

## ФОРМИРОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЯСНОГО ФАРША ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ КОМПЛЕКСА ФЕРМЕНТОВ

*С.П. Меренкова, О.В. Зинина, С.И. Якимов*

*Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия*

Целью работы являлось исследование влияния фермента трансглутаминазы (ТГ) и бактериальных концентратов на формирование функционально-технологических свойств мясного фарша из говядины первого сорта. При анализе водосвязывающей способности (ВСС) экспериментальных образцов установлено, что комбинация ферментов микроорганизмов и трансглутаминазы оказывает синергетический эффект на технологические свойства фарша. Максимальные значения ВСС в образцах, содержащих фермент ТГ, установлены в период созревания 6–12 часов (59,56–58,49 %), а в образцах, содержащих комплекс бактериальных культур и фермента ТГ – в период 12–18 часов (61,58–57,04 %). Возрастание водосвязывающей способности фарша коррелировало с уменьшением потерь массы при термообработке. Установлено значительное снижение потерь массы для образцов, содержащих фермент ТГ (индивидуально или в комплексе с ферментами бактериальных культур). Наименьшие потери массы при термообработке наблюдались в образцах фарша О-ТГ в период 6–12 часов (19,03–19,99 %) и в образцах О-Про+ТГ в период 12–18 ч (20,27–21,71 %). В результате реологических исследований установлены наиболее выраженные упругие свойства в образцах О-ТГ и О-Про+ТГ, при этом наблюдалось возрастание упругой деформации в течение 24 часов созревания до значений 3,26–3,32 мм. Максимальное укрепление структуры мясной системы под влиянием комплекса ферментов микроорганизмов и ТГ происходило через 12 часов созревания, уровень общей деформации снизился до 14,00 мм; пластической – до 10,96 мм. При использовании комплекса ферментов микроорганизмов и ТГ, участвующих в связывании биополимеров пищевых систем, в образцах наблюдали увеличение водосвязывающей способности, снижение потерь массы продукта при тепловой обработке, улучшение как пластических, так и упругих свойств фарша.

**Ключевые слова:** ферменты, трансглутаминаза, бактериальный концентрат, мясной фарш, функционально-технологические свойства.

### Введение

Рост стоимости мясного сырья приводит к необходимости рационального использования низкосортного мяса с высоким содержанием соединительной ткани. Такой подход позволяет увеличить выход готовой продукции и получать предприятиям дополнительную прибыль [1, 2].

В последние годы в связи с интенсивным развитием биотехнологий особой популярностью пользуется ферментная обработка сырья [3–5]. Ферментативная модификация пищевых компонентов более приемлема для пищевой промышленности, чем общепринятые химические методы [6]. Опыт практического применения ферментов для обработки мясного сырья, накопленный во многих странах, свидетельствует о том, что этот способ обработки весьма эффективен для улучшения

свойств сырья и увеличения объема выработки мясных продуктов [4, 7, 8]. Трансглутаминаза обладает значительным потенциалом для улучшения плотности, вязкости, эластичности и водосвязывающей способности пищевых систем [6, 7].

В мясной промышленности трансглутаминаза используется для улучшения функциональных свойств белков в мясных продуктах, способствует устойчивому сцеплению частиц мяса без необходимости добавления солей фосфатов, а также оказывает положительное влияние на текстуру конечного продукта [6, 8, 9]. Мясное сырье содержит высокий уровень белка, включая миофибрилярные белки актин и миозин, влияющие на формирование текстуры продуктов, которые являются хорошим субстратом для активности трансглутаминазы [10]. Созданная посредст-

вом воздействия транsgлутаминазы белковая структура стабильна в широком диапазоне рН и температур и устойчива к механическим воздействиям [7].

Транsgлутаминаза решает технологические проблемы при производстве как эмульгированных колбас, так и колбас грубого измельчения [6], цельнокусковых и реструктурированных продуктов из мяса [11]. Способность связывать белки различной природы может быть использована при производстве комбинированных мясопродуктов с включением в состав мяса механической обвалки, сухого обезжиренного молока, соевой или пшеничной муки [12]. Использование транsgлутаминазы позволяет получать мясные продукты с низким содержанием жира, которые не отличаются по органолептическим свойствам от традиционных продуктов.

Многие исследователи указывают на широкое применение бактериальных препаратов и заквасок микроорганизмов для улучшения свойств мясного сырья [13–15]. В состав многих из них входят бифидобактерии и пропионовокислые бактерии, способные продуцировать широкий спектр ферментов [14, 16].

Полисахариды, выделяемые молочнокислыми бактериями во время ферментации, влияют на вязкость пищевых продуктов [17]. Экзопполисахариды представляют собой сложные углеводы, расположенные вне клетки. Многие штаммы молочнокислых бактерий продуцируют внеклеточные полисахариды, которые могут быть тесно связаны с клеточной стенкой бактерий в виде капсул или высвобождаться в субстрат в виде рыхлой слизи [18]. Исследованиями доказано, что некоторые штаммы *Bifidobacterium*, *Propionibacterium* способны продуцировать экзопполисахариды [18–20]. Экзопполисахариды обладают способностью увеличивать влажность, сочность продуктов за счет связывания воды в полимерной матрице [21]. В литературе отмечено, что экзопполисахариды являются натуральной альтернативой пищевым добавкам, улучшающим реологические показатели пищевых продуктов, кроме того, способствуют адгезии полезных микроорганизмов на стенках кишечника [22].

Актуальным вопросом является установление синергетического действия коммерческого ферментного препарата транsgлутаминазы и ферментов, продуцируемых микроорганизмами бактериальных культур непосред-

ственно в мясной системе. Таким образом, целью работы являлось исследование влияния транsgлутаминазы и бактериальных концентратов на формирование функционально-технологических свойств мясного фарша.

#### Материалы и методы

##### Сырье и материалы

Материалом для исследований служила говядина охлажденная первого сорта со значением рН 5.56–5.62.

Для обработки мясного сырья использовали бактериальный концентрат Бифилакт-Про («Экспериментальная биофабрика» Российской сельскохозяйственной академии, г.Углич), включающей бактериальные культуры: *Lactococcus lactis subsp. diacetylactis*, *Streptococcus thermophilus*, *Propionibacterium freudenreichii*, *Bifidobacterium Bifidum*, *Bifidobacterium longum*, *Bifidobacterium adolescentis species*. Кроме того, применяли фермент транsgлутаминазу, полученный синтезом *Streptomyces mobaraensis* (BioBond Шанхай Кинри Фармасьютикал Ко., Лтд, дистрибьютер ООО «Флора Ингредиентс»).

##### Изготовление опытных образцов фарша

Говядину измельчали на мясорубке (Fimar 32/RS Unger, Italy) с диаметром отверстий решетки 5–6 мм.

Сублимированные бактериальные концентраты (1 Е.А.) предварительно активизировали в 1 л стерилизованного обезжиренного молока температурой ( $37 \pm 1$ )°С в течение 5 часов. Микробную транsgлутаминазу вводили в фарш в виде 20 % водного раствора.

Для проведения исследований были сформированы опытные образцы фаршей с введением бактериального концентрата в количестве 10 % от массы сырья (О-Про), опытный образец фарша с введением ТГ в количестве 0,2 % от массы сырья (О-ТГ), образцы с одновременным введением бактериального концентрата и ТГ в количестве 5 и 0,1 % соответственно от массы сырья (О-Про+ТГ). В качестве контрольного образца были приняты образцы фарша из говядины первого сорта (О-К). Таким образом, всего было изготовлено 4 рецептуры, по 5 образцов фарша для каждой рецептуры (см. таблицу).

Подготовленные образцы фарша выдерживали для созревания в течение 24 ч при температуре ( $2 \pm 2$ )°С, отбирая пробы для определения показателей, характеризующих функциональные и технологические свойства (влагосвязывающая способность, реологиче-

## Рецептуры образцов фарша

Образец	Компоненты, кг на 100 кг фарша		Биотехнологические добавки, кг на 100 кг фарша	
	говядина первого сорта	вода	ТГ	бактериальный концентрат
О-К	90	10	0	0
О-Про	90	0	0	10
О-ТГ	90	10	0,2	0
О-Про+ТГ	90	5	0,1	5

ские свойства, потери при термообработке), через каждые 6 часов (6, 12, 18 и 24 ч).

### Исследование образцов фарша

Водосвязывающую способность (ВСС) определяли методом Грау и Хамма. Метод основан на определении количества отделенной после прессования влаги по площади пятна, сформированного на фильтровальной бумаге, с помощью планиметра. Массовая доля связанной влаги в образце рассчитывалась по формуле:

$$X = (A - 8,4 \times B) \times 100 A, \quad (1)$$

где  $X$  – массовая доля связанной воды в пробе, % от общей влажности;  $A$  – общая масса влаги в пробе, мг;  $B$  – площадь пятна, мм<sup>2</sup>.

Одним из показателей технологических свойств мясного фарша является такой показатель, как потери массы при тепловой обработке. Он определяется весовым методом, основанным на измерении массы образца до и после тепловой обработки. Потери массы рассчитывали по формуле:

$$P (\%) = [(M_1 - M_2) / M_1] \times 100, \quad (2)$$

где  $P$  – потери массы после тепловой обработки, %;  $M_1$  – вес сырого образца, г;  $M_2$  – вес образца после термообработки, г.

Для определения значений рН 5 г образца мясного фарша смешивали с 20 мл дистиллированной воды в течение 5 минут в блендере (Ultra-Turrax T25, Janke and Kunkel, Германия). Измерения проводили цифровым рН-метром (модель 710 А+) (Elmetron, Польша), оснащенный рН-электродом (ERH-111, Elmetron, Польша).

Реологические показатели определяли с использованием структурометра (модель СТ-2) путем сжатия его индентором «Цилиндр Ø36». В ходе исследований определяли общую, пластическую и упругую деформацию при следующих параметрах: усилие касания ( $F_k = 7$  г); скорость деформации ( $V_d = 0,5$

мм/с); внедрение индентора в пробу продукта проводили до усилия  $F_{max} = 500$  г.

Каждое измерение проводили трехкратно. Значения вероятности  $p \leq 0,05$  были взяты для указания статистической значимости. Данные были проанализированы с помощью One-way ANOVA [23].

### Результаты исследований и обсуждение

Технологический эффект воздействия транглутаминазы на мясную систему заключается в структурировании частично разрушенных механическим и биохимическим воздействием белковых молекул. Это позволяет образовывать устойчивый биополимерный каркас, способный эффективно удерживать в структуре молекулы воды.

При анализе изменений водосвязывающей способности (ВСС) экспериментальных образцов наблюдали существенные различия, в зависимости от состава ферментативных комплексов, содержащихся в пробах фарша. В контрольном образце ВСС в период созревания фарша постепенно возрастала и достигла максимума к 24 часам.

Установлено увеличение ВСС в образцах мясного сырья, содержащего ферменты бифидобактерий и пропионовокислых культур (О-Про), которое достигало максимальных значений 52,1 % за 12 часов выдержки. Однако к концу процесса созревания (24 часа) наблюдалось значительное снижение ВСС мясного фарша с бактериальным концентратом до 39,9 %, что связано с накоплением молочной кислоты и снижением уровня рН, который приближался к изоэлектрической точке мышечных белков ( $pH = 5,34$ ).

Следует подчеркнуть, что комбинация ферментов микроорганизмов и транглутаминазы оказывает синергетический эффект на технологические свойства мясного фарша. Установлено, что пропионовокислые бакте-

рии и бифидобактерии содержат пептидазы, при участии которых осуществляют реакции трансаминирования [20]. При одновременном введении бактериального концентрата и ТГ в мясной фарш наблюдается формирование белковой матрицы в течение 12–18 часов воздействия, соответственно, способность удерживать воду возрастает. Самые высокие значения ВСС в образцах, содержащих фермент ТГ в концентрации 0,2 %, установлены в период созревания 6–12 часов (59,56–58,49 %), а в образцах О-Про+ТГ – в период 12–18 часов (61,58–57,04 %). Небольшое снижение ВСС до 53,46 % наблюдалось в образцах О-Про+ТГ в течение последнего периода созревания, что связано с протеолитической активностью микроорганизмов, приводящей к частичному разрушению белкового матрикса (рис. 1).

Результаты исследования доказали, что увеличение водосвязывающей способности фарша коррелировало со снижением потерь массы при термообработке. На начальной стадии созревания (6 ч) достоверные различия в потерях массы были обнаружены только в образцах, содержащих ТГ в концентрации 0,2 % по сравнению с контрольными образцами. Тогда как в период созревания 18–24 ч было установлено значительное снижение

потерь массы фарша при термообработке для образцов, содержащих фермент ТГ (как индивидуально, так и в комплексе с ферментами бактериальных культур) по сравнению с контролем (рис. 2).

Наименьшие потери массы при термообработке фарша наблюдались в образцах О-ТГ и О-Про+ТГ – с высоким значением ВСС. Так, в образцах, содержащих ТГ, наименьшие потери массы были установлены между 6–12 часами выдержки и составили 19,03–19,99 %; в образцах О-Про+ТГ наименьшие потери массы были обнаружены в период созревания 12–18 ч и составили 20,27–21,71 %.

Мясной фарш, обладая упруго-пластической структурой, характеризуется комплексом структурно-механических свойств. Деформационные характеристики мясной системы зависят от влажности, содержания жира и степени измельчения, а на биохимическом уровне – от сил взаимодействия между функциональными группами молекул.

В результате реологических исследований установлено влияние добавления фермента ТГ и бактериального концентрата на упруго-пластические свойства мясной системы. На начальных этапах созревания мясного фарша (6 ч), содержащего комплекс ферментов бактериальных культур, установлены относи-

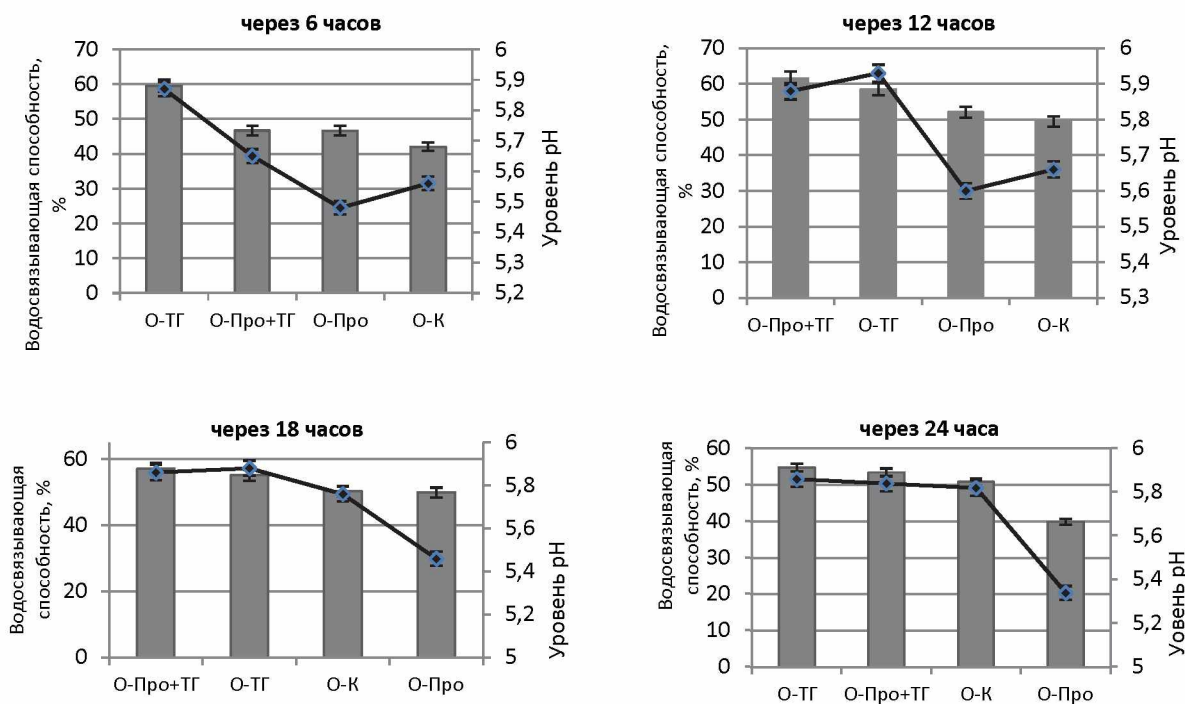


Рис. 1. Изменение уровня pH и водосвязывающей способности фарша в период созревания, %

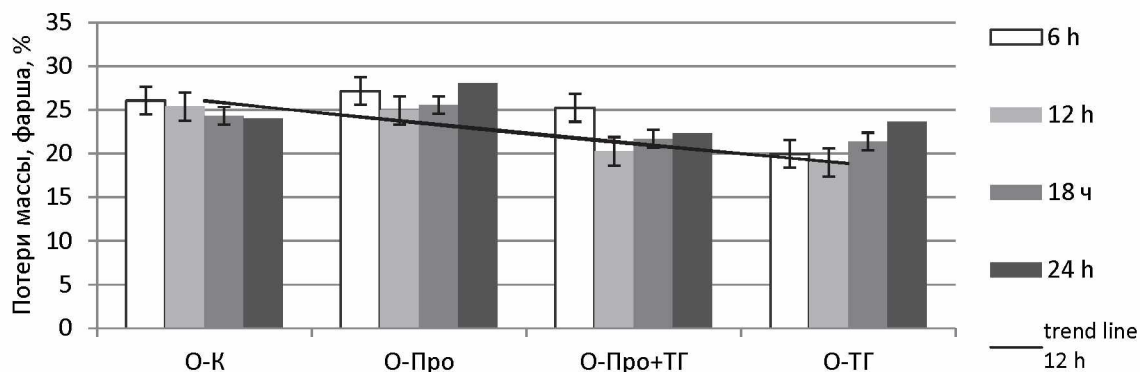


Рис. 2. Потери массы мясного фарша после тепловой обработки, %

тельно высокие показатели общей и пластической деформации, что указывает на размягчение мясного сырья.

Наиболее выраженные упругие свойства продемонстрировали образцы O-TG и O-Pro+TG. Установлено градиентное увеличение упругой деформации в течение 24 ч созревания в образцах O-TG и O-Pro+TG до 3,26 и 3,32 мм соответственно. В образцах, включающих только бактериальный концентрат (O-Pro), наблюдалось скачкообразное изменение упругих свойств с максимальной упругой деформацией в период созревания 12–18 ч (3,34–3,12 мм).

Следует отметить, что максимальное укрепление структуры мясной системы под влиянием комплекса ферментов микроорганизмов и трансклотаминазы происходило через 12 часов созревания, уровень общей деформации снизился до 14,00 мм; пластической – до 10,96 мм; степень упругой деформации составила 3,05 мм. Наименьшие значения общей и пластической деформации за период созревания 12 часов были установлены в образцах с 0,2 % ТГ – 10,57 и 8,00 мм соответственно. Многие исследователи связывают увеличение упругости мясных систем, содержащих ТГ, с образованием дополнительных молекулярных связей между белками мяса. В контрольном образце наблюдали постепенное снижение общей и пластической деформации и увеличение упругой деформации в течение 24 часов созревания (рис. 3).

В течение всего периода созревания отмечено, что образцы O-Pro характеризовались наименьшей упругостью и наиболее выраженной пластичностью. Наблюдаемые изменения обусловлены протеолитической ак-

тивностью микроорганизмов в составе данных бактериальных заквасок, приводящей к релаксации структуры мясного сырья.

При использовании комплекса ферментов микроорганизмов и ТГ, участвующих в связывании биополимеров пищевых систем, в образцах наблюдали улучшение как пластических, так и упругих свойств фарша. В результате мясная система с развитыми упруго-пластическими свойствами легко формируется в плотную монолитную структуру мясного продукта.

### Выводы

В результате исследования установлено, что комбинация ферментов микроорганизмов и трансклотаминазы оказывает синергетический эффект на функционально-технологические свойства мясного фарша. При одновременном воздействии ферментов бактериальных культур и трансклотаминазы, участвующих в связывании биополимеров пищевых систем, в образцах мясного фарша наблюдается увеличение влагосвязывающей способности, снижение потерь массы продукта при тепловой обработке, улучшение упруго-пластических свойств.

Полученные данные позволяют рекомендовать применение фермента трансклотаминазы в комбинации с бактериальным концентратом Бифилакт-Про для формирования оптимальных технологических свойств мясного сырья из говядины первого сорта в период созревания 12–18 часов.

Статья выполнена при поддержке Правительства РФ (Постановление № 211 от 16.03.2013 г.), соглашение № 02.A03.21.0011 и при финансовой поддержке государственного задания № 40.8095.2017/БЧ (2017123-ГЗ) и гранта РФФИ 18-53-45015.

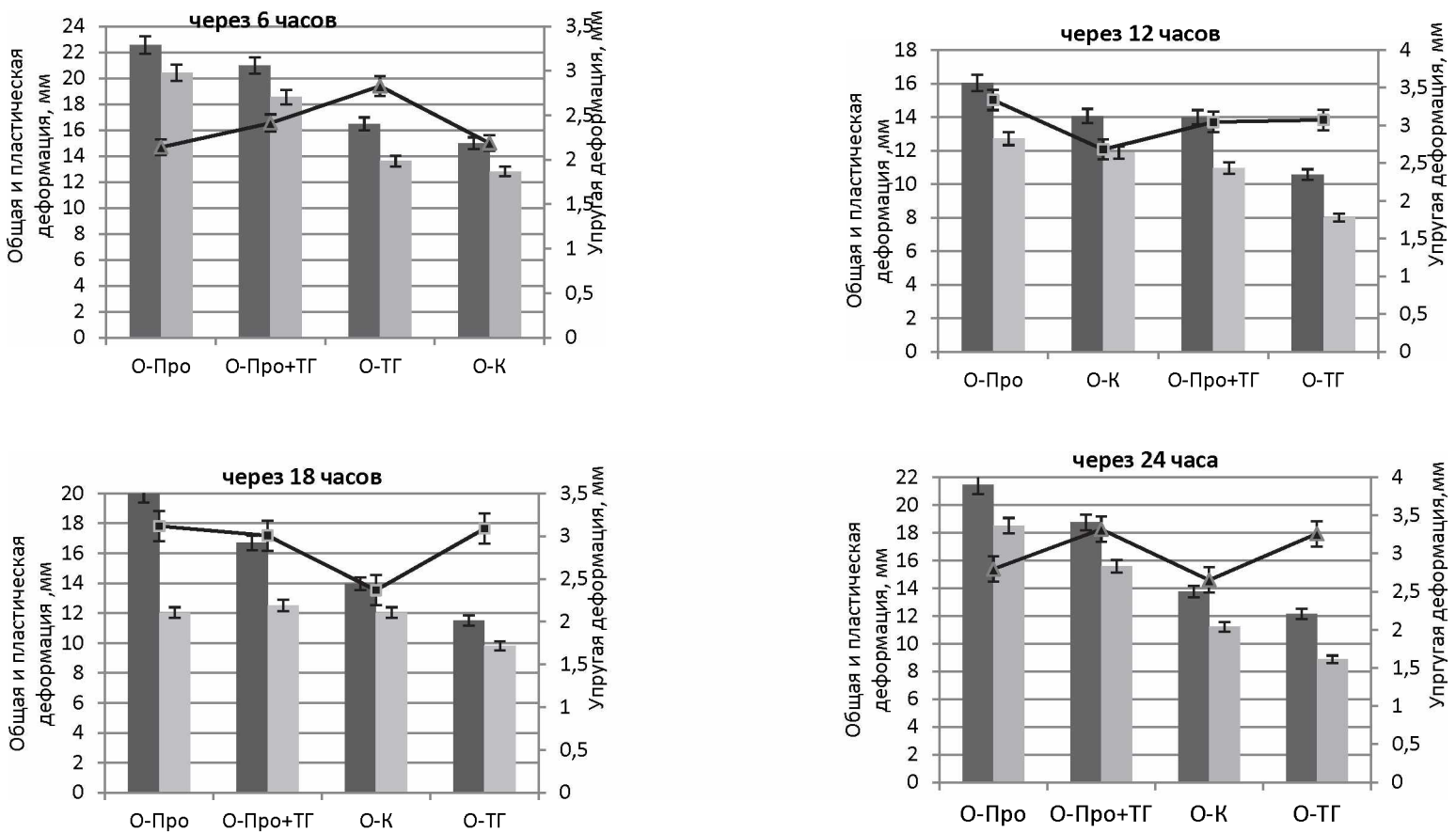


Рис. 3. Изменение реологических свойств мясного фарша в период созревания, мм

### Литература

1. Ишевский, А.Л. О возможности применения энзимов для получения натуральных полуфабрикатов из мясной обрезки / А.Л. Ишевский, В.А. Карлова // Вестник международной академии холода. – 2012. – № 2. – С. 26–28.
2. Sorapukdee, S. Quality of steak restructured from beef trimmings containing microbial transglutaminase and impacted by freezing and grading by fat level / S. Sorapukdee, P. Tangwatcharin // Asian-Australas Journal of Animal Science. – 2018, vol. 31. – № 1. – P. 129–137.
3. Extraction and characterisation of pepsin-solubilised collagen from fins, scales, skins, bones and swim bladders of bighead carp (*Hypophthalmichthys nobilis*) / D. Liu, L. Liang, J.M. Regenstein, P. Zhou // Food Chemistry. – 2012. – № 133. – P. 1441–1448.
4. Rawdkuen, S. Biochemical and microstructural characteristics of meat samples treated with different plant proteases / S. Rawdkuen, S. Benjakul // African Journal of Biotechnology. – 2012. – № 11(76). – P. 14088–14095.
5. Сафиуллина, Г.И. Трансглутаминаза при производстве фаршированных рулетов / Г.И. Сафиуллина, Л. М. Смертина // Молодежь и наука. – 2017. – № 4.
6. Kieliszek, M. Microbial transglutaminase and its application in the food industry. A review / M. Kieliszek, A. Misiewicz // Folia Microbiology. – 2014. – № 59. – P. 241–250.
7. Маджитов, Д.Ф. Трансглутаминаза – эффективно и экономично / Д.Ф. Маджитов // Мясные технологии. – 2011. – № 10. – С. 64.
8. Uran, H. A research on determination of quality characteristics of chicken burgers produced with transglutaminase supplementation / H. Uran, İ. Yilmaz // Food Science and Technology, Campinas. – 2018. – № 38(1). – P. 19–25.
9. Atilgan, E. Effects of microbial transglutaminase, fibrinex and alginate on physicochemical properties of cooked ground meat with reduced salt level / E. Atilgan, B. Kilic // Journal of Food Science and Technology. – 2017. – № 54(2). – P. 303–312.
10. Tseng, T.F. Purification of transglutaminase and its effects on myosin heavy chain and actin of spent hens / T.F. Tseng, M.T.C. Cheng // Meat Science. – 2002. – № 60(3). – P. 267–270.
11. Семенова, А.А. Перспективы использования трансглутаминазы для производства мясных продуктов / А.А. Семенова, Е.К. Туниева, С.А. Горбатов // Все о мясе. – 2011. – № 2. – С.14–15.
12. Курчаева, Е.Е. Использование методов биотехнологии для создания эмульгированных мясных продуктов нового поколения / Е.Е. Курчаева, А.О. Лютикова, Е.С. Мельникова, И.В. Максимов // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2014. – Т. 2, № 4–3. – С. 453–457.
13. Шукешева, С.Е. Применение стартовых культур при производстве реструктурированных мясных изделий / С.Е. Шукешева, Я.М. Узаков, И.М. Чернуха, Ж.С. Набиева // Вестник Алматинского технологического университета. – 2017. – № 4. – С. 23–26.
14. Ruiz-Moyano, S. Screening of lactic acid bacteria and bifidobacteria for potential probiotic use in iberian dry fermented sausage / S. Ruiz-Moyano, A. Martin, M.J. Benito // Meat Science. – 2008. – № 80. – P. 715–721.
15. Hammes, W.P. New developments in meat starter cultures / W.P. Hammes, C. Hertel // Meat Science. – 1998. – № 49. – P. 125–138.
16. Danylenko, S.G. Selection of microorganisms for fermentation of raw materials / S.G. Danylenko, N.Ph. Kigel, G.V. Burtseva // Biotechnology Acta. – 2014. – Т. 7, № 4. – P. 107–117. (in Ukr.)
17. Sanni, A.I. Production of exopolysaccharides by lactic acid bacteria isolated from traditional fermented foods in Nigeria / A.I. Sanni, A.A. Onilude, S.T. Ogunbanwo // European Food Research and Technology. – 2002. – № 214. – P. 405–407.
18. Cerning, J. Production of exopolysaccharides by lactic acid bacteria and dairy propionibacteria / J. Cerning // Lait. – 1995. – № 75(4–5). – P. 463–472.
19. Ruas-Madiedo, P. Screening of exopolysaccharide-producing *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* strains isolated from the human intestinal microbiota / P. Ruas-Madiedo, J.A. Moreno, N. Salazar // Appl Environ Microbiol. – 2007. – № 73. – P. 4385–4388.
20. Хамагаева, И.С. Перспективы использования пробиотических микроорганизмов в современной биотехнологии / И.С. Хамагаева // Вестник ВСГУТУ. – 2014. – № 5 (50). – С. 111–116.
21. El Soda, M. Production of low fat cheddar cheese made using exopolysaccharide-producing cultures and selected ripening cultures / M. El Soda // Advances in Microbiology. – 2014. – № 4. – P. 986–995.

22. Хамагаева, И.С. Создание консорциума пробиотических микроорганизмов с высокой биохимической активностью и экзополисахаридным потенциалом / И.С. Хамагаева, С.Н. Хазагаева, Н.А. Замбалова // Вестник

ВСГУТУ. – 2014. – № 1 (46). – С. 97–102.

23. Assaad, H. *Rapid publication-ready MS-Word tables for one-way ANOVA* / H. Assaad, L. Zhou, R.J. Carroll // *Springer Plus*. – 2014. – № 3. – P. 474. DOI: 10.1186/2193-1801-3-474

**Меренкова Светлана Павловна**, кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры «Пищевые и биотехнологии», Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), merenkovasp@susu.ru

**Зинина Оксана Владимировна**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Пищевые и биотехнологии», Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), zininaov@susu.ru

**Якимов Станислав Игоревич**, аспирант кафедры «Пищевые и биотехнологии», Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), 9087033330@mail.ru

*Поступила в редакцию 12 марта 2019 г.*

DOI: 10.14529/food190205

## THE FORMATION OF FUNCTIONAL AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF MINCED MEAT UNDER THE INFLUENCE OF ENZYME COMPLEX

**S.P. Merenkova, O.V. Zinina, S.I. Yakimov**

*South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation*

The aim of the work was to study the effect of the transglutaminase enzyme (TG) and bacterial concentrates on the formation of functional and technological properties of the first-grade minced beef. The analysis of water binding capacity (WBC) of experimental samples revealed that the combination of microorganisms and transglutaminase enzymes has a synergistic effect on the technological properties of minced meat. The maximum values of WBC in samples containing the TG enzyme were established within 6–12 hours period of aging (59.56–58.49 %), and in samples containing a set of bacterial cultures and the TG enzyme – within 12–18 hours period (61.58–57.04 %). The increase in the water-binding capacity of minced meat correlated with a decrease in weight losses when heated. A significant reduction in weight loss in samples containing the TG enzyme (individually or in combination with bacterial cultures enzymes) was found. The lowest weight loss when heated was observed in the samples of minced O-TG in the period of 6–12 hours (19.03–19.99 %) and in the samples of O-Pro+TG within the 12–18 h period (20.27–21.71 %). In the result of rheological studies, the most pronounced elastic properties in the samples of O-TG and O-Pro+TG were established, with an increase in elastic deformation within 24 hours of aging period up to 3.26–3.32 mm values. The maximum strengthening of the meat structure under the influence of a set of microorganisms and TG enzymes occurred after 12 hours of aging, the level of total deformation reduced to 14.00 mm; the level of plastic deformation reduced to 10.96 mm. An increase in water binding capacity, reduction of product weight loss when heated, improvement of both plastic and elastic properties of minced meat were observed with the use of a set of microorganisms and TG enzymes involved in the binding of biopolymers of food systems.

**Keywords:** enzymes, transglutaminase, bacteria concentrate, minced meat, functional and technological properties.



The article was written with the support of the Government of the Russian Federation (the Resolution No. 211 dated from 16.03.2013), the agreement No. 02.A03.21.0011 and with the financial support of the state tasks № 40.8095.2017/БЧ (2017123-ГЗ) and RFBR grant 18-53-45015.

### References

1. Ishevskiy A.L., Karlova V.A. [On the Possibility of Enzymes Usage in Natural Semi-Finished Foods Made from Meat Cuttings]. *Vestnik mezhdunarodnoy akademii kholoda* [Bulletin of the International Academy of Refrigeration], 2012, no. 2, pp. 26–28. (in Russ.)
2. Sorapukdee S., Tangwatharin P. Quality of steak restructured from beef trimmings containing microbial transglutaminase and impacted by freezing and grading by fat level. *Asian-Australas Journal of Animal Science*, 2018, vol. 31, no. 1, pp. 129–137. DOI: 10.5713/ajas.17.0170
3. Liu D., Liang L., Regenstein J.M., Zhou P. Extraction and characterisation of pepsin-solubilised collagen from fins, scales, skins, bones and swim bladders of bighead carp (*Hypophthalmichthys nobilis*). *Food Chemistry*, 2012, no. 133, pp. 1441–1448. DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.02.032
4. Rawdkuen S., Benjakul S. Biochemical and microstructural characteristics of meat samples treated with different plant proteases. *African Journal of Biotechnology*, 2012, no. 11(76), pp. 14088–14095. DOI: 10.5897/ajb12.1587
5. Safiullina G.I., Smertina L.M. [Transglutaminase in Stuffed Rolls Production]. *Molodezh' i nauka* [Youth and Science], 2017, no. 4. (in Russ.)
6. Kieliszek M., Misiewicz A. Microbial transglutaminase and its application in the food industry. A review. *Folia Microbiology*, 2014, no. 59, pp. 241–250. DOI: 10.1007/s12223-013-0287-x
7. Madzhitov D.F. [Transglutaminase – Effective and Economical]. *Myasnye tekhnologii* [Meat Technology], 2011, no. 10, p. 64. (in Russ.)
8. Uran H., Yilmaz İ. A research on determination of quality characteristics of chicken burgers produced with transglutaminase supplementation. *Food Science and Technology, Campinas*, 2018, no. 38(1), pp. 19–25. DOI: 10.1590/1678-457x.33816
9. Atilgan E., Kilic B. Effects of microbial transglutaminase, fibrinex and alginate on physico-chemical properties of cooked ground meat with reduced salt level. *Journal of Food Science and Technology*, 2017, no. 54(2), pp. 303–312. DOI: 10.1007/s13197-016-2463-x
10. Tseng T.F., Cheng M.T.C. Purification of transglutaminase and its effects on myosin heavy chain and actin of spent hens. *Meat Science*, 2002, no. 60(3), pp. 267–270. DOI: 10.1016/s0309-1740(01)00132-2
11. Semenova A.A., Tunieva E.K., Gorbato S.A. [Prospects for the Use of Transglutaminase in Meat Production]. *Vse o myase* [All about Meat], 2011, no. 2, pp. 14–15. (in Russ.)
12. Kurchaeva E.E., Lyutikova A.O., Mel'nikova E.S., Maksimov I.V. [The Use of Biotechnology Methods for the Development of Emulsified Meat Products of a New Generation]. *Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika* [Current Directions of Scientific Research of the XXI Century: Theory and Practice], 2014, vol. 2, no. 4–3, pp. 453–457. (in Russ.)
13. Shukesheva S.E., Uzakov Ya.M., Chernukha I.M., Nabieva Zh.S. [Application of Starter Cultures in Restructured Meat Production]. *Vestnik Almatinskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Almaty Technological University], 2017, no. 4, pp. 23–26. (in Russ.)
14. Ruiz-Moyano S., Martin A., Benito M.J. Screening of lactic acid bacteria and bifidobacteria for potential probiotic use in iberian dry fermented sausage. *Meat Science*, 2008, no. 80, pp. 715–721. DOI: 10.1016/j.meatsci.2008.03.011
15. Hammes W.P., Hertel C. New developments in meat starter cultures. *Meat Science*, 1998, no. 49, pp. 125–138. DOI: 10.1016/s0309-1740(98)90043-2
16. Danylenko S.G., Kigel N.Ph., Burtseva G.V. [Selection of microorganisms for fermentation of raw materials]. *Biotechnologia Acta*, 2014, vol. 7, no. 4, pp. 107–117. (in Ukr.) DOI: 10.15407/biotech7.04.107

17. Sanni A.I., Onilude A.A., Ogunbanwo S.T. Production of exopolysaccharides by lactic acid bacteria isolated from traditional fermented foods in Nigeria. *European Food Research and Technology*, 2002, no. 214, pp. 405–407. DOI: 10.1007/s00217-002-0499-9
18. Cerning J. Production of exopolysaccharides by lactic acid bacteria and dairy propionibacteria. *Lait*, 1995, no. 75(4–5), pp. 463–472. DOI: 10.1051/lait:19954-536
19. Ruas-Madiedo P., Moreno J.A., Salazar N. Screening of exopolysaccharide-producing *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* strains isolated from the human intestinal microbiota. *Appl Environ Microbiol.*, 2007, no. 73, pp. 4385–4388. DOI: 10.1128/aem.02470-06
20. Khamagaeva I.S. [Prospects for the Use of Probiotic Microorganisms in Modern Biotechnology]. *Vestnik VSGUTU* [ESSUTM Bulletin], 2014, no. 5 (50), pp. 111–116. (in Russ.)
21. El Soda M. Production of low fat cheddar cheese made using exopolysaccharide-producing cultures and selected ripening cultures. *Advances in Microbiology*, 2014, no. 4, pp. 986–995. DOI: 10.4236/aim.2014.414110
22. Khazagaeva S.N., Zambalova N.A., Khamagaeva I.S. [Development of a Consortium of Probiotic Microorganisms of High Biochemical Activity and Exopolysaccharide Potential]. *Vestnik VSGUTU* [ESSUTM Bulletin], 2014, no. 1 (46), pp. 97–102. (in Russ.)
23. Assaad H., Zhou L., Carroll R.J. Rapid publication-ready MS-Word tables for one-way ANOVA. *Springer Plus*, 2014, no. 3, p. 474. DOI: 10.1186/2193-1801-3-474

**Svetlana P. Merenkova**, candidate of Veterinary Sciences, associate Professor of Department of Food and Biotechnology, South Ural State University, Chelyabinsk, merenkovasp@susu.ru

**Oksana V. Zinina**, candidate of Agricultural Sciences, associate Professor of Department of Food and Biotechnology, South Ural State University, Chelyabinsk, zininaov@susu.ru

**Stanislav I. Yakimov**, post-graduate student of Department of Food and Biotechnology, South Ural State University, Chelyabinsk, 9087033330@mail.ru

*Received March 12, 2019*

---

#### ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Меренкова, С.П. Формирование функционально-технологических свойств мясного фарша под воздействием комплекса ферментов / С.П. Меренкова, О.В. Зинина, С.И. Якимов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2019. – Т. 7, № 2. – С. 44–53. DOI: 10.14529/food190205

#### FOR CITATION

Merenkova S.P., Zinina O.V., Yakimov S.I. The Formation of Functional and Technological Properties of Minced Meat under the Influence of Enzyme Complex. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2019, vol. 7, no. 2, pp. 44–53. (in Russ.) DOI: 10.14529/food190205

---