

*Е.М. Шенявская, О.С. Головач, Е.А. Двоежённова,
Н.Н. Фурик, к.т.н., Н.К. Жабанос, к.т.н., Р.М. Маркевич, к.х.н.
Институт мясо-молочной промышленности, Минск, Республика Беларусь*

**АНТАГОНИСТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ МОЛОЧНОКИСЛЫХ
И ПРОПИОНОВОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ К ТЕХНИЧЕСКИ-ВРЕДНЫМ
МИКРООРГАНИЗМАМ В МОЛОЧНОМ СЫРЬЕ В ЗАВИСИМОСТИ
ОТ УСЛОВИЙ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ**

*E. Shenyavskaya, O. Golovach, E. Dvoezhenova, N. Furik, N. Zhabanos, R. Markevich
Institute for Meat and Dairy Industry, Minsk, Republic of Belarus*

**ANTAGONISTIC ACTIVITY OF LACTIC ACID AND PROPIONIC ACID
BACTERIA TO TECHNICALLY HARMFUL MICROORGANISMS IN DAIRY
RAW MATERIALS DEPENDING ON CULTIVATION CONDITIONS**

e-mail: ekorovatskaya@mail.ru, furik_nn@tut.by, nzhabanos@tut.by

*Изучение возможности использования отечественных коллекционных штаммов в качестве защитных культур при производстве кисломолочной продукции является актуальной задачей. В статье приведены результаты исследования антагонистической активности молочнокислых и пропионовокислых бактерий к технически-вредным микроорганизмам при развитии в молочном сырье в условиях, схожих с режимами технологического процесса изготовления ферментированных молочных продуктов. В ходе исследования установлена штаммоспецифичная антагонистическая активность у *Propionobacterium freudenreichii* 2017 МНО-К к *E. coli* 1019, *Clostridium tyrobutyricum* МК Богд-2, *Candida utilis* и *Fusarium oxysporum*; у *Lactobacillus helveticus* 2644 TL-AV – к *E. coli* Y5-3 R16, *Clostridium tyrobutyricum* МК Богд-2, *Candida utilis*; у *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* 2717 M-A – к *E. coli* Y5-3 R16, *Candida utilis* и *Fusarium oxysporum*; у *Lactobacillus plantarum* 1157 ML-AF – к *Candida utilis* и *Alternaria alternata*. Поскольку антагонистическая активность является индивидуальной особенностью отдельных штаммов молочнокислых (пропионовокислых) микроорганизмов и зависит от условий культивирования, то необходимо вести целенаправленный подбор штаммов-антагонистов в соответствии с условиями производственного процесса изготовления ферментированных молочных продуктов. Для получения антагонистической активности широкого спектра действия следует штаммы-антагонисты объединять в консорциумы.*

*The study of the possibility of using domestic collection strains as protective cultures in the production of fermented milk products is an urgent task. The article presents the results of a study of the antagonistic activity of lactic acid and propionic acid bacteria against technically harmful microorganisms during development in dairy raw materials under conditions similar to the modes of the technological process for the manufacture of fermented dairy products. The study established strain-specific antagonistic activity in *Propionobacterium freudenreichii* 2017 МНО-К against *E. coli* 1019, *Clostridium tyrobutyricum* МК Богд-2, *Candida utilis* and *Fusarium oxysporum*; in *Lactobacillus helveticus* 2644 TL-AV - against *E. coli* Y5-3 R16, *Clostridium tyrobutyricum* МК Богд-2, *Candida utilis*; in *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* 2717 M-A – to *E. coli* Y5-3 R16, *Candida utilis* and *Fusarium oxysporum*; in *Lactobacillus plantarum* 1157 ML-AF – to *Candida utilis* and *Alternaria alternata*. Since antagonistic activity is an individual feature of individual strains of lactic acid (propionic acid) microorganisms and depends on the cultivation conditions, it is necessary to carry out a targeted selection of antagonist strains in accordance with the conditions of the production process for the manufacture of fermented dairy products. To obtain a broad-spectrum antagonistic activity, antagonist strains should be combined into consortia.*

Ключевые слова: антагонистическая активность; *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*; *Lactobacillus plantarum*; *Lactobacillus helveticus*; *Propionobacterium freudenreichii*; *E. coli*;

Key words: antagonistic activity; *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*; *Lactobacillus plantarum*; *Lactobacillus helveticus*; *Propionobacterium freudenreichii*; *E. coli*; *Clostridium tyrobutyricum*;

Clostridium tyrobutyricum; *Candida utilis*; *Alternaria*
alternata; *Fusarium oxysporum*.

Candida utilis; *Alternaria alternata*; *Fusarium*
oxysporum.

Введение. Повышение биобезопасности продуктов питания остается сложной задачей, одним из путей решения которой является создание в продуктах конкурентной микробиологической среды, препятствующей развитию нежелательной микрофлоры [1]. При производстве ферментированных молочных продуктов снизить рост нежелательной микрофлоры можно благодаря использованию совместно с заквасочными микроорганизмами защитных культур [2, 3, 4]. Одной из характерных особенностей данной группы микроорганизмов являются их антагонистические свойства. Установлено, что антагонизм молочнокислых бактерий обусловлен образованием и экскретированием антимикробных и антибиотических субстанций, таких как органические кислоты, бактериоцины, ферменты, перекись водорода, лизоцим, диацетил [5, 6]. Общим свойством данной группы бактерий является продуцирование молочной кислоты и связанное с этим снижение pH среды до значений, несовместимых с жизнедеятельностью многих групп микроорганизмов [7].

Изучение возможности использования отечественных коллекционных штаммов в качестве защитных культур при производстве кисломолочной продукции является актуальной задачей. Поэтому целью данного исследования является оценка антагонистической активности молочнокислых и пропионовокислых бактерий к технически-вредным микроорганизмам в молочном сырье при совместном культивировании в условиях технологического процесса изготовления ферментированных молочных продуктов.

Материалы и методы. Объектами исследований являлись 3 штамма молочнокислых и 1 штамм пропионовокислых бактерий из Республиканской коллекции промышленных штаммов заквасочных культур и бактериофагов: *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* 2717 М-А, *Lactobacillus plantarum* 1157 МЛ-АФ, *Lactobacillus helveticus* 2644 ТЛ-АВ, *Propionobacterium freudenreichii* 2017 МНО-К. Антагонистическую активность исследовали в отношении 2 тест-штаммов кишечной палочки (*E. coli* 1019, *E. coli* Y5-3 R16), 2 тест-штаммов маслянокислых бактерий (*Clostridium tyrobutyricum* МК, *Clostridium tyrobutyricum* МК Богд-2), 1 тест-культуры дрожжей (*Candida utilis*) и 2 тест-культур плесневых грибов (*Alternaria alternata*, *Fusarium oxysporum*).

Оценку антагонистической активности молочнокислых и пропионовокислых бактерий в молочном сырье проводили по содержанию тест-культур дрожжей и плесневых грибов в молочном сырье после совместного культивирования. Для этого в пробирки с ВОМ-10 вносили культуры-антагонисты в количестве $1 \cdot 10^5$ и $1 \cdot 10^6$ КОЕ/см³ и тест-культуру технически-вредных микроорганизмов в количестве $1 \cdot 10^3$ КОЕ/см³.

Экспериментальные пробирки культивировали при трёх режимах:

- режим № 1 – при оптимальной температуре культивирования молочнокислых (пропионовокислых) бактерий (30 ± 1 для *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* 2717 М-А, 34 ± 1 для *Lactobacillus plantarum* 1157 МЛ-АФ, $37 \pm 1^\circ\text{C}$ для *Lactobacillus helveticus* 2644 ТЛ-АВ и *Propionobacterium freudenreichii* 2017 МНО-К), 8 ч;

- режим № 2 – при пониженной температуре ($4 \pm 2^\circ\text{C}$), 48 ч;

- режим № 3 – при пониженном pH (доводили 80% молочной кислотой до значения 4,6 ед. pH) и температуре $4 \pm 2^\circ\text{C}$, 48 ч.

Содержание тест-культур контролировали на начальной стадии и по окончании культивирования. Количество тест-культур определяли методом Коха.

Разведения образцов высевали на чашки Петри с агаризованной средой Сабуро и культивировали при 25 ± 2 °С. Подсчёт КОЕ проводили через 3–5 сут.

Об антагонистической активности судили по степени замедления роста тест-культур дрожжей и плесневых грибов. Расчёт проводили с помощью программного обеспечения Microsoft Office Excel по формуле:

$$C_{AA} = 100 - \left[\frac{T_э}{T_к} \cdot 100 \right],$$

где C_{AA} – степень замедления роста тест-культуры, %;

$T_э$ – содержание тест-культуры в экспериментальном образце, КОЕ/см³;

$T_к$ – содержание тест-культуры в контрольном образце, КОЕ/см³;

Результаты и их обсуждение. Антагонистическая активность к кишечной палочке. Проведено совместное культивирование штаммов молочнокислых и пропионовокислых бактерий с тест-культурами кишечной палочки при трёх режимах. Тест-культурой для штаммов *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* 2717 М-А и *Lactobacillus helveticus* 2644 ТL-AV являлся штамм *E. coli* Y5-3 R16, а для *Lactobacillus plantarum* 1157 МL-AF и *Propionobacterium freudenreichii* 2017 МНО-К – *E. coli* 1019. Антагонистическую активность в экспериментальных образцах оценивали по степени замедления роста тест-культуры в сравнении с контрольными образцами. Результаты исследования антагонистической активности штаммов молочнокислых и пропионовокислых бактерий к кишечной палочке при разных дозах внесения молочнокислых (пропионовокислых) бактерий и трёх режимах культивирования представлены в виде диаграмм на рисунках 1 и 2.

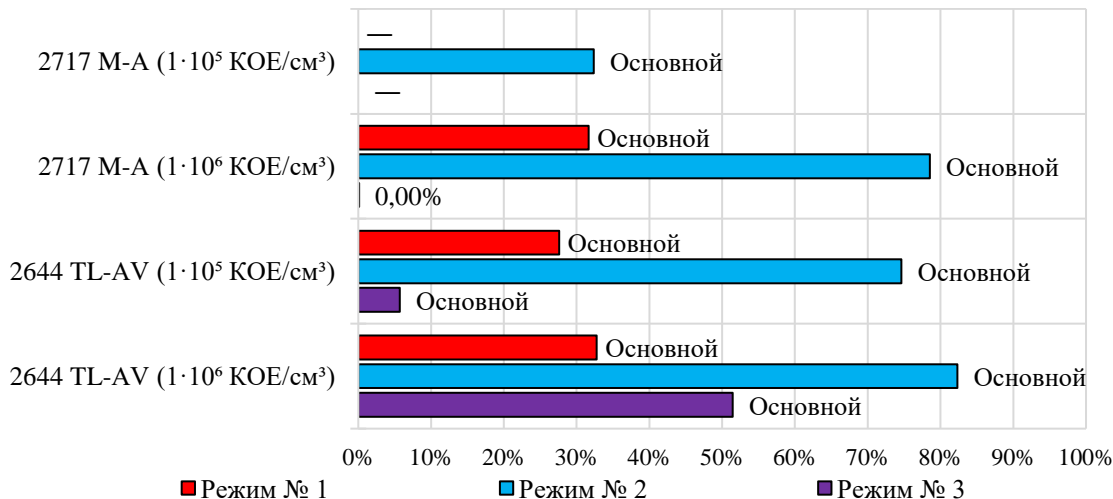


Рисунок 1 – Антагонистическая активность штаммов молочнокислых бактерий к кишечной палочке *E. coli* Y5-3 R16

Источник данных: собственная разработка.

Определено, что обе исследованные дозы внесения бактерий *Lactobacillus helveticus* 2644 ТL-AV привели к практически одинаковому уровню антагонистической активности. Степень замедления роста *E. coli* Y5-3 R16 составила 27,59% (при дозе внесения лактобацилл $1 \cdot 10^5$ КОЕ/см³) и 32,76% (при дозе внесения лактобацилл $1 \cdot 10^6$ КОЕ/см³) в оптимальных условиях (режим № 1), а при пониженной температуре (режим № 2) – 74,62% и 83,31%, соответственно (рисунок 1). При совместном культивировании лактобацилл *Lactobacillus helveticus*

2644 TL-AV с исходным внесением в количестве $1 \cdot 10^5$ КОЕ/см³ и кишечной палочки *E. coli* Y5-3 R16 в молочном сыре при пониженных температуре и рН (режим № 3) наблюдалось невысокое антагонистическое действие: степень замедления роста тест-культуры составила только 5,71%. Доза внесения $1 \cdot 10^6$ КОЕ/см³ была более эффективной в этих условиях и привела к снижению роста кишечной палочки на 51,43% (рисунок 1).

Как показано на диаграмме (рисунок 1), штамм *Lactococcus lactis subsp. cremoris* 2717 М-А с начальной дозой внесения $1 \cdot 10^6$ КОЕ/см³ снизил рост кишечной палочки (контаминация $1 \cdot 10^3$ КОЕ/см³) при режиме № 1 на 31,65%, а при внесении $1 \cdot 10^5$ КОЕ/см³ замедление роста *E. coli* Y5-3 R16 не наблюдалось. При культивировании в условиях пониженной температуры (режим № 2) лактококк с начальной дозой внесения $1 \cdot 10^6$ КОЕ/см³ проявил высокий уровень антагонистической активности по отношению к *E. coli*: степень замедления роста тест-культуры составила 78,53%. Доза внесения $1 \cdot 10^5$ КОЕ/см³ была менее эффективна при данном режиме: степень замедления роста кишечной палочки составила 32,35%. При пониженных температуре и рН внесение бактерий *Lactococcus lactis subsp. cremoris* 2717 М-А в количестве $1 \cdot 10^6$ КОЕ/см³ привело к такому же содержанию *E. coli* Y5-3 R16, как и в контрольном образце, в то время как вторая исследованная дозировка не сдерживала развитие кишечной палочки.

При исследовании антагонистических свойств молочнокислых бактерий *Lactobacillus plantarum* 1157 ML-AF в молочном сыре при трёх различных режимах культивирования по отношению к кишечной палочке *E. coli* 1019 замедления роста тест-культуры не наблюдалось ни в одном из экспериментальных образцов (рисунок 2). Независимо от дозы внесения и режима культивирования лактобациллы *Lactobacillus plantarum* 1157 ML-AF не проявили антагонистические свойства по отношению к *E. coli* 1019 при совместном культивировании в молочном сыре.

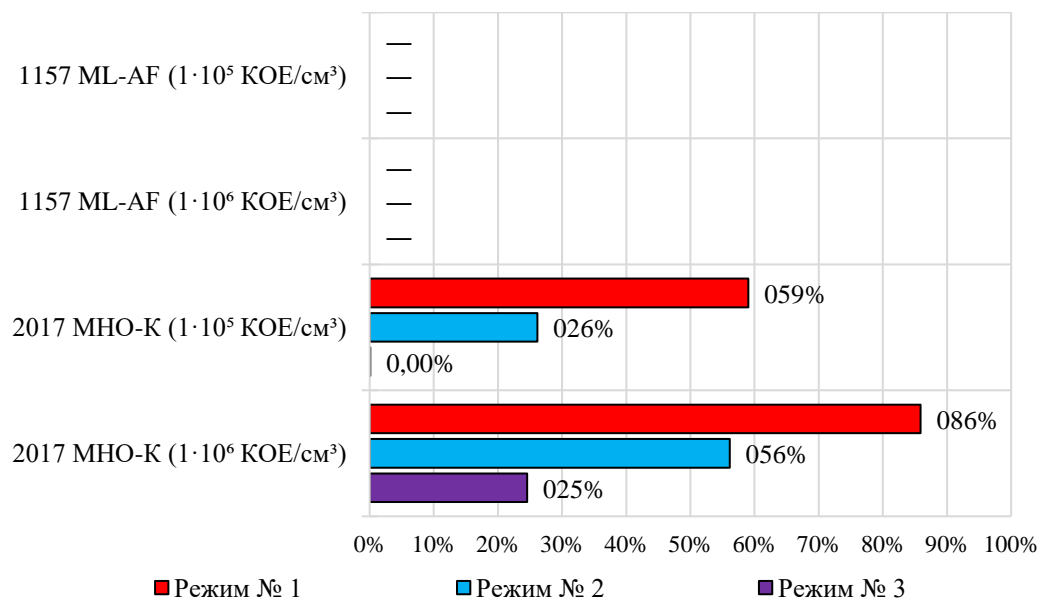


Рисунок 2 – Антагонистическая активность штаммов молочнокислых и пропионовокислых бактерий к кишечной палочке *E. coli* 1019

Источник данных: собственная разработка.

Как видно на диаграмме (рисунок 2), пропионовокислые бактерии *Propionobacterium freudenreichii* 2017 МНО-К снизили рост *E. coli* 1019 (контаминация $1 \cdot 10^3$ КОЕ/см³) при оптимальной температуре (режим № 1) на 59,02% и 85,90% при начальных дозах внесения $1 \cdot 10^5$ КОЕ/см³ и $1 \cdot 10^6$ КОЕ/см³,

соответственно. В условиях пониженной температуры (режим № 2) содержание кишечной палочки снизилось на 26,15% и 65,15%, соответственно, при внесении пропионовокислых бактерий в количестве $1 \cdot 10^5$ КОЕ/см³ и $1 \cdot 10^6$ КОЕ/см³. При пониженных температуре и рН (режим № 3) доза внесения пропионовокислых бактерий $1 \cdot 10^5$ КОЕ/см³ оказалась менее эффективной, а добавление штамма в количестве $1 \cdot 10^6$ КОЕ/см³ способствовало снижению роста *E. coli* 1019 на 24,55% (рисунок 2).

Антагонистическая активность к маслянокислым бактериям.

Проведено совместное культивирование штаммов молочнокислых и пропионовокислых бактерий с тест-культурами маслянокислых бактерий при трёх режимах. Тест-культурой для штаммов *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* 2717 М-А и *Lactobacillus plantarum* 1157 ML-AF являлся штамм *Clostridium tyrobutyricum* МК, а для *Lactobacillus helveticus* 2644 TL-AV и *Propionobacterium freudenreichii* 2017 МНО-К – *Clostridium tyrobutyricum* МК Богд-2. Антагонистическую активность в экспериментальных образцах оценивали по степени замедления роста тест-культуры в сравнении с контрольными образцами. Результаты исследования антагонистической активности штаммов молочнокислых и пропионовокислых бактерий к маслянокислым бактериям при разных дозах внесения молочнокислых (пропионовокислых) бактерий и трёх режимах культивирования представлены в виде диаграмм на рисунках 3 и 4.

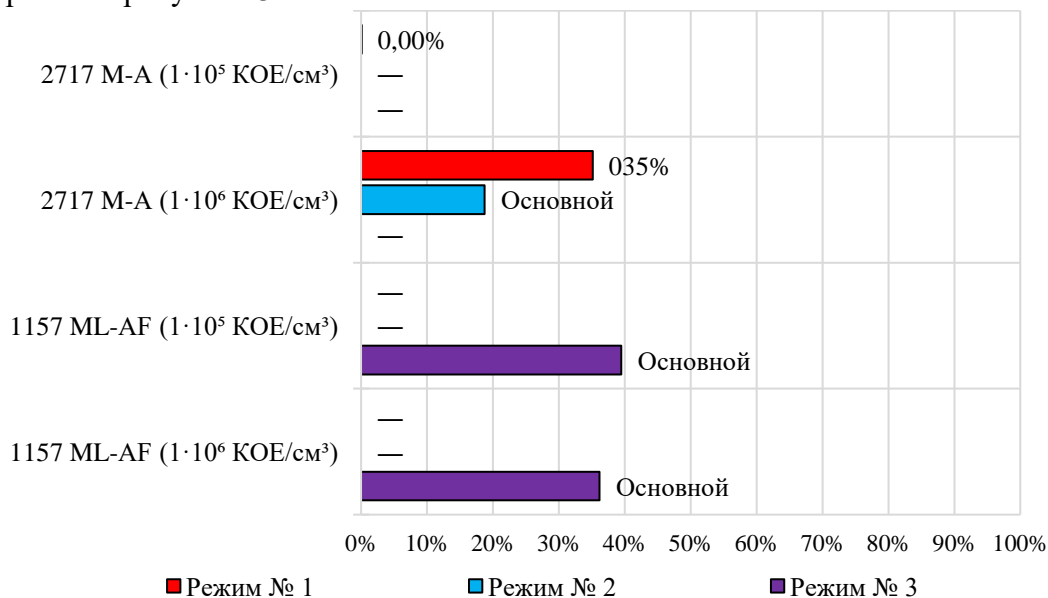


Рисунок 3 – Антагонистическая активность штаммов молочнокислых бактерий к маслянокислым бактериям *Clostridium tyrobutyricum* МК

Источник данных: собственная разработка.

Как показано на диаграмме (рисунок 3), штамм *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* 2717 М-А с начальной дозой внесения $1 \cdot 10^6$ КОЕ/см³ снизил рост маслянокислых бактерий (контаминация $1 \cdot 10^3$ КОЕ/см³) при режиме № 1 на 35,14%, а при внесении $1 \cdot 10^5$ КОЕ/см³ содержание тест-культуры было такое же как и в контрольном образце. При культивировании в условиях пониженной температуры (режим № 2) лактококк с начальной дозой внесения $1 \cdot 10^6$ КОЕ/см³ степень замедления роста тест-культуры составила 18,75%. Доза внесения $1 \cdot 10^5$ КОЕ/см³ была неэффективна при данном режиме: замедления роста маслянокислых бактерий не наблюдалось. При пониженных температуре и рН антагонистической активности *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* 2717 М-А к маслянокислым бактериям не обнаружено.

При исследовании антагонистических свойств молочнокислых бактерий *Lactobacillus plantarum* 1157 ML-AF в молочном сырье при трёх различных режимах культивирования по отношению к маслянокислым бактериям *Clostridium tyrobutyricum* МК замедление роста тест-культуры наблюдалось только при пониженных температуре и pH (режим № 3). Так, лактобациллы с исходной дозой внесения $1 \cdot 10^5$ КОЕ/см³ снизили развитие маслянокислых бактерий на 39,47%, а с $1 \cdot 10^5$ КОЕ/см³ – на 36,18% при совместном культивировании в молочном сырье (рисунок 3).

Исходя из данных на рисунке 4 определено, что обе исследованные дозы внесения бактерий *Lactobacillus helveticus* 2644 TL-AV привели к практически одинаковому высокому уровню антагонистической активности в условиях пониженных температуры и pH (режим № 3): степень замедления роста *Clostridium tyrobutyricum* МК Богд-2 составила 89,80% (доза внесения $1 \cdot 10^5$ КОЕ/см³) и 94,40% (доза внесения $1 \cdot 10^6$ КОЕ/см³).

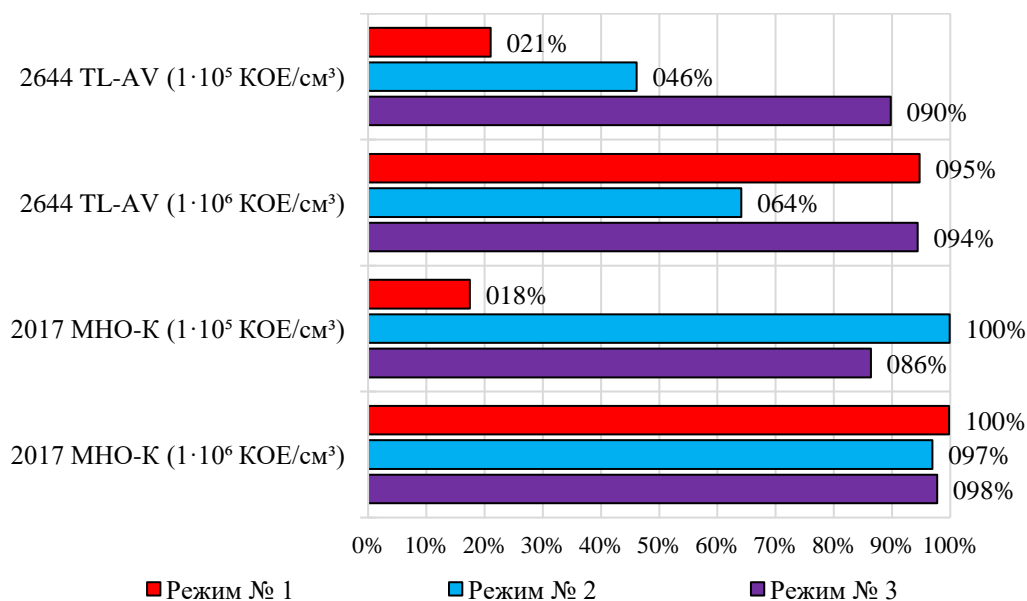


Рисунок 4 – Антагонистическая активность штаммов молочнокислых и пропионовокислых бактерий к маслянокислым бактериям *Clostridium tyrobutyricum* МК Богд-2
 Источник данных: собственная разработка.

При совместном культивировании лактобацилл *Lactobacillus helveticus* 2644 TL-AV с исходным внесением в количестве $1 \cdot 10^5$ КОЕ/см³ и маслянокислых бактерий *Clostridium tyrobutyricum* МК Богд-2 в молочном сырье степень замедления роста тест-культуры составила 21,05 % при оптимальных условиях (режим № 1) и 46,15% при пониженной температуре (режим № 2). Добавление лактобацилл в количестве $1 \cdot 10^6$ КОЕ/см³ позволило снизить содержание маслянокислых бактерий на 94,74% и 64,10% при оптимальной (режим № 1) и пониженной (режим № 2) температуре, соответственно (рисунок 4).

Пропионовокислые бактерии *Propionibacterium freudenreichii* 2017 МНО-К при исходном внесении $1 \cdot 10^6$ КОЕ/см³ проявили высокий уровень антагонистической активности по отношению к маслянокислым бактериям *Clostridium tyrobutyricum* МК Богд-2 при совместном культивировании в молочном сырье (рисунок 4) при всех исследованных режимах культивирования. Степень замедления роста тест-культуры составила 99,78% при культивировании в условиях оптимальной температуры (режим № 1), 96,92% – режим № 2 и 97,73% – режим № 3.

Как видно на диаграмме (рисунок 4), пропионовокислые бактерии *Propionobacterium freudenreichii* 2017 МНО-К с исходной дозой внесения $1 \cdot 10^5$ КОЕ/см³ обладали высокой антагонистической активностью к маслянокислым бактериям при культивировании в режимах № 2 и № 3: содержание *Clostridium tyrobutyricum* МК Богд-2 было снижено на 99,88% и 86,36%, соответственно. В условиях оптимальной температуры (режим № 1) доза внесения пропионовокислых бактерий $1 \cdot 10^5$ КОЕ/см³ оказалась менее эффективной и способствовала снижению роста маслянокислых бактерий на 17,50% (рисунок 4).

Антагонистическая активность к плесневым грибам.

Проведено совместное культивирование штаммов молочнокислых и пропионовокислых бактерий с тест-культурами плесневых грибов при трёх режимах. Тест-культурой для штаммов *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* 2717 М-А и *Propionobacterium freudenreichii* 2017 МНО-К являлись *Fusarium oxysporum*, а для *Lactobacillus plantarum* 1157 ML-AF и *Lactobacillus helveticus* 2644 TL-AV – *Alternaria alternata*. Антагонистическую активность в экспериментальных образцах оценивали по степени замедления роста тест-культуры в сравнении с контрольными образцами. Результаты исследования антагонистической активности штаммов молочнокислых и пропионовокислых бактерий к плесневым грибам при разных дозах внесения молочнокислых (пропионовокислых) бактерий и трёх режимах культивирования представлены на рисунках 5 и 6.

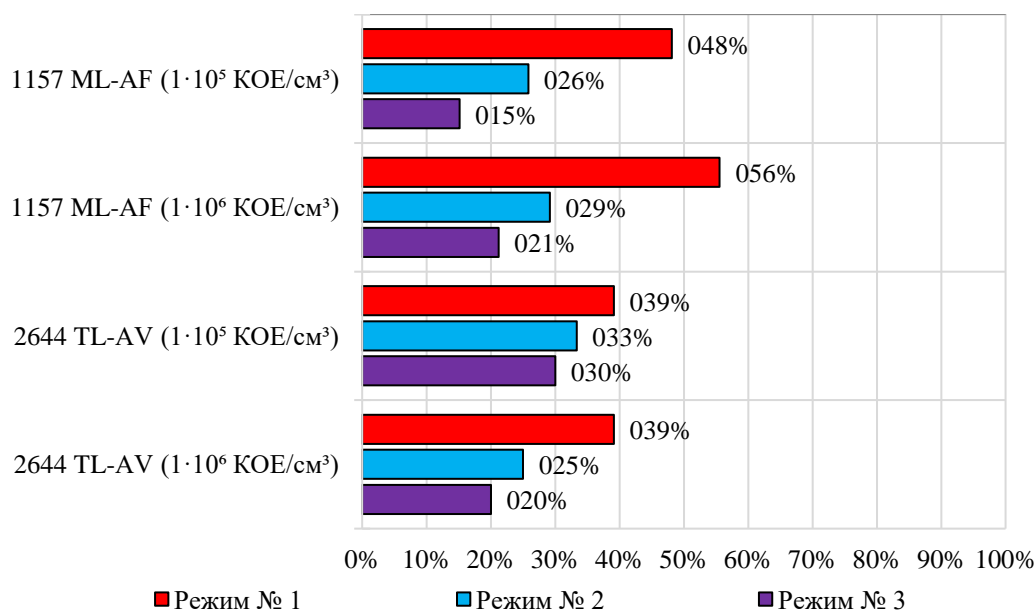


Рисунок 5 – Антагонистическая активность штаммов молочнокислых бактерий к плесневым грибам *Alternaria alternata*

Источник данных: собственная разработка

Как показано на диаграмме (рисунок 5), штамм *Lactobacillus plantarum* 1157 ML-AF замедлил рост плесени *Alternaria alternata* (контаминация $1 \cdot 10^3$ КОЕ/см³) при культивировании в оптимальных условиях (режим № 1) на 55,56% при начальной дозе внесения молочнокислых палочек $1 \cdot 10^6$ КОЕ/см³ и на 48,15% при – $1 \cdot 10^5$ КОЕ/см³. При пониженной температуре (режим № 2) содержание плесневого гриба снизилось на 25,83% и 29,17%, а при пониженных температуре и pH (режим №3) на 15,15% и 21,21%, соответственно, для внесения штамма в количествах $1 \cdot 10^5$ КОЕ/см³ и $1 \cdot 10^6$ КОЕ/см³.

Определено, что добавление штамма *Lactobacillus helveticus* 2644 TL-AV с исходным внесением $1 \cdot 10^5$ КОЕ/см³ позволило замедлить рост тест-культуры

плесневого гриба *Alternaria alternate* на 33,33% и 30,00% при режимах № 2 и № 3, соответственно, а $1 \cdot 10^6$ КОЕ/см³ на 25,00% и 20,00% при режимах № 2 и № 3, соответственно (рисунок 5). При оптимальных условиях (режим № 1) обе дозы внесения лактобацилл замедлили рост плесневого гриба на 39,13%.

Исходя из данных диаграммы на рисунке 6, штамм *Lactococcus lactis subsp. cremoris* 2717 М-А с начальной дозой внесения $1 \cdot 10^6$ КОЕ/см³ снизил рост плесени *Fusarium oxysporum* (контаминация $1 \cdot 10^3$ КОЕ/см³) при режиме № 1 на 69,17%, а при внесении $1 \cdot 10^5$ КОЕ/см³ замедление роста плесневых грибов не наблюдалось. При других исследованных режимах обе дозы внесения лактококка ($1 \cdot 10^5$ КОЕ/см³ и $1 \cdot 10^6$ КОЕ/см³) сработали практически одинаково: содержание плесневых грибов снизилось на 66,67% (режим № 2) и на 20,69% и 37,93% (режим № 3), соответственно.

Определено, что штамм *Propionobacterium freudenreichii* 2017 МНО-К снизил рост плесени *Fusarium oxysporum* (контаминация $1 \cdot 10^3$ КОЕ/см³) при пониженных температуре и рН (режим № 3) на 97,67% и 99,10% при начальных дозах внесения $1 \cdot 10^5$ КОЕ/см³ и $1 \cdot 10^6$ КОЕ/см³, соответственно (рисунок 6). При оптимальном режиме культивирования (режим № 1) обе дозы внесения пропионовокислых бактерий ($1 \cdot 10^5$ КОЕ/см³ и $1 \cdot 10^6$ КОЕ/см³) сработали практически одинаково: содержание плесневого гриба снизилось на 67,65% и 70,00%, соответственно. При пониженной температуре (режим № 2) доза внесения пропионовокислых бактерий $1 \cdot 10^5$ КОЕ/см³ оказалась менее эффективной (рост тест-культуры замедлен всего лишь на 3,64%, то есть наблюдалось фунгистатическое действие), а добавление штамма в количестве $1 \cdot 10^6$ КОЕ/см³ способствовало снижению роста *Fusarium oxysporum* на 84,91%.

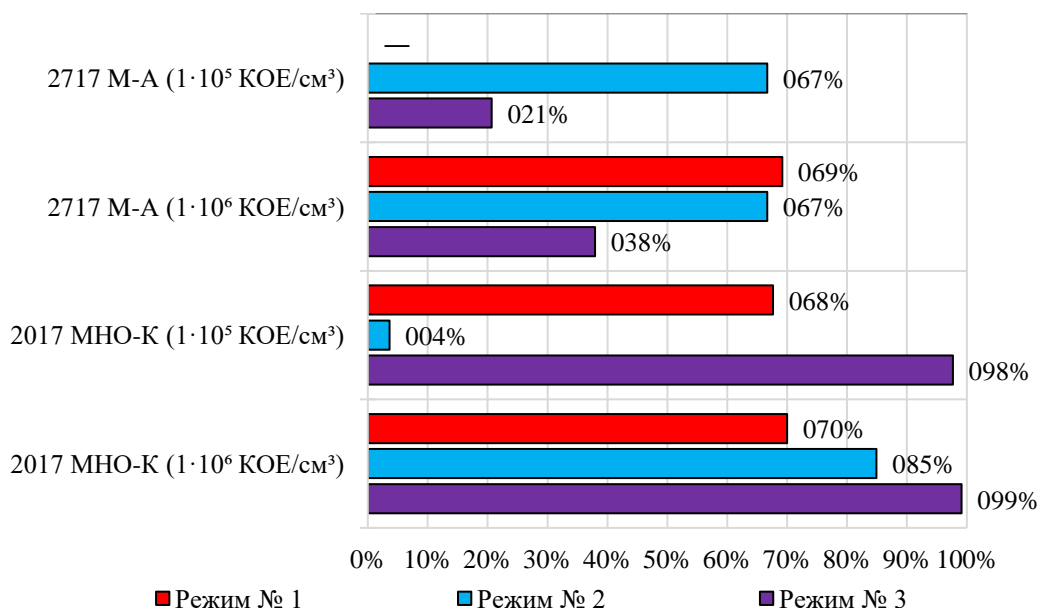


Рисунок 6 – Антагонистическая активность штаммов молочнокислых и пропионовокислых бактерий к плесневым грибам *Fusarium oxysporum*
 Источник данных собственная разработка.

Антагонистическая активность к дрожжам.

Проведено совместное культивирование штаммов молочнокислых и пропионовокислых бактерий с тест-культурой дрожжей при трёх режимах. Об антагонистической активности судили по степени замедления роста тест-культур дрожжей в экспериментальных образцах по сравнению с контрольными. Результаты исследования антагонистической активности штаммов молочнокислых и

пропионовокислых бактерий к дрожжам *Candida utilis* при разных дозах внесения молочнокислых (пропионовокислых) бактерий и трёх режимах культивирования представлены на рисунке 7.

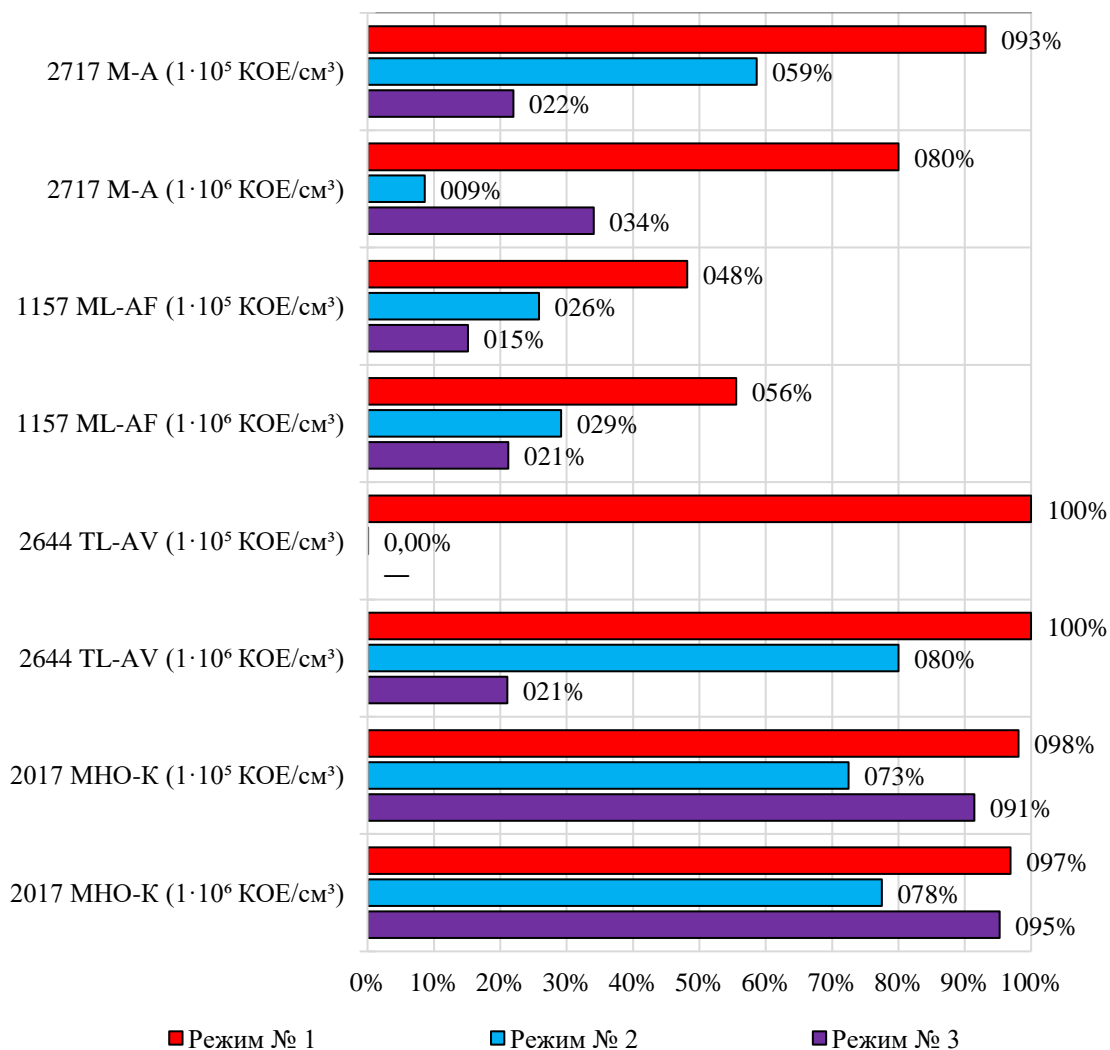


Рисунок 7 – Антагонистическая активность штаммов молочнокислых и пропионовокислых бактерий к дрожжам *Candida utilis*

Источник данных собственная разработка.

При совместном культивировании штамма *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* 2717 M-A (с исходной дозой внесения $1 \cdot 10^5$ КОЕ/см³) и дрожжей *Candida utilis* (с контаминацией $1 \cdot 10^3$ КОЕ/см³) в молочном сырье рост тест-культуры дрожжей был замедлен на 93,14% при режиме № 1, на 58,62% при режиме № 2 и на 21,98% при режиме № 3 (рисунок 7). Внесение лактококка в количестве $1 \cdot 10^6$ КОЕ/см³ позволило замедлить рост дрожжей на 80,00% при режиме № 1, на 8,62% при режиме № 2 и на 34,07% при режиме № 3.

Определено, что штамм *Lactobacillus plantarum* 1157 ML-AF замедляет рост дрожжей на 48,15% и 55,56% при режиме № 1 (рисунок 7), при режиме № 2 – на 25,83% и 29,17%, при режиме № 3 – на 15,15% и 21,21% (доза внесения штамма $1 \cdot 10^5$ и $1 \cdot 10^6$ КОЕ/см³, соответственно).

Согласно данным на рисунке 7, внесение штамма *Lactobacillus helveticus* 2644 TL-AV в молочное сырье в количестве $1 \cdot 10^6$ КОЕ/см³ снижает количество дрожжей на 99,99% при режиме № 1, на 80% при режиме № 2, на 21,05% при режиме № 3. Доза внесения *Lactobacillus helveticus* 2644 TL-AV в молочное сырье в количестве $1 \cdot 10^5$ КОЕ/см³ эффективна только при режиме № 1. Рост дрожжей при

этом режиме снижен на 99,98%. При режиме № 2 содержание тест-культуры было такое же, как и в контрольном образце, а при режиме № 3 снижение количества дрожжей *Candida utilis* не выявлено.

Как показано на рисунке 7, штамм пропионовокислых бактерий *Propionobacterium freudenreichii* 2017 МНО-К позволяет снизить количество дрожжей (контаминация $1 \cdot 10^3$ КОЕ/см³) на 98,10% и 96,90% при режиме № 1, на 72,50% и 77,50% при режиме 2, на 91,43% и 95,24% при режиме № 3, соответственно, в исходных дозах внесения $1 \cdot 10^5$ и $1 \cdot 10^6$ КОЕ/см³.

Заключение. Таким образом, установлено, что исследованные штаммы могут быть применимы в молочной промышленности в качестве защитных культур, так как у них установлена штаммоспецифичная антагонистическая активность к тест-культурам технически-вредных микроорганизмов в молочном сыре.

Определено, что штамм пропионовокислых бактерий *Propionobacterium freudenreichii* 2017 МНО-К обладают наибольшей антагонистической активностью к кишечной палочке *E. coli* 1019, маслянокислым бактериям *Clostridium tyrobutyricum* МК Богд-2, дрожжам *Candida utilis* и плесневым грибам *Fusarium oxysporum*, молочнокислые палочки *Lactobacillus helveticus* 2644 TL-AV обладают высокой антагонистической активностью к кишечной палочке *E. coli* Y5-3 R16, маслянокислым бактериям *Clostridium tyrobutyricum* МК Богд-2, дрожжам *Candida utilis*, штамм лактококков *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* 2717 М-А проявляет антагонистические свойства к кишечной палочке *E. coli* Y5-3 R16, дрожжам *Candida utilis* и плесневому грибу *Fusarium oxysporum*, а у штамма лактобацилл *Lactobacillus plantarum* 1157 ML-AF выявлен антагонизм к дрожжам *Candida utilis* и плесневому грибу *Alternaria alternate*.

Результаты исследования показали, что для всех исследованных штаммов молочнокислых и пропионовокислых бактерий наиболее высокая антагонистическая активность к тест-культурам дрожжей и плесневых грибов наблюдалась в основном при оптимальных для молочнокислых (пропионовокислых) бактерий условиях, а эффективной дозой внесения молочнокислых и пропионовокислых бактерий чаще всего являлась $1 \cdot 10^6$ КОЕ/см³.

Установлено, что антагонистическая активность является индивидуальной особенностью отдельного штамма молочнокислого (пропионовокислого) микроорганизма и зависит от условий культивирования, и дозы внесения. Поэтому необходимо вести целенаправленный подбор штаммов-антагонистов в соответствии с условиями производственного процесса изготовления ферментированных молочных продуктов. Для получения антагонистической активности широкого спектра действия на посторонние микроорганизмы возможно создание консорциумов на основе штаммов-антагонистов.

Список использованных источников.

1. Леонтьев В. Н., Элькаиб Х. М., Эльхедми А. Э. Порча пищевых продуктов: виды, причины и способы предотвращения // Труды БГУ. – 2013. – Т. 8, Ч. 1. – С. 125–130.

2. Yu H. J., Chen Y. F., Yang H. J., Yang J., Xue J. G., Li C. K., Kwok L. Y., Zhang H. P., Sun T. S. Screening for *Lactobacillus plantarum* with potential inhibitory activity against enteric pathogens // Ann Microbiol, 2015, 65:1257–1265. DOI 10.1007/s13213-014-0963-3.

3. Girma A., Aemiro A. Antibacterial activity of lactic acid bacteria isolated from fermented

1. Leont'ev V. N., El'kaib H. M., El'hedmi A. E. Porcha pishchevyh produktov: vidy, prichiny i sposoby predotvrashcheniya [Food spoilage: types, causes and prevention methods] // Trudy BGU. – 2013. – T. 8, Ch. 1. – S. 125–130.

Ethiopian traditional dairy products against food spoilage and pathogenic bacterial strains // *Journal of Food Quality*, vol. 2022, , 8 pages, 2022. Article ID 9978561.

4. Goa T., Beyene G., Mekonnen M., Gorems K. Isolation and Characterization of Lactic Acid Bacteria from Fermented Milk Produced in Jimma Town, Southwest Ethiopia, and Evaluation of their Antimicrobial Activity against Selected Pathogenic Bacteria // *Hindawi. International Journal of Food Science*, Volume 2022, Article ID 2076021, 15 pages. <https://doi.org/10.1155/2022/2076021>.

5. Жакслыкова С. А., Хабибуллин Р. Э., Яковлева Г. Ю., Решетник О. А. Антагонистическая активность бактериальных молочнокислых заквасок // *Вестник Казанского технологического университета*. – 2014. – Т. 17, № 10. – С. 152–155.

6. Zahid M., Ashraf M, Arshad M., Ghulam M., Yasmin A. Antimicrobial Activity of Bacteriocins Isolated from Lactic Acid Bacteria Against Resistant Pathogenic Strains // *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, 2015; 4(3): 326-331. Published online April 16, 2015. – Mode of acces:

<http://www.sciencepublishinggroup.com/j/ijnfs>. – Date of access: 13.11.2024.

7. Харченко Н. В. Выделение бифидобактерий и изучение их пробиотических свойств при длительном хранении: автореф. дис. канд. биол. наук: 03.02.03. – Москва, 2016 – 20 с.

5. Zhakslykova S. A., Habibullin R. E., Yakovleva G. Yu., Reshetnik O. A. Antagonisticheskaya aktivnost' bakterial'nyh molochnokislyh zakvasok [Antagonistic activity of bacterial lactic acid starters] // *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*. – 2014. – Т. 17, № 10. – S. 152–155.

7. Harchenko N. V. Vydelenie bifidobakterij i izuchenie ih probioticheskikh svojstv pri dlitel'nom hranenii: avtoref. dis. kand. biol. nauk: 03.02.03. – Moskva, 2016 – 20 s.