

МИХАВКО Тамара Романівна

аспірантка,

Національний університет харчових технологій,

ПАСІЧНИЙ Василь Миколайович

д-р техн. наук, професор,

Національний університет харчових технологій,

м. Київ, Україна

НАТУРАЛЬНИЙ БАРВНИК – АНАЛОГ НІТРИТУ НАТРІЮ В М'ЯСНІЙ ПРОМИСЛОВOSTІ

Колір є найпершою ознакою, за яким споживач оцінює якість, придатність м'ясного продукту харчування. Навіть найбільш збалансований і корисний харчовий продукт не буде купуватися, якщо він має непривабливий вигляд. Зовнішній вигляд і колір харчових продуктів поряд зі смаковими властивостями є їх основними якісними показниками. Тому використання барвників широко поширене у світовій практиці харчової промисловості.

Харчові барвники використовують для збереження, покращення і надання необхідного зовнішнього вигляду і кольору продуктам харчування. В останні десятиліття спостерігається різке збільшення інтересу до натуральних і мікробних харчових барвників. Наявність у продукті натуральних харчових барвників вказує на натуральність продукту.

Більшість натуральних барвників отримують з рослинної сировини і за хімічним складом являють собою суміш каротиноїдів, флавоноїдів, антоціанів, хлорофілу та інших натуральних компонентів.

Природні барвники можуть бути репродуковані хімічним синтезом, але відомо¹, що штучні барвники, «ідентичні природним», можуть містити додаткові забруднювачі, тому вони вимагають токсикологічної оцінки, подібної до синтетичних барвників.

Натуральні барвники зазвичай виділяють з природних джерел у вигляді суміші сполук, різних за своєю хімічною природою, склад якої залежить від джерела і технології одержання, в зв'язку, з чим забезпечити їх сталість зазвичай буває важко.

¹ Keeton J.T. History of Nitrite and Nitrate in Food. In: Bryan N.S., Loscalzo J., editors. Nitrite and Nitrate in Human Health and Disease. 2nd ed. Springer Natura; Cham, Switzerland: 2017. p. 85–87.

Серед натуральних барвників можна виділити антоціани, каротиноїди, флавоноїди, хлорофіли та їх мідні комплекси та ін. Вони, як правило, не мають токсичності, але для багатьох із них встановлені, допустимі добові дози. Деякі натуральні харчові барвники або їх суміші і композиції володіють біологічною активністю і можуть класифікуватись як ароматичні та смакові речовини.

Традиційно в м'ясопереробній промисловості використовують нітритні солі, які володіють консервуючою дією. Вони покращують смак, аромат, стабілізують червоно-рожевий колір м'яса і запобігають ризику бактеріального зараження м'яса, особливо *Clostridium botulinum*. На жаль, останні дослідження продемонстрували деякі негативні ефекти його використання. Було доведено, що деякі N-нітрозосполуки можуть стимулювати рак шлунка².

Негативні ефекти нітриту як м'ясної добавки були вперше зареєстровані на початку 1950-х і 1960-х років, коли були виявлені N-нітрозосполуки (NOCs)³. Попередні дослідження висунули гіпотезу, що нітрозаміни (і споживання м'ясних продуктів) пов'язані з деякими видами раку⁴. Згодом було обмежено кількість нітриту натрію, який використовується при виробництві м'ясних продуктів. У Європейському союзі (ЄС) Регламент № 1333/2008 регулює використання нітриту⁵. Однак в Данії в м'ясні продукти додається менше нітритів у порівнянні з іншими країнами ЄС, і така практика зниження вмісту нітритів була прийнята Рішенням Комісії (ЄС) 2018/702⁶. Більш того, згідно зі звітом, підготовленим Food Chain Evaluation Consortium⁷, з 2016 року, в залежності від типу продукту і процесу виробництва, вміст нітритів у різних м'ясних продуктах було знижено. Деякі дослідники зосередили увагу на можливості заміни нітриту натрію різними рослинними екстрактами, бактеріоцинами, окремими штамми бактерій і високим гідростатичним тиском (ННР) для усунення / відновлення нітриту⁸. Рослинні екстракти та інгредієнти є під-

2 Keeton J.T. History of Nitrite and Nitrate in Food. In: Bryan N.S., Loscalzo J., editors. Nitrite and Nitrate in Human Health and Disease. 2nd ed. Springer Natura; Cham, Switzerland: 2017. pp. 85–87; Bedale W., Sindelar J.J., Milkowski A.L. Dietary nitrate and nitrite: Benefits, risks, and evolving perceptions. Meat Sci. 2016;120:85–92. doi: 10.1016/j.meatsci.2016.03.009.

3 Bedale W., Sindelar J.J., Milkowski A.L. Dietary nitrate and nitrite: Benefits, risks, and evolving perceptions. Meat Sci. 2016;120:85–92. doi: 10.1016/j.meatsci.2016.03.009.

4 IARC . IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Ingested Nitrate and Nitrite, and Cyanobacterial Peptide Toxins. International Agency for Research on Cancer; Lyon, France: 2010. pp. 111–297.

5 Regulation (EC) No 1333/2008 of The European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on Food Additives. [(accessed on 30 July 2020)]; URL : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32008R1333>.

6 Commission Decision (EU) 2018/702 of 8 May 2018 concerning National Provisions Notified by Denmark on the addition of Nitrite to Certain Meat Products. [(accessed on 30 July 2020)]; Off. J. Eur. Union. 2018 14:7–15. URL : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32018D0702>.

7 Food Chain Evaluation Consortium Study on the monitoring of the implementation of Directive 2006/52/EC as Regards the Use of Nitrites by Industry in Different Categories of Meat Products. [(accessed on 30 July 2020)]; Final Report. URL : <https://www.fecic.es/img/galeria/file/BUTLLETI%20INTERNACIONAL/ARXIU%20BUTLLETI%20INTERNACIONAL/setmana%205/05.pdf>.

8 Munekata P.E.S., Rocchetti G., Pateiro M., Lucini L., Domínguez R., Lorenzo J.M. Addition of plant extracts to meat and meat products to extend shelf-life and health-promoting attributes: An overview. Curr. Opin. Food Sci. 2020;31:81–87.

ходящою альтернативою нітратам. Частина рослин (овочі, фрукти, трави та спеції) містять різні типи фенольних сполук, які корисні для здоров'я людини. Фенольні сполуки демонструють чудову активність з уловлювання вільних радикалів і, отже, можуть виявитися корисними⁹.

Нітрати потрапляють в організм в основному через овочі (близько 85 %), а інша частина потрапляє з питною водою. Вплив нітратів з продуктів тваринного походження, таких як м'ясо, невеликий (5 %) в порівнянні з продуктами рослинного походження (80 %)¹⁰.

Нітрати – дуже важлива складова рослин. Тамме, Рейнік і Роасто¹¹ відзначили, що накопичення нітратів в рослинах збільшується з навколишнього середовища. Вміст нітратів також різниться в різних частинах рослини: листя > стебель > корінь. Крім того, вказано, що частини квітки містять найменшу кількість нітриту в порівнянні з іншими частинами рослини¹².

Для людини овочі є основним природним джерелом нітратів. Рівні нітратів в овочах залежать від таких факторів, як тип ґрунту, вологість, час зберігання, розмір плоду, культура рослин і температура¹³. Однак основними факторами, що визначають вміст нітратів в овочах, є інтенсивність світла і тип внесених азотних добрив. Овочі з таких родин, як *Chenopodiaceae*, *Brassicaceae*, *Amarantaceae*, *Ariaceae* і *Asteraceae*, характеризуються високою швидкістю накопичення нітратів¹⁴. Загальний розподіл накопичення нітратів в овочах представлено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Загальний дані про накопичення нітратів в овочах¹⁵.

Вміст нітратів, в мг / 100 г свіжих овочів	Найменування овочів
1	2
> 2500	селера, крес-салат, салат, шпинат, рукола
від 1000 до <2500	пекінська капуста, ендівій, цибуля-порей, петрушка

- 9 Ahmad S.R., Gokulakrishnan P., Giriprasad R., Yatoo M.A. Fruit-Based natural antioxidants in meat and meat products: A review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2015;55:1503–1513.
- 10 Colla G., Kim H.J., Kyriacou M.C., Roupaheld Y. Nitrate in fruits and vegetables. *Sci. Hortic.* 2018;237:221–238.
- 11 Tamme T., Reinik M., Roasto M. Nitrates and nitrites in vegetables: Occurrence and health risks. In: Watson R.R., Preedy V.R., editors. *Bioactive Foods in Promoting Health: Fruits and Vegetables*. 1st ed. Elsevier Inc.; 2010. pp. 307–321.
- 12 Colla G., Kim H.J., Kyriacou M.C., Roupaheld Y. Nitrate in fruits and vegetables. *Sci. Hortic.* 2018;237:221–238.
- 13 Lidder S., Webb A.J. Vascular effects of dietary nitrate (as found in green leafy vegetables and beetroot) via the nitrate-nitrite-nitric oxide pathway. *Br. J. Clin. Pharmacol.* 2012;75:677–696.
- 14 Correia M., Barroso Â., Barroso M.F., Soares D., Oliveira M.B.P.P., Delerue-Matos C. Contribution of different vegetable types to exogenous nitrate and nitrite exposure. *Food Chem.* 2010;120:960–966.
- 15 Correia M., Barroso Â., Barroso M.F., Soares D., Oliveira M.B.P.P., Delerue-Matos C. Contribution of different vegetable types to exogenous nitrate and nitrite exposure. *Food Chem.* 2010;120:960–966.

Продовження таблиці 1.1

1	2
від 500 до <1 000	ріпа, савойська капуста, капуста
від 200 до <500	морква, огірок, гарбуз, броколі
<200	картопля, помідори, цибуля, баклажани, гриби, спаржа

Шпинат, петрушка, капуста і ріпа містять велику кількість нітратів, однак ці овочі зазвичай вживаються після приготування, що знижує вміст нітратів приблизно на 75 % (супи є винятком – нітрати з рослинної тканини переходять в рідку фазу і концентрація їх збільшується через випаровування води)¹⁶.

Ранасінге і Марапана¹⁷ встановили, що листові овочі втрачають найбільше нітратів під час приготування в порівнянні з іншими овочами. Крім того, кількість нітритів в овочах зменшується при їх зберіганні¹⁸.

На вміст нітратів в овочах також впливають умови зберігання. Наприклад, заморожування овочів пригнічує вміст нітратів, холодильне зберігання має аналогічний ефект, але в меншій степені. Невідповідні умови зберігання призводять до низького вмісту нітратів і високому вмісту нітритів через зростання бактерій на овочах. В умовах низької освітленості фермент нітратредуктази не активується, і тому перетворення нітрату в амінокислоти не відбувається. Це призводить до високих концентрацій нітратів в рослинах, що вирощуються в тінистих умовах. Крім того, екстремальні температури можуть викликати стрес у рослин, в свою чергу, потенційно сповільнюючи процес фотосинтезу або навіть знижуючи активність нітратредуктази. Обидва випадки призводять до накопичення нітратів.

Нітрит і нітрат можна знайти в різних харчових продуктах і в різних кількостях, але ключовим моментом є їх вплив на здоров'я людини. Щоб вирішити цю проблему, необхідно встановити, що відбувається з цими хімічними речовинами після споживання. У кислому середовищі шлунка нітрат перетворюється в оксид азоту (NO) та інші метаболіти. Потім у верхній частині тонкої кишки нітрати всмоктуються в кров і, нарешті, секретуються в слинних залозах¹⁹. Кількість нітратів в слині в 10 разів більше, ніж в крові, тому що нітрати виводяться слинними залозами. Більш того, бактерії, присутні в роті, особливо на язичку (наприклад, види *Veillonella*,

16 Correia M., Barroso A., Barroso M.F., Soares D., Oliveira M.B.P.P., Delerue-Matos C. Contribution of different vegetable types to exogenous nitrate and nitrite exposure. *Food Chem.* 2010;120:960–966.

17 Ranasinghe R., Marapana R. Nitrate and nitrite content of vegetables: A review. *J. Pharmacogn. Phytochem.* 2018;7:322–328.

18 Colla G., Kim H.J., Kyriacou M.C., Roupheald Y. Nitrate in fruits and vegetables. *Sci. Hort.* 2018;237:221–238.

19 Tamme T., Reinik M., Roasto M. Nitrates and nitrites in vegetables: Occurrence and health risks. In: Watson R.R., Preedy V.R., editors. *Bioactive Foods in Promoting Health: Fruits and Vegetables*. 1st ed. Elsevier Inc.; 2010. pp. 307–321.

Staphylococcus epidermidis, види *Actinomyces*, види *Rothia*), відновлюють приблизно 20–25 % нітратів до нітритів (що становить приблизно 5 % від загальної кількості нітратів, які потрапили в організм.)²⁰.

Однак вчені помітили, що, як правило, близько 70–80 % загального впливу нітритів відбувається через відновлення нітратів бактеріями, і що спожитий нітрат є джерелом перетворення нітриту²¹. Таким чином, в травній системі людини нітрати перетворюються в нітрити, тому овочі, багаті нітратами, становлять небезпеку для здоров'я людини. Однак овочі крім нітратів містять різні типи антиоксидантних сполук, які пригнічують утворення шкідливих хімічних речовин, наприклад, нітрозамінів²².

Окислювально-відновні властивості антиоксидантів, таких як аскорбінова кислота і альфа-токоферол, допомагають відновлювати нітрозіруючі агенти до NO²³. Таким чином, екзогенний нітрат, присутній в організмі людини, в основному надходить з багатого нітратами їжею. Однак основним джерелом нітритів в організмі людини є не овочі, а м'ясні продукти.

Споживачі зацікавлені в м'ясних продуктах з більш низьким вмістом нітритів/нітратів, вважаючи їх «більш натуральними». Таким чином, зниження частки нітриту в м'ясному виробі, разом із збагаченням рослинною сировиною призведе до зменшення канцерогенних сполук в м'ясопродуктах.

Сам по собі нітрит не несе відповідальності за колір м'яса. NO-міоглобін утворюється в результаті зв'язування міоглобіну (Fe²⁺) з NO (що раніше утворився з N₂O₃). При термічній обробці нестабільний NO-міоглобін розкладається з утворенням нітрозоміохромогена, який являє собою стабільний червоний білок. Однак під впливом ультрафіолетового (УФ) світла і в присутності шкідливих бактерій характерний колір втрачається²⁴.

Аналіз літературних джерел дозволяє виділити декілька пошукових напрямів заміни нітриту натрію.

Наприклад, петрушка (*Petroselinum crispum* Mill.) і шпинат (*Spinacia oleracea* L) містять велику кількість нітратів (середній вміст: 1000–2500 мг /

20 Tamme T., Reinik M., Roasto M. Nitrates and nitrites in vegetables: Occurrence and health risks. In: Watson R. R., Preedy V. R., editors. *Bioactive Foods in Promoting Health: Fruits and Vegetables*. 1st ed. Elsevier Inc.; 2010. pp. 307–321; Lidder S., Webb A.J. Vascular effects of dietary nitrate (as found in green leafy vegetables and beetroot) via the nitrate-nitrite-nitric oxide pathway. *Br. J. Clin. Pharmacol.* 2012;75:677–696.

21 Tamme T., Reinik M., Roasto M. Nitrates and nitrites in vegetables: Occurrence and health risks. In: Watson R. R., Preedy V. R., editors. *Bioactive Foods in Promoting Health: Fruits and Vegetables*. 1st ed. Elsevier Inc.; 2010. pp. 307–321.

22 Correia M., Barroso Â., Barroso M.F., Soares D., Oliveira M.B.P.P., Delerue-Matos C. Contribution of different vegetable types to exogenous nitrate and nitrite exposure. *Food Chem.* 2010;120:960–966.

23 Lidder S., Webb A.J. Vascular effects of dietary nitrate (as found in green leafy vegetables and beetroot) via the nitrate-nitrite-nitric oxide pathway. *Br. J. Clin. Pharmacol.* 2012;75:677–696.

24 Govari M., Pexara A. Nitrates and nitrites in meat products. *J. Hell. Vet. Med. Soc.* 2015;66:127–140.

кг)²⁵. Як згадувалося раніше, почервоніння м'ясних продуктів залежить від NO, який є джерелом нітритів.

Riel та ін.²⁶ не виявили будь-яких відмінностей в параметрі світлості (L^*) для ковбас типу Мортаделло з різною кількістю доданого порошку екстракту петрушки (ПЕП), але відмінності були виявлені для параметра почервоніння (a^*). Ці автори помітили, що почервоніння продукту зникло, але процентне зниження залежало від кількості нанесеного ПЕП (зниження приблизно на 37,29 % для зразків з 1,07 г/кг додавання ПЕП, 12,61 % для 2,12 г/кг додавання ПЕП, і 6,56 % для 4,29 г/кг доданого ПЕП, в порівнянні з 2,20 % в зразку з додаванням 1,8 % нітриту). Збільшення значення параметра жовтизни (b^*) спостерігалось при збільшенні кількості доданого ПЕП, що не виявлено для екстракту шпинату. Автори прийшли до висновку, що збільшення жовтизни (b^*) було пов'язано з присутністю рослинних пігментів²⁷.

Horsch та ін.²⁸ відзначили, що додавання селери (у формі простого концентрату або концентрату з додаванням лимонної кислоти) не вплинуло на почервоніння продукту; величина a^* була аналогічна такій для зразків з добавкою нітриту натрію. Однак вони зафіксували зміни в параметрах світлості і жовтизни зі збільшенням кількості концентрату селери – свинячий окіст виявився більш жовтим і темним, ніж контрольний зразок. В іншому дослідженні автори порівняли вплив молоді редьки і промислового овочевого порошку (250 г/кг) на різні параметри вареної свинячої ковбаси. Згідно з їх результатами, порошки створювали темніші і менш червоні продукти, ніж ковбаса з додаванням нітриту натрію.

Однак показник почервоніння (a^*) для зразків з додаванням молоді редьки був більшим, ніж у продукту з додаванням рослинної порошку²⁹. Khaleghi et al.³⁰ спостерігали, що екстракт барбарису зменшував значення світлості (L^*) яловичих ковбас в порівнянні з контрольним зразком, до якого було додано 120 мг/кг нітриту. Автори також відзначили, що комбіна-

25 Colla G., Kim H.J., Kyriacou M.C., Roupheald Y. Nitrate in fruits and vegetables. *Sci. Hortic.* 2018;237:221–238

26 Riel G., Boulaaba A., Popp J., Klein G. Effects of parsley extract powder as an alternative for the direct addition of sodium nitrite in the production of mortadella-type sausages – Impact on microbiological, physicochemical and sensory aspects. *Meat Sci.* 2017;131:166–175.

27 Там само.

28 Horsch A.M., Sebranek J.G., Dickson J.S., Niebuhr S.E., Larson E.M., Lavieri N.A., Ruther B.L., Wilson L.A. The effect of pH and nitrite concentration on the antimicrobial impact of celery juice concentrate compared with conventional sodium nitrite on *Listeria monocytogenes*. *Meat Sci.* 2014;96:400–407.

29 Ko Y.M., Park J.H., Yoon K.S. Nitrite formation from vegetable sources and its use as a preservative in cooked sausage. *J. Sci. Food Agric.* 2017;97:1774–1783.

30 Khaleghi A., Khosravi-Darani K., Rezaei K. Combined Use of Black Barberry (*Berberis crataegina* L.) extract and nitrite in cooked beef sausage during the refrigerated storage. *J. Agric. Sci. Technol.* 2016;18:601–614.

ція 90 мг/кг рослинного екстракту з нітритом не тільки негативно вплинула на якість м'ясного продукту за рахунок збільшення утворення речовин, що вступають в реакцію з тіобарбітуровою кислотою (TBARS), але також зменшила почервоніння продукту при зберіганні.

Додавання червоного вина (7,5 %) до *chourgo* (сиров'ялена ковбаса) не змінило значення параметра почервоніння (a^*), яке зафіксувало таке ж високе значення, як і при додаванні нітриту натрію (150 ppm). Автори також помітили, що червоне вино (7,5 %) в поєднанні з часником (1 %) збільшує жовтизну (b^*) продукту, що, як передбачалося, відбувається через взаємодію між двома інгредієнтами³¹.

Аналогічні результати були отримані для яловичих ковбас, оброблених виноградними вичавками (1 % і 2 %) в поєднанні з нітритом (30 мг/кг). При цьому виноградні вичавки знижували значення параметрів почервоніння (a^*) і світлості (L^*) яловичих ковбас (у порівнянні з контрольним зразком з додаванням 120 мг/кг нітриту)³².

При використанні нітриту з рослинними екстрактами журавлини, з гички столового буряку, а також екстракту з виноградних кісточок досягали зменшення частки внесення нітриту натрію на 20 %³³.

Aliyari та ін.³⁴ встановили, що зразки (яловича ковбаса) без додавання нітриту, але з додаванням більшої кількості екстрактів шкірки граната (різновид *Malase torshe saveh*) і фісташкової зеленої цибулі (різновид *Ahmad aghaei*) (1250 ppm) показали більшу жовтизну (b^*), ніж контрольний зразок з добавкою нітриту (120 ppm). Показник світлості (L^*) яловичих ковбас збільшувався зі збільшенням кількості екстрактів фісташкового зеленого лушпиння (з 250 до 1250 ppm при одночасному зниженні вмісту нітриту від 100 до 0 частин на мільйон). Однак майже у всіх оброблених зразках значення параметра a^* зменшилася. Цей підхід також можна застосувати до рослинних відходів (наприклад, шкірці фруктів, гички столового буряку)³⁵.

31 Patarata L., Martins S., Silva J.A., Fraqueza M.J. Red wine and garlic as a possible alternative to minimize the use of nitrite for controlling Clostridium sporogenes and Salmonella in a cured sausage: Safety and sensory implications. *Foods*. 2020;9:206.

32 Riaz F., Zeynali F., Hoseini E., Behmadi H., Savadkoochi S. Oxidation phenomena and color properties of grape pomace on nitrite-reduced meat emulsion systems. *Meat Sci.* 2016;121:350–358.

33 Bozhko, N. V., Tischenko, V. I., & Pasichniy, V. M. (2017). Екстракт журавлини в технології варених ковбас з м'ясом водолавної птиці. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 19(75), 106–109.

34 Aliyari P., Kazaj F.B., Barzegar M., Gavligi H.A. Production of functional sausage using pomegranate peel and pistachio green hull extracts as natural preservatives. *J. Agric. Sci. Technol.* 2020;22:159–172.

35 Пасічний В. М. Стабілізація технологічних властивостей ферментованого рису для виробництва м'ясопродуктів / Пасічний В. М., Кремешна І. В. // Наукові праці НУХІ. 2004. Вип. 15. С. 49–50; Пасічний, В. М., Кремешна, І. В., & Жук, І. З. Спосіб виробництва червоного барвника. ДПІ України, (70672); Bozhko, N. V., Tischenko, V. I., & Pasichniy, V. M. (2017). Екстракт журавлини в технології варених ковбас з м'ясом водолавної птиці. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 19(75), 106–109.

Manihuruka та ін.³⁶ запропонували використовувати шкірку червоного дракона (*Hylocereus polyrhizus*) в якості натурального барвника і антиоксиданту. Хоча шкірка містить бетаціаніни, почервоніння яловичої ковбаси виявилася менш інтенсивною, що могло бути пов'язано з деградацією бетаціанінів після процесу варіння (60–65° С, 60 хв). Вони також виявили збільшення значення жовтизни (b^*) зі збільшенням кількості екстракту шкірки плодів дракона, який додається в яловичі ковбаси, що вони приписали присутності бетаксантіна. Науковцями в Україні отримані результати, які дозволяють підвищення термостійкості екстрактів бетаціанів зі столового буряку до температур 75–85 °С, завдяки використанню стабілізаційних буферних комплексів харчових солей. Це дозволяє використовувати дані екстракти в технології варених ковбасних виробів³⁷.

В роботі³⁸ було виявлено, що додавання 0,2 % екстракту бобів адзуки при приготуванні сирого свинячої ковбаси збільшує червоність продукту з одночасним зменшенням показника світлості

Аналогічні результати були отримані для свинячої ковбаси, приготовленої з різними пропорціями порошку насіння аннато (0,025 %, 0,05 %, 0,1 % і 0,2 %). Інше дослідження показало, що зі збільшенням кількості порошку насіння *Bixa orellana* (L) значення параметрів a^* і b^* збільшуються, а значення L^* зменшується. Примітно, що рівні нітриту були знижені в зразку до 37,5 ppm в порівнянні з контрольним зразком (150 ppm)³⁹.

Emtekin та ін.⁴⁰ встановили, що не було значних відмінностей для параметра L^* при тестуванні зразків (модельна система м'яса індички) після додавання *Viburnum opulus* (L) і *Crataegus monogyna*, а також після 30 днів зберігання в аеробних і анаеробних умовах.

36 Manihuruka F.M., Suryatib T., Arief I.I. Effectiveness of the red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) peel extract as the colorant, antioxidant, and antimicrobial on beef sausage. *Media Peternak*. 2017;40:47–54.

37 Пасічний В. М. Стабілізація технологічних властивостей ферментованого рису для виробництва м'ясопродуктів / Пасічний В. М., Кремешна І. В. // Наукові праці НУХІ. 2004. Вип. 15. С. 49–50; Пасічний, В. М., Кремешна, І. В., & Жук, І. З. Спосіб виробництва червоного барвника. ДП України, (70672); Пасічний, В. Н., & Сабадаш, П. Н. (2007). Пищевые добавки в производстве продуктов питания. Продукты и ингредиенты, 4, 27–29.

38 Jayawardana B.C., Hirano T., Han K. H., Ishii H., Okada T., Shibayama S., Fukushima M., Sekikawa M., Shimada K. I. Utilization of adzuki bean extract as a natural antioxidant in cured and uncured cooked pork sausages. *Meat Sci*. 2011;89:150–153.

39 van Cuong T., Thoa N.T. Effects of partial replacement of nitrite by annatto (*Bixa Orellana*, L.) seed powder on the properties of pork sausages. *J. Sci. Technol*. 2017;55:178–187.

40 Çemtekin B., Kilinç E., Karabacak L., Dağtekin T., Tiryaki T., Soyuçok A., Şimşek A., Kiliç B. An evaluation of guelder rose (*Viburnum opulus* L.) and hawthorn (*Crataegus monogyna*) concentrates as alternative antioxidant sources to bht and nitrite in poultry meat model system. *Sci. Pap. Ser. D Anim. Sci*. 2019;2:217–227.

Voropus. Lin та ін.⁴¹ отримали відмінності в значеннях параметра a^* , які збільшуються зі збільшенням кількості різних концентрацій екстракту зеленого чаю (ЕЗЧ: 0,02 %, 0,05 %, 0,1 %, 0,2 % і 0,5 %) на пепероні і отримали найвищі значення кольору (L^* , a^* , b^*) параметри салями, оброблені 0,05 % ЕЗЧ в поєднанні з 0,009 % нітриту.

Vossen та ін.⁴² досліджували вплив екстракту плодів шипшини (*Rosa Canina* L.) на колірні параметри сосисок. В кінці випробуваного періоду зберігання спостерігалися незначні відмінності в значеннях параметрів кольору; значення жовтизни збільшилися, а додавання більшої кількості екстракту збільшило значення параметра a^* .

Hayes, Canonico і Allen⁴³ вивчали вплив порошку томатної м'якоти на рулети для сніданку і виявили, що значення почервоніння (a^*) і жовтизни (b^*) збільшуються, а значення світлості (L^*) зменшуються.

Інша група дослідників вивчала вплив екстракту виноградних кісточок з гідроксітірозолом оливкової макухи та екстракту каштана з гідроксітірозолом оливкової макухи на колірні характеристики в'яленої ковбаси Cinta Senese. Величина почервоніння збільшувалася при додаванні екстракту виноградних кісточок, що, на думку авторів, ймовірно, було результатом утворення Zn-протопорфірину⁴⁴.

Shin та ін.⁴⁵ повідомили, що 2 % попередньо перетвореного нітриту з порошку швейцарського мангольда позитивно впливали на утворення нітрозогемних пігментів в приготованій свинині. Порошок швейцарського мангольда також був протестований в поєднанні з 60 ppm нітриту, що дало задовільні результати для отриманого параметра a^* .

Sucu і Turp⁴⁶ спостерігали збільшення значень параметра почервоніння у суджука при додаванні екстракту буряка (*Beta vulgaris*). Вони отримали найвищі значення з срезка, що містить 0,35 % екстракту буряка. Вони також

41 Lin Y., Huang M., Zhou G., Zou Y., Xu X. Prooxidant effects of the combination of green tea extract and sodium nitrite for accelerating lipolysis and lipid oxidation in pepperoni during storage. J. Food Sci. 2011;76:694–700.

42 Vossen E., Utrera M., De Smet S., Morcuende D., Estévez M. Dog rose (*Rosa canina* L.) as a functional ingredient in porcine frankfurters without added sodium ascorbate and sodium nitrite. Meat Sci. 2012;92:451–457. doi: 10.1016/j.meatsci.2012.05.010.

43 Hayes J.E., Canonico I., Allen P. Effects of organic tomato pulp powder and nitrite level on the physicochemical, textural and sensory properties of pork luncheon roll. Meat Sci. 2013;95:755–762.

44 Aquilani C., Sirtori F., Flores M., Bozzi R., Lebret B., Pugliese C. Effect of natural antioxidants from grape seed and chestnut in combination with hydroxytyrosol, as sodium nitrite substitutes in Cinta Senese dry-fermented sausages. Meat Sci. 2018;145:389–398.

45 Shin D.M., Hwang K.E., Lee C.W., Kim T.K., Park Y.S., Han S.G. Effect of Swiss Chard (*Beta vulgaris* var. cicla) as nitrite replacement on color stability and shelf-life of cooked pork patties during refrigerated storage. Korean J. Food Sci. Anim. Resour. 2017;37:418–428.

46 Sucu C., Turp G.Y. The investigation of the use of beetroot powder in Turkish fermented beef sausage (sucuk) as nitrite alternative. Meat Sci. 2018;140:158–166. doi: 10.1016/j.meatsci.2018.03.012.

відзначили, що екстракт буряка знизив значення жовтизни (b^*) та збільшив значення світлості (L^*) протягом перших кількох днів зберігання.

Jin та ін.⁴⁷ вивчили дію різних рослинних екстрактів і порошків, і зареєстрували позитивний вплив на параметри CIE L^* a^* b^* в свинячий ковбасі. Переважним ефектом було збільшення значень параметра почервоніння (a^*).

Фрукти не багаті нітратами⁴⁸, і через відсутність інформації про заміщення нітритів за допомогою рослинних екстрактів вчені досліджували екстракти Карандась (*Carissa carandas* Linn), вишні (*Prunus cerasus* L.) і чорної смородини (*Ribes nigrum* L.)⁴⁹.

Метод захисної дії, створюваного нітритом проти процесу окислення в м'ясних продуктах, аналогічний методу захисту від знебарвлення м'ясного продукту. У м'ясних продуктах вільні іони тривалентного заліза можуть діяти як каталізатор окислення. Після утворення, NO зв'язується з залізом з гема і пригнічує процес перекисного окислення ліпідів, тим самим підвищуючи стабільність продукту при зберіганні⁵⁰.

Крім того, S-нітрозоцістеїн утворюється за рахунок використання кисню під час окислення NO до NO₂⁵¹. Екстракти рослин демонструють сильну антиоксидантну активність⁵². Поліфеноли можуть пригнічувати поширення вільних радикалів і їх утворення через хелатування заліза.

Sueprasarn та ін.⁵³ дослідили впливу екстракту Карандась (концентрація 0,05 %) на зберігання ковбаси Нхам. За їх результатами, екстракт Карандась не інгібував процес окислення ліпідів протягом 30 днів зберігання, а за активністю був аналогічний нітриту. Значно зросла TBARS в ферментованих ковбасах, що могло бути результатом розкладання антиоксидантних хімічних речовин під впливом світла і тепла.

47 Jin S.K., Choi J.S., Yang H.S., Park T.S., Yim D.G. Natural curing agents as nitrite alternatives and their effects on the physicochemical, microbiological properties and sensory evaluation of sausages during storage. *Meat Sci.* 2018;146:34–40.

48 Colla G., Kim H.J., Kyriacou M.C., Roupheald Y. Nitrate in fruits and vegetables. *Sci. Hortic.* 2018;237:221–238.

49 Sueprasarn J., Reabroy S., Pirak T. Antioxidant properties of Karanda (*Carissa carandas* Linn.) extracts and its application in Thai traditional fermented pork sausage (Nham) *Int. Food Res. J.* 2017;24:1667–1675.

50 Govari M., Pexara A. Nitrates and nitrites in meat products. *J. Hell. Vet. Med. Soc.* 2015;66:127–140.

51 Ibid.

52 Kurćubić V.S., Mašković P.Z., Vujić J.M., Vranić D.V., Vesković-Moračanić S.M., Okanović D.G., Slobodan V. Antioxidant and antimicrobial activity of *Kitaibelia vitifolia* extract as alternative to the added nitrite in fermented dry sausage. *Meat Sci.* 2014;97:459–467; Bozhko, N. V., Tischenko, V. I., & Pasichnyi, V. M. (2017). Екстракт журавлини в технології варених ковбас з м'ясом водоплавної птиці. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 19(75), 106–109; Bozhko, N., Tischenko, V., Pasichnyi, V., Marynin, A., & Polumbryk, M. Analysis of the Influence of Rosemary and Grape Seed Extracts on Oxidation the Lipids of Peking Duck Meat. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4(11), 4–9.

53 Sueprasarn J., Reabroy S., Pirak T. Antioxidant properties of Karanda (*Carissa carandas* Linn.) extracts and its application in Thai traditional fermented pork sausage (Nham) *Int. Food Res. J.* 2017;24:1667–1675.

Nowak та ін. використовували екстракти з листя вишні та чорної смородини і виявили, що зменшення вмісту малонового діальдегіду (МДА) після 14 і 28 днів зберігання було таким же, як у нітриту. Листя *R.nigrum* виявляють більш сильну антиоксидантну активність, ніж у *P.cerasus*, що може бути пов'язано з великою кількістю поліфенольних сполук, присутніх в листі.

Нітрит також проявляє сильну бактерицидну активність відносно деяких патогенів, таких як *Clostridium botulinum*, *Listeria monocytogenes* і *Escherichia coli*. Антисептичні властивості нітриту в ковбасних виробках пов'язані з утворенням NO і/або HNO_2 . Дослідники припускають, що бактерицидна активність є результатом інактивації заліzosірчистих білків бактерій присутністю NO в м'ясному продукті. На бактерицидну активність нітриту впливають різні фактори, такі як концентрація солі, термічна обробка, різні консерванти і значення pH⁵⁴.

Рослинні екстракти містять різні сполуки (наприклад, феноли, флавоноїди, дубильні речовини і сапоніни), які проявляють сильну антимікробну активність, яка пов'язана з присутністю гідроксильної групи (OH). Механізм дії фенольних сполук заснований на порушенні структури білків, присутніх на стінці бактеріальної клітини. Це призводить до витоку клітинних компонентів, які вбивають бактерії.

Нітрит менш відомий своєю роллю в доданні ковбасним виробам унікального смаку або запаху. Під час приготування в м'ясо додають сіль, спеції і антиоксиданти. Вважається, що додавання нітриту сприяє створенню характерного аромату приготованого м'яса⁵⁵.

З точки зору споживача смак м'яса є важливим фактором, крім соковитості і ніжності продукту, тим самим визначаючи його загальні «смакові якості».

Застосування великої кількості рослинних екстрактів, особливо селери, може привести до появи «овочового присмаку» в м'ясному продукті. Однак Riel et al.⁵⁶ приготували ковбасу типу Мортаделло з додаванням екстракту петрушки в різних кількостях (1,07, 2,14 і 4,29 г / кг). Сенсорна оцінка їх продукту показала, що застосування максимальної кількості екстракту петрушки призвело до отримання продуктів, анало-

54 Govari M., Pexara A. Nitrates and nitrites in meat products. J. Hell. Vet. Med. Soc. 2015;66:127–140.

55 Govari M., Pexara A. Nitrates and nitrites in meat products. J. Hell. Vet. Med. Soc. 2015;66:127–140.

56 Riel G., Boulaaba A., Popp J., Klein G. Effects of parsley extract powder as an alternative for the direct addition of sodium nitrite in the production of mortadella-type sausages—Impact on microbiological, physicochemical and sensory aspects. Meat Sci. 2017;131:166–175.

гічних традиційним, і не створювало овочевого смаку. Автори також відзначили, що петрушка менш алергенна в порівнянні з екстрактом селери. Крім того, на думку експертів, зразки з додаванням 2,14 і 4,29 г/кг порошкоподібного екстракту петрушки були оцінені краще, ніж зразок, приготований з додаванням 1,07 г/кг.

Органолептична оцінка показала, що смак свинячої ковбаси, приготовленої з порошку паприки (0,04 %) і порошку чорниці (0,03 %), був краще, ніж у інших ковбас. На другому місці опинилися зразки, приготовлені з використанням порошку селери. Однак сенсорний аналіз суджука з різною кількістю екстракту буряка (0,12 %, 0,24 % і 0,35 %) не виявив будь-яких відмінностей в порівнянні з контролем (150 мг / кг нітриту натрію)⁵⁷.

Крім того, Shin та ін.⁵⁸ не виявлено різниці між зразками за кольором, соковитості і ніжності. Автори заявили, що зі збільшенням кількості селери смак продукту знижується.

Sueprasarn та ін.⁵⁹ замінили нітрит екстрактами Карандась в ковбасах Нхам. Застосування 0,5 % (мас./мас.) екстракту Карандась виявилось оптимальним при сенсорної оцінці.

Kur'cubi'c та ін.⁶⁰ показали, що зразки, приготовлені з додаванням екстракту рослини *K.vitifolia* (12,5 г/кг), були оцінені аналогічно контрольному зразку.

Однак, згідно з Vossen et al.⁶¹, додавання екстракту шипшини до сосисок зі свинини не викликало явних відмінностей в параметрах текстури між зразками. Аналогічне спостереження було виявлено Çemtekin та ін.⁶²

Khaleghi та ін.⁶³ повідомили, що *B. crataegina* і нітрит виявилися менш прийнятними в порівнянні із зразками, приготованими з 30 і 60 мг/кг

57 Sucu C., Turp G.Y. The investigation of the use of beetroot powder in Turkish fermented beef sausage (sucuk) as nitrite alternative. *Meat Sci.* 2018;140:158–166. doi: 10.1016/j.meatsci.2018.03.012.

58 Shin D.M., Hwang K.E., Lee C.W., Kim T.K., Park Y.S., Han S.G. Effect of Swiss Chard (*Beta vulgaris* var. *cicla*) as nitrite replacement on color stability and shelf-life of cooked pork patties during refrigerated storage. *Korean J. Food Sci. Anim. Resour.* 2017;37:418–428.

59 Sueprasarn J., Reabroy S., Pirak T. Antioxidant properties of Karanda (*Carissa carandas* Linn.) extracts and its application in Thai traditional fermented pork sausage (Nham) *Int. Food Res. J.* 2017;24:1667–1675.

60 Kurćubić V.S., Mašković P.Z., Vujić J.M., Vranić D.V., Vesković-Moračanin S.M., Okanović D.G., Slobodan V. Antioxidant and antimicrobial activity of *Kitaibelia vitifolia* extract as alternative to the added nitrite in fermented dry sausage. *Meat Sci.* 2014;97:459–467.

61 Vossen E., Utrera M., De Smet S., Morcuende D., Estévez M. Dog rose (*Rosa canina* L.) as a functional ingredient in porcine frankfurters without added sodium ascorbate and sodium nitrite. *Meat Sci.* 2012;92:451–457. doi: 10.1016/j.meatsci.2012.05.010.

62 Çemtekin B., Kilinç E., Karabacak L., Dağtekin T., Tiryaki T., Soyuçok A., Şimşek A., Kiliç B. An evaluation of guelder rose (*Viburnum opulus* L.) and hawthorn (*Crataegus monogyna*) concentrates as alternative antioxidant sources to bht and nitrite in poultry meat model system. *Sci. Pap. Ser. D Anim. Sci.* 2019;2:217–227.

63 Khaleghi A., Khosravi-Darani K., Rezaei K. Combined Use of Black Barberry (*Berberis crataegina* L.) extract and nitrite in cooked beef sausage during the refrigerated storage. *J. Agric. Sci. Technol.* 2016;18:601–614.

екстракту і 90 мг/кг нітриту. Крім того, свиняча ковбаса (0,008 % нітриту) з екстрактом бобів адзуки (0,2 %) показала значно нижчий бал за параметрами запаху і кольору в порівнянні з ковбасою без екстракту. За іншими параметрами (аромат, смак і загальна прийнятність) експерти не виявили ніяких відмінностей⁶⁴.

Про аналогічні спостереження повідомили Aquilani et al.⁶⁵, де всі три продукти були оцінені однаково. Повна заміна нітриту екстрактом листя оливи (240 мг / 100 г м'яса) в ковбасі Мортаделло привела до небажаного присмаку продукту⁶⁶.

Крім того, члени комісії присудили *chouriço*, зробленому з додаванням червоного вина, хорошу оцінку в порівнянні із зразками, приготованими тільки з сіллю або тільки з нітратами. Поєднання часнику і червоного вина призвело до злегка коричневого кольору продукту. Більш того, зразки, приготовлені з вином і в поєднанні з іншими рослинними екстрактами, володіли інтенсивним витриманим ароматом⁶⁷. Ці дослідження показують, що можна виробляти м'ясні продукти з рослинними екстрактами, замінюючи нітрити, і при цьому отримувати той же смак, що і у традиційних продуктів.

Hayes та ін.⁶⁸ повідомили, що порошок томатної м'якоті надає продукту солодкий смак. Крім того, було вивчено вплив рослинного порошку на текстурні якості продукту. Наприклад, додавання 3 % томатної м'якоті призвело до негативного ефекту, зменшивши консистенцію і соковитість продукту.

Аналогічні спостереження були отримані щодо приготування яловичої ковбаси з виноградними вичавками. Автори не виявили відмінностей в зразках, приготованих з 1 % або 2 % макухи; проте в порівнянні з контрольним зразком, приготованим з нітритом, виноградні вичавки поліпшили запах і смак, але погіршили якість кольору⁶⁹.

64 Jayawardana B.C., Hirano T., Han K.H., Ishii H., Okada T., Shibayama S., Fukushima M., Sekikawa M., Shimada K.I. Utilization of adzuki bean extract as a natural antioxidant in cured and uncured cooked pork sausages. *Meat Sci.* 2011;89:150–153.

65 Aquilani C., Sirtori F., Flores M., Bozzi R., Lebret B., Pugliese C. Effect of natural antioxidants from grape seed and chestnut in combination with hydroxytyrosol, as sodium nitrite substitutes in Cinta Senese dry-fermented sausages. *Meat Sci.* 2018;145:389–398.

66 Çemtekin B., Kiliç E., Karabacak L., Dağtekin T., Tiryaki T., Soyuçok A., Şimşek A., Kiliç B. An evaluation of guelder rose (*Viburnum opulus* L.) and hawthorn (*Crataegus monogyna*) concentrates as alternative antioxidant sources to bht and nitrite in poultry meat model system. *Sci. Pap. Ser. D Anim. Sci.* 2019;2:217–227.

67 Patarata L., Martins S., Silva J.A., Fraqueza M.J. Red wine and garlic as a possible alternative to minimize the use of nitrite for controlling *Clostridium sporogenes* and *Salmonella* in a cured sausage: Safety and sensory implications. *Foods.* 2020;9:206.

68 Hayes J.E., Canonico I., Allen P. Effects of organic tomato pulp powder and nitrite level on the physicochemical, textural and sensory properties of pork luncheon roll. *Meat Sci.* 2013;95:755–762.

69 Aliyari P., Kazaj F.B., Barzegar M., Gavlighi H.A. Production of functional sausage using pomegranate peel and pistachio green hull extracts as natural preservatives. *J. Agric. Sci. Technol.* 2020;22:159–172.

Нітрит – це багатофункціональна добавка, яка зазвичай використовується в м'ясній промисловості. Однак через негативний вплив нітриту на здоров'я людини важливо зменшити кількість нітриту, який додається в м'ясні продукти.

Рослинні екстракти є підходящою альтернативою синтетичному нітриту. В цілому рослинні екстракти мають антиоксидантну та антимікробну активність, можуть запобігати зміні кольору м'ясних продуктів і в належних кількостях не погіршують смак продукту. Включення деяких рослинних екстрактів в поєднанні з нітритом дає синергетичний ефект (наприклад, в разі катехинів бурияка, червоних виноградних вичавок і зеленого чаю), тоді як деякі екстракти (наприклад, барбарису і зеленого чаю) дають антагоністичні ефекти.

Тому важливо вивчити природу екстракту в поєднанні з нітритом з урахуванням способів теплового оброблення⁷⁰. В інших випадках (наприклад, екстракт плодів червоного дракона) більш висока кількість екстракту збільшує антиоксидантні властивості продукту. Як правило, екстракти рослин не тільки підсилюють червоність і жовтизну, а й зменшують світлість продукту. У більшості випадків кількість мікроорганізмів, присутніх в продукті, вироблених з екстрактом рослин, було зменшено або не виявлено зовсім. Однак деякі автори припускають, що цей позитивний ефект був не тільки ефектом рослинного екстракту, але також був обумовлений належною термічною обробкою і дотриманням хороших гігієнічних умов під час приготування конкретного продукту. Більш того, в більшості випадків додавання рослинного екстракту до м'ясних продуктів в поєднанні з меншою кількістю (або повною відсутністю) нітриту не спричиняло негативного впливу на сенсорні якості продуктів.

Отже при приготуванні м'ясних продуктів можна використовувати рослинні екстракти з визначенням їх термостійкості і стабільності кольороутворення при зберіганні. Це дозволить досягти належної якості продукту, аналогічного тому, яке досягається при використанні лише одного нітриту натрію. Основна складність полягає у виборі оптимальної кількості застосовуваного рослинного екстракту та визначення його технологічних характеристик. Що потребує подальших досліджень.

DOI: 10.51587/9781-7364-13395-2022-008-263-276

70 Пасічний В. М. Стабілізація технологічних властивостей ферментованого рису для виробництва м'ясопродуктів / Пасічний В. М., Кремешна І. В. // Наукові праці НУХІ. 2004. Вип. 15. С. 49–50; Пасічний, В. М., Кремешна, І. В., & Жук, І. З. Спосіб виробництва червоного барвника. ДП України, (70672); Bozhko, N. V., Tischenko, V. I., & Pasichnyi, V. M. (2017). Екстракт журавлини в технології варених ковбас з м'ясом водоплавної птиці. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies, 19(75), 106–109.