УДК 637.072

А.В. Банникова

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО СОЗДАНИЮ ЙОГУРТОВ С ПИЩЕВЫМИ ВОЛОКНАМИ

Современные технологии производства пищевых продуктов включают использование различных добавок для улучшения технологических параметров продуктов, а также сенсорных и текстурных характеристик. В данной работе на основании полученной информации о текстуре и составе коммерческого образца йогурта были разработаны новые технологические решения в рецептурах йогуртов без желатина с пищевыми волокнами и оценена приемлемость новых типов йогуртов. Были исследованы физико-химические свойства разработанных йогуртов с использованием анализа зависимости вязкости от скорости сдвига, измерения синерезиса и плотности, а также световой микроскопии. Результаты исследования показали, что разработанные кисломолочные продукты обладают текстурными, физико-химическими и сенсорными свойствами, близкими к контролю. Показательно, что коммерческий йогурт и три образца с пищевыми волокнами, т.е. с ксантаном / камедью рожкового дерева / модифицированным крахмалом, ι-каррагинаном / ксантаном / полифосфатом натрия / модифицированным крахмалом и карбоксиметилцеллюлозой / ксантаном / модифицированным крахмалом не проявляли синерезис после центрифугирования при 3000 оборотов в минуту в течение 10 мин при 4 °С. Кроме того, все йогурты оставались однородными во время хранения из-за жировых шариков, равномерно диспергированных в трехмерной матрице, как показано микроскопическим анализом. Использование эмульгатора предотвращает слипание жировых шариков, что способствует усиленной стабилизации системы кисломолочного продукта. Данные исследования в тесной связи с наукой о питании позволяют внести вклад в развитие технологий пищевых продуктов с высокой функциональностью и сенсорными характеристиками.

Йогурт, пищевые волокна, физико-химические свойства, вязкость.

Введение

Йогурт представляет собой кисломолочный продукт, пользующейся высокой популярностью во всем мире и обладающий высокой питательной ценностью за счет значительной концентрации катионов кальция и биологически активных природных компонентов [1]. Натуральный йогурт без добавок получают добавлением в молоко молочнокислых бактерий, вызывающих молочнокислое брожение. Йогурт коммерчески доступен в замороженном состоянии, мягком гелеобразном или в качестве напитка [2].

Современные технологии производства пищевых продуктов включают использование различных добавок для улучшения технологических параметров продуктов, а также сенсорных и текстурных характеристик [3]. Термин «гидроколлоиды» включает полисахариды и белки, которые широко используются в различных промышленных областях, где они выполняют функции загущения, гелеобразования, эмульгирования, суспендирования, стабилизации пены, предотвращения кристаллизации льда и сахара, регулирования аромата и др. [4–5].

Желатин считается важным компонентом для разработки комплекса молочных продуктов на протяжении многих лет. Образуя мягкую гелеобразную или жидкую консистенцию, он является многофункциональным агентом из-за отсутствия потенциальных заменителей. Тем не менее, растущий спрос привел к разработке новых продуктов с улучшенными текстурыми и органолептическими характеристиками [6–8]. В свете вышесказанного, полисахариды интенсивно исследуются в течение последних десятилетий в целях их использования для стабилизации пищевых систем. Так, структурно-функциональные свойства полисахаридов рассматриваются как компоненты в рецептурах йогуртов с их многочисленными преимуществами создания текстуры пищевого продукта в близкой связи с наукой о питании [9–10].

Данная работа посвящена исследованию физико-химических свойств коммерческих образцов йогурта, использующих желатин и химически модифицированный крахмал в качестве стабилизаторов. На основании полученной информации о текстуре и составе коммерческого образца йогурта были разработаны новые технологические решения в рецептурах йогуртов без желатина с пищевыми волокнами и оценена приемлемость новых типов йогуртов с помощью физико-химического анализа.

Объект и методы исследования

Коммерческий образец йогурта, используемый в этом исследовании, был приобретен в супермаркете. Молоко с 3,8 % жира и 3,2 % белка и обезжиренное молоко с 0,12 % жира и 4,2 % белка были произведены компанией Parmalat, Австралия, и использованы для получения опытных образцов.

Для приготовления образцов иогуртов были использованы следующие ингредиенты: инулин (Fernz Specialty Chemicals, Австралия), желатин (Блум 225, Gelita, Германия), модифицированный крахмал (National starch, США) камедь рожкового дерева и ι-каррагинан (Danisco, Нидерланды), ксантан (Langdon, Австралия), карбоксиметилцеллюлоза (Akzo Nobel Functional Chemicals, Нидерланды),

агар (RYP Foods PTY Ltd., Австралия), низкоэтерифицированный пектин (CP Kelco США), полифосфат натрия (Merck, Австралия), живая йогуртовая культура, содержащая *Streptococcus Thermophilus, Lactobacillus и Bifidobacterium Bulgaricus* (Chr. Hansen, Новая Зеландия).

Для получения образцов йогуртов в лабораторных условиях молочные ингредиенты смешивали до желаемого содержания жира (примерно 1,4 %). Затем добавляли к молоку сухие ингредиенты и перемешивали в течение 10 мин. Для обеспечения надлежащего растворения ингредиентов температура системы была увеличена до 55 °С с выдержкой в течение 10 мин и постоянном помешивании. Далее системы были пастеризованы при 80 °С в течение 2 мин с последующим охлаждением до 40 °С для введения живой культуры. Системы были оставлены для брожения в течение 5 ч при 43 °С до достижения значения pH системы, близкого к 4,6. Йогурт затем перемешивали, добавляли красители и ароматизаторы и хранили при температуре 4 °С в течение 18,0 ± 1,0 ч перед изучением.

Зависимость вязкости системы от скорости сдвига образцов йогуртов была определена на реометре AR-G2 (TA Instruments, США) с использованием параллельной геометрии диаметром 40 мм при 5 °С.

Измерения синерезиса (%) йогуртов проводили методом центрифугирования образца (25 г) при 3000 оборотах в минуту в течение 10 мин при 4 °С [11–12].

Плотность йогуртов определяли, используя гидрометры со специальным удельным объемом, которые были взвешены и наполнены образцами йогурта. Плотность йогуртов выражали как отношение массы образцов к их объему, учитывая плотность материала гидрометра.

Световая микроскопия йогуртов использовалась для обеспечения свидетельства текстуры образцов йогурта. Изображения были получены с помощью микроскопа Leica DM 2500 (Wetzlar, Германия) с прикрепленной цифровой камерой Leica DFC400 при увеличении 100. Образцы были подготовлены для микроскопического исследования путем распределения йогурта на предметном стекле не слишком толстым и не слишком тонким слоем, гарантируя, что структура йогуртов не была разрушена. Для получения плоской поверхности изображений использовали покровное стекло.

Результаты исследований и их обсуждение

Физико-химическая характеристика коммерческого образца йогурта

Согласно этикетке, состав коммерческого образца йогурта был: обезжиренное молоко, молоко, сахар, сухое молоко, вода, инулин, модифицированный крахмал (E 1442), желатин, ароматизатор, пищевая кислота (E 331), естественный краситель (E 160b) и живая йогуртовая культура (*Lactobacillus acidophilus, Bifidobacterium, Lactobacillus GG*). Пищевая ценность на 100 г: белки – 4,7 г, жиры – 1,4 г, углеводы – 16,8 г, в том числе сахара – 16 г. В качестве приближения к вышеуказанной композиции мы создали аналог коммерческого образца для идентификации параметров производства йогуртов в лаборатории. Выбор концентрации ингредиентов для производства аналогов коммерческих образцов определялся информацией о питательной ценности конкретного йогурта, путем расчета общего количества твердых веществ, а также на основании нашего опыта и обширного обзора литературы по применению инулина, желатина и модифицированного крахмала в йогуртах.

Была измерена вязкость образцов коммерческого йогурта (рис. 1). Структура йогурта чрезвычайно зависима от напряжения сдвига. Тенденция устойчивого сдвига вязкости с увеличением деформации видна на рис. 1, где вязкость системы драматически падает (на три порядка) с ростом скорости сдвига (от 0,1 до 100 $с^{-1}$). Рис. 1 также показывает, что вязкость коммерческого образца в диапазоне скорости сдвига 1 и 4 $с^{-1}$ носит не совсем линейный характер, что может быть связано с разделением фаз между желатином, модифицированным крахмалом и инулином на микроуровне.

Физико-химическая характеристика разработанных йогуртов с полисахаридами без желатина

Исходя из приведенных выше структурных характеристик и проведенной сенсорной оценки, коммерческий йогурт, стабилизированный инулином, модифицированным крахмалом и желатином, отличался мягкими гелеобразными свойствами с макроскопически однородной структурой и приятными органолептическими показателями. Наша задача состояла в том, чтобы имитировать эти свойства йогурта с желатином, используя комбинации пищевых полисахаридов, включающих модифицированный крахмал. Применение данных технологических концепций основано на грамотной манипуляции типами и свойствами полисахаридов в зависимости от их комбинации, концентрации, pH и взаимодействии с другими компонентами в пищевой системе.

Физико-химическая характеристика коммерческого образца йогурта позволила нам включить пищевые волокна в рецептуры новых йогуртов без желатина. При этом образцы были приготовлены с модифицированным крахмалом, комбинациями гидроколлоидов (ксантан, камедь рожкового дерева, ι-каррагинан, агар, низкоэтерифицированный пектин и карбоксиметилцеллюлоза) и эмульгатором (полифосфат натрия). Была измерена зависимость вязкости от скорости сдвига (рис. 1).

Разработанные йогурты с полисахаридами и йогурты с полисахаридами и полифосфатом натрия показали похожий качественный сдвиг в зависимости вязкости, зафиксированный для йогуртов с желатином (рис. 1). Этот реологические профиль показывает, что йогурты с полисахаридами могут

имитировать текстуру йогуртов, содержащих желатин. Интересно, что системы с полисахаридами не указали небольшого нелинейного поведения значения вязкости между скоростями сдвига 1 и 4 c^{-1}, показанного коммерческим образцом. Линейное поведение на рис. 1 может быть связано с отсутствием фазового разделения компонентов пищевой системы на макроуровне, обеспечивая таким образом однородность текстуры йогурта. С точки зрения разработки новых технологий йогуртов, тройные композиции, включающие ксантан / камедь рожкового дерева / модифицированный крахмал и ι-каррагинан / ксантан / полифосфат натрия / модифицированный крахмал, показали наиболее приемлемую консистенцию для йогурта.

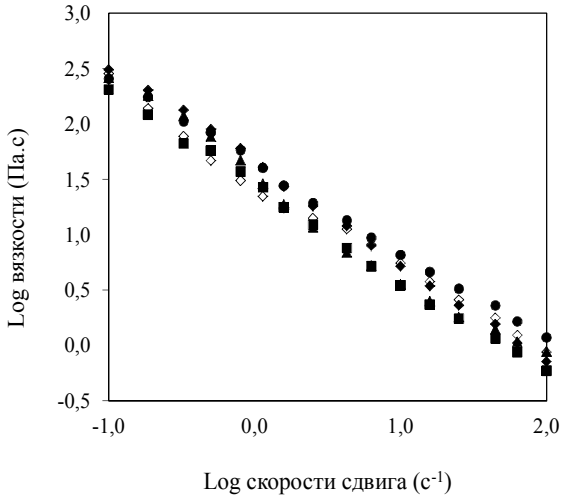


Рис. 1. Зависимость вязкости от скорости сдвига для коммерческого образца йогурта (◇) и разработанных образцов йогурта с ксантаном / камедью рожкового дерева / модифицированным крахмалом (▲), карбоксиметилцеллюлозой / ксантаном / модифицированным крахмалом (●), ι-каррагинаном / ксантаном / полифосфатом натрия / модифицированным крахмалом (◆) и агаром / низкоэтерифицированным пектином / полифосфатом натрия / модифицированным крахмалом (■) при 5 °С.

Следует отметить, что на данном этапе работы было произведено около 40–42 рецептур йогуртов, которые были тщательно оценены. Некоторые из них были непригодны с точки зрения текстуры, плотности и синерезиса по сравнению с образцом, содержащим желатин. Следовательно, только те образцы йогуртов, которые имели схожие свойства с коммерческим йогуртом, были отобраны для дальнейшего исследования и включены в работу. Как уже было сказано, разработанные йогурты с пищевыми волокнами в значительной степени обеспечивают текстуру образца с желатином, что было подтверждено далее в оценке других физико-химических свойств этих образцов.

Показательно, что коммерческий йогурт и три образца с пищевыми волокнами, т.е. содержащие ксантан / камедь рожкового дерева / модифицированный крахмал, ι-каррагинан / ксантан / полифосфат натрия / модифицированный крахмал и карбоксиметилцеллюлозу / ксантан / модифицированный крахмал, не проявляли синерезис после центрифугирования при 3000 оборотов в минуту в течение 10 мин при 4 °С. Исключением была система с агаром / низкоэтерифицированным пектином / полифосфатом натрия / модифицированным крахмалом со значением синерезиса около 14 %. В процессе тепловой обработки агар сильно агрегирует, выделяя воду, в то время как желатин и остальные полисахариды образуют плотную систему из слившихся капель жира и белков.

Измерения плотности коммерческого образца и экспериментальных йогуртов дали сопоставимые значения, которые варьировались от 0,915 до 1,070 (рис. 2).

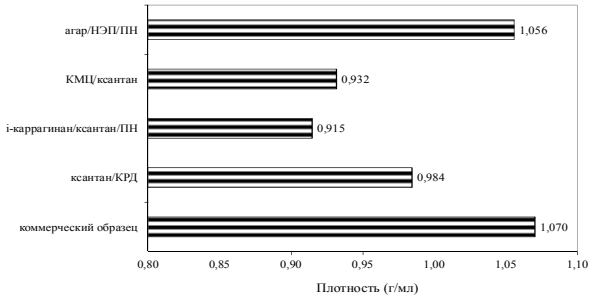


Рис. 2. Плотность коммерческого образца йогурта и разработанных образцов йогурта с пищевыми волокнами без желатина при 25 °С (КРД – камедь рожкового дерева, КМЦ – карбоксиметилцеллюлоза, ПН – полифосфат натрия, НЭП – низкоэтерифицированный пектин)

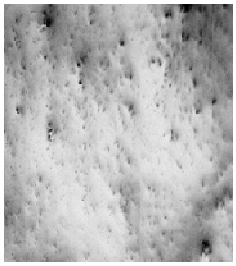
Незначительное изменение значений плотности можно объяснить использованием различных технологических приемов в производстве йогуртов с полисахаридами и коммерческих образцов в индустриальной обстановке и лаборатории, включающих влажность воздуха и температуру.

Пять представленных микрофотографий йогуртов при комнатной температуре изображены на рис. 3. Они показывают микроструктуры коммерческого образца йогурта, стабилизированного желатином, модифицированным крахмалом и инулином, и четыре разработанных йогурта с ксантаном / камедью рожкового дерева / модифицированным крахмалом, карбоксиметилцеллюлозой / ксантаном / модифицированным крахмалом, ι-каррагинаном / ксантаном / полифосфатом натрия / модифицированным крахмалом и агаром / низкоэтерифицированным пектином / полифосфатом натрия / модифицированным крахмалом.

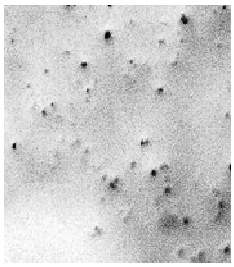
Микроструктура йогурта описана как трехмерная сеть мицелл казеина, в значительной степени сохраняющего глобулярную конформацию [12]. Формирование однородной системы с гелеобразными свойствами образцов йогуртов с желатином и полисахаридами наблюдается на рис. 3. В отличие от коммерческого йогурта с желатином, образцы с полисахаридами показывали формирование системы с микроразделенными компонентами, относящуюся к понятию «термодинамической несовместимости». Кроме того, все йогурты оставались од-

нородным во время хранения из-за жировых шариков, равномерно диспергированных в трехмерной матрице. Использование полифосфата натрия как эмульгатора предотвращает слипание жировых шариков, что способствует дальнейшей стабилизации системы (рис. 3г и 3д).

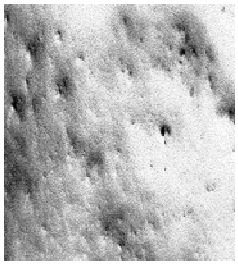
Следует сказать, что сенсорная оценка среди 16 человек показала приемлемость новых йогуртов среди потенциальных потребителей.



а)

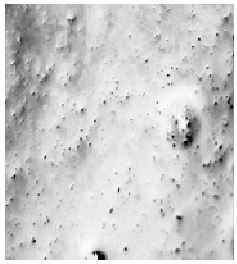


б)

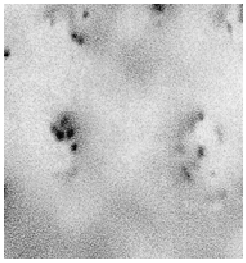


в)

Рис. 3. *Начало.* Микрофотографии коммерческого образца йогурта (а) с желатином и модифицированным крахмалом, и разработанных йогуртов с ксантаном / камедью рожкового дерева / модифицированным крахмалом (б), карбоксиметилцеллюлозой / ксантаном / модифицированным крахмалом (в), полученные при увеличении 100



г)



д)

Рис. 3. *Окончание.* Микрофотографии коммерческого образца йогурта с ι-каррагинаном / ксантаном / полифосфатом натрия / модифицированным крахмалом (г), агаром / низкоэтерифицированным пектином / полифосфатом натрия / модифицированным крахмалом (д), полученные при увеличении 100

Заключение

Данная работа посвящена детальному обоснованию применения пищевых волокон в технологиях йогуртов. Результаты носят перспективный характер в получении готовых йогуртов с текстурными свойствами, близкими к контролю, но с использованием ингредиентов, согласно концепции о здоровом питании.

Будущие исследования должны быть продолжены по изучению возможности разработки систем с различными полисахаридами без модифицированного крахмала при различных концентрациях и сочетаниях для придания улучшенных текстурных и сенсорных характеристик йогуртам с пищевыми волокнами, а также для выявления уровня приемлемости для потребителя новых пищевых композиций. Данные исследования позволяют внести вклад в развитие пищевых технологий с высокой функциональностью и сенсорными характеристиками.

Получено приоритетное решение по заявке на патент «Кисломолочный продукт с пищевыми волокнами и способ его получения» № 2014109635 от 12.03.2014.

Список литературы

1. Coïsson, J.D., Travaglia, F., G. Piana, M. Capasso & M. Arlorio. Euterpeoleracea juice as a functional pigment for yogurt // Food Research International. – 2005. – № 38. – P. 893–897.

2. Tamime, A.Y. & R.K. Robinson. Yoghurt, Science and Technology. – Cambridge, UK: Woodhead Publishing Limited, 1999. – 536 p.

3. Phillips, G.O. Gums and Stabilisers for the Food Industry 6. – New York: IRL Press, 1992. – 334 p.

4. Банникова, А.В. Изучение функционально-технологических свойств взбитых десертов в зависимости от типа стабилизатора / А. В. Банникова, Н. М. Птичкина // Вестник Саратовского госагроуниверситета. – 2010. – № 12. – С. 31–34.

5. Phillips, G.O. Gums and Stabilisers for the Food Industry 6. – New York: IRL Press, 2000. – 452 p.

6. Norton, I.T. Hydrocolloids in real food systems. In Gums and Stabilisers for the Food Industry 11, 2002. – P. 187–200.

7. Jiang, B. & Kasapis, S. Application of the coupling model to the relaxation Dynamics of polysaccharide/co-solute systems. In Gums and stabilizers for the food industry 15. – Cambridge: The Royal Society of Chemistry, 2010. – P. 84–92.

8. Банникова, А.В. Использование полисахаридных добавок в технологии крахмалосодержащих и сахаросодержащих продуктов. – LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, Heinrich-Böcking-Str. 6–8, Saarbrücken, Germany, 2012. – 197 с.

9. Банникова, А.В. Исследование и оценка основных ингредиентов, формирующих текстуру кисломолочных продуктов / А.В. Банникова // Научное обозрение. – 2014. – № 4. – С. 176–181.

10. Банникова, А.В. Инновационный технологический подход к расширению ассортимента йогуртов с пищевыми волокнами / А.В. Банникова // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2014. – № 3 (26). – С. 17–22.

11. Keogh, M.K. & O'Kennedy, B.T. Rheology of Stirred Yogurt as Affected byAdded Milk Fat, Protein and Hydrocolloids. // Journal of Food Science. – 1998. – № 63 (1). – P. 108–112.

12. Everett, D. W. & McLeod, R. E. Interactions of polysaccharide stabilisers with casein aggregatesin stirred skim-milk yoghurt // International Dairy Journal. – 2005. – 15. – P. 1175–1183.

ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный аграрный
университет им. Н.И. Вавилова»,
410012, г. Саратов, Театральная пл., 1.
Тел.: (8452) 233292,
e-mail: rector@sgau.ru

SUMMARY

A.V. Bannikova

NEW SOLUTIONS FOR CREATION OF YOGURTS CONTAINING DIETARY FIBERS

Modern food processing implies using of various additives to improve the processing parameters of foods as well as sensory and texture characteristics. Based on the information on the texture and composition of a commercial sample of yogurt, we have developed new technological solutions in the formulas of yogurts replacing gelatin with dietary fibers and have assessed the suitability of new types of yogurts. We have investigated the physicochemical properties of the developed yogurts using the analysis of viscosity versus shear rate, syneresis and density measurements as well as the light microscopy. The obtained results showed that the developed dairy products have textural, physicochemical and sensory properties similar to those of a commercial product. The results revealed that the commercial yogurt and three developed samples with dietary fibers, i.e. with the xanthan / locust bean gum / modified starch, α- carrageenan / xanthan / sodium polyphosphate / modified starch, and carboxymethylcellulose / xanthan / modified starches did not exhibit syneresis after centrifugation at 3000 rpm for 10 min at 4 ° C. Moreover, all developed yogurts remained homogeneous during their storage due to the fat globules uniformly dispersed in the three-dimensional matrix as shown in the microscopic analysis. The use of emulsifier can prevent clumping of fat globules contributing to texture stabilization of fermented milk products. These studies being closely related with the science of nutrition can contribute to the development of foods with high functionality and sensory characteristics.

Yogurt, dietary fibers, physicochemical properties, viscosity.

REFERENCES

1. Coïsson J.D., Travaglia F., Piana G., Capasso M., Arlorio M. Euterpeoleracea juice as a functional pigment for yogurt. *Food Research International,* 2005, no. 38, pp. 893-897.

2. Tamime A.Y., Robinson R.K. *Yoghurt, Science and Technology*. Cambridge, UK: Woodhead Publishing Limited, 1999. 536 p.

3. Phillips G.O. *Gums and Stabilisers for the Food Industry 6*. New York: IRL Press, 1992. 334 p.

4. Bannikova A.V. Isucenie funkcionalno-tehnologicheskih svoistv vzbitih desertov v zavisimosti ot tipa stabilisatora [Study of technological and functional properties of whipped desserts depending on the type of stabiliser]. *The Bulletin of Saratov State Agrarian University in honor of N.I. Vavilov*, 2010, no.12, pp. 31-34.

5. Phillips G. O. *Gums and Stabilisers for the Food Industry 6*. New York: IRL Press, 2000. 452 p.

6. Norton I.T. Hydrocolloids in real food systems. *Gums and Stabilisers for the Food Industry 11*, Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2002, pp. 187-200.

7. Jiang B., Kasapis S. Application of the coupling model to the relaxation Dynamics of polysaccharide/co-solute systems. *Gums and Stabilisers for the Food Industry 15*. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2010, pp. 84-92.

8. Bannikova A.V. Ispolsovanie polisaharidnih dobavok v tehnologii krahmalosodergasih i saharosodergashih produktov [The use of polysaccharide additives in starch technology and sugary foods]. LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, Heinrich-Böcking-Str. 6-8, Saarbrücken, Germany, 2012. 197 p.

9. Bannikova A.V. Issledovanie i ocenka osnovnih ingredientov, formiruushih tekstury kislomolochnih napitkov [Study and assessment of main ingredients forming the structure of cultured milk foods]. *Science review*, 2014, no. 4, pp. 176-181.

10. Bannikova A.V. Innovacionni tehnologicheski podhod k rasshireniu assortimenta iogurtov s pishevimi voloknami [Novel technological approach in expanding the range of yogurts with dietary fibre]. *Technology and the study of merchandise of innovative-foodstuffs*, 2014, no.3, pp. 17-22.

11. Keogh M.K., O'Kennedy B.T. Rheology of Stirred Yogurt as Affected byAdded Milk Fat, Protein and Hydrocolloids. *Journal of Food Science*, 1998, no. 63, pp. 108-112.

12. Everett D.W., McLeod R. E. Interactions of polysaccharide stabilisers with casein aggregatesin stirred skim-milk yoghurt. *International Dairy Journal*, 2005, no. 15, p. 1175–1183.

Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov,
1, Teatralnaya ploshad, Saratov, 412012, Russia.
Phone (8452) 233292,
e-mail: rector@sgau.ru

Дата поступления: 27.05.2014