

DOI: 10.25205/978-5-4437-1843-9-90

**ИССЛЕДОВАНИЕ АДГЕЗИВНЫХ СВОЙСТВ И ОЦЕНКА
БИОПЛЕНКООБРАЗУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ МОЛОЧНОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ^{*}**

**STUDY OF ADHESIVE PROPERTIES AND ASSESSMENT
OF BIOFILM-FORMING ABILITY OF LACTIC ACID BACTERIA**

О. Д. Корноухова, Д. А. Тимкачев, Тхи Ту Нгог Ле, Б. А. Караткин, Н. Ю. Хромова

Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева, Москва

O. D. Kornoukhova, D. A. Timkachev, Thi Tu Ngog Le, B. A. Karetkin, N. Yu. Khromova

D. I. Mendeleev Russian University of Chemical Technology, Moscow

 khromova.n.i@muctr.ru

Аннотация

Поиск способов повышения стабильности лактобактерий — актуальная задача в пищевой и фармацевтической промышленности. В работе приведены результаты изучения адгезивных свойств молочнокислых бактерий — аутоагрегации, гидрофобности клеточной поверхности, необратимой адгезии к твердым носителям — с целью оценки способности к биопленкообразованию. Показано, что штаммы *L. plantarum* обладали наибольшей гидрофобностью и формировали биопленки на стекле.

Abstract

Finding the ways to improve the stability of lactobacillus is a critical issue in the food and pharmaceutical industries. This paper presents the results of a study on the adhesive properties of lactic acid bacteria, including autoaggregation and hydrophobicity on the cell surface and irreversible adhesion to solid substrates, in order to evaluate the potential for biofilm formation as a means of increasing resistance. It has been demonstrated that *L. plantarum* strains exhibit the highest hydrophobicity and form biofilms on glass surfaces.

Биопленки — структурированное сообщество микроорганизмов, характеризующееся высокой устойчивостью к внешним воздействиям, формирование которого рассматривается как природный механизм выживания бактерий в неблагоприятных условиях [1]. Исследование биопленок преимущественно осуществлялось в отношении патогенных микроорганизмов, однако в последнее время проводится поиск биопленкообразующих штаммов среди лакто- и бифидобактерий для создания инновационных заквасок и пробиотиков с повышенной стабильностью. Для пробиотиков наличие способности образовывать биопленки рассматривается как возможность повышения их выживаемости в условиях желудочно-кишечного тракта и колонизации кишечника, где важными характеристиками являются адгезивные свойства, такие как аутоагрегация, гидрофобность клеточной поверхности, коагрегация, а также необратимая адгезия к твердым поверхностям [1, 2].

Таким образом, целью работы являлось изучение адгезивных характеристик штаммов рода *Lactobacillus* и *Streptococcus* и оценка их потенциала к формированию биопленок.

В качестве исследуемых культур выступали штаммы *S. thermophilus* B-3386, B-3809, B-4463, *L. plantarum* B-5145, B-3960 и *L. bulgaricus* B-5004, B-2746, полученные из Всероссийской коллекции промышленных микроорганизмов (ВКПМ, Россия).

Способность к аутоагрегации определяли согласно методике, описанной Collado et al. (рис. 1, а) [3]. Определение гидрофобности клеточной поверхности проводили согласно Vinderola et al. с использованием неполярного растворителя — гексана (см. рис. 1, б) [4].

Результаты показали, что рассмотренные штаммы обладали высокой способностью к аутоагрегации (спустя 24 ч инкубации она составила более 25 %). Наилучшую способность к аутоагрегации продемонстрировали штаммы B-2746 (71 %), B-3386 (44 %) и B-3809 (43 %). Умеренной аутоагрегацией характеризовались штаммы B-5145 (36 %) и B-5004 (36 %). Наибольшей гидрофобностью клеточной поверхности, значение которой было в 2 раза выше по сравнению с другими культурами, характеризовались штаммы *L. plantarum* B-5145 и B-3960 (см. рис. 1, б).

^{*} Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 25-76-10063).

© О. Д. Корноухова, Д. А. Тимкачев, Тхи Ту Нгог Ле, Б. А. Караткин, Н. Ю. Хромова, 2025

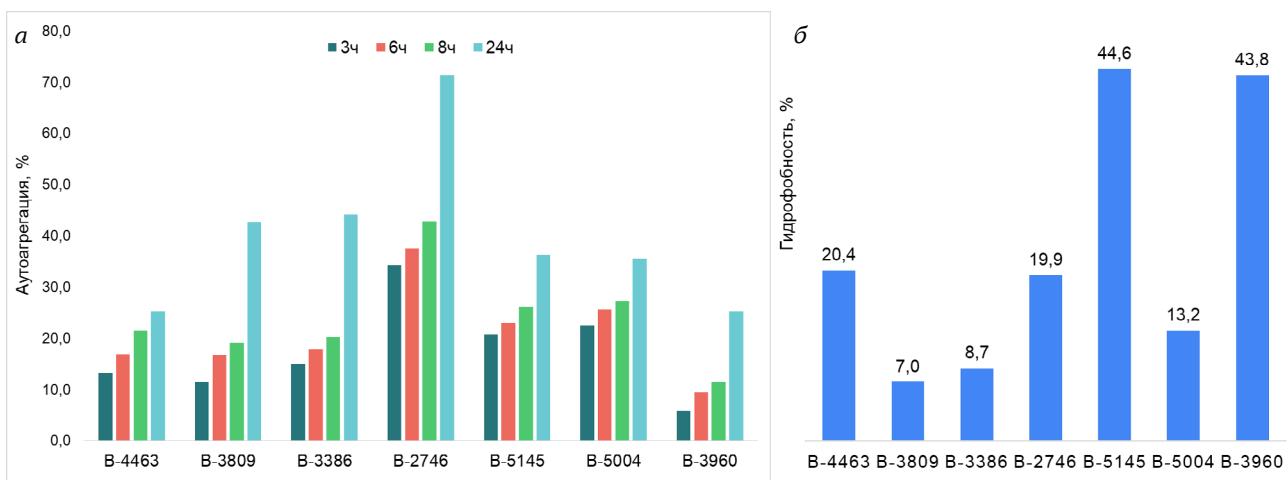


Рис. 1. Процент аутоагрегации (а) и гидрофобности клеточной поверхности (б) лактобактерий

Для исследования необратимой адгезии клеток молочнокислых бактерий к твердой поверхности исследовали образование биопленок на предметных стеклах через 24 (рис. 2, а-г) и 48 ч (рис. 3, а-г) инкубации при 37 °С [5] методом фазово-контрастной микроскопии (100×).

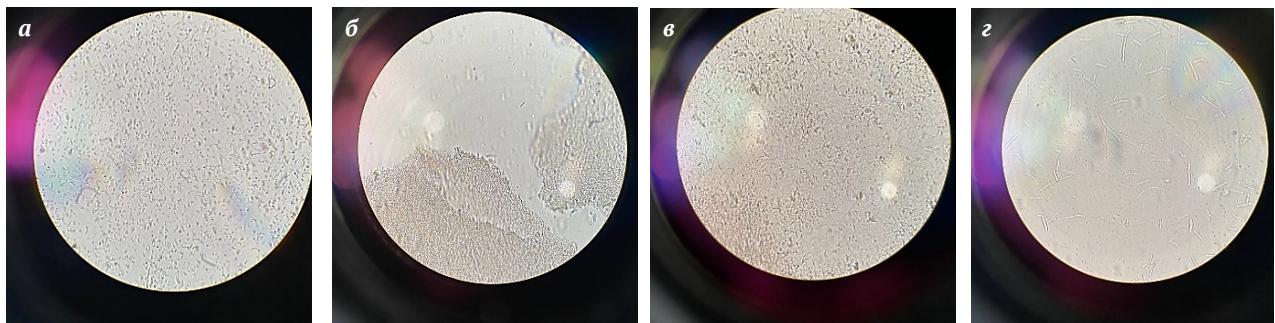


Рис. 2. Структура биопленок через 24 ч инкубации при 37 °С:
а — B-3960, б — B-5145, в — B-5004, г — B-2746. Микроскопия с ФК, объектив 100×

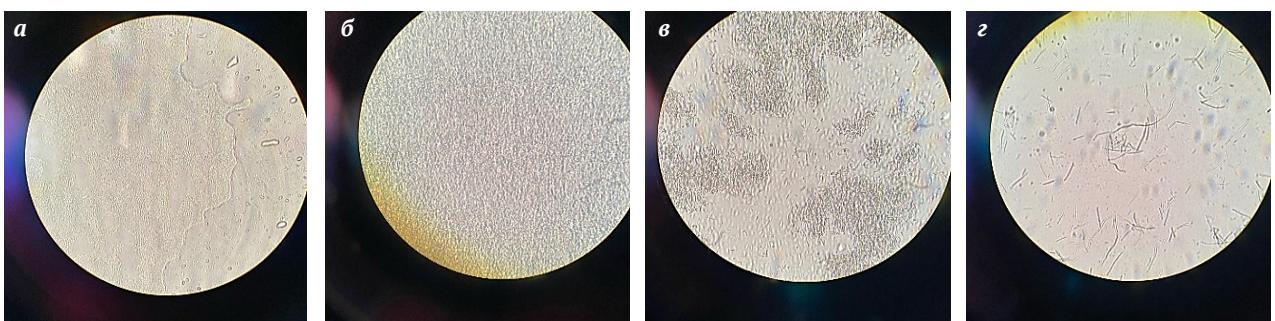


Рис. 3. Структура биопленок через 48 ч инкубации при 37 °С:
а — B-3960, б — B-5145, в — B-5004, г — B-2746. Микроскопия с ФК, объектив 100×

Установлено, что штаммы B-5145 и B-5004 начинали образовывать биопленки на стекле уже после 24 ч инкубации (см. рис. 2, б, в). При этом биопленки характеризовались достаточно плотной структурой и близким расположением клеток друг к другу. Через 48 ч инкубации такую же структуру на стекле образовывал штамм B-3960 (см. рис. 3, а).

В дальнейших исследованиях планируется расширить перечень штаммов и диапазон значений продолжительности инкубации, а также изучить формирование биопленок на полистирольных материалах.

Литература

1. Захарова Ю.В. и др. Изучение *in vitro* влияния ДНК пробиотического штамма *Bifidobacterium bifidum* на количественный уровень и колонизационные свойства кишечных микросимбионтов // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2020. №. 5. С. 424–430.
2. Schillinger U., Guigas C., Holzapfel W.H. In vitro adherence and other properties of lactobacilli used in probiotic yogurt-like products // International Dairy Journal. 2005. Vol. 15, No. 12. P. 1289–1297.
3. Collado M. C., Meriluoto J., Salminen S. Adhesion and aggregation properties of probiotic and pathogen strains // Eur. food Res. Technol. Springer. 2008. Vol. 226, No. 5. P. 1065–1073.
4. Vinderola C. G., Medici M., Perdigon G. Relationship between interaction sites in the gut, hydrophobicity, mucosal immunomodulating capacities and cell wall protein profiles in indigenous and exogenous bacteria // J. Appl. Microbiol. Wiley Online Library. 2004. Vol. 96, No. 2. P. 230–243.
5. Семченко А. А., Рябцева С. А. Исследование процессов образования биопленок *Streptococcus Thermophilus* // Мат-лы IX Междунар. науч.-практ. конф. «Современные достижения биотехнологии: фундаментальные и прикладные аспекты» и конф. «Инновационные биотехнологии природных и синтетических биологически активных веществ. Нарочанские чтения — 16». Ставрополь: СКФУ, 2024. С. 325–327.