



# НАУКА: КОМПЛЕКСНЫЕ ПРОБЛЕМЫ

Научно-информационный журнал  
Научно-исследовательского института  
Адыгейского государственного университета

**СОДЕРЖАНИЕ**

<b>НАУЧНЫЕ СТАТЬИ</b>		
<b>ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ</b>		
<b>Коваленко Т.В., Османи С.А.</b>	<b>ОСОБЕННОСТИ СОДЕРЖАНИЯ ФОСФОРОРГАНИЧЕСКИХ ПЕСТИЦИДОВ В ЯГОДНО-ОВОЩНОЙ ПРОДУКЦИИ, ВЫРАЩИВАЕМОЙ И РЕАЛИЗУЕМОЙ В РЕСПУБЛИКЕ АДЫГЕЯ</b>	<b>3</b>
<b>Крайнюкова Е.Ю., Цикуниб А.Д.</b>	<b>ФЕРМЕНТАТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СЕМЯН СОИ: СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ</b>	<b>10</b>
<b>Цикуниб А.Д. Плахутина В.А. Терлецкая И.С.</b>	<b>ДУБИЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА КАК КОМПОНЕНТЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПИТАНИЯ</b>	<b>24</b>
<b>ТЕОРИЯ И МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ И ВОСПИТАНИЯ</b>		
<b>Гончарова С.А., Лавриненко А.В.</b>	<b>РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ ПОНЯТИЙ ОБ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РЕАКЦИЯХ В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ ХИМИИ</b>	<b>34</b>



НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

УДК 42.347.5(2Рос.Ады)

ББК 44.152.69

К56

Коваленко Т.В., Османи С.А.

*Лаборатория нутрициологии и экологии НИИ комплексных проблем АГУ*

**ОСОБЕННОСТИ СОДЕРЖАНИЯ ФОСФОРОРГАНИЧЕСКИХ ПЕСТИЦИДОВ  
В ЯГОДНО-ОВОЩНОЙ ПРОДУКЦИИ, ВЫРАЩИВАЕМОЙ И РЕАЛИЗУЕМОЙ В  
РЕСПУБЛИКЕ АДЫГЕЯ**

*Аннотация.* В статье приведены результаты определения содержания фосфорорганических пестицидов в ягодно-овощной продукции, выращиваемой и реализуемой в Республике Адыгея. Из 6-ти проб, в 3-х пробах обнаружены остаточные количества ФОП, не превышающие ПДК.

*Ключевые слова:* фосфорорганические пестициды, ягодно-овощная продукция, тонкослойная хроматография, фозалон, малатион, диметоат.

**Kovalenko T.V., Osmani S.A.**

*Nutrition and Environment Laboratory*

*of Scientific Research Institute of complex Problems of Adyghe State University*

**FEATURES OF THE CONTENT OF ORGANOPHOSPHOROGANIC PESTICIDES  
IN BERRY AND VEGETABLE PRODUCTS CULTIVATED AND SALES IN THE  
REPUBLIC OF ADYGEYA**

*Abstract.* The article presents the results of determining the content of organophosphorus pesticides in berry and vegetable products grown and sold in the Republic of Adygheya. Of the 6 samples, 3 samples contained residual amounts of FOP that did not exceed the MPC.

*Keywords:* organophosphate pesticides, berry and vegetable products, thin-layer chromatography, fozalone, malathion, dimethoate.

По оценкам специалистов, в экономически слабых странах до 50% урожая погибает от сорняков и вредителей, а в промышленно развитых — 15—25%. Ежегодные потери урожая в



мировом сельском хозяйстве составляют 30—40% от потенциально возможного урожая, убытки оцениваются в 75 млрд.долл. в год.

Исходя из этих числовых оценок, сторонники глобальной химизации сельского хозяйства ставят задачу расширения масштабов применения пестицидов с целью снижения потерь сельскохозяйственной продукции. В то же время, среди государственных задач по охране окружающей среды и здоровья человека одной из важнейших является предупреждение загрязнения среды обитания и пищевых продуктов пестицидами и токсичными продуктами их трансформации [6,8].

На сегодняшний день количество пестицидов огромно – более 5000. Индустрия производства пестицидов прошла четыре поколения: хлорорганические, фосфорорганические, карбаматы и пиретроиды. Только последний класс считается безвредным для теплокровных, однако, по-прежнему весьма опасным для рыб. Поэтому его применение на полях вблизи водоёмов запрещено. Остальные классы пестицидов – токсичные химические вещества [1].

Современные исследования показывают, что, хотя пестициды нового поколения разрушаются быстро, более специфичны, действующие вещества и их метаболиты могут быть опасными, особенно для детей, нарушая процесс обмена веществ, вызывая нарушения в работе нервной системы, блокируя действие ферментов и замедляя клеточный метаболизм [9,11].

Среди всего перечня пестицидов, одними из наиболее часто используемых являются фосфорорганические пестициды (ФОПы), так как их стоимость, по сравнению с пестицидами нового поколения (карбаматами и пиретроидами) ниже и найти их в продаже проще. Они распространены на сельскохозяйственном рынке, отличаются широким спектром применения и назначения - акарициды, гербициды, дефолианты инсектициды, нематоциды, фунгициды. ФОПы пользуются популярностью не только в среде профессиональных агрономов, но и у садоводов-любителей [6].

Однако, наряду с такими достоинствами, как широкое распространение на рынке сбыта, высокая эффективность и низкая цена (по сравнению с аналогами из других классов пестицидов), ФОПы имеют серьёзный недостаток – они обладают высокой токсичностью для человека и животных, накапливаются в виде остаточных метаболитов в плодах, корнеплодах, стеблях и листьях растений, способны исключительно легко проникать в организм через кожу и слизистые [2, 4].

Продукты питания считаются основным текущим источником воздействия пестицидов на население. Однако пестициды могут также попадать в организм человека при вдыхании и всасываться через кожу, приводя к высокой степени воздействия [12].



Для того, чтобы обезопасить себя от потребления продуктов, подвергавшихся обработке пестицидами, большой процент населения предпочитает покупать сельскохозяйственную продукцию, выращенную на приусадебных участках и личных подсобных хозяйствах. Но, беря во внимание тот факт, что приобрести пестициды может любой человек, не обладающий достаточными знаниями в области агрономии, становится понятно, что даже покупка у частных лиц овощей и фруктов не только не может дать гарантии в том, что продукт не был обработан химически активными веществами, но и наоборот, повышается риск неправильного использования пестицидов.

Республика Адыгея относится к сельскохозяйственным регионам, характеризуется развитием фермерских и частных хозяйств, в связи с чем одной из актуальных проблем является загрязнение окружающей среды пестицидами.

На основании вышеизложенного, **целью исследования** явилось определение содержания остаточных количеств фосфорорганических пестицидов в ягодно-овощной продукции, выращенной и реализуемой в Республике Адыгея.

**Объекты и методы исследования.** Проведены исследования по определению содержания остаточных количеств ФОПов в ягодно-овощной продукции, выращенной и реализуемой в Республике Адыгея: клубника сорта «Фестивальная ромашка», выращенная на приусадебном хозяйстве ст.Гиагинской (проба №1); клубника сорта «Антей», реализуемая на рынках г.Майкоп (проба №2); лук-батун, выращенный на приусадебном хозяйстве, г.Майкоп (проба №3); лук на перо, реализуемый в сети магазинов «Магнит» (проба №4); белокочанная капуста, выращенная на приусадебном хозяйстве ст.Гиагинской (проба №5); белокочанная капуста, реализуемая в сети магазинов «Магнит» (проба №6). Исследование содержания диметоата, диазинона, малатион, фозалона, паратион-метила с минимальным уровнем обнаружения пестицидов 0,2 мкг проводились согласно п. 4. ГОСТ 30710-2001 [3]. Хроматограммы развивали в системе бензол-гексан-ацетон (40:20:1), проявляли реагентом 2 (бромфеноловым синим), с последующей обработкой 1%-ным раствором лимонной кислоты. Идентификацию пятен на хроматограмме проводили по значениям  $R_f$ , представленным в ГОСТ 30710 -2001 таблице 3.

Использовано следующее оборудование и реактивы: микрошприц «Цвет» (50 мкл), пластинки «Сорбфил» марки ПТСХ-АФ-В-УФ, высокоэффективные, хроматографическая камера, шейкер инкубатор орбитальный ES-20, фильтры бумажные обеззоленные "красная лента", весы аналитические OhausPioneerPA 214, натрий серноокислый безводный (х. ч.), серебро азотнокислое (ч.), ацетон (ч. д. а.), хлороформ (ч. д. а.), гексан (ч.), бензол (ч. д. а.), бромфеноловый синий (ч.), кислота лимонная моногидрат (ч. д. а.).

**Результаты и их обсуждение.**



Анализ ассортимента пестицидов, представленных в специализированных садоводческих магазинах Республики Адыгея, Краснодарского края, сети Интернет, показал, что препараты, действующим веществом которых являются исследуемые ФОП, реализуются, и, следовательно, могут применяться населением на приусадебных участках (таблица 1).

Таблица 1. Наличие фосфорорганических пестицидов в магазинах химических средств защиты растений Республики Адыгея, Краснодарского края, магазинов сети Интернет.

Наименование ФОП по ГОСТ	Наименование препарата, действующим веществом которого является ФОП	Доступность препарата в торговой сети			Наименование продукта с наибольшим риском содержания остаточного количества ФОП
		Республик и Адыгея	Краснодарского края	Интернет	
Диметоат	Альфа-Директор, КЭ Десант, КЭ Ди-68, КЭ	+	+	+	пшеница, рожь, овес, ячмень, яблоки, груши, зернобобовые культуры, люцерна, свекла сахарная и кормовая, капуста белокочанная, картофель, смородина, малина
Диазинон	Диез 600, КЭ Гризли, Г Провотокс, Г	-	-	+	сахарная свекла, пшеница, люцерна, кукуруза, капуста пекинская, земляника, картофель и лук репчатый
Малатион	Алиот, КЭ Искра М, КЭ Фуфанон, КЭ	+	+	+	лук на перо, зерновые культуры, яблоки, груши, айва, малина, капуста пекинская и белокочанная, облепиха
Фозалон	Золон, КЭ Рубитокс, КЭ	+	+	+	лук-батун, лук на перо, пшеница, ячмень, рапс, яблони, груши, виноград, люцерна
Паратион-	Парашют, МКС Метафос, КЭ	+	+	+	пшеница, горох, фасоль,



метил	Вофатокс, КС				люпин, картофель
-------	--------------	--	--	--	------------------

Результаты хроматографического анализа экстрактов исследуемых проб на содержание ФОПов, представлены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты хроматографического анализа экстрактов исследуемых проб.

№ пробы	Значения Rf в системе растворителей бензол-гексан-ацетон (40:20:1) на пластинке «Сорбфил»														
	Диметоат		Диазинон		Малатион		Фозалон		Паратион-метил						
	норма	факт	норма	факт	норма	факт	норма	факт	норма	факт					
1		(-)*		(-)*		(-)*		(-)*		(-)*					
2		(-)*		(-)*		(-)*		(-)*		(-)*					
3	0 <sup>(1)</sup>	(-)*	0,4 <sup>(1)</sup>	(-)*	0,3 <sup>(1)</sup>	(-)*	0,5 <sup>(1)</sup>	0,56	0,6 <sup>(1)</sup>	(-)*					
4		(-)*		(-)*		0,29		0,56		(-)*					
5		(-)*		(-)*		(-)*		(-)*		(-)*					
6		0,06		(-)*		(-)*		(-)*		(-)*					
(-)* – пятно на хроматограмме отсутствует; (1) – значение Rf пестицидов согласно ГОСТ 30710-2001															

Как видно из таблицы, в пробах № 1, 2 и 5 ни одно из наименований исследованных ФОП не выявлено, однако в пробе капусты №6 обнаружены остаточные количества диметоата на уровне, близком к ПДК, т.е. 0.2 мг/кг. Диметоат обладает слабовыраженным кумулятивным и выраженным кожно-резорбтивное действием, не является мутагенным веществом для лабораторных животных и человека, но признан экспертами ВОЗ мутагеном для бактерий. Также для лабораторных животных не установлено выраженного эмбриотоксического или тератогенного действия [5, 12].

В луке содержание указанных ФОП не регламентируется, однако на хроматограмме пробы №4 проявились пятна, окрашенные в интенсивно-синий цвет на ярко-жёлтом фоне, соответствующие малатиону и фозалону, в пробе №3 проявилось менее выраженные пятно, соответствующее фозалону. Примененный метод ТСХ позволяет определить содержание малатиона в диапазоне от 0,1 до 0,5 мг/кг, а фозалона 0,01 до 0,06 мг/кг.

Малатион хронической токсичностью практически не обладает, кожно-резорбтивный эффект выражен слабо. Сравнительно невысокая токсичность данного инсектоакарицида для



млекопитающих объясняется особенностями метаболизма препарата. В организме теплокровного животного вследствие высокой активности карбоксиэстераз разрушение молекул малатиона идет в первую очередь в направлении гидролиза  $\text{CO}_2\text{-C}=\text{O}(\text{-O})$ -групп. При этом образуются водорастворимые малатионмоно- и дикарбоновые кислоты, легко удаляемые из организма. Параллельно с этим под действием фосфатаз происходит гидролитическое разрушение другой части молекулы с образованием также водорастворимых малотоксичных продуктов [5, 7].

Фозалон является наиболее эффективным против этномофагов, однако высокотоксичен для человека и теплокровных животных. Действие инсектицида заключается в подавлении активности холинэстеразы, осуществляющий гидролиз ацетилхолина, при накоплении которого приводит к нарушению нормального прохождения нервных импульсов, возникает судорожная активность мышц (тремор), переходящий в паралич [10].

Таким образом, по результатам проведенных исследований установлено, что в ягодно-овощной продукции, выращенной и реализуемой на территории Республики Адыгея, могут присутствовать остаточные количества ФОП, что делает актуальным регулярный контроль безопасности продукции потребляемой населением, произведенной в частных приусадебных хозяйствах, и в большей степени, произведенных в промышленных масштабах.

### ПРИМЕЧАНИЯ

1. Белан С.Р., Грапов А.Ф., Мельникова Г.М. Новые пестициды: справочник. Москва: Грааль, 2001.

2. Ганиев М.М., Недорезков В.Д. Химические средства защиты растений. Москва: КолосС, 2006. 248 с.

3. ГОСТ 30710-2001 Плоды, овощи и продукты их переработки. Методы определения остаточных количеств фосфорорганических пестицидов. Введен 2002-07-01. Москва: Издательство стандартов, 2002. 16 с.

4. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. 2012 год. URL: <https://base.garant.ru/70223488/>

5. Зинченко В.А. Химическая защита растений: средства, технология и экологическая безопасность: учебное пособие для вузов. Москва: КолосС, 2005. 232 с.





6. Логвиновский В.Д. Пестициды. Современные проблемы природопользования. Пособие по специальности 011600 «Биология», 511100 «Экология и природопользование» / Воронежский государственный университет. Воронеж, 2003. С. 32.

7. Справочник по пестицидам (токсиколого-гигиеническая характеристика) / под ред. акад. РАН В.Н. Ракитского. Москва: Агрорус, 2011. Вып. 1.

8. Цикуниб А.Д. Актуальность разработки модели много-уровневого мониторинга экологического состояния окружающей среды // Экология: рациональное природопользование и безопасность жизнедеятельности: сборник материалов Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. 2017. С. 110-114

9. Определение фосфорорганических пестицидов в плодоовощной продукции, выращенной на приусадебных участках в Республике Адыгея / А.Д. Цикуниб, К.В. Дейфель, Ф.Н. Езлю, С.Р. Касумова // Экологический вестник Северного Кавказа. 2018. С. 43-47.

10. Toxicological and biochemical characterizations of AChE in phosalone-susceptible and resistant populations of the common pistachio psyllid, *Agonoscena pistaciae* / A. Alizadeh, K. Talebi-Jahromi, V. Hosseiniaveh, M. Ghadamyari // J. Insect. Sci. 2014. Vol. 14. P. 18.

11. Comparative Study of Pesticides Analysis Using Enzyme Inhibition Sensor and Gas Chromatography Method / Faridah Salam [et all.] // Procedia Chemistry. 2016. Vol. 20. P. 33-39.

12. WHO, UNEP. State of the Science of Endocrine Disrupting Chemicals/ 2012. URL: <http://www.who.int/ceh/publications/endocrine/en/>

---

**Коваленко Татьяна Владимировна**, студентка 5 курса факультета естествознания ФГБОУ ВО «Адыгейский государственный университет», ул. Первомайская, 208, г. Майкоп, 385000, Россия. Тел.: 89654595620 e-mail: ddfvkt@gmail.com

**Kovalenko T.V.**, Student of Natural Sciences Faculty, Adyghe State University, Pervomayskaya St., 208, Maikop, 385000, Russia.

**Османи Сумейя Абединовна**эксперт, нутрициолог лаборатории нутрициологии и экологии НИИ КП АГУ, email: [sumeya.osmani@yandex.ru](mailto:sumeya.osmani@yandex.ru)

**Osmani S. A.**, expert-nutritionist of Nutrition and Environment Laboratory of Scientific Research Institute of complex Problems of Adyghe State University Sciences, email: sumeya.osmani@yandex.ru



Крайнюкова Е.Ю., Цикуниб А.Д.

ФГБОУ ВО «Адыгейский государственный университет»

Лаборатория нутрициологии и экологии НИИ комплексных проблем АГУ

## ФЕРМЕНТАТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СЕМЯН СОИ: СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ

**Аннотация.** В статье представлен анализ современных представлений ферментативного потенциала семян сои, описана биологическая роль и биотехнологическое применение ферментов сои в различных областях промышленности.

**Ключевые слова:** соя, ферменты сои, биологическая роль ферментов, биотехнология ферментов, липоксигеназа, липаза,  $\beta$ -амилаза, сукцинатдегидрогеназа, пероксидаза, уреазы.

Kraynyukova E.Yu., Tsikunib A.D.

Adyghe State University

Nutrition and Environment Laboratory, of Scientific Research Institute of complex Problems of  
ASU

**Abstract.** The article presents an analysis of modern concepts of the enzymatic potential of soybean seeds, describes the biological role and biotechnological application of soybean enzymes in various fields of industry.

**Keywords:** soy, soy enzymes, biological role of enzymes, enzyme biotechnology, lipoxigenase, lipase,  $\beta$ -amylase, succinate dehydrogenase, peroxidase, urease.

Изучение ферментов одно из актуальных направлений биохимии, биотехнологии и аналитической химии. Биохимические процессы, лежащие в основе развития метаболических реакций клеток, катализируемых ферментами, позволяют организму адаптироваться к меняющимся условиям окружающей среды [1]. Эти реакции отражаются в изменениях различных биохимических показателей, позволяющих определить адаптационную стратегию толерантности и выживания организма, как при природных, так и при антропогенных воздействиях [5]. Общие закономерности биохимической адаптации животных с участием ферментов изучены досконально [2,3,4], однако недостаточно для растений, особенно культурных, в том числе сои.



Ферменты в качестве адаптационных маркеров невероятно эффективны и всегда предпочтительнее обычных химических реакций. Среди плюсов можно выделить специфичность по отношению к катализируемой реакции и субстрату, минимальные затраты энергии, меньшее количество побочных продуктов с экологической и физиологической токсичностью. Все эти факторы делают ферменты перспективными кандидатами при выборе биохимического маркера для определения качества и безопасности растений. Однако эффективность аналитического сигнала будет достигнута только тогда, когда выбранный фермент будет в полной мере отражать изменения биологических процессов, происходящих в растении при хранении и прорастании [5].

Энзимология существует чуть более ста лет, в течение которых был достигнут значительный прогресс, как в идентификации новых ферментов, так и в разработке новых методик для ферментативной кинетики. Ферменты находят также широкое применение в аналитической химии для контроля качества и безопасности в объектах пищевой, микробиологической и фармацевтической промышленности, мониторинге окружающей среды. Широкому внедрению ферментативных методов в практику клинических, экологических, производственных, научно-исследовательских лабораторий способствуют не только их высокая активность и избирательность действия, позволяющие значительно повысить чувствительность и селективность методов анализа, но и простота аппаратного оформления и методики эксперимента, экспрессность [40].

Ферментативными методами можно определять сами ферменты, их субстраты (то есть соединения, превращение которых катализируют ферменты), а также соединения, воздействующие на каталитическую активность ферментов - их эффекторы, активаторы или ингибиторы (то есть вещества, которые либо повышают, либо понижают активность фермента).

Расширение и обобщение существующих фактов о ферментном составе сои может быть одним из инструментов изучения, определения качества и безопасности адаптации растений к условиям выращивания.

**Целью работы** явилось изучение современных представлений о ферментативном потенциале сои, строении ферментов, их биологической роли, кинетики, а так же выбора фермента в качестве биохимического маркера качества и безопасности семян сои.

Соевые бобы, как и все семена, содержит комплекс ферментов, необходимых для прорастания. Наиболее изученными являются липоксигеназа, липаза, бета-амилаза, пероксидаза, сукцинатдегидрогеназа, уреазы [6,7,31].

Технологически наиболее важным ферментом в соевых бобах является липоксигеназа (КФ 1.13.11.12) – фермент класса оксидоредуктаз. Этот класс ферментов также включает



каталазу, пероксидазу и полифенолоксидазу. Липоксигеназа – железосодержащий фермент, катализирующий реакцию диоксигенации полиненасыщенных жирных кислот в гидропероксиды [7,34]. Фермент состоит из двух доменов: N-конца и большего С-конца, где расположен его активный центр. Выделение белкового домена приводит к потере каталитической активности. В активном центре железо закреплено координационными связями у атома Nε гистидина и кислорода с С-концевой карбоксильной группой. Фермент, по-видимому, генерирует свободные радикалы, но механизм их образования неясен [7].

Из обезжиренной соевой муки выделены две липоксигеназы: липоксигеназа 1 (LOX 1) которая есть как в исходном, так и в прорастающем зерне, катализирует окисление свободной линолевой кислоты и производит 9-гидропероксиды (9-HPOD), и липоксигеназа 2 (LOX 2), которая образуется в зерне только после прорастания, катализирует окисление линолевой кислоты в составе трилинолеина способствует образованию 13- гидропероксидов (13-HPOD) (рис.1).

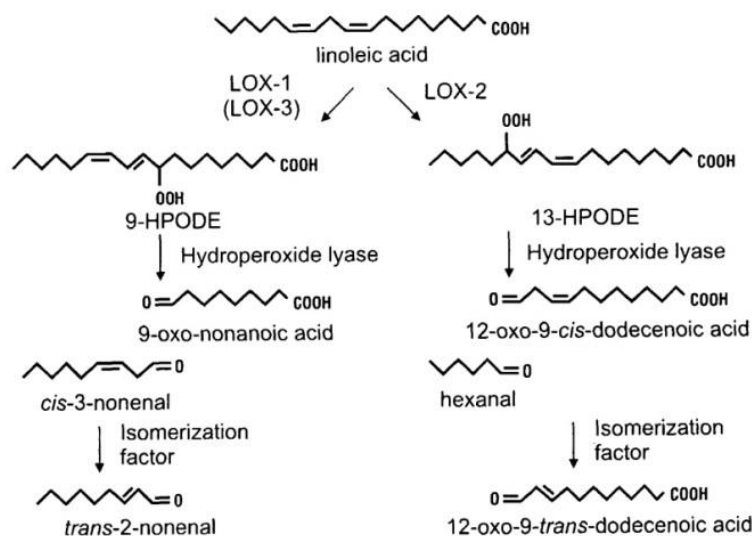


Рисунок 1. Образование 9- и 13-гидропероксидов (9-HPOD, 13-HPOD) под действием LOX-1 и LOX-2 [26].

Активность той или иной формы липоксигеназы зависит от температуры и pH. Оптимальным условием для действия LOX-1 является температура от 35 до 40° С. При этой же температуре наблюдается максимальная активность липазы. Активность LOX-2, которая образует 13-гидропероксид, начинает существенно снижаться только по достижении температуры 55° С. Эти две формы липоксигеназы также отличаются по значению величины pH, при которой наблюдается их максимальная активность: для LOX-1 это значение составляет 5,8; для LOX-2 6,2 pH [13].



Исследования физиологической роли LOX в регуляции роста и развития растений проводились на разных уровнях для широкого круга растений. Установлена роль основных продуктов LOX в регуляции функций устьиц [12] или в повышении устойчивости растений к бактериям [13]. Таким образом, результаты анализа литературы указывают на участие LOX в регуляции метаболизма растительных клеток и указывают на то, что LOX является мишенью для взаимодействия регулирующего воздействия, как ответов роста, так и факторов естественного гормона и стресса. LOX обычно представляют собой растительные белки кодирующиеся в геномах растений. Так высокий уровень липоксигеназы приводит к росту тканей. Имеются данные, что липоксигеназа играет активную роль для процесса предотвращения процесса старения растений, а также, влияет на продолжительность хранения продуктов без изменения их органолептических свойств [14].

Другим наиболее важным ферментом в семенах масличных культур, в том числе и сои, различают нерастворимую и растворимую формы липазы. Липазы (КФ 3.1.1.3) - ферменты, катализирующие гидролитическое расщепление триглицеридов (нейтральных жиров) на составляющие их жирные кислоты и глицерин, которые используются организмом в качестве энергетического и пластического материала (рис. 2).

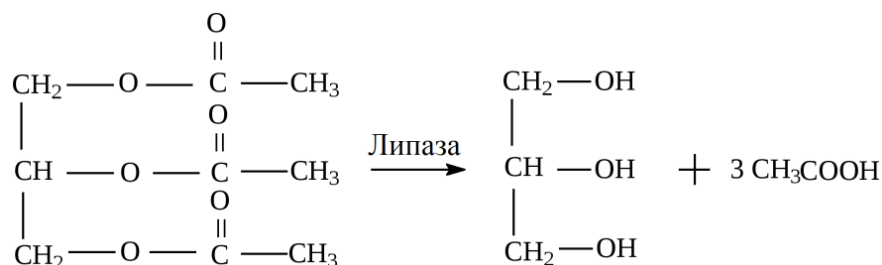


Рисунок 2. Гидролитическое расщепление триацилглицерола под действием липазы [35].

По мнению ряда авторов, [36,37], активный центр липаз можно разделить на три области с функциональными вариациями: первая - контактная, отвечающая за идентификацию поверхности фазы субстрата; второй - это сайт гидрофобного связывания, который притягивает молекулу субстрата из субстратной фазы к глобуле фермента; третья - образованные группы, инициирующие каталитический акт гидролиза сложноэфирной связи [36].

Для семян сои характерна нерастворимая форма липазы, наибольшая активность которой наблюдается при pH=5, а прорастающие семена имеют pH близкий к 7,0 и [15]. Липазы сои имеют два пика активности: при 35 °C и при 65 °C. Одним из наиболее благоприятных условий для проявления липазной активности является температура от 35 до 40 °C. Инактивация фермента наступает при температуре более 70 °C.



В последнее время значительную долю рынка промышленных ферментов (почти 70%) составляют гидролазы, в том числе липазы. Использование ферментных препаратов липазы разной степени очистки позволяет не только улучшить показатель и урожайность в различных биотехнологических процессах, но и даёт возможность улучшить производство кормов, повысить способность поедания кормов, сделать синтетические моющие средства более целенаправленными и эффективными, улучшить качество косметических препаратов и создать целый арсенал специфических, чувствительных и точных аналитических методов для продвижения производства лекарств и профилактических средств для медицинской промышленности и т.д. [15].

В семенах сои содержится большое количество  $\beta$ -амилазы ( $\alpha$ -1,4-глюкан-мальтогидролаза, К.Ф.3.2.1.2) — фермента экзо-типа, катализирующего последовательное отщепление мальтозы нередуцирующего конца молекул амилозы, амилопектина, амилодекстринов (рис.3).

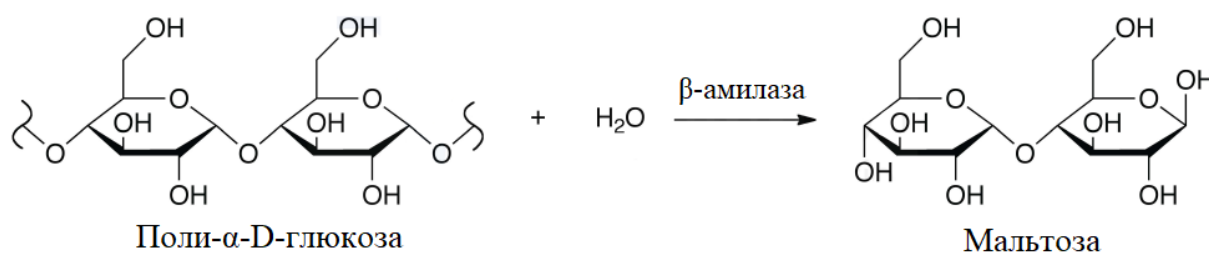


Рисунок 3. Расщепление крахмала на мальтозу под действием  $\beta$ -амилазы [16].

Фермент расщепляет в крахмале только  $\alpha$ -1,4-гликозидные связи, а сырой крахмал не гидролизует. Амилоза гидролизуется полностью. Минимальный расщепляемый фрагмент – Г4. От ветвей амилопектина отщепляется по 10–12 мальтозных остатков. Гидролиз амилопектина может идти до предпоследней связи, граничащей с точкой ветвления. Нерасщепленные фрагменты амилопектина носят название  $\beta$ -предельных декстринов. В результате гидролиза крахмала  $\beta$ -амилазой образуется 54–58 % мальтозы и 42–46 % предельных декстринов. Мальтоза при отщеплении переходит в  $\beta$ -форму, что объясняет название фермента.

В зерне  $\beta$ -амилаза присутствует в активной и латентной форме. При прорастании латентная форма активируется под действием протеаз, осуществляющих процессинг фермента. Зерновые  $\beta$ -амилазы наиболее активны при pH 4-6, стабильны при pH 4-8. Оптимальная температура действия фермента 40-50°C, температура стабильности – не выше 60°C. Зерновые  $\beta$ -амилазы – сульфгидрильные ферменты, их активность подавляют тяжёлые металлы и окислительные агенты [17,18].

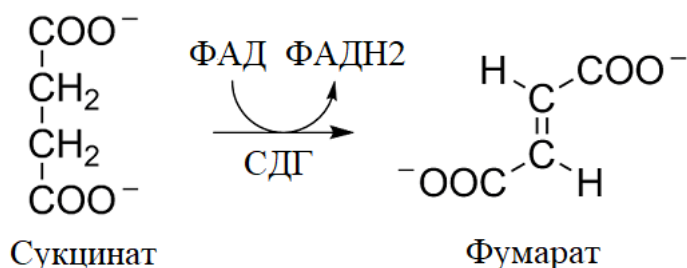


Пероксидаза (КФ 1.11.1.1 — 1.11.1.10) – железопорфириновый фермент, относящийся к классу оксидоредуктаз, который повсеместно встречается во всех растениях, животных и микроорганизмах[6].

Фермент катализирует окислительно-восстановительную реакцию в присутствии пероксида водорода, который выступает в качестве акцептора электронов, многих видов органических субстратов посредством высвобождения кислорода [38]. Фермент присутствует в хрене, соевых бобах, томатах, картофеле, репе, моркови, пшенице, бананах, клубнике. Пероксидаза имеет широкое практическое применение, в частности, в медицине в качестве компонента диагностических систем для биохимических и иммуноферментных анализов. В иммуноферментных методах пероксидаза широко используется для приготовления антитело-фермент или антиген-антитело-фермент конъюгатов, в виду высокого сродства, высокой скорости протекания реакции и большей чувствительности [39].

Пероксидаза сои представляет интерес благодаря некоторым уникальным характеристикам: высокая термостабильность (температура инактивации выше 80°C), высокая реакционная способность и стабильность при низких значениях pH (от pH 2 до pH 11) и в ряде органических растворителей. Пероксидаза сои содержится в большом количестве в семенной оболочке сои, являющейся дешёвым сырьём и побочным продуктом при переработке сои. Полный спектр биологических функций пероксидазы до сих пор остаётся неясным, несмотря на то, что основной функцией является разложение перекиси водорода на воду и кислород [6].

Сукцинатдегидрогеназа (СДГ, КФ 1.3.99.1) представляет собой мультифункциональный фермент и по этой причине имеет практически универсальное распространение среди живых организмов. На шестой стадии цикла Кребса СДГ катализирует реакцию окисления сукцината до фумарата с восстановлением убихинона до убихинола (рис.4).



*Рисунок 4. Окисление сукцината до фумарата под действием СДГ [19].*

СДГ содержит ковалентно связанный кофактор ФАД. Впервые очищенный препарат растворимой СДГ из животных тканей был получен Сингером в 1954 г. Митохондриальная СДГ состоит из четырех структурно различных субъединиц: двух гидрофильных и двух



гидрофобных. Первые две субъединицы, флавопротеин (SdhA) и железосернистый белок (SdhB), образуют гидрофильную головку, в которой происходит ферментативная активность комплекса. SdhA содержит ковалентно присоединенный кофактор флавинадениндуклеотида (FAD) и сайт связывания сукцината а SdhB содержит три железосернистых кластера: [2Fe-2S], [4Fe-4S] и [3Fe-4S]. Вторые две субъединицы-это гидрофобные мембранные якорные субъединицы, SdhC и SdhD. Митохондрии человека содержат две различные изоформы SdhA (субъединицы Fr типа I и типа II) [9,20].

Сукцинат является наиболее эффективным источником энергии, поэтому анализ активности СДГ может быть важным методом измерения жизнеспособности растений. СДГ сои имеет четко выраженный оптимум действия между рН 7,0 и 8,0. Оптимальная температура действия фермента 25°C, температура стабильности – не выше 45°C [11].

СДГ является ключевым ферментом в промежуточном метаболизме и производстве аэробной энергии в живых клетках. Эти ферменты катализируют окисление сукцината в фумарат в цикле Кребса, производные электроны подаются в комплекс дыхательной цепи III для восстановления кислорода и образования воды. Это создает электрохимический градиент на внутренней мембране митохондрий, позволяющий синтезировать АТФ. В качестве альтернативы электроны могут быть перенаправлены для уменьшения убихинона и обеспечить восстановительные эквиваленты, необходимые для уменьшения супероксидных анионов, происходящих либо из экзогенного источника, либо из самой дыхательной цепи [8].

В реакции окисления сукцината до фумарата два атома водорода удаляются из субстрата флавинадениндуклеотидом (ФАД), протетической группой, которая плотно прикреплена к СДГ, ФАД является его важным кофактором. Образование аденозинтрифосфата (АТФ) в митохондриях связано с окислением никотинамидадениндуклеотида (НАД) и ФАДН<sub>2</sub> и восстановлением кислорода до воды в дыхательной цепи и трехмерной структурой митохондриального белкового комплекса дыхательной мембраны II. Прикрепление ФАД стимулируется, но не зависит от присутствия субъединицы железо-сера и промежуточных продуктов цикла лимонной кислоты, таких как сукцинат, малат или фумарат [9]. Субстратный аналог малоната является конкурентным ингибитором сукцинатдегидрогеназного комплекса. Малонат, как и сукцинат, представляет собой дикарбоксилат, который связывается с катионными аминокислотными остатками в активном участке сукцинатдегидрогеназного комплекса [10].

Уреаза (систематическое название: уреоамидогидролаза, шифр КФ 3.5.3.1) – фермент, относящийся к классу гидролаз, и катализирующий реакцию гидролиза мочевины (рис. 6):



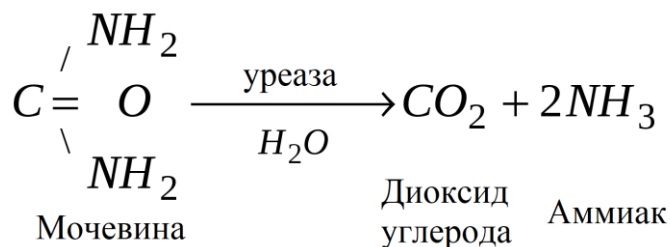


Рисунок 6. Гидролиз мочевины уреазой до  $\text{CO}_2$   $\text{NH}_3$ .

В результате данной ферментативной реакции водорастворимый нелетучий органический субстрат – мочевина трансформируется в такие летучие продукты как аммиак и диоксид углерода [7].

Уреаза широко распространена в мире микроорганизмов и ряда растений, особенно в семенах сои. Уреаза чувствительна к загрязнителям окружающей среды. Среди всего разнообразия загрязняющих веществ ТМ, особенно свинец, обладают способностью накапливаться в почвенном покрове и оказывать длительное влияние на скорость и направление биохимических реакций, протекающих в почвенной среде, что также оказывает токсическое воздействие на живые организмы, обитающие в ней в том числе и на семена сои (Фокина, 2008). Ингибирующий эффект начинает проявляться при концентрации  $2,5 \times 10^{-6}$  моль/л и достигается 100% при концентрации  $5 \times 10^{-3}$  моль/л. Присутствие этих ионов в реакционной среде в концентрациях, превышающих концентрацию  $5 \times 10^{-3}$  моль/л приводит к денатурации фермента и полной потере его каталитической активности. Чувствительность уреазы к различным условиям среды свидетельствует о высоком адаптивном потенциале. С другой стороны, уреаза является косвенным показателем оценки содержания антипитательных веществ. Снижение количества, которых приводит к улучшению качественных характеристик сырья, благоприятному усвоению питательных веществ животными, и человеком. Эти данные согласуются с результатами, полученными во многих исследованиях [27-34].

Растительная уреаза является гомоолигомерным белком, состоящим из одноцепочечного полипептида обозначенная как  $\alpha$ , включающего 840 аминокислот на молекулу, из которых 90 являются остатками цистеина [26]. Молекулярная масса фермента в зависимости от сорта может колебаться от 480 до 545 кДа для уреазы бобов (расчётная масса по аминокислотной последовательности) [21].

Архитектура активного участка растительной уреазы аналогична архитектуре бактериальных уреаз, содержащих би-никелевый центр с ионами никеля  $\text{Ni}1$  и  $\text{Ni}2$ , разделёнными расстоянием 3,7 ангстрема. Растительная уреаза в своем активном центре имеет связанный фосфат и ковалентно модифицированный остаток (Cys592) бета-меркаптоэтанолом, а сопутствующее связывание нескольких ингибиторов (фосфата и бета-



меркаптоэтанола) до сих пор не наблюдается в бактериальных уреазах. Пара Ni (II) имеет слабую антиферромагнитную связь.

На активность фермента влияют несколько факторов, один из которых - температура. При увеличении температуры скорость гидролиза мочевины уреазой возрастает прямо пропорционально в интервале температур 25-60° С. Инкубация при более высокой температуре ведёт к снижению скорости гидролиза из-за инактивации фермента. Активность уреазы достигает оптимального состояния при 35° С [22,23].

Уреаза обладает каталитическим действием в широком интервале значений pH с максимумом активности в зоне нейтральных pH. В кислой и щелочной среде конфигурация фермента меняется, что приводит к резкому снижению активности фермента. Оптимальным значением активности уреазы бобов сои считается pH 7,4 [24]. Скорость биохимических процессов так же существенно зависит от природы субстрата и реакционной способности фермента, которая, в свою очередь, зависит от специфичности фермента к субстрату. Например, активность уреазы может меняться в зависимости от сорта, или частей одних и тех же семян. По мнению Simanjuntak, M. 2003, что активность фермента увеличивается с уменьшением размера соевых зёрен, т.е. с увеличением их относительной поверхности, а также при механическом воздействии на структуру бобов (например, при длительном помоле зерна) [25].

Скорость биохимических процессов так же зависит от концентраций фермента и реагирующих веществ. При избытке субстрата скорость реакции, как правило, определяется концентрацией фермента т.е. чем она выше, тем быстрее идут реакции (Самнер, 1948) [25].

Несмотря на то, что данный фермент был обнаружен и очищен еще в 1926 году (именно из растительного источника), его функция у растений до сих пор остаётся не оконца изученной, выдвигаются предположения о том, что уреаза выполняет защитную функцию.

Обобщённые данные о биологической роли и биотехнологическом потенциале ферментов семян сои представлен в таблице 1.

Таблица 1. Биологическая роль и биотехнологический потенциал ферментов сои.

Название фермента, pH оптимум, t оптимум	Биологическая роль	Использование в биотехнологических целях
Липоксигеназа (КФ 1.13.11.12)  pH <sub>опт</sub> = 5,8 ед. (LOX -1) 6,2 ед. (LOX -2) t <sub>опт</sub> = 35-40°С (LOX -1)	Диоксигенация полиненасыщенных жирных кислот в гидропероксиды	Пищевая промышленность; Парфюмерная промышленность; Активность LOX рассматривается в качестве биологического маркера физиологического состояния растения;



35-55°C (LOX -2)		
<p>Липаза (КФ 3.1.1.3) pH<sub>опт</sub> = 5,0 ед. t<sub>опт</sub> = 35-65 °С</p>	<p>Гидролитическое расщепление триглицеридов на жирные кислоты и глицерин</p>	<p>Косметологическое производство; Кормопроизводство; Химическое производство; Повышение чувствительности и точности аналитических методов.</p>
<p>β-Амилаза (α-1,4-глюкан-мальтогидролаза, КФ.3.2.1.2) pH<sub>опт</sub> = 4,0 – 6,0 ед. t<sub>опт</sub> = 45-50°C</p>	<p>Отщепление мальтозы</p>	<p>Пищевая промышленность; При изготовлении солода; Хлебопечение; Виноделие; Крахмалопаточная промышленность; Текстильная промышленность; Бумажная промышленность; Химическая промышленность.</p>
<p>Пероксидаза (КФ 1.11.1.1 — 1.11.1.10) pH<sub>опт</sub> = 2,0-11,0 ед. t<sub>опт</sub> = До 80°C</p>	<p>Разложение перекиси водорода на воду и кислород.</p>	<p>Использование в иммуноферментном анализе; При разработке электронных биосенсоров; Биотрансформациях; Пероксидазы эффективно используют для биоотбеливания в целлюлознобумажной промышленности; При изготовлении натуральных ароматизаторов; Использование в качестве маркеров химического загрязнения природных сред.</p>
<p>Сукцинатдегидрогеназа (СДГ, КФ 1.3.99.1) pH<sub>опт</sub> = 7,0 -8,0 ед. t<sub>опт</sub> = до 45°C</p>	<p>Окисление сукцината до фумарата</p>	<p>Может быть использована для регенерации ФАД или ФАДН при исследовании других ферментных систем, в аналитических измерениях сукцината в биологических образцах, в иммуноферментном анализе многих антигенов в качестве фермента-маркера митохондрий, в пищевой промышленности для исследования качества продуктов</p>
<p>Уреаза (уреоамидогидролаза, КФ 3.5.3.1) pH<sub>опт</sub> = 7,4 ед. t<sub>опт</sub> = 25-60°C</p>	<p>Гидролиз мочевины с выделением аммиака и углекислого газа;</p>	<p>Может быть использована для освобождения различных жидкостей от мочевины трудноудаляемого вследствие хорошей растворимости продукта азотного обмена живых организмов; Активность уреазы может быть</p>



		рассмотрена в качестве биологического маркера качества и безопасности растений;
--	--	---

Учитывая огромные перспективы применения ферментов в различных отраслях промышленности и сельского хозяйства, медицине, можно сделать заключение о необходимости расширения исследований в этой области.

**Заключение.** К настоящему времени накоплено достаточное количество информации как о строении, биологической роли, кинетике большинства ферментов сои, так и биологической роли, как для растений, так и применении в биотехнологии. Ферментная система, включающая липоксигеназу и пероксидазу, может служить индикатором устойчивости сорта. Роль липоксигеназы и пероксидазы в системе иммунной защиты растений, антипатогенном действии против вирусов и бактерий, стресса и различных загрязнителей окружающей среды хорошо известна. Ферменты комплекса бета – амилазы, липазы, сукцинатдегидрогеназы, уреазы являются наиболее важными ферментами основных метаболических путей живых систем. Перспективным маркером качества и безопасности сои может выступить уреазы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Хочачка П.В. Стратегия биохимической адаптации / П. Хочачка, Дж. Сомеро; пер. с англ. Ю.И. Лашкевича; под ред. и с предисл. акад. Е.М. Крепса. Москва: Мир, 1977. 398 с.
2. Лукьянова О.Н. Молекулярные биомаркеры: оценка состояния морских беспозвоночных при хроническом загрязнении среды. Владивосток: ДВГАЭУ, 2001. 192 с.
3. Ковалев Н.Н. Холинэстераза биохимические механизмы адаптации гидробионтов: дис. ... д-ра биол. наук.. Владивосток, 2003. 280 с.
4. Цветков И.Л. Биохимические параметры стресс-редуцирующей реакции гидробионтов при интоксикации: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Москва, 2009. 46 с.
5. Hochachka P.M., Somero G.N. Biochemical Adaptation. Oxford: Princeton University Press, 2002. 480 p.
6. Андреева В.А. Фермент пероксидаза: участие в защитном механизме растений / отв. ред. Ю.Н. Журавлев; АН СССР. Москва: Наука, 1988. 127 с.
7. Мецлер, Д.Э. Биохимия: химическая реакции в живой клетке / пер. с англ. под ред. А.Е. Браунштейна [и др.]. Москва: Мир, 1980. 488 с.
8. Rustin P., Munnich A., Rötig A. Succinate dehydrogenase and human diseases: new insights into a well-known enzyme // Eur. J. Human. Gen. 2002. № 10. P. 289-291.



9. Robinson K.M., Lemire B.D. Covalent attachment of FAD to the yeast succinate dehydrogenase flavoprotein requires import into mitochondria, presequence removal, and folding // *Biol. Chem.* 1996. № 271. P. 4055-4060.
10. Hajjawi O.S. Succinate dehydrogenase: assembly, regulation and role in human disease // *Eur. J. Sci. Res.* 2011. № 51. P. 133-142.
11. An abscisic acid-independent oxylipin pathway controls stomatal closure and immune defense in Arabidopsis / J.L. Montillet, N. Leonhardt, S. Mondy [et al.] // *PLoS Biol.* 2013. 11 p.
12. Antagonistic role of 9-lipoxygenase-derived oxylipins and ethylene in the control of oxidative stress, lipid peroxidation and plant defence / M.A. López, J. Vicente, S. Kulasekaran [et al.] // *Plant J.* 2011. 67 p.
13. Шлеленко Л.А. Разработка комплексных улучшителей для интенсивной технологии хлебобулочных изделий из пшеничной муки: дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2001. 209 с.
14. Кретович В.Л. Биохимия растений: учебник. Москва: Высш. шк., 1986. 503 с.
15. Демченко Ю.А. Липаза: свойства, источники, способы получения, применение // *Наука: комплексные проблемы.* 2018. № 2 (12). С. 16-35.
16. Biotechnological potential of agro-industrial residues. II: cassava bagasse / A. Pandey, C. R. Soccol, P. Nigam[et al.] // *Bioresource Technol.* 2000. № 74 (1). P. 81-87.
17. Козьмина Н. П. Биохимия зерна и продуктов его переработки / Н.П. Козьмина. Москва: Колос, 1976. 375 с.
18. Бондаренко Л.С. Изоферменты альфа-амилазы и их генетический контроль у мягкой пшеницы: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Москва, 2017. 21 с.
19. Crystal structure of mitochondrial respiratory membrane protein complex II. / F. Sun, X. Huo, Y. Zhai [et al.]. 2005. URL: [www.semanticscholar.org/paper/Crystal-Structure-of-Mitochondrial-Respiratory-II-Sun-Huo/ae0238d12c2dedbd48324da09c438159f3471c1d/](http://www.semanticscholar.org/paper/Crystal-Structure-of-Mitochondrial-Respiratory-II-Sun-Huo/ae0238d12c2dedbd48324da09c438159f3471c1d/)  
DOI:[10.1016/j.cell.2005.05.025](https://doi.org/10.1016/j.cell.2005.05.025)
20. Singer T.P., Kearney E.B., Kenney W.C. Succinate Dehydrogenase // *Advances in Enzymology and Related Areas of Molecular Biology* / ed. A. Meister. New York: John Wiley & Sons Inc., 1973. Vol. 37.
21. Краевская Б. Уреазы I. Функциональные, каталитические и кинетические свойства: обзор // *Журнал молекулярного катализа В: Ферментативный.* 2009. № 59 (1-3). С. 9-21.



22. Purification and characterization of collagenase from *Bacillus licheniformis* F11. 4 / A. Baehaki, M.T. Suhartono, D. Syah [et al.] // African Journal of Microbiology Research. 2012. Vol. 6, № 10. P. 2373-2379.
23. Saropah D.A. Kinetika reaksi enzimatik ekstrak kasar enzim selulase bakteri selulolitik hasil isolasi dari bekatul // Alchemy. 2013.
24. Pervin S., Chaudhuri G., Singh R. NO to breast: when, why and why not? // Curr Pharm. Des. 2010. № 16. P. 451-462.
25. Большая медицинская энциклопедия: в 30 т. / гл. ред. Б.В. Петровский. 3-е изд. Москва: Сов. энциклопедия, 1974-1989.
26. Krajewska B., Wydro P., Jańczyk A. Probing the modes of antibacterial activity of chitosan. Effects of pH and molecular weight on chitosan interactions with membrane lipids in Langmuir films // Biomacromolecules. 2011. № 12.
27. Рассолов С.Н. Влияние препаратов селена и йода в комплексе с пробиотиком и баланс азота, кальция и фосфора в рационе молодняка свиней // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 1. С. 23-24.
28. Ратошный А.Н., Подворок Н.И. Методы снижения ингибирующего действия нативной сои в рационах свиней и крупного рогатого скота. Краснодар: СКНИИЖ, 2005. 41 с.
29. Кириенко М.П. Соя – основа кормов высокопродуктивных коров // Достижение науки и техники АПК. 1993. № 4. С. 25-28.
30. Анищенко Н.И. Перспектив использования соевого белка в пищевых целях. Благовещенск, 1998. С. 75-79.
31. Бородин Е.А. Продукты из сои и здоровье человека. Благовещенск, 1998. С. 19-28.
32. Доронина Ю.А. Целебная соя. Санукт-Петербург: Невский проспект, 2002. 160 с.
33. Свободова В. Пища, полная здоровья. Ростов-на-Дону, 1998. С. 37.
34. Щербакова Е.В. Применение биотехнологических методов при переработке растительного масличного сырья: монография. Краснодар: Ризограф, 2006. 288 с.
35. Rottici D. *Candida antarctica* Lipase B A Tool for the Preparation of Optically Active Alcohols // Enzymes in Nonaqueous Solvents. Methods in Biotechnology / E.N. Vulfson, P.J. Halling, H.L. Holland (eds). Humana Press, 2001. Vol. 15.
36. Имобилизация и стабилизация ферментных препаратов липаз / В.С. Гамаюрова, М.Е. Зиновьева, Е.В. Елизарова, К.Л. Васина // Вестник Казанского технологического университета. 2007. № 2. С. 103-108.



37. Мартемьянова Л.Е., Антипова Л.В. Применение ферментных препаратов в получении растительных белков // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2013. № 1 (55). С. 104-108.

38. Рогожин В.В. Peroxidase как компонент антиоксидантной системы живых организмов. Санкт-Петербург: ГИОРД, 2004. 240 с.

39. Brill A.S. Peroxidases and catalase // Comprehensive Biochemistry / M. Florkin, E. N. Stotz (eds.). 1966. P. 447-479.

40. Zhang R., Wong K. High performance enzyme kinetics of turnover, activation and inhibition for translational drug discovery // Expert Opin Drug Discov. 2017. P. 17-37.

---

**Крайнюкова Елена Юрьевна**, лаборант кафедры химии АГУ, магистрант 2 курса факультета естествознания АГУ e-mail: [ekrainyukova@bk.ru](mailto:ekrainyukova@bk.ru)

**Krainyukova Elena Yuryevna**, laboratory assistant at the Department of Chemistry, ASU, student 2 courses of faculty of natural Sciences of Adyghe State University e-mail: [ekrainyukova@bk.ru](mailto:ekrainyukova@bk.ru)

**Цикуниб Аминет Джахфаровна**, доктор биологических наук, профессор, директор НИИ комплексных проблем АГУ, зав. лабораторией, тел. 8928461725, e-mail: [cikunib58@mail.ru](mailto:cikunib58@mail.ru)

**Tsikunib A.D.**, Head of Nutrition and Environment Laboratory, Director of Scientific Research Institute of complex Problems of Adyghe State University тел. 8928461725, e-mail: [cikunib58@mail.ru](mailto:cikunib58@mail.ru)



УДК 577.19

ББК 51.230.2

Цикуниб А.Д., Плахутина В.А., Терлецкая И.С.,

*Адыгейский государственный университет*

## ДУБИЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА КАК КОМПОНЕНТЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПИТАНИЯ

**Аннотация:** в статье рассмотрены особенности классификации дубильных веществ, особенности их накопления, биологической роли, биодоступности, выбор пищевых источников богатых ДВ, особенно в сырье местной флоры республики Адыгея.

**Ключевые слова:** минорные нутриенты, дубильные вещества, танины, таниды, полифенолы.

**Tsikunib A.D., Plakhutina V. A., Terletskaia I. S.**

*Adyghe State University*

## TANNINS AS COMPONENTS OF FUNCTIONAL NUTRITION

**Abstract:** the article deals with the peculiarities of the content of tannins in food and the biochemical mechanisms of their influence on the body, the ranking of food products by the level of the content of DV according.

**Key words:** minor nutrients, tannins, tannins, polyphenols.

В последние годы существенным достижением нутрициологии и концепции оптимального питания явились новые данные о биологической роли многих микронутриентов. Для полного удовлетворения жизненных потребностей человека пища должна содержать свыше 20 тысяч различных пищевых соединений растительного, животного и микробного происхождения. К сожалению, в настоящее время человек с обычной смешанной диетой не получает и половины необходимых, прежде всего минорных нутриентов. Пристальное внимание исследователей в этом аспекте отводится на соединения вторичного биосинтеза растений, к числу которых относят дубильные вещества (ДВ), отличающиеся высокой биологической активностью [1, 2, 3]. Учитывая перспективность ДВ, как функциональных ингредиентов пищи, актуальна проблема выбора пищевых источников богатых ДВ, особенно в сырье местной флоры республики Адыгея.

**Целью работы** явилось изучение современных представлений о строении ДВ, их классификации, особенностях накопления, биологической роли, биодоступности, выбор





пищевых источников богатых ДВ, особенно в сырье местной флоры республики Адыгея и оценка уровня.

Дубильные вещества или таниды - высокомолекулярные производные пирогаллола, пирокатехина, флороглюцина для которых характерно проявление особых дубящих свойств. Молекулярная масса ДВ колеблется от 1000 до 20000. Простые фенолы дубящее действие проявляют только в комплексах с фенолкарбоновыми кислотами [4].

По классификации К. Фрейденберга таниды делят на две большие группы: гидролизуемые (галлотанины, эллаготанины, несхаридные эфиры фенолкарбоновых кислот) и конденсированные (конденсированные производные катехинов, лейкоантоцианов, стильбенов) [4,6].

Гидролизуемые ДВ — это в большинстве случаев сложные эфиры глюкозы или фенолов и ароматических оксикарбоновых кислот (галловой, пиротокатеховой) и производные этих кислот. Характерный представитель этой группы — танин. Гидролизуемые дубильные вещества при обработке разбавленными кислотами распадаются с образованием более простых соединений фенольной и нефенольной природы [6]. Галлотанины расщепляются на глюкозу и галловую кислоту. Эллаговые дубильные вещества отличаются от галловых тем, что при их гидролизе образуется нерастворимая эллаговая кислота, в большом количестве содержащаяся в корке граната [7]. Конденсированные ДВ в отличие от гидролизуемых при нагревании с разбавленными кислотами подвергаются дальнейшему уплотнению [4].

В растениях гидролизуемые и конденсированные ДВ встречаются одновременно, с преобладанием одного класса. Так, в клеточных стенках и вакуолях стебля, коры, листьев, цветков и семян многих двудольных растений накапливаются как правило конденсированные танины. При этом, основным местом синтеза и локализации гидролизуемых танинов являются клеточные стенки мезофилла листьев (Grundhöfer et al., 2001), тогда как конденсированные танины синтезируются в эндоплазматическом ретикулуме и вакуолях, которые являются их основным депо (Hassanpour et al., 2011) [7].

На накопление и состав ДВ могут влиять генетические особенности растения, возраст и фаза развития, климат, почвенные условия, высотный фактор, освещение, влажность, время сбора, способы сушки, термические воздействия при обработке растительного сырья и т.д. [6,7]. Как правило, минимальное количество ДВ отмечается весной в период вегетации, затем их содержание увеличивается и достигает максимума в период бутонизации и цветения. К концу вегетации количество ДВ постепенно снижается. Фаза вегетации влияет не только на количество, но и на качественный состав ДВ. Так весной, в период сокодвижения у древесных и в фазу отрастания побегов у травянистых растений



преимущественно накапливаются гидролизуемые таниды, а осенью в фазу отмирания растений — конденсированные таниды и продукты их полимеризации — флобафены. Наиболее благоприятными для накопления ДВ являются условия умеренного климата (лесная зона и высокогорный альпийский пояс) [9,10].

Долгое время ДВ рассматривалась лишь с точки зрения хозяйственного применения для дубления кожи. Реже их использовали в народной медицине как кровоостанавливающее сосудосуживающее средство. На основе принципов доказательной медицины за последние годы получены абсолютно новые данные и в отношении их биологической роли. Препараты ДВ применяются в качестве вяжущих и противовоспалительных средств. Вяжущее действие основано на их способности связываться с белками с образованием плотных альбуминатов [11].

За способность образовывать осадки с алкалоидами, гликозидами и солями тяжелых металлов, ДВ используются в составе антидотов [12]. Кроме того, в многочисленных исследованиях показана роль средиземноморской диеты (благодаря обилию растительных продуктов в рационе питания) в поступлении в организм большого количества полифенолов, в том числе и ДВ, которые оказывают благотворное влияние в частности, на сердечно-сосудистую систему. Было установлено, что богатые полифенолами пищевые источники, такие как ягоды, чай, какао и виноград уменьшают среднее систолическое артериальное давление у больных с артериальной гипертензией [13], что связано с активацией полифенолами эндотелиальных клеток кровеносных сосудов, продуцирующих вазопротективные факторы, увеличивая концентрацию оксида азота (NO) в плазме и уровня экспрессии эндотелиальной NO-синтазы (eNOS) [14].

Экспериментальные и клинические исследования также доказывают роль полифенолов в снижении окислительного стресса благодаря своим антиоксидантным свойствам [15]. Выделяют три механизма антиоксидантного действия ДВ. Во-первых, это передача протона водорода от функциональной группы на свободный радикал (рис. 1).

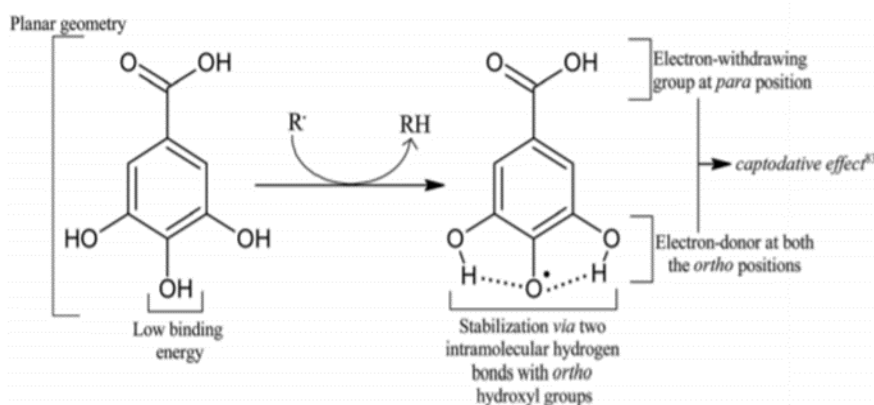




Рис. 1. Механизм антиоксидантного действия танинов на примере молекулы галловой кислоты, связанный с передачей атома водорода на свободный радикал [14,19].

Во-вторых, это перенос электрона от свободного радикала к полифенолу с образованием катиона радикала и последующим быстрым и обратимым депротонированием в растворе (рис.2).

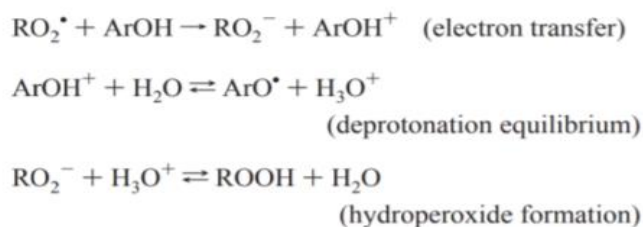


Рис. 2. Механизм антиоксидантного действия танинов, связанный с переносом электрона со свободного радикала на фенольную группу [14].

В-третьих, хелатирование металла, обладающего прооксидантным действием (рис.3).

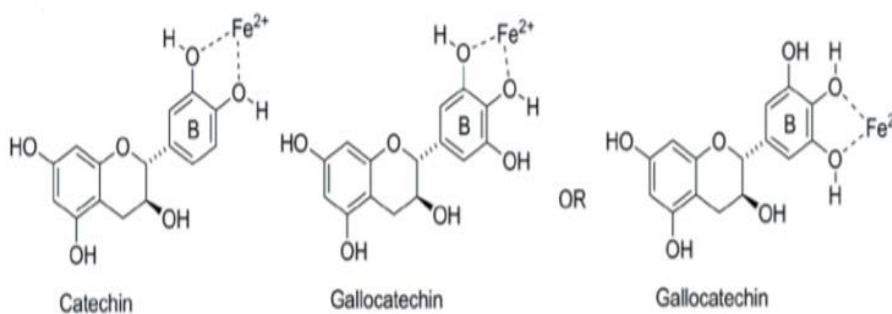


Рис. 3. Механизм антиоксидантного действия танинов на примере катехина и галлокатехина, связанный с хелатированием металлов [15]

Однако при повышении концентрации, уровня pH клеток полифенолы могут выступать в роли прооксидантов вследствие чего запускаются процессы автоокисления приводящие к оксидативному стрессу [14,15] в связи с чем Госсанэпиднадзор Минздрава России установил рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ для взрослых в составе продуктов лечебного и профилактического питания (Таблица 1).

Таблица 1. Рекомендуемые величины суточного потребления пищевых и биологически активных веществ для взрослых в составе



Наименование полифенола	Адекватный уровень потребления в мг	Верхний допустимый уровень потребления в мг	Источники богатые биологически активными веществами
Флавонолы и их гликозиды	30 В пересчете на рутин	100 В пересчете на рутин	лимон, апельсин, мандарин, грейпфрут, слива, земляника, рябина черноплодная, клюква, вишня, калина, боярышник, актинидия, жимолость, томаты, петрушка, щавель, мята
Дигидрофлавонолы	25	100	орехи арахиса, кора лиственницы
Флаван-3-олы (катехины)	50	100	яблоко, айва, клубника, малина, красный виноград, облепиха, кизил, крыжовник, абрикос, черника, голубика, зеленая фасоль, чай зеленый и черный, какао, виноград, лавровый лист, ревень, щавель, боярышник
Антрахиноны	10	30	ревень, конский щавель, бобовые
Танины	200	600	яблоко, айва, хурма, банан, черника, рябина, калина, брусника, малина, яемляника, артишок, какао, чай, черемуха, спаржа, щавель, абрикос, гранат обыкновенный,
Стильбены (Фитоалексины)	10	40	красные сорта винограда, арахис, гречиха, малина, бобовые

Стоит отметить что, биодоступность ДВ как полифенольных соединений, зависит от множества факторов, таких как суточное потребление, всасывание, биотрансформация. Всасывание ДВ происходит в тонком и толстом отделах кишечника. Как правило, в тонком отделе кишечника происходит всасывание гидролизуемой группы танинов. В разных исследованиях данные об абсорбции сильно варьируются: от менее 1 % до 70 % от поглощенной дозы. Кроме того, высокое содержание белков в пище снижает абсорбцию за счет связывание полифенолов, напротив, присутствие жиров может увеличить поглощение



полифенолов. Показано, что катехины зеленого чая, олигомерные проантоцианидины виноградных косточек лучше поглощаются, организмом не в свободном виде, а в составе фосфолипидных комплексов [16, 18].

Точная и достоверная оценка полного суточного потребления полифенолов в пищу весьма проблематична. Это связано, главным образом, с тем фактом, что в пище и напитках содержится много различных типов полифенолов, и их концентрация в пище растительного происхождения зависит от генетических и экологических факторов. С другой стороны, такие факторы, как степень зрелости, хранение, пищевая обработка, в первую очередь варка и жарка, могут также в существенной степени изменить содержание полифенолов в пище и напитках [16, 17,18]. Тем не менее, проведено ряд исследований по алиментарному потреблению полифенолов. Например, было установлено, что в Нидерландах и Дании суточное потребление ДВ находится на уровне 23-27 мг [18], в Германии 54 мг [19]. Исследования С. Manach с соавторами показало, что в Италии среднесуточное потребление флаваноидов в целом составляет 137,2 мг, в том числе 25,5 мг изофлавоны, 20,1 мг антоцианидины, 59,5 мг флаван-3-олы, 34,7 мг флаваноны, 0,5 мг флавоны, 22,4 мг флавонолы [20,21].

На основе метаанализа данных по содержанию ДВ в отдельных плодовых культурах и ягодах, а также анализа структуры питания различных групп населения республики Адыгея с использованием «Банка рационов Лаборатории нутрициологии и экологии НИИ КП АГУ» составлен рейтинг пищевых продуктов (плодовых культур, ягод), характерных для аборигенной флоры Северного Кавказа и (или) наиболее представленных в рационе питания населения Республики Адыгея (табл.2). Следует отметить, что практически круглогодично в рационах представлены яблоки и груши садовые, в осенне-зимний период хурма и плоды шиповника.

**Таблица 2. Рейтинг плодовых культур по содержанию дубильных веществ по данным Овчарова К.Е.(1969г.) и Ермолаевой Г.А (2004г.) [22,23]**

№	Плоды	ДВ, в % от сырой массы	max/min
1	кизил*	0,500 – 0,700	1,40
2	айва культурная южная	0,600 - 0,612	0,98
3	шиповник (свежие плоды) *	0,400 - 0,600	1,50
4	боярышник	0,380-0,470	1,23
5	хурма	0,250 - 0,400	1,60
6	яблоки дикие*	0,230 - 0,340	1,47
7	вишня	0,130- 0,340	2,61



8	груша дикая*	0,290- 0,340	1,17
9	слива садовая	0,050-0,114	2,28
10	персики	0,018 - 0,290	16,1
11	яблоки садовые	0,025 - 0,270	10,8
12	черешня	0,025 - 0,212	8,48
13	груша садовая	0,015- 0,170	11,3
14	абрикосы	0,020 - 0,100	5,0
15	алыча садовая*	0,020 - 0,028	1,4

*\*-распространены в аборигенной флоре РА*

Систематизированные данные в таблице показывают существенный разброс в содержании ДВ в одних и тех же плодовых культурах. Наибольшая разница между минимальным и максимальным содержанием характерна для плодов персиков, черешни, садовых форм яблок и груш, что может быть связано с нестабильностью содержания ДВ, широким ареалом распространения, сортовым разнообразием и (или) аналитическими сложностями определения, отсутствием единого регламента определения ДВ. В целом, наибольшим содержанием ДВ среди плодовых культур отличаются кизил, айва и свежие плоды шиповника. Как видно из данных таблицы, в диких формах яблок и груш содержание ДВ на 42-95% и 20,5%-89% больше, чем в садовых формах, биологические механизмы особенностей, накопления которых до сих пор не изучены.

В таблице 3 приведены результаты оценки содержания ДВ в ягодных культурах, характерных для аборигенной флоры Северного Кавказа и (или) наиболее представленных в рационе питания населения Республики Адыгея. В исследованных рационах содержание ягод сезонное, с преобладанием земляники садовой и малины.

**Таблица 3. Рейтинг ягодных культур по содержанию фенольных соединений по данным Овчарова К.Е.(1969г.) и Ермолаевой Г.А (2004г) [22,23]**

№	Ягоды	ДВ, % от сырой массы	max/min
1	смородина черная	0,332 - 0, 420	1,26
2	земляника садовая	0,120 - 0,410	3,41
3	малина	0,139 – 0,530	3,80
4	крыжовник	0,120 -0,200	1,67
5	смородина красная	0,083 - 0,119	1,31
6	черника	0,120 - 0,400	3,33



Как видно из таблицы ягоды и плоды черной смородины, земляники садовой и малины вполне могут быть использованы в качестве богатого ДВ пищевого ресурса.

## Заключение

Таким образом, многочисленные исследования, посвященные изучению химического состава и биологической активности ДВ, показывают, что они являются важными нутриентами пищи, обеспечивающими разнообразные физиолого-биохимические функции организма, однако ряд вопросов, связанных с изучением содержания ДВ в растительных продуктах и суточном рационе в целом, факторов, влияющих на их биодоступность, особенностей метаболических превращений в организме остаются до сих пор не ясными и проблемными, что связано в первую очередь с методическими (аналитическими) сложностями, требующими дальнейшего совершенствования и разработки.

## Примечания:

1. Методические рекомендации. Москва: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004.

2. ГОСТ 24027. 2-80 Сырье лекарственное растительное. Методы определения влажности, содержания золы, экстрактивных и дубильных веществ, эфирного масла 06. 03. 1980. URL: <https://base.garant.ru/72154540/>

3. Основы государственной политики российской федерации в области здорового питания населения на период до 2020 года: утверждены распоряжением Правительства Российской Федерации от 25 октября 2010 г. N 1873-р. URL: <https://www.consultant.ru/>

4. Государственная фармакопея. Москва, 1987. Вып. 1. С. 286-287.

5. Кретович В.Л. Биохимия растений. Москва: Высшая школа, 1980. 445 с.

6. Nahlbrock K., Scheel D. Physiology and Molecular Biology of Phenylpropanoid Metabolism // Ann. Rev. Physiol. Plant. Mol. Biol. 1989. Vol. 40. P. 347-369.

7. Richardson P.M. Structure, biosynthesis, evolution, and physiological and ecological roles of plant flavonoids and related compounds important in chemoprevention // Cancer Chemoprevention / L. Wattenberg [et al.] (ed.). Boca Raton: CRC Press., 1992. P. 353-360.

8. Костюк В.А., Потапович А.И. Биорадикалы и биоантиоксиданты. Минск: БГУ, 2004. 179 с.

9. What do Green Tea, Grapes Seeds, and Docks have in Common? / L.P. Meagher [et al.] // Chemistry in New Zealand. 2005. Septembre. P. 6-9.

10. Практикум по фармакогнозии: учебное пособие для вузов / В.Н. Ковалев, Н.В. Попова, В.С. Кисличенко. – Харьков: Золотые страницы: МТК - Книга, 2004. 512 с.



11. Дзахмишева З.А., Дзахмишева И.Ш. Функциональные пищевые продукты геродиетического назначения // *Фундаментальные исследования*. 2014. № 9-9. С. 2048-2051.
12. Ковалев В.Н. Практикум по фармакогнозии: учеб. пособие для студентов вузов. Москва: Золотые страницы, 2003. 512 с.
13. Куркин В.А. Фармакогнозия: учебник для студентов фармацевтических вузов. Самара: Офорт: ГОУВПО «СамГМУ», 2004. 1200 с.
14. Лекарственное растительное сырье. Фармакогнозия: учебное пособие / под ред. Г.П. Яковлева, К.Ф. Блиновой. Санкт-Петербург: СпецЛит, 2004. 765 с.
15. Dietary flavonoids, antioxidant vitamins, and incidence of stroke. The Zutphen Study / S.O. Keli [et al.] // *Arch. Intern. Med.* 1996. Vol. 156. P. 637-642.
16. Фенольные антиоксиданты / Н.К. Зенков, Н.В. Кандалинцева, В.Э. Ланкини [др.] / Новосибирск, 2003. 328 с.
17. Bravo L. Polyphenols: Chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance // *Nutr. Rev.* 1998. Vol. 56. P. 317-333.
18. Quantitative analysis of the flavonoid content of commercial tomatoes, onions, lettuce, and celery / A. Crozier [et al.] // *J. Agric. Food Chem.* 1997. Vol. 45. P. 590-595.
19. Hirota S., Shimoda T., Takahama U. Tissue and spatial distribution of flavonol and peroxidase in onion bulbs and stability of flavonol glucosides during boiling of the scales // *J. Agric. Food Chem.* 1998. Vol. 46. P. 3497-3502.
20. Price K.R., Bacon J.R., Rhodes M.J.C. Effect of storage and domestic processing on the content and composition of flavonol glucosides in onion (*Allium cepa*) // *J. Agric. Food Chem.* 1997. Vol. 45. P. 938-942.
21. Composition and content of flavonol glycosides in broccoli florets (*Brassica olearacea*) and their fate during cooking / K. Price [et al.] // *J. Sci Food Agric.* 1998. Vol. 77. P. 468-472.
22. Quercetin is recovered in human plasma as conjugated derivatives which retain antioxidant properties / C. Manach [et al.] // *FEBS Letters.* 1998. Vol. 426. P. 331-336с.
23. Овчаров К.Е. Витамины растений. Москва: Колос, 1969. 328с.
24. Ермолаева Г.А. Сырье для сокосодержащих напитков // *Пиво и напитки*. 2004. № 2. С. 60-61.

---

**Цикуниб Аминет Джахфаровна**, доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой химии факультета естествознания Адыгейского государственного университета, тел. 8928461725, email: [cikunib58@mail.ru](mailto:cikunib58@mail.ru)

**Плахутина Валерия Андреевна**, ассистент кафедры химии факультета естествознания Адыгейского государственного университета, тел.89618298411, email: [plakhutina93@mail.ru](mailto:plakhutina93@mail.ru)



## НАУКА: комплексные проблемы № 1 (17) 2021



**Терлецкая Ирина Сергеевна**, магистрант 1 курса, тел. 89064385609, email: [terletskaya.85@gmail.com](mailto:terletskaya.85@gmail.com)

**Tsikunib A.D.**, doctor of Biological Sciences, professor, head of the Department of Natural Sciences of Chemistry of Adyghe State University, e-mail: [cikunib58@mail.ru](mailto:cikunib58@mail.ru), ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-7491-0539>

**Plakhutina V. A.**, Assistant of the Department of Chemistry of the Faculty of Natural Sciences of the Adyghe State University, tel. 89618298411, email: [plakhutina93@mail.ru](mailto:plakhutina93@mail.ru)

**Terletskaya I. S.**, 1st year master's student, tel. 89064385609, email: [terletskaya.85@gmail.com](mailto:terletskaya.85@gmail.com)



УДК 372.854

ББК 74.262.4

Г65

Гончарова С.А., Лавриненко А.В.

ФГБОУ ВО «Адыгейский государственный университет», г. Майкоп

### РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ ПОНЯТИЙ ОБ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РЕАКЦИЯХ В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ ХИМИИ

*Аннотация.* В статье приведены результаты исследования по разработке и реализации модели развития системы понятий об окислительно-восстановительных реакциях в школьном курсе химии, направленной на повышение уровня знаний и умений составлять ОВР с учетом направленности на задания ЕГЭ.

*Ключевые слова:* окислительно-восстановительные реакции, система понятий, актуализация знаний, развитие, диагностика.

Goncharova S.A., Lavrinenko A.V.

Adyghe State University, Maykop

### DEVELOPMENT OF THE SYSTEM OF CONCEPTS OF REDOX REACTIONS IN SCHOOL CHEMISTRY

*Abstract.* The results of research on the development and implementation of a model for the development of a system of concepts on redox reactions in a school chemistry course aimed at increasing the level of knowledge and skills to compile an OBR taking into account the focus on USE tasks are given.

*Key words:* redox reactions, system of concepts, actualization of knowledge, development, diagnostics.

В связи с введением в качестве формы итоговой аттестации выпускников средней школы единого государственного экзамена (ЕГЭ) все большую актуальность приобретает подготовка старшеклассников к выполнению наиболее “дорогих” в балльном отношении заданий части “С” теста ЕГЭ по химии [1]. Если усвоены основные понятия теории ОВР, то можно правильно выполнить первое и второе задания полностью, а третье – частично [2]. Опыт педагогов показывает, что если, изучая неорганическую химию, обучающиеся достаточно хорошо справляются с заданиями по написанию уравнений ОВР, то аналогичные



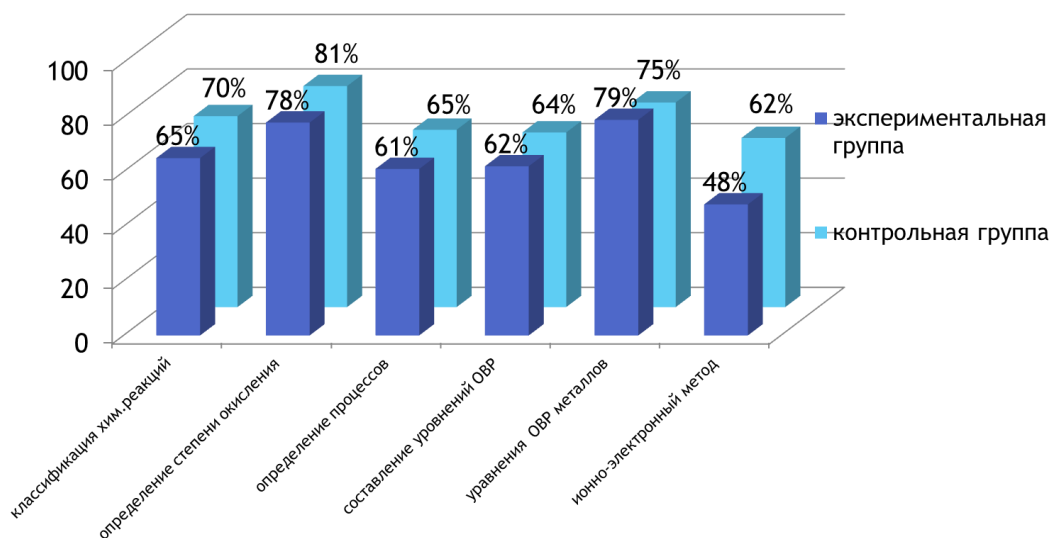
задания по органической химии вызывают у них большие трудности. Поэтому на протяжении изучения всего курса органической химии необходимо развивать систему понятий об ОВР у старшеклассников и навыки составления уравнений ОВР [3].

Проблема формирования и развития системы понятий является одной из важнейших в процессе обучения. Усвоение понятий обеспечивает овладение школьниками основами наук и в то же время стимулирует развитие их мышления [4].

В то же время анализ школьной практики показывает недостаточный уровень усвоения обучающимися основных химических понятий. Неправильное, недостаточное, нерациональное формирование понятий и умений является основными причинами типичных недостатков в знаниях и умениях школьников по химии [5].

Целью нашего исследования стала разработка модели развития системы понятий об окислительно-восстановительных реакциях в школьном курсе химии и подтверждение ее эффективности.

**Экспериментальное исследование проходило** на базе МБОУ «Средняя школа №3» г. Майкопа. С этой целью нами был разработан и проведен проверочный тест. Тест включает в себя 8 заданий в 1 части на соотнесение и 3 задания в части 2 на составление формул ОВР и подбор коэффициентов. Задания теста основаны на подобных заданиях ЕГЭ. Первым этапом эксперимента являлась диагностика остаточных знаний, обучающихся 10-ых классов об окислительно-восстановительных реакциях. Результаты теста представлены на рисунке 1.



*Рисунок 1. Результаты диагностики остаточных знаний учащихся 10-ых классов об окислительно-восстановительных реакциях*

Так, с заданием на знание классификации химических реакций в экспериментальной группе справились 65 % учащихся, а в контрольной – 70 %. С заданием на определение степени окисления справились 78 % учащихся экспериментальной группы и 81 % -



контрольной группы. Задание на определение процессов окисления и восстановления в экспериментальной группе выполнили 61 % учащихся, в контрольной – 65%. Задание на составление ОВР выполнили 62% учащихся экспериментальной и 64% учащихся контрольной группы. Справились с заданием на составление ОВР металлов (с неметаллами, солями, кислотами) 79% экспериментальной группы и 75 % - контрольной. Задание на расстановку коэффициентов ионно-электронным методом в экспериментальной группе смогли выполнить 48% учащихся, а в контрольной – 62%.

На основе полученных данных мы сделали вывод о том, что уровень остаточных знаний об ОВР и в экспериментальной и в контрольной группах является невысоким и находится примерно на одинаковом уровне.

На *формирующем этапе* в экспериментальном классе осуществлялась апробация педагогической модели развития системы понятий об окислительно-восстановительных реакциях. Предложенная нами модель развития системы понятий об ОВР при изучении органической химии позволяет систематически восстанавливать опорные знания учащихся из системы понятий об ОВР, что создает условия для сохраняемости базовых знаний и умений, разнообразия методических приемов и выстраивает последние в оптимально соответствующей очередности процессам научения (рис.2).

Модель применима не только с целью актуализации и восстановления опорных знаний о химической реакции, но и предполагает преемственность при изучении последующих тем школьного курса и развития "старой" системы через расширение и образование новых связей между понятиями.

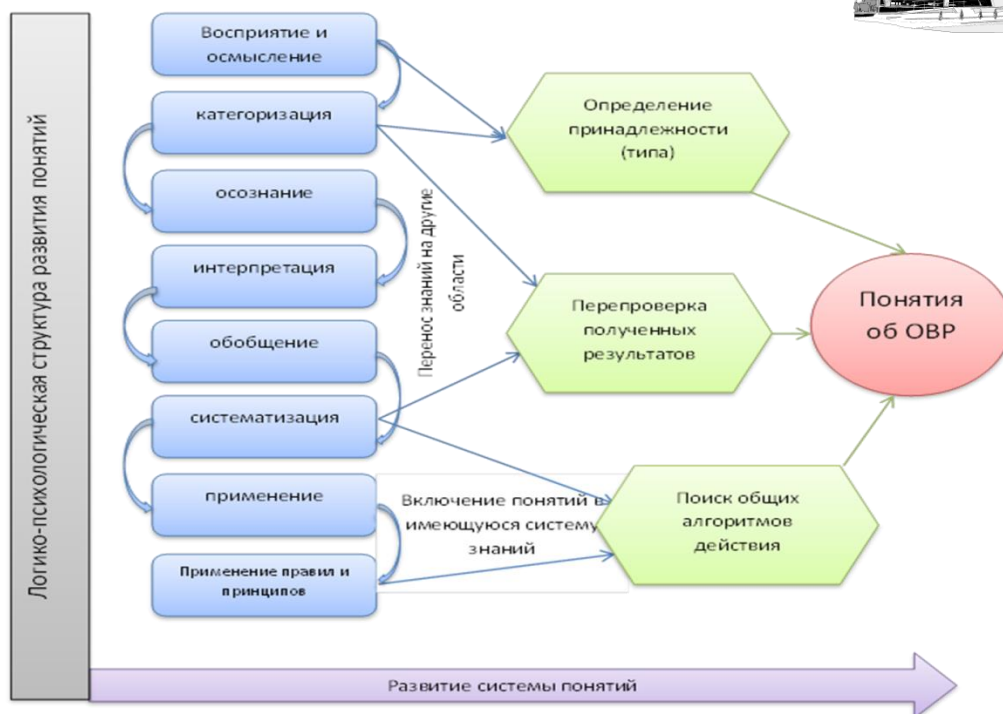


Рисунок 2. Модель развития системы понятий об окислительно-восстановительных реакциях в школьном курсе химии

Актуализация имеющихся у школьников знаний приводит к тому, что в учебном процессе акцент делается на самостоятельную поисковую деятельность, что способствует развитию познавательной активности и личностных качеств учеников. На первых уроках применения системы понятий об ОВР формируются умения определять степень окисления элемента углерода в его соединениях. При этом актуализируются понятия степени окисления, ее соотношение с валентностью и зарядом иона, знакомые учащимся из курса неорганической химии.

Следующим этапом развития данных понятий являются привитие умений определять ОВР, протекающие с участием органических соединений, составлять их уравнения, формирование способности прогнозировать образующиеся продукты ОВР, подбирать к ним коэффициенты.

В дальнейшем ознакомлении с органическими веществами происходит последующее развитие системы знаний об ОВР, расширение содержания понятия горение, его соотношение с окислением, рассмотрение генетических связей между классами органических соединений. Целесообразно обучение построить так, чтобы школьники в своей учебной деятельности опирались не только на ранее сформированные знания, но и имели выход на обыденно-практическую деятельность (например, горение ацетилена и др.).



Основное преимущество данной модели состоит в том, что процесс обучения строится на основе преемственности в содержании основ органической и неорганической химии, непрерывного формирования у школьников понятий и умений, что позволяет показать не только специфику каждого раздела химии, но и их взаимосвязь, что способствует правильному представлению о единстве живой и неживой природы.

Экспериментальное обучение проводилось на материале школьного курса органической химии. Нами был сделан отбор тем, где имелись наиболее благоприятные возможности для развития ранее изученных понятий. В процессе эксперимента осуществляли педагогические наблюдения и итоговый контроль в экспериментальных и контрольных классах. В экспериментальном классе были проведены уроки по темам «Окислительно-восстановительные реакции в органической химии» «Спирты» и «Альдегиды».

На *контрольном* этапе, по истечению формирующего эксперимента, была проведена повторная диагностика уровня знаний, обучающихся об окислительно-восстановительных реакциях у экспериментальной и контрольной групп. Основным критерием результативности предложенной модели является различие в итогах выполнения заданий учениками в экспериментальном и контрольном классах. И сравнение результатов, полученных на контролирующем этапе, с результатами констатирующего этапа (рис.3).

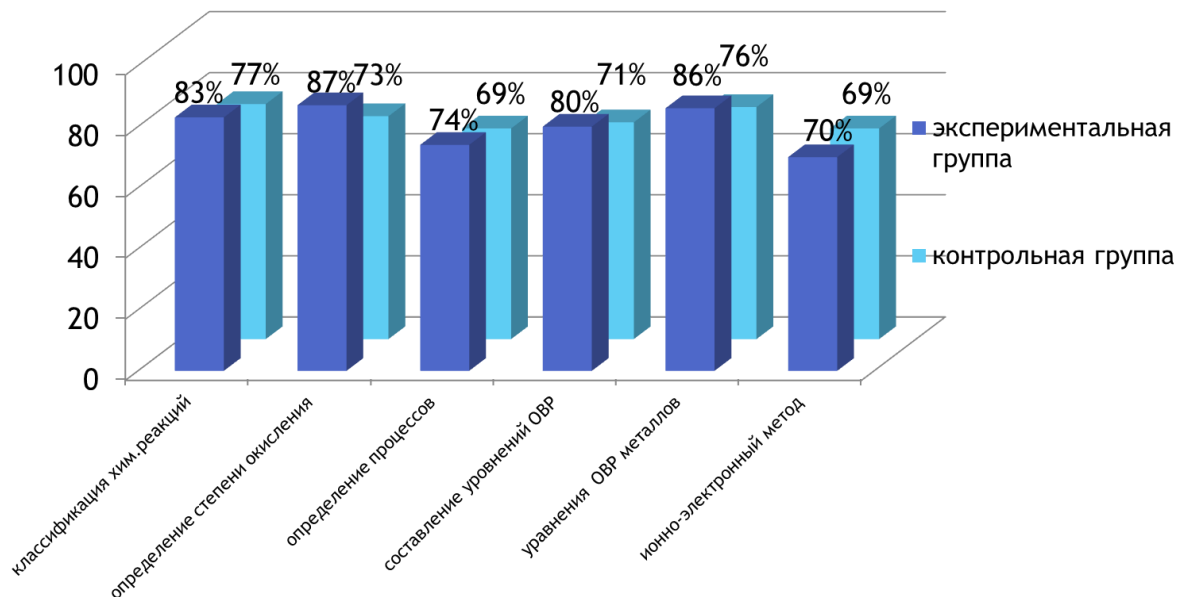


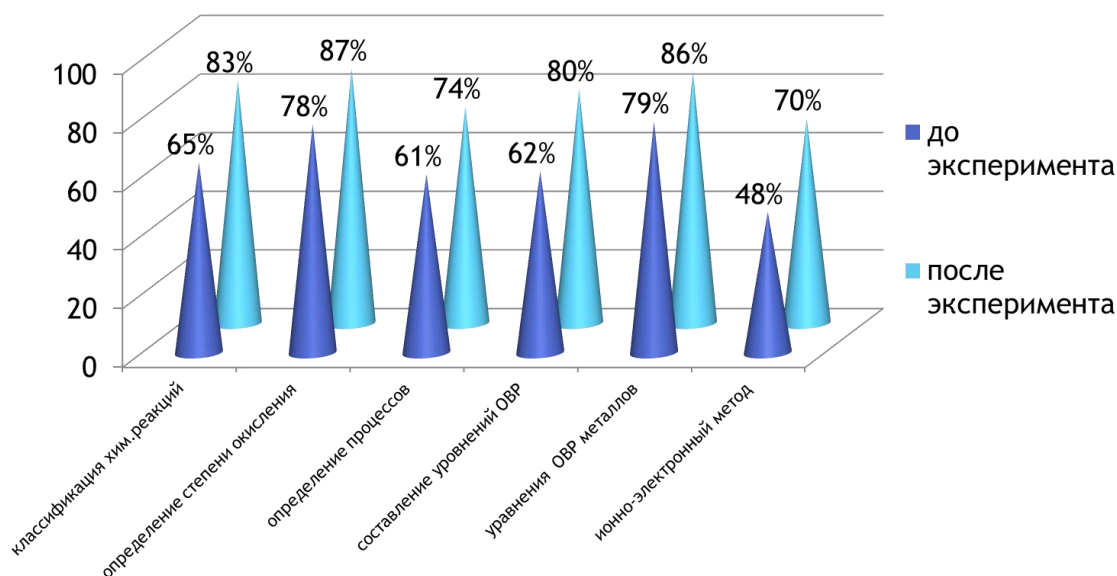
Рисунок 3. Результаты повторной диагностики знаний учащихся 10-ых классов об окислительно-восстановительных реакциях



Так, после проведения эксперимента с заданием на знание классификации химических реакций в экспериментальной группе справились 83 % обучающихся, а в контрольной – 77 %. С заданием на определение степени окисления справились 87 % учащихся экспериментальной группы и 73 % - контрольной группы. Задание на определение процессов окисления и восстановления в экспериментальной группе выполнили 74 % учащихся, в контрольной – 69%. Задание на составление ОВР выполнили 80 % учащихся экспериментальной и 71% учащихся контрольной группы. Справились с заданием на составление ОВР металлов (с неметаллами, солями, кислотами) 86% экспериментальной группы и 76 % - контрольной. Задание на расстановку коэффициентов ионно-электронным методом в экспериментальной группе смогли выполнить 70% учащихся, а в контрольной – 69%.

Сравнительный анализ тестирования позволяет судить о том, что у учеников экспериментальной группы количество правильных ответов значительно выше, чем у учащихся контрольной группы.

Также был проведен анализ прироста уровня знаний в экспериментальной группе по отношению с констатирующим этапом эксперимента (рис.4).



*Рисунок 4. Прирост уровня знаний в экспериментальной группе после апробации модели развития системы понятий об окислительно-восстановительных реакциях*

В результате проведенного исследования, мы отмечаем, что при повторной диагностике произошло повышение уровня знаний об ОВР в экспериментальной группе,



значительно выросло количество учащихся, справившихся со всеми типами заданий, по сравнению с констатирующим этапом. Что позволяет сделать вывод об эффективности использования нашей модели развития системы понятий об ОВР.

**Выводы.** Важное значение развития системы основных понятий об окислительно-восстановительных реакциях, в частности, для успешной сдачи единого государственного экзамена по химии и невысокий уровень знаний и умений составлять ОВР послужили основанием для разработки модели развития системы понятий об ОВР в школьном курсе химии. Апробирование модели развития системы понятий об ОВР в школьном курсе химии позволило повысить уровень знаний и умений составлять ОВР.

## Литература

1. Волков А.А. Химия: общая, неорганическая и органическая. Полный курс подготовки к ЕГЭ: 2150 тестовых заданий с решениями. Москва: Омега-Л, 2018. 448 с.
2. Леенсон И.А. 100 вопросов и ответов по химии: материалы для факультативных занятий и семинаров. Москва: Астрель, 2012. 347 с.
3. Береснева Е.В. Методика формирования системы знаний о химической реакции при углубленном изучении химии в средней школе: автореф. дис. ... канд. пед. наук. Санкт-Петербург, 1992. 17 с.
4. Усова А.В. Психолого-дидактические основы формирования у учащихся научных понятий: учебное пособие. Челябинск: Факел, 2000. 86 с.
5. Шелинский, Г.И. Насущные вопросы формирования важнейших химических понятий химии на начальном этапе обучения // Химия в школе. 2011. № 5. С. 17.

---

**Гончарова Светлана Андреевна**, старший преподаватель кафедры химии факультета естествознания АГУ, [lane\\_goncharova\\_2013@mail.ru](mailto:lane_goncharova_2013@mail.ru)

**Лавриненко Александра Владимировна**, студентка факультета естествознания АГУ, [lavrinenko.sasha01@mail.ru](mailto:lavrinenko.sasha01@mail.ru)

**Goncharova Svetlana A.**, Senior Lecturer, Department of Chemistry, Faculty of Natural Sciences, Adyghe State University [lane\\_goncharova\\_2013@mail.ru](mailto:lane_goncharova_2013@mail.ru)

**Lavrinenko Alexandra V.**, student of the Faculty of Natural Sciences of the Adyghe State University [lavrinenko.sasha01@mail.ru](mailto:lavrinenko.sasha01@mail.ru)