

Рис. 2 – Зависимость интенсивности флуоресценции флуоресцеина (A) от логарифма концентрации (C) молозива (M) (1), ультрафильтрата гидролизата молозива ($ГМ-УФ$) (2), комплекса ультрафильтрата гидролизата молозива с циклодекстрином ($ГМ-ЦД$) (3) и циклодекстрина ($ЦД$) (4)

Таким образом, показано повышение антиоксидантной активности благодаря гидролизу и последующей ультрафильтрации молока и молозива за счет обогащения низкомолекулярной фракцией. Показатели A_{\max} образцов ультрафильтратов гидролизованного молока и молозива возрастали на 7–9 %, а показатели IC_{50} уменьшались в 4,5–7,3 раза по сравнению с образцами КСБ и молозива. Образцы комплексов белков молока и молозива с циклодекстринами показывали повышение АОА по сравнению с исходными образцами КСБ и молозива, а также с циклодекстрином. Показатели A_{\max} образцов комплексов ГСБ–ЦД и ГМ–ЦД увеличивались на 17–21 % по сравнению с образцами КСБ и молозива и на 9–21 % по сравнению с циклодекстрином. Показатели IC_{50} по сухому веществу и по белку уменьшались в 2/10,7 раза. Сравнение комплексов белков молока и молозива с циклодекстринами с ультрафильтратами гидролизатов молока (ГСБ–УФ) и молозива (ГМ–УФ) показывает повышение показателя A_{\max} на 8–14 % при максимальных концентрациях и снижение показателей IC_{50} по белку в 1,3–2 раза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Wada, Y. Bioactive peptides derived from human milk proteins – mechanisms of action / Y. Wada, B. Lönnerdal // J. Nutr. Biochem. 2014. V. 25, № 5. P. 503–514.
2. Mohanty, D. et al. Antimicrobial peptides as natural bio-preservative to enhance the shelf-life of food / D. Mohanty // Int. J. Food Prop. 2016. V. 19. P. 837–846.
3. Tsabouri, S. Cow's milk allergenicity / S. Tsabouri, K. Douros, K.N. Priftis // Endocr. Metab. Immune. 2014. V. 14, № 1. P. 16–26.
4. Madureira, A.R. Invited review: physiological properties of bioactive peptides obtained from whey proteins / A.R. Madureira [et al.] // J. Dairy Sci. 2010. V. 93, № 2. P. 437–455.
5. Тарун Е.И. Антиоксидантная активность гексагидрохинолонов / Е.И. Тарун, А.В. Данькова, А.Н. Пырко // Журнал Белорусского государственного университета. Экология. – 2019. – № 2. – С. 77–83.

АНАЛИЗ АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ ТРУТОВЫХ ГРИБОВ, СОБРАННЫХ В РОССИИ, БЕЛАРУСИИ И КИТАЕ

ANALYSIS OF ANTIOXIDANT ACTIVITY OF GROOVE MUSHROOMS COLLECTED IN RUSSIA, BELARUS AND CHINA

**Е. И. Тарун¹, А. А. Туболева¹, Я. В. Павловская¹,
В. С. Гомонова¹, Х. Яньлинь¹, В. П. Курченко²
E. I. Tarun¹, A. A. Tuboleva¹, Y. V. Pavlovskaya¹,
V. S. Gomonova¹, X. Yanlin¹, V. P. Kurchenko²**

¹Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А.Д. Сахарова БГУ
г. Минск, Республика Беларусь

²Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь
ktarun@tut.by

¹Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus

²Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus

Проведено сравнительное изучение антиоксидантной активности экстрактов 21 вида трутовых грибов. Получены зависимости интенсивности флуоресценции флуоресцеина от логарифма концентрации экстрактов трутовых грибов, из которых графически определены показатели IC_{50} . Экстракты трутовых грибов восстанавливали флуоресценцию флуоресцеина до 81–98 % при концентрации образцов 0,1–1 %. Показатели IC_{50} находились в пределах $0,66\text{--}25 \cdot 10^{-4}$ %.

A comparative study of the antioxidant activity of extracts of 21 species of groove mushrooms was carried out. The dependences of the fluorescence intensity of fluorescein on the logarithm of the concentration of extracts of groove mushrooms are obtained, from which IC_{50} values are graphically determined. Groove mushroom extracts restored fluorescence of fluorescein to 81–98 % at a sample concentration of 0,1–1%. IC_{50} values were in the range of $0,66\text{--}25 \cdot 10^{-4}$ %.

Ключевые слова: антиоксидантная активность, экстракты трутовых грибов, флуоресцеин.

Keywords: antioxidant activity, extracts of groove mushrooms, fluorescein.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2021-2-128-132>

Фармакологические исследования разных видов трутовых грибов предоставили доказательства, подтверждающие антибактериальное, противопаразитарное, противовирусное, противовоспалительное, противораковое [1], нейропротекторное, антиоксидантное [2–4] и антидиабетическое действие. Трутовые грибы содержат, различные биологически активных компонентов, в основном полисахариды, тритерпеноиды, белки, ферменты, стероиды, стерины, нуклеотиды, жирные кислоты, витамины и минералы, которые, как было доказано, обладают рядом терапевтических свойств для борьбы с различными заболеваниями. Содержание полисахаридов [3], тритерпеноидов [1] и других полифенольных соединений, в частности флавоноидов [1, 2], а также танинов, из которых выделяется галловая кислота [4], определяет антиоксидантную активность трутовых грибов. Необходимо отметить, что в зависимости от региона произрастания, климатических условий состав биологически активных веществ будет иметь внутривидовые различия.

Проведено сравнительное исследование антиоксидантной активности (АОА) экстрактов 21 вида трутовых грибов, собранных в России и Беларуси. Метод определения АОА по отношению к активированным формам кислорода (АФК) основан на измерении интенсивности флуоресценции окисляемого соединения и ее уменьшении под воздействием АФК. В настоящей работе для детектирования свободных радикалов использован флуоресцеин, обладающий высоким коэффициентом экстинкции и близким к 1,0 квантовым выходом флуоресценции. Генерирование свободных радикалов осуществляли, используя систему Фентона, в которой образуются гидроксильные радикалы при взаимодействии комплекса железа (Fe^{2+}) с этилендиаминтетрауксусной кислотой (EDTA) и пероксида водорода [5]. При взаимодействии флуоресцеина со свободными радикалами происходит тушение его флуоресценции, восстановить которую можно при добавлении в систему веществ, проявляющих антиоксидантные свойства.

Приготовление спиртового экстракта трутовых грибов:

Перемолотые трутовые грибы (1 г) экспонировались в метаноле (9 мл) в течение 3 суток (конечная концентрация 6,66 %). Экстракты фильтровались через шприцевые фильтры RC 0.2 μ m Agilent.

Приготовление раствора экстракта трутовых грибов:

Концентрацию исходного раствора экстракта принимали за 100 %. Делали ряд разведений исходного раствора экстракта, концентрации которых составляли $10\text{--}10^{-6}$ %. Концентрации растворов экстракта в пробе уменьшались в 10 раз и составляли $1\text{--}10^{-7}$ %.

Измерения флуоресценции проводили на флуориметре RF-5301 PC («Shimadzu», Япония). Регистрировали интенсивность флуоресценции на длине волны 514 нм. Длина волны возбуждения – 490 нм.

Для всех образцов получены зависимости интенсивности флуоресценции флуоресцеина от логарифма концентрации экстрактов трутовых грибов. Исследования проведены в широком диапазоне концентраций $10^{-7}\text{--}1$ %. Образцы экстрактов трутовых грибов начинали проявлять АОА при концентрации $10^{-7}\text{--}10^{-5}$ %. При последующем увеличении концентрации экстрактов наблюдается увеличение подавления действия свободных радикалов и возрастание флуоресценции флуоресцеина до 81–98 % при концентрации образцов 0,1–1 %, что соответствует разведению исходного экстракта в 1000–100 раз (таблица 1). Графически определены показатели IC_{50} – концентрация экстрактов трутовых грибов, при которой достигается 50% ингибирования свободных радикалов (таблица 1).

Минимальный показатель IC_{50} ($0,66 \cdot 10^{-4}$ %) получен для образца трутовика Трихептум двоякий, что свидетельствует о его максимальной антиоксидантной активности. Этот образец также имеет высокий показатель A_{\max} (95%). Такие же высокие показатели A_{\max} получены для образцов Трутовик бугристый (94%), Трутовик плоский (Беларусь) (95 %), Трутовик плоский (Россия) (98%), Березовая губка (Россия) (94%), Трутовик настоящий (Беларусь, береза) (94%), Трутовик окаймленный (Беларусь) (93%), Березовая губка (Беларусь) (95%) и Траметис разноцветный (94%). Однако, их показатели IC_{50} (3,16; 5,5; 6,76; 10; 12,6; 13,8 и $25 \cdot 10^{-4}$ %) в 4,5; 8,3; 10,2; 15,2; 19; 20,9 и 38 раз выше.

Таблица 1 – Показатели антиоксидантной активности экстракта трутовых грибов

№	Название образца и место сбора	A _{max} , %	C _{max} , %	IC ₅₀ ·10 ⁻⁴ , %
1	Трихептум двоякий (<i>Trichaptum pergamenum</i>), Екатеринбург (Россия), береза	95	1	0,66
2	Трутовик бугристый (<i>Daedaleopsis confragosa</i>), Фаниполь (Беларусь)	94	0,1	3,16
3	Трутовик серно-желтый (<i>Laetiporus sulphureus</i>), Минск (Беларусь)	89	1	5,37
4	Трутовик плоский (<i>Ganoderma applanatum</i>), Фаниполь (Беларусь), осина	95	0,1	5,5
5	Дубовая губка (<i>Daedalea quercina</i>), Фаниполь (Беларусь), дуб	83	0,1	5,62
6	Трутовик настоящий (<i>Fomes fomentarius</i>), Екатеринбург (Россия), тополь	91	1	6,03
7	Трутовик лакированный (<i>Ganoderma lucidum</i>), Борисов (Беларусь)	89	0,1	6,46
8	Трутовик плоский (<i>Ganoderma applanatum</i>), Екатеринбург (Россия), тополь	98	1	6,76
9	Трутовик окаймленный (<i>Fomitopsis pinicola</i>), Екатеринбург (Россия), сосна	91	1	7,94
10	Чага (<i>Inonotus obliquus</i>), Фаниполь (Беларусь), береза	89	0,1	10
11	Березовая губка (<i>Piptoporus betulinus</i>), Екатеринбург (Россия), береза	94	1	10
12	Трутовик настоящий (<i>Fomes fomentarius</i>), Фаниполь (Беларусь), береза	94	0,1	12,6
13	Трутовик окаймленный (<i>Fomitopsis pinicola</i>), Фаниполь (Беларусь), ель	93	0,1	12,6
14	Траметис пушистый (<i>Trametes pubescens</i>), Екатеринбург (Россия), ель	85	1	12,6
15	Березовая губка (<i>Piptoporus betulinus</i>), Фаниполь (Беларусь) береза	95	1	13,8
16	Гапологиус гнездовой (<i>Harporpilus nidulans</i>), Фаниполь (Беларусь)	87	0,1	14
17	Чага (<i>Inonotus obliquus</i>), Екатеринбург (Россия), береза	91	1	15,8
18	Траметис жестковолосистый (<i>Trametes hirsute</i>), Фаниполь (Беларусь), ольха	85	0,1	16,2
19	Трутовик лакированный (<i>Ganoderma lucidum</i>), Ханой (Китай)	81	1	20
20	Трутовик настоящий (<i>Fomes fomentarius</i>), Екатеринбург (Россия), береза	89	0,1	23,4
21	Траметис разноцветный (<i>Trametes versicolor</i>), Екатеринбург (Россия), черемуха	94	1	25

Трутовик Чага (Россия), Чага (Беларусь), Трутовик настоящий (Россия, тополь), Трутовик настоящий (Россия, береза), Трутовик окаймленный (Россия), Трутовик серно-желтый и Трутовик лакированный (Беларусь) имеют близкие показатели A_{max} (89–91%). Этот показатель у образцов Трутовик лакированный (Беларусь), Трутовик настоящий (Россия, береза) и Чага (Беларусь) достигнут при концентрации в 10 раз ниже (0,1%), чем у образцов Трутовик серно-желтый, Трутовик настоящий (Россия, тополь), Трутовик окаймленный (Россия) и Чага (Россия) (1%), что могло бы свидетельствовать о их более высокой АОА. Однако, показатели IC₅₀ Трутовика лакированного (Беларусь) (6,46·10⁻⁴ %), Чаги (Беларусь) (10·10⁻⁴ %) и Трутовика настоящего (Россия, береза) в 1,2; 1,9 и 4,4 раза выше IC₅₀ Трутовика серно-желтого (5,37·10⁻⁴ %). Отличие от минимального показателя IC₅₀ (Трихептум двоякий) для Трутовика серно-желтого – в 8 раз, Трутовика настоящего (Россия, тополь) – в 9 раз, Трутовика лакированного (Беларусь) – в 10 раз, Трутовика окаймленного (Россия) – в 12 раз, Чаги (Беларусь) – в 15,2 раз, Чаги (Россия) – в 24 раза, Трутовика настоящего (Россия, береза) – в 35,5 раза.

Показатель A_{max} (87%) трутовика Гапологиус гнездовой несколько ниже, достигнутый при концентрации 0,1%. Отличие от минимального показателя IC₅₀ (Трихептум двоякий) для трутовика Гапологиус гнездовой – в 21,2 раза. Близкий показатель A_{max} (85%) имеют Трутовики Траметис пушистый и Траметис жестковолосистый. Их показатели IC₅₀ (12,6·10⁻⁴ и 16,2·10⁻⁴ %) отличаются от минимального показателя IC₅₀ (Трихептум двоякий) в 19 и 24,5 раза соответственно.

Трутовик Дубовая губка имеет более низкий показатель A_{max} (83%). Его показатель IC₅₀ (5,62·10⁻⁴ %) близок к аналогичным показателям образцов Трутовик серно-желтый и Трутовик плоский (Беларусь) и отличается от минимального показателя IC₅₀ (Трихептум двоякий) в 8,5 раза.

Минимальный показатель A_{max} (81%) получен для Трутовика лакированного (Китай). Его показатель IC₅₀ (20·10⁻⁴ %) в 30,3 раза выше минимального показателя IC₅₀ (Трихептум двоякий), что свидетельствует о самой низкой АОА этого образца.

На рис. 1 представлены зависимости флуоресценции флуоресцеина от логарифма концентрации экстракта трутовика Трихептум двоякий (*Trichaptum pergamenum*) (1), трутовика бугристого (*Daedaleopsis confragosa*) (2) и трутовика серно-желтого (*Laetiporus sulphureus*) (3). Образцы этих трутовых грибов, а также Трутовик лакированный (Беларусь) начинали проявлять антиоксидантную активность при концентрации 10⁻⁷ %. Причем, более высокую активность проявлял трутовик Трихептум двоякий. Образцы Трутовик плоский (Беларусь), Трутовик плоский (Россия) и Дубовая губка проявляли антиоксидантную активность при концентрации 10⁻⁶ %. Остальные образцы начинали восстанавливать флуоресценцию флуоресцеина при концентрации 10⁻⁵ %.

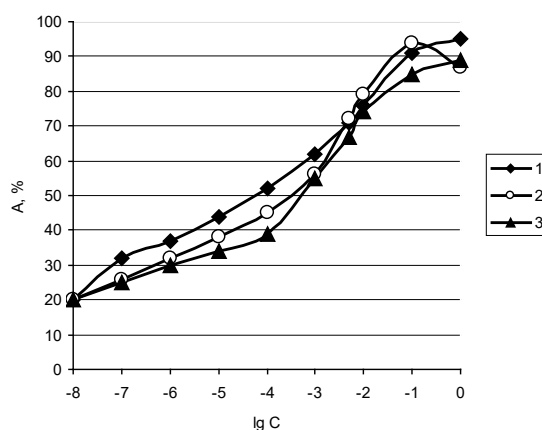


Рис. 1 – Зависимость интенсивности флуоресценции флуоресцеина (A) от логарифма концентрации (C) экстракта трутовика *Трихартум двоякий* (*Trichaptum pergamenum*) (1), трутовика бугристого (*Daedaleopsis confragosa*) (2) и трутовика серно-желтого (*Laetiporus sulphureus*) (3)

Сравнение образцов одного вида: Трутовика плоского (Беларусь) и (Россия) показывает, что их показатели IC_{50} ($5,5$ и $6,76 \cdot 10^{-4}$ %) различаются в 1,2 раза. Близки и показатели A_{max} (95 и 98 %). Однако этот показатель у образца Трутовик плоский (Беларусь) достигнут при концентрации в 10 раз ниже (0,1%), чем у образца Трутовик плоский (Россия) (1%), что может свидетельствовать о его более высокой АОА.

Трутовик лакированный (Беларусь) (1) начинает проявлять антиоксидантную активность при концентрации 10^{-7} %, тогда как трутовик лакированный (Китай) (2) – при концентрации на два порядка ниже - 10^{-5} %. Показатель A_{max} (89%) трутовика лакированного (Беларусь) на 8 % выше аналогичного показателя трутовика лакированного (Китай) (81%). Показатель IC_{50} ($6,46 \cdot 10^{-4}$ %) трутовика лакированного (Беларусь) в 3,1 раза ниже, чем аналогичный показатель трутовика лакированного (Китай) ($20 \cdot 10^{-4}$ %). Все это свидетельствует о более низких показателях антиоксидантной активности трутовика лакированного, собранного в Китае.

Два образца трутовиков Березовая губка (Россия) и (Беларусь) показывают очень близкие по характеру зависимости. Их показатели IC_{50} (10 и $13,8 \cdot 10^{-4}$ %) различаются в 1,4 раза. Близки и показатели A_{max} (95 и 94 %).

Показатели A_{max} двух трутовиков Чага достаточно близки: 91% для Чаги (Россия) и 89% для Чаги (Беларусь). Однако, показатель IC_{50} ($10 \cdot 10^{-4}$ %) трутовика Чага (Беларусь) в 1,6 раза ниже, чем аналогичный показатель трутовика Чага (Россия) ($15,8 \cdot 10^{-4}$ %), что свидетельствует о более высокой АОА трутовика Чага, собранного в Беларуси.

Трутовик окаймленный (Беларусь) восстанавливал флуоресценцию флуоресцеина до 93%, тогда как этот показатель Трутовика окаймленного (Россия) составлял 91%. Однако, показатель IC_{50} Трутовика окаймленного (Беларусь) ($12,6 \cdot 10^{-4}$ %) в 1,6 раза выше IC_{50} Трутовика окаймленного (Россия) ($7,94 \cdot 10^{-4}$ %), что свидетельствует о его более низкой АОА.

Сравнение 3 образцов Трутовика настоящего: (Россия, тополь), (Беларусь, береза) и (Россия, береза) показывает, что в пределах концентраций 10^{-5} – 10^{-2} % Трутовик настоящий (Россия, тополь) показывает более высокую АОА. Трутовик настоящий (Беларусь, береза) восстанавливал флуоресценцию флуоресцеина до 94%, тогда как показатель A_{max} для Трутовика настоящего (Россия, тополь) составлял 91 %, а для Трутовика настоящего (Россия, береза) – 89 %. Причем, у Трутовика настоящего (Беларусь, береза) и (Россия, береза) этот показатель был достигнут при концентрации в 10 раз ниже (0,1%), чем у Трутовика настоящего (Россия, тополь). Однако показатели IC_{50} (12,6 и $23,4 \cdot 10^{-4}$ %) Трутовика настоящего (Беларусь, береза) и (Россия, береза) в 2 и 4 раза соответственно выше, чем аналогичный показатель Трутовика настоящего (Россия, тополь) ($6,03 \cdot 10^{-4}$ %), что свидетельствует о его более высокой АОА. Сравнение данных образцов показывает влияние мест произрастания и вида дерева на состав экстракта трутовых грибов и, соответственно, его АОА.

Проведено сравнение 3 образцов трутовика Траметис разных видов: пушистый, жестковолосистый и разноцветный. Максимальный показатель A_{max} (94%) получен для Траметиса разноцветного. Аналогичные показатели Траметиса пушистого и жестковолосистого были на 9% ниже и составляли 85%. Однако, показатель IC_{50} ($12,6 \cdot 10^{-4}$ %) Траметиса пушистого в этой группе был минимальным, в 1,3 раза ниже IC_{50} Траметиса жестковолосистого ($16,2 \cdot 10^{-4}$ %) и в 2 раза ниже IC_{50} Траметиса разноцветного, что свидетельствует о его более высокой АОА.

Полученные данные показывают, что каждый вид трутовых грибов содержит в своем составе индивидуальный набор веществ, отвечающих за антиоксидантную активность. Место произрастания трутовых грибов также влияет на качественный и количественный состав антиоксидантных веществ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Duru K. The pharmacological potential and possible molecular mechanisms of action of *Inonotus obliquus* from preclinical studies / Duru K, Kovaleva E, Danilova I, van der Bijl P / *Phytotherapy Research*. 2019;33(8):1966–1980.

2. Khadhri A. Screening of Bioactive Compounds of Medicinal Mushrooms Collected on Tunisian Territory / A. Khadhri, C. Aouadhi, S. Aschi-Smiti // International Journal of Medicinal Mushrooms. 2017;19(2):127–135.
3. Li Z. Chaga Medicinal Mushroom, *Inonotus obliquus* (Agaricomycetes) Polysaccharides Suppress Tacrine-induced Apoptosis by ROS-scavenging and Mitochondrial Pathway in HepG2 Cells / Li Z, Mei J, Jiang L, Geng C, Li Q, Yao X, Cao J // International Journal of Medicinal Mushrooms. 2019;21(6):583–593.
4. Predecka M. Stimulation of the activity of a novel tannase produced in white-rot fungi *Phellinus pini*, *Fomes fomentarius*, and *Tyromyces pubescens* by medium supplementation/ Predecka M, Jaszek M, Graż M, Głuszek N, Małysz K, Nowak A, Żuchowski J, Małecka-Massalska T // Biotechnology and Applied Biochemistry. 2016;63(5):652–658.
5. Тарун Е. И. Антиоксидантная активность гексагидрохинолонов / Е.И. Тарун, А.В. Данькова, А.Н. Пырко // Журнал Белорусского государственного университета. Экология. 2019;2: 77–83.

СИНТЕЗ 8-БРОМАДЕНОЗИНА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ЗНАЧЕНИЯХ pH SYNTHESIS OF 8-BROMOADENOSINE AT DIFFERENT PH VALUES

М. А. Ханчевский, В. Н. Лесик, Е. И. Квасюк
M. A. Khancheuski, V. N. Lesik, E. I. Kvasyuk

*Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А.Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь
maks.khanchevskiy@bk.ru
Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus*

В работе описаны методы получения 8-бромаденозина, который является важным промежуточным соединением в синтезе аналогов пуриновых нуклеозидов и нуклеотидов, обладающих широким спектром биологической активности. Изучено влияние значения pH среды на выход 8-бромаденозина. Показано, что значение pH 4,3 является оптимальным для получения 8-бромаденозина реакцией бромирования аденозина раствором брома в воде.

This article shows methods for the preparation of 8-bromoadenosine which is an important intermediate in the syntheses of analogs of purines nucleosides and nucleotides with a broad spectrum of biological activity. The influence of the pH values of the medium on the yield of 8-bromoadenosine was studied. It was showed that pH 4.3 is optimal for the preparation of 8-bromoadenosine by reaction of adenosine with a solution of bromine in water.

Ключевые слова: галогензамещенные нуклеозиды, синтез, pH, бромирование, 8-бромаденозин.

Keywords: halogenated nucleosides, synthesis, pH, bromination, 8-bromoadenosine.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2021-2-132-135>

Изменение в структуре гетероциклического основания или углеводного фрагмента природных нуклеозидов и нуклеотидов приводят к соединениям, получившим названия антиметаболиты. Большое число таких соединений обладает широким спектром биологической активности и нашло практическое применение в медицине в качестве противоопухолевых и противовирусных препаратов [1]. К антиметаболитам, представляющим компоненты нуклеиновых кислот, относятся соединения, содержащие атомы галогена в гетероциклических основаниях или в углеводных фрагментах. Такие галогенсодержащие пуриновые и пиримидиновые гетероциклические основания, нуклеозиды и нуклеотиды могут использоваться непосредственно в качестве лекарственных препаратов или промежуточных соединений в синтезе разнообразных антиметаболитов. Например, 8-хлораденозин (1) (Рис. 1), его 5'-моно- и 3',5'-циклофосфаты обладают сильным цитотоксическим действием в отношении опухоли молочной железы, лейкозов, прямой кишки и легких. Интересно, что все три соединения в клетках превращаются в 8-хлораденозин-5'-трифосфат, который и является активным соединением. Повышение уровня 8-хлораденозин-5'-трифосфата вызывает снижение эндогенного пула аденозинтрифосфата, что приводит к ингибированию синтеза РНК [2].

Особый интерес к 8-галогенпроизводным пуриновых нуклеозидов и нуклеотидов обусловлен тем, что атом галогена в положении С-8 пуринового гетероциклического основания легко вступает в реакцию взаимодействия с нуклеофильными реагентами, что позволяет получать пуриновые антиметаболиты, содержащие в своей структуре фрагменты нуклеофильных агентов, относящихся к различным классам органических соединений. Таким образом были синтезированы пуриновые нуклеозиды и нуклеотиды, содержащие в своём составе в положении С8 пуринового гетероциклического основания синтетические и природные аминокислоты, различные гетероциклы, флуоресцентные зонды для их использования в молекулярной биологии, серу-содержащие остатки и т.д. Полученный нуклеофильным замещением 8-аминоаденозин (2) (Рис. 1), в настоящее время привлекает повышенный