide Reprogramming of Primary and Secondary Metabolism, Protein Synthesis, Cellular growth processes, and the regulatory infrastructure of Arabidopsis in response to nitrogen. *Plant Physiology*, 136, 2483-2499. <https://doi.org/10.1104/pp.104.047019>
30. Taylor, A. W. & Barofsky, E. & Kennedy, J. A. & Deinzer, M. L. (2003). Hop (*Humulus lupulus* L.) proanthocyanidins characterized by mass spectrometry, acid catalysis, and gel permeation chromatography. *J. Agric Food Chem*, 51, 4101-4110. <https://doi.org/10.1021/jf0340409>
31. Tanaka, Y. & Yanagida, A. & Komeya, S. et al. (2014). Comprehensive separation and structural analyses of polyphenols and related compounds from bracts of hops (*Humulus lupulus* L.). *J Agric Food Chem*, 62(10), 2198-2206. <https://doi.org/10.1021/jf405544n> EDN: <https://elibrary.ru/SSVWBJ>
32. Treutter, D. (2010). Managing Phenol Contents in Crop Plants by Phytochemical Farming and Breeding-Visions and Constraints. *International Journal of Molecular Sciences*, (11), 807-857. <https://doi.org/10.3390/ijms11030807> EDN: <https://elibrary.ru/MZMCTJ>
33. Abrama, V. & Cehb, B. & Vidmara, M. & Hercezia, M. & Lazića, N. & Bucika, V. & Možinaa, S. S. & Koširb, I. J. & Lea Demšara, M. K. & Ulriha, N. P. (2015). A comparison of antioxidant and antimicrobial activity between hop leaves and hop cones. *Industrial Crops and Products*, 64, 124-134.
34. Wang, M. & Zheng, Q. & Shen, Q. & Guo, S. (2013). The critical role of potassium in plant stress response. *International Journal of Molecular Sciences*, 14(4), 7370-7390. <https://doi.org/10.3390/ijms14047370>
35. Zanolì, P. & Zavatti, M. (2008). Pharmacognostic and pharmacological profile of *Humulus lupulus* L. *J. Ethnopharmacol.*, 116, 383-396. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2008.01.011> EDN: <https://elibrary.ru/PRUNSW>

References

1. Almugraby, E. (2021). Phytochemical composition and antioxidant status of Brassica oleraceae L. under the action of natural and synthetic plant growth regulators (Doctoral dissertation). Kazan, 170 p.
2. Kireeva, T. B., & Kitova, E. A. (2006). Ecological ontogenetic features of tannin accumulation in the grass of common oregano under the conditions of Udmurtia. *Biology*, (10), 85-96.
3. Malankina, E. L. Medicinal use of hops. Retrieved from https://www.greeninfo.ru/lianes/humulus_lupulus.html/Article/_/aID/5359
4. Sazhina, N. N., & Misin, V. M. (2011). Measurement of total phenolic compounds content in different parts of medicinal plants. *Chemistry of Plant Raw Materials*, (3), 149-152. EDN: <https://elibrary.ru/OHSURD>
5. Shafikova, S. F. (2013). Pharmacognostic study of common hop leaves (*Humulus lupulus* L.) (Doctoral dissertation). Samara, 181 p. EDN: <https://elibrary.ru/YGMBGB>
6. Astray, G. & Gullón, P. & Gullón, B. & Munekata, P. E. & Lorenzo, J. M. (2020). *Humulus lupulus* L. as a natural source of functional biomolecules. *Appl. Sci.*, 10, 5074. <https://doi.org/10.3390/app10155074> EDN: <https://elibrary.ru/HVXHHX>
7. Colville, L. & Smirnoff, N. (2008). Antioxidant status, peroxidase activity, and PR protein transcript levels in ascorbate-deficient *Arabidopsis thaliana* vtc mutants. *Journal of Experimental Botany*, 59(14), 3857-3868. <https://www.jstor.org/stable/24037641>
8. Carbone, K. & Gervasi, F. (2022). An Updated Review of the Genus *Humulus*: A Valuable Source of Bioactive Compounds for Health and Disease Prevention. *Plants*, (11), 3434. <https://doi.org/10.3390/plants11243434> EDN: <https://elibrary.ru/UHHOVD>
9. Dedei, A. J. (2021). Assessment of mineral nutrient impact on metabolites accumulation in kale (*Brassica oleracea* var. *sabellica*). *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 13(3), 208-224. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-3-208-224> EDN: <https://elibrary.ru/GFXXKY>
10. Faivre, C. & Ghedira, K. & Goetz, P. et al. (2007). *Humulus lupulus* L. *Phytothérapie*, 5(2), 86-89. <https://doi.org/10.1007/s10298-007-0217-7>
11. Farag, M. A. & Porzel, A. & Schmidt, J. et al. (2011). Metabolite profiling and fingerprinting of commercial cultivars of *Humulus lupulus* L. (hop): a comparison of MS and NMR methods in metabolomics. *Metabolomics*, 8(3), 492-507. <https://doi.org/10.1007/s11306-011-0335-y> EDN: <https://elibrary.ru/IDBQZY>
12. Finkelstein, R. R. & Gampala, S. S. L. & Rock, C. (2002). Abscisic Acid Signaling in Seeds and Seedlings. *The Plant Cell*, 18, 15-45. <https://doi.org/10.1105/tpc.010441>

13. Gao, H. & Zhang, Z. & Lv, X. & Cheng, N. & Peng, B. & Cao, W. (2016). Effect of 24-epibrassinolide on chilling injury of peach fruit in relation to phenolic and proline metabolisms. *Postharvest Biology and Technology*, 111, 390-397.
14. Kopsell, D. A. & Lefsrud, M. G. & Kopsell, D. E. & Curran Celentano, J. (2005). Air temperature affects biomass and carotenoid pigment accumulation in kale and spinach grown in a controlled environment. *Hortscience*, 40(7), 2026-2030. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.40.7.2026> EDN: <https://elibrary.ru/MFRVSL>
15. Bocquet, L. & Sahpaz, S. & Hilbert, J. L. & Rambaud, C. (2018). *Humulus lupulus* L., a very popular beer ingredient and medicinal plant: overview of its phytochemistry, its bioactivity, and its biotechnology. *Phytochem Rev*, (17), 1047-1090. <https://doi.org/10.1007/s11101-018-9584-y> EDN: <https://elibrary.ru/KKXZIB>
16. Lyu, J. I. & Ryu, J. & Seo, K. S. & Kang, K. Y. & Park, S. H. & Ha, T. H. & Ahn, J. W. & Kang, S. Y. (2022). Comparative Study on Phenolic Compounds and Antioxidant Activities of Hop (*Humulus lupulus* L.) Strobile Extracts. *Plants*, (11), 135. <https://doi.org/10.3390/plants11010135> EDN: <https://elibrary.ru/CWQHXA>
17. Maša, K. & Eva, Š. & Iztok, J. K. & Željko, K. & Urban, B. (2019). Hop Compounds: Extraction Techniques, Chemical Analyses, Antioxidative, Antimicrobial, and Anticarcinogenic Effects. *Nutrients*, (11), 257. <https://doi.org/10.3390/nu11020257>
18. Muzykiewicz, A. & Nowak, A. & Zielonka-Brzezicka, J. & Florkowska, K. & Duchnik, W. & Klimowicz, A. (2019). Comparison of antioxidant activity of extracts of hop leaves harvested in different years. *Herba Pol*, 65, 1-9. <https://doi.org/10.2478/hepo-2019-0013>
19. Mozafar, A. (2008). Nitrogen fertilizers and the amount of vitamins in plants. *Plant Nutrition*, 16(12), 2479-2506. <https://doi.org/10.1080/01904169309364698>
20. Nionelli, L. & Pontonio, E. & Gobetti, M. & Rizzello, C. G. (2018). Use of hop extract as antifungal ingredient for bread making and selection of autochthonous resistant starters for sourdough fermentation. *Int. J. Food Microbiol*, 266, 173-172. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2017.12.002>
21. Okafor, V. N. & Anyalebechi, R. I. & Okafor, U. W. & Okonkwo, C. P. & Obiefuna, J. N. et al. (2020). Phytochemical Constituents of Extracts of Hops and Some Potential Nigerian Hop Substitutes: A Comparative Study in Beer Brewing. *Int J Biol Chem Res*, 11(1), 1-7. <https://www.researchgate.net/publication/350005833>
22. Al Hussein, D. & Almugrabi, E. & Mostyakova, A. & Timofeeva, A. (2023). Phytochemical composition of *Humulus Lupulus* L. in ontogeny under different treatments. *E3S Web of Conferences*, 381, 01022. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338101022> EDN: <https://elibrary.ru/KDHRXU>
23. Quifer-Rada, P. & Vallverdú-Queralt, A. & Martínez-Huélamo, M. & Chiva-Blanch, G. & Jáuregui, O. & Estruch, R. & Lamuela-Raventós, R. (2015). A comprehensive characterisation of beer polyphenols by high resolution mass

- spectrometry (LC-ESI-LTQ-Orbitrap-MS). *Food Chem*, 169, 336-343. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.07.154>
24. Rodolfi, M. & Barbanti, L. & Giordano, C. & Rinaldi, M. & Fabbri, A. & Pretti, L. & Casolari, R. & Beghé, D. & Petrucci, R. & Ganino, T. (2021). The Effect of Different Organic Foliar Fertilization on Physiological and Chemical Characters in Hop (*Humulus lupulus* L., cv Cascade) Leaves and Cones. *Appl. Sci.*, (11), 6778. <https://doi.org/10.3390/app11156778> EDN: <https://elibrary.ru/NIVHWI>
25. Stanius, Ž. & Dūdenas, M. & Kaškonienė, V. & Stankevičius, M. M. & Skrzydlewska, E. & Drevinskas, T. & Ragažinskienė, O. & Obelevičius, K. & Maruška, A. (2022). Analysis of the Leaves and Cones of Lithuanian Hops (*Humulus lupulus* L.) Varieties by Chromatographic and Spectrophotometric Methods. *Molecules*, 27, 2705. <https://doi.org/10.3390/molecules27092705> EDN: <https://elibrary.ru/CMGBSD>
26. Schmidt, S. & Zietz, M. & Schreiner, M. & Rohn, S. & Kroh, L. & Krumbein, A. (2010). Genotypic and climatic influences on the concentration and composition of flavonoids in Kale (*Brassica oleracea* var. sabellica). *Food Chemistry*, 119, 1293-1299. <https://doi.org/10.1021/jf9033909> EDN: <https://elibrary.ru/NAZVGT>
27. Wei, S. & Sun, T. & Du, J. & Zhang, B. & Xiang, D. & Li, W. (2018). Xanthohumol, a prenylated flavonoid from Hops, exerts anticancer effects against gastric cancer in vitro. *Oncol. Rep.*, 40, 3213-3222. <https://doi.org/10.3892/or.2018.6723>
28. Shui, Y. C. & Feng, X. & Yan, W. (2009). Advances in the study of flavonoids in Gingko biloba leaves. *Medicinal Plant Research*, 3, 1248-1252. <http://www.academicjournals.org/JMPR>
29. Scheible, W. & Morcuende, R. & Czechowski, T. & Fritz, C. & Osuna, D. & Palacios-Rojas, N. & Schindelasch, D. & Thimm, O. & Udvardi, M. K. & Stitt, M. (2004). Genome-Wide Reprogramming of Primary and Secondary Metabolism, Protein Synthesis, Cellular growth processes, and the regulatory infrastructure of Arabidopsis in response to nitrogen. *Plant Physiology*, 136, 2483-2499. <https://doi.org/10.1104/pp.104.047019>
30. Taylor, A. W. & Barofsky, E. & Kennedy, J. A. & Deinzer, M. L. (2003). Hop (*Humulus lupulus* L.) proanthocyanidins characterized by mass spectrometry, acid catalysis, and gel permeation chromatography. *J. Agric Food Chem*, 51, 4101-4110. <https://doi.org/10.1021/jf0340409>
31. Tanaka, Y. & Yanagida, A. & Komeya, S. et al. (2014). Comprehensive separation and structural analyses of polyphenols and related compounds from bracts of hops (*Humulus lupulus* L.). *J Agric Food Chem*, 62(10), 2198-2206. <https://doi.org/10.1021/jf405544n> EDN: <https://elibrary.ru/SSVWBJ>

32. Treutter, D. (2010). Managing Phenol Contents in Crop Plants by Phytochemical Farming and Breeding-Visions and Constraints. *International Journal of Molecular Sciences*, (11), 807-857. <https://doi.org/10.3390/ijms11030807> EDN: <https://elibrary.ru/MZMCTJ>
33. Abrama, V. & Cehb, B. & Vidmara, M. & Hercezia, M. & Lazića, N. & Bucika, V. & Možinaa, S. S. & Koširb, I. J. & Lea Demšara, M. K. & Ulriha, N. P. (2015). A comparison of antioxidant and antimicrobial activity between hop leaves and hop cones. *Industrial Crops and Products*, 64, 124-134.
34. Wang, M. & Zheng, Q. & Shen, Q. & Guo, S. (2013). The critical role of potassium in plant stress response. *International Journal of Molecular Sciences*, 14(4), 7370-7390. <https://doi.org/10.3390/ijms14047370>
35. Zanolì, P. & Zavatti, M. (2008). Pharmacognostic and pharmacological profile of *Humulus lupulus* L. *J. Ethnopharmacol.*, 116, 383-396. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2008.01.011> EDN: <https://elibrary.ru/PRUNSW>

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Аль Хусейн Далаль, аспирант, кафедра ботаники и физиологии растений, институт фундаментальной медицины и биологии; ассистент, факультет сельского хозяйства
Казанский федеральный университет; Университет Аль-Фурад
ул. Кремлевская 18, г. Казань, 420008, Российская Федерация; Дейр-эз-Зор, Сирийская Арабская Республика
dalal.matar91@gmail.com

Алмуграби Есраа, старший преподаватель кафедры ботаники и физиологии растений, институт фундаментальной медицины и биологии
Казанский федеральный университет
ул. Кремлевская 18, г. Казань, 420008, Российская Федерация
esraaalmgrabe@gmail.com

Мостякова Антонина Анатольевна, доцент кафедры ботаники и физиологии растений, институт фундаментальной медицины и биологии
Казанский федеральный университет
ул. Кремлевская 18, г. Казань, 420008, Российская Федерация
runga540@mail.ru

Тимофеева Ольга Арнольдовна, доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой ботаники и физиологии растений, институт фундаментальной медицины и биологии

*Казанский федеральный университет
ул. Кремлевская 18, г. Казань, 420008, Российская Федерация
otimofeeva2008@mail.ru*

DATA ABOUT THE AUTHORS

Dalal Al Hussein, PhD Student, Department of Botany, Plant Physiology and Biochemistry Institute of Fundamental Medicine and Biology; Assistant, Faculty of Agriculture
*Kazan Federal University; Al-Furat University
18, Kremlyovskaya Str., Kazan, Republic of Tatarstan, 420008, Russian Federation; Deir -ez-Zor, Syrian Arab Republic
dalal.matar91@gmail.com*

Esraa Almugrabi, Senior Instructor, Department of Botany and Plant Physiology, Institute of Fundamental Medicine and Biology
*Kazan Federal University
18, Kremlyovskaya Str., Kazan, Republic of Tatarstan, 420008, Russian Federation
esraaalmgrabe@gmail.com*

Antonina A. Mostyakova, Associate Professor, Department of Botany and Plant Physiology, Institute of Fundamental Medicine and Biology
*Kazan Federal University
18, Kremlyovskaya Str., Kazan, Republic of Tatarstan, 420008, Russian Federation
runga540@mail.ru*

Olga A. Timofeeva, Dr. of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Botany, Plant Physiology and Biochemistry, Institute of Fundamental Medicine and Biology
*Kazan Federal University
18, Kremlyovskaya Str., Kazan, Republic of Tatarstan, 420008, Russian Federation
otimofeeva2008@mail.ru*

Поступила 16.05.2024

После рецензирования 14.09.2024

Принята 29.11.2024

Received 16.05.2024

Revised 14.09.2024

Accepted 29.11.2024