

Для интенсификации процесса экстракции была применена ультразвуковая обработка в опыте (20 kHz, 50W, импульс 2 сек, 60 минут) сухой биомассы (300 мкг) в 85%-ном этаноле (5 мл) при температуре 50°C. Ультразвуковое воздействие способствовало разрушению клеточных структур и увеличению выхода β -каротина (Табл. 2), что соответствует современным подходам к повышению эффективности экстракции биологически активных веществ [4].

Среди исследованных растворителей наибольшую эффективность продемонстрировал этанол, обеспечивающий высокий выход каротиноидов и соответствующий требованиям биотехнологической безопасности [1,4]. Применение ультразвуковой обработки позволяет значительно повысить эффективность экстракции и может быть рекомендовано для дальнейшей оптимизации процессов получения каротиноидов из микроводорослей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Zhang J., Kong F., Li X. Optimization of carotenoid accumulation in *Dunaliella salina* under stress conditions // *Bioresources and Bioprocessing*. – 2022. – Т. 9, № 1. – С. 1–12.
2. Christaki E., Bonos E., Giannenas I. Microalgae as a natural source of carotenoids for food and feed applications // *Marine Drugs*. – 2021. – Т. 19, № 5. – С. 1–26.
3. Sayegh F., Taha A., Al-Haj L. Ultrasound-assisted extraction of carotenoids from microalgae biomass // *Frontiers in Marine Science*. – 2025. – Т. 12. – С. 1–14.
4. Rodríguez-Amaya D.B. Update on natural food carotenoids: sources, stability and extraction methods // *Food Chemistry*. – 2021. – Т. 338. – С. 127–135.
5. López-Cruz R., Cerón-García M.C., Fernández-Sevilla J.M. Ethanol-based extraction of β -carotene from *Dunaliella salina* // *Algal Research*. – 2023. – Т. 68. – С. 102–110.

УДК: 547.372

С. А. Вахапова, маг., С. Д. Тангирова, маг.,
Ш. З. Муродова, студ. (КИУТ, г.Ташкент, Узбекистан)

ЗВЕРОБОЙ ПРОДЫРЯВЛЕННЫЙ И ЕГО АНТИМИКРОБНАЯ АКТИВНОСТЬ

Высокий уровень ультрафиолетового облучения в Узбекистане дает возможность растениям накапливать высокое содержание флавоноидов и определяет их высокий потенциал для фармацевтической промышленности. Поэтому, с точки зрения сырьевой базы для разра-

ботки фитопрепаратов, наиболее предпочтительными являются лекарственные растения, выращенные в странах с сухим и жарким климатом. В растениях фенольные соединения, представляющие собой один из наиболее распространенных и многочисленных классов БАВ, содержатся в свободном состоянии или в виде гликозидов. Их количество варьируется от десятых долей до 30 % и выше (дубильные вещества). Именно эта группа биологически активных веществ или отдельные ее представители обладают разнообразными фармакологическими свойствами, что используется на практике при разработке лекарственных средств [1].

Выявлено, что спектр БАВ в лекарственных растениях может включать десятки и сотни компонентов. Качественный состав и количество этих соединений зависят от условий произрастания растений, фазы развития, времени сбора, способа сушки, времени и способа хранения и других факторов [2, 3]. Накопление вторичных метаболитов растениями зависит от таких факторов, как температура, освещенность, продолжительность дня и ночи, период вегетации, влажность, количество питательных веществ и микроэлементов и т. д.

Целью настоящей работы явилось изучение антимикробной активности зверобоя продырявленного (*Hypericum perforatum*), собранного в Угам-Чаткальском государственном биосферном резервате, Узбекистан. Для выделения флавоноидов из растений навеску сухого растительного сырья массой 0,1 г измельчали с добавлением 10 мл 70%-ного этилового спирта в фарфоровой ступке. Экстракцию проводили в течение 1 часа. Затем спиртовое извлечение количественно переносили в центрифужную пробирку и центрифугировали 5000 об/мин в течение 10 мин. Определение суммарного содержания флавоноидов проводили методом Фолина-Чокальтеу в модификации Синглтона и Росси, который основан на реакции фенолов с реактивом Фолина-Чокальтеу [4–5].

Антимикробную активность определяли методом луночно-диффузионного агара [6]. В ходе эксперимента метод был немного изменен. Грамположительные бактерии включают: *Staphylococcus aureus* 91 и *Bacillus subtilis* 5; грамотрицательные бактерии: *Pseudomonas aeruginosa* 225 и *Escherichia coli* 221. Все бактериальные суспензии были получены с титром $1,5 \times 10^8$ КОЕ/мл в соответствии со стандартом McFarland. Бактериальные суспензии разливали по 0,5 мл, высевали на поверхность мясо-пептонного агара (ГПА) в чашках Петри и инкубировали в течение 15 минут. Экстракты разбавляли ДМСО до концентрации 50 мг/мл. Затем по 100 мкл образцов помещали в лунки (лунки), сформированные в чашке Петри. После

инкубации чашек Петри при 37°C в течение 24 часов (рис.1, табл. 1) измеряли площадь ингибирования.



Рисунок 1 – Площадь ингибирования микроорганизмов

Противомикробная активность экстракта *Hypericum perforatum*

Тест микроорганизмов				
<i>Bacillus subtilis</i> -5	<i>Escherichia coli</i> -221	<i>Staphylococcus aureus</i> -91	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> -225	<i>Candida albicans</i> -247
14	-	-	-	18

Этанольные фракции зверобоя прордырявленного проявляли противомикробную активность по отношению *Bacillus subtilis* (14 мм) и *Candida albicans* (18 мм).

Полученные результаты свидетельствуют о выраженной селективной антимикробной активности этанольных экстрактов *Hypericum perforatum*. Установлено, что исследуемый экстракт проявлял ингибирующее действие в отношении *Bacillus subtilis*-5 (зона подавления роста 14 мм) и дрожжеподобного гриба *Candida albicans*-247 (18 мм), тогда как активность в отношении *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* и *Pseudomonas aeruginosa* не была выявлена.

Выраженная чувствительность *Bacillus subtilis* может быть связана с особенностями строения клеточной стенки грамположительных бактерий, характеризующихся отсутствием внешней мембраны, что облегчает проникновение фенольных соединений и флавоноидов в клетку. Напротив, грамотрицательные бактерии, такие как *E. coli* и *P. aeruginosa*, обладают дополнительным липополисахаридным барьером, существенно снижающим проницаемость клеточной оболочки для полифенольных соединений, что согласуется с данными, представленными в литературе.

Значительная противогрибковая активность экстракта в отношении *Candida albicans* может быть обусловлена воздействием флавоноидов на целостность клеточной мембраны грибов, ингибированием синтеза эргостерола и нарушением ферментативных процессов, участвующих в энергетическом обмене. Известно, что флавоноиды зверобоя, включая кверцетин, рутин и гиперидиноподобные соединения, обладают мембранотропным и окислительно-восстановительным

механизмами действия, что может объяснять полученный эффект.

Следует отметить, что отсутствие активности в отношении *Staphylococcus aureus* может быть связано как с индивидуальной устойчивостью штамма, так и с концентрацией биологически активных веществ в экстракте, которая, в свою очередь, определяется эколого-климатическими условиями произрастания растения, фазой вегетации и технологическими параметрами экстракции. Учитывая, что сырье было собрано в условиях высокой солнечной инсоляции Угам-Чаткальского биосферного резервата, можно предположить преобладание определённых групп вторичных метаболитов, отвечающих за противогрибковую и ограниченную антибактериальную активность.

Таким образом, полученные данные подтверждают, что антимикробный эффект зверобоя продырявленного носит избирательный характер, что является типичным для фитопрепаратов, содержащих комплекс фенольных соединений, и подчеркивает необходимость дальнейших исследований, направленных на фракционирование экстракта и идентификацию активных компонентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Леонтьев В.Н., Игнатовец О.С., Феськова Е.В., Страх Я.Л., Мирзарахметова Д.Т. Сравнительный анализ флавоноидов лекарственных растений, произрастающих в различных геоклиматических зонах // Материалы Международ. науч. конф., посвящ. 86-летию Центрального ботанического сада НАН Беларуси. Минск, -2022. – С. 268–271.
2. Биологически активные вещества пряно-ароматических и лекарственных растений коллекции Никитского ботанического сада / А.Е. Палий [и др.] // Сб. науч. тр. / Гос. Никит. ботан. сад. – Ялта, 2014. – Т. 139. – С. 107–115.
3. Evaluation of antimicrobial activities of commercial herb and spice extracts against selected food-borne bacteria / A. M. Witkowska [et al.] // J. of Food Research. – 2013. – Vol. 2, № 4. – P. 37–54.
4. Matei A.O. Analysis of Phenolic Compounds in Some Medicinal Herbs by LC–MS / A.O. Matei, F. Gatea, G.L. Radu // Journal of Chromatographic Science. – 2015. – Vol. 53, - Issue 7. – P. 1147–1154.
5. Singleton V.L. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin–ciocalteu reagent / V.L. Singleton, R. Orthofer, L.R. Rosa M. // Methods in Enzymology – 1999. – Vol. 299. – P. 152–178.
6. Мирзарахметова Д., Турадбекова А., Рахматуллаева Р., Джуманиязова Г., Пулатходжаева З., Муродова Ш., Мирзаулукова М. // Биоудобрения нового поколения – стимуляторы роста и развития лекарственных растений. Материалы международной конференции

«Современные тенденции развития биологической и химической технологий. Ташкент. – 2023. – С.98.

Авторы благодарят Министерство инновационного развития РУз за предоставление финансовой поддержки для выполнения научного проекта ИЛ-432105800 «Разработка ранозаживляющего средства на основе комплекса флавоноидов растений, произрастающих в Республике Узбекистан»

УДК 664.863.813:577.118

А. Н. Никитенко, канд. техн. наук, доц.,
Д. А. Янчевская, студ. (БГТУ, г. Минск)

КОНТРОЛЬ СОДЕРЖАНИЯ НАТРИЯ, КАЛИЯ, КАЛЬЦИЯ И МАГНИЯ В СОКОВОЙ ПРОДУКЦИИ

Соковая продукция является важным источником макроэлементов (Na, K, Ca, Mg). Контроль их содержания является важным критерием идентификации и необходим для оценки пищевой ценности, соответствия требованиям технических регламентов.

Цель работы – определение массовых концентраций натрия, калия, кальция и магния в образцах соковой продукции с применением метода атомно-абсорбционной спектроскопии.

В качестве объекта исследования использовался образец восстановленного фруктового сока, производства Республики Беларусь.

Наиболее распространенным и регламентированным методом определения макроэлементов в соковой продукции является атомно-абсорбционная спектроскопия (далее – ААС). Метод основан на измерении поглощения оптического излучения атомами определяемых элементов при их переходе в атомарное состояние.

Основные достоинства метода:

- высокая селективность и точность (относительная погрешность не превышает 3–5 %);
- низкие пределы обнаружения;
- возможность определения элементов в широком диапазоне концентраций;
- возможность использования различных методов атомизации (пламенная, электротермическая);
- соответствие требованиям современных ТНПА.

Специально для определения натрия, калия, кальция и магния в соковой продукции разработан межгосударственный стандарт ГОСТ 33462, который устанавливает методику измерений массовой