

# ВЛИЯНИЕ РАСТВОРИМЫХ ПИЩЕВЫХ ВОЛОКОН ИЗ *LARIX DAHURICA* НА КАЧЕСТВО МОЛОЧНОГО БИОПРОДУКТА

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

Екатерина Ивановна Решетник<sup>1</sup>, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой

E-mail: soia-28@yandex.ru

Светлана Леонидовна Грибанова<sup>1</sup>, канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры

Юлия Игоревна Держапольская<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доцент кафедры

Ли Чунь<sup>2</sup>, д-р с./х. наук, профессор

E-mail: spxylc@126.com

Ли Ютин<sup>3</sup>, магистр с./х. наук

E-mail: hrbleshi@163.com

<sup>1</sup>Дальневосточный государственный аграрный университет, г. Благовещенск, Россия

<sup>2</sup>Северо-восточный сельскохозяйственный университет, г. Харбин, КНР

<sup>3</sup>Харбинская сельскохозяйственная научно-техническая компания «Лэши», г. Харбин, КНР

Рассмотрены свойства пребиотической пищевой добавки «Лавитол-арабиногалактан», вырабатываемой путем экстрагирования из древесины лиственницы Даурской. Цель работы – исследование влияния различных доз внесения лиственничного арабиногалактана на процесс сквашивания нормализованных смесей молока и на основные показатели качества готового молочного биопродукта. В работе использовали лиофилизированную закваску на чистых культурах микроорганизмов (*Str. thermophilus*, *Lac. delbrueckii* subsp. *Bulgaricus*, *B. bifidum*) процесс сквашивания протекал при оптимальной температуре культивирования, которая составляла  $(38 \pm 2)^\circ\text{C}$ . Сырьем служили нормализованные смеси молока, в которые вносили лиственничный арабиногалактан в количестве от 0,5 до 2,5 % от массы нормализованной смеси, контролем являлась смесь без обогащающей добавки. Проведены исследования по определению активной кислотности в исследуемых образцах в процессе сквашивания, в ходе которых установлена прямая зависимость между увеличением массовой доли внесения лиственничного арабиногалактана и нарастанием кислотности. Установлено количество молочнокислых микроорганизмов и бифидобактерий в сквашенных смесях, при этом титр жизнеспособных микробных клеток в обогащенных образцах имеет высокое значение по молочнокислым микроорганизмам  $10^7$ – $10^9$  КОЕ/см<sup>3</sup> и бифидобактериям  $10^6$ – $10^8$  КОЕ/см<sup>3</sup>. Определена оптимальная доза внесения пищевых волокон в виде лиственничного арабиногалактана, которая составляет 1,5 % от массы нормализованной смеси. Установленная концентрация позволит получить молочный биопродукт, обогащенный пищевыми волокнами при употреблении которого в количестве 0,5 л в сутки человек сможет покрыть физиологическую потребность в пищевых волокнах на 36,8 %.

**Ключевые слова:** лиственничный арабиногалактан, полисахарид, растворимые пищевые волокна, сквашивание, показатели качества, молочный биопродукт

## ВВЕДЕНИЕ

Здоровье человека во многом зависит от рациона питания. Он должен быть сбалансированным по энергетической ценности в соответствии с энергозатратами человека, в достаточном количестве содержать жиры, полноценные белки, жирные кислоты, витамины, минеральные вещества и другие компоненты, необходимые для нормальной жизнедеятельности человека [1, 2, 4, 14].

Потребительские предпочтения населения все чаще направлены на продукты здорового питания, которые способствуют укреплению иммунитета, поддержке умственной и физической работоспособности. Соответственно, производители расширяют линейку товаров, которые можно позиционировать как «здоровые» продукты, в состав которых входят функциональные ингредиенты [5, 11, 13, 15].

В настоящее время одним из самых распространенных ингредиентов в производстве продуктов функционального питания являются пищевые волокна, которые должны быть неотъемлемой частью ежедневного рациона человека [8, 10].

Растворимые пищевые волокна – это группа полисахаридов, которая относится к пребиотикам, подвергаются ферментации в верхних отделах желудочно-кишечного тракта, являясь пребиотиком для нормальной микрофлоры кишечника. При регулярном употреблении пищевые волокна оказывают благотворное биологическое действие на организм человека [9, 12].

Важнейшие источники пищевых волокон – продукты растительного происхождения. Дальневосточная компания «Аметис» является крупнейшим в России высокотехнологичным производственным предприятием по комплексной переработке древесины Даурской лиственницы (*Larix Dahurica*) с последующим извлечением уникальных природных экстрактов, одним из которых является арабиногалактан [7].

Лиственничный арабиногалактан – это комплексный природный водорастворимый полисахарид, содержание растворимых пищевых волокон в котором в среднем составляет 98,8 %. Представляет собой аморфный порошок белого или бледно-кремового цвета со слабовыраженным сладким привкусом (рис. 1) [3].



Данная биологически активная добавка соответствует требованиям ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» и ТР ТС 029/2012 «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств».

Арабиногалактан может быть использован в пищевой промышленности. Он не оказывает влияния на органолептические показатели продукта. При разработке кисломолочных продуктов с профилактическими свойствами введение в их состав листовенничного арабиногалактана позволит получить продукт с новыми потребительскими свойствами.

Целью данной работы является исследование влияния растворимых пищевых волокон в виде листовенничного арабиногалактана на процессы производства и показатели качества молочного биопродукта.



Рисунок 1. Лиственничный арабиногалактан

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объекты исследований: молоко нормализованное для производства кисломолочных продуктов с массовой долей жира 1,0 %, массовой долей белка 3,2 %; в качестве заквасочных культур использовали лиофилизированную закваску – чистые культуры микроорганизмов (*Str. thermophilus*, *Lac. delbrueckii* subsp. *Bulgarius*, *B. bifidum*) по СТО 48774768-2012; листовенничный арабиногалактан, выпускаемый под торговой маркой Лавитол в соответствии с ТУ 9325-008-70692152-08; образцы выработанных кисломолочных биопродуктов.

Экспериментальная часть исследований проводилась в лаборатории кафедры технологии переработки сельскохозяйственной продукции Дальневосточного государственного аграрного университета и в производственной аналитической лаборатории АО «Аметис».

Все испытания проводили общепринятыми методами. Активную кислотность определяли рН-метром марки Hanna HI 83141. Микробиологические показатели определяли в соответствии с ГОСТ 32901-2014 и ГОСТ 33951-2016. Количество жизнеспособных клеток бифидобактерий определяли в соответствии с МУК 4.2.999-00 [6].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследовано влияние внесения листовенничного арабиногалактана на активность заквасочной микрофлоры в нормализованной смеси

при производстве кисломолочного продукта по традиционной технологии. Процент внесения обогащающей добавки варьировали от 0,5 % до 2,5 % с шагом 0,5 %. Контролем являлась нормализованная смесь без внесения листовничного арабиногалактана. Варианты полученных образцов представлены в таблице 1.

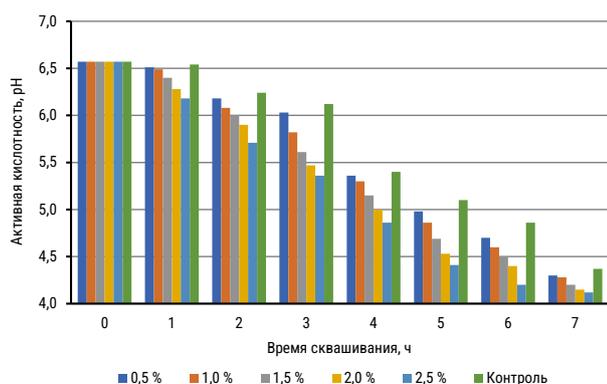
Нормализованные смеси заквашивали чистыми культурами микроорганизмов, процесс сквашивания протекал при температуре  $(38 \pm 2)$  °С которая считается оптимальной для роста подобранных заквасочных культур. Сквашивание проводили термостатным способом.

Влияние листовничного арабиногалактана на процесс сквашивания нормализованных смесей представлено в виде диаграммы на рисунке 2.

Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что наблюдается зависимость увеличения активной кислотности смесей в зависимости от массы внесенного листовничного арабиногалактана. Так, даже при внесении 0,5 % листовничного арабиногалактана от массы смеси процесс кислотообразования протекает интенсивнее по сравнению с контрольным образцом.

**Таблица 1**  
**Характеристика образцов**

Наименование образца	Содержание листовничного арабиногалактана, %
Образец 1	0,5
Образец 2	1,0
Образец 3	1,5
Образец 4	2,0
Образец 5	2,5
Контрольный образец	0,0



**Рисунок 2.** Динамика изменения активной кислотности

При максимальной дозе внесения листовничного арабиногалактана активная кислотность в течение всего периода сквашивания была ниже, чем в контрольном образце. При этом максимальное значение отклонения от контрольного составило 0,76 единицы.

Достижение заданной кислотности сгустка в обогащенных листовничным арабиногалактаном образцах произошло спустя 5–6 ч сквашивания, в то время как в контрольном образце лишь спустя 7 ч.

По окончании процесса сквашивания определено количество жизнеспособных клеток заквасочной микрофлоры в полученных сгустках. Результаты исследований представлены в таблице 2.

Из представленных в таблице данных видно, что листовничный арабиногалактан, будучи растворимым пищевым волокном, содержащим молекулы галактозы и арабинозы, способствует созданию благоприятных условий для роста и развития молочнокислых и пробиотических микроорганизмов и способствует достижению пробиотического эффекта в обогащенных образцах.

Внесение листовничного арабиногалактана в количестве 2,0 и 2,5 % не оказало значительного влияния на повышение количества жизнеспособных клеток микроорганизмов. Это может быть связано со снижением уровня активной кислотности в данных образцах, которая должна находиться в оптимальных пределах для роста и развития подобранных штаммов микроорганизмов.

Так как адекватный и верхний допустимый уровни потребления арабиногалактана для человека в сутки составляет 10–20 г в сутки, следо-

**Таблица 2**  
**Влияние листовничного арабиногалактана на количество микроорганизмов в готовом продукте**

Наименование образца	Количество микроорганизмов, КОЕ/см <sup>3</sup>		
	<i>Str. thermophilus</i>	<i>Lac. delbrueckii</i> subsp. <i>Bulgaricus</i>	<i>B. bifidum</i>
Образец 1	$(4 \pm 1) \times 10^7$	$(7 \pm 1) \times 10^7$	$(6 \pm 1) \times 10^6$
Образец 2	$(7 \pm 1) \times 10^8$	$(2 \pm 1) \times 10^8$	$(4 \pm 1) \times 10^7$
Образец 3	$(2 \pm 1) \times 10^9$	$(4 \pm 1) \times 10^8$	$(2 \pm 1) \times 10^8$
Образец 4	$(3 \pm 1) \times 10^9$	$(5 \pm 1) \times 10^8$	$(3 \pm 1) \times 10^8$
Образец 5	$(4 \pm 1) \times 10^9$	$(6 \pm 1) \times 10^8$	$(4 \pm 1) \times 10^8$
Контроль	$(4 \pm 1) \times 10^6$	$(3 \pm 1) \times 10^6$	$(4 \pm 1) \times 10^5$

вательно, оптимальной дозой внесения листовничного арабиногалактана при производстве молочных биопродуктов можно принять значение 1,5 % от массы заквашиваемой смеси.

На следующем этапе исследований образец с дозой внесения 1,5 % листовничного арабиногалактана и контрольный образец были исследованы по основным физико-химическим показателям качества. Результаты исследований представлены в таблице 3.

**Таблица 3**  
**Физико-химические показатели качества**

Наименование показателя	Результаты исследований	
	Молочный биопродукт	Контрольный образец
Белок, г	3,20 ± 0,05	3,20 ± 0,05
Жир, г	1,00 ± 0,05	1,00 ± 0,05
Пищевые волокна, г	7,35 ± 0,10	0,0
Кислотность, °Т	80,0 ± 1,0	85,0 ± 1,0

Анализируя данные таблицы 3 можно сделать выводы, что при употреблении 1 порции молочного биопродукта объемом 0,5 л можно удовлетворить потребность человека в пищевых волокнах примерно на 36,8 % от рекомендуемой физиологической потребности в сутки для взрослого человека.

## ВЫВОДЫ

В ходе исследований установлена зависимость значения активной кислотности в процессе сквашивания заквашенных нормализованных смесей от количества внесенных растворимых пищевых волокон в виде листовничного арабиногалактана. Введение растворимых пищевых волокон интенсифицирует процесс роста молочнокислых микроорганизмов и бифидобактерий. Определена оптимальная доза внесения обогащающей добавки в количестве 1,5 % от объема нормализованной смеси, что обеспечивает пробиотические свойства готового продукта и позволяет получить молочный биопродукт обогащенный пищевыми волокнами. ■

## EFFECT OF SOLUBLE DIETARY FIBERS FROM LARIX DAHURICA ON DAIRY BIOPRODUCTS

Ekaterina I. Reshetnik<sup>1</sup>, Svetlana L. Gribanova<sup>1</sup>, Yulia I. Derzhapolskaya<sup>1</sup>, Li Chun<sup>2</sup>, Li Yuting<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Far Eastern State Agrarian University, Russia, Blagoveshchensk

<sup>2</sup>Northeast Agricultural University, Harbin, China

<sup>3</sup>Harbin Agricultural Science and Technology Company Leshi, Harbin, China

### ORIGINAL ARTICLE

Wood extracts of Daurian larch (*Larix gmelinii*) serve as raw material for the prebiotic food additive called Lavitol Arabinogalactan. Larch arabinogalactan is a soluble dietary polysaccharide fiber with a wide range of preventive effects. Fermented dairy products fortified with larch arabinogalactan become functional products with valuable therapeutic activities. This research featured the effect of various doses of larch arabinogalactan on fermentation of normalized milk mixes and the quality profile of the finished dairy bioproduct. The authors determined the optimal dose of dietary fiber, established its prebiotic properties, and determined the physicochemical profile of the final functional product. The experiments involved lyophilized starter on pure cultures of *Str. thermophilus*, *Lac. delbrueckii* subsp. *Bulgaricus*, and *B. bifidum*. The optimal cultivation temperature was (38 ± 2) °C. Larch arabinogalactan was added to normalized milk mixes in an amount of 0.5-2.5 %. The authors determined the active acidity during fermentation and established a direct relationship between the increase in acidity and the increase in the mass fraction of larch arabinogalactan. The study also involved the lactic acid microbial count and the bifidobacterial count in the fermented mixes. The viable microbial count in the fortified samples demonstrated lactic acid microorganisms (10<sup>7</sup>–10<sup>9</sup> CFU/cm<sup>3</sup>) and bifidobacteria (10<sup>6</sup>–10<sup>8</sup> CFU/cm<sup>3</sup>). The optimal dose of larch arabinogalactan proved to be 1.5 %. In this research, 0.5 L of the new functional dairy bioproduct was able to cover 36.8 % of human physiological daily need for dietary fibers.

**Key words:** larch arabinogalactan, polysaccharide, soluble dietary fiber, fermentation, quality indicators, dairy bioproduct

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баженова, Б. А. Исследование свойств коллагенсодержащего животного сырья, модифицированного ферментным препаратом / Б. А. Баженова, А. Г. Бурханова, А. Ц. Жаргалова [и др.] // Все о мясе. 2022. № 1. С. 48–52. <https://www.doi.org/10.21323/2071-2499-2022-1-48-52>
2. Боярина, И. В. Совершенствование биотехнологии симбиотического бактериального концентрата / И. В. Боярина, И. С. Хамагаева // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2022. Т. 84, № 4(94). С. 89–95 <https://www.doi.org/10.20914/2310-1202-2022-4-89-95>
3. Держапольская, Ю. И. Использование растворимых пищевых волокон в продуктах функционального питания / Ю. И. Держапольская, Е. И. Решетник, С. Л. Грибанова // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития: материалы всероссийской научно-практической конференции, Благовещенск, 20–21 апреля 2023 года. Том 3. Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет, 2023. С. 258–263. [https://www.doi.org/10.22450/9785964205425\\_3\\_258](https://www.doi.org/10.22450/9785964205425_3_258)

4. **Просеков, А. Ю.** Обеспеченность сырьевыми ресурсами для создания биологически активных добавок из дериватов охотничьего промысла / А. Ю. Просеков, Е. А. Вечтомова [и др.] // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2022. Т. 11, № 2(58). С. 59–63. <https://www.doi.org/10.46548/21vek-2022-1158-0010>
5. **Пырьева, Е. А.** Роль и место пищевых волокон в структуре питания населения / Е. А. Пырьева, А. И. Сафронова // Вопросы питания. 2019. Т. 88, № 6. С. 5–11. <https://www.doi.org/10.24411/0042-8833-2019-10059>
6. **Решетник, Е. И.** Влияние обогащающего компонента на сквашивание при производстве биопродукта / Е. И. Решетник, С. Л. Грибанова, Е. В. Закипная [и др.] // Вестник ВСГУТУ. 2023. № 2(89). С. 32–39. [https://www.doi.org/10.53980/24131997\\_2023\\_2\\_32](https://www.doi.org/10.53980/24131997_2023_2_32)
7. **Решетник, Е. И.** Разработка технологии ферментированного молочно-растительного напитка с функциональными свойствами / Е. И. Решетник, Е. А. Уточкина // Техника и технология пищевых производств. 2011. № 2(21). С. 53–56.
8. **Смирнова, Е. Н.** Влияние пищевых волокон на организм человека / Е. Н. Смирнова // Научно-исследовательский центр "Technical Innovations". 2022. № 9-1. С. 388–392.
9. **Токарева, В. Д.** Применение пищевых волокон в питании людей XXI Века / В. Д. Токарева, А. А. Савинова // Гуманитарный вестник Донского государственного аграрного университета. 2022. № 2. С. 180–184.
10. **Толчикова, А. И.** Роль пребиотических пищевых волокон в питании / А. И. Толчикова, А. А. Журня, В. В. Шилов // Пищевая промышленность: наука и технологии. 2018. Т. 11, № 1(39). С. 20–28.
11. **Ураева, В. А.** Разработка новых продуктов для профилактики микробиома кишечника / В. А. Ураева, М. Г. Курбанова, О. И. Калугина // Пищевые инновации и биотехнологии: Сборник тезисов X Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Кемерово, 17 мая 2022 года / Под общей редакцией А.Ю. Просекова. Том 1. – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2022. – С. 333–336.
12. **Уточкина, Е. А.** Влияние арабиногалактана на микробиологические показатели и хранимоспособность кисломолочного продукта / Е. А. Уточкина, Е. И. Решетник // Техника и технология пищевых производств. 2012. № 4(27). С. 72–76.
13. **Тихонов, С. Л.** Ферментный препарат микробного происхождения и оценка его эффективности при обработке коллагенсодержащего сырья / С. Л. Тихонов, И. С. Брашко, Н. В. Тихонова, М. С. Тихонова // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35, № 9. С. 67–72. [https://www.doi.org/10.53859/02352451\\_2021\\_35\\_9\\_67](https://www.doi.org/10.53859/02352451_2021_35_9_67)
14. **Хантургаева, В. А.** Анализ и исследование состава белково-витаминного продукта из растительного сырья / В. А. Хантургаева, И. В. Хамаганова // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2022. Т. 84, № 1(91). С. 49–57. <https://www.doi.org/10.20914/2310-1202-2022-1-49-57>
15. **Reshetnik, E.** Study of starter cultures in biotechnology of medical and preventive nutrition products / E. Reshetnik, Yu. Derzhapolskaya, S. Gribanova // E3S Web of Conferences, Blagoveshchensk, 23–24 September 2020. Blagoveshchensk, 2020. P. 04002. <https://www.doi.org/10.1051/e3sconf/202020304002>