

*О.С. Головач, М.А. Бабицкая, Н.К. Жабанос, к.т.н.,
И.П. Пыжик, М.В. Коркина, Т.М. Смоляк
Институт мясо-молочной промышленности, Минск, Республика Беларусь*

**ОЦЕНКА РЕОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
И УРОВНЯ СИНТЕЗА ЭКЗОПОЛИСАХАРИДОВ (ЭПС) КОНСОРЦИУМАМИ
STREPTOCOCCUS SALIVARIUS SUBSP. THERMOPHILUS, *LACTOBACILLUS
DELBRUECKII SUBSP. BULGARICUS* ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ
РЕЖИМАХ ФЕРМЕНТАЦИИ МОЛОКА**

*O. Golovach, M. Babitskaya, N. Zhabanos, I. Pyzhik, M. Korkina, T. Smaliak
Institute for Meat and Dairy Industry, Minsk, Republic of Belarus*

**INVESTIGATION OF THE RHEOLOGICAL CHARACTERISTICS AND LEVEL
OF SYNTHESIS OF EXOPOLYSACCHARIDES (EPS) BY THE CONSORTIUM
OF *STREPTOCOCCUS SALIVARIUS SUBSP. THERMOPHILUS* AND
LACTOBACILLUS DELBRUECKII SUBSP. BULGARICUS AT DIFFERENT
TEMPERATURE IN PROCESS OF MILK FERMENTATION**

*e-mail: GOS_82@tut.by, bifrontal_sombra@list.ru, nzhabanos@tut.by,
ric2010@yandex.ru, ivanko.m-a@yandex.ru, pil-2020@yandex.ru*

В статье приведены результаты исследований по изучению влияния температурных режимов ферментации молока при изготовлении йогурта на характеристики молочных сгустков и уровень продуцирования ЭПС. Определены характеристики образцов восстановленного обезжиренного молока, ферментированных консорциумами молочнокислых микроорганизмов для изготовления заквасок для йогурта вязкой и невязкой консистенции при температурных режимах: (43±1)°C, (38±1)°C, (35±1)°C и (30±1)°C. Отмечено, что при снижении температуры ферментации с (43±1)°C до (30±1)°C органолептические характеристики образуемого сгустка оцениваются по-разному. При этом при температуре сквашивания (30±1)°C отмечена наименьшая степень синерезиса: 45% – для консорциума, при ферментации молочного сырья, образующих сгустки невязкой консистенции, 29% – для консорциума, при ферментации молочного сырья, образующих сгустки вязкой консистенции. Вместе с тем установлено, что при температурах ферментации (43±1)°C и (30±1)°C отмечен наибольший уровень синтеза ЭПС для консорциумов: (2107 ST-A+2674 TL-AV) – 874,6 и 667,9 мкг/мл, (1141 ST-AV+2674 TL-AV) – 683,9 и 541,3 мкг/мл.

The article provides the results of studies on the influence of temperature conditions of milk fermentation in the manufacture of yogurt on the characteristics of milk clots and the level of EPS production. The characteristics of the samples of reconstituted skim milk fermented by consortia of lactic acid microorganisms for the manufacture of starter and viscous consistency yoghurt starter cultures under temperature conditions are determined: (43 ± 1)°C, (38 ± 1)°C, (35 ± 1)°C and (30 ± 1)°C. It was noted that with a decrease in the fermentation temperature from (43±1)°C to (30±1)°C, the organoleptic characteristics of the formed clot are evaluated differently. At the fermentation temperature of (30±1)°C, the lowest degree of syneresis was noted: 45% for the consortium, during the fermentation of milk raw materials forming clumps of inviscid consistency, 29% for the consortium, during the fermentation of milk raw materials forming clumps of viscous consistency. At the same time, it was found that at fermentation temperatures of (43±1)°C and (30±1)°C, the highest level of EPS synthesis for consortia was noted: (2107 ST-A+2674 TL-AV) – 874.6 and 667.9 µg / ml, (1141 ST-AV+2674 TL-AV) – 683.9 and 541.3 µg / ml.

Ключевые слова: ферментация; консорциумы; молочнокислые микроорганизмы; йогурт; продуцирование; ЭПС.

Keywords: fermented; consortia; lactic acid microorganisms; production; EPS.

Введение. Производство ферментированных продуктов, сохраняющих стабильные показатели качества при хранении, является одной из важнейших задач пищевой промышленности. В связи с этим, в последние годы повысился интерес к закваскам с улучшенными свойствами, позволяющими оказывать влияние на органолептические и реологические характеристики продукта [1].

Сформировавшиеся потребительские предпочтения к органолептическим и реологическим характеристикам йогурта требуют особых подходов к формированию закваски, ее видового и штаммового состава. Как правило, йогурт должен иметь плотный сгусток достаточно вязкой консистенции без отделения сыворотки с гармоничным вкусом и запахом. В состав закваски для йогурта в определенном соотношении включают термофильный стрептококк (*Streptococcus salivarius ssp. thermophilus*) и болгарскую палочку (*Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*) [2].

При производстве йогурта термостатным способом требуется, чтобы сгусток имел плотную слабовязкую консистенцию и в то же время удерживал сыворотку. Для резервуарного способа, когда сгусток образуется в резервуаре, затем перемешивается и фасуется, необходимо, чтобы закваска обеспечивала вязкую консистенцию и эффективную тиксотропность сгустка. Одним из направлений улучшения качественных характеристик заквасок является использование культур, продуцирующих ЭПС.

Микроструктура ферментированного продукта представляет собой трехмерную белковую сетку, состоящую из мицелл казеина (короткие и средние мицеллярные цепи с диполями воды, жировыми шариками и бактериальными клетками [3]). Вследствие относительно слабой структуры казеиновой сетки, вклад ЭПС и их взаимодействие с мицеллами казеина оказывает значительное влияние на реологические свойства продукта [4, 5]. ЭПС используют и как структурообразователи, и как стабилизаторы, первые, для увеличения вязкости продукта, и вторые, для связывания гидратационной воды, что способствует укреплению устойчивости казеиновой сетки [6].

Структурно-механические свойства молочного сгустка обусловлены характером связей между его белковыми компонентами. Прочность этих связей определяет устойчивость молочного сгустка к механическим воздействиям. Если после нарушения целостности молочного сгустка происходит восстановление связей между его компонентами, то оно обусловлено явлением тиксотропии, то есть способностью структур после их разрушения самопроизвольно восстанавливаться во времени [7].

У йогуртов речь идет о так называемой кажущейся тиксотропии, поскольку исходная структура после перемешивания не восстанавливается [8].

Степень синерезиса является одним из показателей реологических свойств кисломолочных продуктов, так как определяет прочность сгустка. Из-за высокой водосвязывающей способности, ЭПС способствуют уменьшению количества выделяющейся сыворотки во время производства и в готовых продуктах, тем самым, увеличивая сроки их годности [9].

Цель работы – исследование характеристик образцов молока, ферментированных консорциумами молочнокислых микроорганизмов для изготовления заквасок для йогурта, включающих штаммы-продуценты ЭПС, при различных температурных режимах.

Материалы и методы исследований. В исследованиях использованы штаммы молочнокислых микроорганизмов из Республиканской коллекции промышленных штаммов заквасочных культур и их бактериофагов и их консорциумы для изготовления заквасок для йогурта вязкой и невязкой консистенции, обладающие способностью к синтезу ЭПС:

- консорциум №1 (*Streptococcus salivarius ssp. thermophilus* (1141 ST-AV) + *Lactobacillus bulgaricus* (2674 TL-AV)) – при ферментации молока образует сгусток вязкой консистенции;

- консорциум №2 (*Streptococcus salivarius ssp. thermophilus* (2107 ST-A) + *Lactobacillus bulgaricus* (2674 TL-AV)) – при ферментации молока образует сгусток вязкой консистенции.

Культивирование штаммов осуществлялось:

- *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus* в модифицированной питательной среде M17 с лактозой (без агара) при температуре $(37\pm 1)^\circ\text{C}$.

- *Lactobacillus bulgaricus* в среде MRS с фруктозой (без агара) при температуре $(32\pm 1)^\circ\text{C}$.

Доза внесения составляла 1%. Время инкубирования (16 ± 2) часов.

Доза внесения консорциумов культур *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus* и *Lactobacillus bulgaricus* в молоко составляла 5%.

Ферментацию молока осуществляли при температурных режимах: $(43\pm 1)^\circ\text{C}$, $(38\pm 1)^\circ\text{C}$, $(35\pm 1)^\circ\text{C}$ и $(30\pm 1)^\circ\text{C}$.

Определение уровня продуцирования ЭПС микроорганизмами осуществлялось фенол-серным методом [10].

Определение консистенции образуемого сгустка осуществлялось визуально. Исследования образцов проводились при температуре $(20\pm 1)^\circ\text{C}$.

Определение условной вязкости (УВ) сгустка осуществляли на капиллярном вискозиметре марки ВЗ-246 [11].

Тиксотропные свойства молочных сгустков определяли путем сравнения условной вязкости неразрушенного, разрушенного и восстановленного в течение 15 минут молочного сгустка при температуре $(4\pm 2)^\circ\text{C}$ [12].

Разрушение структуры молочного сгустка осуществляли путем механического воздействия в течение 2 минут.

Степень разрушения (СР) молочного сгустка после механического воздействия определяли относительно значения условной вязкости неразрушенного сгустка.

Степень восстановления (СВ) молочного сгустка определяли относительно значения условной вязкости разрушенного сгустка.

Определение синерезиса молочного сгустка (степень отделения сыворотки) определяли методом центрифугирования.

Восстановленное обезжиренное молоко (ВОМ), пастеризованное при температуре $(95\pm 1)^\circ\text{C}$ в течение (25 ± 5) минут, инокулируют $(5\pm 0,1)\%$ (16 ± 2) часовой культуры и выдерживают при исследуемой температуре до образования сгустка. Затем 10 мл разрушенного сгустка центрифугируют 5 мин при 3000 об/мин. После окончания центрифугирования отделяют образующийся белковый осадок, а объем выделившейся сыворотки замеряется при помощи мерного цилиндра. Степень синерезиса рассчитывают по формуле (1):

$$CC = \frac{V_c}{V_{np}} \cdot 100, \quad (1)$$

где V_c – объем выделившейся при центрифугировании сыворотки, мл;

V_{np} – объем пробы в центрифужной пробирке, мл;

CC – степень синерезиса, %.

Органолептическая оценка осуществлялась сенсорным методом.

Определение титруемой кислотности – по ГОСТ 3624-92.

Определение активной кислотности – по ГОСТ 26781-85.

Результаты и их обсуждение. В ходе исследований для двух консорциумов, включающих штаммы-продуценты ЭПС, подобранные в определенном соотношении, изучены характеристики образцов молока ферментированного при различных температурных режимах. Отличительной особенностью исследуемых консорциумов молочнокислых микроорганизмов являются, прежде всего, органолептические характеристики сгустков, образуемых при ферментации молока: Консорциум №1 - при ферментации молока образует сгусток невязкой консистенции, консорциум № 2- при ферментации молока образует сгусток вязкой консистенции.

В таблице 1 приведены результаты оценки органолептических характеристик образцов ферментированного восстановленного сухого обезжиренного молока консорциумами молочнокислых микроорганизмов для изготовления заквасок для йогурта.

Таблица 1 – Органолептические характеристики образцов ВОМ ферментированного консорциумами молочнокислых микроорганизмов при различных температурных режимах ферментации

| Консорциум | Температура, °С | Органолептические характеристики |
|------------|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| №1 | (43±1) | очень плотный колющийся сгусток невязкой консистенции, частично отделяющийся от стенок емкости с чистым кисломолочным вкусом и незначительным отделением сыворотки |
| | (38±1) | плотный колющийся сгусток невязкой консистенции, частично отделяющийся от стенок емкости с чистым кисломолочным вкусом и незначительным отделением сыворотки |
| | (35±1) | плотный колющийся сгусток невязкой консистенции, частично отделяющийся от стенок емкости с чистым кисломолочным вкусом и значительным отделением сыворотки |
| | (30±1) | плотный колющийся сгусток невязкой консистенции с чистым кисломолочным вкусом и значительным отделением сыворотки |
| №2 | (43±1) | очень плотный колющийся сгусток очень вязкой консистенции, частично отделяющийся от стенок емкости с чистым кисломолочным вкусом и незначительным отделением сыворотки |
| | (38±1) | плотный колющийся сгусток вязкой консистенции, частично отделяющийся от стенок емкости с чистым кисломолочным вкусом и незначительным отделением сыворотки |
| | (35±1) | плотный глянцевый колющийся очень вязкой консистенции сгусток с чистым кисломолочным вкусом и отделением сыворотки |
| | (30±1) | плотный колющийся сгусток вязкой консистенции, частично отделяющийся от стенок емкости с чистым кисломолочным вкусом и отделением сыворотки |

Источник данных: собственная разработка.

Анализируя полученные результаты установлено, что при снижении температуры ферментации с (43±1)°С до (30±1)°С органолептические характеристики образуемого сгустка несколько отличаются. Консистенция, вкус образцов остаются без значительных изменений, но плотность сгустка оценивается по-разному. Самые плотные сгустки с незначительным отделением сыворотки получены для исследуемых консорциумов при температуре ферментации (43±1)°С.

Изучены физико-химические характеристики образцов ферментированного пастеризованного восстановленного сухого молока консорциумами (активность сквашивания, титруемая кислотность в момент образования сгустка и после процесса охлаждения) при различных температурных режимах ферментации. Результаты исследования представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Физико-химические характеристики образцов ВОМ, ферментированного консорциумами молочнокислых микроорганизмов для изготовления заквасок для йогурта, при различных температурных режимах ферментации

| Консорциум | Температура культивирования, °С | Время сквашивания, час | Титруемая кислотность при образовании сгустка, °Т | Титруемая кислотность после охлаждения сгустка, °Т |
|------------|---------------------------------|------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| №1 | (43±1) | 3ч 10 мин | 63 | 81 |
| | (38±1) | 3 ч 17 мин | 53 | 65 |
| | (35±1) | 4 ч 30 мин | 60 | 71 |
| | (30±1) | 10 ч | 60 | 80 |
| №2 | (43±1) | 3ч 10 мин | 64 | 77 |
| | (38±1) | 3ч 25 мин | 58 | 75 |
| | (35±1) | 4 ч 48 мин | 54 | 61 |
| | (30±1) | 10 ч | 60 | 62 |

Источник данных: собственная разработка.

Для исследованных консорциумов установлено, что при развитии в молоке время сквашивания молока зависит от температуры ферментации. Для консорциума №1 образование сгустка в зависимости от температуры культивирования происходило в диапазоне от 3 ч 10 мин до 10 часов, при этом титруемая кислотность при образовании сгустка составила от 53 до 63°Т, отмечен также прирост титруемой кислотности после охлаждения сгустка от 9 до 20 °Т.

Результаты, полученные при исследовании консорциума №2 сопоставимы, но на отдельных температурах время сквашивания отличается от 5 до 15 минут, также для данного консорциума характерны более низкие значения прироста титруемой кислотности в процессе охлаждения сгустка.

На основании анализа результатов исследования, установлено что при снижении температуры ферментации молока на 5°С (с 43°С до 38°С) процесс сквашивания удлиняется незначительно: на 17 минут для консорциума №1, на 25 минут для консорциума №2. При уменьшении температуры ферментации на 8°С (с 43°С до 35°С) продолжительность сквашивания молока увеличивается на 1 час 20 минут для консорциума №1, на 1 час 38 минут для консорциума №2. При температуре ферментации (30±1)°С консорциумы сквашивали молоко на 6 часов 50 минут больше, чем при (43±1)°С (для обоих консорциумов). Полученные результаты целесообразно использовать при планировании технологического процесса изготовления йогурта.

Представляет интерес сравнительная оценка консорциумов по реологическим характеристикам сгустков, образуемых ими в результате ферментации молока. Консистенция молочных сгустков оценивалась путем сравнения условной вязкости неразрушенного, разрушенного и восстановленного в течение 15 минут молочного сгустка при температуре (4±2)°С. Разрушение структуры молочного сгустка осуществляли путем механического воздействия в течение 2 минут.

Результаты исследований условной вязкости неразрушенного, разрушенного и восстановленного через 15 минут сгустка после механического воздействия представлены на рисунках 1–2.

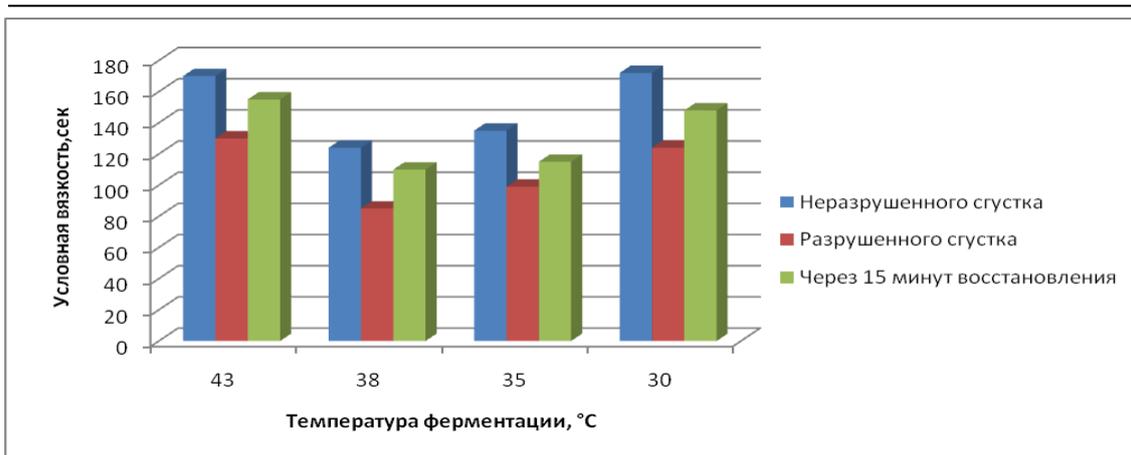


Рисунок 1 – Характеристики условной вязкости молочного сгустка полученного путем ферментации консорциумом №1 невязкой консистенции.

Источник данных: собственная разработка.

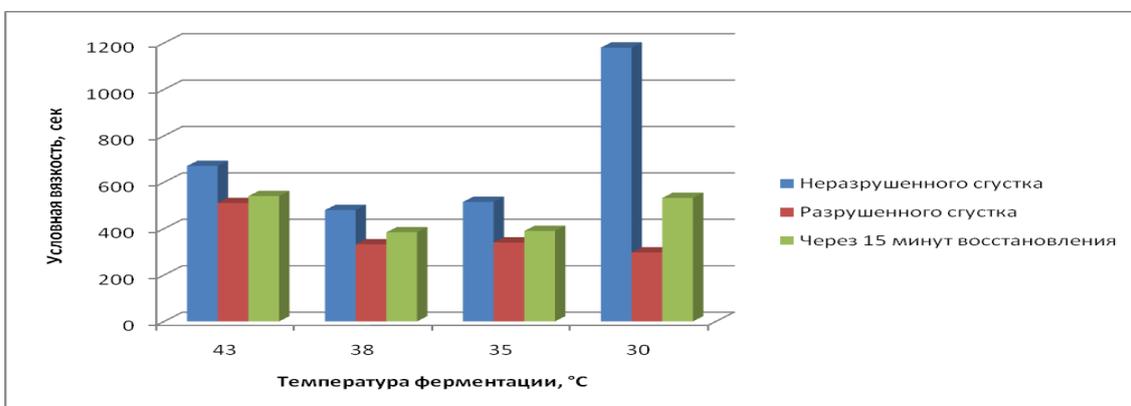


Рисунок 2 – Характеристики условной вязкости молочного сгустка полученного путем ферментации консорциумом №2 вязкой консистенции.

Источник данных: собственная разработка.

На основании анализа исследований реологических характеристик сгустков образуемых в молочном сырье консорциумами молочнокислых микроорганизмов, для изготовления заквасок для йогурта вязкой и невязкой консистенции, установлены температурные режимы ферментации молока, при которых определена степень тиксотропного восстановления структуры молочных сгустков после механического воздействия.

Для консорциума №1 невязкой консистенции:

- при температуре ферментации $(38 \pm 1)^\circ\text{C}$ отмечена наибольшая степень тиксотропного восстановления 20,2%;
- при температуре ферментации $(35 \pm 1)^\circ\text{C}$ отмечена наименьшая степень тиксотропного восстановления 11,9%.

Для консорциума №2 вязкой консистенции:

- при температуре ферментации $(30 \pm 1)^\circ\text{C}$ отмечена наибольшая степень тиксотропного восстановления 19,9%;
- при температуре ферментации $(43 \pm 1)^\circ\text{C}$ отмечена наименьшая степень тиксотропного восстановления 4,5%.

Отделение сыворотки, при образовании сгустка в процессе сквашивания, является одним из важных показателей, характеризующих потребительские свойства готового продукта. Как правило, для йогурта и других кисломолочных продуктов наличие сыворотки нежелательно, вместе с тем при изготовлении сыров и творога

необходимо, чтобы сгусток «отдавал» сыворотку. В таблице 3 приведены результаты исследований определения степени синерезиса в образцах, получаемых при различных температурах путем ферментации исследуемыми консорциумами.

Таблица 3 – Степень синерезиса образцов ВОМ, ферментированного консорциумами молочнокислых микроорганизмов для изготовления заквасок для йогурта, при различных температурных режимах ферментации

| Консорциум | Температура культивирования, °С | Степень синерезиса, % |
|------------|---------------------------------|-----------------------|
| №1 | (43±1) | 53 |
| | (38±1) | 56 |
| | (35±1) | 51 |
| | (30±1) | 45 |
| №2 | (43±1) | 40 |
| | (38±1) | 42 |
| | (35±1) | 40 |
| | (30±1) | 29 |

Источник данных: собственная разработка.

Таким образом, определен температурный режим ферментации молока (30±1)°С консорциумами молочнокислых микроорганизмов для изготовления заквасок для йогурта вязкой и невязкой консистенции, при котором отмечена наименьшая степень синерезиса.

На основании анализа полученных данных установлены температурные режимы ферментации молока, при которых, отмечены наилучшие реологические характеристики (наибольшие значения условной вязкости и степень тиксотропного восстановления структуры молочных сгустков после механического воздействия, наименьшая степень синерезиса).

Для образца №1 определена степень тиксотропного восстановления структуры молочных сгустков после механического воздействия, степень синерезиса:

- при (43±1)°С – 14,7%, 53%;
- при (38±1)°С – 20,2%, 56%;
- при (35±1)°С – 11,9%, 51%;
- при (30±1)°С – 14,0%, 45%.

Для образца №2 значения степени тиксотропного восстановления структуры молочных сгустков после механического воздействия, степень синерезиса установлены следующие:

- при (43±1)°С – 4,5%, 40%;
- при (38±1)°С – 10,8%, 42%;
- при (35±1)°С – 9,7%, 40%;
- при (30±1)°С – 19,9%, 29%.

Сравнивая реологические характеристики молочных сгустков можно отметить, что для исследуемых консорциумов тах значения показателей условной вязкости в неразрушенном сгустке получены при ферментации молока при (30±1)°С, также для этих образцов определена наименьшая степень синерезиса.

Исследован уровень продуцирования микроорганизмами консорциумов экзополисахаридов при развитии в молоке при различных температурах. Результаты исследования представлены на рисунке 3.

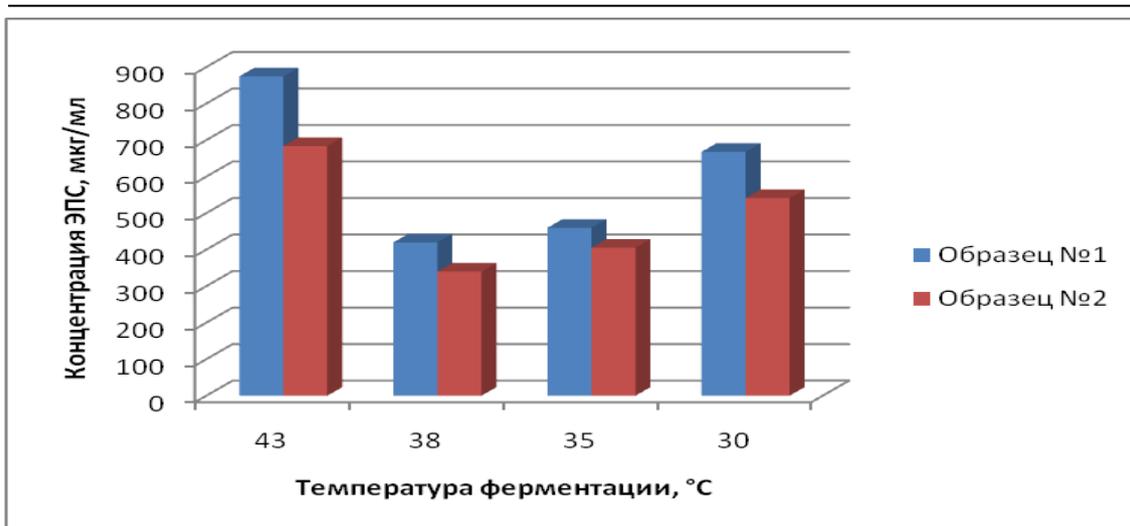


Рисунок 3 – Уровень синтеза экзополисахаридов консорциумами при различных температурах
 Источник данных: собственная разработка.

Установлено, что при культивировании в молоке консорциума №1 для изготовления заквасок для йогурта невязкой консистенции при температурных режимах ферментации в диапазоне (30–43)°C концентрация ЭПС составляла от 419,9 до 874,6 мкг/мл, максимальное значение 874,6 мкг/мл определено в образце полученном при температуре культивирования (43±1)°C. При культивировании в молоке консорциума №2 для изготовления заквасок для йогурта вязкой консистенции при температурных режимах ферментации в диапазоне (30–43)°C концентрация ЭПС составляла от 339,9 до 683,9 мкг/мл, максимальное значение 683,9 мкг/мл также определено в образце полученном при температуре культивирования (43±1)°C.

Полученные результаты свидетельствуют на наш взгляд о том, что реологические характеристики получаемых в результате ферментации молока консорциумами сгустков не имеют зависимости с количеством ЭПС, продуцируемыми консорциумами.

Уровень продуцирования ЭПС в образцах молочного сырья, ферментированного консорциумами молочнокислых микроорганизмов для изготовления заквасок для йогурта невязкой консистенции, выше в сравнении с образцами вязкой консистенции:

- при (43±1)°C – 28%;
- при (38±1)°C – 24%;
- при (35±1)°C – 13%;
- при (30±1)°C – 24,0%.

Следует отметить, что температурный режим ферментации молочного сырья существенно влияет на уровень синтеза ЭПС. Уровень ЭПС не коррелирует с вязкостью молочного сгустка.

Заключение. Для подобранных в определенном соотношении консорциумов молочнокислых микроорганизмов №1 (*Streptococcus salivarius ssp. thermophilus* (1141 ST-AV) , *Lactobacillus bulgaricus* (2674 TL-AV)) и №2 (*Streptococcus salivarius ssp. thermophilus* (2107 ST-A) + *Lactobacillus bulgaricus* (2674 TL-AV)) определены органолептические, реологические характеристики и уровень продуцирования экзополисахаридов при различных температурах. Сгустки, имеющие высокую плотность с незначительным отделением сыворотки, получены для исследуемых консорциумов при температуре сквашивания (43±1)°C. При этом при температуре сквашивания (30±1)°C отмечена наименьшая степень синерезиса: для консорциума

№1 – 45%, для консорциума №2 – 29%.

Установлено, что при развитии в молоке микроорганизмы консорциумов продуцируют экзополисахариды, при температуре ферментации (43±1)°С отмечен наибольший уровень синтеза ЭПС, значения которого составили для консорциума №1 (2107 ST-A +2674 TL-AV) – 874,6 мкг/мл, для консорциума №2 (1141 ST-AV + 2674 TL-AV) – 683,9 мкг/мл.

Установлено, что температурный режим ферментации молочного сырья существенно влияет на уровень синтеза ЭПС. Температурный режим ферментации молочного сырья заквасочными консорциумами, при котором производится наибольший уровень ЭПС, как правило, не всегда позволяют получить молочный сгусток с тах вязкостью.

Список использованной литературы

1. Маркелова, В.В. Реологические характеристики функциональных десертов из молочной сыворотки с добавлением меда / В.В. Маркелова, Л.В. Красникова, Е.В. Красникова // Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке: материалы V междунар. науч.-техн. конф., – СПб.: СПбГУНиПТ, 2011. – С.265–267.
1. Markelova, V.V. Reologicheskie karakteristiki funkcional'nyh desertov iz molochnoj syvorotki s dobavleniem meda [Rheological characteristics of functional whey desserts with honey] / V.V. Markelova, L.V. Krasnikova, E.V. Krasnikova // Nizkotemperaturnye i pishhevye tehnologii v XXI veke: materialy V mezhdunar. nauch.-tehn. konf., – SPb.: SPbGUNIPT, 2011. – S.265–267.
2. Мидуница, Ю.С. Изучение скорости образования сгустка йогурта с использованием обработанной закваски / Ю.С. Мидуница // Фундаментальные исследования. – 2014. – №5. – С. 707–710.
2. Midunica, Ju.S. Izuchenie skorosti obrazovaniya sgustka jogurta s ispol'zovaniem obrabotannoj zakvaski [Studying the rate of formation of a clot of yogurt using processed yeast] / Ju.S. Midunica // Fundamental'nye issledovaniya. – 2014. – №5. – S. 707–710.
3. Тамим, А.Й. Йогурт и другие кисломолочные продукты: научные основы и технологии / А.Й. Тамим, Р.К. Робинсон. пер. с англ. под науч. ред. Л.А. Забодайловой. – СПб: Профессия, 2003. – 664 с.
3. Tamim, A.J. Jogurt i drugie kislomolochnye produkty: nauchnye osnovy i tehnologii [Yogurt and other dairy products: scientific foundations and technologies] / A.J. Tamim, R.K. Robinson. per. s angl. pod nauch. red. L.A. Zabodajlovoj. – SPb: Professija, 2003. – 664 s.
4. Hassan, A.N. Capsule formation by nonropy starter cultures affects the viscoelastic properties of yogurt during structure formation / A.N. Hassan, M. Corredig, J.F. Frank // J. Dairy Sci. – Vol 85. – No 4. – 2002. – P. 716–720.
5. Ozer, B.H. Rheology and microstructure of Labneh (concentrated yogurt) / B.H. Ozer, R.A. Stenning, A.S. Grandison and R.K. Robinson // Journal of Dairy Science / – Vol.82. – No.4. – 1999. – P. 682–689.
6. Duboc, P. Applications of exopolysaccharides in the dairy industry/ P. Duboc and B. Mollet // International Dairy Journal. – 11. – 2001. – P. 759–768.
7. Абакова, А.А. Исследование реологических характеристик кисломолочных сгустков обогащенных гидролизатом сывороточных белков / А.А. Абакова, Е.Ю. Неронова, А.Л. Новокшанова // Молочнохозяйственный вестник. – 2016. – №3. – С. 37–45.
7. Abakova, A.A. Issledovanie reologicheskikh karakteristik kislomolochnyh sgustkov obogashennyh gidrolizatom syvorotochnyh belkov [Study of the rheological characteristics of sour milk clots enriched with hydrolyzate whey proteins] / A.A. Abakova, E.Ju. Neronova, A.L. Novokshanova // Molochnohozjajstvennyj vestnik. – 2016. – №3. – S. 37–45.
8. Тепел, А. Химия и физика молока / А. Тепел. – пер. с нем. под ред. канд. техн. наук, доц. С.А. Фильчаковой. – СПб.: Профессия, 2012. – 531 с.
8. Tepel, A. Himija i fizika moloka [Chemistry and Physics of Milk] / A. Tepel. – per. s nem. pod red. kand. tehn. nauk, doc. S.A. Fil'chakovej. – SPb.: Professija, 2012. – 531 s.

9. Галстян, А.Г. Активность воды в молочных продуктах / А.Г. Галстян, А.Н. Петров, В.В. Павлов // Переработка молока. – 2002. – № 7(33). С. 8–9.

10. Colorimetric method for determination of sugars and related substances / Dubois M. [at all.] // Anal. Chem. – 1956. – Vol. 28, № 3. – P. 350–356.

11. Кефир. Общие технические условия: СТБ 970-2017. – Введ. 20.03.2017. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2017. – 16 с.

12. Горбатова, К.К. Физико-химические и биохимические основы производства молочных продуктов / К.К. Горбатова. – СПб.: ГИОРД, 2003. – 352 с.

9. Galstjan, A.G. Aktivnost' vody v molochnyh produktah [Water activity in dairy products] / A.G. Galstjan, A.N. Petrov, V.V. Pavlov // Pererabotka moloka. – 2002. – № 7(33). С. 8–9.

11. Kefir. Obshhie tehicheskie uslovija [Kefir. General specifications] : STB 970-2017. – Vved. 20.03.2017. – Minsk: Belarus. gos. in-t standartizacii i sertifikacii, 2017. – 16 s.

12. Gorbatova, K.K. Fiziko-himicheskie i biohimicheskie osnovy proizvodstva molochnyh produktov [Physicochemical and biochemical fundamentals of dairy production] / K.K. Gorbatova. – SPb.: GIORD, 2003. – 352 s.