

И.А. Сидерко, Н.Н. Фурик, к.т.н., Е.Н. Бирюк, к. с-х. н., А.А. Соглаева
Институт мясо-молочной промышленности, Минск, Республика Беларусь

ПОДБОР ШТАММОВ ТЕРМОФИЛЬНОГО СТРЕПТОКОККА В СОСТАВ БАКТЕРИАЛЬНОГО КОНСОРЦИУМА ДЛЯ СЫРОВ

I. Siderko, N. Furik, E. Biruk, A. Soglaeva
Institute for Meat and Dairy Industry, Minsk, Republic of Belarus

SELECTION OF THERMOPHILIC STREPTOCOCCUS STRAINS AS PART OF A BACTERIAL CONSORTIUM FOR CHEESE

e-mail: myirinka718@gmail.com, furik_nn@tut.by, biohimbel@rambler.ru, alla_r@tut.by

*Изучен процесс совместной ферментации молочного сырья штаммами *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*, исследована антагонистическая активность между штаммами термофильного стрептококка, подобраны консорциумы штаммов и исследована их кислотообразующая активность. В результате исследований определены консорциумы *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*, обладающие производственно-ценными свойствами и перспективные для использования в составе поливидовых заквасок для сыров.*

*The process of co-fermentation of raw milk by *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* strains was studied, the antagonistic activity between strains of thermophilic streptococci was investigated, strain consortia were selected and their acid-forming activity was studied. As a result of the research, *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* consortia were identified, which have production-valuable properties and are promising for use in multispecies leavens for cheese.*

Ключевые слова: закваска; *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophiles*; антагонизм; консорциум.

Key words: starter; *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophiles*; antagonism; consortium.

Введение. Благодаря оптимальным соотношениям компонентов молока, оно является ценным источником питательных веществ. Основными компонентами молока помимо воды, жиров и белков являются лактоза и минеральные вещества (в достаточно большом количестве соединения кальция, фосфора, магния, цинка, селена). Молоко и продукты переработки молока являются частью здорового и сбалансированного рациона питания. Основными белками молока являются казеины, которые образуют «мягкий» молочный сгусток при действии слабокислых компонентов, удалении части ионов кальция, при действии протеолитических ферментов на мицеллярный казеин, это имеет большое значение не только для физиологии питания, но и для технологии молочных продуктов.

При производстве ферментированных молочных продуктов компоненты молока претерпевают физические, химические и биохимические изменения под действием различных факторов, основным из которых является жизнедеятельность микроорганизмов заквасочной микрофлоры [1, 2].

Биотрансформация компонентов молока не возможна без участия микрофлоры заквасок, подбор которой является длительным многостадийным процессом. Заквасочные культуры обеспечивают интенсивность и направленность микробиологических и биохимических процессов, гарантируют качество и безопасность продуктов при хранении и реализации.

В состав закваски могут включаться культуры не только разного видового состава, но и несколько штаммов одного вида микроорганизмов. Вместе с тем, штаммы могут иметь отличительные особенности и конкурентные взаимодействия, проявлять антагонизм на стадии технологического процесса при производстве заквасок. Учитывая это, актуальными являются исследования, направленные на подбор состава и свойств заквасочной микрофлоры для производства ферментированных молочных продуктов [3, 4].

В последние годы наблюдается тенденция к расширению спектра микроорганизмов, включаемых в состав заквасок, а также большое значение приобретают закваски, улучшающие консистенцию готового продукта или придающие особый вкус продукту. Это связано не только со стремлением улучшить органолептические свойства традиционных продуктов, повысить их пищевую и биологическую ценность, но и с необходимостью интенсифицировать процессы изготовления, повысить устойчивость к биоповреждениям.

Следует отметить, что бактерии вида *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* являются основополагающей частью заквасок, где требуется не только вязкий сгусток, как при производстве йогуртов и сметаны, но и невязкий сгусток, как для изготовления разнообразных сыров и кисломолочных напитков [5, 6].

Материалы и методы исследований. Объектами исследований являлись 13 штаммов *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* из Республиканской коллекции промышленных штаммов заквасочных культур и их бактериофагов РУП «Институт мясо-молочной промышленности», их консорциумы и образцы ферментированного молочного сырья.

В исследованиях использовали среду ВОМ-10 (восстановленное обезжиренное молоко), пастеризованное цельное молоко, специально разработанную промышленную среду на основе сыворотки, глюкозы и минеральных солей.

Характеристики ферментированного молочного сырья определяли в момент образования сгустка при исследуемой температуре. В молочное сырье вносили 5% от его количества (16±2)-часовой бактериальной культуры, после инокуляции тщательно перемешивали и инкубировали в термостате при требуемой температуре до образования сгустка. Образование сгустка определяли по наличию четкого края, повторяющего контур сосуда, в котором проводилось сквашивание, образуемого при наклоне емкости приблизительно на 45°.

Активную кислотность определяли при ферментации пастеризованного цельного молока, заквашенного (16±2)-часовыми культурами молочнокислых микроорганизмов, определение проводили согласно ГОСТ 32892-2014 [7].

Наличие взаимного антагонизма между штаммами определяли, используя метод отсроченного антагонизма на поверхности агаризованной промышленной питательной среды в чашке Петри при температуре 37°C.

Изменение активной кислотности осуществляли с помощью системы для автоматического контроля ферментации iCinac (France) в соответствии с инструкцией по эксплуатации прибора.

Результаты и их обсуждение. 13 штаммов термофильного стрептококка были отобраны для конструирования консорциумов, которые могут быть использованы в составе поливидовых заквасок для изготовления сыров: 2093 ST-A, 2097 ST-A, 2103 ST-AV, 2107 ST-A, 2113 ST-AV, 2116 ST-A, 2756 ST-A, 2757 ST-A, 2758 ST-A, 2798 ST-AV, 2898 ST-A, 438 ST-A, 622 ST-A. Для данных штаммов установлено, что время ферментации молочного сырья при температуре 32°C происходит за 4 ч 45 мин, при температуре 37°C – от 2 ч 30 мин до 2 ч 45 мин. Активная кислотность в момент сквашивания молочного сырья при температуре 32°C составляла 4,62–4,89 ед. pH; при температуре 37°C – 4,64–4,86 ед. pH. Все исследованные культуры формировали молочный сгусток плотной консистенции с выраженным кисломолочным вкусом.

Из 13 штаммов подобрано 55 консорциумов (состоящих из двух штаммов каждый), для которых определены время ферментации молочного сыря и характеристики образуемого молочного сгустка. Установлено, что ферментация молочного сыря при температуре 32°C консорциумами штаммов термофильного стрептококка происходила за 4 ч 30 мин – 5 ч; при температуре 37°C – за 2 ч 45 мин. 27 образцов исключены из исследований вследствие образования молочного сгустка неплотной консистенции. Таким образом, отобрано 28 консорциумов, которые формировали плотный колющийся сгусток с хорошим отделением сыворотки. Для всех отобранных консорциумов активная кислотность ферментированного молочного сыря при температуре 32°C составляла 4,58-4,71 ед. рН; при температуре 37°C – 4,50–4,68 ед. рН.

Определены органолептические показатели и значения активной кислотности сгустков, образуемых консорциумами после 3-х перевивок в среде ВОМ-10, позволяющие судить о стабильности характеристик молочного сгустка. Установлено, что время образования сгустка при температуре 32°C составляло 4 ч 30 мин; при температуре 37°C – от 2 ч 45 мин до 3 ч. Активная кислотность в момент сквашивания молочного сыря консорциумами при температуре ферментации 32°C составляла 4,79-5,01 ед. рН, при температуре 37°C – 4,71-4,93 ед. рН.

Для 28 консорциумов также определены органолептические показатели и характеристики образуемого молочного сгустка после их двукратного культивирования в промышленной питательной среде с целью подтверждения сохранности их состава и кислотообразующих свойств. Установлено, что время образования сгустка консорциумами при температуре 32°C составляло 4 ч 30 мин; при температуре 37°C – от 2 ч 45 мин до 3 ч. Активная кислотность в момент сквашивания молочного сыря при температуре 32°C составляла 4,67-4,72 ед. рН; при температуре 37°C – 4,24-4,36 ед. рН. 18 образцов были исключены из исследований по результатам органолептической оценки: они образовывали неплотный «водянистый» сгусток или имели невыраженный вкус.

Изучен взаимный антагонизм штаммов термофильного стрептококка на промышленной питательной среде. Два консорциума были исключены из исследований вследствие проявления антагонизма между штаммами, входящими в их состав: зоны задержки роста составляли 5–7 мм. Для остальных штаммов зон задержки роста не наблюдалось.

Таким образом, в качестве термофильной составляющей в поливидовых заквасках для изготовления сыров перспективными являются 8 консорциумов, состоящие из штаммов: 2103 ST-AV и 2093 ST-A; 2103 ST-AV и 2107 ST-A; 2103 ST-AV и 2898 ST-A; 2103 ST-AV и 438 ST-A; 2116 ST-A и 2756 ST-A; 2093 ST-A и 2107 ST-A; 2097 ST-A и 2756 ST-A; 2097 ST-A и 2798 ST-AV, которые обладают стабильными характеристиками и образуют плотные сгустки с хорошим отделением сыворотки.

Таблица 1 – Характеристики образования сгустка консорциумом штаммов 2103 ST-AV и 2093 ST-A термофильного стрептококка при температуре 32°C

Характеристика	Значение
Время образования сгустка, ч, мин	4, 30
Активная кислотность, ед. рН	4,68
Время образования сгустка после перевивок в среде ВОМ-10, ч, мин	4, 30
Активная кислотность, ед. рН	4,81
Время образования сгустка после перевивок в промышленной среде, ч, мин	4, 30
Активная кислотность, ед. рН	4,67

Источник данных: собственная разработка.

Для изучения влияния термофильных консорциумов на скорость кислотообразования закваски выбран консорциум на основе штаммов 2103 ST-AV и 2093 ST-A. Характеристики молочного сгустка, полученные при сквашивании молочного сырья консорциумом штаммов 2103 ST-AV и 2093 ST-A при технологически важной для производства сыров температуре 32°C представлены в таблице 1.

Изучено изменение активной кислотности в процессе ферментации молочного сырья консорциумами лактококков и термофильных стрептококков в специально подобранном соотношении 5:1. Изменение активной кислотности молочного сырья в процессе ферментации при температуре 32°C представлено на рисунке 1.

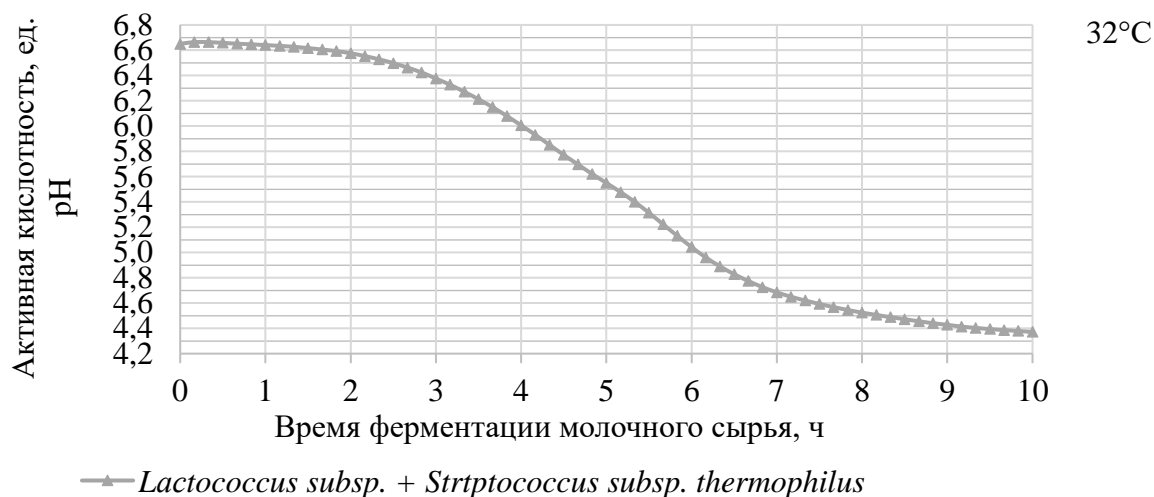


Рисунок 1 – Изменение активной кислотности молочного сырья в процессе ферментации консорциумами лактококков и термофильных стрептококков.

Источник данных: собственная разработка.

Установлено, что при температуре ферментации 32°C время адаптации культуры в молочной среде составляло 2 ч 20 мин. Через 6 часов ферментации активная кислотность молочного сырья составляла 5,04 ед. рН, что соответствует требуемым значениям кислотности при изготовлении сыров: активная кислотность молочного сырья должна находиться в диапазоне 4,8-5,3 ед. рН.

Заключение. В результате исследований сконструировано 55 консорциумов термофильного стрептококка, из которых отобраны 8 консорциумов, обладающих необходимыми производственно-ценными свойствами и стабильными органолептическими характеристиками, воспроизводимыми после роста консорциумов в промышленной или молочных средах. Проявление взаимного антагонизма между штаммами термофильного стрептококка имели различный характер: в одном случае при ферментации молочного сырья не происходило формирования сгустков с хорошими органолептическими характеристиками, в другом случае наблюдали замедление роста микроорганизмов в промышленной питательной среде. При ферментации молочного сырья лактококками и термофильным стрептококком получены значения активной кислотности (через 6 часов ферментации), свидетельствующие о возможности использования их в составе совместного бактериального консорциума для изготовления сыров.

Список использованных источников.

1. Моргунова, Е. М. Химический состав и пищевая ценность молока и молочных продуктов, представленных на рынке Республики Беларусь / Е.М. Моргунова, Е.В. Федоренко, А.А. Журня // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2018. – Т. 11. – № 4(42). – С. 6-20.
2. Догарева, Н.Г. Физико-химические и биохимические процессы при производстве и хранении молочных продуктов: учебное пособие / Н.Г. Догарева, М.В. Клычкова. Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2019. – 181 с.
3. Шухалова, О.М. Основные критерии подбора заквасочных микроорганизмов в состав бактериальных заквасок для созревающих сыров / О.М. Шухалова // Пищевые системы. – 2021. – Т. 4. – № 3. – С. 315-320
4. Бегунова, А.В. Изучение микробиологических показателей кисломолочного напитка с пробиотическими культурами в процессе хранения / А.В. Бегунова // Актуальные вопросы молочной промышленности, межотраслевые технологии и системы управления качеством: сборник научных трудов. Под ред. А.Г. Галстяна. – М.: ВНИМИ, 2020. – Выпуск 1. – С. 59-64.
5. Разработка заквасок для кисломолочных продуктов / И.В. Рожкова [и др.] // «Молочная промышленность». – 2013. – № 11. – С. 30-31.
6. Оценка реологических характеристик и уровня синтеза экзополисахаридов (ЭПС) консорциумами *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* при различных температурных режимах ферментации молока / О.С. Головач [и др.] // Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья. – 2020. – № 14. – С. 58-67.
7. Молоко и молочная продукция. Метод измерения активной кислотности: ГОСТ 32892-2014; принят 30.07.2014. – Минск: ЕССМиС, Белорус. гос. инст. стандартизации и сертификации, 2014. – 14 с.
1. Morgunova, E. M. Himicheskij sostav i pishhevaja cennost' moloka i molochnyh produktov, predstavlennyh na rynke Respubliki Belarus' [Chemical content and nutritional value of milk and dairy products on the market in Belarus] / E.M. Morgunova, E.V. Fedorenko, A.A. Zhurnja // Pishhevaja promyshlennost': nauka i tehnologii. – 2018. – T. 11. – № 4 (42). – S. 6-20.
2. Dogareva, N.G. Fiziko-himicheskie i biohimicheskie processy pri proizvodstve i hranenii molochnyh produktov: uchebnoe posobie [Physico-chemical and biochemical processes in the production and storage of dairy products: textbook] / N.G. Dogareva, M.V. Klychkova. Orenburgskij gos. un-t. – Orenburg: OGU, 2019. – 181 s.
3. Shuhalova, O.M. Osnovnye kriterii podbora zakvasochnyh mikroorganizmov v sostav bakterial'nyh zakvasok dlja sozrevajushhih syrov [Basic criteria for the selection of starter microorganisms in bacterial starter compositions for maturing cheeses] / O.M. Shuhalova // Pishhevye sistemy. – 2021. – T. 4. – № 3. – S. 315-320.
4. Begunova, A.V. Izuchenie mikrobiologicheskikh pokazatelej kislomolomolochnogo napitka s probioticheskimi kul'turami v processe hranenija [Study of the microbiological characteristics of a fermented milk drink with probiotic cultures during storage] / A.V. Begunova // Aktual'nye voprosy molochnoj promyshlennosti, mezhotraslevye tehnologii i sistemy upravlenija kachestvom: sbornik nauchnyh trudov. Pod red. A.G. Galstjana. – M.: VNIMI, 2020. – Vypusk 1. – S. 59-64.
5. Razrabotka zakvasok dlja kislomolochnyh produktov [Developing sourdough starter products] / I.V. Rozhkova [i dr.] // «Molochnaja promyshlennost'». – 2013. – № 11. – S. 30-31.
6. Ocenka reologicheskikh harakteristik i urovnja sinteza jekzopolisaharidov (JePS) konsorciumami *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* pri razlichnyh temperaturnyh rezhimah fermentacii moloka [Assessing the rheological characteristics and exopolysaccharide synthesis (EPS) levels of *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* consortia at different temperature regimes of milk fermentation] / O.S. Golovach [i dr.] // Aktual'nye voprosy pererabotki mjasnogo i molochnogo syr'ja. – 2020. – № 14. – S. 58-67.
7. Moloko i molochnaja produkcija. Metod izmerenija aktivnoj kislotnosti: GOST 32892-2014 [Milk and milk products. Method for measurement of active acidity: GOST 32892-2014]; prinjat 30.07.2014. – Minsk: ESSMiS, Belorus. gos. inst. standartizacii i sertifikacii, 2014. – 14 s.