

# К вопросу производства ферментированных молочных напитков диабетического назначения



**Дидух Н.А., к.т.н., докторант, Одесская национальная академия пищевых технологий**



**Могильянская Н.А., аспирант,**

В работе приведены основные этапы подбора культур лакто- и бифидобактерий с высокой  $\beta$ -галактозидазной активностью для производства ферментированных молочных напитков диабетического назначения.

Разработка широкой гаммы новых продуктов функционального назначения, в том числе на молочной основе, которые были бы достаточно распространенными и при постоянном употреблении оказывали бы положительное влияние на организм людей, больных сахарным диабетом, и предупреждали прогрессирование этого заболевания, является важным социально-экономическим заданием [1].

Сегодня на потребительском рынке Украины молочные продукты диабетического назначения представлены, в основном, сладкими йогуртами, творожными десертами и мороженым с заменителями сахара. Традиционно употребляемые здоровым населением Украины ферментированные молочные напитки (кефир, простокваша, ряженка, ацидофилин, питьевой йогурт и др.), которые были бы рекомендованы для диабетического питания, на рынке страны отсутствуют. Это объясняется тем, что нет научно-обоснованных технологий производства данных продуктов.

В данное время одним из перспективных путей развития молочной промышленности является разработка ферментированных молочных напитков диабетического назначения с пониженным содержанием лактозы и повышенным содержанием биологически активных веществ.

Согласно принципам функционального питания наибольшую ценность представляют пробиотики, содержащие жизнеспособ-

ные микроорганизмы с высокой биохимической активностью и устойчивостью к неблагоприятным условиям среды [2].

Первичным субстратом, инициирующим ферментативные процессы в молоке, является лактоза, расщепляющаяся под действием  $\beta$ -галактозидазы на моносахариды. Этот фермент является ключевым в расщеплении лактозы молока микроорганизмами закваски. Натуральный фермент  $\beta$ -галактозидаза имеет растительное и животное происхождение. Считают, что наиболее физиологичным является применение  $\beta$ -галактозидазы микробного происхождения [3-4].

Известно [5], что молочнокислые культуры обладают достаточно высокой  $\beta$ -галактозидазной активностью по сравнению с другими микроорганизмами. Кроме того, установлено, что в результате воздействия фермента  $\beta$ -галактозидазы на молочный сахар образуются важные бифидогенные продукты трансгликозилирования, повышающие биохимическую активность бифидобактерий и стимулирующие их развитие.

При разработке технологий ферментированных напитков диабетического назначения следует особое внимание уделять выбору заквасочных композиций, которые в большей степени утилизируют глюкозу и в меньшей степени – галактозу, поскольку усвоение глюкозы в организме человека осуществляется с участием инсулина, тогда как усвоение галактозы и фруктозы – без него [6].

Цель представленной работы – подбор культур лакто- и бифидобактерий с высокой  $\beta$ -галактозидазной активностью для производства ферментированных молочных напитков диабетического назначения.

Основные задачи исследований:

- проведение скрининга молочнокислых культур для производства кефира и простокваши диабетического назначения;
- подбор комплексов пробиотических культур для производства ацидофилина диабетического назначения;
- подбор комплексов пробиотических культур для производства йогурта диабетического назначения.

На первом этапе исследований был осуществлен скрининг молочнокислых стрептококков для производства простокваши и кефира диабетического назначения.

Традиционно для производства кефира используют кефирные грибки или многокомпонентные закваски, в состав которых входят мезофильные молочнокислые лактококки и палочки, дрожжи и уксуснокислые бактерии; для производства простокваши – мезофильные молочнокислые лактококки [3, 4, 7]. При биотехнологической обработке молока чистыми или смешанными культурами мезофильных молочнокислых лактококков лактоза молока расщепляется ферментом  $\beta$ -галактозидаза до моносахаридов – глюкозы и галактозы, которые сбраживаются до L и D-изомеров молочной кислоты. Благодаря относительно низкому пределу кислотообразования при использовании мезофильных молочнокислых лактококков в составе заквасочных композиций получают кисломолочные продукты с невысокой кислотностью [4]. Массовая доля лактозы, утилизируемая молочнокислыми лактококками при биотехнологической обработке молока, составляет 0,40–0,45%. Содержание лактозы в кисломолочных продуктах, полученных с использованием этих микроорганизмов, колеблется в пределах 4,0–4,5%.

Имеются данные [7–9] о том, что из молочнокислых стрептококков наибольшим лактозосбраживающим потенциалом обладают термофильные молочнокислые стрептококки. Фермент  $\beta$ -галактозидаза, вырабатываемый *Streptococcus thermophilus*, более активно гидролизует лактозу молока, проявляя при этом высокую активность и стабильность. Чистые культуры *Streptococcus thermophilus* сбраживают глюкозу гликолитическим путем с образованием L(+)-изомера молочной кислоты. Галактоза, образующаяся при ферментном гидролизе лактозы, не утилизируется данными микроорганизмами и остается в продукте. Массовая доля лактозы, расщепляемая *Streptococcus thermophilus*, составляет 0,8–1,2%; остаточное содержание лактозы в кисломолочных продуктах, полученных ферментацией этими культурами, составляет 3,6–3,9%.

С целью проведения сравнительного анализа углеводного состава ферментированных сгустков для производства кефира и простокваши диабетического назначения были выбраны закваски прямого внесения, представленные на рынке Украины и широко используемые молокоперерабатывающими предприятиями, в состав которых входят:

– *Streptococcus thermophilus* – FD DVS St-body и *Liobac ST*;

– смесь *Streptococcus thermophilus*, *Lactococcus lactis ssp. lactis*, *Lactococcus lactis ssp. cremoris*, *Lactococcus lactis ssp. diacetylactis* – *Liobac STM*;

– смесь *Lactococcus lactis ssp. lactis*, *Lactococcus lactis ssp. cremoris* – *Liobac ML*;

– смесь *Lactococcus lactis ssp. lactis*, *Lactococcus lactis ssp. cremoris*, *Lactococcus lactis ssp. diacetylactis*, *Leuconostoc mesenteroides ssp. cremoris* – FD DVS CHN-19 и *Liobac MCL*;

– смесь *Lactobacillus lactis*, *Lactococcus lactis*, *Leuconostoc*, *Saccharomyces* и *Streptococcus thermophilus* – *Liobac Kefir 22*;

– смесь *Lactobacillus lactis*, *Lactococcus lactis*, *Leuconostoc* и *Saccharomyces* – *Liobac Kefir 11*.

Проведены исследования углеводного состава сгустков, полученных ферментацией обезжиренного молока, содержащего 4,6% лактозы, с использованием перечисленных заквасочных культур (табл. 1). Установлено, что ферментированные сгустки, полученные с использованием чистых культур *Streptococcus thermophilus*, содержат на 0,5–0,6% меньше лактозы в сравнении со сгустками, полученными с использованием мезофильных заквасочных культур. Поэтому для производства простокваши диабетического назначения целесообразно использовать заквасочные композиции, в состав которых входит *Streptococcus thermophilus*; он обладает более высокой β-галактозидазной активностью в сравнении с мезофильными заквасочными культурами.

Сравнивая закваски FD DVS St-body и *Liobac ST*, можно сделать вывод, что чистые культуры *Streptococcus thermophilus*, входящие в состав FD DVS St-body, утилизируют 0,9% лактозы молока, при этом ферментированный сгусток содержит на 0,4% больше лактозы и на 0,2% меньше галактозы, чем сгусток, полученный ферментацией обезжиренного молока чистыми культурами *Streptococcus thermophilus*, входящими в состав закваски *Liobac ST* (общее количество лактозы, утилизируемое микрофлорой указанной закваски, составляет 1,0%). Поэтому для производства простокваши диабетичес-

кого назначения целесообразно использовать заквасочные композиции на основе штамма *Streptococcus thermophilus*, входящего в состав *Liobac ST*.

Сравнение углеводного состава сгустков, полученных с использованием заквасок *Liobac Kefir 11* и *Liobac Kefir 22*, свидетельствует о преимуществе использования последней для производства кефира диабетического назначения: массовая доля сахаров в продукте при использовании закваски *Liobac Kefir 11* на 0,2% выше, чем при использовании закваски *Liobac Kefir 22*, причем последний сгусток содержит 3,5% лактозы и 0,3% галактозы, которая усваивается в организме человека без участия инсулина.

Второй этап экспериментальных исследований состоял в подборе комплекса пробиотических культур для производства ацидофилина диабетического назначения.

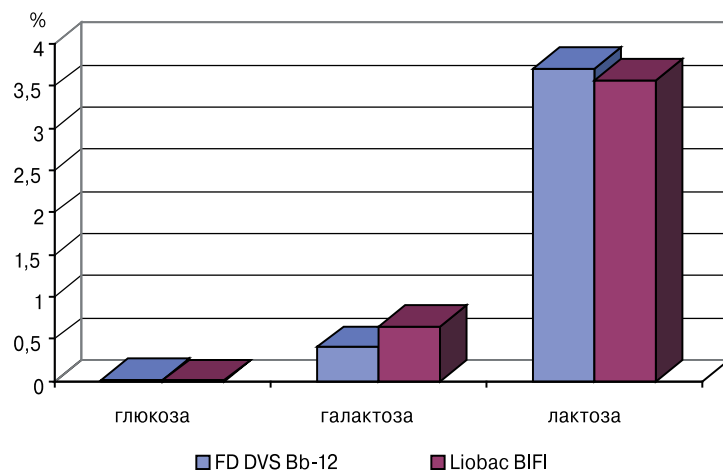
Био-ацидофилин производится с использованием чистых культур *Lactobacillus acidophilus*, выделенных из содержимого пищеварительного тракта человека и способных приживаться в кишечнике после культивирования в молоке. *Lactobacillus acidophilus* обладает антагонистическим действием по отношению к патогенным и условно-патогенным бактериям, обусловленным продуцируемыми ею антибиотиками – ацидофилином и лактоцидином, действие которых усиливается в присутствии молочной кислоты [3]. *Lactobacillus acidophilus* является сильным кислотообразователем, при ферментации молока расщепляет 0,9–1,0% лактозы, образуя L(+) или DL-изомеры молочной кислоты. Сбраживание лактозы чистыми культурами *Lactobacillus acidophilus* осуществляется гликолитическим путем с утилизацией глюкозы и галактозы [5].

Ацидофильные продукты, как правило, имеют высокий уровень кислотности (до

120°Т), что ограничивает спектр потребления данных продуктов. Введение в ацидофильные продукты бифидобактерий способствует получению ферментированных молочных продуктов с нормируемым уровнем кислотности, повышенными пробиотическими, антибиотическими и диетическими свойствами, так как содержат ряд биологически активных соединений: свободных аминокислот, летучих жирных кислот, ферментов, антибиотических веществ, витаминов, микро- и макроэлементов [3]

Молоко не является естественной средой обитания для пробиотических культур бифидобактерий, поэтому для их промышленного использования требуется значительная селекционная работа по адаптации этих культур к молоку. Кроме того, для стимулирования роста бифидобактерий в молоке широко применяются бифидогенные факторы различной природы – фруктоза, глюкоза, лактулоза, инулин, морковный сок, ПНЖК и т.д. [2–5]. Комбинирование двух способов стимулирования роста и развития бифидобактерий в молоке – адаптация их к молоку и внесение бифидогенных факторов – позволит получить ферментированные молочные продукты с повышенными пробиотическими свойствами.

На рынке Украины представлены адаптированные к молоку закваски бифидобактерий прямого внесения – FD DVS Bb-12, в состав которой входят чистые культуры *Bifidobacterium animalis*, и *Liobac BIFI*, в состав которой входят смешанные культуры *Bifidobacterium bifidum*, *Bifidobacterium longum* и *Bifidobacterium breve*. Данные закваски были использованы для ферментации обезжиренного молока с использованием фруктозы, в количестве 0,1% от массы заквашиваемого молока, в качестве бифидогенного фактора [10]. Анализ углеводного состава полученных сгустков (рису-



**Углеводный состав сгустков, ферментированных пробиотическими штаммами бифидобактерий**

Таблица 1

Углеводный состав сгустков, полученных ферментацией обезжиренного молока заквасками с использованием молочнокислых лакто- и стрептококков

| Заквасочная композиция |  | Массовая доля в сгустке, % |           |         |          | Суммарное содержание углеводов в сгустке, % |
|------------------------|--|----------------------------|-----------|---------|----------|---|
| наименование           | состав   | глюкозы                    | галактозы | лактозы | фруктозы |   |
| FD DVS St-body         | <i>Streptococcus thermophilus</i>  | следы                      | 0,1       | 3,563   | –        | 3,663                                       |
| Liobac ST              | <i>Streptococcus thermophilus</i>  | следы                      | 0,343     | 3,162   | –        | 3,505                                       |
| Liobac Kefir 22        | <i>Lactobacillus lactis</i> + <i>Lactococcus lactis</i> + <i>Leuconostoc</i> + <i>Saccharomyces</i> + <i>Streptococcus thermophilus</i>  | –                          | 0,306     | 3,533   | –        | 3,839                                       |
| Liobac Kefir 11        | <i>Lactobacillus lactis</i> + <i>Lactococcus lactis</i> + <i>Leuconostoc</i> + <i>Saccharomyces</i>  | –                          | следы     | 4,030   | –        | 4,030                                       |
| Liobac STM             | <i>Streptococcus thermophilus</i> + <i>Lactococcus lactis ssp lactis</i> + <i>Lactococcus lactis ssp cremoris</i> + <i>Lactococcus lactis ssp diacetylactis</i>                | –                          | 0,354     | 3,536   | –        | 3,89  |
| Liobac ML              | <i>Lactococcus lactis</i> + <i>Lactococcus cremoris</i>  | –                          | следы     | 4,043   | следы    | 4,043                                       |
| FD DVS CHN-19          | <i>Lactococcus lactis ssp lactis</i> + <i>Lactococcus lactis ssp. cremoris</i> + <i>Leuconostoc mesenteroides ssp. cremoris</i> + <i>Lactococcus lactis ssp. diacetylactis</i> | следы                      | следы     | 3,991   | следы    | 3,991                                       |
| Liobac MCL             | <i>Lactococcus lactis ssp lactis</i> + <i>Lactococcus lactis ssp cremoris</i> + <i>Leuconostoc mesenteroides ssp cremoris</i> + <i>Lactococcus lactis ssp diacetylactis</i>    | –                          | –         | 4,096   | –        | 4,096                                       |

Таблица 2

Углеводный состав сгустков ацидофилина диабетического назначения

| Заквасочная композиция        |  | Бифидогенный фактор | Массовая доля в сгустке, % |           |         |          | Суммарное содержание углеводов в сгустке, % |
|-------------------------------|--|---------------------|----------------------------|-----------|---------|----------|---|
| наименование                  | состав   |                     | глюкозы                    | галактозы | лактозы | фруктозы |   |
| FD DVS Bb-12 +<br>FD DVS La-5 | <i>Bifidobacterium animalis</i> + <i>Lactobacillus acidophilus</i>   | фруктоза            | –                          | 0,208     | 3,62    | –        | 3,828                                       |
| Liobac BIFI +<br>Liobac Lacid | <i>Bifidobacterium bifidum</i> + <i>Bifidobacterium longum</i> + <i>Bifidobacterium breve</i> + <i>Lactobacillus acidophilus</i> | фруктоза            | 0,131                      | –         | 3,306   | следы    | 3,437                                       |

Таблица 3

Углеводный состав сгустков йогурта диабетического назначения

| Заквасочная композиция           |   | Бифидогенный фактор | Массовая доля в сгустке, % |           |         |          |          | Суммарное содержание углеводов в сгустке, % |
|----------------------------------|---|---------------------|----------------------------|-----------|---------|----------|----------|---|
| наименование                     | состав  |                     | глюкозы                    | галактозы | лактозы | фруктозы | сахарозы |   |
| FD DVS Yo-Flex +<br>FD DVS Bb-12 | <i>Streptococcus thermophilus</i> + <i>Lactobacillus bulgaricus</i> + <i>Bifidobacterium animalis</i>   | β-галактозидаза     | 1,951                      | 1,564     | следы   | следы    | следы    | 3,515                                       |
| Liobac Yo-Yo +<br>Liobac BIFI    | <i>Streptococcus thermophilus</i> + <i>Lactobacillus bulgaricus</i> + <i>Bifidobacterium bifidum</i> + <i>Bifidobacterium longum</i> + <i>Bifidobacterium breve</i> | β-галактозидаза     | 1,739                      | 1,491     | следы   | 0,13     | следы    | 3,36  |

нок) свидетельствует о том, что для производства ферментированных молочных продуктов диabetического назначения предпочтительным является использование трехштаммовой закваски *Liobac BIFI*, поскольку такие продукты содержат на 0,15% меньше лактозы и на 0,25% больше галактозы.

Некоторыми авторами показано [11], что бифидобактерии обладают низкой  $\beta$ -галактозидазной активностью и это является одной из причин их слабого развития в молоке. Активизация роста бифидобактерий в молоке за счет высокой  $\beta$ -галактозидазной активности других заквасочных культур связана с повышением собственной  $\beta$ -галактозидазной активности бифидобактерий. В таких условиях бифидобактерии приобретают способность накапливать из лактозы необходимые для своего роста соединения: глюкозу и олигосахариды. В связи с этим целесообразно культивирование бифидобактерий совместно с молочнокислыми культурами, обладающими высокой  $\beta$ -галактозидазной активностью, в частности, с *Lactobacillus acidophilus* – для производства ацидофильных продуктов, с йогуртными заквасками – для производства йогуртов.

Результаты исследований углеводного состава ферментированных сгустков, полученных с использованием симбиотических композиций, включающих бифидобактерии и лактобациллы, представлены в табл. 2.

Приведенные результаты свидетельствуют о целесообразности использования для производства ацидофилина диabetического назначения комплекса *Liobac BIFI* + *Liobac Lacid*: сгусток, полученный ферментацией обезжиренного молока данным комплексом пробиотических бактерий содержит на 0,4% меньше углеводов (в т.ч., на 0,3% меньше лактозы) и обогащен четырьмя жизнеспособными штаммами пробиотических культур.

Третий этап экспериментальных исследований предусматривал подбор комплексов пробиотических культур для производства йогурта диabetического назначения.

Традиционно для производства йогурта используют закваски, в состав которых входят *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus bulgaricus* в соотношении 1:1. *Lactobacillus bulgaricus* – сильный кислотообразователь; при сбраживании глюкозы преимущественно образует D(-)-изомеры молочной кислоты (уже выделены штаммы *L. bulgaricus*, образующие L(+)-молочную кислоту); галактозу не расщепляет. Штаммы *Lactobacillus bulgaricus*

образуют также ацетальдегид, который придает продуктам специфический вкус и аромат, и антибиотические вещества, подавляющие нежелательную микрофлору в кишечнике [4].

Симбиотическое взаимоотношение между *Lactobacillus bulgaricus* и *Streptococcus thermophilus* можно объяснить их обменом веществ, способами питания и условиями развития. *Lactobacillus bulgaricus* имеет выраженную протеолитическую активность и выделяет валин – аминокислоту, которая стимулирует развитие *Streptococcus thermophilus*. Своим развитием термофильный стрептококк опережает болгарскую палочку, понижая окислительно-восстановительный потенциал и pH молока, что создает благоприятные условия для развития *Lactobacillus bulgaricus* [3, 4].

Йогурты, полученные ферментацией молока этими микроорганизмами, имеют пробиотические свойства, нормализуют кишечную микрофлору, понижают уровень холестерина, выводят токсины и активизируют функции иммунной системы. Обогащенные бифидобактериями йогурты обладают еще более выраженными пробиотическими, антагонистическими и антиатерогенными свойствами, осуществляют гепатопротекторное, антиканцерогенное и антианемическое воздействие на организм человека [2, 5].

Для активизации роста бифидобактерий при производстве йогурта был использован ферментный препарат  $\beta$ -галактозидазы в количестве 0,05%; степень гидролиза лактозы составляла 80% [12]. Моносахара – глюкоза и галактоза – выполняют функцию бифидогенных факторов и повышают естественную сладость продукта, что исключает необходимость использования заменителей сахара, оказывающих неблагоприятное воздействие на желудочно-кишечную микрофлору [6].

Сравнение углеводного состава сгустков, полученных с использованием комплексов *FD DVS Yo-Flex* + *FD DVS Bb-12* и *Liobac Yo-Yo* + *Liobac BIFI*, свидетельствует о возможности использования обоих составленных комплексов для производства йогурта диabetического назначения, поскольку суммарное содержание углеводов в полученных сгустках отличается на 0,15%; причем только 52,4–55,6% от общего содержания углеводов представлено глюкозой.

На основании проведенных исследований для производства простокваши диabetического назначения рекомендовано использование заквасочных композиций на основе штамма *Streptococcus thermophilus*, входящего в состав *Liobac ST*;

для производства кефира диabetического назначения – заквасочные композиции с использованием *Liobac Kefir 22*; для производства ацидофилина диabetического назначения – комплекс *Liobac BIFI* + *Liobac Lacid* + фруктоза; для производства йогурта диabetического назначения – комплексы *FD DVS Yo-Flex* + *FD DVS Bb-12* +  $\beta$ -галактозидаза и *Liobac Yo-Yo* + *Liobac BIFI* +  $\beta$ -галактозидаза.

#### Литература

- Капрельянец Л.В. Функціональні продукти / Л.В. Капрельянец, К.Г. Юргачова. – Одеса: Друк, 2003. – 312 с.
- Шевелева С.А. Пробиотики, пребиотики и пробиотические продукты. Современное состояние вопроса // Вопр. питания. – 1999. – № 2. – С. 32-39.
- Степаненко П.П. Микробиология молока и молочных продуктов: Учебник для студ. ВУЗов / Рек. Советом Учебно-методического объед. по образ. в области переработки сырья и прод. живот. происход. в кач. учеб. для студ. ВУЗов /. – М. – Сергиев Посад: ООО "Всё для Вас – Подмоскowie", 1999. – 415 с.
- Банникова Л.А. Микробиологические основы молочного производства / Л.А. Банникова, Н.С. Королева, В.Ф. Семенихина. – М.: Агропромиздат, 1987. – 400 с.
- Biavati V. Probiotics and Bifidobacteria / V. Biavati, V. Bottazzi, L. Morelli. – Novara (Italy): MOFIN ALCE, 2001. – 79 p.
- Бруселовская И.В., Кузьмин В.Д. Сахарный диабет: лечение народными средствами. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2005. – 252 с.
- Кигель Н.Ф. Заквасочные культуры для ферментированных молочных продуктов: основные свойства и виды // Молочна промисловість. – 2005. – № 1 (16). – С. 26-29.
- Ганина В. И.  $\beta$ -галактозидазная активность молочнокислых бактерий и бифидобактерий / В.И. Ганина, Л.В. Калинина, Е.В. Большакова // Молочная промышленность. – 2002. – №8. – С. 36-37.
- Данилов М.Б. Активность  $\beta$ -галактозидазы микроорганизмов, используемых в производстве молочных продуктов // Хранение и переработка с/х сырья. – 2001. – № 7. – С. 30-31.
- Дідух Н.А. Рекомендації щодо використання фруктози у виробництві молочних продуктів пробіотичного призначення / Н.А. Дідух, О.П. Чагаровський, Н.Л. Мудряк // Вісник ДонДУЕТ. – Донецьк: ДонДУЕТ, 2005. – № 1 (25). – С. 16-21.
- Хамагаева И.С. Теоретическое обоснование и разработка технологии кисломолочных продуктов на основе использования  $\beta$ -галактозидазы и бифидобактерий: Автореф. дис....д-ра техн. наук. – М.: МТИММП, 1989. – 34 с.
- Погосян А.С. До питання ферментативного гідролізу лактози за допомогою -галактозидази. // Молочна промисловість. – 2006. – № 3. – С. 44-45.