

УДК 577+637

## Улучшение структурных свойств йогурта с помощью амарантового экстракта и трансглутаминазы

Д-р мед. наук **А.Г. Шлейкин**, shleikin@yandex.ru

канд. техн. наук **Н.П. Данилов**, danilovn2005@yandex.ru

**А.Е. Аргымбаева**, arginbaeva\_azhar@mail.ru

канд. техн. наук **С.В. Рыков**

Университет ИТМО

191002, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

*Получение функциональных молочных продуктов – важный вопрос для улучшения рациона питания населения. Данная статья посвящена разработке йогурта с использованием фермента трансглутаминазы. Трансглутаминаза (КФ 2.3.2.13) осуществляет поперечное связывание белков, укрепляя структуру продукта. Трансглутаминаза была использована в концентрации 4 ед./г белка (0,1%). Амарантовый экстракт из амарантовой муки, использованной в количестве 5% от объема сквашиваемых образцов, был использован в качестве растительной добавки для получения йогурта. Амарант имеет в своём составе разнообразные питательные компоненты, ценные белки, витамины, сквален, обладающий противоопухолевой активностью. Исследовано влияние добавленных компонентов на структурные и органолептические свойства ферментированного продукта. Выявлены улучшение консистенции, вязкости и органолептических свойств термостатного йогурта.*

**Ключевые слова:** йогурт; транслутаминаза; ферментное связывание; амарант.

---

## Improvement of yoghurt structure properties with amaranth extract and transglutaminase addition

D.Sc. **A.G. Shleikin**, shleikin@yandex.ru

Ph.D. **N.P. Danilov**, danilovn2005@yandex.ru

**A.E. Argymbaeva**, arginbaeva\_azhar@mail.ru

Ph.D. **S.V. Rykov**

ITMO University

191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9

*To obtain functional dairy products is an important issue to improve the diet of the population. This article is devoted to development of yoghurt with transglutaminase enzyme. Transglutaminase (EC 2.3.2.13) performs cross-linking of proteins, strengthening the structure of the product. The concentration of transglutaminase used was 4 U/g of protein (0.1%). Amaranth extract prepared from amaranth flour weighed in 5% concentration per fermented samples volume was used as a vegetable additive to get yogurt. Amaranth is composed of a variety of nutrients, valuable proteins, vitamins, squalene with antitumor activity. Influence of used additives on the fermented product structure and organoleptic properties was investigated. It was found consistence, viscosity and organoleptic properties had been improved.*

**Keywords:** yoghurt; transglutaminase; enzyme's cross-kinking; amaranth.

---

### Введение

В настоящее время стоит вопрос о создании новых видов продуктов с высокой питательной ценностью, обогащённых полезными веществами и витаминами, для улучшения качества питания населения и расширения ассортимента продукции. Для целей здорового питания важно создавать продукты, полезные разным возрастным категориям.

В целях улучшения структуры молочных продуктов целесообразно исследовать возможности модификации белков молока. Структура белка может быть модифицирована несколькими способами: физическими, химическими и ферментативными. В связи с этим, представляют интерес ферменты, способные связывать белковые молекулы и не гидролизовать их. К таким ферментам относят трансглютаминазу (ТГ) [2]. Схема связывания белков с помощью ТГ представлена на рисунок 1.

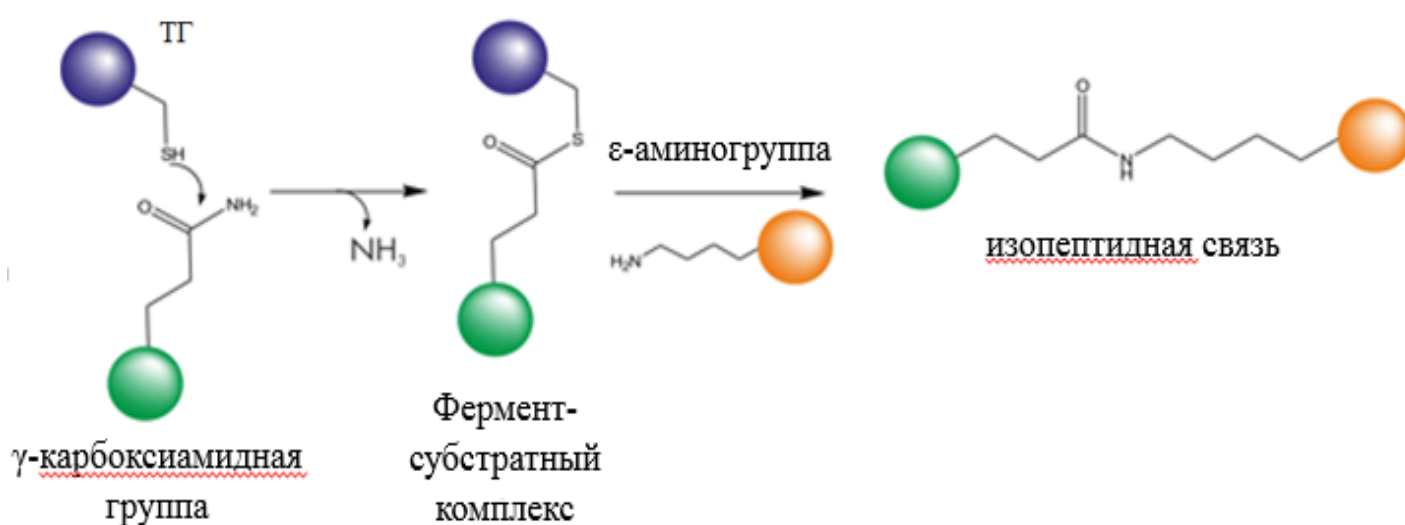


Рисунок 1 – Схема реакции связывания белков с помощью ТГ

Как видно на рисунке 1, под действием ТГ происходит реакция связывания в белковой системе, что ведёт к упрочнению структуры. Модификация белков с участием ТГ дает возможность изменять их термостабильность, растворимость, реологические свойства, свертываемость сычужным ферментом. ТГ может применяться для повышения структурной прочности, вязкости и снижения потерь белка, некоторого капсулирования липидов и повышения стабильности жировой эмульсии, улучшения вкуса и влагоудерживающей способности. ТГ применяют также для повышения биологической ценности продукта за счет поперечного связывания белков, содержащих разные лимитирующие аминокислоты, защиты лизина от различных химических реакций и для снижения аллергенности белков [3]. Предположительный механизм действия и субстратная специфичность ТГ рассмотрены нами ранее в работе [9].

В производстве молочных продуктов ТГ имеет широкое применение. Ранее нами сообщалось о целесообразности использования ТГ для решения проблемы утилизации молочной сыворотки [8]. Молочная сыворотка является побочным продуктом производства молочных продуктов, поэтому часто сливается без переработки в сточные воды, что ухудшает экологическое состояние. Молочная сыворотка имеет в своём составе ценные питательные белки. Изобретение [7] позволяет снизить концентрацию остаточного белка в сыворотке на 15%. Нами также показано положительное влияние ТГ на снижение синерезиса до 17% при производстве ферментированного молочного продукта [13]. Интенсивные исследования по вопросу применения ТГ в производстве молочных продуктов проводит

ВНИИ молочной промышленности. В частности, в работе [1] сообщается об увеличении вязкости простокваши с 13,7 до 21,2 Па\*с и увеличении выхода творога на 10–15% при использовании ТГ. Jaros и Rohm, анализируя исследования разных ученых, делают вывод об улучшении текстурных свойств и снижении синерезиса термостатного йогурта, а также об увеличении вязкости резервуарного йогурта при использовании ТГ [11]. В работе [10] сообщается об успешности применения ТГ для производства сыра Эдам. Выход продукта повысился на 4% при использовании ТГ, при этом органолептические характеристики не претерпели изменений. ТГ используют в дозах от 0,001 до 20 ед. на 1 г белка (0,003–0,07%). Для получения молочного продукта с улучшенными органолептическими и физико-химическими показателями необходимо правильно подобрать корректную концентрацию ТГ [2].

Одним из перспективных видов растительного сырья для получения широкого ассортимента различных пищевых добавок функционального назначения является амарант [4].

Если оценивать содержание восьми незаменимых аминокислот в растительном сырье по 100-балльной шкале, то пшеница набирает 57, соя – 63, амарант – 75. В белках сои, чечевицы, гороха, фасоли недостаточно серосодержащих аминокислот: метионина, цистеина; также в белках злаков невысокое содержание лизина, треонина, фенилаланина, тогда как белок амаранта по соотношению аминокислот входит в число лучших белков растительного происхождения. Использование в пищу белка семян амаранта делает питание человека более полноценным и сбалансированным по аминокислотному составу [5].

Широко распространенным молочным продуктом является йогурт. Этот продукт богат белком и содержит кальций, калий, витамины А, В и С, а также содержит лактобактерии, которые благоприятно воздействуют на работу кишечника, способствуя одновременно тому, чтобы предотвратить риск развития рака толстой кишки [6]. Цель настоящей работы – исследовать влияние амарантового экстракта и ТГ на структурные и органолептические свойства йогурта. В данной работе йогурт был выработан термостатным методом, что считается потребителями «более натуральным». Более широко вопрос рассмотрен нами в работе [12].

### Материалы и методы

В работе было использовано ультрапастеризованное молоко с содержанием белка 2,8% и содержанием жира 2,5% (ООО «Пятигорский молочный комбинат», Пятигорск). ТГ использовалась в форме препарата (TGNext, Москва) с заявленной активностью 100 ед./г. В качестве закваски применялась сухая закваска AiVi 22.11 R3: лиофилизированный концентрат *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus* –  $5.0 \cdot 10^{10}$  КОЕ/г (ООО «Зелёные линии», Красногорск). Амарантовая мука высокобелковая 30% белка (ООО «Русская олива», Воронеж).

#### – Приготовление амарантового экстракта

Амарантовый экстракт был приготовлен следующим образом: вносили 30 г (5% по отношению к объёму сквашиваемых проб 600 мл) амаранта в 300 мл нагретого до 50°C молока, выдерживали. Суспензию центрифугировали на лабораторной центрифуге при значении относительной центробежной силы 755g (3000 об./мин.) в течение 5 мин. Полученный экстракт декантировали и пастеризовали при 72°C в течение 20 с. В экстракте измеряли плотность, содержание компонентов (белков, жиров, углеводов) и СОМО с помощью аппарата «Клевер-2» (ООО НПП «Биомер», Новосибирск) при температуре 25°C.

#### – Получение йогуртов

Йогурт готовили термостатным способом. Молоко подогрели до 37°C, разливали по трем стеклянным емкостям объемом 0,35 л, добавляли амарантовый экстракт и ТГ следующим образом: 1 – контрольный (300 мл молока), 2 – образец йогурта с амарантовым экстрактом (200 мл молока + 100 мл

амарантового экстракта), 3 – образец йогурта с амарантовым экстрактом, приготовленный с добавлением ТГ в концентрации 4 ед./г молочного белка (0,12%): 200 мл молока + 100 мл амарантового экстракта + 0,36 г ТГ). Смеси перемешивали, помещали в термостат при 37°C на 1 ч. После этого молоко из емкости 3 пастеризовали при 95°C в течение 5 мин (для прекращения действия ТГ). Охлаждали до 37°C. Затем во все образцы вносили сухую закваску йогуртовых культур в расчете 1г/1л. Образцы перемешивали, помещали в термостат при 37°C, сквашивали 4–5 часов до кислотности 90–100°Т.

*– Измерение вязкости йогуртов*

Образцы йогуртов в ёмкостях объемом 0,35 л охлаждали до 4°C, измеряли вязкость на ротационном вискозиметре типа Брукфильда МТ-202 (ООО «Метротекс», Москва) с 4 роторами, позволяющими измерять вязкость в диапазоне 0 – 2000000 мПа\*с. Был использован ротор № 3, скорость 6 об./мин.

*– Измерение структурных свойств*

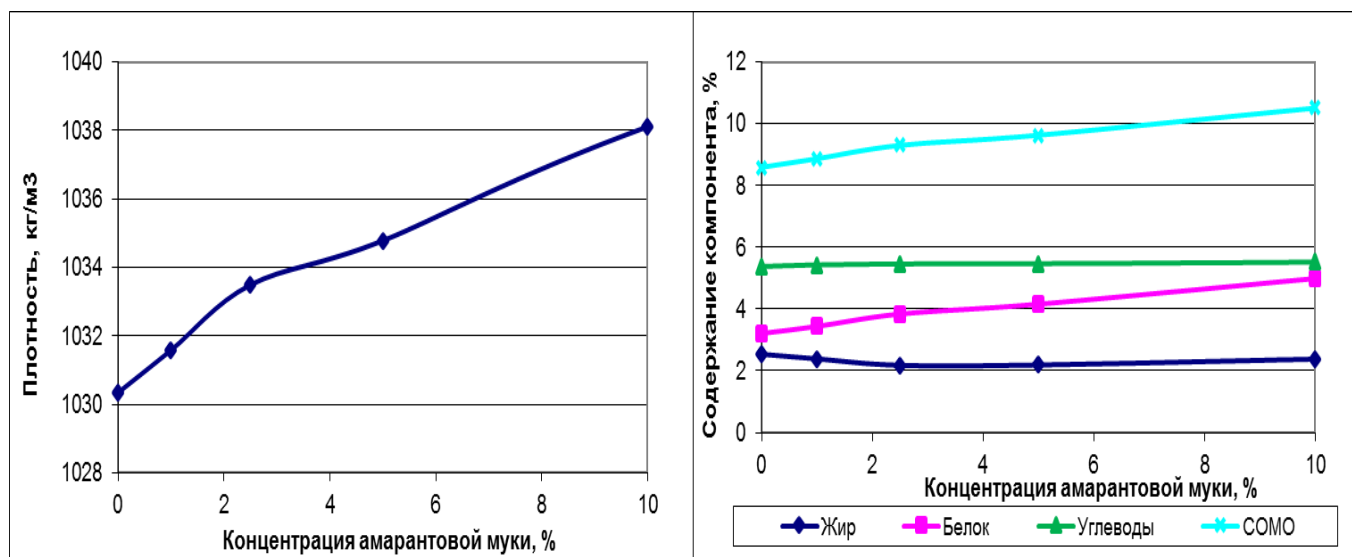
Для измерения структурных свойств образцы йогуртов в емкостях объемом 0,35 л охлаждали до 4°C, измеряли прочность и работу пенетрации на анализаторе текстуры ТА-ХТPlus (StableMicroSystemsLtd., UK) с тензодатчиком 5 кг. Проводили тест на компрессию для получения графиков профилей структуры. Использовали многоигльчатый зонд А/МРР, задавали следующие параметры: скорость движения зонда до испытания 1 мм/с, во время испытания 2 мм/с и после испытания 10 мм/с. Дистанция погружения зонда 10 мм. Сила нагрузки 30 г. Работа пенетрации – площадь графика между усилиями 35 г и максимальным.

*– Органолептическая оценка*

Органолептическая оценка качества полученных образцов йогурта проводилась в соответствии с ГОСТ Р ИСО 22935-2-2011, ГОСТ Р ИСО 22935-3-2011. В охлажденных образцах йогуртов оценивались параметры: внешний вид, запах, аромат, консистенция. Баллы выставлялись следующим образом: 5 – нет отклонения от заранее установленных требований к свойству, 4 – минимальное отклонение, 3 – заметное отклонение, 2 – значительное отклонение, 1 – очень значительное отклонение.

### **Результаты и обсуждение**

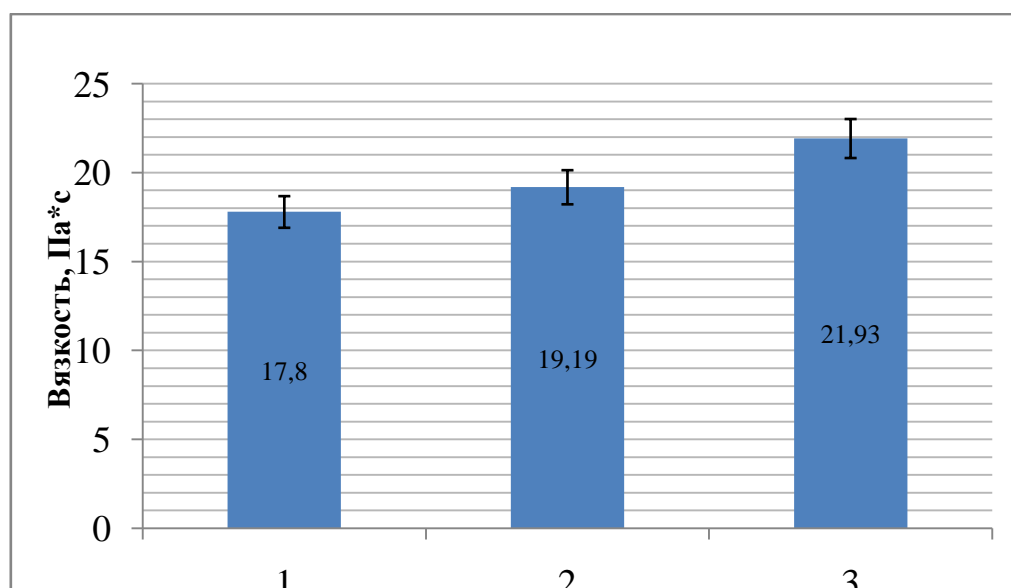
Для получения экстрактов по п. 2.1 использовали амарантовую муку в концентрации 1%; 2,5%; 5% и 10% в границах органолептической приемлемости. На рис. 2 представлен компонентный анализ экстрактов.



**Рисунок 2 – Изменение плотности экстракта и содержания компонентов в экстракте в зависимости от использованной концентрации амарантовой муки**

Как видно из рисунка 2, в экстракт переходят в основном белки: плотность экстракта 1034,78 кг/м<sup>3</sup> (1030,34 кг/м<sup>3</sup> для молока), содержание белков 4,16% (3,21% для молока), содержание жира не изменилось и составило 2,2–2,5%, содержание небелковых веществ в СОМО незначительно увеличилось с 5,38% в молоке до 5,47% в экстракте. Таким образом, прирост СОМО с 8,59% до 9,63% объясняется в значительной степени переходом в экстракт белков из амарантовой муки (увеличение белка в экстракте на 30%) и в меньшей мере переходом углеводов (увеличение небелковых веществ в экстракте на 2%).

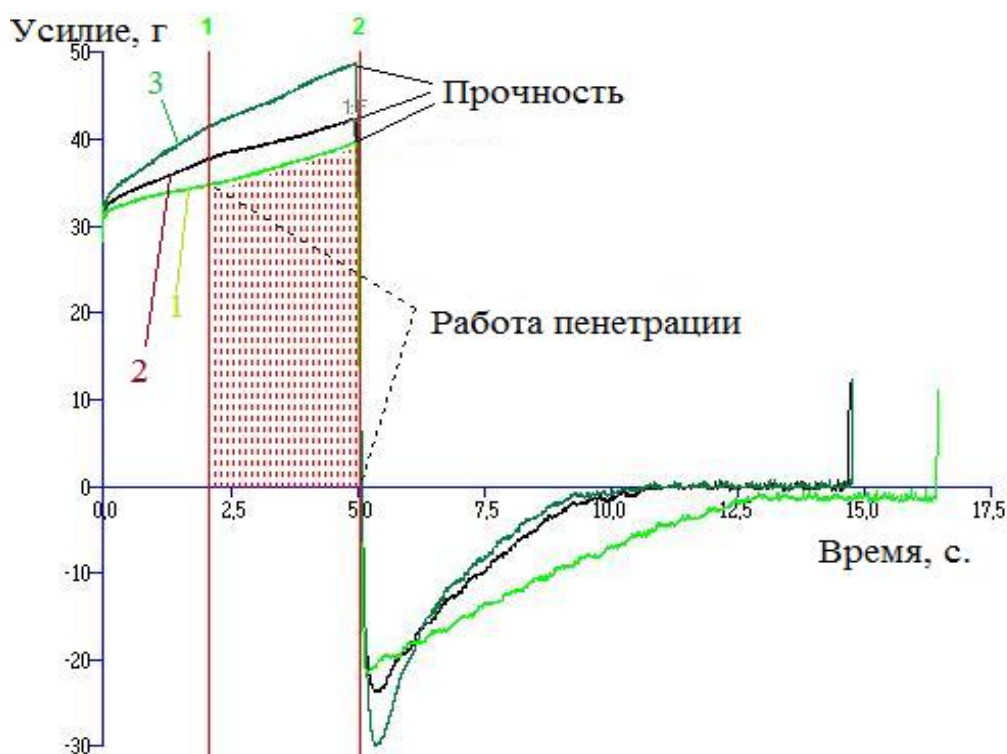
Вязкость полученных образцов йогурта измеряли в соответствии с п. 2.3, результаты представлены на рисунке 3.



**Рисунок 3 – Вязкости образцов йогурта:**  
 1 – контрольный образец, 2 – образец йогурта с амарантовым экстрактом,  
 3 – образец йогурта с амарантовым экстрактом, приготовленный с добавлением 4 ед./г (0,12 %) ТГ

Как видно на рисунке 3, значения вязкости образца йогурта с амарантовым экстрактом выше на 8% вязкости контрольного образца, а образца йогурта, приготовленного с амарантовым экстрактом с добавлением ТГ в концентрации 4 ед./г (0,12%) на 23% превышали вязкость контрольного образца. Стабилизирующее действие экстракта связано с тем, что в него переходят, в основном, белки (рис. 2). Растительные белки позволяют укрепить структуру йогурта и увеличить вязкость, как это видно на рисунке 3. Использование ТГ позволяет получить дополнительный эффект за счет возможности связывания белков молока и амаранта по отдельности и между собой (рисунок 3).

В ходе измерения структурных свойств были получены кривые усилие-время (g-s) и проанализированы с помощью программы TextureExponentApplication (StableMicroSystemsLtd, UK). Рассчитаны структурные параметры: прочность и работа пенетрации. Результаты рассчитывались как среднее из трёх измерений с учетом стандартного отклонения. Данные представлены на рисунке 4.

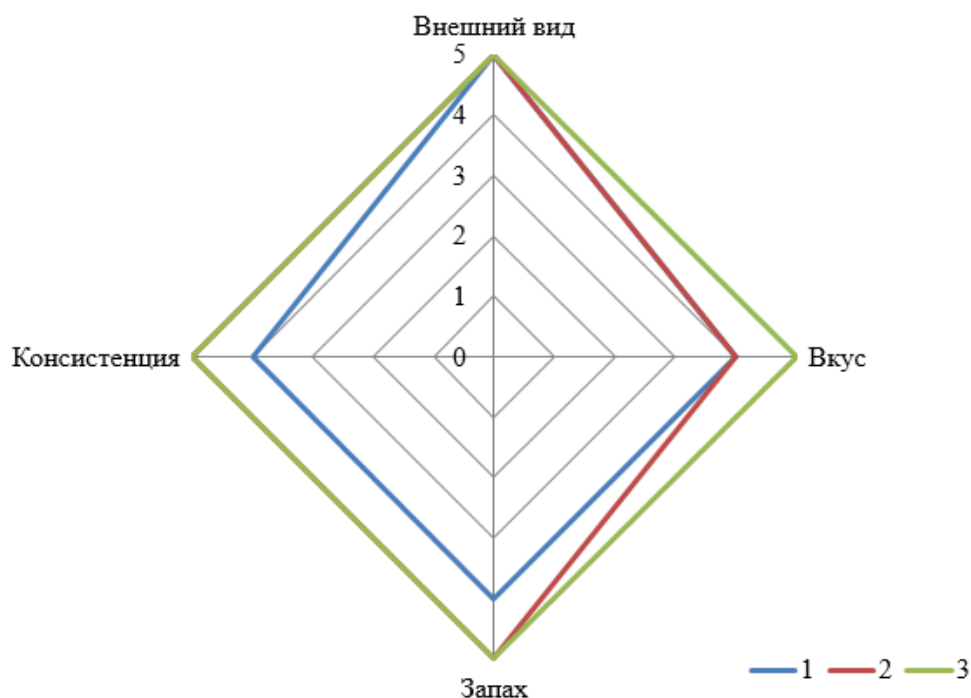


**Рисунок 4 – Определение прочности и работы пенетрациимногоигольчатый зондом:**

1 – контрольный образец, 2 – образец йогурта с амарантовым экстрактом,

3 – образец йогурта с амарантовым экстрактом, приготовленный с добавлением 4 ед./г (0,12 %) ТГ

Из рисунка 4 следует, что прочность амарантового йогурта выше прочности контрольного на 6%, а прочность амарантового йогурта с ТГ выше на 18%, чем прочность контрольного. Работа пенетрации зонда по погружению в амарантовый йогурт на 63% выше работы пенетрации зонда по погружению в контрольный, работа пенетрации зонда по погружению в амарантовый йогурт с ТГ выше на 89% по сравнению с контрольным. Увеличение структурных показателей йогурта с ТГ связано с образованием поперечных  $\epsilon$ -( $\gamma$ -глутамил)лизиновых связей в молочных белках и белках амаранта под действием фермента. Результаты органолептической оценки качества полученных йогуртов представлены на рисунке 5.



**Рисунок 5 – Органолептическая оценка качества образцов йогурта:**

1 – контрольный образец, 2 – образец йогурта с амарантовым экстрактом,  
3 – образец йогурта с амарантовым экстрактом,  
приготовленный с добавлением 4 ед./г (0,12%) ТГ

Как видно на рис. 5, было отмечено улучшение консистенции образцов йогурта с амарантовым экстрактом и амарантовым экстрактом и ТГ по сравнению с контрольным образцом, что связано с упрочнением структуры продукта. Также отмечено улучшение запаха и вкуса образца йогурта с амарантовым экстрактом и ТГ. Применение амаранта в виде экстракта и ТГ оправдано для улучшения органолептических свойств продукта.

### Выводы

Применение амарантового экстракта и ТГ в производстве йогурта ведет к увеличению вязкости, улучшению структурных и органолептических свойств продукта. Выявлено совместное действие амарантового экстракта и ТГ на увеличение вязкости и структурных свойств термостатного йогурта. Полученные данные свидетельствуют о целесообразности использования ТГ и амаранта для получения йогурта с целью здорового питания населения и расширения ассортимента.

### Литература (References)

1. Зобкова З.С., Зенина Д.В., Трубникова О.А. Влияние энзимов на реологические характеристики кисломолочных продуктов // Молочная промышленность. 2011, № 3. С. 79.
2. Зобкова З.С., Фурсова Т.П., Зенина Д.В. Об изменении молекулярной структуры молочных белков под действием микробной трансглутаминазы // Хранение и переработка сельхозсырья. № 3. 2013. С. 52–53.
3. Зобкова З.С., Фурсова Т.П., Зенина Д.В., Шидловская В.П., Гаврилина А.Д., Шелагинова И.Р. Использование трансглутаминазы при производстве йогурта // Молочная промышленность. № 12. 2013. С. 52–53.
4. Евстигнеева Т.Н., Хомидов Ф.Б. Изучение влияния компонентного состава кисломолочного напитка с мукой амаранта на формирование качества продукта // Электронный научный журнал Argori, 2014. № 3.
5. Кононков П.Ф., Гинс В.К., Гинс М.С. Амарант перспективная культура XXI века. М.: Издат. дом Евгения Федорова, 1997. 160 с.
6. Отчет о лечебно-профилактическом действии йогурта [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://gazeta.ua/ru/articles/science-life/\\_sem-polezen-jogurt-dlya-zdorovya-/304100](http://gazeta.ua/ru/articles/science-life/_sem-polezen-jogurt-dlya-zdorovya-/304100) (дата обращения 03.06.2015).

7. Шлейкин А.Г., Данилов Н.П. Способ получения молочной сыворотки с пониженной концентрацией остаточного белка: пат. 2432769 Российская Федерация. 2011.
8. Шлейкин А.Г., Данилов Н.П., Красникова Л.В. Влияние транsgлутаминазы на связывание сывороточных белков // Пищевая промышленность. № 7. 2009. С. 9.
9. Шлейкин А.Г., Данилов Н.П. Эволюционно-биологические особенности транsgлутаминазы. Структура, физиологические функции, применение // Журнал эволюционной биохимии и физиологии. Т. 47. № 1. 2011. С. 3–14.
10. Aaltonen T., Huuonen I., Myllärinen P. Controlled transglutaminase treatment in Edam cheese-making. International Dairy Journal, Vol. 38, Is. 2, October 2014, pp. 179–182.
11. Jaros D., Rohm H. Enzymes Exogenous to Milk in Dairy Technology |Transglutaminase. Encyclopedia of Dairy Sciences (Second Edition). 2011, pp. 297–300.
12. Shleikin A.G., Danilov N.P. Set yoghurt production with an amaranth infusion and transglutaminase. Ciencia e Tecnica Vitivinicola, 2015, Vol. 30, no. 7, pp. 74–96.
13. Shleikin A.G., Krasnikova L.V., Danilov N.P. Substrate specificity of transglutaminase. Influence of transglutaminase on milk whey protein cross-linking. Food technology operations. New Vistas | monography, edited by W. Kopec and M. Korzeniowska, Wroclaw, 2009, pp. 101–112.

*Статья поступила в редакцию 01.06.2015 г.*