

И.В. Гамзякова, аспирант
Н.А. Замбалова, канд. экон. наук, ст. преп.
И.С. Хамагаева, д-р техн. наук, проф.
Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления

УДК 641.1/3: 579.873.13

КАЧЕСТВЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БАКТЕРИАЛЬНОГО КОНЦЕНТРАТА, ОБОГАЩЕННОГО ПИЩЕВЫМИ ВОЛОКНАМИ

В статье представлены результаты по разработке бактериального концентрата, обогащенного пищевыми волокнами. Выбрана оптимальная доза кедрового шрота, при которой установлен лучший показатель нарастания биомассы бактерий. Исследованы антимуtagenные и адгезивные свойства бактериального концентрата. Определены качественные показатели готового симбиотического продукта.

Ключевые слова: функциональное питание, пробиотические свойства, пребиотические свойства, бифидобактерии, пищевые волокна, бактериальный концентрат, качественная характеристика продукта.

I.V. Gamzyakova, P.G.
N.A. Zambalova, Cand. Sc. Economics
I.S. Khamagaeva, D. Sc. Engineering, Prof.

QUALITATIVE CHARACTERISTICS OF BACTERIAL CONCENTRATE ENRICHED BY DIETARY FIBERS

This paper presents the results of the development of bacterial concentrate enriched with dietary fiber. We have selected the optimal dose of cedar oil meal which shows the best growth of the bacterial biomass. Antimutagenic and adhesive properties of bacterial concentrate have been investigated. Quality indicators of the finished symbiotic product have been defined.

Key words: the functional food, probiotic properties, prebiotic properties, the bifidobacteria, food fibers, bacterial concentrate, qualitative characteristic of the product.

Неблагоприятная экологическая ситуация, постоянные стрессы, малоподвижный образ жизни, нерациональное питание негативно влияют на общее состояние человека. Учитывая это, очень важно использовать в питании симбиотические продукты, т.е. продукты на основе пробиотических микроорганизмов и пребиотиков, позволяющие организму противостоять негативным воздействиям. Поступая в организм человека, симбиотические продукты благотворно влияют на здоровье за счет нормализации состава и функций микрофлоры желудочно-кишечного тракта; подавления гнилостных и патогенных бактерий; регулирования обмена веществ; активизации иммунных сил организма; защиты организма от пищевых аллергий; снижения уровня холестерина в крови; активизации усвоения витаминов и минералов.

Симбиотические продукты незаменимы для питания людей с хроническими заболеваниями желудочно-кишечного тракта, с дисбактериозами после перенесенных острых кишечных инфекций и пищевых отравлений. Они полезны также и после различных медикаментозных (применение антибиотиков и химиопрепаратов) и операционных вмешательств. Целебные свойства симбиотических продуктов подтверждены целым рядом клинических испытаний при лечении дисбактериозов и в комплексном лечении острых кишечных инфекций у детей и взрослых [1-3].

Цель работы: исследование пребиотических свойств кедрового жмыха и его влияние на качество бактериального концентрата.

Объекты и методы исследований

Объектом исследования является бактериальный концентрат на основе бифидобактерий *Bifidobacterium longum* DK-100, обогащенный пищевыми волокнами. Штамм *Bifidobacterium longum* DK-100 (ВКПМ АС-1250) получен из фонда Всероссийской коллекции промышленных микроорганизмов ФГУПНИИ Генетика и активизирован по биотехнологическому методу, разработанному учеными ВСГУТУ. В качестве пищевых волокон использован жмых кедрового ореха.

Величину активной кислотности определяли потенциометрическим методом на рН-метре АНИОН 7000 по ГОСТ 3624-87; рост биомассы – путем измерения оптической плотности фотоколориметрическим методом на КФ-77 $\lambda = 550$ нм; количество клеток бифидобактерий – методом предельных разведе-

дений по МУК 4.2.999-00; микроскопирование – по Грамму, согласно ГОСТ 9225–84. Для определения антимуtagenной активности применяли тест Эймса, а в качестве индикатора мутагенности – тест-штамм *Salmonella enteritidis*, в качестве мутагена – азид натрия в концентрации 3 мкг/чашку. Адгезивные свойства изучали на формализированных эритроцитах по развернутому методу В.И. Брилис. Контаминацию определяли по ГОСТ 9225-84.

Результаты и их обсуждение

Кедровый жмых получается при отжиме ядра кедрового ореха. В нем остаются все минералы и витамины, находящиеся в орехе, а также до 30% кедрового масла. Жмых из ядер кедрового ореха, или как его еще называют «кедровая мука», – это сыпучая порошковая масса без посторонних примесей, со вкусом кедрового ореха. Кедровая мука содержит большое количество белков (альбумины, глобулины, проламины), сбалансированных по аминокислотному составу (более 40% незаменимых аминокислот).

Белки кедрового жмыха по содержанию метионина, цистеина и триптофана превосходят идеальный белок. Следует также отметить высокое соотношение аминокислот аргинин/лизин, свойственное белкам кедровой муки, что позволяет предположить наличие у них антихолестерических свойств. Усвояемость белков кедровой муки составляет 95%, что сопоставимо с усвояемостью белков куриного яйца.

Углеводный состав кедрового жмыха представлен полисахаридами (крахмал, клетчатка, пентозаны, декстрины) и водорастворимыми сахарами (глюкоза, фруктоза, сахароза и рафиноза). Учитывая углеводный состав кедрового жмыха, его можно отнести к пребиотикам, так как он содержит большое количество пищевых волокон. Также можно отметить витаминный состав кедрового жмыха, содержащий в своем составе преимущественно жирорастворимые витамины (А, Е, D, К, F), витамины группы В, фолиевую кислоту. Имеющиеся данные по содержанию макро- и микроэлементов характеризуют кедровый жмых как уникальный природный источник минеральных веществ, играющих важную роль во многих биохимических процессах организма человека [4].

Анализ литературных данных свидетельствует о способности кедрового жмыха активизировать деятельность полезной микрофлоры желудочно-кишечного тракта [5]. Поэтому интересным является исследование пребиотических и бифидогенных свойств кедрового жмыха.

Культивирование микроорганизмов *Bifidobacterium longum* DK-100 осуществляли в питательной среде на основе молочной сыворотки с добавлением ростовых факторов по ТУ 9229-001-02069473-2002. Предварительную подготовку пищевых волокон проводили в молочной сыворотке при температуре 90–95⁰С и с выдержкой 1,5 часа. О динамике нарастания биомассы судили по оптической плотности.

На первом этапе было исследовано влияние различных доз пищевых волокон на биохимическую активность бифидобактерий *Bifidobacterium longum* DK-100. Выявлена оптимальная доза, при которой наблюдался интенсивный рост *Bifidobacterium longum* DK-100.

Результаты представлены на рисунках 1, 2.

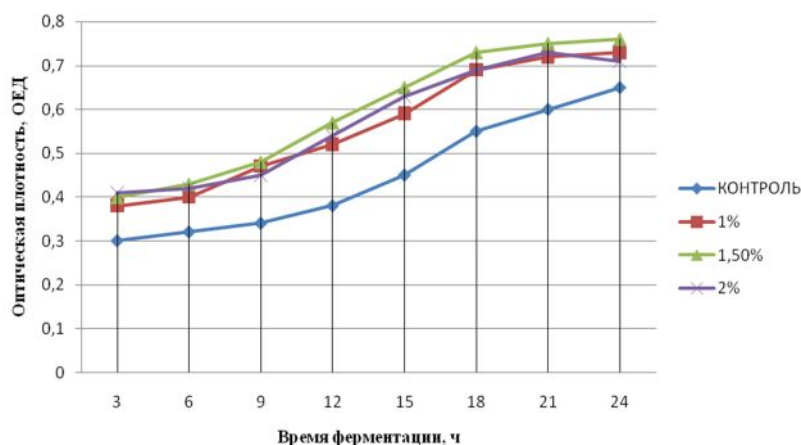


Рис. 1. Влияние различных доз кедрового жмыха на рост биомассы *Bifidobacterium longum* DK-100

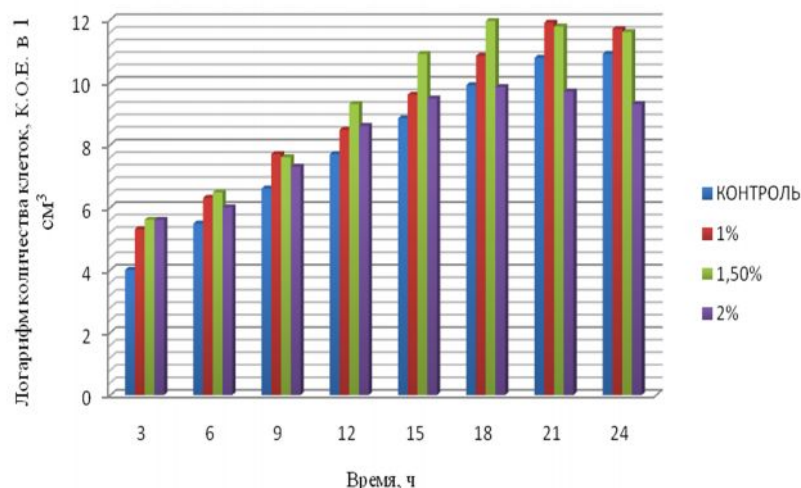


Рис. 2. Влияние дозы кедрового жмыха на количество жизнеспособных клеток *Bifidobacterium longum* DK-100

В результате исследований выявлено, что при внесении в питательную среду пищевых волокон интенсифицируется рост бифидобактерий по сравнению с контролем, сокращается продолжительность культивирования. Как видно из рисунков 1, 2, пищевые волокна в количестве 1,5% обеспечивают нарастание клеточной биомассы в концентрате и высокую жизнеспособность клеток, которая в конце культивирования достигает до $9 \cdot 10^{11}$ КОЕ/см³. При этом продолжительность ферментации в среднем сокращается на 6-9 часов. При увеличении дозы жмыха до 2%, количество жизнеспособных клеток по сравнению с 1,5% снижается, что, вероятно, связано с высокой водосвязывающей способностью и снижением активности воды.

Одним из актуальных направлений современной микробиологии является изучение адгезивного процесса различных микроорганизмов. Адгезия – это межклеточное взаимодействие, выражающееся в прочном прикреплении клеток к субстрату. Традиционно под адгезией понимают характерные и универсальные свойства микроорганизмов, выражающиеся в образовании пленок, микроколоний, сохраняющихся в течение всей жизни клеток. Адгезивная активность позволяет клетке не только увеличить свою популяцию, но и противостоять воздействию неблагоприятных факторов внешней среды, проявлять антагонизм по отношению к другим бактериям. Обладая высоким сродством к рецепторам энтероцитов и адгезируя с ними, представители нормальной кишечной микрофлоры тем самым уменьшают потенциал патогенного воздействия на стенку кишечника со стороны болезнетворных микроорганизмов.

Следует отметить, что от адгезивных свойств во многом зависят состав, стабильность и защитные свойства микроорганизмов. В связи с этим дальнейшие исследования направлены на изучение адгезивных свойств *Bifidobacterium longum* DK-100. Адгезивные свойства исследуемых штаммов оценивают по среднему показателю адгезии (СПА), коэффициенту участия эритроцитов (КУЭ); индексу адгезивности микроорганизма (ИАМ). Результаты исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1

Адгезивные свойства *B. longum* DK-100

Штамм <i>B. longum</i> DK-100	СПА	КУЭ, %	ИАМ	Адгезивность
Контрольный концентрат	4,2	84	4,76	Высокоадгезивный
Концентрат с 1,5% кедрового жмыха	4,4	86	5,11	

Из данных таблицы 1 можно сделать вывод, что при внесении пищевых волокон повышаются адгезивные свойства бифидобактерий. Установлено, что бифидобактерии способны колонизировать поверхность пищевых волокон с образованием слизистых биопленок. Высокие адгезивные свойства бифидобактерий влияют на многие жизненно важные показатели: метаболизм, скорость роста, устойчивость к неблагоприятным воздействиям.

Таким образом, исследуемый штамм бифидобактерий в присутствии пищевых волокон обладает более высокими адгезивными свойствами, что свидетельствует о хорошей закрепляемости бифидобактерий на стенках кишечника макроорганизма и создании защитного барьера.

Согласно литературным источникам, к механизмам, гарантирующим стабильность микробного консорциума, кроме адгезии относится также когезия (агрегация клеток). Установлено, что когезия осуществляется главным образом посредством слияния наружных слоев клеточных стенок. Следует отметить, что в литературе недостаточно освещены сведения о межклеточных контактах микроорганизмов, отражающих закономерности развития микробных популяций как саморегулирующих многоклеточных систем. В связи с этим дальнейшие исследования посвящены изучению влияния пищевых волокон на когезию бифидобактерий (на примере *B. longum* DK-100). Результаты исследований представлены на рисунках 3, 4.

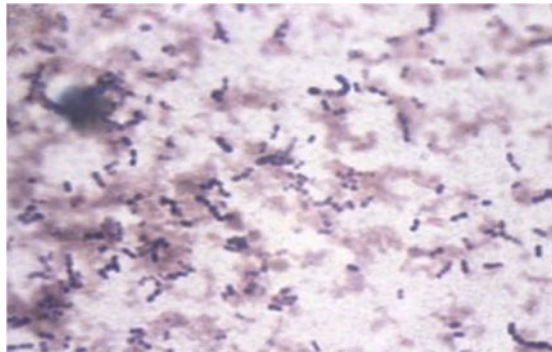


Рис. 3. Когезия *B. longum* DK-100 клеток в контрольном концентрате

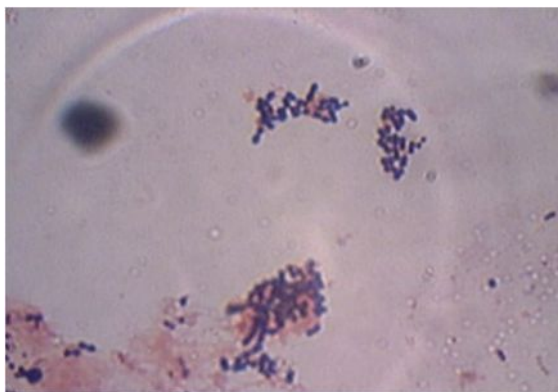


Рис. 4. Когезия *B. longum* DK-100 клеток в концентрате с 1,5% кедрового жмыха

Из представленных выше рисунков видно, что в присутствии пищевых волокон (см. рис. 4) бактерии поддерживают свою жизнеспособность посредством агрегации и адгезии на пищевых волокнах. В основе адгезии и когезии микроорганизмов лежат одни и те же физико-химические механизмы – механизм адаптации к новой среде. общепринято, что адгезия на твердых поверхностях является универсальной адаптивной реакцией, повышающей защищенность микроорганизмов при неблагоприятных условиях роста.

Агрегация отдельных клеток обеспечивает химическую коммуникацию в популяции для ее выживания и служит средством кооперации в сообществах. В структурированных микробных популяциях (колониях и биопленках) защита микроорганизмов с участием внеклеточных факторов адаптации будет наиболее эффективной.

Различные добавки, используемые в пищевой промышленности, и химикаты в сельском хозяйстве содержат то или иное количество канцерогенов и мутагенов, неблагоприятно влияющих на здоровье человека. Известно, что бифидобактерии обладают антимутагенными свойствами, которые зависят от видовой штаммовой принадлежности микроорганизмов и условий культивирования. Также они обладают способностью к детоксикации вредных соединений в организме человека. Поэтому представляет интерес исследование антимутагенной активности бифидобактерий *Bifidobacterium longum* DK-100 с добавлением пищевых волокон. Результаты представлены в таблице 2.

Исследование влияния пищевых волокон на антимуtagenную активность бифидобактерий *Bifidobacterium longum* DK-100

Штамм <i>B. longum</i> DK-100	Среднее число ревертантов на чашку	Ингибирование, %
Контрольный концентрат	1013	43
Концентрат с 1,5% кедрового жмыха	915	54,6

Как следует из данных таблицы 2, *B. longum* DK-100 с добавлением пищевых волокон характеризуется более высокой антимуtagenной активностью по сравнению с контролем, что объясняется активным ростом и синтезом антимуtagenных веществ. Следовательно, при употреблении бактериального концентрата, обладающего антимуtagenными свойствами, будут необратимо инактивированы мутагенные и канцерогенные ингредиенты в желудочно-кишечном тракте человека.

На основании проведенных исследований нами разработан бактериальный концентрат, обогащенный пищевыми волокнами. Качественная характеристика бактериального концентрата на основе *B. longum* DK-100, обогащенного пищевыми волокнами, представлена в таблице 3.

Таблица 3

Качественная характеристика бактериального концентрата на основе *B. longum* DK-100, обогащенного пищевыми волокнами

Наименование показателя		Значение
Концентрат с пребиотиком		Концентрат с кедровым жмыхом
Цвет		От белого до светло-желтого, с белыми вкраплениями
Вкус и запах		Чистый, слегка сладковатый, с привкусом и запахом кедрового ореха
Предельное значение pH, ед.		5,3-7,5
Температура при выпуске с предприятия, °С, не более		6
Массовая доля кедрового жмыха, %		1,5
Количество бифидобактерий, кое/см ³ , не менее		1*10 ¹⁰
Объем продукта (см ³), в котором не допускаются:	БГКП (колиформы)	10
	<i>S. aureus</i>	10
	патогенные микроорганизмы (в т.ч. сальмонеллы)	50
Дрожжи, КОЕ/см ³ , не более		10
Плесени, КОЕ/см ³ , не более		10

Как свидетельствуют данные таблицы 3, бактериальный концентрат характеризуется высоким количеством жизнеспособных клеток и содержит пищевые волокна.

В результате проведенных исследований разработан бактериальный концентрат синбиотик, содержащий в качестве пробиотика бифидобактерии, а в качестве пребиотика – кедровый жмых.

Библиография

1. Sanchez, B., De Los Reyes-Gavilan C.G., Margolles A., and Gueimonde M. 2009. Probiotic fermented milks: Present and future. *Int. J. Dairy Technol.* 62:472-483.
2. Sairanen U., Piirainen L., Grasten S., Tompuri T., Matto J., Saarela M., and Korpela R. 2007. The effect of probiotic fermented milk and inulin on the functions and microecology of the intestine. *J. Dairy Res.* 74:367-373.
3. Criscio T. Di., Fratanni A., Mignogna R., Cinquanta L., Coppola R., Sorrentino E., and Panfili G. 2010. Production of functional probiotic, prebiotic, and synbiotic ice creams. *J. Dairy Sci.* 93:4555-4564.
4. Хамагаева И.С., Калужских Ю.Г. Влияние растительного сырья на потребительские свойства биопродуктов // Молочная промышленность. – 2009. – №7. – С. 38.
5. Хамагаева И.С., Столярова А.С., Хантургаев А.Г. Культивирование бифидобактерий на шроте кедрового ореха // «Техника и технология обработки и переработки пищевых продуктов»: материалы регион. науч.-практ. конф. – Улан-Удэ, 2000. – С. 134-135.

Bibliography

1. Sanchez, B., De Los Reyes-Gavilan C. G., Margolles A., and Gueimonde M.. 2009. Probiotic fermented milks: Present and future. *Int. J. Dairy Technol.* 62:472-483.
2. Sairanen U., Piirainen L., Grasten S., Tompuri T., Matto J., Saarela M., and Korpela R.. 2007. The effect of probiotic fermented milk and inulin on the functions and microecology of the intestine. *J. Dairy Res.* 74:367-373.
3. Di Criscio T., Fratianni A., Mignogna R., Cinquanta L., Coppola R., Sorrentino E., and Panfili G. 2010. Production of functional probiotic, prebiotic, and synbiotic ice creams. *J. Dairy Sci.* 93:4555-4564.
4. Hamagaeva I.S., Kalugskih J.G. Effect of plant material on the consumer properties of bioproducts // *Molochnaya promyshlennost.* – 2009. – N 7. – P. 38.
5. Hamagaeva I.S., Stolyarova A.S., Hanturgaev A.G. Cultivation of bifidobacteria on oilcake cedar // «Technique and technology of processing and food processing»: Proceedings of the regional scientific-practical. conf. – Ulan-Ude, 2000. – P. 134-135.