

*О.А. Титова, Н.К. Жабанос, к.т.н., Н.Н. Фурик, к.т.н., Т.А. Савельева, к.в.н., доцент
Институт мясо-молочной промышленности, Минск, Республика Беларусь*

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПРОЦЕСС ФЕРМЕНТАЦИИ МОЛОКА ЗАКВАСКАМИ

*O. Titova, N. Zhabanos, N. Furik, T. Savelyeva
Institute for Meat and Dairy Industry, Minsk, Republic of Belarus*

TEMPERATURE INFLUENCE ON THE PROCESS OF MILK FERMENTATION BY STARTER CULTURES

e-mail: 12x@tut.by, nzhabanos@tut.by, furik_nn@tut.by, t.savelyeva@tut.by

В статье приведен анализ качественных характеристик сухих концентрированных заквасок для изготовления творога и сметаны при различной температуре ферментации. Приведены графические зависимости, отражающие характер изменения активной кислотности ферментируемого молочного сырья изученными заквасками. Осуществлен анализ характеристик получаемого сгустка в зависимости от температуры ферментации. Установлено, что повышение температуры ферментации с 26°C до 39°C приводит к усилению сквашивающей и кислотообразующей активности, однако при ферментации в диапазоне температур (37–39)°C отмечено снижение газо- и ароматобразующей способности заквасок для изготовления творога.

The article analyzes the quality characteristics of dry concentrated starter cultures for cottage cheese and sour cream production at different temperatures of fermentation. Graphic dependencies reflecting the character of the change in active acidity of the milk raw material fermented by the studied starter cultures are given. The characteristics of the obtained coagulate depending on the fermentation temperature are analyzed. It was found that an increase in the fermentation temperature from 26 °C to 39 °C leads to an increase of fermenting and acid-forming activity, but there was a decrease in the gas- and aroma-producing ability of starter cultures for cottage cheese production with fermentation in the temperature range (37–39)°C.

Ключевые слова: сухие концентрированные закваски; температура; ферментация; качественные характеристики.

Keywords: dry concentrated starter cultures; temperature; fermentation; qualitative characteristics.

Введение. В настоящее время техническое оснащение молокоперерабатывающих предприятий может обеспечить технологически обусловленные режимы при изготовлении продукции. При этом используемые температурные режимы процессов и их продолжительность не всегда совпадают с температурными оптимумами развития микроорганизмов, входящих в состав заквасок, и прогнозируемым временем ферментации. Для определения оптимальных параметров технологического процесса изготовления молочной продукции с использованием бактериальных заквасок необходима наиболее полная характеристика используемых комбинаций и готовых концентрированных заквасок по изменению активной кислотности при ферментации молочного сырья в различном температурном диапазоне [1–2]. Поэтому актуальными являются исследования и выявление закономерностей изменения активной кислотности при ферментации молочного сырья разными видами сухих концентрированных заквасок при температурных диапазонах, используемых при изготовлении молочных продуктов.

Материалы и методы исследований. Объектами исследований являлись сухие концентрированные закваски для изготовления творога вида ТВ-М и сметаны вида СМ-Мв, содержащие мезофильные микроорганизмы (ТУ ВУ 00028493.394), и видов ТВ-МТ, СМ-МТв, в состав которых входят мезофильные и термофильные микроорганизмы (ТУ ВУ 100377914.486), изготовленные РУП «Институт мясо-молочной промышленности».

Основные методы исследования: определение кислотообразующей активности (АК), определение свертывающей активности (АС), определение газообразующей способности (ГОС), определение ароматообразующей способности (АОС).

Определение кислотообразующей активности (АК).

Кислотообразующая активность определяется путем вычисления прироста титруемой кислотности в восстановленном обезжиренном молоке, пастеризованном при температуре $(87\pm 2)^\circ\text{C}$ в течение (10-15) минут, заквашенном сухой концентрированной закваской, после выдержки его в течение 10 ч при заданной температуре. Величина прироста титруемой кислотности определяется по формуле (1):

$$\Delta T = T_t - T_0, \quad (1)$$

где ΔT - прирост титруемой кислотности, $^\circ\text{T}$;

T_0 - титруемая кислотность молока, $^\circ\text{T}$;

T_t - титруемая кислотность молока после выдержки заквашенного молока в течение определенного времени, $^\circ\text{T}$.

Определение свертывающей активности (АС)

Для определения свертывающей активности микроорганизмов пастеризованное молоко инокулируют сухой концентрированной закваской и выдерживают при определенной температуре до образования сгустка. Отмечают время образования сгустка (в часах).

Определение газообразующей способности (ГОС)

Для определения газообразующей способности в пробирку диаметром 15–20 мм вносят (20 ± 1) см³ сквашенной культуры, отмечают маркером или стеклоглафом исходный уровень. В другую пробирку аналогичного диаметра наливают 20–25 см³ воды и опускают термометр. Пробирки нагревают на водяной бане до $(90\pm 1)^\circ\text{C}$. Линейкой измеряют уровень поднятия сгустка относительно метки (в мм).

Определение ароматообразующей способности (АОС)

На предметное стекло с лункой наносят 1 каплю 40-ного % водного раствора КОН и 1 каплю сыворотки сквашенной культуры. Отмечают время начала реакции. Выдерживают смесь при комнатной температуре. Фиксируют время окрашивания смеси в розовый цвет (в минутах).

Определение изменения активной кислотности проводилось с помощью системы для контроля ферментации iCinac (AMC France).

Результаты и их обсуждение. В ходе работ определены характеристики различных партий сухих концентрированных заквасок для изготовления творога видов ТВ-М и ТВ-МТ, и сметаны видов СМ-Мв и СМ-МТв, полученных на основе комбинаций культур *Lactococcus lactis subsp. lactis*, *Lactococcus lactis subsp. diacetylactis*, *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus* из Республиканской коллекции промышленных штаммов заквасочных культур и их бактериофагов.

При изучении информационных источников установлено, что температурный диапазон при изготовлении творога составляет от 26°C до 34°C [3–6]. Изучение характеристик заквасок осуществлялось в расширенном температурном диапазоне: заквасок вида ТВ-М – при 24 – 34°C , заквасок вида ТВ-МТ – 26 – 39°C , заквасок видов СМ-Мв, СМ-МТв – 26 – 34°C . Результаты исследований представлены в таблицах 1–4.

При увеличении температуры сквашивания с 24°C до 34°C свертывающая активность закваски усилилась, при этом продолжительность сквашивания сократилась с 14,7 ч до 7,3 ч. При температуре сквашивания 26 – 28°C образование сгустка произошло на 4 ч 50 мин быстрее, чем при 24°C , при 30°C – на 6,4 ч, при температуре 32 – 34°C – на 7 ч 10 мин быстрее.

Таблица 1 – Оценка влияния температуры сквашивания на ферментацию молочного сырья сухой концентрированной закваской вида ТВ-М

№ п/п образца	Температура сквашивания, °С	АС, ч	Активная кислотность молочного сырья в момент образования сгустка, ед. рН	ГОС, мм	АОС, мин	АК, °Т
1	24	14,7	5,00	30	5	34
2	26	10,5	4,97	30	7	51
3	28	9,3	4,98	35	6	66
4	30	8,3	4,97	10	6	67
5	32	7,8	4,96	10	6	78
6	34	7,3	5,04	30	5	82

Источник: собственная разработка.

Активная кислотность молочного сырья в момент образования сгустка составила (4,96–5,04) ед. рН. Величина газообразующей способности закваски составила в среднем 24,1 мм, ароматобразующей способности – 6 мин. Закономерности изменения величины газо- и ароматобразующей способности закваски от температуры сквашивания не выявлено. Кислотообразующая активность закваски также увеличивалась по мере повышения температуры сквашивания. Прирост титруемой кислотности через 10 ч ферментации составил (34–82)°Т. Наиболее выраженное изменение кислотообразующей активности закваски наблюдалось при ферментации молочного сырья в температурном диапазоне (24–28)°С, при дальнейшем повышении температуры ферментации кислотообразующая активность изменялась не значительно.

Таблица 2 – Оценка влияния температуры сквашивания на ферментацию молочного сырья сухой концентрированной закваской вида ТВ-МТ

№ п/п образца	Температура сквашивания, °С	АС, ч	Активная кислотность молочного сырья в момент образования сгустка, ед. рН	ГОС, мм	АОС, мин	АК, °Т
1	26	10,5	5,04	30	7	48
2	28	9,8	4,98	50	6	68
3	30	7,8	4,97	20	6	72
4	32	7,3	4,99	10	6	78
5	34	6,0	4,99	20	5	78
6	37	5,0	4,98	↓	9	80
7	39	4,7	4,97	↓	9	80

Источник: собственная разработка.

Длительность сквашивания молочного сырья данной закваской составила (4,7–10,5) ч, увеличение температуры ферментации с 26°С до 39°С способствовало уменьшению времени образования сгустка в 2,2 раза. При температуре сквашивания 28–30°С образование сгустка произошло на 1 ч 40 мин раньше, чем при 26°С, при (32–34)°С – на 4 ч, при температуре 37–39°С – на 5 ч 40 мин. Активная кислотность образовавшегося сгустка колебалась в интервале (4,97–5,04) ед. рН. Наибольшую газообразующую способность закваска проявила при температуре сквашивания 28°С, высота подъема образованного сгустка достигла 50 мм. При температуре (26–34)°С величина данного показателя составила в среднем 20 мм. При ферментации в температурном диапазоне (37–39)°С наблюдалось снижение способности закваски к ароматобразованию и отсутствие газообразования. Прирост титруемой кислотности молока через 10 ч ферментации составил (48–80)°Т, причем повышение температуры сквашивания с 32°С до 39°С незначительно повлияло на величину данного показателя.

Таблица 3 – Оценка влияния температуры сквашивания на ферментацию молочного сырья сухой концентрированной закваской вида СМ-Мв

№ п/п образца	Температура сквашивания, °С	АС, ч	Активная кислотность молочного сырья в момент образования сгустка, ед. рН	АОС, мин	АК, °Т
1	26	14,3	5,02	7	12
2	28	12,7	5,03	8	26
3	30	10,7	5,06	5	44
4	32	10,0	5,01	5	64
5	34	9,7	5,0	8	68

Источник: собственная разработка.

Как видно из таблицы 3, при увеличении температуры ферментации от 26°С до 34°С длительность сквашивания сократилась с 14,3 ч до 9,7 ч. При температуре сквашивания (28–30)°С образование сгустка произошло на 3 ч 40 мин быстрее, чем при 26°С, при (32–34)°С - на 4,5 ч. Активная кислотность ферментированного молока в момент образования сгустка составила (5,0–5,06) ед. рН. Величина ароматобразующей способности закваски составила 5–8 мин. Закономерности изменения величины ароматобразующей способности закваски от температуры сквашивания не выявлено. Увеличение значения кислотообразующей активности закваски происходило по мере повышения температуры сквашивания с 26°С до 32°С, в температурном диапазоне (32–34)°С значения данного показателя изменялись незначительно.

Таблица 4 – Оценка влияния температуры сквашивания на ферментацию молочного сырья сухой концентрированной закваской вида СМ-МТв

№ п/п образца	Температура сквашивания, °С	АС, ч	Активная кислотность молочного сырья в момент образования сгустка, ед. рН	АОС, мин	АК, °Т
1	26	10,5	5,04	7	36
2	28	10,0	5,01	8	60
3	30	9,2	5,02	5	67
4	32	8,2	5,08	5	70
5	34	7,2	5,02	8	73

Источник: собственная разработка.

Свертывающая активность закваски увеличивалась по мере повышения температуры сквашивания. При температуре 28–30°С образование сгустка произошло на 1 ч раньше, чем при 26°С, при температуре 32–34°С – на 2 ч 50 мин раньше. Активная кислотность молочного сырья в момент образования сгустка составила (5,01–5,08) ед. рН. Величина ароматобразующей способности закваски колебалась в пределах 5–8 мин. Закономерности изменения величины ароматобразующей способности закваски от температуры сквашивания не выявлено. Повышение температуры сквашивания с 26°С до 34°С способствовало увеличению значений кислотообразующей активности закваски с 36 до 73°Т. Причем существенные изменения данного показателя наблюдались при температуре (26–30)°С, в температурном диапазоне (30–34)°С значительного усиления кислотообразующей активности не наблюдалось.

С помощью системы контроля активной кислотности iCinac, (АМС France) проведены исследования процесса ферментации молочного сырья сухими концентрированными заквасками видов ТВ-М, СМ-Мв, СМ-МТв при различных температурах. Полученные в ходе экспериментов графические зависимости представлены на рисунках 1–3.

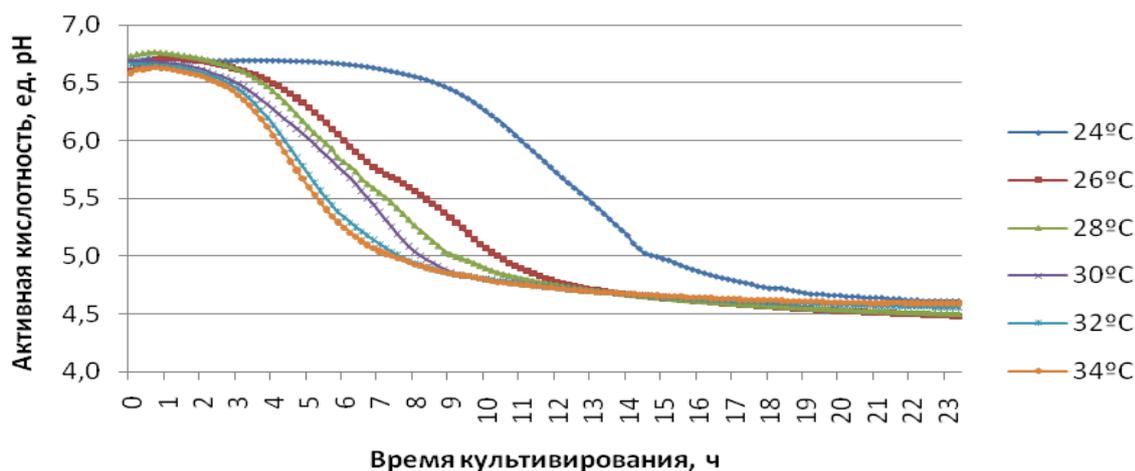


Рисунок 1 – Изменение активной кислотности при ферментации ВОМ сухой концентрированной закваской вида ТВ-М в зависимости от температуры
 Источник: собственная разработка.

В результате проведения эксперимента определено, что снижение активной кислотности в образцах, ферментируемых при низкой температуре, происходит медленнее, чем в образцах, ферментируемых при высокой температуре. В ходе ферментации молочного сырья сухой концентрированной закваской вида ТВ-М изменение активной кислотности молочного сырья на 0,1 ед. рН (период адаптации микрофлоры закваски к питательной среде) при температуре сквашивания 26°C произошло на 3 ч 20 мин, а при 28–30°C на 3 ч 50 мин быстрее, чем при 24°C, при 32–34°C – на 4 ч 20 мин. Далее во всех исследуемых образцах активная кислотность молока плавно снижалась. На момент образования сгустка активная кислотность ферментированного сырья составила (4,94–5,04) ед. рН. При температуре сквашивания 26°C образование сгустка произошло на 4 ч 20 мин быстрее, чем при 24°C, при 28–30°C – на 5 ч 50 мин, при 32–34°C – на 7 ч. Далее наблюдалось медленное снижение активной кислотности ферментируемого сырья до 4,5 ед. рН.

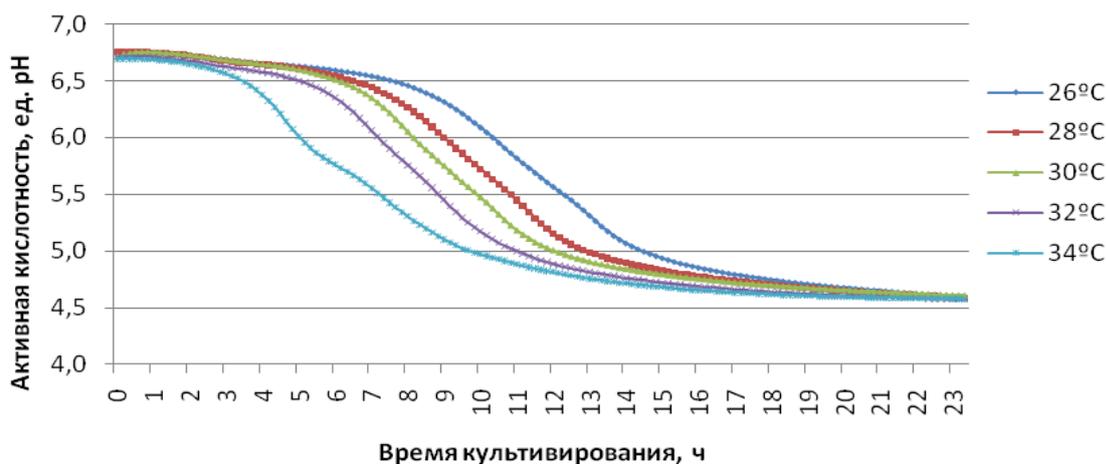


Рисунок 2 – Изменение активной кислотности при ферментации ВОМ сухой концентрированной закваской вида СМ-Мв в зависимости от температуры
 Источник: собственная разработка.

При исследовании сухой концентрированной закваски СМ-Мв изменение активной кислотности молока на 0,1 ед. рН при температуре сквашивания 28–30°C произошло на 1 ч 5 мин быстрее, чем при 26°C, при температуре сквашивания 32–34°C –

на 1 ч 40 мин. Далее активная кислотность молока плавно снижалась. На момент образования сгустка активная кислотность ферментированного молока составила (5,0–5,06) ед. рН. При температуре сквашивания 28–30°C образование сгустка произошло на 3 ч 40 мин быстрее, чем при 26°C, при 32–34°C - на 4,5 ч раньше. Далее наблюдалось медленное снижение активной кислотности ферментируемого сырья до 4,5 ед. рН.

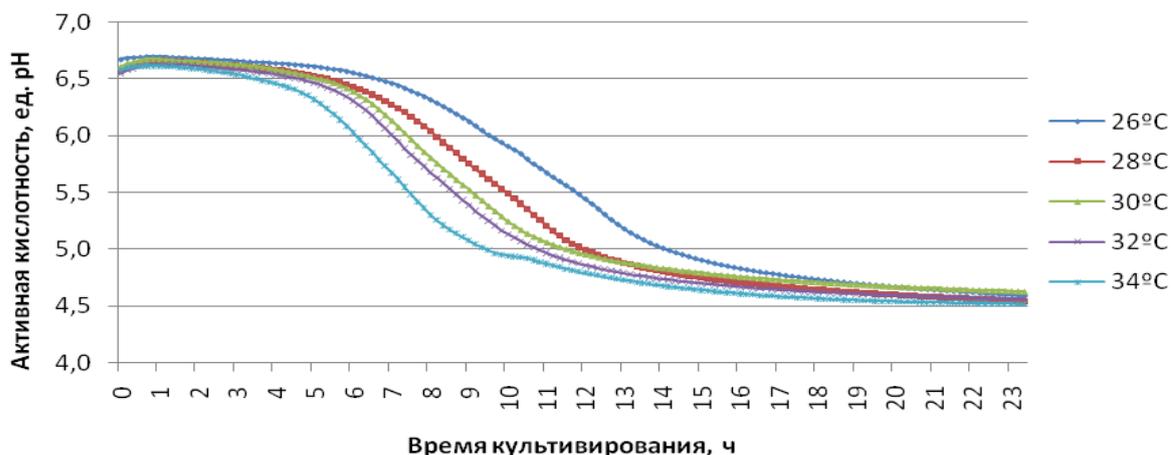


Рисунок 3 – Изменение активной кислотности при ферментации ВОМ сухой концентрированной закваской вида СМ-МТв в зависимости от температуры
Источник: собственная разработка.

При исследовании сухих концентрированных заквасок вида СМ-МТв изменение активной кислотности молока на 0,1 ед. рН произошло на 1 ч быстрее при температуре 28–30°C и на 1,5 ч быстрее при 32–34°C, чем при 26°C. Активная кислотность ферментированного молока на момент образования сгустка составила (5,01–5,05) ед. рН. При температуре 28–30°C сквашивание произошло на 2 ч 20 мин быстрее, чем при 26°C, при температуре 32–34°C образование сгустка произошло на 3 ч 50 мин быстрее. Далее активная кислотность молока медленно снижалась до 4,5 ед. рН.

Заключение. Анализ данных показал, что изменение активной кислотности при ферментации молока в температурном диапазоне (26–34)°C происходит тем медленнее, чем ниже температура сквашивания не зависимо от вида микроорганизмов, используемых в составе закваски.

Установлено, что в пределах технологически обоснованного диапазона температур для изготовления творога и сметаны повышение температуры процесса ферментации позволяет быстрее достичь момента образования сгустка.

Однако следует отметить, что использование сухих концентрированных заквасок вида ТВ-МТ при температурах 37–39°C близких к температурному оптимуму *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus* позволяет значительно сократить процесс ферментации сырья, но в данном диапазоне температур закваска теряет способность к газообразованию, и при отваривании творога возможно падение сгустка. Поэтому сквашивание молочного сырья сухими концентрированными заквасками вида ТВ-МТ рекомендовано проводить при температуре не выше 34°C.

Список использованных источников

1. Свириденко, Г.М. Принципы подбора и входной контроль бактериальных заквасок / Г.М. Свириденко // Переработка молока. – 2015. – № 1. – С.22–25.

1. Sviridenko, G. M. Principy podbora i vhodnoj kontrol' bakterial'nyh zakvasok [Principles of selection and incoming control of bacterial starter cultures] / G. M. Sviridenko // Pererabotka moloka. - 2015. – No. 1. - S. 22–25.

2. Свириденко, Г.М. Требования к бактериальным закваскам для производства ферментируемых молочных продуктов / Г.М. Свириденко // Сыроделие и маслоделие. – 2014. – № 4. – С.24–27.

3. Инструкция по применению заквасок сухих концентрированных лактококков: Введ. 05.05.2014 (взамен инструкции по применению концентратов бактериальных сухих лактококков, утвержденной РУП «Институт мясо-молочной промышленности» 09.10.2012). – Минск: РУП «Институт мясо-молочной промышленности», 2014. – 2 с.

4. Инструкция по применению заквасок сухих концентрированных лактококков и термофильных стрептококков: Введ. 07.04.2014 (взамен инструкции по применению концентратов бактериальных сухих лактококков и термофильных стрептококков, утвержденной РУП «Институт мясо-молочной промышленности» 03.10.2011). – Минск: РУП «Институт мясо-молочной промышленности», 2014. – 4 с.

5. Крус, Г.Н. Технология молочных продуктов: Учебное пособие для вузов / Г.Н. Крус, Л.В. Чекулаева // М.: Агропромиздат. – 2008. – 103–117 с.

6. Пириев, А.Ю. Перспективы использования различных заквасочных культур при выработке творога с добавлением белковых препаратов / А.Ю. Пириев, П.И. Гунькова // Науч. журн. НИУ ИТМО; серия «Процессы и аппараты пищевых производств». – 2014. – № 2.

2. Sviridenko, G.M. Trebovaniya k bakterial'nym zakvaskam dlya proizvodstva fermentiruemykh molochnykh produktov [Requirements for bacterial starter cultures for the production of fermentable milk products] / G. M. Sviridenko // Syrodellie i maslodellie. – 2014. – No. 4. – S. 24–27.

3. Instrukciya po primeneniyu zakvasok suhikh koncentrirovannykh laktokokkov [Instructions for the use of starter cultures of dry concentrated lactococci]: Vved. 05.05.2014 (vzamen instrukcii po primeneniyu koncentratov bakterial'nykh suhikh laktokokkov, utverzhdennoj RUP «Institut myaso-molochnoj promyshlennosti» 09.10.2012). – Minsk: RUP «Institut myaso-molochnoj promyshlennosti», 2014. – 2 s.

4. Instrukciya po primeneniyu zakvasok suhikh koncentrirovannykh laktokokkov i termofil'nykh streptokokkov [Instructions for use of starter cultures on dry concentrated lactococcal and Streptococcus thermophilus]: Vved. 07.04.2014 (vzamen instrukcii po primeneniyu koncentratov bakterial'nykh suhikh laktokokkov i termofil'nykh streptokokkov, utverzhdennoj RUP «Institut myaso-molochnoj promyshlennosti» 03.10.2011). – Minsk: RUP «Institut myaso-molochnoj promyshlennosti», 2014. – 4 s.

5. Krus', G.N. Tehnologiya molochnykh produktov [Technology of dairy products]: Uchebnoe posobie dlja vuzov / G.N. Krus', L.V. Chekulaeva // M.: Agropromizdat. – 2008. – 103–117 s.

6. Piriev, A.Ju. Perspektivy ispol'zovanija razlichnykh zakvasochnykh kul'tur pri vyrabotke tvoroga s dobavleniem belkovykh preparatov [Prospects for the use of various starter cultures in the production of cottage cheese with the addition of protein preparations] / A.Ju. Piriev, P.I. Gun'kova // Nauch. zhurn. NIU ITMO; serija «Processy i apparaty pishhevyykh proizvodstv». – 2014. – № 2.