

досліджень поверхневих вод / За ред. В.Д. Романенка. – НАН України: Ін-т гідробіології. – К. : ЛОГОС, 2006. – С. 8–27.

8. Щербак В.І. Фітопланктон київської ділянки Канівського водоймища та чинники, що його визначають / В.І. Щербак, Н.В. Майстрова. – К. : Ін-т гідробіології НАНУ, 2001. – 70 с.
9. Офіційний сайт Центральної геофізичної обсерваторії (режим доступу: http://www.cgo.kiev.ua/index.php?fn=k_klimat&f=kyiv&p=1)

REFERENCES

1. Devjatkin V.G. Hidrofizicheskie faktory produktivnosti litoral'nogo fitoplanktona: vlijanie gidrofizicheskikh faktorov na dinamiku produktivnosti fitoplanktona / V.G. Devjatkin, N.Ju. Meteleva, I.V. Mitropol'skaja // Biologija vnutrennih vod. 2000. № 1. S. 45–52.
2. Zadorozhna G.M. Vpliv sonjachnoyi radiaciyi i temperaturi vodi na rozvitok fitoplanktonu Kanivs'kogo vodoshovishha / G.M. Zadorozhna, V.I. Shherbak // Hidrobiologicheskij zhurnal. – 2016. – № 5. – S. 18–27.
3. Miheeva. T.M. Sukcessii vidov v fitoplanktone / T.M. Miheeva. – Minsk : BГУ, 1983. – 70 s.
4. Rol' gidrometeorologicheskikh uslovij v mnogoletnej dinamike produktivnosti fitoplanktona vo vnutrennih vodoemah / A.S. Litvinov, I.L. Pyrina, V.F. Roshhupko, E.N. Sokolova // Prirodno-resursnye, jekologicheskije i social'no-jekonomicheskie problemy okruzhajushhej sredy v krupnyh rechnyh bassejnah. – M. : Media-Press, 2005. – S. 70–81.
5. Sirenko L.A. Aktivnost' Solnca i «cvetenie» vody / L.A. Sirenko // Hidrobiologicheskij zhurnal. – 2002. – T. 38, № 4. – S. 3–10.
6. Shherbak V.I. Adaptacija metodiv ocinki ekologichnogo stanu vodojnm megapolisiv Ukrayini za fitoplanktonom i fitomikroperifitonom vidpovidno do Vodnoyi Ramkovoyi Direktivi 2000/60/YS / V.I. Shherbak, N.Ye. Semenjuk, N.V. Majstrova // Dopovidi Nacional'noyi Akademiyi Nauk Ukrayini: Matematika. Prirodnoznavstvo. Tehnichni nauki. – 2009. – № 10. – S. 206–211.
7. Shherbak V.I. Metodi viznachennja harakteristik golovnih ugrupovan' gidro biontiv vodnih ekosistem. 1. Fitoplankton / V.I. Shherbak // Metodi gidroekologichnih doslidzhen' poverhnevih vod / Za red. V.D. Romanenka. – NAN Ukrayini: In-t gidrobiologiyi. – K. : LOGOS, 2006. – S. 8–27.
8. Shherbak V.I. Fitoplankton kiyivs'koyi diljanki Kanivs'kogo vodojmishha ta chinniki, shho jogo viznachajut' / V.I. Shherbak, N.V. Majstrova. – K. :In-t gidrobiologiyi NANU, 2001. – 70 s.
9. Ofitsiynyy sayt Tsentral'noyi heofizychnoyi observatoriyi (rezhim dostupu: http://www.cgo.kiev.ua/index.php?fn=k_klimat&f=kyiv&p=1)

УДК 582. 282. 23 : 54-32

ВПЛИВ ОРГАНІЧНИХ КИСЛОТ НА ІНТЕНСИВНІСТЬ КАРОТИНОУТВОРЕННЯ ДРІЖДЖІВ У ПРИСУТНОСТІ Zn^{2+}

Крупей К. С., Сорокіна Д. Р., Сорокіна О. Р.

Запорізький національний університет
69600, Україна, Запоріжжя, вул. Жуковського, 66

krupeyznu@gmail.com

Вивчений вплив лимонної, щавлевої, бурштинової та яблунової кислот (0,01 та 0,001 М) на каротиносинтезувальні дріжджі в присутності Zn^{2+} . Лимонна кислота продемонструвала найбільш високий позитивний ефект на пігментоутворення дріжджів *Rh. rubra* RA-10, *Rh. glutinis* Y-1333 та *Rh. aurantiaca* Y-1193 в присутності іонів Цинку. Щавлева кислота підвищувала поріг виживання та пігментоутворення лише в дріжджів *Rh. aurantiaca* Y-1193. У присутності щавлевої кислоти (0,01 М і 0,001 М) та іонів Цинку (100 мг/дм³) ріст та інтенсивність пігментоутворення *Rh. aurantiaca* Y-1193 дещо стимулювалися, порівняно за умов відсутності в середовищі кислоти.

Бурштинова та яблунова кислоти не показали вираженої протекторної дії на каротиноутворення дріжджів у присутності іонів Цинку.

Ключові слова: дріжджі, пігменти, органічні кислоти, іони Цинку.

Крупей К. С., Сорокина Д. Р., Сорокина А. Р. ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ КАРОТИНООБРАЗОВАНИЯ ДРОЖЖЕЙ В ПРИСУТСТВИИ Zn^{2+} / Запорожский национальный университет; 69900, Украина, Запорожье, ул. Жуковского, 66,

Изучено влияние лимонной, щавелевой, янтарной и яблочной кислот (0,01 и 0,001 М) на каротинсинтезирующие дрожжи в присутствии Zn^{2+} . Лимонная кислота продемонстрировала наиболее высокий положительный эффект на пигментообразование дрожжей *Rh. rubra* RA-10, *Rh. glutinis* Y-1333 и *Rh. aurantiaca* Y-1193 в присутствии ионов Цинка. Щавелевая кислота повышала порог выживания и пигментообразования дрожжей только у культуры *Rh. aurantiaca* Y-1193. В присутствии щавелевой кислоты (0,01 М и 0,001 М) с ионами Цинка (100 мг/дм³) рост и интенсивность пигментообразования *Rh. aurantiaca* Y-1193 немного стимулировались, по сравнению с пробами, где отсутствовала кислота. Янтарная и яблочная кислоты не показали выраженного детоксикационного эффекта на каротинообразование дрожжей в присутствии ионов Цинка.

Ключевые слова: дрожжи, пигменты, органические кислоты, ионы Цинка.

Kruey K.S., Sorokina D.R., Sorokina O.R. THE INFLUENCE OF ORGANIC ACIDS ON INTENSITY OF CAROTEN FORMATION OF YEASTS IN PRESENCE Zn^{2+} / Zaporizhzhya National University; 69900, Ukraine, Zaporizhzhya, Zhukovsky str., 66

Swingeing majority of organic acids belong to the synergists antioxidants. It is known that bacteria, that grow on environments with different organic compounds, are able to synthesize the considerably anymore amounts of carotenoids, comparatively with the variants of absence of organic substances.

Having regard to wide anthropogenic distribution of Zinc in a biosphere and its physiology value for organisms, the aim of work was to investigate influence of organic acids on intensity of pigment saver and viability of yeast-bioindicators in presence the ions of Zn^{2+} .

In experiments used lemon (LA), oxalic (OA), amber (AA) and apple (AA) acids in two concentrations: 0,01 and 0,001 M. Such concentrations of acids selected based on their potential antioxidant properties. In a molten hot nourishing medium Saburo brought in Zinc (in composition a chloride) at first, after his cooling added the investigated concentrations of acids. After some time, after solidification of the nutrient medium, was carried out the inoculation (0.2 ml per Petri dish) diluted suspension of the collection of yeast cultures (*Rh. rubra* RA-10, *Rh. glutinis* Y-1333 and *Rh. aurantiaca* Y-1193), which was provided to us by the Institute of Microbiology and Virology. D.K. Zabolotny of NAS of Ukraine. The density of the suspension was 10⁷ cells/dm³. Culture incubated in a thermostat for temperatures 27-28°C. The account of the results was performed on day 3 culture visually comparing prototypes of control.

For the calculation of the color intensity difference (dE) between experimental and control samples, the Petri dishes with yeasts colonies were photographed. The photos were loaded in the program Adobe Photoshop. The indexes of the color model channels (Lab) and then the difference of the pigment color intensity were calculated in the program CIEDE 2000. Statistical analysis was performed using software «Microsoft Office Excel 2007» and «Statistica 10».

The results of the research showed that organic acids can be detoxifying effect on the pigment-synthesizing ability of the yeasts in the presence of Zn^{2+} .

Citric acid demonstrated the highest positive effect on the pigment-synthesizing ability of the yeasts *Rh. rubra* RA-10 in the presence of Zinc ions. Thus, when the concentration of Zinc ions 100 mg/dm³ without acids was marked by good growth amelanotic and moderately pigmented colonies of *Rh. rubra* RA-10 and at 200 mg/dm³ Zn^{2+} was observed weak growth of colorless colonies.

Succinic acid did not show protective action on synthesize carotenoids yeast in the presence of Zinc ions.

With the concentration of 0.01 M citric acid and 100 mg/dm³ Zn^{2+} there was good growth of pigmented (65 %) and amelanotic (35 %) colonies *Rh. glutinis* Y-1333. However, in the presence of 0.001 M citric acid and the same concentration of Zinc ions was fixed good growth of pigment (20 %) and colorless (80 %) of the colonies (and in the presence of 100 mg/dm³ Zn^{2+} without acids).

The concentration of 100 mg/dm³ and Zn^{2+} 0.01 and 0.001 M citric acid has caused the emergence on the 3rd day of pale orange and dairy colonies *Rh. aurantiaca* Y-1193, and in the presence of 0.001 M of citric acid and Zinc ions dairy colonies was more than the acid concentration of 0.01 M.

Thus, among the studied organic acids, citric acid showed the most pronounced effect on all rehabilitation pigment-synthesizing ability of the yeasts strains.

Key words: yeasts, pigments, organic acids, Zinc ions.

ВСТУП

Органічні кислоти відіграють важливу роль у біосинтезі необхідних для життя структур прокариотичних та еукаріотичних клітин. Важливою властивістю органічних кислот є їх здатність виконувати функцію антиоксидантів та зменшувати негативний вплив вільних радикалів. Така властивість кислот зумовлена наявністю метиленових груп ($-CH_2-$), які перебувають в α -положенні стосовно подвійного зв'язку. Переважна більшість органічних кислот належать до синергістів антиоксидантів [1–6]. Відомо, що бактерії, які ростуть на середовищах із різними органічними сполуками, здатні синтезувати значно більші кількості каротиноїдів, порівняно з варіантами відсутності органічних речовин [7].

Зважаючи на широке антропогенне розповсюдження Цинку в біосфері та його фізіологічне значення для організмів, метою роботи було дослідження впливу органічних кислот на інтенсивність пігментакопичення та життєздатність дріжджів-біоіндикаторів у присутності іонів Zn^{2+} .

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

У досліджах використовували лимонну (ЛК), щавлеву (ЩК), бурштинову (БК) та яблуневу (ЯК) кислоти у двох концентраціях: 0,01 та 0,001 М. Такі концентрації кислот обрані з урахуванням їхніх можливих антиоксидантних властивостей. У розплавлене гаряче поживне середовище Сабуро вносили спочатку Цинк (у складі хлориду), після його охолодження додавали досліджувані концентрації кислот. Через деякий час, після застигання поживного середовища, проводили інокуляцію (0,2 мл на чашку Петрі) розведеної суспензії колекційних культур дріжджів (*Rhodotorula rubra* RA-10, *Rh. glutinis* Y-1333 та *Rh. aurantiaca* Y-1193), які були надані нам Інститутом мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України. Щільність суспензії 10^7 кл/дм³. Інкубували культури в термостаті за температури 27-28 °С. Облік результатів проводили на 3 добу культивування візуально, порівнюючи дослідні зразки з контролем.

Для розрахунку різниці в інтенсивності кольору пігментів (dE) між контролем (без органічних кислот та іонів Цинку) та дослідними чашками дріжджові колонії фотографували, розміщали фотографії в комп'ютерну програму Adobe Photoshop. Потім визначали показники каналів кольорової моделі (Lab) і в програмі CIEDE 2000 розраховували різницю в інтенсивності кольору пігментів [8]. Статистичну обробку проводили за допомогою комп'ютерних програм «Microsoft Office Excel 2007» і «Statistica 10».

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Дослідження показали, що органічні кислоти здатні проявляти детоксикаційну дію на каротиносинтезувальні дріжджі в присутності Zn^{2+} (табл. 1-6, рис. 1). Відомо, що в циклі Кребса ЛК (цитрат-іон) утворюється шляхом переносу залишку оцтової кислоти з ацетил-КоА до щавелевооцтової кислоти. Ймовірно, детоксикаційна дія ЛК пов'язана з її прямим включенням до циклу Кребса. ЛК продемонструвала найбільш високий позитивний ефект на пігментоутворення дріжджів *Rh. rubra* RA-10 в присутності іонів Цинку. Так, за концентрації іонів Цинку 100 мг/дм³ без кислот був відмічений добрий ріст безпігментних та помірно пігментованих колоній *Rh. rubra* RA-10, а за 200 мг/дм³ Zn^{2+} спостерігався слабкий ріст безбарвних колоній.

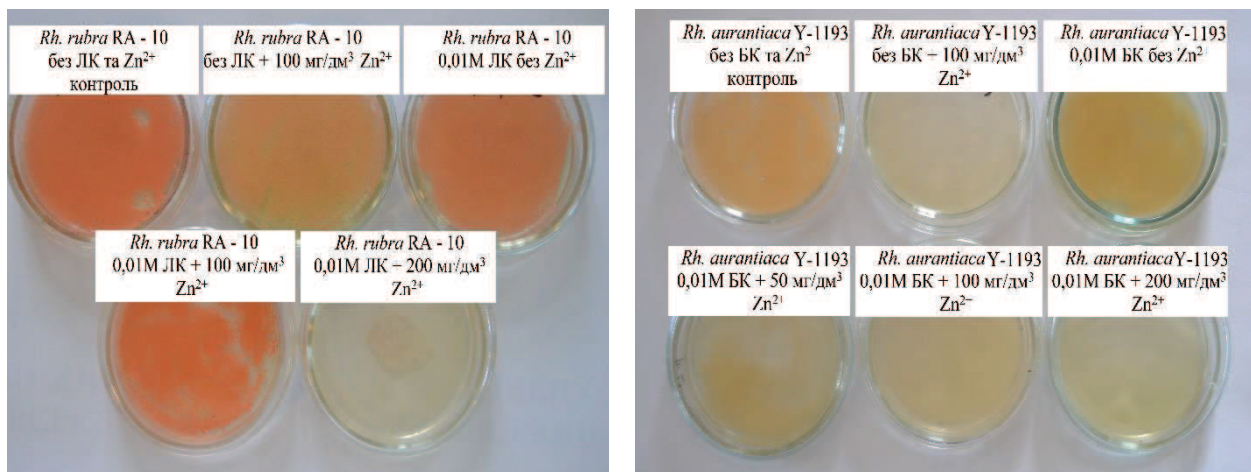
Таблиця 1 – Вплив органічних кислот (0,01 М) на інтенсивність пігментонакопичення дріжджів *Rh. rubra* RA-10 в присутності Zn^{2+}

Кислоти, 0,01 М	Контроль (Сабуро)	Контроль (Сабуро + Zn^{2+} 100 мг/дм ³)	Сабуро + кислота	Сабуро + кислота + Zn^{2+} 100 мг/дм ³	Сабуро + кислота + Zn^{2+} 200 мг/дм ³	Сабуро + кислота + Zn^{2+} 300 мг/дм ³
Лимонна	Р *++++ П **++++	Р +++ П ±	Р +++++ П +++++	Р +++ П +++	Р ++ П ±	Р + П -
Щавлева			Р +++ П ±	Р +++ П ±	Р +++ П ±	Р + П -
Бурштинова			Р +++++ П +++++	Р +++ П ±	Р ++ П ±	Р - П -
Яблунева			Р +++++ П +++++	Р +++ П ±	Р ++ П ±	Р - П -

Примітка (тут та далі): *Ріст: +++++ – суцільний, +++ – добрий, ++ – помірний, + – слабкий, - – відсутній; **Пігментоутворення: +++++ – інтенсивне, +++ – добре, ++ – помірне, + – слабе, - – відсутнє, ± – наявність пігментних та безпігментних колоній.

У присутності 0,01 М ЛК та 100 мг/дм³ Zn^{2+} пігментоутворення всіх колоній було помірним.

Слід зазначити, що такий вплив ЛК чинить не тільки на пігментоутворення, але й на ріст мікроорганізмів. У присутності 300 мг/дм³ Zn^{2+} та 0,01 М ЛК був зареєстрований слабкий ріст безбарвних колоній дріжджових клітин (без ЛК за такої концентрації іонів Цинку росту і пігментоутворення не спостерігалось). Подібний результат був відмічений і для ЦК. Її детоксикаційна дія зафіксована лише в концентрації 0,01 М, на відміну від ЛК, для якої в концентрації 0,001 М позитивний ефект був дещо меншим.



А

Б

Рис. 1. Вплив ЛК (0,01 М) на інтенсивність каротиноутворення *Rh. rubra* RA-10 (А) та БК (0,01 М) на інтенсивність накопичення пігментів *Rh. aurantiaca* Y-1193 (Б) в присутності Zn^{2+} . БК не виявила протекторної дії на каротиноутворення дріжджів у присутності іонів Цинку. У циклі трикарбонових кислот БК дуже важко піддається окисненню у зв'язку з тим, що окислюється інертна група $-CH_2-CH_2-$ за участю спеціального коферменту флавінаденіндинуклеотиду (ФАД).

Таблиця 2 – Вплив органічних кислот (0,001 М) на інтенсивність каротиноутворення дріжджів *Rh. rubra* RA-10 в присутності Zn^{2+}

Кислоти, 0,001 М	Контроль (Сабуро)	Контроль (Сабуро + Zn^{2+} 100 мг/дм ³)	Сабуро + кислота	Сабуро + кислота + Zn^{2+} 100 мг/дм ³	Сабуро + кислота + Zn^{2+} 200 мг/дм ³	Сабуро + кислота + Zn^{2+} 300 мг/дм ³
Лимонна	Р +++++ П +++++	Р +++++ П ±	Р +++++ П +++++	Р +++++ П ±	Р + П -	Р - П -
Щавлева			Р +++++ П ±	Р +++++ П ±	Р ++ П -	Р + П -
Бурштинова			Р +++++ П +++++	Р +++++ П ±	Р ++ П ±	Р - П -
Яблунова			Р +++++ П +++++	Р +++++ П ±	Р ++ П ±	Р - П -

ЯК також не виявила вираженого детоксикаційного ефекту на інтенсивність пігментонакопичення дріжджів. Можливо, це пов'язано з тим, що ЯК утворюється на останніх стадіях циклу Кребса. БК та ЯК в обох концентраціях проявили себе однаково: в їх присутності колір пігментів був інтенсивніше, ніж без кислот (тільки в присутності іонів Цинку), проте вони не підвищували поріг виживання *Rh. rubra* RA-10.

ЛК у концентрації 0,01 М підвищувала поріг виживання та інтенсивність кольору пігментів культури *Rh. glutinis* Y-1333.

Таблиця 3 – Вплив органічних кислот (0,01 М) на інтенсивність пігментоутворення дріжджів *Rh. glutinis* Y-1333 у присутності Zn^{2+}

Кислоти, 0,01 М	Контроль (Сабуро)	Контроль (Сабуро + Zn^{2+} 100 мг/дм ³)	Сабуро + кислота	Сабуро + кислота + Zn^{2+} 100 мг/дм ³	Сабуро + кислота + Zn^{2+} 200 мг/дм ³	Сабуро + кислота + Zn^{2+} 300 мг/дм ³
Лимонна	Р +++++ П +++++	Р ++ П ±	Р +++++ П ±	Р +++++ П ±	Р + П -	Р - П -
Щавлева			Р +++++ П ±	Р +++++ П ±	Р ++ П ±	Р + П -
Бурштинова			Р +++++ П ±	Р + П -	Р - П -	Р - П -
Яблунова			Р +++++ П ±	Р ++ П ±	Р - П -	Р - П -

За концентрації 0,01 М ЛК та 100 мг/дм³ Zn^{2+} спостерігався добрий ріст пігментних (65 %) та безпігментних (35 %) колоній *Rh. glutinis* Y-1333. Проте в присутності 0,001 М ЛК та такої самої концентрації іонів Цинку був зафіксований добрий ріст пігментних (20 %) та безбарвних (80 %) колоній (як і в присутності 100 мг/дм³ Zn^{2+} без кислот). За концентрації 0,01 М ЛК та 200 мг/дм³ Zn^{2+} спостерігався слабкий ріст безбарвних колоній (проте без кислоти та такої самої концентрації іонів Цинку ріст і пігментоутворення були відсутні).

Цікаві результати були отримані у дослідях з ШК. Вона інгібувала колір пігментів *Rh. glutinis* Y-1333 за концентрації 0,001 М та в присутності іонів Цинку 100–200 мг/дм³, проте підвищувала поріг виживання культури в обох концентраціях. Ріст був більший у 3 та 2 рази в присутності 0,01 та 0,001 М ШК, відповідно, порівняно з варіантами без кислоти (в присутності Zn^{2+}).

БК, на відміну від інших кислот, навпаки, пригнічувала ріст та пігментоутворення *Rh. glutinis* Y-1333. У присутності 100 мг/дм³ іонів Цинку та 0,01 і 0,001 М БК був відмічений слабкий ріст безпігментних колоній.

Таблиця 4 – Вплив органічних кислот (0,001 М) на інтенсивність каротиноутворення дріжджів *Rh. glutinis* Y-1333 в присутності Zn^{2+}

Кислоти, 0,001 М	Контроль (Сабуро)	Контроль (Сабуро + Zn^{2+} 100 мг/дм ³)	Сабуро + кислота	Сабуро + кислота + Zn^{2+} 100 мг/дм ³	Сабуро + кислота + Zn^{2+} 200 мг/дм ³	Сабуро + кислота + Zn^{2+} 300 мг/дм ³
Лимонна	Р +++++ П +++++	Р ++ П ±	Р +++++ П ±	Р ++ П ±	Р - П -	Р - П -
Щавлева			Р +++ П ±	Р +++ П -	Р + П -	Р - П -
Бурштинова			Р +++++ П +++	Р + П -	Р - П -	Р - П -
Яблунева			Р +++ П ±	Р ++ П ±	Р - П -	Р - П -

Дріжджі слабо реагували на присутність у середовищі ЯК. За концентрації Цинку (II) 100 мг/дм³ та в присутності ЯК спостерігався помірний ріст пігментних та безпігментних колоній (як у випадку без кислоти, але в присутності 100 мг/дм³ іонів Цинку). Концентрація іонів Цинку 200 мг/дм³ та ЯК викликали появу дрібних молочних і блідо-рожевих колоній тільки на 6 добу (проте в присутності 200 мг/дм³ Zn^{2+} без ЯК росту колоній *Rh. glutinis* Y-1333 не спостерігалось протягом 9 діб). Отже, результати досліджень показали, що ЯК здатна виявляти слабку детоксикаційну дію на дріжджі в присутності іонів Цинку.

На дріжджі *Rh. aurantiaca* Y-1193 деякі органічні кислоти виявляли також позитивний ефект у присутності Zn^{2+} . Розрахунки різниці в інтенсивності кольору пігментів показали, що з підвищенням детоксикаційної дії органічних кислот на дріжджові клітини, значення dE зменшувалося (приклад розрахунків представлений в таблиці 7).

Концентрація 100 мг/дм³ Zn^{2+} та 0,01 і 0,001 М ЛК викликали появу на 3 добу блідо-помаранчевих і молочних колоній, причому в присутності 0,001 М ЛК та іонів Цинку молочних колоній було більше (dE дорівнювала 14,4 ум. од.), ніж за концентрації кислоти 0,01 М. Без кислоти та в присутності 100 мг/дм³ Zn^{2+} був зареєстрований слабкий ріст безбарвних колоній *Rh. aurantiaca* Y-1193 (dE складала 20,9 ум. од.). У середовищі 200 мг/дм³ у присутності іонів Цинку і ЛК росту колоній не спостерігалось.

Таблиця 5 – Вплив органічних кислот (0,01 М) на інтенсивність пігментонакопичення дріжджів *Rh. aurantiaca* Y-1193 в присутності Zn^{2+}

Кислоти, 0,01 М	Контроль (Сабуро)	Контроль (Сабуро + Zn^{2+} 100 мг/дм ³)	Сабуро + кислота	Сабуро + кислота + Zn^{2+} 100 мг/дм ³	Сабуро + кислота + Zn^{2+} 200 мг/дм ³	Сабуро + кислота + Zn^{2+} 300 мг/дм ³
Лимонна	Р +++++ П +++++	Р + П -	Р +++++ П +++++	Р ++ П ±	Р - П -	Р - П -
Щавлева			Р +++++ П ±	Р +++ П ±	Р + П ±	Р - П -
Бурштинова			Р +++ П ±	Р + П -	Р - П -	Р - П -
Яблунева			Р +++++ П ±	Р +++ П ±	Р + П -	Р - П -

ЩК підвищувала поріг виживання та пігментоутворення дріжджів. У присутності ЩК (0,01 М і 0,001 М) та іонів Цинку (100 мг/дм³) ріст та інтенсивність пігментоутворення дещо стимулювалися, порівняно з середовищем, у якому ЩК відсутня.

Слід зазначити, що концентрація іонів Цинку 200 мг/дм³ та 0,01 М ЩК викликали також на 3 добу добрий ріст пігментних та безпігментних колоній *Rh. aurantiaca* Y-1193, але за концентрації 200 мг/дм³ іонів Цинку і 0,001 М ЩК подекуди зустрічалися тільки безбарвні колонії біля країв чашки Петрі (dE була 20,1 ум. од.). Без кислот за концентрації іонів Цинку 200 мг/дм³ росту й каротиноутворення не спостерігалось протягом 9 діб.

Таблиця 6 – Вплив органічних кислот (0,001 М) на інтенсивність пігментонакопичення дріжджів *Rh. aurantiaca* Y-1193 в присутності Zn²⁺

Кислоти, 0,001 М	Контроль (Сабуро)	Контроль (Сабуро + Zn ²⁺ 100 мг/дм ³)	Сабуро + кислота	Сабуро + кислота + Zn ²⁺ 100 мг/дм ³	Сабуро + кислота + Zn ²⁺ 200 мг/дм ³	Сабуро + кислота + Zn ²⁺ 300 мг/дм ³
Лимонна	Р +++++ П +++++	Р + П -	Р +++++ П +++++	Р ++ П ±	Р - П -	Р - П -
Щавлева			Р +++++ П +++++	Р +++ П ±	Р + П -	Р - П -
Бурштинова			Р +++ П ±	Р + П -	Р - П -	Р - П -
Яблунова			Р +++ П ±	Р ++ П ±	Р - П -	Р - П -

БК без іонів Цинку дещо пригнічувала ріст і пігментоутворення колоній, а в присутності іонів Цинку не було помічено її детоксикаційного ефекту. Лише в присутності 200 мг/дм³ Zn²⁺ і 0,01 та 0,001 М БК безпігментні колонії з'являлися тільки на 6 і 9 добу, відповідно.

Як і в дослідях зі ЩК, ЯК також підвищувала поріг виживання культур, але лише за концентрації 0,01 М (у присутності 200 мг/дм³ іонів Цинку та 0,01 М ЯК був слабкий ріст безбарвних колоній).

Таблиця 7 – Оцінка інтенсивності кольору пігментів у *Rh. aurantiaca* Y-1193 за дії органічних кислот (0,001 М) у присутності Zn²⁺

Кислоти, 0,001 М	Сабуро + Zn ²⁺ 100 мг/дм ³	Сабуро + кислота	Сабуро + кислота + Zn ²⁺ 100 мг/дм ³	Сабуро + кислота + Zn ²⁺ 200 мг/дм ³
	Значення різниці в інтенсивності кольору пігментів (dE), ум. од.			
Лимонна	20,9±0,91	8,2±0,012	14,4±0,042	-*
Щавлева		8,9±0,003	14,6±0,065	20,1±1,17
Бурштинова		14,5±0,089	19,8±0,079	-
Яблунова		14,9±0,057	15,0±0,083	-

Примітка: * – не спостерігалось росту та пігментоутворення дріжджів.

Отже, серед досліджуваних органічних кислот, ЛК виявила найбільш виражений позитивний ефект на всі штами пігментосинтезувальних дріжджів.

Отримані результати спонукають нас продовжити дослідження для вивчення детоксикаційної дії органічних кислот на клітини еукаріот за умов «металевого» стресу та з'ясування вірогідних механізмів блокування синтезу пігментів дріжджами в присутності іонів важких металів.

ВИСНОВКИ

1. Органічні кислоти здатні виявляти детоксикаційну дію на каротиносинтезувальні дріжджі роду *Rhodotorula* в присутності Zn^{2+} . Лимонна кислота мала найбільш виражений позитивний ефект на всі досліджувані штами пігментосинтезувальних дріжджів.
2. У присутності $300 \text{ мг/дм}^3 Zn^{2+}$ та $0,01 \text{ М}$ лимонної кислоти був зареєстрований слабкий ріст безбарвних колоній *Rh. rubra* RA-10 (без кислоти за такої концентрації іонів Цинку росту і пігментоутворення не спостерігалось). Детоксикаційна дія щавлевої кислоти зафіксована лише за концентрації $0,01 \text{ М}$, на відміну від лимонної, для якої в концентрації $0,001 \text{ М}$ був дещо менший позитивний ефект.
3. Бурштинова кислота не виявила протекторної дії на каротиноутворення дріжджів у присутності іонів Цинку, а навпаки, пригнічувала ріст та пігментоутворення дріжджів *Rh. glutinis* Y-1333. Яблунева кислота проявила слабку детоксикаційну дію на інтенсивність пігментонакопичення дріжджів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Тернинко І.І. Вивчення вмісту органічних кислот та елементного складу трави *Calendula officinalis* (L.) / І.І. Тернинко, В.С. Кисличенко, І.О. Журавель // Український медичний альманах. – 2012. – Т. 15, № 2. – С. 149–151.
2. Цехмістренко С.І. Вплив різних форм селену на показники пероксидного окиснення ліпідів у нирках перепелів за кадмієвого навантаження / С.І. Цехмістренко, О.С. Цехмістренко, В.М. Поліщук // Науковий Вісник ветеринарної медицини. – 2010. – Вип. 6 (79). – С. 142–145.
3. Барабой В.А. Окислительно-антиоксидантный гомеостаз в норме и патологии / В.А. Барабой, Д.А. Сутковой. – К. : Наукова думка, 1997. – С. 18–92.
4. Узбеков М.Г. Перекисное окисление липидов и антиоксидантные системы при психических заболеваниях / М.Г. Узбеков // Социальная и клиническая психиатрия. – 2014. – Т. 24, № 4. – С. 97–103.
5. Цехмістренко С.І. Вільнорадикальні процеси та антиоксидантний статус у тканинах травних залоз перепелів у постнатальному періоді онтогенезу та їх корекція зерном амаранту / С.І. Цехмістренко, Н.В. Пономаренко, О.М. Чубар // Український біохімічний журнал. – 2006. – Т. 78, № 2. – С. 71–76.
6. Salinity induces apoptosis in sarcomatoid malignant mesothelioma cells through oxidative stress / G. Nilsson, X. Sun, C. Nyström [et al.] // Free Radical Biol. Med. – 2006. – Vol. 41, № 6. – P. 874–885.
7. Павлова Ю.О. Роль пурпурових сіркобактерій родів *Thiocystis* і *Chromatium* в очищенні кар'єрних водойм від сірководню (на прикладі озера «Яворівське»): дис. ... кандидата біологічних наук : 03.00.07 / Павлова Юлія Олександрівна. – Львів, 2008. – 144 с.
8. Пат. на корисну модель 49812 Україна, МПК (2009), С12Q 1/00, С12M 1/00, С12M 1/34. Спосіб визначення інтенсивності пігментоутворення у бактерій / Рильський О.Ф., Домбровський К.О., Гороховський Є.Ю., Жиленко А.В.; заявник і патентовласник ЗНУ. – № u200912311; заявл. 30.11.2009; опубл. 11.05.2010, Бюл. № 9, 2010 р.

REFERENCES

1. Ternynko I.I. Vyvchennia vmistu orhanichnykh kyslot ta elementnoho skladu travy Calendula officinalis (L.) / I.I. Ternynko, V.S. Kyslychenko, I.O. Zhuravel // Ukrainskyi medychnyi almanakh. – 2012. – T. 15, № 2. – S. 149–151.
2. Tsekhmistrenko S.I. Vplyv riznykh form selenu na pokaznyky peroksydnoho okysnennia lipidiv u nyrkakh perepeliv za kadmiievoho navantazhennia / S.I. Tsekhmistrenko, O.S. Tsekhmistrenko, V. M. Polishchuk // Naukovyi Visnyk veterynarnoi medytsyny. – 2010. – Vyp. 6 (79). – S. 142–145.
3. Baraboi V. A. Okyslytelno-antyoksydantniy homeostaz v norme y patolohyy / V. A. Baraboi, D. A. Sutkovi. – K. : Naukova dumka. – 1997. – S. 18–92.
4. Uzbekov M.H. Perekysnoe okyslenye lypydov y antyoksydantni systemy pry psykhycheskykh zaboлевaniakh / M.H. Uzbekov // Sotsyalnaia y klynycheskaia psykhyatryia. – 2014. – T. 24, № 4. – S. 97–103.
5. Tsekhmistrenko S.I. Vilnoradykalni protsesy ta antyoksydantnyi status u tkanynakh travnykh zaloz perepeliv u postnatalnomu periodi ontohenezu ta yikh korektsiia zernom amarantu / S. I. Tsekhmistrenko, N.V. Ponomarenko, O.M. Chubar // Ukr. biokhim. zhurn. – 2006. – T. 78, № 2. – S. 71–76.
6. Salinity induces apoptosis in sarcomatoid malignant mesothelioma cells through oxidative stress / G. Nilsson, X. Sun, C. Nyström [et al.] // Free Radical Biol. Med. – 2006. – Vol. 41, № 6. – P. 874–885.
7. Pavlova Yu.O. Rol purpurovykh sirkobakterii rodiv Thiocystis i Chromatium v ochystsi kariernykh vodoim vid sirkovodniu (na prykladi ozera «Iavorivske»): dys. ... kandydata biolohichnykh nauk : 03.00.07 / Pavlova Yuliia Oleksandrivna. – Lviv, 2008. – 144 s.
8. Pat. na korysnu model 49812 Ukraina, MPK (2009), C12Q 1/00, C12M 1/00, C12M 1/34. Sposib vyznachennia intensyvnosti pihmentoutvorennia u bakterii / Rylskiy O.F., Dombrovskiy K.O., Horokhovskiy Ye.Iu., Zhylenko A.V.; zaiavnyk i patentovlasnyk ZNU. – № u200912311; zaiavl. 30.11.2009; opubl. 11.05.2010, Biul. № 9, 2010 r.

УДК 502.51 (285):(477-25)

СЕЗОННА ДИНАМІКА ВМІСТУ БІОГЕННИХ РЕЧОВИН У ВОДОЙМАХ МІСТА КИЄВА

Прокопук М. С., Погорелова Ю. В.

*ДУ «Інститут еволюційної екології НАН України»
03143, Україна, Київ, вул. акад. Лебедева, 37*

maryana.prokopuk@yandex.ua, yuliya.zhytnyk@ukr.net

У статті наводяться результати досліджень сезонної динаміки вмісту азоту нітратного, азоту нітритного, азоту амонійного та фосфору фосфатів у поверхневих водах водойм міста з різним антропогенним навантаженням. Відмічено значне коливання гідрохімічних показників залежно від сезону.

Ключові слова: азот нітратний, азот нітритний, азот амонійний, фосфати, антропогенна евтрофікація, гідрохімічні показники, моніторинг.

Прокопук М.С., Погорелова Ю.В. СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ БИОГЕННЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОДОЕМАХ ГОРОДА КИЕВА / ГУ «Институт эволюционной экологии» НАН Украины», 03143, Украина, Киев, ул. акад. Лебедева, 37

В статье приводятся результаты исследований сезонной динамики содержания азота нитратного, азота нитритного, азота аммонийного и фосфора фосфатов в поверхностных водах водоемов города с различной антропогенной нагрузкой. Отмечено значительное колебание гидрохимических показателей в зависимости от сезона.

Ключевые слова: азот нитратный, азот нитритный, азот аммонийный, фосфаты, антропогенная евтрофикация, гидрохимические показатели, мониторинг.