

## БИОТЕХНОЛОГИЯ

УДК 577.114.003:637.146.33  
https://doi.org/10.47612/2220-8755-2020-15-48-54

Поступила в редакцию 02 августа 2021 года

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

### СОДЕРЖАНИЕ ЭКЗОПОЛИСАХАРИДОВ В ОБРАЗЦАХ КИСЛОМОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ

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

### EXOPOLYSACCHARIDES CONTENT IN THE SAMPLES OF FUNCTIONAL FERMENTED MILK PRODUCTS

*e-mail: GOS\_82@tut.by, nzhabanos@tut.by, furik\_nn@tut.by,  
bifrontal\_sombra@list.ru, pil-2020@yandex.by*

*В статье приведены результаты исследований по изучению уровня синтеза экзополисахаридов (ЭПС) в биопродуктах кисломолочных, изготовленных с использованием молочнокислых и пробиотических культур: в образцах «Бифимульт», изготовленных с использованием четырех консорциумов культур, включенных в состав закваски сухой концентрированной «Пробилакт-6», в образцах «Бифитат» изготовленных с использованием двух консорциумов культур, включенных в состав закваски сухой концентрированной «Пробилакт-2», в образцах биосметаны, полученных с использованием трех консорциумов микроорганизмов для изготовления закваски для биосметаны.*

**Ключевые слова:** экзополисахариды; уровень продуцирования; кисломолочные продукты; функциональная направленность; лактококки; пробиотические культуры; пробилакт.

*The article provides the results of studies on the level of exopolysaccharides synthesis in fermented milk bioproducts made using lactic acid and probiotic cultures: the samples «Bifimult» made with the use of four consortium cultures, included in the dry concentrated starter culture «Probylact-6» the samples «Bifitac» made with the use of two consortium cultures included in the dry concentrated starter «Probylact-2», bio sour cream samples obtained using three consortium of microorganisms for the production of starter culture for bio sour cream.*

**Keywords:** exopolysaccharides; level of synthesis; fermented dairy products; functional focus; lactococcus; probiotic cultures; probylact.

**Введение.** Производство пробиотических ферментированных молочных продуктов, стабильно развивается. В связи с этим акцентируется внимание на поиске заквасочных культур, обладающих способностью к синтезу экзополисахаридов (далее по тексту ЭПС), улучшающих органолептические, реологические характеристики ферментированных продуктов и способствующих адгезии пробиотических микроорганизмов на стенках кишечника, что обеспечивает максимальную эффективность пробиотического воздействия на организм, а также колонизационную резистентность, которая представляет собой совокупность факторов местного иммунитета и антагонистических свойств нормальной микрофлоры организма, предотвращающих колонизацию слизистых оболочек патогенными микроорганизмами [1].

Актуальным является получение заквасок на основе природных отечественных штаммов бактерий, синтезирующих ЭПС, внесение которых в ходе

технологического процесса будет способствовать проявлению полезных свойств получаемой продукции, ее конкурентоспособности при заданных показателях качества и безопасности [2].

Из литературных источников известно, что полисахариды проявляют лечебно-профилактические свойства, такие как: противоязвенная активность, способствуют снижению давления при гипертонии и содержания холестерина в крови, выступают в качестве активных факторов против раковых клеток [2–5].

Использование функциональных продуктов для коррекции и поддержки нормальной микрофлоры кишечника имеет безусловное преимущество, так как диетологические методы наиболее физиологичны и не ограничены по времени применения.

Биопродукты диетические «Бифи-мульти» созданные РУП «Институт мясомолочной промышленности», являются продуктами функционального назначения повышенной пищевой и биологической ценности и разработаны специально для детей дошкольного и младшего школьного возраста с учетом физиологических потребностей ребенка. Продукты изготавливаются путем ферментацией нормализованного коровьего молока или восстановленного молока поливидовой бактериальной закваской «Пробилакт-6», включающей специально подобранные культуры с ценными технологическими (*Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus*) и пробиотическими свойствами (*Lactobacillus casei*, *Lactobacillus helveticus*, *Bifidobacterium longum*).

Продукты лечебно-профилактические кисломолочные «Бифитат» по результатам клинической апробации могут применяться для нормализации биоценоза кишечника у детей и взрослых при дисбактериозе кишечника и различных других заболеваниях, для питания больных детей с аллергическими заболеваниями, особенно пищевой аллергией, для питания здоровых детей раннего (начиная с возраста от одного года до трех лет), дошкольного, школьного возраста и взрослого населения. Функциональные свойства продукта обусловлены свойствами специально подобранных комбинаций штаммов (*Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium longum*) в составе поливидовой бактериальной закваски «Пробилакт-2».

Одним из традиционных востребованных ферментированных молочных продуктов является сметана, так как употребляется различными возрастными группами населения. В связи, с возрастающим интересом населения к здоровому образу жизни и питанию, увеличивается выпуск сметаны с пониженной массовой долей жира, в том числе, обладающей пробиотическими свойствами. При получении низкожирной биосметаны как правило используются заквасочные культуры лактококков, термофильных стрептококков и пробиотических культур мезофильных лактобацилл, обладающие низким пределом кислотообразования.

Бактерии *Lactobacillus rhamnosus* являются пробиотиком, активно используемым в производстве продуктов функциональной направленности. Наряду с некоторыми другими видами лактобактерий, нормальной микрофлоры кишечника человека *Lb. rhamnosus* особенно полезны при лечении диареи, вызванной ротавирусной инфекцией, поскольку продуцируют спектр бактерициноподобных веществ и являются самым эффективным пробиотиком в долговременной профилактике развития атопического дерматита у детей, снижают продолжительность диареи при гастроэнтеритах у детей. В самостоятельный вид данные микроорганизмы выделены относительно недавно, не более 15 лет назад, до этого их относили к виду *Lactobacillus casei*, но способными расти в более широком диапазоне температур – (10–47)°С. Именно из-за своих уникальных свойств в настоящее время при создании продуктов функционального питания все чаще

используют *Lb. rhamnosus*, а не близкую им в генетическом отношении лактобациллу *Lb. casei* [6].

Таким образом, при производстве кисломолочных продуктов функциональной направленности актуальным является использование молочнокислых и пробиотических культур, обладающих способностью к продуцированию ЭПС, которые являются физиологичными для человека, так как при поступлении в организм с пищей они сразу включаются в процессы метаболизма, наряду с другими их функциональными характеристиками.

**Цель работы** – определить содержание экзополисахаридов в образцах кисломолочных продуктов функциональной направленности.

**Материалы и методы исследований.** В работе исследованы образцы:

- биопродукта кисломолочного сладкого обогащенного кальцием детского диетического лечебного и детского диетического профилактического питания для детей дошкольного и школьного возраста «Бифи-мульти» с массовой долей жира 3,0 % изготовленных с использованием четырех консорциумов микроорганизмов, подобранных в состав закваски сухой концентрированной «Пробилакт-6» (*Streptococcus salivarius ssp. thermophilus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus helveticus*, *Bifidobacterium longum*), различного штаммового состава: консорциум №1 – 2101 ST-AV+1196 ML-OFR+1191 TL-AF+ 432 OR, консорциум №2 – 2101 ST-AV+1208 ML-OFR+1191 TL-AF+ 432 OR, консорциум №3 – 1104 ST-AV+1196 ML-OFR+1191 TL-AF+ 432 OR консорциум №4 – 1104 ST-AV+1208 ML-OFR+1191 TL-AF+ 432 OR при температурном режиме  $(38\pm 2)^\circ\text{C}$ ;

- биопродукта кисломолочного «Бифитат» диетического лечебного и диетического профилактического питания с массовой долей жира 3,6 % изготовленного с использованием двух консорциумов микроорганизмов, подобранных в состав закваски сухой концентрированной «Пробилакт-2» (*Streptococcus salivarius ssp. thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium longum*), различного штаммового состава: консорциум №5 – 1145 ST-A+2389 TL-AV+ 432 OR, консорциум №6 – 2113 ST-AV+2389 TL-AV+432 OR при температурном режиме  $(38\pm 2)^\circ\text{C}$ ;

- биосметаны с массовой долей жира 20,0% изготовленной с использованием трех консорциумов микроорганизмов, подобранных в состав закваски для биосметаны (*Lactococcus lactis subsp. lactis*, *Lactococcus lactis subsp. diacetylactis*, образующих вязкий и невязкий сгусток в молоке, *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus*, *Lactobacillus rhamnosus*), различного штаммового состава: консорциум №7 – CM-Мв 190+2113 ST-AV+2641 TL-O, консорциум №8 – CM-Мв 190+1141 ST-AV +2641 TL-O, консорциум №9 – CM-Мв 190+ 2250 ST-AV +2641 TL-O при температурном режиме  $(30\pm 1)^\circ\text{C}$  и  $(35\pm 1)^\circ\text{C}$ .

В ходе проведения работ использовались стандартизированные и общепринятые методы исследований. Количественное определение ЭПС осуществлялось фенол-серным методом [7].

**Результаты и их обсуждение.** В ходе исследований проведена количественная оценка уровня синтеза ЭПС в образцах биопродукта кисломолочного «Бифи-мульти», ферментированного с использованием четырех консорциумов культур соответственно: образец №1, образец №2, образец №3, образец №4 при температуре  $(38\pm 2)^\circ\text{C}$ . Полученные в ходе исследований результаты представлены на рисунках 1–4.

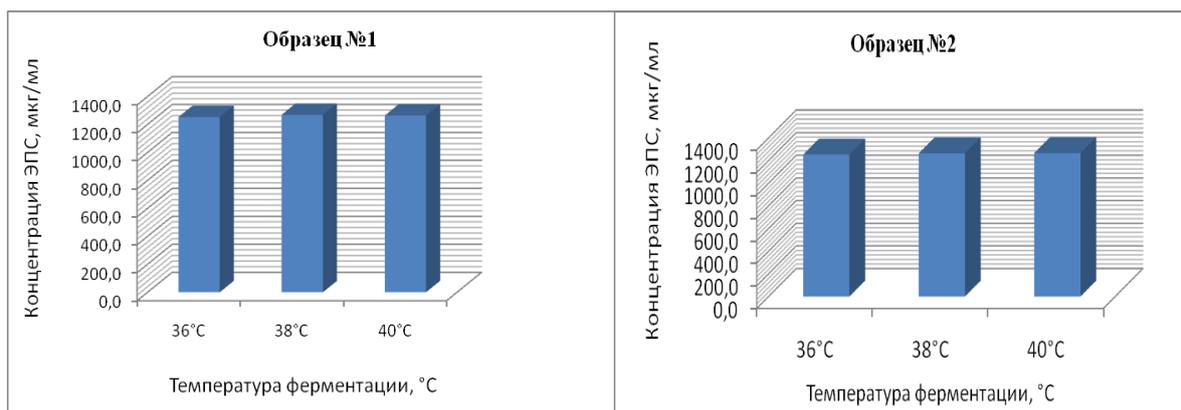


Рисунок 1 – Уровень синтеза ЭПС в образцах биопродукта кисломолочного «Бифи-мульти», ферментированного консорциумом №1

Рисунок 2 – Уровень синтеза ЭПС в образцах биопродукта кисломолочного «Бифи-мульти», ферментированного консорциумом №2

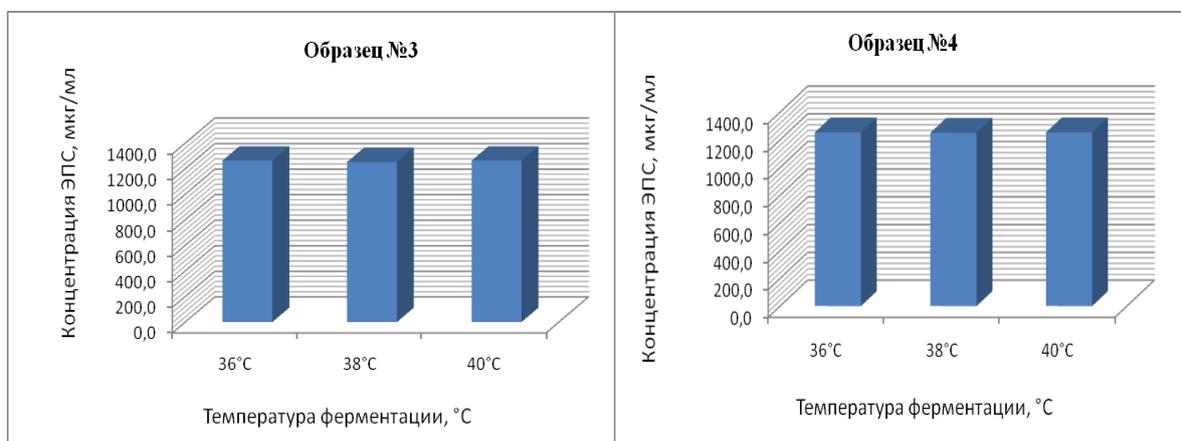


Рисунок 3 – Уровень синтеза ЭПС в образцах биопродукта кисломолочного «Бифи-мульти», ферментированного консорциумом №3

Рисунок 4 – Уровень синтеза ЭПС в образцах биопродукта кисломолочного «Бифи-мульти», ферментированного консорциумом №4

Источник данных: собственная разработка.

Отличительной особенностью видового состава консорциумов №1, №2 является наличие в их составе культуры термофильного стрептококка 2101 ST-AV и культур *Lactobacillus casei* (1196 ML-OFR, 1208 ML-OFR). В составе консорциумов №3 и №4 – культур термофильного стрептококка 1104 ST-AV и *Lactobacillus casei* (1196 ML-OFR, 1208 ML-OFR).

Как видно из рисунков 1–2, наименьший уровень синтеза ЭПС в получаемом продукте достигается при 36°C – 1253,4 мкг/мл. При повышении температуры сквашивания молока до 38°C в образцах получаемого продукта отмечается незначительное повышение концентрации ЭПС: №1 – 1269,3 мкг/мл, №2 – 1264,0 мкг/мл соответственно, причем для образца №1 отмечено достижение наибольшего значения. При повышении температуры ферментации до 40°C в образце №1 отмечено снижение значения концентрации синтезируемых ЭПС до 1264,0 мкг/мл, в то время как в образце №2 уровень синтеза ЭПС увеличился и достиг своего наибольшего значения – 1266,7 мкг/мл.

Как видно из рисунков 3–4, наименьшее значение концентрации синтезируемых ЭПС в получаемом продукте достигается при 38°C в обоих образцах (№3 – 1253,4 мкг/мл, №4 – 1250,7 мкг/мл соответственно). При изменении температуры сквашивания молока на 2°C в образцах получаемого продукта отмечается также незначительное повышение концентрации ЭПС (№3 – 1264,0 мкг/мл, №4 – 1253,4 мкг/мл). Таким образом, установлено, что при температуре ферментации (38±2)°C молочного сырья консорциумами, используемыми для изготовления закваски сухой концентрированной «Пробилакт-6» уровень содержания ЭПС в получаемом продукте не зависит от температурных режимов и варьирует в диапазоне от 1250,7 до 1269,3 мкг/мл.

Проведена количественная оценка уровня синтеза ЭПС в образцах биопродукта кисломолочного «Бифитат», ферментированного с использованием двух консорциумов культур соответственно: образец №5, образец №6. Полученные в ходе исследований результаты представлены на рисунках 5–6.

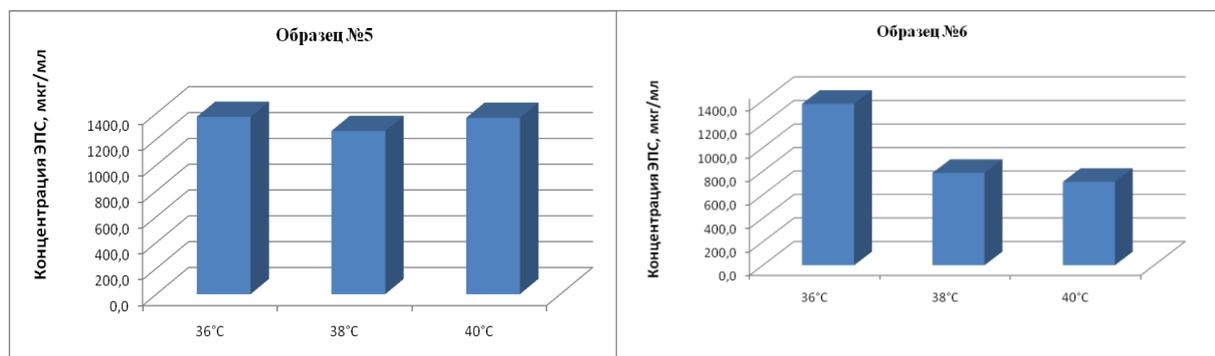


Рисунок 5 - Уровень синтеза ЭПС в образцах биопродукта кисломолочного «Бифитат», ферментированного консорциумом №5

Источник данных: собственная разработка.

Рисунок 6 - Уровень синтеза ЭПС в образцах биопродукта кисломолочного «Бифитат», ферментированного консорциумом №6

На основании анализа полученных данных, установлено содержание экзополисахаридов в образцах биопродукта кисломолочного «Бифитат» при температуре ферментации (38±2)°C консорциумами, используемыми для изготовления закваски сухой концентрированной «Пробилакт-2», которое варьировало в диапазоне от 709,3 до 1373,2 мкг/мл. Однако следует отметить, что наибольшее значение концентрации синтезируемых ЭПС в получаемом продукте достигается при 36°C – 1373,2 мкг/мл. При повышении температуры сквашивания молока до 38°C в получаемом продукте отмечается снижение концентрации ЭПС в обоих образцах (№5 – 1263,9 мкг/мл, №6 – 785,3 мкг/мл соответственно). При повышении температуры сквашивания молока до 40°C в образце №6 отмечена наименьшее значение концентрации синтезируемых ЭПС – 709,3 мкг/мл, в то время как в образце №5 уровень синтеза ЭПС увеличился незначительно – 1365,2 мкг/мл. Таким образом, для консорциумов, подобранных в состав закваски сухой концентрированной «Пробилакт-2» установлено влияние температурных режимов, используемых при ферментации молочного сырья на уровень содержания ЭПС в получаемом продукте.

На рисунке 7 приведены результаты исследований количественной оценки синтеза ЭПС в образцах биосметаны, полученной с использованием консорциумов №7, №8, №9 для изготовления закваски для биосметаны. Ферментацию сливок осуществляли при температурах: (30±1)°C и (35±1)°C.

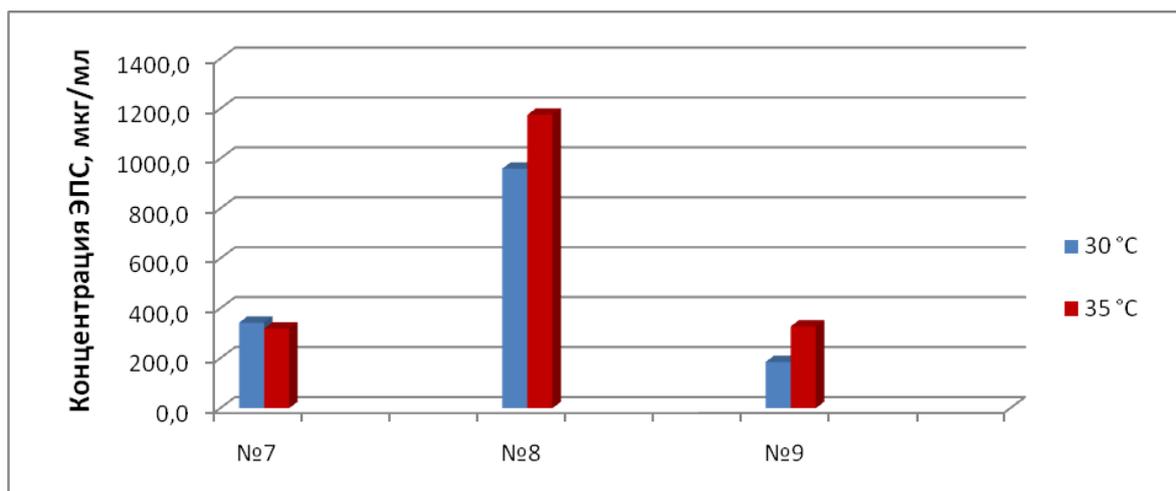


Рисунок 7 – Уровень синтеза ЭПС в образцах биосметаны ферментированного консорциумами №7, №8, №9

Источник данных: собственная разработка.

Отличительной особенностью видового состава консорциумов №7, №8, №9 является наличие в их составе различных культур термофильного стрептококка (2113 ST-AV, 1141 ST-AV, 2250 ST-AV).

Определено содержание экзополисахаридов, продуцируемое консорциумами молочнокислых микроорганизмов (СМ-Мв190+2113 ST-AV+2641 TL-O, СМ-Мв190+1141 ST-AV+2641 TL-O, СМ-Мв190+2250 ST-AV+2641 TL-O) в образцах биосметаны при температурах производства. Концентрации ЭПС варьировала в диапазоне от 185,3 до 960,0 мкг/мл при  $(30 \pm 1)^\circ\text{C}$ , от 318,6 до 1175,9 мкг/мл при  $(35 \pm 1)^\circ\text{C}$ . Способность к наибольшему продуцированию ЭПС, отмечена для консорциума СМ-Мв190 + 1141 ST-AV + 2641 TL-O (при температуре ферментации  $(30 \pm 1)^\circ\text{C}$  – 960,0 мкг/мл, при  $(35 \pm 1)^\circ\text{C}$  – 1175,9 мкг/мл).

**Закключение.** На основании анализа результатов исследований, установлено, что уровень синтеза ЭПС в ферментированном продукте зависит не только от видового состава заквасочных культур, но и от индивидуальных особенностей штаммов, входящих в состав закваски, а также температурного режима ферментации молочного сырья, используемого при изготовлении биопродуктов. Кроме того, на основании полученных результатов можно предположить, что установленное в ходе клинической апробации биопродуктов кисломолочных «Бифитат», «Бифи-мульти» положительное воздействие на микрофлору желудочно-кишечного тракта и его функционирование может быть связано также и с воздействием ЭПС продуцируемыми культурами пробиотиками.

#### Список использованной источников

1. Маркелова В.В., Красникова Л. В. Использование штаммов *Lactobacillus acidophilus*, продуцирующих экзополисахариды, для приготовления функциональных десертов из молочной сыворотки // Сборник материалов IV Международной научно-технической конференции «Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке». – СПб.: СПбГУНиПТ, 2009. – С. 420–422.

1. Markelova V.V., Krasnikova L. V. Ispol'zovanie shtammov *Lactobacillus acidophilus*, producirujushhih jekzopolisaharidy, dlja prigotovlenija funkcional'nyh desertov iz molochnoj syvorotki // Sbor-nik materialov IV Mezhdunarodnoj nauch-no-tehnicheskoy konferencii «Nizkotem-peraturnye i pishhevye tehnologii v XXI veke». – SPb.: SPbGUNIPT, 2009. – S. 420–422.

2. Гвоздяк, Р.И. Микробный полисахарид – ксантан / Р.И. Гвоздяк, М.С. Матышевская // Киев: Наукова думка. – 1989. – 212 с.
3. Косой, В.Д. Реология молочных продуктов: теория, научные исследования, справочный материал: лабораторный практикум / В.Д. Косой, Н.И. Дунченко, М.Ю. Меркулов. – М.: ДеЛи принт, 2010. – 826 с.
4. 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.
5. Лисин, П.А. Структурно-механическая и термодинамическая характеристика биоюгурта / П.А. Лисин, О.Н. Мусина, И.В. Кистер // Техника и технология пищевых производств. – 2014. – №1. – С.54–58.
6. Dubois M., Gilles K., Hamilton J., Rebers P., Smith F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances // Anal. Chem. 1956. V. 28. № 3. P. 350–356.
7. Артюхова, С.И., Моторная, Е.В. Об актуальности использования при производстве биопродуктов для функционального питания молочнокислых бактерий, синтезирующих экзополисахариды // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – №5–1. – С. 76.
2. Gvozdjak, R.I. Mikrobnyj polisaharid – ksantan / R.I. Gvozdjak, M.S. Matyshev-skaja // Kiev: Naukovaja dumka. – 1989. – 212 s.
3. Kosoj, V.D. Reologija molochnyh produktov: teorija, nauchnye issledovanija, spravocnyj material: laboratornyj praktikum / V.D. Kosoj, N.I. Dunchenko, M.Ju. Merkulov.-M.: DeLi print, 2010. – 826 s.
4. Abakova, A. A. Issledovanie reologicheskih harakteristik kislomolochnyh sgustkov obogashennyh gidrolizatom syvoro-tochnyh belkov / A. A. Abakova, E. Ju. Nero-nova, A.L. Novokshanova // Molochnohozjaj-stvennyj vestnik. – 2016. – №3. – S. 37–45.
5. Lisin, P.A. Strukturno-mehanicheskaja i termodinamicheskaja harakteristika biojo-gurta / P.A. Lisin, O.N. Musina, I.V. Kister // Tehnika i tehnologija pishhevyh pro-izvodstv. – 2014. – №1. – S.54 – 58.
7. Artjuhova, S.I., Motornaja, E.V. Ob aktual'nosti ispol'zovanija pri proizvodstve bioproduktov dlja funkcional'nogo pitanija molochnokislyh bakterij, sintezirujushhih jekzopolisaharidy // Mezhdunarodnyj zhurnal jeksperimental'nogo obrazovanija. – 2015. – №5–1. – S. 76.