

ВЛИЯНИЕ ФЕРМЕНТНОЙ БИОКОНВЕРСИИ БЕЛКОВ МОЛОКА ТРАНСГЛУТАМИНАЗОЙ НА КАЧЕСТВО СМЕТАНЫ С ПРОЛОНГИРОВАННЫМ СРОКОМ ГОДНОСТИ

О. И. Скокова, Ю. Ю. Чеканова, А. А. Демьянец

Могилёвский государственный университет продовольствия, Республика Беларусь

АННОТАЦИЯ

Введение. Повышение сохраняемости сметаны актуально для достижения ряда целей в практике товародвижения. Известны способы повышения сохраняемости за счет ферментной модификации белков, в частности трансглутаминазой. Однако научные данные о ее влиянии на стойкость сметаны различной жирности в случае длительного периода хранения (до 60 суток) отсутствуют, что явилось научной задачей данного исследования.

Материалы и методы. Исследовали сметану с жирностью 10 и 25 %, модифицировали трансглутаминазой в дозе 0,005 и 0,025 % от массы нормализованной смеси. Использовались стандартизированные и общепринятые методы исследований. Определение реологических показателей осуществлялось с использованием ротационного вискозиметра VT6/7 Plus.

Результаты. Трансглутаминаза в составе сметаны различной жирности способствует торможению окислительных процессов при ее хранении по сравнению с контрольными образцами, при этом улучшаются показатели влагоудерживающей способности и эффективной вязкости. Интенсивность развития заквасочной молочнокислой микрофлоры на 7-е сутки хранения в 5 раз выше, чем в контрольных образцах.

Выводы. Ферментная биоконверсия белков молока трансглутаминазой при производстве сметаны с различной массовой долей жира способствует увеличению ее стойкости и стабильности при хранении в условиях охлаждения при температуре $(4\pm 2)^\circ\text{C}$ в 3 раза – сохраняемость сметаны различной жирности составила 60 суток. Ферментный препарат существенно улучшает органолептические, синергетические и реологические характеристики сметаны.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *трансглутаминаза, сметана, органолептические показатели, влагоудерживающая способность, реологические показатели, стойкость при хранении.*

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Скокова, О. И. Влияние ферментной биоконверсии белков молока трансглутаминазой на качество сметаны с пролонгированным сроком годности / О. И. Скокова, Ю. Ю. Чеканова, А. А. Демьянец // Вестник МГУП. – 2019. – № 1 (26). – С. 61–67.

INFLUENCE OF ENZYMIC BIOCONVERSION OF MILK PROTEINS WITH TRANSLUTAMINASE ON THE QUALITY OF SOUR CREAM WITH A PROLONGED SHELF LIFE

O. I. Skokova, Yu. Yu. Chekanova, A. A. Demyanets

Mogilev State University of Food Technologies, Republic of Belarus

ABSTRACT

Introduction. Increase in keeping quality of sour cream in order to achieve several goals in product distribution is of utmost importance. There are methods for increasing keeping quality due to enzymatic modification of proteins, with transglutaminase in particular. However, scientific data on its effect on the stability of sour cream with various fat contents for long storage period (up to 60 days) are not available, which resulted in setting scientific problem for this study.

Materials and methods. Studies were made into sour cream with a fat content of 10 and 25 % that was modified with transglutaminase at a dose of 0,005 and 0,025 % by weight of the standard mixture. Standardized and generally accepted research methods were used. Rheological parameters were determined by means of rotational viscometer VT6/7 Plus.

Results. Transglutaminase in the composition of sour cream with various fat contents inhibits oxidative processes during its storage in comparison with check samples, while the indicators water-holding capacity and

effective viscosity are getting better. Rate of the development of starter lactic acid microflora on the 7th day of storage is 5 times higher than that in check samples.

Conclusions. Enzymatic bioconversion of milk proteins by transglutaminase in the production of sour cream with various mass fraction of fat contributes to an increase in its resistance and stability during storage under refrigerating conditions (4 ± 2) °C by 3 times. Shelf life of sour cream with various fat content was 60 days. The enzyme preparation greatly improves organoleptic, synergistic and rheological characteristics of sour cream.

KEY WORDS: *transglutaminase, sour cream, organoleptic characteristics, water-holding capacity, rheological indicators, storage stability.*

FOR CITATION: Skokova O. I., Chekanova Yu. Yu., Demyanets A. A. Influence of enzymic bioconversion of milk proteins with transglutaminase on the quality of sour cream with a prolonged shelf life. Bulletin of Mogilev State University of Food Technologies. 2019. No.1 (26). P. 61–67. (in Russian).

ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на значительные успехи в плане повышения качественных показателей ферментированной молочной продукции, в том числе сметаны различной массовой доли жира, актуальным является сохранение ее потребительских характеристик и технологических свойств на протяжении длительного срока хранения.

Одним из путей улучшения потребительского качества и технологических свойств сметаны является использование отечественных и импортных антимикробных препаратов, которые ингибируют развитие как патогенных, так и технически вредных микроорганизмов [1–5]. Известны исследования, где в качестве антимикробных препаратов применяли добавочные культуры, состоящие из специальных штаммов мезофильных молочнокислых микроорганизмов, отличающиеся высокой антагонистической активностью по отношению ко многим технически вредным микроорганизмам, включая патогенные. Однако применение импортных антимикробных биопротекторов приводит к увеличению себестоимости производимой продукции, а использование отечественных антимикробных препаратов не позволяет в значительной степени увеличить хранимоспособность вырабатываемого продукта. Следует отметить, что применение антимикробных биопротекторов увеличивает стойкость при хранении готового продукта лишь в 2 раза по сравнению со сметаной без использования данных препаратов.

Наряду с этим, для улучшения стойкости при хранении продукции в молочной промышленности применяют ферменты, модифицирующие структуру белков молока. Наибольшее распространение среди ферментов, сшивающих белки молока с образованием поперечных связей между ними, получила трансглутаминаза (далее ТГ) [6, 7]. Биоконверсия белков молока при производстве сметаны позволяет интенсифицировать формирование структуры продукта, улучшить синергетические, реологические свойства и получить стабильную консистенцию в процессе длительного хранения, что позволит повысить конкурентоспособность продукта.

Российскими учеными проведены исследования по использованию ТГ при производстве низкожирных видов сметаны [8–11] и зависимости хранимоспособности сметаны от влияния процессов модификации молочных белков и мультифункциональных молочных белков с добавлением ТГ [12–14]. Установлено, что обогащение сливок перед сквашиванием ТГ и мультифункциональным молочным белком лактоферрином позволяет повысить хранимоспособность сметаны. Следует отметить, что в данных исследованиях трансглутаминаза не рассматривалась как основополагающая единица, оказывающая воздействие на стойкость продукта, при этом акцент сделан на бактериостатическое действие лактоферрина в отношении БГКП и бактерицидное действие – на *Salmonella typhimurium*.

В Могилевском государственном университете продовольствия проведены исследования по возможности применения и влияния ТГ на показатели качества как высокожирных, так и низкожирных видов сметаны [15, 16]. В результате было установлено, что фермент оказыва-

ет положительное воздействие на качество сметаны и позволяет получить продукт с улучшенными потребительскими характеристиками и технологическими свойствами, однако стойкость при хранении такой продукции не исследовалась.

Кроме того, следует отметить, что в зарубежных научных источниках отсутствуют системные данные по изучению хранимостпособности сметаны в течение длительного периода, что дает основание для более глубоких исследований в данной области.

Таким образом, с учетом результатов обзора, представляло интерес исследовать стойкость и стабильность сметаны различной жирности с применением ферментной биоконверсии белков молока в течение длительного времени, что позволило бы не только получить продукт с повышенной стойкостью при хранении, но также и существенно улучшить органолептические, синергетические и реологические показатели сметаны.

Целью исследования явилось повысить стойкость сметаны при хранении до 60-ти суток в стандартном температурном режиме (4 ± 2) °С с применением ферментной биоконверсии белков молока в присутствии трансглутаминазы. Для достижения поставленной цели ставилась задача установить характер влияния ферментного препарата на показатели качества и стабильности готового продукта при стандартном температурном режиме (4 ± 2) °С в течение 60-ти суток хранения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Экспериментальные исследования проводились для четырех образцов, а именно: в качестве опытных образцов выступали образцы сметаны с массовой долей жира 10 и 25 % с применением ферментной биоконверсии белков молока. Ферментный препарат вносили на стадии сквашивания одновременно с основной заквасочной микрофлорой в дозе 0,005 % (опыт № 1) от массы нормализованной смеси при производстве сметаны с массовой долей жира 10 % и в дозе 0,025 % (опыт № 2) от массы нормализованной смеси при производстве сметаны с массовой долей жира 25 %. Данные дозы применения ТГ были выбраны согласно проведенным собственным рекогностировочным исследованиям [1, 2]. В качестве контрольных образцов выступали образцы сметаны с массовой долей жира 10 и 25 % (контроль № 1 и контроль № 2, соответственно), изготовленные без добавления трансглутаминазы. При проведении работ использовались стандартизированные и общепринятые методы исследований: определение титруемой кислотности – по ГОСТ 3624-92; определение активной кислотности с использованием рН-метра HI 8314 – по ГОСТ 3624-92; определение количества молочнокислых микроорганизмов – по ГОСТ 10444.11; определение количества дрожжей и плесневых грибов – по ГОСТ 9225; определение органолептических показателей – сенсорный метод. Определение влагоудерживающей способности осуществляли по количеству выделившейся сыворотки в 10 см³ сметаны при центрифугировании с использованием центрифуги; эффективную вязкость определяли с использованием вискозиметра VT6/7 Plus: для каждого образца были определены зависимости вязкости от градиента скорости сдвига; методом математической статистики были определены уравнения, их описывающие, затем были рассчитаны по полученным уравнениям значения эффективной вязкости каждого исследуемого образца при градиенте скорости, равном 10 с⁻¹.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При оценке органолептических показателей сметаны, хранившейся в стандартном температурном режиме (4 ± 2) °С, выявлено, что исследуемые опытные образцы сметаны № 1 и № 2 с применением ТГ сохраняли свои органолептические показатели на протяжении всего исследуемого срока хранения (60-ти суток): мягкий кисломолочный вкус и аромат, приятный сливочный вкус, без выделения сыворотки на поверхности продукта, кремообразная, вязкая консистенция, с глянцевой поверхностью. Контрольные образцы сметаны с массовой долей жира 25 % (контроль № 2) характеризовались значительным выделением сыворотки на поверхности. Для всех контрольных образцов сметаны было характерна менее кремообразная и вязкая консистенция. Причем микробная порча контрольных образцов произошла на

21-е сутки хранения, при этом был отмечен перекисший вкусом сметаны.

При исследовании динамики изменения физико-химических показателей исследуемых образцов сметаны с массовой долей жира 10 и 25 % установлено, что пост-окислительный эффект для всех опытных и контрольных образцов был стабильным на протяжении исследуемого срока хранения. При этом опытные образцы № 1 и № 2 имели более низкую титруемую кислотность – на 1–5 °Т ниже по сравнению с контрольными образцами сметаны.

При исследовании синергетических показателей выявлено, что гели опытных образцов, укрепленные поперечными ϵ -(γ -глутамил) лизиновыми связями, показали лучшую влагоудерживающую способность, что проявилось в уменьшении отделения сыворотки. Это же подтверждено лучшими данными по реологическим исследованиям: сметана с ТГ как низкожирная и высокожирная характеризовалась более густой, плотной консистенцией на протяжении всего исследуемого периода хранения. При этом влагоудерживающая способность и вязкость продукта улучшались на протяжении 60-ти суток. Можно сделать вывод, что это связано со способностью фермента «сшивать» белковые молекулы с течением времени.

Для изучения влияния ТГ на стойкость сметаны при хранении и развитие заквасочных микроорганизмов исследовали динамику изменения общего количества молочнокислых микроорганизмов. Результаты исследований представлены на рис. 1.

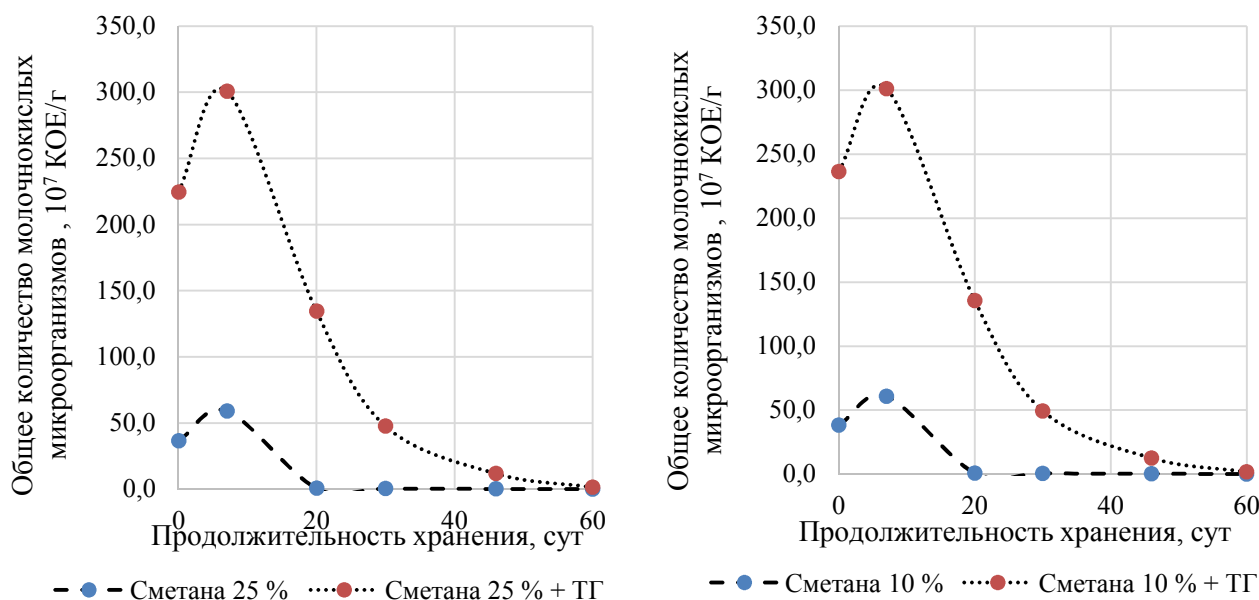


Рис. 1. Динамика изменения общего количества мезофильных молочнокислых микроорганизмов сметаны при хранении

Fig. 1. Dynamics of changes in the total number of mesophilic lactic acid microorganisms during storage

Анализируя полученные данные, представленные на рис. 1, установлено, что при хранении в стандартном температурном режиме (4 ± 2) °С в образцах сметаны с массовой долей жира 10 и 25 % с применением ТГ (опыт № 1 и № 2) наблюдалось интенсивное развитие заквасочной молочнокислой микрофлоры. На 7-е сутки хранения наблюдалось увеличение общего количества молочнокислых микроорганизмов во всех образцах продуктов, причем в исследуемых опытных образцах с ТГ № 1 и № 2 количество микроорганизмов в 5,0 раз больше по сравнению с контрольными образцами сметаны № 1 и № 2. Начиная с 20-х суток хранения, во всех исследуемых образцах наблюдалось отмирание заквасочных молочнокислых микроорганизмов, что связано с накоплением продуктов жизнедеятельности, в первую очередь, молочной кислоты. Причем микробиальная порча контрольных образцов сметаны 10 %-ной и 25 %-ной жирности была выявлена на 21-е сутки хранения, в которых общее количество молочнокислых микроорганизмов составило $0,69 \times 10^7$ КОЕ/г и $0,65 \times 10^7$ КОЕ/г, со-

ответственно. Опытные образцы № 1 и № 2 были пригодны к употреблению даже на 60-е сутки хранения, при этом общее количество молочнокислых микроорганизмов составило в опытных образцах № 1 – $1,7 \times 10^7$ КОЕ/г, а в опытных образцах № 2 – $1,5 \times 10^7$ КОЕ/г.

Динамика изменения дрожжей и плесневых грибов в исследуемых образцах сметаны в процессе их хранения представлена на рис. 2.

Из рис. 2 видно, что при хранении в стандартном температурном режиме (4 ± 2) °С в опытных образцах № 1 на всем интервале хранения дрожжи не были выявлены. В контрольных образцах № 1 с массовой долей жира 10 % на 20-е сутки количество дрожжей составило 51 КОЕ/г, что превысило допустимые пределы, согласно ТНПА. Плесневые грибы во всех исследуемых образцах сметаны в процессе хранения не обнаружены. Наличие дрожжей и плесневых грибов в исследуемых образцах сметаны с массовой долей жира 25 % до 7-х суток хранения не были выявлены. В опытных образцах № 2 дрожжи и плесневые грибы были выявлены на 46-е сутки хранения в количестве 1 КОЕ/г. На 60-е сутки в опытных образцах № 2 дрожжи были выявлены в количестве 40 КОЕ/г, а плесневые грибы – 17 КОЕ/г, что не превысило допустимые значения, согласно ТНПА. В контрольных образцах сметаны № 2 на 7-е сутки хранения дрожжи и плесневые грибы были выявлены в количестве 3 и 2 КОЕ/г, соответственно. На 21-е сутки количество дрожжей превысило допустимые значения, согласно ТНПА.

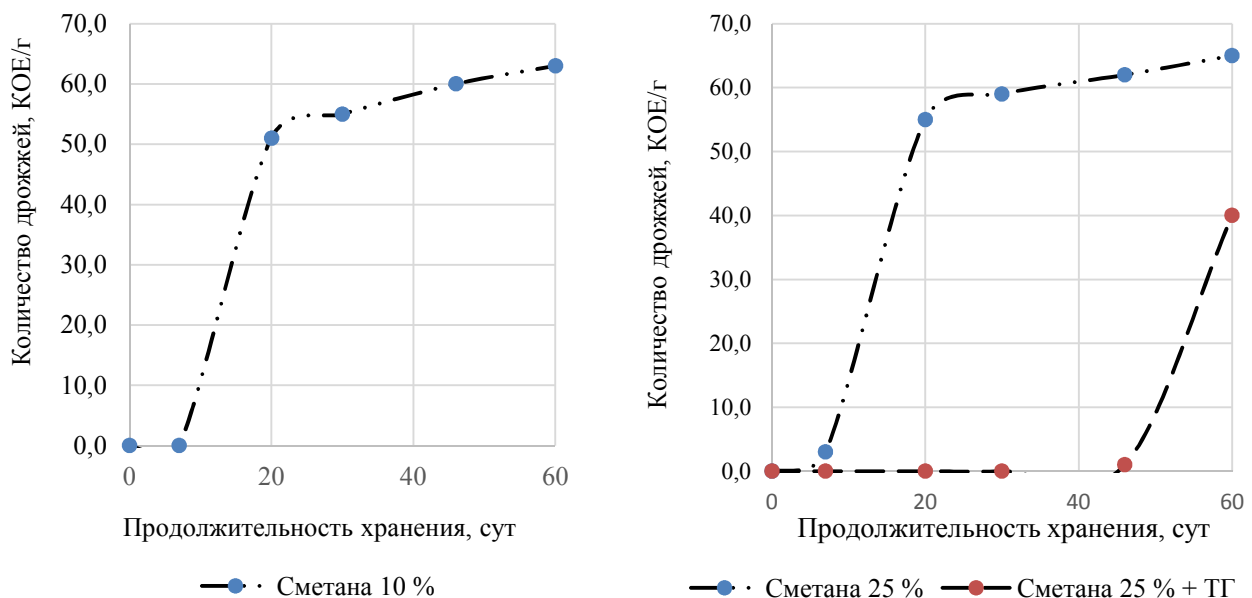


Рис. 2. Динамика изменения дрожжей в сметане при хранении

Fig. 2. Dynamics of yeast changes in sour cream during storage

Известны исследования по изучению хранимостепособности сметаны с применением антимикробных биопротекторов, которые подавляют развитие технически вредных и патогенных микроорганизмов и позволяют повысить хранимостепособность продукта лишь в 2 раза по сравнению со сметаной без применения антимикробных препаратов. Кроме того, имеются данные по зависимости хранимостепособности сметаны от процессов модификации молочных белков и мультифункциональных молочных белков с добавлением ТГ в течение 39-ти суток. В данной работе больше внимания уделили антимикробным свойствам лактоферрина в отношении микробных суспензий БГКП и *Salmonella typhimurium*, принудительно вносимых в сметану. При этом представленные результаты не дают оснований для объективной оценки влияния трансглутаминазы, как первоначального показателя, на хранимостепособность сметаны.

Нами представлены результаты по исследованию органолептических, физико-химических, реологических и микробиологических показателей сметаны с применением

ферментной биоконверсии белков молока на протяжении 60-ти суток хранения. Установлено, что применение ферментного препарата при производстве сметаны различной массовой долей жира способствует значительному увеличению стойкости и стабильности готового продукта при хранении в 3 раза по сравнению со сметаной без применения трансглутаминазы, при этом фермент существенно улучшает органолептические, синергетические и реологические характеристики сметаны.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании полученных результатов установлено, что применение ферментной биоконверсии белков молока в присутствии трансглутаминазы при производстве сметаны различной массовой долей жира позволило увеличить стойкость продукта при хранении до 60-ти суток в стандартном температурном режиме $(4\pm 2)^\circ\text{C}$, что в 3 раза выше по сравнению со сметаной без использования ферментного препарата, и подтверждается органолептическими, физико-химическими, реологическими и микробиологическими показателями. Сметана с трансглутаминазой сохраняла свои первоначальные показатели качества в течение 60-ти суток хранения и была пригодна к употреблению. Кроме того, использование ферментного препарата трансглутаминазы при производстве сметаны способствовало получению продукта с низким пост-окислительным эффектом, хорошими показателями влагоудерживающей способности и эффективной вязкости, при этом общее количество молочнокислых микроорганизмов на 60-е сутки хранения при стандартном температурном режиме $(4\pm 2)^\circ\text{C}$ составило для сметаны с массовой долей жира 10 % – $1,7 \times 10^7$ КОЕ/г, для сметаны с массовой долей жира 25 % – $1,5 \times 10^7$ КОЕ/г.

Таким образом, применение ферментной биоконверсии белков молока при производстве сметаны различной массовой долей жира позволило получить конкурентоспособный продукт, обладающий высокими потребительскими характеристиками и технологическими свойствами, с минимальными производственными затратами и повышенной стойкостью при хранении.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Шингарева, Т. И. Влияние новых заквасочных культур «CHR. HANSEN» на качество биосметаны при хранении / Т.И. Шингарева, О.И. Скокова // Продукт ВУ. – 2014. – № 6. – С. 29–34.
- 2 Штамм *Lb. ghamnosus*, используемый для получения продукции, содержащей лактобактерии: пат 2453591 РФ/ Красникова Л.В., Шапошникова Л.И.; заявитель ООО «Бифилюкс»// Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам. – 2012. – № 2. – С.174.
- 3 Штамм *Lb. rarascae*, используемый для производства кисломолочных напитков: пат 2461617 РФ/ Цугкиев Б.Г., Рамонова Э.В., Козырева И.И.; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Горский государственный аграрный университет». – 2012. – № 45. – С.125.
- 4 Скокова, О. И. Исследование влияния новых заквасочных культур на качество сметаны при хранении / О.И. Скокова, Ю.Ю. Чеканова // Техника и технология пищевых производств: тез. докл. XII Междунар. науч.-техн. конф., Могилев / Учреждение образования «Могилевский государственный университет продовольствия»; редкол.: А.В. Акулич (отв.ред.) [и др.]. – Могилев: МГУП, 2018. – Т. 1. – С. 377.
- 5 Чеканова, Ю. Ю. Влияние добавочных заквасочных культур производства РУП «Институт мясо-молочной промышленности» на стойкость сметаны при хранении / Ю.Ю. Чеканова, О.И. Скокова // Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья: сборник научных трудов, Минск / РУП «Институт мясо-молочной промышленности» – 2017. – № 12. – С. 71–76.
- 6 Шлейкин, А. Г. Эволюционно-биологические особенности трансглутаминазы. Структура, физиологические функции, применение./ А. Г. Шлейкин, Н. П. Данилов // Журнал эволюционной биохимии и физиологии. – 2011. – Т. 47. – № 1 – С. 3–14.
- 7 Капрельянец, Л. В. Использование фермента трансглутаминазы в пищевых технологиях, источники получения / Л.В. Капрельянец, А.А. Зиновьев // Матеріали ІХ Українського біохімічного з'їзду 24–27 жовтня. – Харків. 2006. – Том 2. – С. 149–150.
- 8 Харитонов, Д. В. Влияние трансглутаминазы на фракционный состав белка сметаны / Д.В. Харитонов, З.С. Зобкова, Т.П. Фурсова, Д.В. Зенина, А.Д. Гаврилина, И.Р. Шелагинова, Д.А. Шефов, Л.В. Римарева, Е.Н. Соколова, Ю.А. Борщева // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2015. – № 5. – С. 28–31.
- 9 Зобкова, З. С. Исследование влияния условий применения препаратов трансглутаминазы на качество сметаны /З.С. Зобкова, Т.П. Фурсова, Д.В. Зенина, А.Д. Гаврилина, И.Р. Шелагинова, Д.А. Шефов, Л.В. Римарева,

- Е.Н. Соколова, Е.В. Давыдкина // Переработка молока. – 2015. – № 6 – С. 29–31.
- 10 Зобкова, З. С. Изменение физико-химических, реологических и органолептических показателей сметаны с трансглутаминазой при холодильном хранении / З.С. Зобкова, Т.П. Фурсова, Д.В. Зенина, А.Д. Гаврилина, И.Р. Шелагинова, Д.А. Шефов // Научно-практическое обеспечение холодильной промышленности. – М.: ФГБНУ ВНИХИ, 2015. – С. 352–356.
- 11 Зобкова, З. С. Зависимость структурно-механических характеристик сметаны от состава белков молока, модифицированных ферментом трансглутаминазой / З.С. Зобкова, Т.П. Фурсова, Д.В. Зенина, А.Д. Гаврилина, И.Р. Шелагинова, Д.А. Шефов // Молочная промышленность. – 2015. – № 4 – С. 32–34.
- 12 Зобкова, З.С. Трансглутаминаза и молочные продукты с ее использованием (теория и практика) / З.С. Зобкова, Т.П. Фурсова, Д.В. Зенина // монография, М.: Издательство «Франтера». – 2017. – 207 с.
- 13 Зобкова, З.С. Нетрадиционные решения в обеспечении качества цельномолочных продуктов / З.С. Зобкова, Д.В. Зенина, Т.П. Фурсова // Тезисы V Международной научно-практической конференции «Современные достижения биотехнологии. Актуальные вопросы молочного дела», 21–23 октября 2015 г. – г. Ставрополь: СКФУ, 2015. – С. 145 – 148.
- 14 Федотова, О. Б. Исследование антибактериальных свойств лактоферрина в сметане / О.Б. Федотова, З.С. Зобкова, Т.П. Фурсова, Д.В. Зенина, А.Д. Гаврилина, И.Р. Шелагинова // Научное обеспечение молочной промышленности. Сборник трудов. М.: ФГБНУ «ВНИМИ», Издательство «Франтера». – 2016. – С. 91–100.
- 15 Скокова, О. И. Обоснование рациональных параметров применения трансглутаминазы при производстве сметаны / О.И. Скокова, Ю.Ю. Чеканова // Вестник МГУП. – 2018. – № 2 (25). – С. 32–37.
- 16 Скокова, О. И. Влияние трансглутаминазы на текстурные свойства и консистенцию сметаны / О.И. Скокова, Ю.Ю. Чеканова // Проблемы и перспективы развития инновационного сотрудничества в научных исследованиях и системе подготовки кадров: материалы междунар. научно-практич. конф., Бухара / Инженерно-технологический институт – 2017. – С. 11.

Поступила в редакцию 18.06.2019 г.

ОБ АВТОРАХ:

Ольга Ивановна Скокова, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии молока и молочных продуктов, Могилевский государственный университет продовольствия, e-mail: ol.skokowa@yandex.by
Юлия Юрьевна Чеканова, аспирант кафедры технологии молока и молочных продуктов, Могилевский государственный университет продовольствия, e-mail: chekanowa_07@mail.ru
Анна Антоновна Демьянец, студент химико-технологического факультета, Могилевский государственный университет продовольствия, e-mail: anan-an@mail.ru

ABOUT AUTHORS:

Olga. I. Skokova, PhD (Engineering), Associate Professor of the Department of Technology of Milk and Dairy Products, Mogilev State University of Food Technologies, e-mail: ol.skokowa@yandex.by
Yuliya. Yu. Chekanova, postgraduate student of the Department of Technology of Milk and Dairy Products, Mogilev State University of Food Technologies, e-mail: chekanowa_07@mail.ru
Anna. A. Demyanets, student of the Chemico-technological Faculty, Mogilev State University of Food Technologies, e-mail: anan-an@mail.ru