

лать вывод, что это разные экономические понятия, и использовать их при разработке нормативных документов, осуществлении учебного процесса и организации бухгалтерского учета затрат и калькулирования себестоимости продукции (работ, услуг).

Л и т е р а т у р а

1. *Белый, И.Н.* Калькуляция себестоимости продукции в сельском хозяйстве: учеб. пособие / И.Н. Белый. — Минск: Вышэйш. шк., 1990. — 176 с.
2. *Ивашкевич, В.Б.* Бухгалтерский управленческий учет: учеб. для вузов / В.Б. Ивашкевич. — М.: Юрист, 2003. — 618 с.
3. *Генералова, Н.В.* Международные стандарты финансовой отчетности: учеб. пособие / Н.В. Генералова. — М.: ТК Велби; Проспект, 2008. — 416 с.
4. Международные стандарты финансовой отчетности. — М.: Аскери, 1998. — 890 с.
5. *Михалкевич, А.П.* Калькуляция себестоимости продукции в АПК: учеб. для вузов / А.П. Михалкевич, И.Н. Белый. — Минск: Мисанта, 1999. — 199 с.
6. *Михалкевич, А.П.* Бухгалтерский учет в зарубежных странах: учеб. пособие / А.П. Михалкевич. — 2-е изд., перераб. и доп. — Минск: Мисанта: ФУАинформ, 2003. — 202 с.
7. *Папковская, П.Я.* Производственный учет в АПК: теория и методология / П.Я. Папковская. — Минск: Информпресс, 2001. — 216 с.
8. *Управленческий учет: учебник / А.Д. Шеремет, О.Е. Николаева, С.И. Полякова; под ред. А.Д. Шеремета.* — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: НД ФБКПРЕСС, 2005. — 344 с.
9. *Чумаченко, Н.Г.* Развитие управленческого учета на Украине // Світ бух. обліку. — 1998. — № 10. — С. 3—4.

И.С. Михаловский,

кандидат биологических наук, доцент;

М.В. Самойлов,

кандидат технических наук, доцент;

Н.П. Кохно,

кандидат технических наук, доцент

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОКОФЕРОЛА И ЕГО ПРОИЗВОДНЫХ В ЛИПИДНЫХ КОЛЛОИДАХ МЕТОДАМИ СПЕКТРАЛЬНО-ЛЮМИНЕСЦЕНТНОГО АНАЛИЗА

С использованием разработанной авторами методики синтеза многокомпонентных липидных дисперсных систем создан модельный коллоид из димиристоилфосфатидилхолина, содержащий α -токоферол ацетат (витамин Е), для исследования возможности прямого использования спектрально-люминесцентных методов с целью количественного определения производных токоферола в пищевых продуктах. Отличительной особенностью спектра электронного поглощения токоферола ацетата как в модельном, так и в промышленном коллоидах, а также в эталоне является суперпозиция двух близкорасположенных полос поглощения его молекул при 277 нм и 284 нм. Полученные в результате исследований спектральные полосы поглощения токоферола ацетата после корректной математической обработки (аппроксимация функциями Гаусса) положены в основу новой методики количественного анализа производных токоферола. Низкие концентрации производных токоферола представляется возможным определять на основании регистрации их спектров флуоресценции в разбавленных коллоидах пищевых продуктов.

Современные продукты питания представляют собой сложные дисперсные системы [1], которые при минимальной энергетической емкости должны характеризоваться высокой биологической ценностью. В настоящее время ведутся интенсивные исследования, направленные на получение так называемых функциональных продуктов [2, 3], характеризующихся сложным физиологически сбалансированным составом биологически-функциональных макромолекул, например белков-ферментов, витаминов. В этом плане актуальны исследования процессов взаимодействия биологических макромолекул с дисперсными структурами различного уровня организации, результатом которых станет разработка новых технологий изготовления пищевых продуктов, способных удовлетворить изысканные запросы современных потребителей, а также создание селективных экспресс-методик контроля качества пищевых продуктов не только промышленного, но и бытового назначения.

Среди научных подходов к развитию пищевой промышленности особое внимание уделяется производству искусственно витаминизированных продуктов [4]. На кафедре технологии важнейших отраслей промышленности Белорусского государственного экономического университета проводятся исследования механизмов взаимодействия биологических макромолекул с природными материалами (биофизика производственных процессов), в частности, изучаются процессы экстракции ряда витаминов, а также процессы связывания витаминов со структурами дисперсной фазы биологических коллоидов, направленные на получение витаминизированных комплексов для пищевых целей.

В данной статье приводятся результаты исследования спектрально-люминесцентных характеристик молекул α -токоферола ацетата (далее — токоферола или витамина E), связанных с дисперсными структурами, а также в растворе.

Объектами исследования являлись модельный липидный коллоид, синтезированный по методике, разработанной на кафедре технологии важнейших отраслей промышленности, а также этанол и многокомпонентный липидный коллоид промышленного производства.

Спектрально-люминесцентные исследования пищевых коллоидов проводили с использованием компьютерного спектрофлуориметрического комплекса СМ 2203 производства ЗАО «Солар» (Республика Беларусь). В работе использовали кварцевые кюветы с длиной оптического пути, равной 1 см. Ширина щелей монохроматоров возбуждения флуоресценции составляла 2 нм, ширина щелей монохроматора регистрации флуоресценции — 5 нм. Шаг изменения длины волны при записи спектра — 1 нм. Погрешность измерения — менее 0,5 нм. Время накопления сигнала при сканировании спектра — 0,5 с. Спектры поглощения токоферола в растворителе (этаноле) зарегистрированы относительно растворителя, в водных пищевых коллоидах — относительно водной среды (фосфатно-солевого буферного раствора). Регистрацию спектров поглощения и флуоресценции суспензии из липида и промышленного коллоида проводили при их перемешивании в кювете с равномерной угловой скоростью, конструктивно предусмотренной роторной мешалкой.

Анализ спектров поглощения и флуоресценции образцов (построение графиков, определение положения максимумов, аппроксимация спектральных полос) проводили с помощью специализированного программного пакета обработки численных данных Origin Pro 7.0 for Windows.

Известно, что производные токоферола являются липофильными соединениями [5], нерастворимыми в полярных растворителях, например водной среде, что требует специальной методики введения их в состав водных дисперсных структур. С этой целью проведен синтез модельной липидной дисперсной системы с известной концентрацией в ней как липида, так и токоферола, методом, основанным на процедуре ультраинъекции истинных растворов липидов. Данный метод позволяет включить в состав липидных

структур гидрофобные молекулы с низкой степенью агрегации, что необходимо для корректного исследования спектрально-флуоресцентных характеристик.

В этанольный раствор насыщенного фосфолипида димиристоилфосфатидилхолина (ДМФХ) производства «Sigma» в концентрации 20 мг/мл ввели этанольный раствор токоферола из расчета, что в конечном растворе отношение молярных концентраций ДМФХ — токоферол составит 1 : 1000. Затем провели инъекцию данного этанольного раствора ДМФХ, содержащего токоферол, в водный фосфатно-солевой буферный раствор Дюльбекко (ФСБ), pH 7,0 по разработанной авторами технологии. При этом использовались иглы диаметром 0,5 мм, подача раствора осуществлялась с постоянной скоростью 1 мкл/с при постоянном перемешивании на роторной мешалке и при постоянной температуре 40 °С. Содержание этанола в синтезированном коллоиде из ДМФХ не превышало 6 %. Концентрация фосфолипида составляла 1 мг/мл. Синтезированную суспензию липидных структур инкубировали 1 ч при температуре 40 °С в термостате. На основании анализа, проведенного в работе [6], в результате самосборки молекул фосфолипида в полярной (водной) среде образуются регулярные структуры, главным образом бислойные сферические везикулы, липидный бислой которых находится в определенном структурном состоянии. В нашем случае при 40 °С липидный бислой ДМФХ липосом находится в жидкокристаллическом состоянии. На основании результатов, полученных ранее на примере распределения неполярного пигмента порфириновой природы триметилового эфира хлорина e_6 в подобных липидных везикулах [7], можно предположить, что гидрофобные молекулы токоферола в фосфолипидных структурах находятся преимущественно в мономерной форме вследствие их локализации в неполярной области углеводородных остатков цепей молекул фосфолипидов.

На рис. 1 приведены спектры электронного поглощения (зависимости оптической плотности D от длины волны λ) токоферола в этаноле. Видно, что молекулы токоферола в этаноле поглощают электромагнитное излучение только в ультрафиолетовом диапазоне (рис. 1, *a*), имеют две близкорасположенные полосы с максимумами при 277 нм и 284 нм. Зарегистрированные спектральные показатели (форма интегрального спектра, положение максимумов) для токоферола в этаноле коррелируют с данными, приведенными в работе [8]. Положение максимума спектра положения токоферола отличается (на 10 нм в длинноволновую сторону) от аналогичного показателя для искусственно синтезированных аналогов токоферола (хроманов), исследованных в метаноле [9].

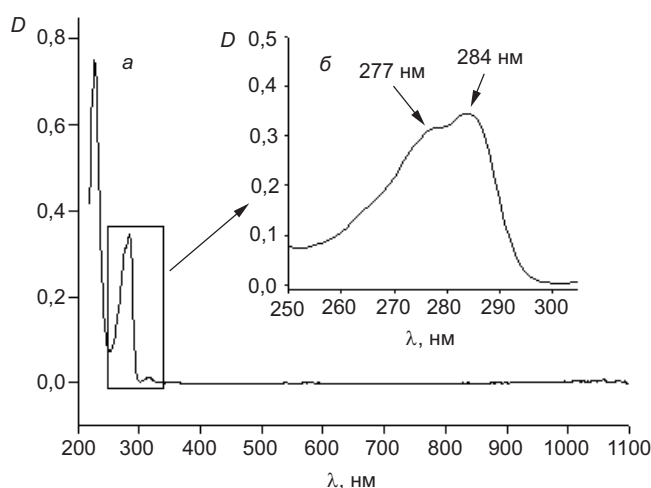


Рис. 1. Спектр поглощения токоферола в этаноле. Температура среды составляет 40 °С. Концентрация токоферола — $4,2 \cdot 10^{-6}$ моль/л

Включение токоферола в состав ДМФХ-структур приводит к заметному длинноволновому сдвигу максимума поглощения токоферола ацетата на 11 нм, на что необходимо обращать особое внимание при количественных расчетах с использованием спектральных методов анализа.

Представляет значительный интерес определение токоферола в многокомпонентном липидном коллоиде с неизвестной концентрацией витамина Е. Для проверки разрабатываемой нами методики был приобретен «функциональный» многокомпонентный липидный коллоид (МЛК) промышленного производства (бренд фирмы-производителя не приводится в целях соблюдения авторского и рекламного законодательства), в составе которого (на этикетке) указан «витаминовый комплекс». Для спектральных исследований готовили разбавленную эмульсию МЛК: 150 мкл продукта диспергировали в 2 мл ФСБ. На рис. 2 представлены спектры электронного поглощения в фосфолипидных структурах из ДМФХ, в этаноле и МЛК.

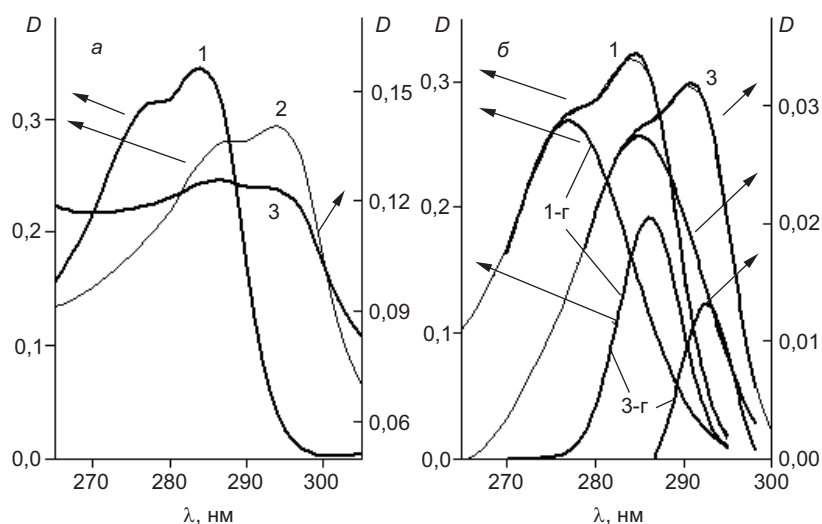


Рис. 2. Спектры поглощения токоферола в этаноле (1), в липидных структурах из ДМФХ (2) и в разбавленном МЛК промышленного производства (3):

а — экспериментальные спектры; б — спектры токоферола в этаноле и МЛК после коррекции базовой линии, аппроксимированные гауссовыми зависимостями («жирная» зависимость); 1-г, 2-г — гауссовы полосы поглощения токоферола в этаноле и МЛК соответственно. Температура среды — 40 °С, рН суспензии структур из ДМФХ — 7,0. Концентрация токоферола в этаноле — $4,2 \cdot 10^{-6}$ моль/л

Результаты показывают, что интегральные спектры в исследуемом образце МЛК, модельной дисперсной системе из ДМФХ, этаноле близки по форме (см. рис. 2, а). Значения длины волны в максимумах полос токоферола в МЛК и ДМФХ-коллоидах практически не различаются. Максимумы сдвинуты относительно аналогичного показателя в этаноле в длинноволновую сторону и расположены при 285 нм и 292 нм.

Аппроксимация гауссовыми функциями спектра поглощения токоферола в этаноле и МЛК (см. рис. 2, б) позволяет оценить относительный вклад полос в экспериментальный спектр. Так, установлено, что полоса поглощения в максимуме при 277 нм (285 нм) в 1,4—2 раза интенсивнее полосы поглощения при 284 нм (292 нм). Данные спектральные особенности токоферола (два характерных максимума) позволяют отличить их от спектров поглощения в пищевых коллоидах других биологических молекул, например углеводов, аминокислот. Можно сделать предварительное заключение о том, что в «витаминовом комплексе» промышленного коллоида содержится токоферол.

В основе определения количества молекул по их поглощению лежит закон Ламберта—Бугера—Бера, устанавливающий связь между оптической плотностью D , коэффициентом экстинкции (поглощения) ε , концентрацией искомого соединения C и длиной оптического пути l

$$D = \varepsilon C l.$$

Предполагая, что значение ε для токоферола в этаноле на длине волны 292 нм [10], равное $75,8 \text{ \% см}^{-1}$, в коллоидных структурах имеет тот же порядок, а также учитывая длинноволновый сдвиг максимума поглощения в МЛК, можно оценить количество витамина Е в промышленном коллоиде. Оценочные расчеты показывают, что в МЛК токоферол содержится в концентрации, не превышающей 10^{-3} \% .

Следует отметить, что для проведения точных расчетов требуются дополнительные исследования по определению коэффициентов экстинкции в различных модельных коллоидах из биологических макромолекул, которые являются предметом дальнейших исследований.

В некоторых случаях корректное использование оптической плотности для определения количества токоферола не представляется возможным, например по причине интенсивного рассеяния света коллоидными структурами. В связи с этим методика определения токоферола в продуктах может быть основана на измерении интенсивности его флуоресценции в разбавленных дисперсных системах. На рис. 3 приведены спектры возбуждения и флуоресценции (зависимости интенсивности I от длины волны λ) токоферола в этаноле и в разбавленных буферным раствором липидных структурах из ДМФХ.

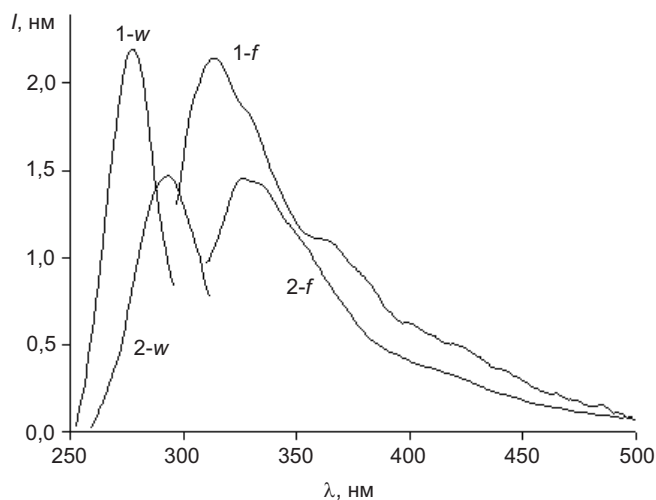


Рис. 3. Спектры возбуждения (1-w, 2-w) и испускания флуоресценции (1-f, 2-f) токоферола в этаноле (1-w, 1-f) и суспензии униламеллярных фосфолипидных структур из ДМФХ (2-w, 2-f). Температура среды — $40 \text{ }^\circ\text{C}$. Концентрация токоферола в этаноле и суспензии — $3 \cdot 10^{-7}$ моль/л. Спектр возбуждения флуоресценции токоферола в этаноле и суспензии регистрировали на длине волны испускания 320 нм и 340 нм соответственно. Спектр испускания флуоресценции в этаноле и суспензии регистрировали на длине волны возбуждения 290 и 305 нм соответственно

Максимум спектра возбуждения флуоресценции токоферола в этаноле расположен при 277 нм, а в суспензии ДМФХ-структур — при 293 нм. Максимум спектра испускания флуоресценции токоферола в этаноле и фосфолипидной суспензии расположен при 314 нм, а в суспензии ДМФХ-структур — при 326 нм. Как и в случае спектральных исследований, связывание токоферола с липидными структурами приводит к смещению

максимумов спектров испускания и возбуждения флуоресценции в длинноволновую сторону. Как показано на примере порфириновых пигментов [11], длинноволновый сдвиг максимумов данных спектров в липидных структурах по сравнению с растворителем, по-видимому, связан с меньшей полярностью микроокружения липидных коллоидных структур по сравнению с полярностью растворителя (этанола). Действительно, как обсуждалось ранее, можно уверенно сделать предположение о том, что структурами молекулы токоферола локализованы в области гидрофобных углеводородных остатков молекул ДМФХ.

Следует отметить, что в ультрафиолетовом диапазоне спектра флуоресцируют и другие биологические макромолекулы, например некоторые аминокислоты (триптофаны) белков, что в ряде случаев может негативно сказываться на точности определения токоферола по параметрам флуоресценции в пищевых коллоидах (данная проблема требует отдельного изучения).

Таким образом, можно заключить, что определение токоферола и его производных в продуктах питания представляется возможным на основании анализа спектрально-флуоресцентных характеристик без использования дополнительных реагентов. При определении содержания токоферола необходимо учитывать влияние процессов связывания молекул токоферола с коллоидными структурами на спектрально-флуоресцентные параметры токоферола. Дальнейшая работа авторов в данном направлении связана с построением калибровочных зависимостей спектрально-флуоресцентных характеристик токоферола от его концентрации в различных растворах и средах, в том числе в ряде модельных липидных, белково-липидных, углеводно-липидных дисперсных систем. На основании полученных результатов могут быть созданы современные методики контроля качества продуктов питания.

Научно-исследовательская работа, направленная на разработку методик синтеза липидных дисперсных систем, профинансирована Белорусским Республиканским фондом фундаментальных исследований, грант № X07-197.

Литература

1. *Dickinson, E.* Food colloids: interactions, microstructure and processing / E. Dickinson. — Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2005. — 497 p.
2. *Нилова, Д.Ю.* Современное состояние и тенденции функциональных продуктов питания / Д.Ю. Нилова, Т.Э. Некрасова // Пищевые ингредиенты, сырье и добавки. — 2005. — № 2. — С. 28—29.
3. Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения: ГОСТ Р 52349-2005. — М., 2006. — 8 с.
4. *Ловкис, З.В.* Научное обеспечение производства продуктов питания / З.В. Ловкис // Совершенствование технологий и оборудования пищевых производств: материалы VI Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 2—3 окт. 2007 г. / РУП НПП по продовольствию НАН Беларуси; редкол. З.В. Ловкис [и др.]. — Несвиж: Несвиж. укр. тип., 2007. — С. 8—16.
5. *Chaiyasit, W.* The Relationship between the physicochemical properties of antioxidants and their ability to inhibit lipid oxidation in bulk oil and oil-in-water emulsions / W. Chaiyasit, D.J. McClements, E.A. Decker // J. Agric. Food Chem. — 2005. — № 12. — Vol. 53. — P. 4982—4988.
6. *Ивков, В.Г.* Динамическая структура липидного бислоя / В.Г. Ивков, Г.Н. Берестовский. — М.: Наука, 1981. — 293 с.
7. Внутрелипосомальное распределение триметилового эфира хлорина e_6 при изменении фазового состояния липидного бислоя / В.П. Зорин [и др.] // Биофизика. — 1995. — Т. 40. — С. 328—334.
8. К механизму действия витамина Е. Изучение взаимодействия витамина Е (α -токоферола) и его аналогов с жирными кислотами и их производными методом флуориметрии / В.В. Чудинова [и др.] // Биоорганическая химия. — 1992. — Т. 18. — № 12. — С. 532—534.

9. Синтез и антиокислительная активность структурных аналогов витамина Е / Е.И. Захарова [и др.] // Биоорганическая химия. — 1992. — Т. 15. — № 92. — С. 1268—1273.

10. Руководство по методам контроля качества и безопасности биологически активных добавок к пище // Российский правовой портал [Электронный ресурс]. — 2007. — Режим доступа: <http://www.inpravo.ru/texts0/document0499/page6.htm>. — Дата доступа: 29.10.2008.

11. Михаловский, И.С. Равновесные и кинетические характеристики распределения порфириновых сенсбилизаторов в биологических мембранах: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.02 / И.С. Михаловский; Белорус. гос. у-нт. — Минск, 2003. — 18 с.

А.В. Мозоль,

кандидат экономических наук, доцент

МЕТОДОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ РИСКОМ НА БАЗЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И R/S -АНАЛИЗА ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ УРОЖАЙНОСТИ

В статье на основе элементов фрактального анализа и теории нечетких множеств предложена методология исследования и прогнозирования процессов формирования урожайности сельскохозяйственных культур в зонах рискованного земледелия, а также сформулированы методологические принципы управления риском в растениеводстве на базе R/S -анализа временного ряда урожайности и выявления принципиальной возможности прогнозирования этих рядов. В качестве объектов исследования рассматриваются динамические ряды урожайностей зерновых, зернобобовых культур и картофеля по республике. Полученные результаты могут служить основанием для практической постановки вопроса о разработке новых методов и моделей наиболее точного прогноза урожайности следующего года, что обеспечит экономичный и эффективный способ снижения экономического риска в растениеводстве и в целом во всех отраслях агропромышленного комплекса.

Предисловие

В зоне рискованного земледелия, к которой относится территория Республики Беларусь, межгодовые колебания в производстве сельскохозяйственной продукции достигают значительных размеров. Точный прогноз объемов производства и уровня урожайности следующего года должен представлять собой наиболее эффективный способ снижения экономического риска всего агропромышленного комплекса. Предметом исследования данной работы являются временные ряды урожайности сельскохозяйственных культур, отражающие эволюцию природных процессов и систем.

Суть комплекса мероприятий по снижению экономического риска, обусловленного погодно-климатическими колебаниями, представляют следующие мероприятия:

- варьирование различных сортов культур по районам региона с учетом ожидаемых в следующем году климатических условий, т.е. использование в неблагоприятном году наиболее устойчивых, неприхотливых сортов и видов культур;
- использование так называемой асинхронности урожаев [1] посредством расширения посевов культур с благоприятным климатическим прогнозом и уменьшения площади посева культур с неблагоприятным прогнозом урожая;
- варьирование нормы внесения удобрений под различные культуры для различных агроклиматических ситуаций (благоприятная, средняя, неблагоприятная) и с учетом экономической эффективности, вытекающей из соотношения затрат-доходов и ожидаемых цен на рынке;