

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.

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.

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

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.

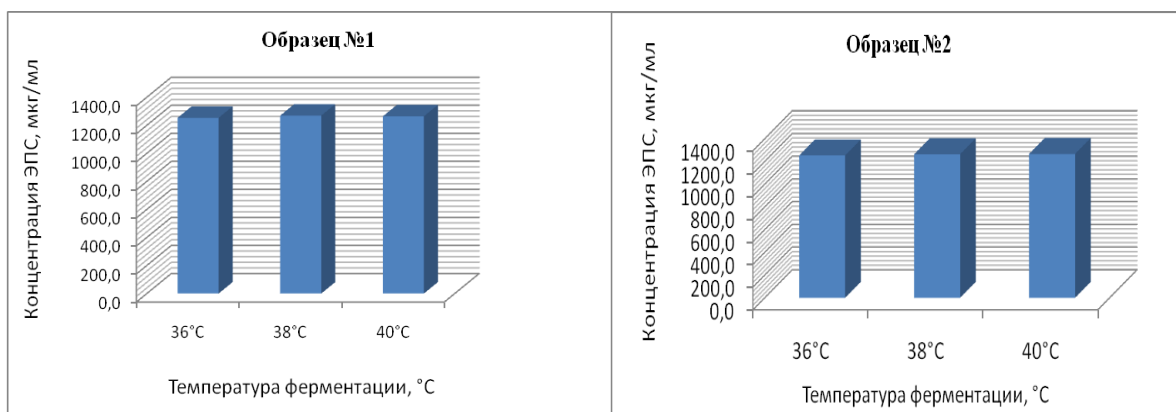


Рисунок 1 – Уровень синтеза ЭПС в образцах биопродукта кисломолочного «Бифи-мульти», ферментированного консорциумом №1

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

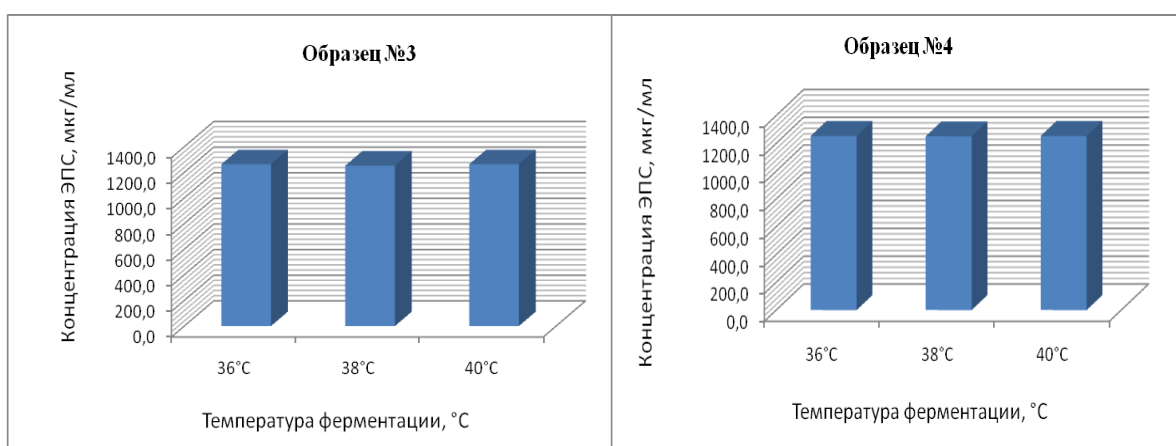


Рисунок 3 – Уровень синтеза ЭПС в образцах биопродукта кисломолочного «Бифи-мульти», ферментированного консорциумом №3

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.

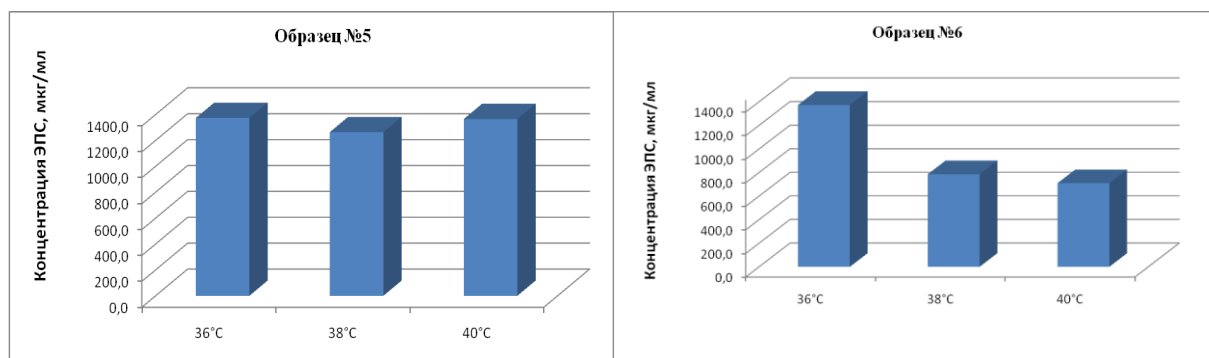


Рисунок 5 - Уровень синтеза ЭПС в образцах биопродукта кисломолочного «Бифитат», ферментированного консорциумом №5

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.

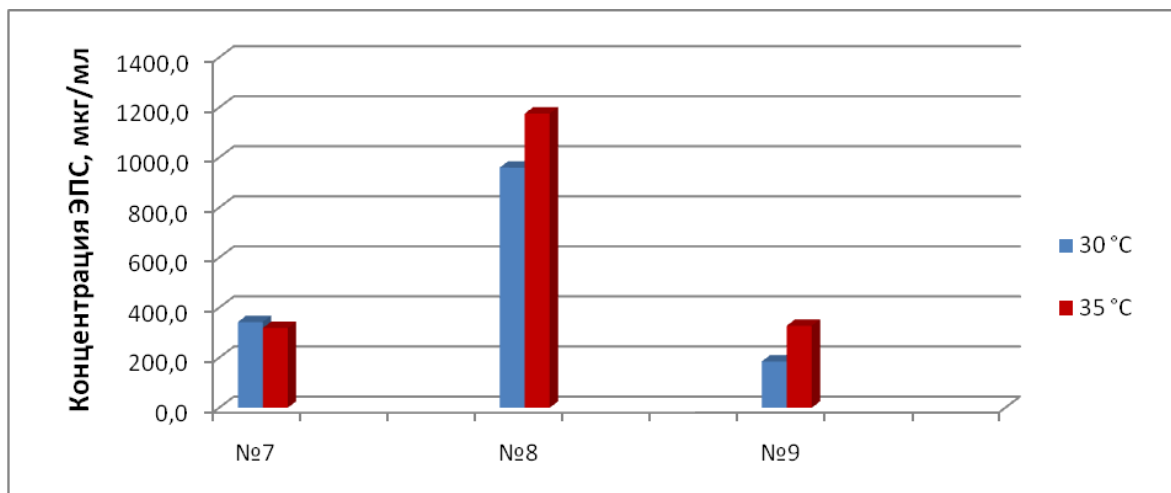


Рисунок 7 – Уровень синтеза ЭПС в образцах биосметаны ферментированного консорциумами №7, №8, №9

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±1)°С, от 318,6 до 1175,9 мкг/мл при (35±1)°С. Способность к наибольшему продуцированию ЭПС, отмечена для консорциума СМ-Мв190 + 1141 ST-AV + 2641 TL-O (при температуре ферментации (30±1)°С – 960,0 мкг/мл, при (35±1)°С – 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 jezkopolisaharidy, 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.