

УДК 615.277.3:615.322  
AGRIS F60

https://doi.org/10.33619/2414-2948/112/03

## БИОХИМИЯ И ФАРМАКОЛОГИЧЕСКИЕ ДЕЙСТВИЯ ВТОРИЧНЫХ МЕТАБОЛИТОВ В РАСТЕНИЯХ

©*Аббаслы С. Н.*, ORCID: 0009-0002-7238-0885, Нахчыванский государственный университет, г. Нахчыван, Азербайджан, *semennazabbasli@ndu.edu.az*

©*Гусейнова А. Э.*, Нахчыванский государственный университет, г. Нахчыван, Азербайджан, *azizahuseynova@ndu.edu.az*

## BIOCHEMISTRY AND PHARMACOLOGICAL EFFECTS OF SECONDARY METABOLITES IN PLANTS

©*Abbasli S.*, ORCID: 0009-0002-7238-0885, Nakhchivan State University, Nakhchivan, Azerbaijan, *semennazabbasli@ndu.edu.az*

©*Huseynova A.*, Nakhchivan State University,

Nakhchivan, Azerbaijan, *azizahuseynova@ndu.edu.az*

*Аннотация.* Рассмотрены биохимия вторичных метаболитов и их фармакологические эффекты. Представлен краткий анализ литературных данных о вторичных метаболитах и способах их использования. Представлена краткая характеристика и дано их описание. Вторичные метаболиты растений имеют большое значение не только с биохимической и экологической, но и с фармакологической точки зрения. Их антибактериальное, противогрибковое, противовоспалительное, антиоксидантное и противораковое действие нашли широкую область применения в медицине.

*Abstract.* The biochemistry of secondary metabolites and their pharmacological effects are considered. A brief analysis of literary data on secondary metabolites and methods of their use is presented. A brief characteristic and description are given. Secondary metabolites of plants are of great importance not only from a biochemical and ecological point of view, but also from a pharmacological point of view. Their antibacterial, antifungal, anti-inflammatory, antioxidant and anticancer effects have found a wide range of application in medicine.

*Ключевые слова:* вторичные метаболиты, алкалоиды, фармакология.

*Keywords:* secondary metabolites, alkaloids, pharmacology.

Растения производят различные биохимические соединения, чтобы выжить и адаптироваться к окружающей среде. Хотя некоторые из этих соединений являются первичными метаболитами (углеводы, липиды и белки), другие называются «вторичными метаболитами» и выполняют экологические или защитные функции, не будучи связаны с жизненным циклом растений. Вторичные метаболиты — это соединения, которые усиливают естественные защитные системы растений и позволяют им выживать в различных средах. Также эти соединения очень важны с фармакологической точки зрения. В этой статье будет обсуждаться биохимия вторичных метаболитов и их фармакологические эффекты.

Типы вторичных метаболитов. Вторичные метаболиты в основном делятся на три категории: алкалоиды, терпеноиды и полифенолы.

**Алкалоиды.** Эти соединения содержат атом азота и часто обладают психоактивными свойствами. У растений эти вещества выполняют защитную и противопаразитарную функции. Алкалоиды имеют широкий спектр применения; например, морфин и кодеин действуют как обезболивающие, а кокаин и никотин действуют как стимуляторы.

**Терпеноиды.** Терпеноиды являются основными компонентами эфирных масел растений и обладают противовоспалительными, антибактериальными и противогрибковыми свойствами. Они также участвуют в формировании запаха и цвета растений. Например, лимонен и ментол являются природными терпеноидами.

**Полифенолы.** Полифенолы известны своими антиоксидантными свойствами в растениях. Они защищают растение от окислительного стресса и борются с различными заболеваниями. Например, в эту категорию попадают флавоноиды и стильбены, обладающие множеством противовоспалительных и антиканцерогенных эффектов [2-5].

Биосинтез вторичных метаболитов представляет собой очень сложный процесс и осуществляется в растениях различными биохимическими путями. Эти пути в основном включают различные биохимические сети, такие как шикиматный путь, мевалонатный путь и фенилпропаноидный путь. Алкалоиды в основном образуются из цепочек аминокислот, особенно фенилаланина и триптофана. Например, алкалоид морфин образуется в результате ферментативных реакций таких веществ, как фенилаланин и тирозин. Биосинтез терпеноидов происходит на основе сети соединений изопрена. Эти вещества биосинтезируются по мевалонатному пути и пути DXP (дезоксисилулозо-5-фосфат). Терпеноиды входят в состав эфирных масел растений и обладают ароматическими свойствами. Биосинтез полифенолов происходит по фенилпропаноидному пути и шикиматному пути. Аминокислоты фенилаланин и тирозин являются основными предшественниками биосинтеза полифенолов. Флавоноиды и стильбены являются основными продуктами этого биосинтеза [4, 5, 7, 9].

Вторичные метаболиты — это органические соединения, вырабатываемые растениями, бактериями, грибами и другими организмами, но не участвующие непосредственно в их росте, развитии или размножении. Эти вещества играют важную роль во взаимодействии организмов с окружающей средой и широко используются человеком в медицине, пряностях, пигментах и других целях. Вторичные метаболиты в основном делятся на три основных класса: фенольные соединения, терпеноиды и алкалоиды. Фенольные соединения обладают антиоксидантными, противораковыми и противовоспалительными свойствами. Терпеноиды проявляют различную биологическую активность, такую как противотуберкулезное, противораковое действие и т. д.

С другой стороны, алкалоиды часто известны своим фармакологическим, рекреационным действием и действием на центральную нервную систему. Например, вторичный метаболит *Artemisia annua* L. широко используют при лечении малярии. Другим примером является алкалоид морфин, который используется как болеутоляющее средство. На биосинтез вторичных метаболитов влияют факторы окружающей среды, особенно свет. Различное качество света, интенсивность и фотопериоды регулируют накопление вторичных метаболитов в растениях. При определенных условиях освещенности в растениях может увеличиваться синтез полифенолов, алкалоидов и терпеноидов [2, 3, 12].

Вторичные метаболиты не только помогают растениям выжить, но также обладают множеством фармакологических эффектов, которые могут положительно повлиять на здоровье человека. Многие из этих соединений обладают лечебными свойствами и используются для профилактики или лечения различных заболеваний. Вторичные метаболиты, особенно алкалоиды и терпеноиды, обладают антибактериальным и

противогрибковым действием. Например, помимо обезболивающего эффекта морфина, эфирные масла борются с различными бактериями. Многие полифенолы и терпеноиды останавливают пролиферацию раковых клеток, регулируя клеточный цикл. Например, такие вещества, как ресвератрол и кемпферол, обладают противораковым действием [1, 3, 12].

Флавоноиды и терпеноиды входят в число вторичных метаболитов, которые предотвращают воспаление и помогают уменьшить боль. Например, такие вещества, как ментол и ибупрофен, обладают противовоспалительным действием. Антиоксидантные свойства полифенолов помогают замедлить процесс старения, защищая клетки от свободных радикалов. Флавоноиды и стильбены уменьшают воздействие свободных радикалов [1, 8-11].

Вторичные метаболиты растений имеют большое значение не только с биохимической и экологической, но и с фармакологической точки зрения. Их антибактериальное, противогрибковое, противовоспалительное, антиоксидантное и противораковое действие нашли широкую область применения в медицине. Углубление этих исследований и открытие новых вторичных метаболитов позволят в будущем разработать более эффективные лекарства.

#### *Список литературы:*

1. Аллахвердиев А. М. Основы биотехнологии соматических и стволовых клеток. Баку, 2021.
2. Борисова Г. Г., Ермошин А. А., Малева М. Г. Чукина Н. В. Основы биохимии вторичного обмена растений. М.: ФЛИНТА, 2018. 128 с.
3. Загоскина Н. В., Бурлакова Е. Б. Фенольные соединения: фундаментальные и прикладные аспекты. М.: Научный мир, 2010. 399 с.
4. Wink M. Medicinal plants: a source of anti-parasitic secondary metabolites // *Molecules*. 2012. V. 17. №11. P. 12771-12791. <https://doi.org/10.3390/molecules171112771>
5. Saito K., Yonekura-Sakakibara K., Nakabayashi R., Higashi Y., Yamazaki M., Tohge T., Fernie A. R. The flavonoid biosynthetic pathway in Arabidopsis: structural and genetic diversity // *Plant Physiology and Biochemistry*. 2013. V. 72. P. 21-34. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2013.02.001>
6. Yonekura-Sakakibara K., Higashi Y., Nakabayashi R. The origin and evolution of plant flavonoid metabolism // *Frontiers in plant science*. 2019. V. 10. P. 943. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00943>
7. Gershenzon J. Alkaloids: Biochemistry, Ecology, and Medicinal Applications // *Crop Science*. 1999. V. 39. №4. P. 1251-1251.
8. Van Breemen R. B., Li Y. Caco-2 cell permeability assays to measure drug absorption // *Expert opinion on drug metabolism & toxicology*. 2005. V. 1. №2. P. 175-185. <https://doi.org/10.1517/17425255.1.2.175>
9. Mehra A., Chatterjee A., Kumar N. Biochemistry and applications of flavonoids // *The Flavonoids*. Apple Academic Press, 2024. P. 79-98.
10. Yang W., Chen X., Li Y., Guo S., Wang Z., Yu X. Advances in pharmacological activities of terpenoids // *Natural Product Communications*. 2020. V. 15. №3. P. 1934578X20903555.
11. Omar F., Tareq A. M., Alqahtani A. M., Dhama K., Sayeed M. A., Emran T. B., Simal-Gandara J. Plant-based indole alkaloids: A comprehensive overview from a pharmacological perspective // *Molecules*. 2021. V. 26. №8. P. 2297. <https://doi.org/10.3390/molecules26082297>
12. Diaz P., Jeong S. C., Lee S., Khoo C., Koyyalamudi S. R. Antioxidant and anti-inflammatory activities of selected medicinal plants and fungi containing phenolic and flavonoid compounds // *Chinese medicine*. 2012. V. 7. P. 1-9. <https://doi.org/10.1186/1749-8546-7-26>

*References:*

1. A. M. Allahverdiyev. Fundamentals of Somatic and Stem Cell Biotechnology, Baku, 2021
2. Borisova G. G., Ermoshin A. A., Maleva M. G., Chukina N. V. Fundamentals of Plant Secondary Metabolism Biochemistry. Ekaterinburg, 2014, 128 p.
3. Phenolic Compounds: Fundamental and Applied Aspects / eds. N. V. Zagoskina, E. B. Burlakova; Institute of Plant Physiology, Russian Academy of Sciences. Moscow: Nauch. mir, 2010. 400 p.
4. Wink, M. (2012). Medicinal plants: a source of anti-parasitic secondary metabolites. *Molecules*, 17(11), 12771-12791. <https://doi.org/10.3390/molecules171112771>
5. Saito, K., Yonekura-Sakakibara, K., Nakabayashi, R., Higashi, Y., Yamazaki, M., Tohge, T., & Fernie, A. R. (2013). The flavonoid biosynthetic pathway in Arabidopsis: structural and genetic diversity. *Plant Physiology and Biochemistry*, 72, 21-34. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2013.02.001>
6. Yonekura-Sakakibara, K., Higashi, Y., & Nakabayashi, R. (2019). The origin and evolution of plant flavonoid metabolism. *Frontiers in plant science*, 10, 943. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00943>
7. Gershenzon, J. (1999). Alkaloids: Biochemistry, Ecology, and Medicinal Applications. *Crop Science*, 39(4), 1251-1251.
8. Van Breemen, R. B., & Li, Y. (2005). Caco-2 cell permeability assays to measure drug absorption. *Expert opinion on drug metabolism & toxicology*, 1(2), 175-185. <https://doi.org/10.1517/17425255.1.2.175>
9. Mehra, A., Chatterjee, A., & Kumar, N. (2024). Biochemistry and applications of flavonoids. In *The Flavonoids* (pp. 79-98). Apple Academic Press.
10. Yang, W., Chen, X., Li, Y., Guo, S., Wang, Z., & Yu, X. (2020). Advances in pharmacological activities of terpenoids. *Natural Product Communications*, 15(3), 1934578X20903555.
11. Omar, F., Tareq, A. M., Alqahtani, A. M., Dhama, K., Sayeed, M. A., Emran, T. B., & Simal-Gandara, J. (2021). Plant-based indole alkaloids: A comprehensive overview from a pharmacological perspective. *Molecules*, 26(8), 2297. <https://doi.org/10.3390/molecules26082297>
12. Diaz, P., Jeong, S. C., Lee, S., Khoo, C., & Koyyalamudi, S. R. (2012). Antioxidant and anti-inflammatory activities of selected medicinal plants and fungi containing phenolic and flavonoid compounds. *Chinese medicine*, 7, 1-9. <https://doi.org/10.1186/1749-8546-7-26>

Работа поступила  
в редакцию 31.01.2025 г.

Принята к публикации  
09.02.2025 г.

*Ссылка для цитирования:*

Аббаслы С. Н., Гусейнова А. Э. Биохимия и фармакологические действия вторичных метаболитов в растениях // Бюллетень науки и практики. 2025. Т. 11. №3. С. 32-35. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/112/03>

*Cite as (APA):*

Abbasli, S., & Huseynova, A. (2025). Biochemistry and Pharmacological Effects of Secondary Metabolites in Plants. *Bulletin of Science and Practice*, 11(3), 32-35. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/112/03>