

БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ЙОГУРТА ИЗ КОЗЬЕГО МОЛОКА

Е.А. Скиба, Н.А. Шавыркина, Е.А. Кукарина

*Козье молоко имеет высокие потребительские качества, его успешно используют в геронтологии и детском питании, а благодаря применению такой культуры, как *Lactobacillus bulgaricus*, возможно производство из него не только пищевого продукта, но и пробиотических препаратов, которые могут использоваться в разных областях медицины для профилактики и комплексного лечения многих заболеваний.*

*Изучение основных характеристик козьего молока, а также параметров сквашивания его молочнокислыми микроорганизмами, является предметом рассмотрения данной статьи. Приведено варьирование химического состава козьего молока в течение года (kozy зааненской породы), показано, что по массовым долям жира, белка и лактозы оно превосходит требования ГОСТ 32940–2014. Определен дисперсный диапазон жировых шариков козьего молока, средний размер жировых глобул составляет 0,69 мкм. Исследовано влияние соотношения *Lactobacillus bulgaricus* и *Streptococcus thermophilus* в закваске и продолжительности сквашивания на микробиологические характеристики йогуртов из козьего молока. Установлено, что соотношение *Lactobacillus bulgaricus* и *Streptococcus thermophilus* в закваске 1:5 и продолжительность сквашивания 6-9 ч обеспечивают получение высококачественного продукта, в котором соотношение палочек и стрептококков составляет 1:10. Исследованы изменения эффективной вязкости йогуртов в зависимости от температуры пастеризации и продолжительности сквашивания козьего молока. Выявлено, что для формирования кисломолочного сгустка из козьего молока с оптимальными вязкопластичными характеристиками, пастеризация должна проводиться при температуре 90 °С без выдержки, а сквашивание – в течение 9 ч.*

*Ключевые слова: козье молоко, йогурт, *Lactobacillus bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, продолжительность сквашивания, динамическая вязкость, активная кислотность, реологические свойства.*

ВВЕДЕНИЕ

В последние 25 лет молочное скотоводство получило в России широкое распространение [1], поэтому усилилось внимание к козьему молоку со стороны учёных, технологов и врачей [2-7]. На территории Алтайского края козоводство стало развиваться сравнительно недавно. Большая часть коз находится в частных хозяйствах. Среди пород, преобладающих в нашем крае, можно выделить тогенбургскую, чешскую, зааненскую [8].

Высокие потребительские качества, результативность его использования в геронтологии, доказанная эффективность использования козьего молока в качестве заменителя материнского, подтвержденная многолетней практикой и новейшими исследованиями [3, 4] позволяют вносить предложения позиционировать этот продукт на рынке как лечебно-профилактический и продукт с иммуномоделирующими свойствами [2].

Для стабильной работы производства продуктов переработки козьего молока, необходимо учитывать его физико-химические свойства, отличные от свойств коровьего молока. Известно, что в козье молоко отличается от коровьего повышенной дисперсностью жировой фракции (размер жировых шариков меньше в 10-15 раз) и большим содержанием в жире короткоцепочечных ненасыщенных кислот (линолевой и линоленовой). Белок козьего молока отличается тем, что основная фракция представлена β -казеином (коровьего – α_s -казеинами), а сывороточные белки представлены α -лактоальбумином (в коровьем молоке – β -лактоглобулином) [5, 9]. Эти физико-химические отличия должны учитываться в технологическом процессе, поскольку они обуславливают отличия в биохимических и реологических изменениях молока, происходящих в технологических процессах. Например, сгусток, получаемый из козьего молока при производстве сыра, более мягкий и нежный, а отделяемая сыворотка – более

БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ЙОГУРТА ИЗ КОЗЬЕГО МОЛОКА

мутная, с повышенным содержанием жира и белка по сравнению со сгустками из коровьего молока [2, 5].

Хорошим технологическим решением является производство цельномолочной продукции, тем более что из технологического цикла можно исключить стадию гомогенизации молока [2, 5, 6]. Йогурт был и остаётся популярнейшим кисломолочным продуктом, производство йогурта из козьего молока ежегодно растёт [4]. Кроме того, благодаря использованию в составе заквасочной композиции болгарской палочки, при строгом соблюдении санитарных норм и технологического регламента, возможно производство из козьего молока не только пищевого продукта, но и пробиотических препаратов, которые могут использоваться в разных областях медицины для профилактики и комплексного лечения многих заболеваний [10].

Целью данной работы является исследование биотехнологических особенностей производства йогурта из козьего молока и реологических свойств готового продукта.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В работе использовали цельное молоко коз зааненской породы, полученное в частных хозяйствах г. Бийска Алтайского края. Исследования физико-химического состава проводили стандартными методами: отбор проб и подготовка их к анализу – по ГОСТ 26929; определение температуры продукта – по ГОСТ 26754; массовой доли жира – кислотным методом в соответствии с ГОСТ 22760; массовой доли белка методом формольного титрования – по ГОСТ 25179–2014; массовую долю лактозы – ГОСТ Р 51259-99 (ДИН 10344-82); массовую долю сухих веществ – ГОСТ Р 54668-2011; плотность молока – по ГОСТ 3625; кислотность – титриметрически по ГОСТ 3624. Активную кислотность определяли потенциометрически, рН-метр «Checker-1» (HANNA Instruments, Германия). Определение количества и установление диаметра жировых шариков проводили с помощью камеры Горяева.

Для экспериментов использовали чистые культуры многоштаммовых заквасок *Lactobacillus bulgaricus* и *Streptococcus thermophilus* производства ООО «Барнаульская биофабрика», при этом закваски культивировались отдельно, а затем вносились в стерилизованное козье молоко (0,5 атм, 30 мин). Температура сквашивания во всех случаях составила 40 °С. Для определения мик-

робиологических характеристик йогуртов использовали методику ВНИИМС [11].

Измерения значений динамической вязкости опытных образцов йогурта проведены на ротационном вискозиметре «Реотест-2» (Германия) с использованием цилиндрической измерительной системы S/S3 при скоростях деформации от 1 до 12 1/с и температуре 4 °С. В качестве реологического параметра определяли эффективную (динамическую) вязкость.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Физико-химические показатели козьего молока в течение года варьировали в широком диапазоне, приведенном в таблице 1.

Варьирование физико-химических показателей молока объясняется сезонными колебаниями и физиологическими изменениями животных в разные периоды лактации. Во всех случаях молоко соответствовало ГОСТ 32940–2014 [12], и по содержанию жира, белка, лактозы, СОМО и СВ превышало нормируемые показатели. Высокое качество молока-сырья связано с благоприятной природно-климатической зоной (предгорье Алтая) и достойными условиями содержания и кормления коз.

Таблица 1 – Варьирование физико-химических показателей козьего молока в течение года

Показатели	Диапазон значений
М.д. жира, %	4,0-6,2
М.д. белка, %	3,7-5,3
М.д. лактозы, %	4,1-5,5
СОМО, %	7,9-10,9
М.д. СВ, %	12,8-17,0
Плотность, г/см ³	1,027-1,032
Кислотность, °Т	15,0-23,0
Активная кислотность, ед.рН	6,1-6,7

На рисунке 1 представлен дисперсный состав жировых шариков козьего молока. 78 % жировых шариков имеют диаметр менее 0,5 мкм, а средний диаметр жировых глобул составляет 0,69 мкм, что 3 раза меньше, чем, например, характерно для молока итальянских коз гарфагнинской породы [13].

Было отработано три варианта комбинации заквасочных микроорганизмов *Lactobacillus bulgaricus* и *Streptococcus thermophilus*: 1:2, 1:5, 1:10. На рисунке 2 представлена динамика активной кислотности полученных образцов йогурта в процессе ферментации.

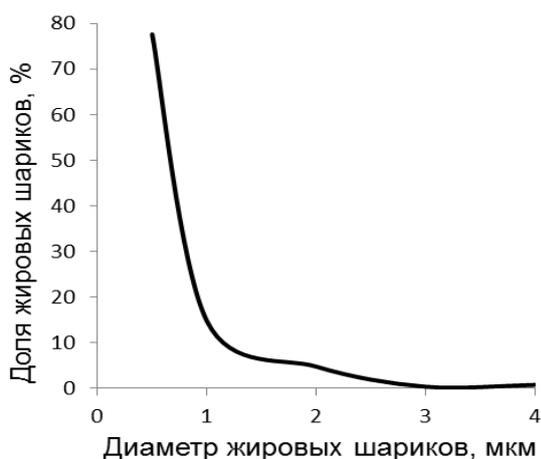


Рисунок 1 – Дисперсный состав жировых шариков козьего молока

Во всех образцах наблюдается уменьшение значений pH в процессе термостатирования. Активная кислотность образца 1:10 несколько выше, чем у других образцов, что можно объяснить преобладанием в композиции термофильного стрептококка, который относится к слабым кислотообразователям. Все образцы отличались высокими органолептическими показателями: вкус приятный, специфический, чистый кисломолочный. В особенности вкус выражен для комбинативных заквасочных вариантов 1:2 и 1:5, поэтому выбор соотношения компонентов закваски проводился методом микроскопирования. Королевой Н.С. установлено, что в качественном йогурте, соотношение *Lactobacillus bulgaricus* и *Streptococcus thermophilus* должно составлять 1:10 [3].

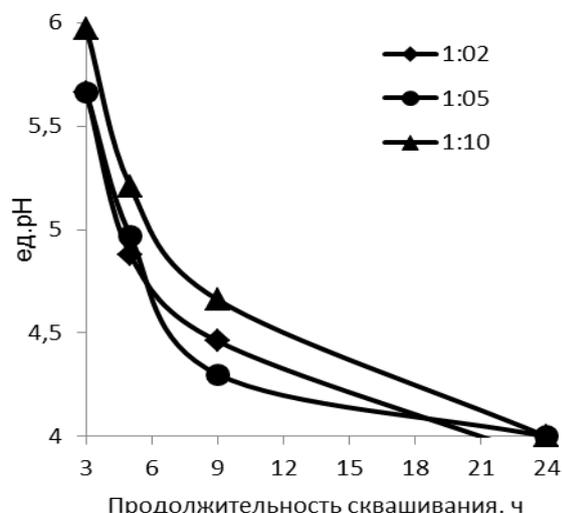


Рисунок 2 – Зависимость активной кислотности образцов йогурта от продолжительности сквашивания

На рисунке 3 представлена типичная картина, наблюдаемая при микроскопировании образцов готового йогурта из козьего молока. Болгарская палочка крупная, характерной вытянутой формы, клетки термофильного стрептококка четкой формы, крупные, образуют длинные цепочки. Хорошее морфобиологическое состояние микроорганизмов указывает на высокие качественные характеристики используемой питательной среды (козьего молока).



Рисунок 3 – Микропрепарат йогурта, ×1000

Зависимость соотношения палочек и кокков в йогурте от их соотношения в закваске представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Зависимость соотношения *Lactobacillus bulgaricus* и *Streptococcus thermophilus* в йогурте от их соотношения в закваске

Соотношение <i>Lactobacillus bulgaricus</i> и <i>Streptococcus thermophilus</i>			
в закваске	1:2	1:5	1:10
в йогурте	1:5	1:10	1:15

Таким образом, оптимальное соотношение микроорганизмов йогуртной закваски достигается при использовании композиции 1:5, то дальнейшие эксперименты проводились при найденном соотношении культур при ферментации молока. Было изучена динамика соотношения культур в йогурте в процессе культивирования в течение 24 ч, результаты отражены в таблице 3.

Установлено, что ферментирование в течение 9 ч приводит к увеличению доли *Lactobacillus bulgaricus* в продукте более, чем 1:10, а через 24 ч комбинативный модуль палочек и кокков в йогурте становится 1:2 и продукт перекисает.

БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ЙОГУРТА ИЗ КОЗЬЕГО МОЛОКА

Таблица 3 – Соотношение *Lactobacillus bulgaricus* и *Streptococcus thermophilus* в йогурте в процессе сквашивания козьего молока

Продолжительность культивирования, ч.	0	3	6	9	24
Соотношение <i>Lactobacillus bulgaricus</i> и <i>Streptococcus thermophilus</i>	1:5	1:20	1:10	1:9	1:2

Таким образом, 6-9 ч – достаточная продолжительность сквашивания, после этого продукт должен подвергаться охлаждению во избежание избыточного нарастания кислотности.

Одним из основных качественных показателей кисломолочной продукции является консистенция. Ее формирование зависит от многих факторов. Поэтому, для объективной оценки готовности кисломолочного продукта, помимо измерения титруемой и активной кислотности, необходимо учитывать структурно-механические (реологические) свойства образующегося сгустка [13].

Изучено изменение эффективной (динамической) вязкости йогурта в процессе кислотного свёртывания козьего молока. Общая доза закваски составила 3 %. Стабилизаторы в процессе приготовления образцов не использовались. На рисунке 4 приведены данные по изменению динамической вязкости йогурта из козьего молока в процессе ферментации. В качестве контроля был взят йогурт из коровьего молока, полученный в аналогичных условиях. Использованное цельное коровье молоко соответствовало требованиям ГОСТ.

В процессе сквашивания вязкость продукта постепенно увеличивается. Максимальный уровень динамической вязкости 4,8 Па*с наблюдается через 9 ч термостатирования. Спустя 24 ч динамическая вязкость начинает снижаться, что объясняется перекисанием продукта и, как следствие, разрывом связей в структуре кислотного геля [14]. Йогурт из козьего из коровьего молока, характеризуется меньшей динамической вязкостью, по сравнению с йогуртом из молока коровьего, поэтому его консистенция более нежная и однородная.

В ходе проведенных исследований изучено влияние температуры пастеризации козьего молока на реологические свойства йогурта. Для надежного функционирования технологического процесса получения структурированных продуктов важно знать зави-

симость реологических свойств кисломолочного продукта от режима пастеризации. Было проведено исследование 4 вариантов температурной обработки козьего молока: 60, 70, 80 и 90 °С, во всех случаях пастеризация проводилась без выдержки.

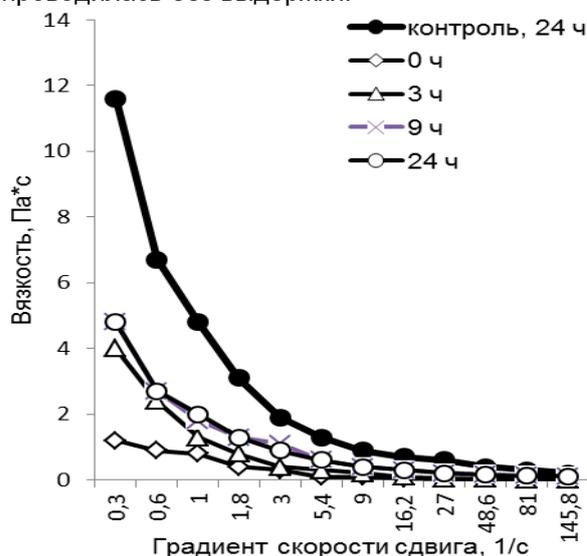


Рисунок 4 – Изменение эффективной вязкости йогурта из козьего молока в процессе сквашивания

Продолжительность сквашивания составила 24 ч. Зависимость динамической вязкости йогурта от градиента скорости сдвига для разных режимов пастеризации представлена на рисунке 5.

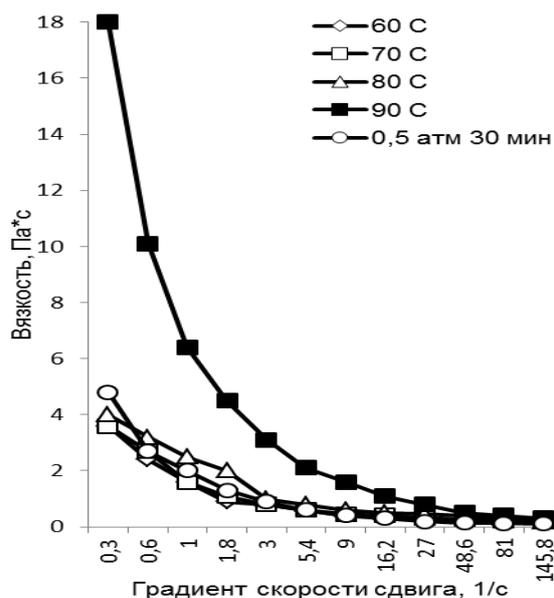


Рисунок 5 – Зависимость эффективной вязкости йогурта от температуры пастеризации козьего молока

При нагревании молока до температуры выше 70°C в нем изменяются содержание растворимых белков. При 90 С денатурирует более 80% сывороточных белков. Сывороточные белки соединяются с к-казеином через дисульфитные мостики. Также к-казеин-сывороточные белки образуют нити, выступающие над поверхностью мицеллы. При дальнейшем нарастании кислотности при участии этих нитей образуется пространственная структура, хорошо удерживающая сыворотку [11]. Таким образом, при повышении температуры пастеризации козьего молока, повышается прочность белкового каркаса кисломолочного сгустка. При температуре пастеризации 90°C динамическая вязкость в 6 раз выше, чем при 60 С. Однако, дальнейшее повышение режима температурной обработки (стерилизация при 0,5 атм в течение 30 мин) приводит к уменьшению динамической вязкости продукта, что связано с необратимым разрушением казеин-сывороточных нитей.

ВЫВОДЫ

1 Химический состав молока коз зааненской породы соответствует ГОСТ 32940–2014, а средний диаметр жировых шариков составляет 0,68 мкм.

2 Установлено, что высокое качество йогурта из козьего молока достигается при соотношении *Lactobacillus bulgaricus* и *Streptococcus thermophilus* в закваске 1:5, и продолжительности сквашивания 6-9 ч.

3. Для формирования вязкопластичного, устойчивого сгустка йогурта из козьего молока можно рекомендовать следующие режимы: пастеризацию молока при температуре 90 С, без выдержки и последующее термостатирование заквашенного молока при 40 °С в течение 6-9 ч.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Санников, М.Ю. Замечания к ГОСТ 32940–2014 «Молоко козье сырое» / М.Ю. Санников, С.И. Новопашина // Овцы, козы, шерстяное дело. – № 4. – 2015. – С. 56–58.
2. Мироненко, И.М. Козье молоко. Как сказку сделать былью / И.М. Мироненко, Д. А. Усатюк, Н.И. Бондаренко // Сыроделие и маслоделие. – № 6. – 2015. – С. 19-22.
3. Боровик, Т.Э. Эффективность использования адаптированной смеси на основе козьего молока в питании здоровых детей первого полугодия жизни: результаты многоцентрового проспективного сравнительного исследования / Т.Э. Боровик, Н.Н. Семёнова, О.Л. Лукоянова, Н.Г. Звонкова, Т.В. Бушуева, Т.Н. Степанова, В.А. Скворцова, О.С. Мельничук, Е.А. Копыльцова, Е.Л. Семикина, И.Н.

Захарова, И.И. Рюмина, М.В. Нароган, Е.В. Грошева, Р.А. Ханферьян, Е.А. Савченко, Т.В. Белоусова, Т.Н. Ёлкина, Е.А. Суровкина, Ю.А. Татаренко // Вопросы современной педиатрии. – 2017. – 16 (3). – С. 226-234. doi: 10.15690/vsp.v16i3.1733).

4. Shao J. Zhou, Thomas Sullivan, Robert A. Gibson, Bo Lo'nnnerdal, Colin G. Prosser, Dianne J. Lowry and Maria Makrides Nutritional adequacy of goat milk infant formulas for term infants: a double-blind randomised controlled trial // British Journal of Nutrition (2014), 111, 1641–1651. doi:10.1017/S0007114513004212.

5. Гетманец, В.Н. Кисломолочные напитки из козьего молока / В.Н. Гетманец // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2016. – № 11 (145). – С. 169-172.

6. Суюнчев О.А. Технология сыров из козьего молока: монография / О.А.Суюнчев. – Ставрополь: СевКазГТУ, 2006. – 164 с.

7. Темербаева М.В. Разработка технологии биоюгурта для функционального питания на основе козьего молока / М.В. Темербаева, Т.К. Бексеитов // Вестник Омского ГАУ. – 2017. – № 1 (25). – С. 120-126.

8. Майоров, А.А. Основные породы молочных коз на территории Алтайского края / А.А. Майоров, Е.М. Щетинина // Ползуновский вестник. – 2013. - № 4. – С.77–79.

9. Скидан, И.Н. Жировые глобулы как детерминанты пищевой и биологической ценности козьего молока / И.Н. Скидан, А.Е. Гуляев, К.С. Казначеев // Вопросы питания. – 2015. - Том 84. - № 2. – С. 81–95.

10. Булатова, Е.М., Пробиотики: клинические и диетологические аспекты применения [Текст] / Е.М. Булатова, Н.М. Богданова, Е.А. Лобанова, Т.В. Габрусская // Педиатрия. – 2010. – Том 89. – № 3 – С.84-90.

11. Королева, Н.С. Симбиотические закваски термофильных бактерий в производстве кисломолочных продуктов / Н.С. Королева, М.С. Кондратенко. – М.: Пищевая промышленность, 1978. – 167с.

12. Межгосударственный стандарт- ГОСТ 32940–2014 «Молоко козье, сырое. Технические условия» / М.– Стандартинформ. -2015.-6 с.

13. Federica Salari, Iolanda Altomonte, Neila Lidiany Ribeiro, Maria Norma Ribeiro, Riccardo Bozzi & Mina Martini (2016) Effects of season on the quality of Garfagnina goat milk, Italian Journal of Animal Science, 15:4, 568-575, DOI: 10.1080/1828051X.2016.1247658.

13. Пономарёв, А.Н. Оценка и контроль консистенции питьевых йогуртов / А.Н. Пономарёв, А.А. Мерзликина, А.А. Смирных, К.К. Полянский // Молочная промышленность. – 2006. – № 2. – С. 73-74.

14. Богомолова, Б.Ф. Производство сыра: технология и качество / Б.Ф. Богомолова. – М: Агропромиздат, 1989. – 496 с.

Скиба Екатерина Анатольевна, кандидат технических наук, доцент, кафедра биотехнологии, Бийский технологический институт (филиал) федерального государственного

ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 4 2017

БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ
ЙОГУРТА ИЗ КОЗЬЕГО МОЛОКА

ственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» (БТИ АлтГТУ), e-mail: eas08988@mail.ru, тел. (3854) 43-53-05.

Шавыркина Надежда Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры биотехнологии, Бийский технологический институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» (БТИ

АлтГТУ), e-mail: 32nadina@mail.ru, тел. (3854) 43-53-05.

Кукарина Елена Анатольевна, кандидат технических наук, доцент, кафедра химической технологии энергонасыщенных материалов и изделий, Бийский технологический институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» (БТИ АлтГТУ), e-mail: kea@bti.secna.ru, тел. (3854) 30-30-90.