

ВИКОРИСТАННЯ АНТОЦΙΑНІВ У СТВОРЕННІ pH-ЧУТЛИВОЇ УПАКОВКИ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ СВІЖОСТІ М'ЯСА

Олійник Є.С.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, oliinyk.yelyzaveta@lil.kpi.ua

Abstract

The article is devoted to the study of the potential use of anthocyanins as pH-sensitive indicators in intelligent biodegradable packaging for monitoring meat freshness. The influence of anthocyanin concentration on the colorimetric and mechanical properties of the packaging film is analyzed.

Keywords: anthocyanins, intelligent packaging, biodegradable, pH-sensitive, chitosan.

Вступ. Вживання зіпсованого м'яса є причиною захворювання кожної десятої людини у світі [1]. Також це тягне за собою економічні збитки для виробників, адже без даних про свіжість у реальному часі зростає кількість харчових відходів. [2]. Тому підвищився інтерес до «активної» або ж «розумної» упаковки, тобто тієї, що окрім захисної буде виконувати й інші функції. Особливо останні десятиліття це стосується упаковок для відстеження якості харчових продуктів з використанням pH-чутливих індикаторів [3].

Більшість синтетичних індикаторів матеріалів є токсичними і тому не є придатними для використання у харчовій промисловості, на відміну від антоціанів, що є природними рослинними пігментами, які можуть змінювати своє забарвлення в широкому діапазоні значень pH, на відміну від синтетичних [4].

Метою даної роботи є огляд досліджень визначення придатності використання антоціанів у виробництві pH-чутливої упаковки для моніторингу свіжості м'яса.

Матеріали та методи. Аналіз наукових джерел щодо використання антоціанів, отриманих зокрема з чорного рису та чорниці, як індикатора pH «розумної» біорозкладної упаковки для моніторингу свіжості м'яса.

Результати та обговорення. Антоціани є глікозильованими формами антоціанідинів також відомих як аглікони, що складаються двох ароматичних бензольних кілець, розділених оксигенованим гетероциклом в яких радикали можуть бути заміщені гідроксильними та метоксильними група від співвідношення яких залежить колір сполук: якщо більше гідроксильних груп, то колір стає більш блакитним і більш червоним, якщо більше метоксильних груп [5, 6].

Колір розчину антоціанів залежить від співвідношення п'яти структурних форм при певному pH: катіону флавілію, хіноїдної основи, напівкеталю, аніонної хіноїдної основи та халкону (рис. 1).

За pH 1 молекули антоціанів існують тільки у формі катіонів флавілію, тому колір водного розчину буде червоним. Підвищення кислотності розчину полегшує гідратацію катіона з утворенням напівкеталю безбарвного кольору. Повна гідратація досягається за pH 4–5, в результаті інтенсивність червоного кольору розчину стає мінімальною.

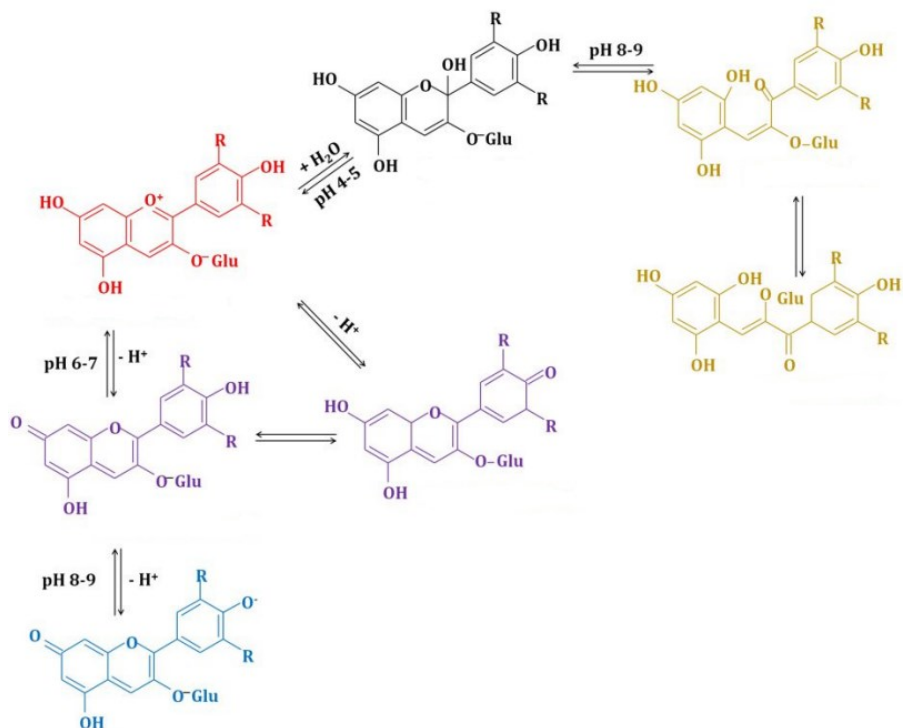


Рис. 1. Структурні перетворення антоціанів при різних рН [7].

За значень рН 8–9 відбувається таутамеризація напівкеталю з утворенням цис-транс ізомерів халкону. Розчин набуває жовтого кольору. При збільшенні рН від 1 до 7 починається депротонування катіонів флавілію з утворенням фіолетової хіноїдної основи фіолетового та аніонної хіноїдної основи синього кольору. Низька інтенсивні забарвлення розчину за даного рН вказує на те, що все ще відбувається утворення напівкеталю. Хіноїдна основа та її аніонна форми є нестабільними та за рН 10–11 репротонуються з утворення катіону флавілію, в результаті чого утворюється напівкеталь, який таутамеризується у халкон [7].

Зміна рН під час зберігання м'яса викликана мікробною активністю. Його підвищення пов'язане з декарбоксилюванням амінокислот та продукуванням амінів, а зниження – з накопичення кислот [2]. Значення рН більшості продуктів тваринного походження під час зберігання коливається від 6 до 8. При певній концентрації антоціанів у складі плівки спостерігається підвищення чутливості кольорової реакції. Це може бути пов'язане з тим, що за рН 6–8 молекули води були більш схильні зв'язуватися з хітозаном, а не з катіоном флавілію, що перешкоджає утворенню напівкеталю, який зменшує інтенсивність кольорової реакції. Наприклад, плівка з антоціанами чорниці змінювала колір залежно від свіжості баранини: за рН 6 – свіже м'ясо, рН 7 – напівсвіже, рН 8 – зіпсоване (рис. 2). Зміни були помітні неозброєним оком [8].



Рис. 2. Зміна кольору плівки залежно від рН [8].

Все більш поширеним стає використання біорозкладних матеріалів, таких як хітозан, крохмаль, целюлоза, пектин як компонентів пакувальної плівки [9].

На механічні та колориметричні властивості пакувальної плівки концентрація антоціанів впливає також. До певного значення існує прямолінійна залежність між концентрацією антоціану у плівці, значенням міцності на розрив та модулем пружності, що може бути пояснене заповненням проміжків залишком цукру у сітці гелю біорозкладного компонента чи їх суміші. Також підвищення щільності плівки, наприклад на основі суміші пектину та хітозану, зумовлене не тільки зв'язуванням антоціанів з депротонованими карбоксильними групами бічних ланцюгів пектину через електростатичну взаємодію завдяки структурі катіону флавілію, а також утворенням водневих зв'язків з компонентами суміші. Однак подальше збільшення концентрації призводить до погіршення механічних властивостей, оскільки порушення електростатичної взаємодії між пектином і хітозаном надає гелю пухкої структури, що зменшує модуль пружності [2].

Висновки. Антоціани є придатними для виготовлення рН-чутливої плівки для моніторингу свіжості м'яса, оскільки виявляють помітну зміну забарвлення при рН характерному для продуктів м'ясного походження, покращують механічні властивості матеріалу та є безпечними, але додатково потребують визначення оптимального вмісту антоціану для кожного біорозкладного матеріалу у складі плівки.

Список використаної літератури:

1. Review of major meat-borne zoonotic bacterial pathogens / Ali S. et al. *Frontiers in public health*. 2022. Vol. 10. URL: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.1045599>
2. Intelligent pH indicator composite film based on pectin/chitosan incorporated with black rice anthocyanins for meat freshness monitoring / F. Zeng et al. *Food chemistry*: X. 2023. Vol. 17. P. 100531. URL: <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100531>.
3. A systematic review of consumer perceptions of smart packaging technologies for food / Young E. et al. *Frontiers in sustainable food systems*. 2020. Vol. 4. URL: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00063>.
4. Effect of anthocyanins on colorimetric indicator film properties / L. Chen et al. *Coatings*. 2023. Vol. 13, no. 10. P. 1682. URL: <https://doi.org/10.3390/coatings13101682>.
5. Exploring the potential benefits of anthocyanins for individuals with cerebral small vessel disease / T. Mesiano et al. *The egyptian journal of neurology, psychiatry and neurosurgery*. 2024. Vol. 60, no. 1. URL: <https://doi.org/10.1186/s41983-024-00862-4>.
6. J. Martín et al. Anthocyanin pigments: importance, sample preparation and extraction. Phenolic compounds – natural sources, importance and applications / ed. by M. Soto-Hernandez. 2017. URL: <https://doi.org/10.5772/66892>.
7. Color characteristics and stability of anthocyanin in fresh thunbergia erecta flower extract / Marpaung A. M. et al. *Indonesian journal of natural pigments*. 2020. Vol. 2, no. 02. P. 31. URL: <https://doi.org/10.33479/ijnp.2020.02.02.3>.
8. Chitosan-enhanced pH-sensitive anthocyanin indicator film for the accurate monitoring of mutton freshness / Y. Ma et al. *Polymers*. 2024. Vol. 16, no. 6. P. 849. URL: <https://doi.org/10.3390/polym16060849>.
9. Anthocyanin-based pH-sensitive smart packaging films for monitoring food freshness / L. Zhao et al. *Journal of agriculture and food research*. 2022. Vol. 9. P. 100340. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100340>.