

## **МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И БЕЗОПАСНОСТИ ВОДЫ И ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ПРОДОВОЛЬСТВЕННУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ СТРАНЫ**

**Е.В. Давыдова, А.В. Апрельев, В.И. Добровольский, В.А. Смирнов**

*ФГУП «ВНИИФТРИ», Менделеево, Московская обл.*

*davydova@vniiftri.ru*

*Статья посвящена вопросу обеспечения продовольственной безопасности страны, разработке методов изменения содержания антиоксидантов. Говорится о научной работе по метрологическому физико-химическому контролю биотехнологических продуктов с использованием государственных эталонов.*

*The article is devoted to ensuring the country's food security, developing of methods for changing the content of antioxidants and scientific work on metrological physicochemical control of biotechnological products using state standards*

*Ключевые слова: продовольственная безопасность, сельхозпродукция, вода, свободные радикалы, антиоксиданты, гомеостаз, гербицид, глифосат, пестициды*

В Доктрине продовольственной безопасности, утвержденной в 2010 г., стратегической целью продовольственной безопасности названо обеспечение населения безопасной сельскохозяйственной продукцией.

Слово «безопасной» употреблено здесь не зря — помимо обеспечения населения достаточным для здорового образа жизни количеством продуктов питания, государство обращается и к регулированию качества производимой и импортируемой продукции сельского хозяйства и аграрной промышленности.

Понятие «продовольственная безопасность» вошло в оборот в 70-х годах прошлого века в программах политического управления государств мира как одна из важнейших составляющих обеспечения национальной безопасности.

Среди основных задач обеспечения продовольственной безопасности независимо от изменения внешних и внутренних условий является, указанное в Доктрине, обеспечение безопасности пищевых продуктов.

Для оценки состояния продовольственной безопасности в качестве критерия определяется удельный вес отечественной сельскохозяйственной, рыбной продукции и продовольствия в общем объеме товарных ресурсов (с учетом переходящих запасов) внутреннего рынка соответствующих продуктов, имеющих пороговые значения в отношении:

зерна - не менее 95 процентов;  
 сахара - не менее 80 процентов;  
 растительного масла - не менее 80 процентов;  
 мяса и мясопродуктов (в пересчете на мясо) - не менее 85 процентов;  
 молока и молокопродуктов (в пересчете на молоко) - не менее 90 процентов;  
 рыбной продукции - не менее 80 процентов;  
 картофеля - не менее 95 процентов  
 соли пищевой - не менее 85 процентов,

В качестве показателей безопасности пищевых продуктов предлагается рассматривать: антиокислительную активность (ОАО), количество свободных радикалов отсутствие ГМО, отсутствие остатков пестицидов в продуктах и запасах воды.

Чтобы утверждать о безопасности пищевых продуктов по указанным критериям, необходимо метрологическое обеспечение по этим показателям. Количество ОАО в продуктах значительно влияет на сроки их хранения, а также оказывает значительное влияние на здоровье человека.



Рис. 1

Многие виды сельхозпродукции хранятся в атмосфере нейтрального газа - азота, что делает невозможным взаимодействие свободных радикалов с сельхозпродуктами.

Тема свободных радикалов и реакционноспособных кислородсодержащих частиц продолжает привлекать повышенное внимание со стороны

научного сообщества и все в большей степени заинтересовывает широкую общественность.

Свободным *радикалом* считается химическое соединение, имеющее один или более неспаренных электронов, образованное в результате либо потери, либо приобретения одного электрона. Высокая реакционная способность радикалов приводит в физиологических условиях к ускорению процессов окисления, разрушающих молекулярную основу клетки, и вызывает в результате многочисленные патологические состояния.

Соединения, способные связывать содержащиеся неспаренные электроны частицы с образованием менее активных или вовсе неактивных радикалов, называют *антиоксидантами*. Антиоксиданты играют важную роль в регуляции протекания свободно-радикальных превращений в организме, существенно влияя на его состояние, поэтому антиоксиданты и исследование антиокислительных свойств соединений в последнее время получили широкое распространение. Наиболее перспективными источниками антиоксидантов считаются растительные объекты.



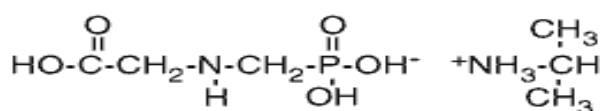
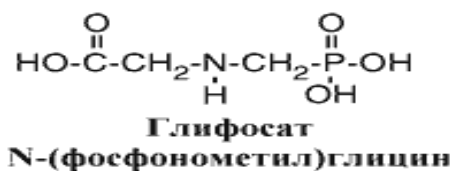
Рис. 2.

Методы исследования общей антиокислительной активности (АОА) приведены на рисунке 2. Применение различных методов позволяет получить ряд результатов, сопоставление и интерпретация которых является сложной и актуальной научной задачей. Значения АОА одних и тех же соединений [2], полученные различными методами, значительно отличаются. Кроме того, в настоящее время нет единой единицы измерения АОА. Наиболее

универсальным способом можно считать сравнение антиокислительной способности изучаемого объекта с антиоксидантной активностью сильного восстановителя (вещества-стандарта), например, рутина, кверцетина, дигидро-кверцетина [3] или аскорбиновой кислоты, обладающих высокой восстановительной способностью и входящих в состав пищевых продуктов. В этом случае АОА пищевых продуктов можно выразить количеством вещества-стандарта (например, мг аскорбиновой кислоты на 1 г продукта), производящего эквивалентный антиоксидантный эффект.

Качество воды, а именно зараженность пестицидами, такими как глифосат (или его производными), также имеет большое значение с точки безопасности страны.

Глифосат, N-(фосфометил)глицин является неизбирательным гербицидом, действующим на весь организм, который используется для уничтожения широколиственных, травянистых и осоковых видов растений. Продукты из глифосата производятся в разных странах мира компанией Monsanto Company. Они продаются под разными торговыми марками: в США наиболее распространены названия "раундап", "родео" и "аккорд" (Roundup, Rodeo и Accord).



**изопропиламинная соль глифосата**

Продукты, содержащие глифосат, обладают острой токсичностью для животных и человека. Симптомы: раздражение глаз и кожи, головная боль, тошнота, оцепенение, повышенное кровяное давление и учащенное сердцебиение. Поверхностно-активное вещество, используемое в продуктах на базе глифосата, более токсично, чем сам глифосат, а комбинация этих двух веществ ещё более токсична.

Хотя производители глифосата и продуктов на его основе описывают "большое количество анализов", показывающих, что их применение не приводит к генетическим повреждениям, альтернативные исследования показали, что как глифосат, так и глифосат-содержащие продукты, являются мутагенными.

Глифосат действует на человека на рабочем месте (при использовании продуктов из глифосата на производстве), при приеме зараженной пищи,

при дрейфе пестицида в процессе его применения за пределы обрабатываемой площади (цели), при контакте с зараженной почвой, при питье или купании в зараженной воде.

Считается, что глифосат образует прочные комплексы с большинством почв, и поэтому "в большинстве почв глифосат исключительно иммобилен". Это означает, что маловероятно заражение глифосатом воды и почвы вне участка его применения. Однако эта связь с почвой является "обратимой".

Систематический контроль содержания глифосата в воде производится редко. В настоящее время анализ глифосата осуществляется по методике, разработанной аналитическим центром ЗАО «РОСА» (г.Москва) ПНД Ф 14.2:4.263-2011 «Методика измерений массовых концентраций глифосата (раундапа) и его основного метаболита (аминометилфосфорной кислоты) в питьевых и природных водах методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Методика достаточно сложная с длительной (более 7 часов) пробоподготовкой. Тем не менее, этот вид анализа становится все более востребованным.

Анализ остатков глифосата (в продуктах) "является трудоемким, сложным и дорогостоящим". По этой причине он не включен в правительственный мониторинг остатков пестицидов в пище. Единственным доступным источником информации о загрязнении пищи являются результаты исследовательских работ.

По данным Всемирной организации здравоохранения "значительные остатки" глифосата были найдены при обработке пшеницы перед жатвой (для подсушки зерна). Отруби содержали в 2 - 4 раза больше пестицида, чем целое зерно. Остатки не исчезают при выпечке.

В настоящее время ведется большое количество научных работ по генетической трансформации растений, где практически не ведутся количественные измерения трансформированных объектов, а проводящиеся измерения не имеют надлежащего метрологического обеспечения. Более того, результаты, получаемые в различных лабораториях, несопоставимы. Причины данного явления ясны и понятны, ведь в биологии в целом и в агробиологии в частности отсутствуют специфические – свои эталоны, и если это единственная причина, то всё кажется очень простым: взять и ввести свои, специфические для живых объектов эталоны. Однако в реальной жизни все далеко не просто и очень даже не просто, так как в данном случае приходится иметь дело с двумя фундаментальными свойствами живого (собственно характеризующих отличие живого от неживого): наследственностью и изменчивостью.

Какими должны быть эталоны живого, какие параметры должны быть измерены и поверены для каждого вида, сорта, организма? Ответ кажется очень простым, расшифруем все цепочки ДНК и будем всё знать о данном

организме, и каждый раз трансформируя растение или животное, мы будем добавлять в генокарточку добавленный новый ген. Однако в таком случае мы будем иметь терминологический словарь без описания терминов.

С нашей точки зрения, к решению проблемы создания эталонов живых систем необходимо идти через ряд итераций и разделений, а именно:

- генетической инженерии, заниматься генноинженерными манипуляциями и исследованием искомого вновь приобретенного признака и его наследованием;

- генетикам исследовать влияние трансгена на генотип и фенотип;

- токсикологам и аллергологам определять аллергенность и токсичность нового продукта;

- селекционерам и агрономам и экологам исследовать поведение нового организма в агробиоценозах и его влияние на ценоз;

- метрологи должны сформулировать парадигмы «Биометрологии» и определить специфичные параметры измерений и методы измерений.

Анализируя возможные подходы к решению поставленных задач, с позиции биометрологии мы остановились на таком свойстве живого, как гомеостаз, которое наиболее полно отражает любое изменение, как внутренней среды организма, так и внешней среды. Выше мы упоминали два фундаментальных отличия живого от неживого, биологи определили эти отличия живого от неживого, однако вне поля зрения осталось такое фундаментальное явление материального мира, как энтропия. В то же время ученые натуралисты интуитивно делят живой мир на таксоны по отношению к энтропии, например, теплокровные и холоднокровные, (гомойотермные, пойкилотермные, гетеротермные), т.е. способные поддерживать гомеостаз в широком диапазоне температур и не способных. Способные поддерживают гомеостаз за счет увеличения энтропии, неспособные останавливают все процессы анаболизма и катаболизма, чем достигается поддержания энтропии на постоянно низком уровне.

Сумев измерить уровень энтропии биологического объекта (в условиях биогомеостата), мы получим паспорт организма, вида, разновидности, либо любого другого биотехнологического объекта (продукта).

ФГУП «ВНИИФТРИ» ведет научную работу в части метрологического обеспечения физико-химических параметров контроля биотехнологических продуктов и окружающей среды с использованием Государственного первичного эталона единицы массовой концентрации кислорода и водорода в жидких средах ГЭТ 212-2014 и Государственного первичного эталона единицы дифференциальной резонансной парамагнитной восприимчивости ГЭТ 83-75. Изучение гомеостаза биотехнологических продуктов начато на примере исследования условий сохранения постоянства внутренней среды натурального вина и натуральных соков, а также метрологического обеспе-

чения измерения показателей качества вина и соков, которые являются основными критериями подтверждения натуральности их происхождения. Гомеостаз вина как сложной многокомпонентной физико-химической системы – это самый сложный процесс саморегуляции, способность открытой системы сохранять постоянство своего внутреннего состояния посредством скоординированных реакций, направленных на поддержание динамического равновесия, т.е. поддержания энтропии на минимальном уровне. Анализ существующих физических и физико-химических методов, а также применяемых для этого средств измерений, позволил нам остановиться в своем выборе методов на первом этапе: на методах измерения содержания общего количества антиоксидантов в образце вина, как в субоптимальных условиях, так и при граничных условиях существования, так как окислительно-восстановительное равновесие наиболее полно отражает адаптивные свойства живого. Разработанные в настоящее время методы измерения общего содержания антиоксидантов позволяют измерять их содержание на уровне  $10^{-14}$  моля. Изменения условий внешней среды моментально вызывают изменение количества антиоксидантов. Исследовав поведение нормального организма, его трансгенного аналога, в оптимуме, субоптимуме и граничных условиях, мы сможем получить эталон, характеризующий общее количество антиоксидантов в нормальном организме. Наличие эталона позволит с высокой степенью достоверности идентифицировать генетически модифицированный организм [4].

В связи с этим возник вопрос, чем и как измерить гомеостаз. Следующим методом, с помощью которого можно количественно измерить изменившиеся параметры трансгена по отношению к нормальному аналогу, является возбужденная лазерная флуоресценция.

Рекогносцировочные эксперименты и измерения общего содержания антиоксидантов и свободных радикалов продемонстрировали возможность использования этих методов для оценки ОАО и гомеостаза.

В качестве объектов исследования были выбраны основные сельскохозяйственные культуры, традиционно используемые в генноинженерных манипуляциях, а именно: картофель, соя, кукуруза. В дальнейших исследованиях планируется разработать измерительные методы идентификации ГМР и ГМО, а также метрологического обеспечения этих методов.

Метрологическое обеспечение измерения гомеостаза имеет огромное значение не только применительно к отраслям сельского хозяйства и пищевой промышленности, но и для медицинских наук.

В настоящее время разрабатываются инструментальные методы определения ГМО и антиокислительной активности с применением государственных первичных эталонов ФГУП «ВНИИФТРИ», ведется работа над созданием стандартных образцов и разработкой единицы измерения ОАО для

обеспечения единства измерений физико-химического состава и безопасности воды и продуктов питания, обеспечивающих продовольственную безопасность страны. Исследуются подходы и методы измерения гомеостаза и уровня энтропии биологических и биотехно-логических объектов.

#### **Литература**

1. Бельтюкова С.В., Степанова А.А., Ливенцова Е.О. Антиоксиданты в пищевых продуктах и методы их определения. Одесская национальная академия пищевых технологий, кафедра химии, экспертизы и безопасности пищевых продуктов // Вісник ОНУ, Хімія, 2014, т. 19, вип. 4(52)
2. Хасанов В.В., Рыжова Г.Л., Мальцева Е.В. Методы исследования антиоксидантов. Томский государственный университет, химический факультет // Химия растительного сырья, 2004, №3, с. 63–75.
3. Antolovich M., Prenzler P.D., Mc Donald E., Robards K. / Analyst, 2002, v. 127, p. 183 – 198.
4. Давыдова Е.В., Смирнов В.А., Смирнова В.В. Гомеостаз // Альманах современной метрологии, ФГУП «ВНИИФТРИ», №3, 2013.