

## АНТОЦИАНЫ И БЕТАЛАИНЫ КАК ИНДИКАТОРЫ ПОРЧИ МЯСНЫХ ПРОДУКТОВ

Фролова К.О. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – к.т.н., доцент Еремеева Н.Б.

(Университет ИТМО)

**Введение.** Мясные продукты – важная часть человеческого рациона. Они относятся к скоропортящимся продуктам. В процессе хранения из-за метаболизма микроорганизмов и ряда биологических реакций в них образуются летучие соединения азота, меняющие рН.

Интеллектуальная упаковка представляет собой новую концепцию, разработанную для дополнительной защиты и контроля пищевых продуктов. Выделяют три основные категории интеллектуальной упаковки: индикаторы, датчики и носители данных [1].

Индикатор способен давать информацию о качестве и безопасности пищевых продуктов за счет визуального изменения цвета во время хранения. Цветовые индикаторы реагируют с веществами, образующимися в результате роста микроорганизмов в упакованных пищевых продуктах, или меняют цвет в результате изменения рН [2]. Одна из разновидностей индикаторов, индикатор рН, состоит из двух частей: основы и красителя, чувствительного к рН. В качестве красителей применяются пигменты растительного происхождения, такие как антоцианы, куркумин, беталаины, каротиноиды, ализарин и шиконин [1, 2].

Цель данной работы заключается в обосновании применения антоцианов и беталаинов в качестве индикаторов в составе интеллектуальной упаковки.

**Основная часть.** Антоцианы представляют собой гликозиды антоцианидина, в основе которого 2-фенилбензопирилий (катион флавилия). Известно 23 антоцианидина, отличающихся количеством и положением гидроксильных групп и/или групп метилового эфира [3]. Антоцианы обеспечивают различные оттенки цвета у цветов, плодов, листьев и запасающих органов растений. Среди источников антоцианов можно выделить виноград, краснокочанную капусту, чернику, бруснику, черноплодную рябину. В целом концентрация антоцианов в большинстве фруктов и овощей колеблется от 0,1 до 1 % по массе [3].

Изменение окраски антоцианов в зависимости от рН обуславливается структурными модификациями, возникающими по причине амфотерной природы антоцианов. При низком рН антоцианы существуют в виде катионов флавилия, имеющих красный цвет. При рН 4-5 образуются бесцветные псевдооснование карбинол и халкон; интенсивность красного снижается. В слабокислых условиях (рН 6-7) преобладают сине-фиолетовые нейтральные хиноиды. По мере увеличения рН до 8 образуются окрашенные синим анионные хиноноидные основания. Дальнейшее повышение рН вызывает деградацию замещающих групп антоцианов, что приводит к образованию желтого халкона [2].

Беталаины представляют собой N-гетероциклические пигменты, производные беталамовой кислоты. На основании структурных характеристик и светопоглощающих свойств беталаины подразделяют на две группы: красно-фиолетовые бетацианины и желтые бетаксантины [4]. Беталаины встречаются в 17 семействах растений порядка Гвоздичноцветные и обнаружены у некоторых высших грибов [5]. Известно небольшое количество съедобных источников беталаинов: красная и желтая свекла, цветной мангольд, зерновой или листовой амарант и плоды кактусов родов *Opuntia* и *Hylocereus* [6]. Концентрация беталаинов в красной свекле составляет в среднем 130 мг/100 г сырого веса [3].

Беталаины претерпевают структурные изменения и изменяют цвет при высоких значениях рН. В дистиллированной воде естественный рН беталаинов составляет 3,85, что придает ей красный цвет, их раствор имеет красную окраску в диапазоне рН 3-7. При увеличении рН до 8-9 раствор становится оранжевым, а при рН 10-12 – желтым, что объясняется постепенной деградацией бетацианинов до предшественников [2].

За последнее время был выполнен ряд исследований по разработке интеллектуальной упаковки для мясных продуктов, в которых в качестве индикатора применялись антоцианы [7, 8], беталаины [9, 10], а также их смесь [11, 12]. Для подтверждения интеллектуальных свойств

упаковки авторы проводили эксперименты, во время которых применяли разработанные материалы при хранении мясных продуктов. В течение экспериментов контролировали качество хранящихся продуктов и следили за изменениями в интеллектуальной упаковке в ответ на процессы, протекающие в упакованных продуктах. При вынесении заключения о способности упаковки выявлять порчу пищевого продукта важным пунктом является возможность определить изменение цвета индикатора, соответствующее испорченному состоянию, невооруженным глазом.

**Выводы.** На основе анализа опубликованных на данный момент исследований можно сделать вывод о том, что антоцианы и беталаины подходят для применения в качестве индикаторов за счет своей рН-чувствительности. Можно отметить, что на индикаторные свойства пигментов влияет его источник и концентрация в интеллектуальной упаковке.

Предлагается разработка интеллектуальной биоразлагаемой упаковки для мясных продуктов с использованием антоцианов и беталаинов в качестве индикаторов. В качестве источников антоцианов выбраны красный виноград и черноплодная рябина, беталаины будут выделяться из красной свеклы.

#### **Список использованных источников:**

1. Ma Y. et al. Properties and Applications of Intelligent Packaging Indicators for Food Spoilage // *Membranes*. – 2022. – Vol. 12. – P. 477.
2. Priyadarshi R., Ezati P., and Rhim J.-W. Recent Advances in Intelligent Food Packaging Applications Using Natural Food Colorants // *ACS Food Science & Technology*. – 2021. – Vol. 1. – № 2. – P. 124-138.
3. Delgado-Vargas F., Jiménez A.R., Paredes-López O. Natural pigments: carotenoids, anthocyanins, and betalains – characteristics, biosynthesis, processing, and stability // *Critical reviews in food science and nutrition*. – 2000. – Vol. 40. – № 3. – P. 173-289.
4. Socaciu C. (ed.) *Food colorants: chemical and functional properties* / 1st edition. – Boca Raton: CRC Press, 2007. – 648 p.
5. Sadowska-Bartosz I., Bartosz G. Biological Properties and Applications of Betalains // *Molecules*. – 2021. – Vol. 26. – P. 2520.
6. Azeredo H.M.C. Betalains: properties, sources, applications, and stability – a review // *International Journal of Food Science and Technology*. – 2009. – Vol. 44. – P. 2365-2376.
7. Chumee J. et al. Colorimetric biofilm sensor with anthocyanin for monitoring fresh pork spoilage // *Materials Today: Proceedings*. – 2022. – Vol. 65. – P. 2467-2472.
8. Alizadeh-Sani M. et al. pH-responsive color indicator films based on methylcellulose/chitosan nanofiber and barberry anthocyanins for real-time monitoring of meat freshness // *International Journal of Biological Macromolecules*. – 2021. – Vol. 166. – P. 741-750.
9. Kanatt S.R. Development of active/intelligent food packaging film containing *Amaranthus* leaf extract for shelf life extension of chicken/fish during chilled storage // *Food Packaging and Shelf Life*. – 2020. – Vol. 24. – P.100506.
10. Guo Z. et al. Active-intelligent film based on pectin from watermelon peel containing beetroot extract to monitor the freshness of packaged chilled beef // *Food Hydrocolloids*. – 2021. – Vol. 119. – P. 106751.
11. Qin Y. et al. Comparison of the physical and functional properties of starch/polyvinyl alcohol films containing anthocyanins and/or betacyanins // *International Journal of Biological Macromolecules*. – 2020. – Vol. 163. – P. 898-909.
12. Liu D. Novel colorimetric films based on polyvinyl alcohol/sodium carboxymethyl cellulose doped with anthocyanins and betacyanins to monitor pork freshness // *Food Chemistry*. – 2023. – Vol. 404. – P. 134426.

Фролова К.О. (автор)

Подпись

Еремеева Н.Б. (научный руководитель)

Подпись