

РОЗДІЛ 6

ХІМІЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА, ПРИРОДНИХ ТА БІОАКТИВНИХ СПЛУК

УДК: 606:61

ВИВЧЕННЯ СКЛАДУ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ КОМПЛЕКСІВ З *CHLORELLA VULGARIS*

Боднар О. І., Ракочий А. І., Грубінко В. В.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: bodnar@tnpu.edu.ua

Одним з важливих та перспективних методів для досягнення збалансованого харчування та запобігання порушень метаболізму є застосування біологічно активних добавок, що містять мінеральні речовини, зв'язані з природними комплексами клітинних біомолекул.

Доведено, що мікроелементи Zn, Mg, Fe та інші в органічній формі мають вищу біодоступність та кращу тенденцію до скорочення їх дефіциту в організмі, ніж мінеральні форми. Так, кращі результати щодо зниження рівня ПОЛ та підвищення активності ГПО були продемонстровані у курчат-бройлерів за введення у їх харчовий раціон органічних форм Se, Zn і Cr, ніж за введення неорганічних солей цих мікроелементів [5].

Загалом, чималою кількістю результатів підтверджено, що отримані з водоростей комплекси з мікроелементами, які далі надходять в харчові ланцюги людей і тварин через продукти харчування, виконують важливу роль в метаболізмі та становлять значний практичний інтерес. Зазначимо, що Селен та Цинк є важливими для клітинного обміну, бо роль цих елементів, передусім, обумовлена їх безпосередньою каталітичною дією в реакціях проміжного обміну та опосередкованому інгібуванні токсичної дії важких металів.

Виходячи із зазначеного, завданням роботи було вивчення складу отриманих з зеленої одноклітинної водорості *Ch. vulgaris*, вирощеної в аквакультури, за відповідних досліджуваних

Хімія навколишнього середовища, природних та біоактивних сполук

концентрацій сполук Селену і Цинку, елементвмісного комплексу, що достовірно містив би у своєму складі зазначені мікроелементи.

Аналіз літературних даних щодо підбору оптимальних умов вирощування *Ch. vulgaris* у накопичувальній культурі для отримання потенційної сировини показали, що найефективнішими умовами є культивування водорості протягом 7 діб з додатковим введенням натрію селеніту в концентрації 10,0 мг Se (IV)/дм³ та іонів Цинку в концентрації 5,0 мг Zn (II)/дм³.

Культивування хлорели на середовищі за дії натрію селеніту окремо показало збільшення вмісту Селену у ліпідній фракції на 112,1%, а за спільної дії його з Zn (II) – на 131,3% щодо контролю. Кількість Se (IV) в ліпідах збільшилася майже на 10% за спільної дії селеніту з Zn (II), ніж за дії селеніту окремо. Досліджено, що до складу ліпідів хлорели активно включався і Цинк – майже у 10 разів більше виявилось цього металу у дослідному варіанті порівняно з контрольним. Оскільки Цинк є одним з основних мікроелементів, що виконує в організмі регуляторні функції багатьох ланок метаболізму, то він здатний активно зв'язуватися майже з 300 різними біомолекулами.

Відмітимо, що включені в ліпіди *Ch. vulgaris* Селен і Цинк, зв'язуються з ними міцно, оскільки у результаті процедури виділення ліпідів в їх складі залишається достатньо велика кількість цих мікроелементів. Хроматографічний аналіз селенвмісних ліпідів з одноклітинних водоростей *Chlorella vulgaris*, *Dunaliella primolecta* та *Porphyidium cruentum*, які зростали за високих концентрацій Se (IV), показав, що Селен присутній в усіх фракціях ліпідів, однак механізм включення його до складу ліпідів і жирних кислот на той час не був з'ясований [1].

У нашому випадку, якісний і кількісний склад селенцинкліпідного комплексу був проаналізований мас-спектрометричним дослідженням, здійсненого за допомогою автоматизованого рідинного хромато-мас-спектрометра Agilent 1200 SL/DAD/FD/MSD 6130 («Agilent Technologies», USA, ІГБ НАН України). Хоча за здійснення детекції видимого спектру DAD і мас-детектора за позитивної і негативної іонізації MSD

Хімія навколишнього середовища, природних та біоактивних сполук

ESI +/- видні не всі молекули, тому піки DAD та MSD можуть бути не повністю узгоджені, однак впізнання ліпідвмісних речовин за максимумами поглинання можливе.

Отримані спектри свідчать про включення 2-х атомів Селену (DAD 225 nm – 2, 4; MSD ESI (+) – 2, 5; MSD ESI (–) – 4, 6), атома Цинку (DAD 225 nm – 3; MSD ESI (+) – 2), а також гліцеролу (DAD 225 nm – 13; MSD ESI (+) – 13) та жирнокислотних хвостів (DAD 225 nm – 18-28 з максимумами 18, 21, 25; MSD ESI (+) – 18-28 з максимумами 19, 21, 23-26; MSD ESI (–) – 20-30 з максимумами 21, 22, 23, 27).

Високоймовірне співпадіння максимумів речовин – складових комплексу, підтверджує його сталість, а спектри MSD ESI показують представленість, хоча і значно меншу, низькомолекулярних речовин. Можливо, що цей зв'язок є не тільки результатом адсорбції мікроелементів, а й включенням їх до складу молекул ліпідів, насамперед фосфоліпідів, та за місцем подвійного зв'язку в ненасичених жирних кислотах за допомогою ковалентного чи координаційного хімічного зв'язку, що дозволяє вважати виділений комплекс збалансованим за складом та фізіологічно адекватним.

Літературних даних про накопичення металів і неметалів та включення їх до складу окремих органічних сполук клітин водоростей чимало [1, 2], втім робіт, які б описували механізми взаємодії мікроелементів зі структурними елементами клітин та шляхи їх зв'язування з ліпідами, на жаль, небагато. Однак, зазначимо, що у дослідженні [4] представили докази спорідненості та відповідно ефективної взаємодії (афінності) двовалентних металів з флуоресцентними протеїнами (маркерами клітинних протеїнів), які у свою чергу приєднують метали до ліпідів мембран. Ця спорідненість спостерігалася як у клітинних мембранах живих організмів, так і в штучних ліпідних моношарових та двошарових матеріалах. Наявність у клітинах металзв'язуючого пептиду сприяла асоціації химерного флуоресцентного протеїну у ліпідну мембрану, що знижувало емісію флуоресценції клітин. Встановлено, що химерний протеїн, зв'язаний з металом, вводиться у ліпідні везикули завдяки високому поверхневому натягу ліпідного бішару. Згідно

отриманих результатів, автори вважають, що металзв'язуючий флуоресцентний протеїн опосередковано збільшує плинність мембран та розширює площу поверхні ліпідної плівки, а також – що має місце висока ймовірність зв'язування цього протеїну з рідиннофазними ділянками та дефектними частинами ліпідного шару[4].

Окрім цього, у дослідженні [3] показано, що іони металів (Fe^{3+} , Pb^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Ni^{2+} , Cr^{3+} , Cd^{2+} та Co^{2+}) легко і швидко взаємодіють з дипальмітоїл-фосфатидилхоліном (ДПФХ), який входить до складу ліпідного шару. У результаті взаємодії утворювалися катіон-ДПФХ комплекси, з одночасними конформаційними їх змінами, та іммобілізація головних функціональних груп, що підвищувало активність останніх.

Щодо зв'язування Селену з ліпідами, то у дослідах на тваринах за допомогою радіоактивного ^{75}Se , встановили його включення до складу ліпідів мембран, які в подальшому частково змінювали свої морфо-функціональні та біофізичні властивості [6]. Разом з тим, структурні зміни у клітинних мембранах *Ch. vulgaris*, очевидно, сприяють активнішому процесу включення мікроелементів Селену і Цинку до їх складу, передусім ліпідного бішару мембран.

Список літератури

1. Gennity J. M., Bottino N. R., Zingaro R. A. The binding of selenium to the lipids of two unicellular marine algae. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 1994. 118 (1). pp. 176 – 182.
2. Gojkovic Z., Vilchez C., Torronteras R. et al. Effect of selenate on viability and selenomethionine accumulation of *Chlorella sorokiniana* grown in batch culture. *Sci. World J.* 2019. Article ID 401265. p 13.
3. Li S., Du L., Tsona N., Wang W. The interaction of trace heavy metal with lipid monolayer in the sea surface microlayer. *Chemosphere.* 2018. 196. pp. 323 – 330.
4. Prachayasittikul V., Ayudhya C. N., Boonpangrak S., Galla H. J. Lipid-membrane affinity of chimeric metal-binding green fluorescent protein. *J. Membr. Biol.* 2004. 200 (1). pp. 47 – 56.

5. Rao S.V., Prakash B., Raju M. V., et al. Effect of supplementing organic forms of zinc, selenium and chromium on performance, anti-oxidant and immune responses in broiler chicken reared in tropical summer. *Biol. Trace Elem. Res.* 2016. 172 (2). pp. 511 – 520.
6. Tripp M. J., Whanger P. D. Association of selenium with tissue membranes of ovine and rat tissues. *Biol. Trace Elem. Res.* 2014. 6 (6). pp. 455 – 462.

УДК 575.224

НАТУРАЛЬНІ ТА СИНТЕТИЧНІ БАРВНИКИ У ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ: ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СКЛАДУ КОМПОНЕНТІВ

Мельничук Н. В, Крижановська М. А

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: melnychuk-n@chem-bio.com.ua

Харчові барвники стали невід'ємною частиною сучасного харчового виробництва. Вони надають продуктам привабливий зовнішній вигляд та покращують їх споживчі властивості. Адже, саме колір має для споживача велике значення: він служить не лише ознакою свіжості та якості продукту, але й сприяє його впізнаваності. За колір продукту відповідають присутні в ньому барвники. Вони можуть міститися в ньому природним чином (буряк, морква, куркума і т.д.) або можуть бути додані в процесі переробки [2].

Сучасні технології дозволяють виготовляти як натуральні, так і синтетичні барвники із належними властивостями і стандартним вмістом основного барвника, що забезпечує їх застосування у виробництві широкого спектру харчових продуктів. Натуральні барвники, як правило, містять пігменти рослин. Забарвлення виникає за рахунок каротиноїдів, флавоноїдів, бетаніну, рибофлавіну, хлорофілу і т.д. Натуральні барвники відзначаються відсутністю токсичності, однак для більшості з них встановлені допустимі добові дози (ДСД) [3].

Широке використання синтетичних барвників, що недавно з'явилися завдяки досягненням хімії, пояснюється їх високою