

*М.В. БИЛЬКО*, канд. техн. наук, докторант, НУПТ, Киев

## ОЦЕНКА ЗАЩИТНОГО ДЕЙСТВИЯ АНТИОКСИДАНТОВ НА АНТОЦИАНЫ РОЗОВЫХ СТОЛОВЫХ ВИНМАТЕРИАЛОВ

В статье представлены результаты исследования антоцианового комплекса розовых виноматериалов и модельных систем розовых вин методом высокоэффективной жидкостной хроматографии и эффективности использования антиоксидантов для защиты различных форм антоцианов от окисления. Установлено, что антоцианы розовых столовых сухих виноматериалов из Пино Нуар и Мерло представлены гликозидами, их ацетильными и п-кумароил производными. Доказано, что антиоксиданты диоксид серы и восстановленный глутатион дрожжей обеспечивают сохранение антоцианов в модельных системах розовых виноматериалов на 94 %.

**Ключевые слова:** розовые вина, ВЭЖХ, антоцианы, антиокислительный эффект, окисление.

### Введение.

Розовые вина разнообразием своих цветов и стилей обязаны антоцианам. В винограде и вине они представлены мальвидином, дельфинидином, пеонидином, цианидином, петунидином и их гликозидами, которые различаются по количеству гидроксильных групп и присоединенных к молекуле сахаров, положению гликозилирования, количеству алифатических или ароматических кислот, присоединенных к сахарам, а также цветовым оттенкам красного, синего, оранжевого, которые они обуславливают в винах [1 – 3].

В технологии розовых вин антоцианы принимают участие в реакциях окисления, самоассоциации и конденсации с флаванолами, флавонолами, гидроксикоричными кислотами, танинами [4]. Взаимодействие антоцианов с танинами приводит к образованию стабильных комплексов, однако в розовых винах концентрация последних невелика и не обеспечивает сохранение антоцианов [2]. Содержание антоцианов снижается в процессе брожения за счет частичной адсорбции на дрожжах и при конденсации с ацетальдегидом [4], который является вторичным продуктом брожения. Такие преобразования антоцианов приводят к потере интенсивности цвета розовых вин и формированию в них абрикосово-оранжевых оттенков [5 – 7]. Как следствие, такие вина утрачивают свою привлекательность на потребительском рынке.

В литературных источниках встречаются исследования, связанные с использованием восстановленного глутатиона дрожжей [8, 9], препаратов тани-

<sup>1</sup>© М.В. Билько, 2015

на [8, 10 – 12], аскорбиновой [8, 13, 14] и дегидроксифумаровой кислот [15], как веществ, имеющих антиоксидантный эффект. Различаются они по происхождению и по механизму защиты.

### **Постановка проблемы.**

Научные работы последних лет свидетельствуют об интересе ученых к розовым винам, а результаты исследований позволили расширить представления о них. Однако главная проблема их качества заключается в стабильности окраски, которую обуславливают, главным образом, антоцианы. Изучение влияния антиоксидантов как фактора защиты антоцианов от окисления при производстве розовых вин, представляет научный интерес.

**Целью** данной работы было изучение качественного состава антоцианов и оценка эффективности использования антиоксидантов для их защиты от окисления в розовых столовых виноматериалах.

### **Материалами исследования** были:

1) модельные системы розовых столовых сухих виноматериалов, которые готовили путем внесения в водно-спиртовой раствор с объемной долей спирта 10 %, подкисленный винной кислотой до pH 3, танин кожицы винограда в концентрации 200 мг/дм<sup>3</sup> и красящие вещества спиртовой вытяжки из кожицы винограда сортов Мерло и Пино Нуар, содержащие 40 мг/дм<sup>3</sup> антоцианов. Варианты модельных систем, в которые были внесены препараты для защиты антоцианов от окисления, представлены в табл. 1. Выбор дозировок антиоксидантов был основан на результатах проведенных ранее исследований [16 – 18].

Таблица 1 – Варианты модельных систем

Номер схемы	Массовая концентрация			
	мг/дм <sup>3</sup>	г/дм <sup>3</sup>		
	кадифит (из расчета диоксида серы)	аскорбиновая кислота	глутатион дрожжей восстановленный	танин галловый
1	–	–	–	–
2	100	0,2	–	–
3	100	–	–	–
4	100	–	0,2	–
5	100	–	0,2	0,2

Индукционное окисление модельных систем осуществляли в термокамере при  $t = 45 \pm 5$  °C в течение 7 дней со свободным доступом воздуха. Выбор температуры индуцированного окисления был подобран экспериментально и позволяет изучить способность модельной системы розовых виноматериалов

материалов развивать состояние окисленности во времени.

2) Розовые сортовые столовые сухие виноматериалы, приготовленные из винограда сорта Пино Нуар и Мерло в условиях микровиноделия. Виноград перерабатывали по белому способу. Мезгу сульфитировали введением кадифита из расчета 100 мг диоксида серы на  $\text{дм}^3$  сусла. Выход сусла составил не более  $0,6 \text{ дм}^3/\text{кг}$  мезги. Сусло осветляли 12 ч и сбраживали, используя активированные сухие дрожжи EC1118 (Lallemand, Франция) при температуре не более  $18^\circ\text{C}$  (схема 3).

3) Розовые сортовые столовые сухие виноматериалы, приготовленные из винограда сорта Пино Нуар и Мерло, которые вырабатывали по схеме приведенной выше, с антиоксидантами, которые вносили на стадии сусла в дозах, как и в модельные системы (схемы 2, 4, 5).

До и после индуцированного окисления модельных систем, а также в розовых сортовых столовых сухих виноматериалах определяли массовые концентрации антоцианового комплекса методом ВЭЖК. Оценку защитного действия антиоксиданта проводили по содержанию неокисленных форм антоцианов, которые относили к их исходному уровню и выражали в %.

#### **Результаты исследования.**

Результаты определения массовых концентраций антоцианов методом ВЭЖХ позволили установить, что в состав антоцианов в розовых сортовых столовых виноматериалах из Пино нуар и Мерло, входят гликозиды дельфинидина, цианидина, петунидина, пеонидина, мальвидина и их производные.

Систематизация полученных данных позволила разделить их на 3 группы: I – гликозиды антоцианов, II – ацетильные производные гликозидов, III – п-кумароил производные гликозидов. Каждая группа отличается различной стойкостью к окислению [2]. Диапазоны их распределения в розовых виноматериалах представлены на рис.1.

Следующим этапом нашей работы была оценка эффективности использования антиоксидантов для защиты от окисления антоцианов в модельных системах розовых виноматериалов.

Индуцированное окисление модельных систем привело к изменениям антоцианового комплекса в сторону снижения концентрации антоцианов на 3 – 32 % в зависимости от варианта опыта.

Анализ результатов жидкостной хроматографии, представленных в таблице 2, показывает, что в I группе антоцианов большую устойчивость к окислению проявляют гликозиды пеонидина и мальвидина, благодаря отсутствию

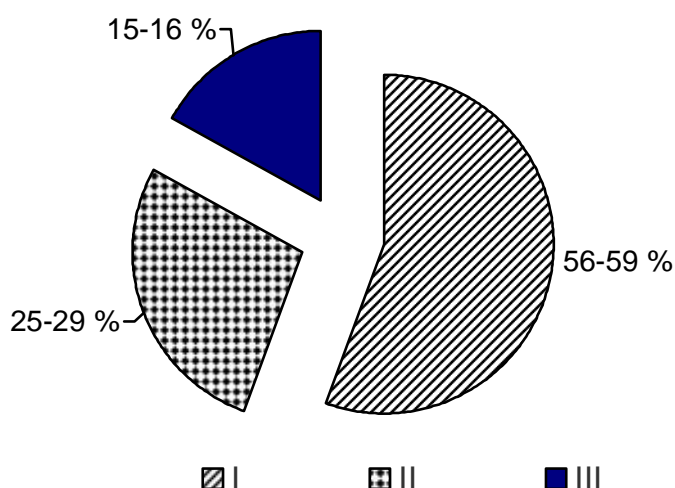


Рис. 1 – Распределение групп антоцианов в розовых виноматериалах: I – гликозиды антоцианов, II – ацетильные производные гликозидов, III – p-кумароил производные гликозидов.

Таблица 2 – Влияние антиоксидантов на изменение антоцианового комплекса модельных систем розовых виноматериалов после индуцированного окисления

Название вещества	Группа антоцианов	Схема опыта				
		1 без защиты	2	3	4	5
Антоцианидины, мг/дм <sup>3</sup>		%				
Дельфинидин-3-О-гликозид	I	34	67	97	100	91
Цианидин-3-О-гликозид		47	47	68	72	93
Петунидин-3-О-гликозид		44	62	83	90	93
Пеонидин-3-О-гликозид		64	69	96	97	96
Мальвидин-3-О-гликозид		64	70	94	97	98
Дельфинидин-3-О-6-ацетил-гликозид	II	47	71	85	86	95
Цианидин-3-О-6-ацетил-гликозид		67	67	80	75	71
Петунидин-3-О-6-ацетил-гликозид		44	69	69	97	86
Пеонидин-3-О-6-ацетил-гликозид		66	63	97	100	97
Мальвидин-3-О-6-ацетил-гликозид		60	76	90	91	93
Дельфинидин-3-О-6-p-кумароил-гликозид	III	38	45	54	47	89
Цианидин-3-О-6-p-кумароил-гликозид		58	61	97	97	90
Петунидин-3-О-6-p-кумароил-гликозид		50	44	85	91	83
Пеонидин-3-О-6-p-кумароил-гликозид		54	91	87	100	93
Мальвидин-3-О-6-p-кумароил-гликозид		52	54	87	94	90
Среднее		53	64	85	89	91

% – содержание неокисленных антоцианов, %.

гидроксильных групп в орто- положении ядра В их молекул, что хорошо согласуется с литературными данными [2, 6, 19].

Устойчивость к окислению у этих гликозидов составляет 64 %, тогда как у гликозидов дельфинидина, цианидина и петунидина это значение составляет в среднем 42 % (схема 1).

В условиях схемы 2, предусматривающей использование диоксида серы и аскорбиновой кислоты, антиоксидантный эффект в отношении указанных антоцианов составляет 69-70 %. Более высоких значений он достигает в схемах 3, 4 и 5, составляя 94-98 %.

Аналогичная тенденция отмечена для II и III групп антоцианов.

Наибольшую устойчивость к окислению проявляют ацетильные и п-кумароил формы гликозидов пеонидина и мальвидина, составляя соответственно 60 – 66 % (2 группа) и 52 – 54 % (3 группа).

Отмечена тенденция возрастания защитного эффекта от окисления от схемы 1 к схеме 3 (90 – 97 % – II группа и 87 % – III группа).

При использовании комбинации антиоксидантов в составе диоксида серы, глутатион дрожжей совместно с танином (схема 5) или без него (схема 4) отмечен значительный антиокислительный эффект на производные гликозидов пеонидина и мальвидина, на что указывает 91 – 100 % сохранения их массовых концентраций.

Сравнение различных схем защиты антоцианов от окисления показывает, что схема 2 (диоксид серы + аскорбиновая кислота) обеспечивает меньший защитный эффект, чем схема 3. Очевидно, что аскорбиновая кислота окисляется с образованием перекиси водорода, инактивация которой происходит с участием диоксида серы, защитный эффект которой снижается [13].

Следует отметить, что антиоксидантный эффект схемы 1 связан, вероятно, с защитным действием одних антоцианов по отношению к другим.

Так, значительное окисление претерпевают гликозиды дельфинидина и петунидина, количество их окисленных форм составляет 56 – 66 % от исходных значений до окисления, тогда как аналогичный показатель гликозидов пеонидина и мальвидина равняется 36 %.

Сравнение средних данных I, II и III групп показывает, что при использовании 1 и 2 схем более высокая устойчивость к действию O<sub>2</sub> отмечается у ацетилированных производных антоцианов, а при применении схем 3, 4, и 5 – у их гликозидов (табл. 3).

Исследование процесса окисления мальвидина и его форм, которые составляют более 2/3 от суммы антоцианов, показывает достаточно высокую устойчивость к окислению без внесения антиоксидантов (схема 1 – 62 %),

применение схемы 2 увеличивает их защиту от окисления до 67 %, схем 3, 4 и 5 обеспечивает сохранение мальвидина и его форм на 90 – 94 %.

Таблица 3 – Сохранение групп антоцианов и производных мальвидина антиоксидантами в моделях розовых виноматериалов после окисления, %

Группа антоцианов	Схема опытов				
	1	2	3	4	5
I	51	63	88	91	94
II	57	69	84	90	88
III	50	59	82	86	89
Мальвидин и его производные	62	67	90	94	94

Результаты хроматографического анализа фенольного комплекса розовых вин, приготовленных с использованием антиоксидантов, позволили установить, что применение комбинации антиоксидантов, в состав которых входил глутатион дрожжей восстановленный, диоксид серы и танин (схема 5), или подобная комбинация без танина (схема 4) привело к сохранению гликозидов мальвидина и его производных в сравнении с вариантами опытов, где использовали диоксид серы совместно с аскорбиновой кислотой (схема 2) или только сульфитацию (схема 3) (рис.2).

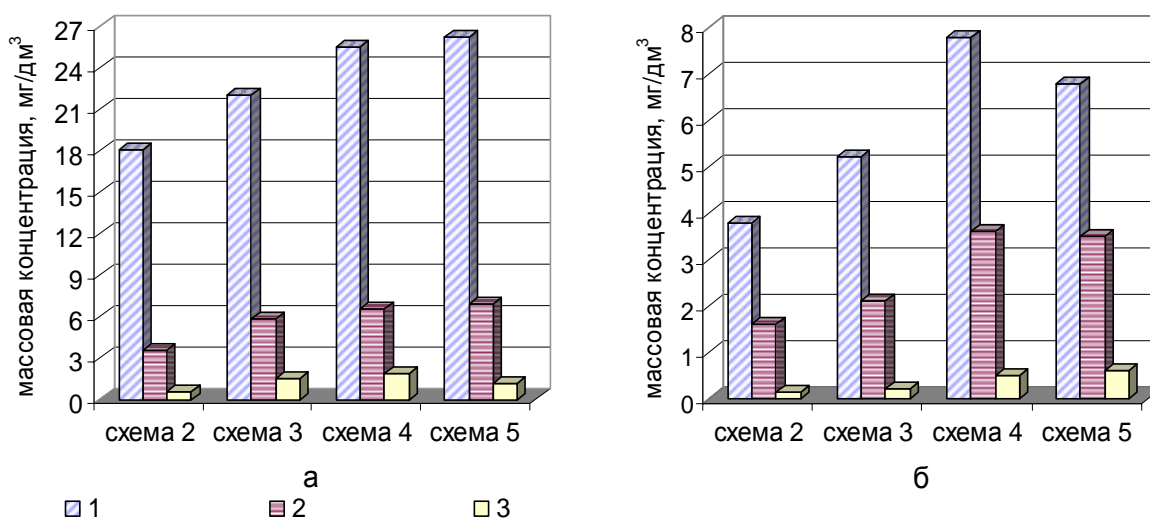


Рис. 2 – Влияние антоцианов на массовые концентрации гликозидов мальвидина и его производных в розовых сортовых столовых сухих виноматериалах: а – Пино Нуар, б – Мерло (1 – Мальвидин-3-О-гликозид, 2 – Мальвидин-3-О-(6'-ацетил-гликозид), 3 – Мальвидин -3-О-(6'-п-кумароил-гликозид)).

**Выводы.** Таким образом, оценка защитного действия антиоксидантов на антоцианы модельных систем розовых сухих виноматериалов позволяет выбрать схему 4 или 5, предусматривающую внесение в виноматериал диоксида серы и восстановленного глутатиона совместно или без танина, как технологические приёмы, обеспечивающие сохранение антоцианов. Показано, что применение комбинации антиоксидантов, в состав которых входит глутатион дрожжей восстановленный, диоксид серы с танином или без него позволяет защитить гликозиды мальвидина и их производные, которые составляют более 2/3 всех антоцианов, от окисления.

**Список литературы:** 1. *Moreno-Arribas M. V. Wine Chemistry and Biochemistry / M. V. Moreno-Arribas, C. Polo.* – New York: Springer, 2009. – 736 p. 2. *Rib´ereau-Gayon P. Handbook of Enology. The Chemistry of Wine Stabilization and Treatments / [P. Rib´ereau-Gayon, Y. Glories, A. Maujean, D. Dubourdieu].* – [2-nd edition] – Chichester: John Wiley & Sons, 2006. – 441 p. 3. *Макаревич А.М. Функции и свойства антоцианов растительного сырья / [А.М. Макаревич, А.Г. Шутова, Е.В. Спиридович, В.Н. Решетников] // Труды БГУ.* – 2010. – Т. 4, Вып. 2. – С. 1 – 11. 4. *Escudero-Gilete M.L. Implications of blending wines on the relationships between the colour and the anthocyanic composition / M.L. Escudero-Gilete, M.L. Gonzalez-Miret, F.J. Heredia // Food Research International.* – 2010. – № 43. – P. 745 – 752. 5. *Bişca V. Cercetarea și elaborarea tehnologiei vinurilor roze cu indici cromatici stabili: autoreferat al tezei de doctor in tehnică: 05.18.07 “Tehnologia băuturilor alcoolice şinealcoolice” / V. Bişca.* – Chişinău, 2008. – 28 p. 6. *Wrolstada R. E. Tracking color and pigment changes in anthocyanin products / R. E. Wrolstada, R. W. Dursta, J. Lee // Trends in Food Science & Technology.* – 2005. – № 16. – P. 423 – 428. 7. *Infos techniques – Nuancier des vins Rosés [Электронный ресурс] / Centre du Rosé.: Режим доступа: <http://www.centredurose.fr/fr/infos-techniques/nuancier-des-vins-roses.html>* . 8. *Ткаченко О.Б. Научные основы совершенствования технологии белых столовых вин путем регулирования окислительно-восстановительных процессов их производства: дис. ... докт. техн. наук: 05.18.05 / Оксана Борисовна Ткаченко.* – Ялта, 2010. – 340 с. 9. *Du Toit Wessel. Effect of different oxygen levels on glutathione levels in South African white must and wines [Электронный ресурс] / Wessel du Toit, Klemen Lisjak.: Режим доступа: [http://www.bucher-inertys.com/web/upload\\_fich/effect\\_of\\_different\\_oxygen\\_levels.pdf](http://www.bucher-inertys.com/web/upload_fich/effect_of_different_oxygen_levels.pdf)*. 10. *Scollary G.R. Tannin Review / G.R. Scollary.* – Melbourne: Grape and Wine Research and Development Corporation, 2010. – 132 p. 11. *Obradovic D. Grape-derived tannins and their application / D. Obradovic // Australian & New Zealand Grapegrower & Winemaker.* – 2006. – № 509. – P. 66 – 73. 12. *Bautista-Ortin A.B. Improving color extraction and stability in red wines: the use of maceration enzymes and enological tannins / [A.B. Bautista-Ortin, A. Martinez-Cutillas, J.M. Ros-Garcia et all.] // International Journal of Food Science & Technology.* – 2005. – Vol. 40, № 4. – P. 867 – 878. 13. *Barril C. Chemistry of sulfur dioxide and ascorbic acid as an anti-oxidant system in white wine / C. Barril, A.C. Clark, G.R. Scollary.* – Melbourne: National Wine and Grape Industry Centre, Charles Sturt University, 2010. – 140 p. 14. *Беглиця В.М. Усовершенствованная технология производства розовых столовых вин: автореф. дис. на соискание степени канд. техн. наук: спец. 05.18.07 «Технология продуктов брожения, алкогольных и безалкогольных напитков» / В.М. Беглиця.* – Ялта, 1989. – 24 с. 15. *Гонца М. Окислительно-восстановительные процессы в винах и стабилизация с использованием новых консервантов [Электронный ресурс] / М. Гонца: Режим доступа: [http://iee.org.ua/files/conf/conf\\_article55.pdf](http://iee.org.ua/files/conf/conf_article55.pdf)*. 16. *Білько М.В. Управління окисно-відновними процесами при виробництві рожевих столових виноматеріалів / [М.В. Білько,*



*A.I. Tenetka, M.V. Skorchenko, I. M. Babich*] // Наукові праці ОНАПТ. – 2012. – № 42, Т. 2. – С. 330 – 335.  
**17.** *Білько М.В.* Деякі аспекти формування фенольного комплексу рожевих столових виноматеріалів / *М.В. Білько, А.І. Тенетка* // Напитки. Технологии и инновации. – 2012. – № 4. – С. 56 – 59.  
**18.** *Bilko M.* The regulation doses of sulfur dioxide with the aid of preparations, based on glutathione of yeasts in the production of pink table wine / *M. Bilko, A. Tenetka* // Ukraine journal of food science. – 2013. – № 1. – P. 77 – 82. **19.** *Jackson R.S.* Wine Science. Principles and Applications / *R.S. Jackson*. – [3-rd edition]. – Amsterdam-Boston-Heidelberg-London-New York-Oxford-Paris-San-Diego-San Francisco-Sydney-Tokyo: Academic Press, 2008. – 790 p.

**References:** **1.** *Moreno-Arribas M. V.* Wine Chemistry and Biochemistry / *M. V. Moreno-Arribas, C. Polo*. – New York: Springer, 2009. – 736 p. **2.** *Rib´ereau-Gayon P.* Handbook of Enology. The Chemistry of Wine Stabilization and Treatments / [*P. Rib´ereau-Gayon, Y. Glories, A. Maujean, D. Dubourdieu*]. – [2-nd edition] – Chichester: John Wiley & Sons, 2006. – 441 p. **3.** *Makarevich A.M.* Funkcii i svojstva antocianov rastitel'nogo syr'ja (The functions and properties of anthocyanins vegetable raw materials) / [*A.M. Makarevich, A.G. Shutova, E.V.Spiridovich, V.N.Reshetnikov*] // Trudy BGU. – 2010. – Vol. 4, Iss. 2. – P. 1 – 11. (in Russian). **4.** *Escudero-Gilete M.L.* Implications of blending wines on the relationships between the colour and the anthocyanic composition / *M.L. Escudero-Gilete, M.L. Gonzalez-Miret, F.J. Heredia* // Food Research International. – 2010. – № 43. – P. 745 – 752. **5.** *Bişca V.* Cercetarea și elaborarea tehnologiei vinurilor roze cu indici cromatici stabili. Autoreferat al tezei de doctor in tehnică: 05.18.07 “Tehnologia băuturilor alcoolice şinealcoolice” / *V. Bişca*. – Chişinău, 2008. – 28 p. **6.** *Wrolstada R.E.* Tracking color and pigment changes in anthocyanin products / *R.E. Wrolstada, R.W. Dursta, J. Lee* // Trends in Food Science & Technology. – 2005. – № 16. – P. 423 – 428. **7.** Infos techniques – Nuancier des vins Rosés [Electronic resource] / Centre du Rosé.: Access mode: <http://www.centredurose.fr/fr/infos-techniques/nuancier-des-vins-roses.html>. **8.** *Tkachenko O.B.* Nauchnye osnovy sovershenstvovaniya tehnologii belyh stolovyh vin putem regulirovaniya oksislitel'no-vosstanovitel'nyh processov ih proizvodstva (Scientific principles of improving white table wine technology by regulation the oxidation-reduction processes involved in the production of this type of wines): dis. ... dokt. tehn. nauk: 05.18.05 «Tehnologija saharistyh veshhestv i produktov brozhenija» / *O.B. Tkachenko*. – Jalta, 2010. – 340 p. (in Russian). **9.** *Toit Wessel.* Effect of different oxygen levels on glutathione levels in South African white must and wines [Electronic resource] / *Wessel du Toit, Klemen Lisjak*.: Access mode: [http://www.bucher-inertys.com/web/upload\\_fich/effect\\_of\\_different\\_oxygen\\_levels.pdf](http://www.bucher-inertys.com/web/upload_fich/effect_of_different_oxygen_levels.pdf). **10.** *Scollary G.R.* Tannin Review / *G.R. Scollary*. – Melbourne: Grape and Wine Research and Development Corporation, 2010. – 132 p. **11.** *Obradovic D.* Grape-derived tannins and their application / *D. Obradovic* // Australian & New Zealand Grapegrower & Winemaker. – 2006. – № 509. – P. 66 – 73. **12.** *Bautista-Ortin A. B.* Improving color extraction and stability in red wines: the use of maceration enzymes and enological tannins / [*A.B. Bautista-Ortin, A. Martinez-Cutillas, J. M. Ros-Garcia et all.*] // International Journal of Food Science & Technology. – 2005. – Vol. 40, № 4. – P. 867 – 878. **13.** *Barril C.* Chemistry of sulfur dioxide and ascorbic acid as an anti-oxidant system in white wine / *C. Barril, A.C. Clark, G.R. Scollary*. – Melbourne: National Wine and Grape Industry Centre, Charles Sturt University, 2010. – 140 p. **14.** *Beglica V.M.* Usovershenstvovannaja tehnologija proizvodstva rozovyh stolovyh vin (Improvement of technology rose table wines): avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk: spec. 05.18.07 «Tehnologija produktov brozhenija, alkohol'nyh i bezalkogol'nyh napitkov» / *V.M. Beglica*. – Jalta, 1989. – 24 p. (in Russian). **15.** *Gonca M.* Okislitel'no-vosstanovitel'nye processy v vinah i stabilizacija s ispol'zovaniem novyh konservantov (Oxidation-reduction in the wine and stabilization using new preservative): [Electronic resource] / *M. Gonca*. Access mode: [http://iee.org.ua/files/conf/conf\\_article55.pdf](http://iee.org.ua/files/conf/conf_article55.pdf). (in Russian). **16.** *Bil'ko M.V.* Upravlinnya oksyno-vidnovnymy procesamy pry vyrobnyctvi rozhevyyh stolovyh vynomaterialiv (Control of redox processes in manufacturing pink table



winematerials) / [M.V. Bil'ko, A.I. Tenetka, M.V. Skorchenko, I.M. Babych] // Naukovi praci ONAPT. – 2012. – No 42, Iss. 2. – P. 330 – 335. (in Ukrainian). 17. Bil'ko M. V. Deyaki aspekty formuvannya fenol'nogo kompleksu rozhevnyx stolovyx vynomaterialiv (Some aspects of formation phenolic complex of rose table winematerials) / M.V. Bil'ko, A.I. Tenetka // Napitky. Teknologii i innovacii. – 2012. – No 4. – P. 56 – 59 (in Ukrainian). 18. Bil'ko M. The regulation doses of sulfur dioxide with the aid of preparations, based on glutathione of yeasts in the production of pink table wine / M. Bil'ko, A. Tenetka // Ukraine journal of food science. – 2013. – No 1. – P. 77 – 82. 19. Jackson R.S. Wine Science. Principles and Applications / R.S. Jackson. – [3-rd Edition]. – Amsterdam-Boston-Heidelberg-London-New York-Oxford-Paris-San Diego-San Francisco-Sydney-Tokyo: Academic Press, 2008. – 790 p.

Поступила (Received) 08.06.2015

УДК 681.513.63:519.712

**А.А. БОБУХ**, канд. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»,  
**А.М. ДЗЕВОЧКО**, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПИ»,  
**М.А. ПОДУСТОВ**, д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»,  
**А.С. КРАВЧЕНКО**, студ., НТУ «ХПИ»

## **ДВУХШАГОВЫЙ АДАПТИВНЫЙ АЛГОРИТМ ИДЕНТИФИКАЦИИ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ОБЪЕКТОВ**

Проанализированы разработанные для идентификации стационарных объектов рекуррентный метод наименьших квадратов и различные его модификации, которые получаются путем минимизации квадратичного функционала и используют при построении оценки непосредственные измерения входных и выходных параметров. Показано, что для идентификации нестационарных объектов указанные адаптивные алгоритмы идентификации имеют ограниченные функциональные возможности и малую точность, поэтому предложен разработанный двухшаговый адаптивный алгоритм идентификации нестационарных технологических объектов.

**Ключевые слова:** рекуррентный метод наименьших квадратов, двухшаговый адаптивный алгоритм идентификации нестационарных технологических объектов.

**Введение.** При проектировании и испытании компьютерно-интегрированных систем управления (КИСУ) стационарными и нестационарными технологическими объектами большинства химических и смежных производств необходимо иметь достаточно надежно работающие алгоритмы идентификации. Для стационарных объектов в этом случае используются обычно разработанный рекуррентный метод наименьших квадратов [1] и различные его модификации [2 – 5], которые получаются путем минимизации квадратич-

© А.А Бобух, А.М. Дзевочко, М.А. Подустов, А.С. Кравченко, 2015