

Харчові технології

Сімахіна Г. О., Висоцький О. О. Печиво модифікованого вуглеводного складу для діабетичного харчування

Романова З. М., Федорова Н. В., Романов О. С. Дослідження впливу часткової заміни хмелю нетрадиційною сировиною на показники готового пива

Удовенко О. О., Гладкий Ф. Ф., Литвиненко О. А., Куниця К. В., Ситнік Н. С. Модифіковані жири: окиснювальна стабільність і визначення шляхів застосування у складі харчових продуктів

Дорохович В. В., Грицевіч М. Ю., Ложа І. П. Проблема розроблення кондитерських виробів для хворих на фенілкетонурию

Бойко М. І. Формування якості пива з нетрадиційно сировини — *Sophora Japonica*

Капустян А. І., Черно Н. К. Поліфункціональні харчові інгредієнти на основі комплексів біометалів зі сполуками пробіотичного походження

Шевченко І. І., Поліщук Г. Є., Філоненко М. І., Осмак Т. Г. Вивчення структуруючих властивостей трансклутамінази у білоквмісних системах

Білик О. А., Бурченко Л. М., Халікова Е. Ф., Йолтукхівська А. В. Вплив суміші прощених зернових культур на основні технологічні параметри і якість хліба пшеничного

Бондаренко Ю. В., Андронович Г. М., Грищенко А. М., Анич А. М. Застосування операції гідратації насіння льону у виробництві пшеничного хліба

Іоргачова К. Г., Макарова О. В., Хвостенко К. В., Фатєва А. С. Використання борошна з м'якозерної пшениці при виробництві цукрових і листових вафель

Food Technology

161 Simakhina G., Vysotsky O. Biscuits with modified carbohydrate composition for diabetic nutrition

170 Romanova Z., Fedorova N., Romanov O. Investigation of impact of the partial hop replacement with unconventional raw on ripe beer indicators

176 Udovenko O., Gladkiy F., Litvinenko O., Kunitsia K., Sytnik N. Modified fats: oxidative stability and determination of ways of application in food products

187 Dorokhovych V., Hrytsevich M., Loza I. Problems of confectionery products development for patients with phenylketonuria

195 Boyko M. Formation of beer quality with non-traditional raw material — *Sophora Japonica*

201 Kapustian A., Cherny N. Polyfunctional food ingredients based on the complexes of biometals with compounds of probiotic origin

212 Shevchenko I., Polishchuk G., Filonenko M., Osmak T. Study of structural properties of transglutaminase in systems, containing protein

220 Bilyk O., Burchenko L., Halikova E., Yoltukhivska A. The influence of mixture of grains on basic technological parameters and quality of wheat bread

232 Bondarenko Yu., Andronovych H., Hryshchenko A., Anych A. Effectiveness of the application of flax seed hydration in the wheat bread production

244 Iorgachova K., Makarova O., Khvostenko K., Fateeva A. The soft wheat flour usage in the wafer sheet and sugar wafers technology

STUDY OF STRUCTURAL PROPERTIES OF TRANSGLUTAMINASE IN SYSTEMS, CONTAINING PROTEIN

I. Shevchenko, G. Polishchuk, M. Filonenko, T. Osmak

National University of Food Technologies

Key words:

Milk proteins
Transglutaminase
Restructured ham
Meat systems

Article history:

Received 09.03.2020
Received in revised form
24.03.2020
Accepted 15.04.2020

Corresponding author:

I. Shevchenko
E-mail:
irinanuht@ukr.net

ABSTRACT

The article presents the results of studies on the use of transglutaminase in the technology of restructured ham products as a functional drug that regulates the structure and functional and technological properties of protein-containing systems.

The purpose of the scientific work is to study the possibility of regulating the structure of restructured ham products by using the enzyme transglutaminase and milk proteins as substrates. The object of the study is the technology of restructured ham products. Research methods are standard. Structural-mechanical parameters were determined on the universal installation "Instron 1122".

The substrate specificity of the calcium-dependent enzyme microbial form, produced by *Streptovorticillium mobanense*, to protein preparation "Dripfreecas", sodium caseinate "Dairy Co" and dry buttermilk proteins was investigated. The influence of transglutaminase enzyme on the functional properties of meat systems with different combinations of milk proteins in their composition was studied. It has been found that transglutaminase form a protein matrix similar to the natural protein tissue of ham products, due to its ability to combine amino acids with animal proteins. It has been shown that formation of protein structure by fermentation gives an opportunity to produce heat-resistant systems and facilitate production of high quality meat products.

Salt-soluble proteins, which were extracted from meat raw materials, in combination with structure-forming components provide monolithic and strength to restructured products compared to the control sample. The influence of structure-forming components with transglutaminase and milk protein preparations on the functional and technological properties of meat systems has been confirmed. This provides an opportunity to predict the character of the structural components interaction and to regulate the quality of the product.

**ВИВЧЕННЯ СТРУКТУРУЮЧИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ
ТРАНСГЛЮТАМІНАЗИ У БІЛОКВІСНИХ СИСТЕМАХ**

І. І. Шевченко, Г. Є. Полішук, М. І. Філоненко, Т. Г. Осмак

Національний університет харчових технологій

У статті наведено результати досліджень щодо використання трансглютамінази в технології реструктурованих шинкових виробів як функціонального препарату, що регулює структуру та функціонально-технологічні властивості білоквісних систем.

Метою наукової статті є вивчення можливості регулювання структури реструктурованих шинкових виробів шляхом використання ферменту трансглютамінази та молочних білків-субстратів. Об'єкт дослідження — технологія реструктурованих шинкових виробів. Методи досліджень — стандартні. Структурно-механічні показники визначали на універсальній установці «Instron 1122».

Досліджено субстратну специфічність мікробіальної форми кальційнезалежного ферменту, що продукується бактеріями *Streptococcus thermophilus* до білкового препарату «Dripfreecas», казеїнату напรีю «Dairy Co» та білків сухої маслянки. Вивчено вплив ферменту трансглютамінази на функціональні властивості м'ясних систем з різними комбінаціями молочних білків у їх складі. Встановлено, що трансглютаміназа за рахунок здатності об'єднувати між собою амінокислоти білків тваринного походження утворює білкову матрицю, подібну природній білковій тканині шинкових м'ясних виробів. Доведено, що формування білкової структури шляхом ферментації надає можливість отримувати термостійкі системи і сприяє отриманню м'ясних продуктів високої якості.

Доведено, що солерозчинні білки, екстраговані з м'ясної сировини, у поєднанні зі структуроутворюючими компонентами забезпечують монолітність і міцність реструктурованим продуктам порівняно з контролем. Підтверджено вплив структуроутворюючих компонентів з трансглютаміназою та молочними білковими препаратами на функціонально-технологічні властивості м'ясних систем, що надає можливість прогнозувати характер взаємодії структуруючих компонентів і регулювати якісні показники продукту.

Ключові слова: молочні білки, трансглютаміназа, реструктуровані шинкові вироби, м'ясні системи.

Постановка проблеми. На споживчому ринку щороку з'являються все нові і нові пропозиції щодо застосування функціональних інгредієнтів для м'ясної промисловості. Тому особливо важливим є розуміння специфіки технологічних властивостей інноваційних харчових добавок, оскільки стандартних рекомендацій щодо їх використання для різних видів м'ясної сировини не існує.

Зокрема, мікробіальна трансглютаміназа (ТГ), яку отримують шляхом промислового культивування мікроорганізмів роду *Streptococcus sp.*, все ширше

знаходить своє використання в харчовій промисловості, насамперед у таких галузях, як рибна, м'ясна, молочна та кондитерська [1; 2; 3].

З біохімічної точки зору, трансклятаміназа (γ -глутамілтрансфераза, EC 2.3.2.13) — це фермент, що утворює поперечні зшивки між білками за рахунок перенесення ацильної групи від первинного аміну до γ -карбоксаміду глутаміну, що зв'язаний з пептидом або білком, який сприяє утворенню ϵ -(глутаміл-)лізинової поперечної зшивки. Ця перша реакція, як правило, призводить до утворення ковалентної поперечної зшивки між глутаміном і лізином, що входить до складу білкових молекул. Завдяки такій дії трансклятаміназа здатна виконувати в м'ясних та інших харчових системах функцію текстуруючого компонента. Завдяки своїй типовій реакції трансклятаміназа має здатність впливати на текстуру, зв'язування та вихід білоквмісних харчових продуктів. Використовуючи вказану специфічну реакцію трансклятамінази, можна створювати нові продукти, забезпечувати їх стандартне порціонування і дозування та підвищувати рентабельність виробництва за рахунок раціонального використання високоцінної м'ясної сировини за збільшення виходу продуктів [3; 4]. Зважаючи на вказане, зроблено висновок про можливість і доцільність застосування ТГ у технології реструктурованих шинкових виробів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При виробництві реструктурованих шинкових виробів безпечність використання ферментів полягає у їх білковій природі, зокрема денатурації під час теплового оброблення. Встановлено, що ферменти можна інактивувати за температури 65°C і вище [4].

У різних умовах ТГ по-різному реагує з окремими білками [5; 6]. Глибина реакції переважно визначається наявною доступністю глутаміну та лізину в білку, а також фактичними умовами реакції (значення рН, температура), які повинні відповідати певному діапазону активності ферменту. З цієї причини ферментні препарати, що містять ТГ, розробляють таким чином, щоб вони містилися фермент і білок-субстрат у потрібному співвідношенні [7; 8].

Проте субстратна специфічність ферменту ТГ до білків, що мають харчове значення, та особливості використання ТГ в технології м'ясних продуктів, вивчені недостатньо. Не досліджено специфіку ферментативної дії ТГ щодо молочних білків різного фракційного складу у разі їх застосування у м'ясних продуктах, зокрема шинкових виробів. У літературі відсутні відомості щодо цілеспрямованого використання ТГ з метою отримання м'ясних продуктів із заданими властивостями, що є перспективним і потребує подальшого вивчення.

Метою дослідження є вивчення можливості регулювання структури реструктурованих шинкових виробів шляхом використання ферменту трансклятамінази та молочних білків-субстратів.

Методи і обладнання. При визначенні органолептичних, фізико-хімічних показників модельних фаршевих м'ясних систем використовували стандартні методи досліджень. Структурно-механічні показники визначали на універсальній установці «Instron 1122».

Для вдосконалення технології реструктурованих шинок з яловичини I сорту була використана мікробіальна форма кальційнезалежного ферменту, що продукується бактеріями *Streptovorticilliummobamense*, активністю 50 од./г порошку.

Температурний діапазон активності ферменту ТГ становить від 0 до 65°C, оптимум хімічної активності досягається приблизно при 55°C. Денатурація ферменту ТГ починається за температури вище 65°C, а повна інактивація відбувається за температури 70...75°C. Фермент виявляє активність в інтервалі рН 4...9 за оптимуму значень рН 6...7. В активному центрі ферменту наявний цистеїновий залишок, тому за певних умов фермент може окислюватися.

Хоча трансглютаміназа не здатна до гелеутворення в суміші сироваткових і м'ясних білків під час нагрівання, вона стабілізує емульсії, виготовлені із суміші міофібрилярних та сироваткових білків, що використовуються як емульгатори. Подібні емульсії при нагріванні легко перетворюються у напівтверді змішані гелі, і цей процес підсилюється внаслідок утворення поперечних зв'язок між мембранами жирових глобул.

На кафедрі технології м'яса і м'ясних продуктів Національного університету харчових технологій було вивчено функціонально-технологічні властивості ТГ у м'ясних систем за наявності ряду білкових і білоквмісних концентратів — казеїнату натрію «Dairy Co», сироваткового білкового препарату «Drip free cas» та сухої маслянки «Dairy Co» [2; 3]. Обрані білкові препарати характеризуються гарним органолептичним поєднанням з м'ясними виробами, низьким вмістом лактози та високим вмістом білка, мають високу розчинність, тому є перспективними для використання в м'ясній промисловості. Вони є хорошими емульгаторами, стабілізаторами структури та за своїми функціонально-технологічними властивостями наближаються до м'язових білків [5].

Викладення основних результатів дослідження. Однією з існуючих технологічних проблем при виробництві реструктурованих продуктів з яловичини є складність отримання монолітної цілісної структури та ніжної консистенції. Для вирішення цієї проблеми на практиці використовують широкий спектр структуруючих інгредієнтів, внесення яких призводить до зниження харчової цінності готової продукції. Використання казеїнату натрію «Dairy Co», сироваткового білкового препарату «Drip free cas» та сухої маслянки, що містить фосфоліпіди, дає змогу вирішити існуючі проблеми та збагатити м'ясні продукти додатковим джерелом високоцінного у структурі харчування молочного білка [9].

Важливо відзначити, що умови виробництва реструктурованих м'ясних виробів можна відрегулювати так, щоб реакційна здатність багатьох білків збільшилася за рахунок підвищення доступності глутаміну і лізину, що входять до їх складу, і відповідного збільшення швидкості реакції, що каталізується ферментом трансглютаміназою. З урахуванням вищезазначеного, в процесі вибору харчового білка, якому належить вступити в реакцію з ТГ, слід розглядати й оцінювати декілька його джерел. Відомо, що модифікація білків за допомогою ТГ змінює їхню розчинність, ступінь гідратації, термостабільність, а також реологічні властивості. Специфічність ТГ до того чи іншого білка залежить від молекулярної структури і фізико-хімічних властивостей субстрату [8; 9].

Для вирішення поставленого завдання було вивчено функціонально-технологічні властивості (ФТВ) гелевих систем, до складу яких як структуроутворюючі компоненти увійшли в різній кількості фермент ТГ і молочні білкові

препарати різної структурної конформації. Функціональні властивості зазначених структуроутворюючих компонентів вивчали шляхом дослідження їхніх гелеутворюючих властивостей за показниками критичної концентрації гелів, граничного напруження зсуву та за результатами органолептичної оцінки. Для приготування зразків гелів використовували фермент ТГ у кількості 0,7...1,2%, казеїнат натрію — 2,0...6,0%, сироватковий білковий препарат — 2,0...6,0%, суху маслянку — 2,0...6,0%. Температура гелеутворення становила $18 \pm 2^\circ\text{C}$.

В утворених гелях також визначали кількість рідини, що відділялася під час зберігання при температурі $8 \pm 2^\circ\text{C}$ протягом 12 год. Підготовлені розчини з різною концентрацією структуруючих компонентів досліджували за структурно-механічними й органолептичними показниками. Як показали проведені дослідження, для отримання пружного гелю раціональним є такий склад модельних систем:

- зразок № 1 (фермент ТГ у кількості 0,65 ...0,70% та казеїнат натрію — 2,0...2,5%);

- зразок № 2 (фермент ТГ 0,75...0,80% та білковий препарат «Drip free cas» — 3,0...3,5 %);

- зразок № 3 (фермент ТГ 1,0...1,1% та суха маслянка — 3,0...3,5%).

За вказаних співвідношень структуруючі компоненти добре розчиняються у холодній воді та швидко утворюють гель. За меншої концентрації препаратів необхідно подовжувати час для гелеутворення, а утворена структура гелів є слабкою та неміцною. За підвищення концентрації препаратів гель, відповідно, більш структурований.

У менш концентрованих гелях після 12 год збереження відокремлювалася вільна волога, кількість якої збільшувалась зі зменшенням вмісту структуруючих компонентів. Проте гелі на основі композиції «фермент ТГ 0,7% + казеїнат натрію 2,5» виявляли найменший синерезис.

У процесі досліджень встановлено, що зі збільшенням вмісту структуруючих компонентів збільшується критична концентрація гелеутворення, що, у свою чергу, приводить до зростання граничної напруги зсуву (табл. 1).

Таблиця 1. Фізико-хімічні та структурно-механічні характеристики гелів

Зразки	Критична концентрація гелеутворення, %	Граничне напруження зсуву, кПа	Масова частка відокремленої вологи, % (синерезис)
№ 1 (ТГ 0,7% + казеїнат натрію 2,5%)	0,7+2,5	4,9±0,2	2,95±0,14
№ 2 (ТГ 0,8% + білковий препарат «Drip free cas» 3,0%)	0,8+3,0	5,1±0,1	3,71±0,12
№ 3 (ТГ 0,9% + маслянка 3,5%)	0,9+3,5	5,2±0,1	3,25±0,12

Граничне напруження зсуву становить для різних видів гелів 4,9...5,2 кПа, що знаходиться в межах значень, прийнятих для шинкових виробів в оболонці. Відповідно до результатів досліджень (табл. 1) зразки № 1, 2 та 3 мають стійкі до синерезису гелеві структури.

Для оцінки ступеня впливу ферменту ТГ та молочно-білкових препаратів різної структурної конформації на структурно-механічні властивості реструктурованих шинкових виробів досліджено зразки без заміни м'ясної сировини (контрольний зразок) та із заміною м'ясної сировини на структуруючі компоненти у кількості 3,0%. Відповідно до рекомендацій виробників і функціональних властивостей ступінь гідратації молочно-білкових препаратів у воді питній було встановлено на рівні 1:4.

При вивченні структурно-механічних властивостей встановлено, що комплексне використання транsgлютамінази та молочних білків суттєво підвищує міцнісні характеристики м'ясних систем з яловичини та термооброблених реструктурованих продуктів. Результати досліджень фізико-хімічних, структурно-механічних характеристик і виходу реструктурованих шинок з яловичини 1 сорту представлені в табл. 2.

Таблиця 2. Фізико-хімічні, структурно-механічні характеристики та вихід реструктурованих шинок з яловичини 1 сорту в оболонці

Показники	Зразки			
	Контроль	№1(ТГ 0,7 % +казеїнат натрію 2,5 %)	№ 2 (ТГ 0,8% + білковий пре- парат «Drip free cas» 3,0%)	№3 (ТГ 0,9%+ маслянка 3,5%)
Вміст вологи, %	67,83±1,34	74,26±1,21	73,58±1,28	73,61±1,22
Вологоутримувальна здатність, %	62,35±1,38	65,14±1,55	64,72±1,21	64,93±1,58
Напряга зсуву, кПа	189,86±1,42	204,85±1,18	204,49±1,2	203,83±1,33
Зусилля різання, кПа				
Вихід, %	175,32±1,31	275,32±1,40	254,67±1,23	247,36±1,30
Втрати маси при термообробці, %	105,22±1,30	119,14±1,11	117,19±1,18	117,95±1,24
	15,35±1,13	8,64±1,06	9,67±1,02	9,94±1,00

Аналізуючи дані табл. 2, необхідно відмітити, що напруга зсуву як у модельних зразках реструктурованих продуктів з яловичини 1 сорту без заміни м'ясної сировини, так і в зразках із заміною м'ясної сировини змінюється залежно від складу структуроутворювача. При цьому структурно-механічні характеристики зразків без заміни м'ясної сировини були нижчими порівняно зі значеннями зразків, виготовлених з гідратованими молочними білковими препаратами за відповідного рівня введення транsgлютамінази.

Максимальне значення вологоутримувальної здатності також властиве зразкам з ферментом ТГ і гідратованим препаратом казеїнатом натрію (65,14%). Зростання вологоутримувальної здатності модельних м'ясних систем із яловичини 1 сорту корелювало зі зниженням втрат маси під час термооброблення. Встановлено значне зниження втрат маси у дослідних зразків порівняно з кон-

трольним зразком, що становить 15,35%. Найменші втрати маси при термообробці (8,64...9,94%) були властиві зразкам з 0,70% ферменту ТГ та 2,5% казеїнату натрію.

Внесення до складу модельних м'ясних систем з яловичини I сорту трансглютамінази та молочних білкових препаратів позитивно впливає на міцність їх структури в цілому. При цьому найбільш монолітними є структури з частковою заміною м'ясної сировини на гідратований препарат казеїнату натрію. На молекулярному рівні молочні білки зв'язують воду за рахунок утворення водневих зв'язків всередині гідратованого білка, що сприяє підвищенню щільності продукту.

У разі використання ферменту ТГ та молочних білкових препаратів різної структурної конформації у модельних зразках з яловичини I сорту спостерігалось збільшення вологоутримувальної здатності, зниження втрат маси продукту при тепловому обробленні, покращення пластичних і пружних властивостей продукту.

Отже, стосовно питання специфіки ензиму ТГ до молочних білків можна стверджувати, що саме казеїн за структурної близькості до фібриногену є більш чутливим до зшивання трансглютаміназою порівняно із сироватковими білками. Це можна пояснити тим, що їхні білки менш схильні до реакції зшивання внаслідок глобулярної структури та наявності дисульфідних зв'язків. Однак подібного зшивання можна досягти за рахунок денатурації під час термічного оброблення [10; 11]. Вміст казеїну у сухій маслянці значно менший порівняно з молочно-білковим концентратом — казеїнатовим натрію, тому технологічна ефективність маслянки нижча.

Серед молочних білків казеїнова фракція є кращим субстратом для ТГ у зв'язку з легкодоступною, гнучкою і відкритою структурою ланцюга порівняно з білками сироватки, які мають глобулярну структуру та менш доступні до реакції зв'язування, оскільки дисульфідні зв'язки стабілізують глобулярну конформацію, що обмежує доступність ділянок зв'язування.

Аналіз отриманих результатів дає змогу стверджувати, що солерозчинні білки, екстраговані з м'ясної сировини, у поєднанні зі структуроутворюючими компонентами забезпечують монолітність і міцність реструктурованим продуктам порівняно з контролем.

Вивчення впливу структуроутворюючих компонентів з ТГ та молочними білковими препаратами на функціонально-технологічні властивості м'ясних систем надасть можливість прогнозувати характер взаємодії структуруючих компонентів і регулювати якісні показники продукту.

Перспективи подальших досліджень полягають у використанні фермента трансглютамінази з метою заміни структуроутворюючих харчових добавок ферментом, що формує щільну консистенцію продукту за рахунок «зшивання» білкових молекул.

Висновки

1. Заміна до 3% яловичини I сорту на комплекс «трансглютаміназа+молочно-білковий концентрат» у модельних дослідних зразках позитивно впливає на міцність їх структури, при цьому найбільш монолітними є структури з частковою заміною м'ясної сировини на гідратований препарат казеїнату натрію.

2. Використання як структуруючих компонентів трансглютамінази та молочних білкових препаратів у модельних м'ясних системах з яловичини 1 сорту підвищує міцнісні характеристики реструктурованих продуктів. Напряга зсуву для дослідних зразків зростає на 7,4%...7,9%.

3. Серед обраних молочних білкових препаратів казеїнова фракція є кращим субстратом для ферменту ТГ у зв'язку з легкодоступною, гнучкою і відкритою структурою ланцюга порівняно з білками сироватки.

4. Застосування структуруючих компонентів (0,70% ферменту ТГ та 2,5% казеїнату натрію) у складі реструктурованих м'ясних продуктів підвищує їх термостабільність, сприяє формуванню монолітної ті еластичної структури, покращує органолептичні характеристики.

Література

1. Ферменты в пищевой промышленности / Р. Дж. Уайтхерст (ред.), М. ван Оорт (ред.). СПб.: Профессия, 2013. 408 с.
2. Meat products. Scientific bases, technologies, practical recommendations / G. Feiner. english — publ: ID Profession, 2010. 720 p.
3. Ingredients in the production of meat products. Properties, functionality, applied / Tarte R. english — publ: ID Profession, 2015. 464 pp.
4. Prakasan V., Chawla S. P., Sharma A. Effect of transglutaminase treatment on functional properties of Paneer. *International journal of current microbiology and applied sciences*. 2015. Vol. 4, iss. 5. P. 227—238.
5. Ruiz-Carrascal J., Regenstein J. Emulsion stability and water uptake ability of chicken breast muscle proteins as affected by microbial transglutaminase. *J. of Food Science*. 2002. Vol. 67. P. 734—739.
6. Ахмичева О. В. Использование энзимов при производстве мясных изделий. *Мясная индустрия*. 2004, № 6.
7. Castro-Briones M., Calderon G. N., Velazquez G. and etc. Mechanical and functional properties of beef products obtained using microbial transglutaminase with treatments of pre-heating followed by cold binding. *Meat Science*. 2009. Vol. 83. P. 229—238.
8. Dimitralopoulou M. A., Ambrosiadis J. A., Zetou F. K., Bloukas J. G. Effect of salt and trasglutaminase (TG) level and processing condirions on quality characteristics of phosphate-free, cooked, restructured pork shoulder. *Meat Science*. 2005. Vol. 703. P. 743—749.
9. Mugurama M., Tsuruoka K., Erwanto Y., Kawahara S., Yamauchi K., Sathe S. K., Soeda T. Soybean and milk proteins modified by transglutaminase improves chicken sausage texture even at reduced levels of phosphate. *Meat Science*. 2003. Vol. 63. P. 191—197.
10. Ramirez-Suarez J. C., Xiong Y. L. Rheological properties of mixed muscle/non muscle protein emulsions treated with transglutaminase at two ionic strengths. *J. of Food Science and Technology*. 2003. Vol. 38. P. 777—785.
11. Kishenko I., Kryzhova Y., Filonenko M. Особенности использования трансглютаминазы в технологии реструктурированных ветчин. *Maisto chemijair tehnologija*. 2016. T. 50. Nr. 1. P. 12—19.