

3. Семенченко, В. П. Проблема чужеродных видов в фауне и флоре Беларуси / В. П. Семенченко, А. В. Пугачевский // Наука и инновации. – 2006. – Т. 44, № 10. – С. 15–20.

4. Сауткин, Ф. В. *Parectopa robiniella* Clemens, 1863 / Ф. В. Сауткин, О. В. Синчук // Черная книга инвазивных видов животных Беларуси / Науч.-практ. центр по биоресурсам НАН Беларуси ; под общ. ред. В. П. Семенченко. – Минск, 2016. – С. 88–90.

5. Мастицкий, С. Э. Статистический анализ и визуализация данных с помощью R / С. Э. Мастицкий, В. К. Шитиков. – М. : ДМК Пресс, 2015. – 496 с.

6. DimetrisWiki – энциклопедия для любителей растений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://dimetris.com.ua/wikicameraria\\_ohridella?rev=1379192784](http://dimetris.com.ua/wikicameraria_ohridella?rev=1379192784). – Дата доступа: 14.02.2017.

7. Биология каштановой минирующей моли *Cameraria ohridella* (Lepidoptera, Gracillariidae) в Украине / И. А. Акимов [и др.] // Vestnik zoologii. – 2003. – № 37 (5). – С. 41–52.

УДК 57.03:577.17

**Н.Ю. КОЛБАС**

Беларусь, Брест, БрГУ имени А.С. Пушкина

### **КИНЕТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ РЕАКЦИИ АВТООКИСЛЕНИЯ АДРЕНАЛИНА В УСЛОВИЯХ IN VITRO**

Адреналин (эпинефрин, 4-[1-гидрокси-2-(метиламино)этил]-бензен-1,2-диол) – природный катехоламин; гормон, вырабатываемый хромаффинной тканью мозгового слоя надпочечников для регуляции биохимических процессов, направленных на стабилизацию организма в постстрессовых психо-эмоциональных ситуациях [1].

Содержание адреналина в плазме крови – до 10 нг/л в состоянии отдыха и может повышаться в 10 раз во время физических упражнений, в 50 раз или более при стрессе [1]. Метаболизируется, как и другие катехоламины, несколькими путями: *o*-метилированием с образованием метанефрина и окислительным дезаминированием с образованием в конечном итоге винилминдальной кислоты. Кроме того, окисление адреналина может происходить по хиноидному пути с образованием хинонов до адренохрома [2]. Необходимо отметить, что по одной из гипотез, адренохром проявляет психоделические свойства и является одной из причин развития шизофрении, а также обладает кардиотоксичностью и вызывает галлюцинации [1].

Адреналин имеет ярко выраженное антиоксидантное действие, а реакцию его автоокисления, в свою очередь, используют для оценки антиоксидантной активности как индивидуальных веществ (например, фенольных соединений [3]), так и растительных экстрактов [4]. При этом кинетические параметры автоокисления адреналина в условиях *in vitro* с учетом температуры и времени экспозиции реакционной смеси остаются неизученными.

В условиях *in vitro* без участия ферментов хиноидное автоокисление адреналина происходит в щелочной среде (рисунок 1). При низкой концентрации протонов внутримолекулярная перестройка адреналина до адренохрома сопровождается образованием супероксид радикала ( $O_2^{\cdot-}$ ) [2; 5].

Максимум поглощения для адреналина соответствует длине волны 279 нм, раствор адренохрома при pH 10,5–10,65, в свою очередь, имеет два пика – 295 и 347 нм, при этом рекомендуемая длина волны детектирования для него – 347 нм [2].

Для моделирования реакции автоокисления адреналина использовали 0,5, 1, 5 и 10 мМ водные растворы адреналина (готовили из ( $\pm$ )-эпинефрин гидрохлорида, реактив  $\geq 98\%$ , фирмы Sigma-Aldrich, CAS № 329-63-5) и карбонатный буфер (200 мМ  $Na_2CO_3/NaHCO_3$ , pH = 10,55). Реакционную смесь готовили путем добавления 20 мкл соответствующего раствора адреналина к 320 мкл карбонатного буфера. Изменение оптической абсорбции регистрировали в течении 60 мин с шагом 5 мин при длине волны 347 нм с использованием комбинированного спектрофлуориметра BMG LABTECH (Германия) с устройством для считывания микропланшеты и термостатированием. Температуры экспозиции: 21 °C и 36,6 °C. Все опыты проводили в трехкратной повторности.

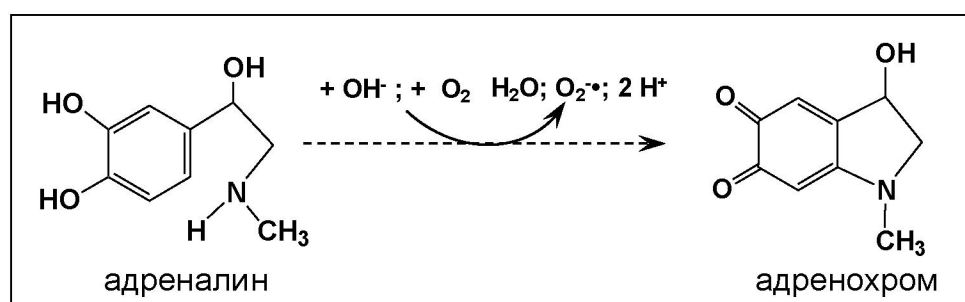


Рисунок 1 – Реакция автоокисления адреналина в щелочной среде (адаптировано по [2; 5])

Автоокисление адреналина подчиняется кинетическому уравнению реакций первого порядка. Константу скорости реакции рассчитывали в программе Excel, учитывая экспоненциальную зависимость концентрации адреналина от времени реакции. Период полуреакции определяли по фор-

муле:  $\tau^{1/2} = \ln 2/k$ , где  $k$  – константа скорости реакции ( $\text{мин}^{-1}$ ). Время, за которое происходит окисление 90 % адреналина от первоначального, рассчитывали как  $T = 1/k$ .

Изменение абсорбции реакционной смеси при температурах 21 °С и 36,6 °С представлено на рисунке 2. Кривые имеют вид гиперболы, которая наиболее ярко выражена при 36,6 °С экспозиции для исходных концентраций адреналина 5 и 0,1 мМ. Для 10 мМ растворов адреналина не удалось проводить реакцию 60 минут, т.к. образовавшийся адrenoхром имеет интенсивное розовое окрашивание и его абсорбция лежит за пределами чувствительности прибора.

Для 5 мМ раствора адреналина, который наиболее часто применяется в оценке антиоксидантной способности биологически активных веществ [2; 4], при 36,6 °С уже через 13,33 мин автоокислению подвергается около 50 % от исходного количества адреналина.

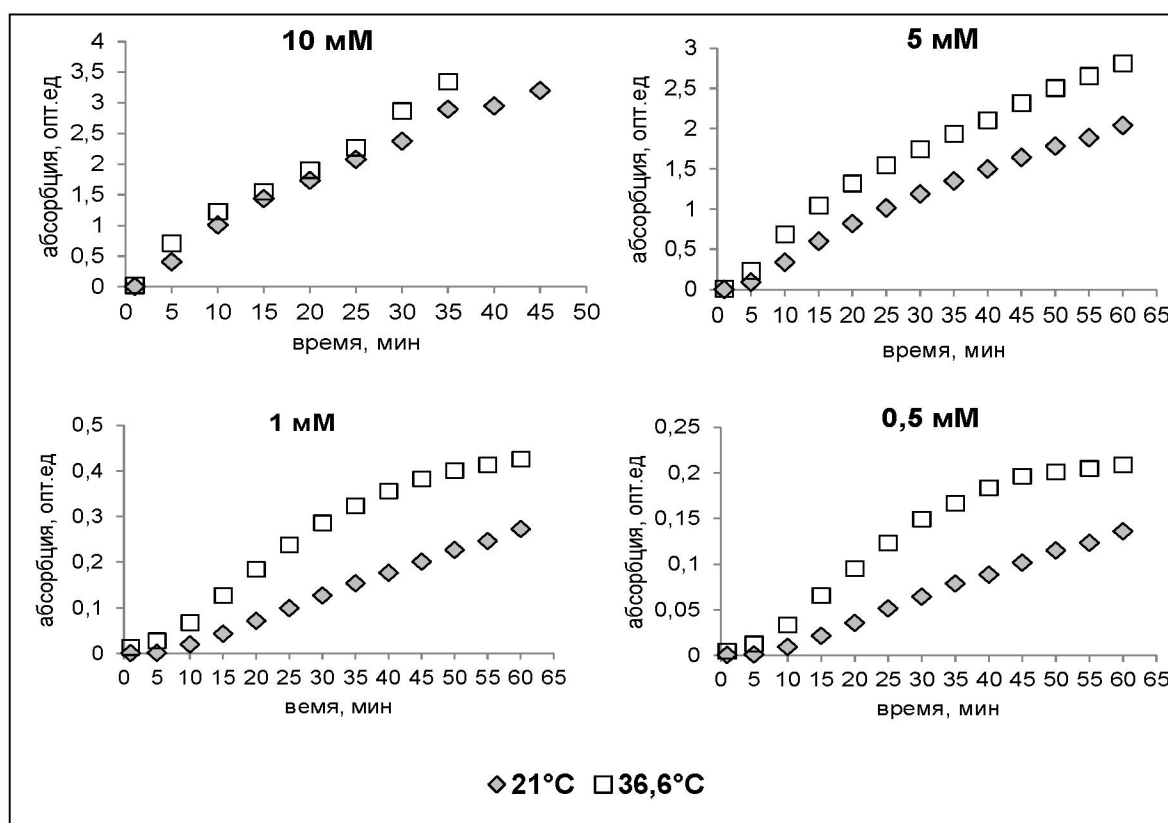


Рисунок 2 – Изменение абсорбции растворов адреналина при 347 нм и разной температуре экспозиции

Кинетические параметры реакции автоокисления адреналина представлены в таблице.

Таблица – Кинетические параметры автоокисления адреналина при разной температуре экспозиции

Концентрация адреналина, мМ	Кинетическое уравнение	R <sup>2</sup>	к (мин <sup>-1</sup> )	τ <sup>1/2</sup> , мин	T, мин
t = 21 °С					
10	y = 10,083 exp(-0,019x)	0,994	0,019	36,48	52,63
5	y = 5,3182 exp(-0,02x)	0,994	0,02	34,66	50,00
1	y = 1,0602 exp(-0,01x)	0,969	0,01	69,31	100,00
0,5	y = 0,5293 exp(-0,009x)	0,955	0,009	77,02	111,11
t = 36,6 °С					
10	y = 10,171 exp(-0,031x)	0,98	0,031	22,36	32,26
5	y = 6,8663 exp(-0,052x)	0,8702	0,052	13,33	19,23
1	y = 1,0715 exp(-0,023x)	0,989	0,023	30,14	43,48
0,5	y = 0,528 exp(-0,021x)	0,976	0,021	33,01	47,62

Примечание: y – концентрация адреналина, мМ; x – время экспозиции, мин; k – константа скорости реакции; τ<sup>1/2</sup> – период полуреакции; T – время, за которое происходит окисление 90 % адреналина от первоначального.

В своих работах Е.И. Рябинина [4] использует время экспозиции 3, 5 и 10 мин при температуре 20–22 °С, что является малоинформативным, т.к. период полуреакции в данных условиях составляет 34,66 мин. Для 1 и 0,5 мМ растворов адреналина с учетом периода полуреакции время экспозиции при 36,6 °С должно составлять не менее 30 мин для того, чтобы дать объективную оценку антиоксидантной способности биологически активных веществ либо выявить их прооксидантный эффект по отношению к процессу автоокисления адреналина.

Таким образом, при изучении процесса автоокисления адреналина в условиях *in vitro* наиболее приемлемой является исходная концентрация 5 мМ (фармакопейный препарат 5,46 мМ), время экспозиции в карбонатном буфере (рН 10,55) – не менее 13 мин при температуре 36,6 °С и 35 мин при 21 °С. Для оценки анти-/прооксидантной способности биологически активных веществ по реакции автоокисления адреналина могут быть использованы 5, 1 и 0,5 мМ растворы адреналина, при этом время экспозиции необходимо корректировать с учетом соответствующих кинетических параметров.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Baselt, R. Disposition of Toxic Drugs and Chemicals in Man / R. Baselt. – Foster City : Biomed. Publ., 2008. – P. 545–547.
2. Сирота, Т. В. Новый подход в исследовании реакции автоокисления адреналина: возможность полярографического определения активности супероксиддисмутазы и антиоксидантных свойств различных препаратов / Т. В. Сирота // Биомед. химия. – 2012. – Т. 58, вып. 1. – С. 77–87.
3. Kolbas, N. Anti/prooxidant activity of wine polyphenols in reactions of adrenaline auto-oxidation / N. Kolbas, M. Jourdes, P.-L. Teissedre // MACROWINE 2016 Conference, 27–30 June 2016, HES-SO Changins, Switzerland. – Changins, 2016. – P. 188.
4. Рябинина, Е. И. Новый подход в оценке антиоксидантной активности растительного сырья при исследовании процесса аутоокисления адреналина / Е. И. Рябинина // Химия растительного сырья. – 2011. – № 3. – С. 117–121.
5. Kinetics of the autoxidation of adrenaline and [copper(II)(adrenaline)]<sup>2+</sup> in alkaline aqueous and micellar media / A. S. Al-Ayed [et al.] // Transition Met Chem. – 2013. – Vol. 38. – P. 173–181.

УДК 581.143

**О.В. КОРЗЮК, Е.А. БУТКО**

Беларусь, Брест, БрГУ имени А.С. Пушкина

**РОСТРЕГУЛИРУЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ СТЕРОИДНЫХ  
ГЛИКОЗИДОВ НА БОБОВЫЕ КУЛЬТУРЫ**

Одной из актуальных задач современного растениеводства является поиск новых экологически безопасных биологически активных соединений, сочетающих в себе ростстимулирующее и антистрессовое по отношению к разным по природе неблагоприятным факторам среды действие на растения. Особый интерес могут представлять стероидные гликозиды.

Стероидные соединения широко распространены в тканях живых организмов. Они выполняют важные функции, являясь компонентами клеточных мембран и обладая гормональной активностью [1]. Наш интерес к стероидным гликозидам объясняется, прежде всего, принадлежностью их к природным соединениям и наличием у этих соединений фитобиологиче-