

в своем составе содержит значительное количество биологически активных веществ. В связи с этим выработка вин из ежевики является весьма перспектив-

ным направлением отрасли.

Поступила 08.2011

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Використання малопоширених культур для створення напоїв та плодово-ягідних вин / О.М. Литовченко, О.В. Локванець, Б.Ю. Литовченко [Електронний ресурс]. Доступ з: http://www.nbuu.gov.ua/portal/Chem_Biol/Sad/2009_62/32.pdf.
2. Литовченко, А.М. Технология плодово-ягодных вин [Текст] / А.М. Литовченко, С.Т. Тюрин. – Симферополь: Таврида, 2004. – 368 с.
3. Валушко, Г.Г. Технология виноградных вин [Текст] / Г.Г. Валушко. – Симферополь: Таврида, 2001. – 624 с.
4. Литовченко, А.М. О современных требованиях к плодам, ягодам, сокам, напиткам и винам [Текст] / А.М. Литовченко, С.Т. Тюрин. – К.: Инфотрагпропр, 1994. – 42 с.
5. Методы теххимического контроля в виноделии [Текст] / Под ред. В.Г. Гержиковой. - 2-е изд. – Симферополь: Таврида, 2009. – 304 с.
6. Деменков, А.П. Сборник технологических инструкций и нормативных материалов по плодово-ягодному виноделию [Текст] / А.П. Деменков, В.Я. Гончарук, В.М. Сидоренко и др. – Днепропетровск: Січ, 1998. – Книга 1 – 316 с.
7. Токар, А.Ю. Формування якості плодів і ягід та її збереження за удосконаленої технології некріплених виноматеріалів: автореф. дис. на здобуття наукового ступеня доктора сільськогосподарських наук: спец. 06.01.15 – первина обробка продуктів рослинництва [Текст] / А.Ю. Токар. – Умань, 2010. – 40 с.
8. Литовченко, А.М. Разработка и внедрение рациональной технологии комплексного использования плодов, ягод, винограда и другого растительного сырья для получения напитков повышенной биологической ценности: автореф. дисс. на соискание учен. степени доктора техн. наук: спец. 05.18.07 – технология продуктов брожения, алкогольных и безалкогольных напитков [Текст] / А.М. Литовченко. – Ялта, 1994. – 61 с.

УДК 615.074:543.426

БЕЛЬТЮКОВА С.В., д-р. хим. наук, профессор, БЫЧКОВА А.А., ассистент
Одесская национальная академия пищевых технологий

СОРБЦИОННО-ЛЮМИНЕСЦЕНТНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАТЕХИНОВ

Разработана методика определения катехинов в чае, основанная на использовании молекулярной люминесценции сорбатов комплексов скандия (III) с катехинами на сорбенте декстранового типа Sephadex G-75. Предел обнаружения катехинов составляет 0,005 мг/мл.

Ключевые слова: катехины, сорбаты комплексов, люминесценция, скандий (III).

A spectrofluorimetric method for determination of catechins in the tea was developed. The method is based on the use of molecular luminescence sorbate complexes of scandium (III) and catechins on the sorbent type dextran Sephadex G-75. The detection limit is 0.005 mg/ml catechin.

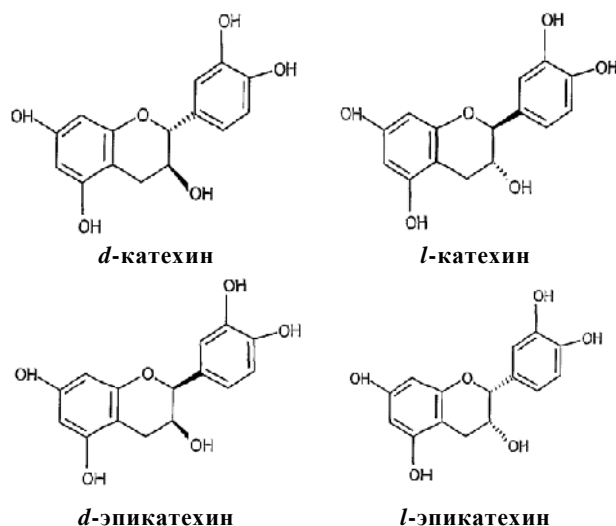
Keywords: catechines, sorbate complexes, luminescence, scandium (III).

Соединения фенольной и полифенольной природы проявляют свойства антиоксидантов, содержатся в составе тканей многих растений, в том числе лекарственных, и применяются при производстве различных биологически активных добавок. Углеродный скелет молекул различных фенолов включает одно или несколько бензольных колец, а химическая активность связана с присутствием в них одной или нескольких гидроксильных или карбоксильных групп. В зависимости от того, в какой форме (окисленной или восстановленной) находится трехуглеродный фрагмент, связывающий два ароматических ядра, различают несколько подгрупп фенольных соединений — катехины, лейкоантоцианы, флавоны, флавонолы, антоцианы и др. Наиболее высокой и разнообразной биологической активностью обладают фенолы, содержащие несколько гидроксильных групп, расположенных в орто-, пара- или мета-положениях. К таким полифенолам относятся катехины (флаван-3-олы). От других классов полифенолов они отличаются отсутствием в положении 4 как карбонильной, так и гидроксильной групп. Поскольку катехины содержат в своей молекуле два ассиметричных атома углерода, то в соответствии с этим простейший катехин может существовать в шести стереоизомерных формах: в виде *l*-катехина, *d*-катехина, *d,l*-катехина, *l*-эпикатехина, *d*-эпикатехина, *d,l*-эпикатехина.

Это наиболее восстановленные из флавоноидов и, следовательно, обладающие наибольшим антиок-

сидантным потенциалом, склонные к аутоокислению и ферментативному окислению. Редокс-превращения катехинов играют важную роль в технологии многих пищевых производств, таких как ферментация чая, виноделие, изготовление какао. Сумма чайных катехинов обладает очень высокой антиоксидантной активностью: она в 25-100 раз выше таковой для а-токоферола и аскорбата. Самым мощным из известных антиоксидантов растительного происхождения является эпигаллокатехингаллат [1].

Полифенольные соединения, в том числе и катехины, обладают противовоспалительным, антигистаминным, антиоксидантным действием, снимают отеки, уменьшают риск сердечнососудистых заболеваний, стабилизируют клеточные мембраны, угнетают процессы старения, поэтому входят в состав многих



биологически активных добавок и лекарственных препаратов. В связи с этим, в зависимости от назначения растительного сырья для определения его доброкачественности проводят определение суммы полифенольных соединений, содержания катехинов и других полифенолов.

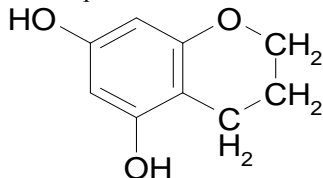
Наиболее распространенными методами определения катехинов являются ВЭЖХ с УФ-детектором [2-4], детектирование проводят при 275-280 нм [5,6,7], при 200 нм [8,9], при 205 нм [10]. Электрохимическое детектирование особенно широко применяют для определения следов полифенольных соединений, например, метилированных производных катехинов, содержащихся в чае в очень низкой концентрации (менее 1 % от сухой массы чайного листа), в работе [11] предложено масс-спектрометрическое детектирование. Адсорбционную тонкослойную хроматографию (ТСХ) используют для качественного и количественного определения индивидуальных катехинов [12-15].

Ввиду большого интереса к антиоксидантам, в частности, катехинам, обладающим биологической активностью, разработка простых, экспрессных и воспроизводимых методик определения катехинов в растительном сырье является весьма актуальной задачей.

Аппаратура и материалы. Спектры люминесценции катехинов и их комплексов со скандием (III) регистрировали с помощью спектрометра СДЛ-1, люминесценцию возбуждали светом ртутно-кварцевой лампы ДРШ-250 со светофильтром УФС-2, выделяющим излучение с $\lambda_{\text{макс}}=365$ нм. Спектры поглощения регистрировали с помощью спектрофотометра UV-VIS Specord M40, pH растворов измеряли с помощью иономерного универсального ЭВ-74.

В качестве стандартного использовали раствор суммы катехинов (0,2 мг/мл), который готовили по точной навеске препарата в этаноле. Сумму катехинов выделяли из чая по методике [16]. Растворы хлоридов иттрия (III), лантана (III), скандия (III) ($1,0 \cdot 10^{-1}$ моль/л) готовили растворением соответствующих оксидов в соляной кислоте (1:1). Избыток кислоты выпаривали до влажных солей и разбавляли дистиллированной водой. Ацетатный буферный раствор готовили по методике [17]. Растворы донорно-активных добавок готовили растворением точных навесок препаратов в этаноле или дистиллированной воде, растворы поверхностно-активных веществ – разбавлением исходных веществ в дистиллированной воде.

Экспериментальная часть. Все катехины поглощают свет в ультрафиолетовой области с максимумом поглощения при 270-280 нм, которое обусловлено наличием в составе их молекул хромонового ядра:



Спектр поглощения 70%-ного этанольного раствора суммы катехинов характеризуется наличием полос поглощения $\pi-\pi^*$ переходов в УФ-области при $\lambda=278$ нм и $n \rightarrow \pi^*$ переходов при $\lambda=380$ нм (рис. 1).

Раствор катехинов при облучении УФ-светом ртутной лампы с $\lambda_{\text{макс}}=365$ нм проявляет люминесцентные свойства ($\lambda_{\text{изл.}}=392$ нм), но интенсивность их люминесценции невелика (рис. 2). Извест-

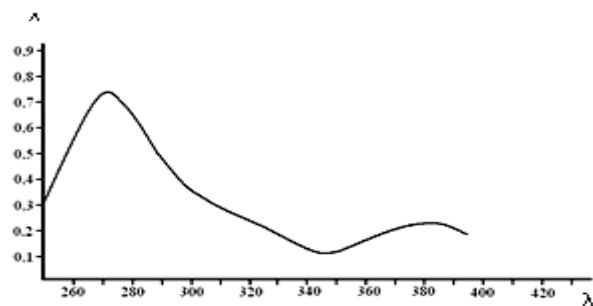


Рис. 1. Спектр поглощения этанольного раствора катехинов, $C_{\text{катехинов}}=0,025$ мг/мл

но, что $I_{\text{люм.}}$ лиганда в некоторых случаях может возрастать при комплексообразовании с ионами металлов, не имеющих собственного поглощения в видимой области спектра.

Катехины имеют циклообразующую ортодифенольную группировку и образуют со многими ионами металлов хелаты с соотношением $Me:R = 1:1$. В связи с этим изучено влияние некоторых элементов III группы (Sc, Y, La, Tb, Eu, Gd, Al), а также Zn на $I_{\text{люм.}}$ катехинов как в растворе, так и на твердой фазе. Установлено, что при комплексообразовании $I_{\text{люм.}}$ комплексов возрастает от 6 до 40 раз. Наибольшую интенсивность люминесценции обнаруживают комплексы со Sc (III), которые и были выбраны для дальнейших исследований. Интенсивность люминесценции комплексов значительно возрастает на сорбентах.

В связи с этим была изучена $I_{\text{люм.}}$ комплексов на сорбентах различной природы: фосфате алюминия, силикагелях, цеолитах и сорбентах декстранового типа – сефадексах, пенополиуретане. Наибольшая $I_{\text{люм.}}$ комплекса Sc (III) с катехинами обнаруживается на сефадексе G-75, который был использован для дальнейших исследований. Люминесценция не обнаруживается на пенополиуретане, силикагеле, цеолитах и едва заметное излучение наблюдается на фосфате алюминия.

При комплексообразовании наблюдаются изменения в спектрах люминесценции (рис. 2). $I_{\text{люм.}}$ при этом возрастает на сорбенте в 40 раз по сравнению $I_{\text{люм.}}$ в растворе, максимум люминесценции смещается bathochromно на 115 нм, и составляет 507 нм (рис. 2).

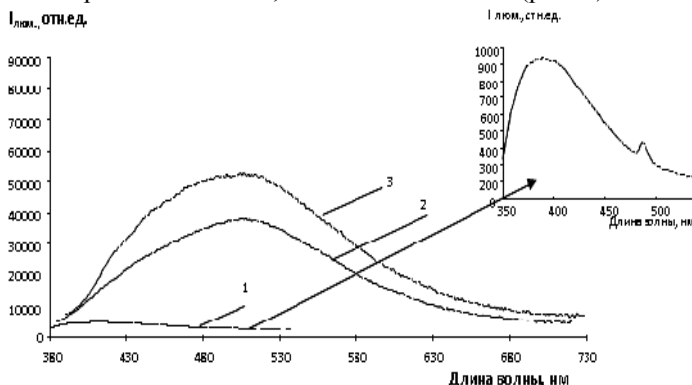


Рис. 2. Спектры люминесценции катехинов (1), сорбатов комплексов катехинов с ионами Sc (III) (2), сорбатов комплексов катехинов с ионами Sc (III) и лаурилсульфатом натрия (3), сорбент - Sephadex G-75; $C_{\text{катехинов}} = 0,2$ мг/мл

Значительные изменения происходят и в спектрах возбуждения при комплексообразовании (рис. 3).

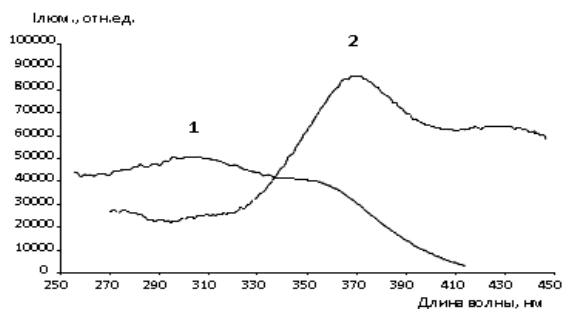


Рис. 3. Спектры возбуждения сорбатов катехинов (1) и их комплексов со скандием (II) (2);
 $C_{\text{катехинов}} = 0,2 \text{ мг/мл}$

Спектр возбуждения сорбатов катехинов имеет максимум 298 нм, при комплексообразовании с ионами скандия спектр возбуждения возрастает по интенсивности и сдвигается в длинноволновую область на 72 нм и его максимум составляет 370 нм. Сорбция комплексов Sc (III) на поверхности Sephadex G-75 проходит в области pH от 3 до 5,5 (рис. 4). Для создания оптимального значения pH применяли ацетатный буферный раствор с pH 4,3

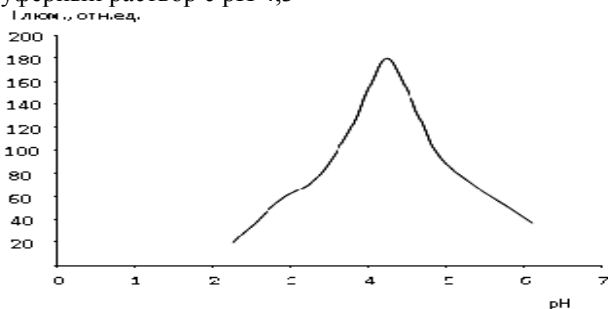


Рис. 4. Зависимость интенсивности люминесценции сорбатов комплексов катехинов с ионами Sc (III) от pH раствора; $C_{\text{катехинов}} = 0,1 \text{ мг/мл}$

$I_{\text{люм}}$ сорбатов увеличивается с увеличением концентрации ионов металла в растворе, из которого ведется сорбция. Для дальнейших исследований нами выбрана концентрация скандия (III) – $0,3 \cdot 10^{-2}$ моль/л, при которой наблюдается максимальная $I_{\text{люм}}$.

Исследование кинетики сорбции катехинов из растворов показало, что максимальная $I_{\text{люм}}$ сорбата достигается за 5-10 минут (рис. 5) встряхивания. При более длительном встряхивании $I_{\text{люм}}$ комплекса на сорбентах остается практически неизменной.

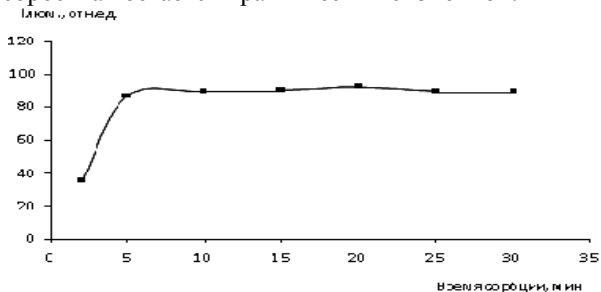


Рис. 5. Зависимость интенсивности люминесценции сорбатов комплексов ионов Sc (III) с катехинами от продолжительности встряхивания;
 $C_{\text{катехинов}} = 0,1 \text{ мг/мл}$

На интенсивность люминесценции сорбатов значительно влияют количество сорбента, температура и время высушивания сорбента. Масса сорбент Se-

phadex G-75, модифицированного ионами Sc (III), необходимая для полной сорбции катехинов, составляет 80 мг. Для достижения оптимальной $I_{\text{люм}}$ сорбатов комплексов достаточно высушивания в течение 110 минут при температуре 95°C (рис. 6).

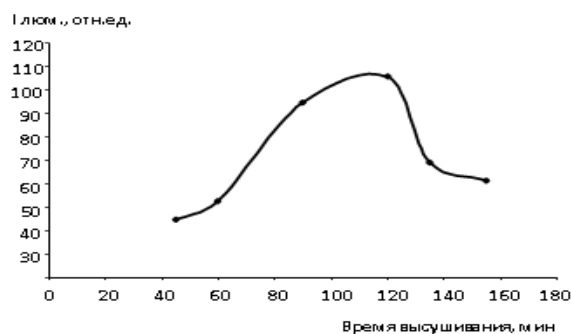
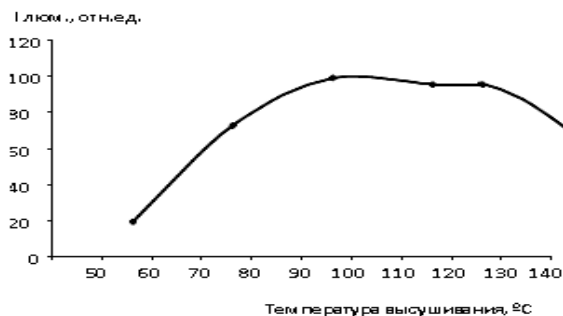


Рис. 6. Зависимость $I_{\text{люм}}$ сорбатов комплексов Sc (III) с катехинами от температуры (а) и времени высушивания (б); $C_{\text{катехинов}} = 0,1 \text{ мг/мл}$

Интенсивность люминесценции сорбатов комплексов не изменяется в течение нескольких месяцев и остается постоянной в течение 20 минут облучения УФ-светом, что свидетельствует об их фотостабильности.

Найдено, что интенсивность люминесценции сорбатов комплексов максимальна при сорбции из водных растворов. Очевидно, введение в раствор растворителей различной природы уменьшает набухаемость сефадекса, что влияет на степень сорбции комплекса, уменьшая $I_{\text{люм}}$ сорбата.

Поверхностно-активные вещества практически во всех случаях уменьшают интенсивность люминесценции сорбатов. Увеличение $I_{\text{люм}}$ сорбата в 1,5 раза наблюдается при сорбции в присутствии анионного ПАВ - лаурилсульфата натрия. При этом максимумы спектров возбуждения и люминесценции (рис. 2) не смещаются, и форма спектров не изменяется. Вероятно, анион этого ПАВ входит во внутреннюю сферу комплекса, непосредственно связываясь с ионом Sc (III), тем самым способствуя дегидратации комплекса и снижению безызлучательных потерь энергии возбуждения, что и обуславливает более высокую интенсивность люминесценции. Уменьшение $I_{\text{люм}}$ сорбатов комплексов, полученных из растворов в присутствии катионных и нейтральных ПАВ, может быть связано с солюбилизацией комплексов в растворе и уменьшением за счет этого степени их сорбции.

Максимальная интенсивность люминесценции сорбатов комплексов с ионами скандия (III) наблюдается в области концентрации катехинов (0,4-0,6) мг/мл.

Линейная область зависимости интенсивности люминесценции сорбатов комплексов от концентрации катехинов наблюдается в диапазоне концентраций 0,01-0,5 мг/мл.

На основании полученных результатов разработана методика сорбционно-люминесцентного определения катехинов в чае.

Методика определения. Навеску 2 г воздушно-сухого сырья (листья чая) переносили в колбу, добавляли 150 мл дистиллированной воды и перемешивали на магнитной мешалке в течение 120 минут при температуре 50 ± 5 °С. Полученный экстракт отфильтровывали на фильтре "синяя лента" и удаляли листья чая.

Навеску 100 мг Sephadex G-75 помещали в пробирку, добавляли 1 мл водного раствора хлорида скандия (III) ($1 \cdot 10^{-2}$ моль/л), перемешивали в течение 5 минут до гелеобразного состояния. Затем добавляли 2 мл водного экстракта чая, 0,4 мл лаурилсульфата натрия ($1 \cdot 10^{-2}$ моль/л) и 0,6 мл ацетатного буферного раствора с рН=4,3, доводили общий объем до 5 мл дистиллированной водой и перемешивали в течение 15 минут. Сорбент отфильтровывали и высушивали в течение 120 минут при 100 °С. Затем растирали до порошкообразного состояния и регистрировали интенсивность люминесценции сорбата комплекса при $\lambda_{\text{изл.}}=507$ нм при возбуждении люминесценции светом ртутной лампы со светофильтром УФС-2 ($\lambda_{\text{возб.}}=365$ нм).

Количественное определение катехинов проводили по градуировочному графику, который строили по стандартным образцам с различным содержанием катехинов и подготовленным так же, как описано выше (рис. 7).

На основе разработанной методики определено содержание катехинов в черных и зеленых чаях различных производителей (табл. 1). Наибольшее содержание катехинов найдено в китайском зеленом байховом чае "Принцесса Ява".

Предложенная методика может быть использована для экспрессной тестовой оценки качества чая. В этом случае интенсивность люминесценции сорбата сравнивают с эталонными образцами, приготовленными предварительно. Интенсивность люминесцен-

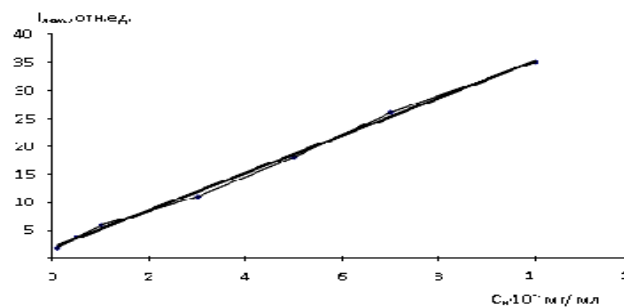


Рис. 7. Градуировочный график для определения катехинов

ции таких образцов сохраняется в течение 3-4 месяцев.

Таблица 1
Результаты определения катехинов в чае, n=5,0; P=0,95

№	Чай (сорт, производитель)	Найдено катехинов, мг/г сухого чая	Sr
1.	Майский черный среднелистовой "Золотые лепестки", Цейлонская коллекция	6,75±0,08	0,042
2.	Майский зеленый крупнолистовой "Китайский дракон", Китайская коллекция	45±1,5	0,020
3.	"Lipton", Yellow label tea, листовый	27,3±1,9	0,010
4.	"Lipton", Orange Jajpur	15±0,95	0,045
5.	"Элегия", китайский зеленый листовый байховый	52,2±1,8	0,030
6.	"Ahmad Tea", Green Tea	20,7±1,03	0,061
7.	"Хэйлис", крупнолистовой цейлонский черный	36±2,0	0,025
8.	"Принцесса Ява", китайский зеленый байховый	262,5±8,5	0,055

Выводы. Разработана методика люминесцентного определения суммы катехинов в чае, основанная на использовании молекулярной твердофазной люминесценции катехинов, усиленной ионами скандия (III). С помощью разработанной методики определено содержание катехинов в различных сортах чая. Методика выгодно отличается от существующих отсутствием токсичных реагентов, дорогостоящего оснащения, непродолжительным временем анализа, позволяет осуществлять быстрый скрининг различных сортов чая.

Поступила 08.2011

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Татарченко, И.И. Химия субтропических и пищевкусных продуктов [Текст] / И.И. Татарченко, И.Г. Мохначев, Г.И. Касьянов. – М.: Академия, 2003. – 256 с.
2. Lopez, M. Analysis of phenolic constituents of biological interest in red wines by high-performance liquid chromatography [Текст] / M. Lopez, F. Martinez, Del Valle C., C. Orte, M. Miro // J. Chromatogr. A. – 2001. – V. 922. – P. 359 – 363.
3. Alonso-Salces, R. M. Chemometric characterization of Basque and French ciders according to their polyphenolic profiles [Текст] / R.M. Alonso-Salces, S. Guyot, C. Herrero, and other // Anal. Bioanal. Chem. – 2004. – V. 379. P. 464 – 475.
4. Materska, M. Isolation and structure elucidation of flavonoid and phenolic acid glycosides from pericarp of hot pepper fruit *Capsicum annum* L. [Текст] / M. Materska, S. Piacente, A. Stochmal, C. Pizza, W. Oleszek, I. Perucka // Phytochemistry. – 2003. – V. 63. – P. 893 – 898.
5. Rodríguez-Delgado, M.A. Separation of phenolic compounds by high-performance liquid chromatography with absorbance and fluorimetric detection [Текст] / M.A. Rodríguez-Delgado, S. Malovaná, J.P. Pérez // J. of Chromatogr. A. – 2001. – V. 912, №2. – P. 249 – 257.
6. Palma, M. Stability of phenolic compounds during extraction with superheated solvents [Текст] / M. Palma, Z. Pineiro, C.G. Barroso // J. Chromatogr. A. – 2001. – V. 921. – P. 169 – 174.
7. Weiss, D.J. Determination of catechins in matcha green tea by micellar electrokinetic chromatography [Текст] / D.J. Weiss, C.R. Anderton // J. Chromatogr. A. – 2003. – V. 1011. – P. 173 – 180.
8. Magoma, G.N. The use of catechins as biochemical markers in diversity studies of tea (*Camellia sinensis*) [Текст] / G.N. Magoma, F.N. Wachira, M. Obanda, and other // Genet. Resour. Crop Evol. – 2000. – V. 47. – P. 107 – 114.

9. Tokusoglu, O. Optimized method for simultaneous determination of catechin, gallic acid, and methylxanthine compounds in chocolate using RP-HPLC [Tekst] / O. Tokusoglu, M.K. Unal // Eur. Food. Res. Technol. – 2002. – V. 215. – P. 340–346.
10. Кочетова, М.В. Определение биологически активных фенолов и полифенолов в различных объектах методами хроматографии [Текст] / М.В. Кочетова, Е.Н. Семенистая, О.Г. Ларионов, А.А. Ревина // Успехи химии. – 2007. – Т. 76, № 1. – С. 89–100.
11. Dalluge, J.J. Determination of Tea Catechins [Tekst] / J.J. Dalluge, B.C. Nelson // J. Chrom. A. – 2000. – V. 881. – P.411–424.
12. Vovk, I. Separation of eight selected flavan-3-ols on cellulose thin-layer chromatographic plates [Tekst] / I. Vovk, B. Simonovska, H. Vuorela // J. Chromatogr. – 2005. – V. 1077. – P. 188–194.
13. Wollgast, J. Analysis of procyanidins in chocolate by reversed-phase high-performance liquid chromatography with electrospray ionisation mass spectrometric and tandem mass spectrometric detection [Tekst] / J. Wollgast, L. Pallaroni, M.E. Agazzi, E. Anklam // J. Chromatogr. A. – 2001. – V. 926. – P. 211–220.
14. Tits, M. Thin-layer chromatographic analysis of proanthocyanidins from Ribes nigrum leaves [Tekst] / M. Tits, P. Poukens, L. Angenot, Y. Diercksens // J. Pharm. Biomed. Anal. – 1992. – V.10. – P. 1097–1100.
15. Vovk, I. Optimization of separation of (+)-catechin and (–)-epicatechin on cellulose TLC plates [Tekst] / I. Vovk, B. Simonovska, P. Vuorela, H. Vuorela // J. Planar Chromatogr. – 2002. – V. 15. – P. 433–436.
16. Лазурьевский, Г.В. Практические работы по химии природных соединений [Текст] / Г.В. Лазурьевский. – М: Изд-во «Высшая школа», 1966. – с. 351.
17. Лурье, Ю.Ю. Справочник по аналитической химии [Текст] / Ю.Ю. Лурье. – М: Изд-во «Госхимиздат», 1962. – с. 288.

УДК 628.16.086.4:543.4

КОЛЕСНИЧЕНКО С.Л., канд. техн. наук, доцент
Одесская национальная академия пищевых технологий

МЕТОД ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА АКТИВАЦИИ ВОДЫ

В статье рассматривается метод контроля степени активации и периода релаксации активированной воды.

Ключевые слова: вода активированная, электроактивация, магнитная обработка воды.

The method of control of degree of activating and period of relaxation of the activated water is examined in the article.

Keywords: water is activated, electro-activating, magnetic treatment of water.

Среди всех веществ, имеющих на Земле, вода, благодаря своеобразию своих физических и химических свойств, занимает исключительное положение в природе и играет особую роль в жизни человека.

Современные требования к подготовке воды для применения в технологиях пищевых производств постоянно повышаются. На каждом новом витке развития науки и технологий появляются дополнительные возможности, что определяет периодическое возвращение интереса к исследованию свойств воды.

Физико-химические свойства воды определяются, главным образом, водородными связями, образуемыми водой с определенными атомами (ионами) растворенных в ней веществ. Образование таких связей представляет собой строго ориентированные взаимодействия, важная роль в этом принадлежит стереохимии растворенных веществ. Катионы металлов и анионы кислотных остатков могут служить причиной изменений в локальной упорядоченности молекул воды, структурирование молекул воды будет зависеть от поверхностной плотности заряда катионов и анионов.

Эти различия в структуре воды могут быть определены по твердому остатку с помощью поляризационного оптического микроскопа.

Различают гомогенное и гетерогенное взаимодействие между примесями и водой. При гетерогенном взаимодействии поведение примесей почти не зависит от влияния на них полярных молекул воды, они представляют собой плавающие в объеме воды частички, которые не утратили своих первоначальных свойств. При переходе такой воды в твердую фазу (в процессе высыхания) под микроскопом мы увидим картину, подобную изображению на рис. 1.

Когда композиция водного раствора представляет собой однородную, гомогенную систему, то в ней примеси и вода-растворитель составляют единую

синхронизированную структурную фазу. Из биофизики жидкокристаллических систем известно, что если в водном растворе существует самоорганизация как основа живого, то при высыхании капли на предметном стекле под микроскопом можно увидеть характерные фрактальные структуры. Следовательно, образование фракталов – характерная особенность живой, биологически активной воды. При переходе такой воды в твердую фазу (в процессе высыхания) под микроскопом мы увидим картину, подобную изображению на рис. 2.



Рис. 1. Фотография структуры твердой фазы водопроводной воды, увеличение в 720 раз



Рис. 2. Фотография структуры твердой фазы биологически активной воды, увеличение в 720 раз

Однако вода приобретает определенную структурную упорядоченность не только при взаимодействии с растворенными в ней веществами, но и под воздействием различного рода физической обработки.

Сообщение воде "особых" свойств, сохраняющихся в ней определенное время, называется активацией. Активация воды приводит к изменению вяз-