

Биоплёнки пищевых производств – антропогенный экотоп обитания микроорганизмов порчи пищи и патогенов

Николаев Ю.А.^{1*}, Юшина Ю.К.², Журина М.В.¹, Плакунов В.К.¹,
Марданов А.В.¹, Эль-Регистан Г.И.¹

¹ ФИЦ Биотехнологии РАН, Москва, Россия

² ФНЦ Пищевых систем РАН, Москва, Россия

* NikolaevYA@mail.ru

Ключевые слова: пищевые производства; биоплёнки; свойства; состав; патогены; порча пищи

Актуальность и цель: Биопленочная контаминация, в том числе патогенными бактериями, пищевых производств служит постоянным источником микробного загрязнения, угрожая не только качеству и безопасности пищевых продуктов, но и приводя к болезням, вызываемым пищевыми патогенами, являясь потенциальной базой их распространения.

Заболевания, передающиеся от животных, составляют 60 % всех инфекционных заболеваний людей, 75 % возникающих заболеваний людей (данные ООН). До 80 % бактериальных инфекций в США напрямую связаны с пищевыми патогенами [1]. Показано, что порча мясной продукции часто связана именно с образованием биопленок [2]. Биопленки на зарубежных пищевых производствах достаточно хорошо исследованы [3], для предприятий пищевой промышленности РФ таких данных практически не было. Целью работы было исследовать наличие, структуру и состав биопленочной микробной контаминации некоторых мясокомбинатов РФ.

Методы исследования: В работе использованы методы микробиологии, трансмиссионной электронной микроскопии, молекулярной экологии, биоинформатики.

Результаты: С поверхностей производственных помещений мясо- и птицеперерабатывающих комбинатов отобраны несколько десятков проб. В большинстве проб со стен, трапов, потолков, конвейера, колёс транспорта обнаружены биоплёнки, или в стадии формирования или зрелые, состоящие из бактерий и матрикса различного состава.

Было выявлено: разнообразие морфотипов клеток, характерное для смешанных биопленок; морфологическое сходство клеток в БП разных образцов и их микроколониальный рост; возрастная гетерогенность клеток в пределах одной микроколонии с сосуществованием вегетативных и автолизированных клеток, покоящихся форм и, возможно, клеток-персистеров; гетерогенность химической природы полимерного матрикса по данным окрашивания рутением красным.

Метагеномный анализ показал высокую таксономическую сходность микроорганизмов, доминирующих в разных образцах. Из обнаруженных бактерий (археи не выявлены), относящихся к 11 филумам, доминантными были представители Actinobacteria, Bacteroidetes, Firmientes, Proteobacteria. Среди биопленочных контаминантов образцов были обнаружены бактерии, вызывающие порчу мясных, рыбных и молочных продуктов и способные к биопленкообразованию (p.p. Pseudomonas, Flavobacterium, Arcobacter, Vagococcus,

Chryseobacterium, Carnobacterium и др.), а также оппортунистические патогенны человека и животных (р.р. Arcobacter, Corinobacteria, Kosura, Listeria и др.). На основе геномных данных выявлена устойчивость бактерий в биоплёнках к антибиотикам: спектиномицину, сульфаметоксазолу, хлорамфениколу, ампициллину, трипетоприму, амикацину, амоксицилину и тобрамицину.

Выводы: Микробные биоплёнки достаточно распространены на мясоперерабатывающих предприятиях и представляют собой особый антропогенный экотоп, резервуар бактерий порчи пищи и патогенов. Повышенная стрессоустойчивость бактерий в биоплёнках и наличие детерминант антибиотикоустойчивости у бактерий, их населяющих, свидетельствуют о важности их исследования и борьбы с ними на предприятиях пищевой отрасли.

Biofilms of food production are an anthropogenic ecotope for the habitat of food spoilage microorganisms and pathogens

Nikolaev Yu.A.^{1*}, Yushina Yu.K.², Zhurina M.V.¹, Plakunov V.K.¹, Mardanov A.V.¹, El-Registan G.I.¹

¹ Federal Research Center of Biotechnology RAS, Moscow, Russia

² Federal Research Center of Food Systems RAS, Moscow, Russia

* NikolaevYA@mail.ru

Key words: food production; biofilms; properties; composition, pathogens, food spoilage

Importance and aim: Biofilm contamination, including pathogenic bacteria, in food production serves as a constant source of microbial contamination, threatening not only the quality and safety of food products, but also leading to diseases caused by foodborne pathogens, being a potential source of their spread.

Diseases transmitted from animals account for 60 % of all infectious diseases in humans, 75 % of emerging diseases in humans (UN data). Up to 80 % of bacterial infections in the United States are directly related to foodborne pathogens [1]. It has been shown that spoilage of meat products is often associated with the formation of biofilms [2]. Biofilms in foreign food production facilities have been studied quite well [3]; for food industry enterprises in the Russian Federation there was practically no such data. The purpose of the work was to investigate the presence, structure and composition of biofilm microbial contamination in some meat processing plants in the Russian Federation.

Research methods: The work used methods of microbiology, transmission electron microscopy, molecular ecology, and bioinformatics.

Results: Several dozen samples were taken from the surfaces of production premises of meat and poultry processing plants. In most samples from walls, ladders, ceilings, conveyors, and transport wheels, biofilms were found, either in the formation stage or mature, consisting of bacteria and a matrix of various compositions.

It was revealed: a variety of cell morphotypes characteristic of mixed biofilms; morphological similarity of cells in BP of different samples and their microcolonial growth; age-related heterogeneity of cells within one microcolony with the coexistence of vegetative and autolyzed cells, dormant forms and, possibly, persister cells; heterogeneity of the chemical nature of the polymer matrix according to ruthenium red staining.

Metagenomic analysis showed high taxonomic similarity of microorganisms dominant in different samples. Of the detected bacteria (archaea were not identified) belonging to 11 phyla, representatives of Actinobacteria, Bacteroidetes, Firmicutes, and Proteobacteria were dominant. Among the biofilm contaminants of the samples, bacteria were found that cause spoilage of meat, fish and dairy products and are capable of biofilm formation (p.p. *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Arcobacter*, *Vagococcus*, *Chryseobacterium*, *Carnobacterium*, etc.), as well as opportunistic pathogens of humans and animals (p.p. *Arcobacter*, *Corinobacteria*, *Kosura*, *Listeria*, etc.). Based on genomic data, the resistance of bacteria in biofilms to antibiotics was revealed: spectinomycin, sulfamethoxazole, chloramphenicol, ampicillin, tripetoprim, amikacin, amoxicillin and tobramycin.

Conclusion: Microbial biofilms are quite common in meat processing plants and represent a special anthropogenic ecotope, a reservoir of food spoilage bacteria and pathogens. The increased stress resistance of bacteria in biofilms and the presence of antibiotic resistance determinants in the bacteria inhabiting them indicate the importance of their study and control in the food industry.

Список литературы/References

1. Srey S., Jahid I.K., Ha S-D. Biofilm formation in food industries: A food safety concern. *Food Control*. 2013;31(2):572-585
2. Wang H., Qi J., Dong Y., Li Y., Xu X., Zhou G. Characterization of attachment and biofilm formation by meat-borne Enterobacteriaceae strains associated with spoilage. *LWT. Food Sci Technol*. 2017;86:399-407
3. Yang X., Wang H., He A., Tran F. Biofilm formation and susceptibility to biocides of recurring and transient *Escherichia coli* isolated from meat fabrication equipment. *Food Control*. 2018;90:205-211