

# ПИЩЕВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

УДК 663.052:639.215.2

## ВЛИЯНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ ТРАНСГЛУТАМИНАЗЫ НА ТЕКСТУРУ И ВЛАГОУДЕРЖИВАЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ МЯСА КАРПА ОБЫКНОВЕННОГО (*CYPRINUS CARPIO*, L.)

*И.В. Новик, З.В. Василенко*

Приведены результаты экспериментальных исследований по изучению влияния микробиологической трансглутаминазы в зависимости от вида исходного сырья, технологического способа его обработки и концентрации поваренной соли на текстурные параметры и влагоудерживающую способность мяса карпа обыкновенного. Показана возможность повышения текстурных параметров и влагоудерживающей способности мяса карпа при использовании микробиологической трансглутаминазы совместно с поваренной солью.

### Введение

Одной из возможностей роста доли переработанной пресноводной рыбы и ее потребления в Республики Беларусь является увеличение технологической линейки путем расширения способов обработки рыбного сырья. С точки зрения пищевой безопасности населения и экономической эффективности использования рыбного сырья большой потенциал представляют реструктурированные слабосоленые рыбные продукты. Для производства слабосоленых реструктурированных продуктов, как правило, используется обрезь от производства более качественных рыбных продуктов, имеющую низкую себестоимость. Применение функциональных добавок позволяет трансформировать продукт с низкой себестоимостью в продукт с добавленной стоимостью, при этом придавая ему любую форму и обеспечивая таким образом стандартные размеры. Первоначальная технология изготовления реструктурированных продуктов была основана на применении поваренной соли (далее NaCl) для экстракции миофибриллярных белков из сырья с целью повышения липкости составных частей будущего продукта [1]. Концентрация NaCl в реструктурированных продуктах имеет первостепенное значение, т.к. способствует выделению белка из клеток, тем самым повышая его доступность для гелеобразующих добавок [2,3].

Одним из перспективных подходов для модификации структуры белковых компонентов сырья, а тем самым уменьшения концентрации NaCl при производстве слабосоленых реструктурированных продуктов, может служить использование ферментных препаратов, среди которых особое место занимает трансглутаминаза.

Трансглутаминаза (протеин-глутамин- $\gamma$ -глутамилтрансфераза, (КФ 2.3.2.13), – распространенный в живой природе фермент, участвующий в жизненно важных биологических функциях. Трансглутаминаза катализирует реакции ацильного переноса между  $\gamma$ -карбоксамидной группой пептид-связанных остатков глутамина (ацильный донор) и различными первичными аминами, в том числе  $\epsilon$ -аминогруппой остатков лизина (ацил-акцептор). Это сшивание может быть как внутри-, так и межмолекулярным, что в последнем случае приводит к увеличению молекулярной массы белковых молекул.

В мясо- и рыбоперерабатывающей промышленности у трансглутаминазы есть множество направлений применения и преимуществ. Использование трансглутаминазы в рецептурах на

базе рыбы и морепродуктов может способствовать увеличению текстурных параметров и влагоудерживающей способности продукта.

Однако на данный момент недостаточно информации по использованию транsgлутаминазы в качестве эмульгирующего вещества совместно с NaCl для производства слабосоленых реструктурированных продуктов из пресноводных видов рыб.

Одним из основных сельскохозяйственных видов рыб в Республике Беларусь является карп (*Cyprinus carpio*). Ежегодный объем вылова данного вида с рыбоводных и рыболовных площадей составляет около 10 тыс. тонн. Доля карпа в продукции рыбоперерабатывающих предприятий составляет около 50 % и наблюдается динамика роста ежегодного увеличения объемов продуктов, полученных из свежего карпа. Учитывая вышесказанное, разработка новых видов переработки, прежде всего карпа, с целью увеличения ассортимента рыбных товаров имеет первостепенное значение.

Целью работы явилось исследование влияния транsgлутаминазы на функциональные свойства мяса карпа, для чего применялась добавка «ACTIVA» ЕВ фирмы «AJINOMOTO», в состав которой входят казеинат натрия (60 %), мальтодекстрин (39,5 %) и микробиологическая транsgлутаминаза (0,5 %).

### Результаты исследований и их обсуждение

Исследования влияния микробиологической транsgлутаминазы (далее МТГ) на текстурные параметры и влагоудерживающую способность проводились на мясе карпа обыкновенного (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758). Рыба была доставлена в лабораторию из рыбхоза в свежем виде. После снятия чешуи, потрошения и обезглавливания тушки были филетированы. Далее вся масса филе была разделена на две группы. Первая группа филе была нарезана на кусочки средней длиной, высотой и шириной 1 см. Вторая группа филе вместе с остатками после филетирования первой группы была переработана при помощи пресс-сепаратора (TR-6 1HP) на фарш. Далее каждая из групп (кусочки филе и фарш) была разделена на четыре подгруппы, которые в свою очередь были обработаны модельными концентрациями МТГ (0 (контроль), 5 г/кг, 10 г/кг и 15 г/кг) и NaCl (0 (контроль); 10 г/кг, 20 г/кг). Обработка МТГ модельных групп осуществлялась «мокрым» способом, т.е. согласно инструкции по применению МТГ была предварительно разбавлена холодной водой (0°C) в соотношении 1(МТГ):5(вода). Затем полученные смеси были тщательно перемешаны и оставлены на время отлежаться. По истечении 15 минут полученными смесями были наполнены разнотипные оболочки. Тип выбранной оболочки зависел от последующей температурной обработки полученных батонов. Для первой, второй и третьей подгруппы модельных смесей были использованы полиамидные оболочки Betan 40. С целью обеспечения необходимой эластичности, согласно инструкции по использованию, данные оболочки были замочены в холодной воде на 30 минут. Для приготовления батонов из четвертой подгруппы образцов были использованы оболочки из неп пищевого коллагена R2LD S2, которые согласно инструкции по использованию были предварительно замочены в течение десяти минут в 10 % растворе NaCl. При наполнении оболочек модельными смесями придавалось большое значение плотности наполнения батонов. Далее полученные батоны с целью осадки были помещены в термостат (BMT Friocell 55) со стационарной температурой 5 °C на пятнадцать часов.

В первой подгруппе по истечении пятнадцати часов после обработки модельными концентрациями добавок были отобраны образцы толщиной, высотой и длиной 1,5 см. Батоны второй подгруппы после извлечения из термостата были заморожены при температуре -26 °C в течение 48 часов. Затем замороженные батоны были разморожены в термостате (BMT Friocell 55) при стационарной температуре 0 °C. Батоны третьей подгруппы по истечении пятнадцати часов были извлечены из термостата и нарезаны кольцами толщиной 1 см. Далее нарезанные кольца были обжарены в электросковородке Sakura при температуре 160 °C. Батоны четвертой подгруппы по истечении десяти часов были извлечены из термостата и подвержены процессу горячего копчения, который состоял из трех фаз: 90 °C в течение 30 минут; 100 °C в течение 30 минут; 120 °C в течение 60 минут. После температурной обработки

во второй, третьей и четвертой подгруппе были отобраны образцы толщиной, высотой и длиной 1,5 см.

В каждой подгруппе образцов аналитическими методами определялись текстурные параметры, а в первой подгруппе образцов также определялась и влагоудерживающая способность.

Текстурные параметры (твердость, упругость, когезия) определялись при помощи текстурометра TA.XT plus (Stable Micro Systems) инструментальным методом профильного анализа (Texture Profile Analysis – TPA). Для определения текстуры использовался цилиндрический зонд диаметром 50 мм (P/50).

Степень сжатия образцов составляла 65 % от их первоначальной высоты. Твердость определялась как максимальная величина первого пика при сжатии пробы.

Упругость определялась как отношение расстояния от начала движения зонда до достижения пикового значения измерений, при первом сжатии к расстоянию от начала движения зонда при втором сжатии до достижения им второй пиковой величины.

Когезия определялась как отношение площадей полученных измерительных кривых находящихся над осью абсцисс второго сжатия к первому.

Влагоудерживающая способность образцов определялась весовым методом Грау и Хамма (1956).

Каждое определение величин текстурных параметров и влагоудерживающей способности повторялось трижды.

Для определения степени влияния воздействующих факторов на величины текстурных параметров и влагоудерживающей способности реструктурированных образцов применялся многофакторный дисперсионный анализ. Для оценки значимости различий между средними величинами образцов в подгруппах применялся ранговый критерий Дункана.

Значение величин текстурных параметров и влагоудерживающей способности для всех групп образцов приведены в таблицах 1–2.

В результате статистического анализа было установлено, что влияние на все текстурные параметры и влагоудерживающую способность мышечной ткани карпа имеют все исследуемые факторы. Выявлено, что степень влияния факторов на твердость, упругость и когезию образцов уменьшается в следующей последовательности: исходное сырье – концентрация NaCl – концентрация МТГ – способ обработки. Показано, что степень влияние факторов на влагоудерживающую способность мышечной ткани уменьшается в следующей последовательности: исходное сырье – концентрация NaCl – концентрация МТГ (таблица 3).

Полученные данные свидетельствуют, что средние значения величин параметров твердости, упругости и когезии вне зависимости от термического способа обработки и концентраций NaCl и МТГ смесей из кусочков филе превосходят средние величины этих же параметров для смесей из фарша примерно в 1,7 раза. Данный факт может быть связан с тем, что при переработке мяса в фарш в процессе сепарации происходит значительное измельчение мышечных и соединительнотканых волокон, в результате чего полученный продукт имеет рыхлую консистенцию и, соответственно, более низкие средние величины текстурных параметров, чем в смесях из кусочков филе. Показано, что среднее значение величины влагоудерживающей способности вне зависимости от концентраций NaCl и МТГ для модельных смесей фарша превосходит этот же параметр для смесей филе в 1,4 раза.

Исследование влияния различных концентраций NaCl на текстурные параметры показало, что добавление NaCl в концентрации 10 г/кг в процессе приготовления реструктурированного продукта увеличивает значения твердости, когезии и упругости вне зависимости от исходного сырья, способа обработки и концентрации МТГ, конечного продукта в 1,8; 1,7 и 1,7 раза соответственно. При увеличении концентрации NaCl до 20 г/кг значение твердости, когезии и упругости модельных смесей увеличивается в 1,9; 1,8 и 1,8 раза соответственно. Однако следует отметить, что увеличение концентрации NaCl с 10 г/кг до 20 г/кг повысило твердость, когезию и упругость модельных смесей лишь в 1,06 раза. Полученные величины сопоставимы с результатами, полученными С.Дж. Телез-Луисам [1], для фарша из мяса бело-

го толстолобика (*Hypophthalmichthys molitrix*), где показано, что добавление NaCl в концентрации 10 г/кг увеличивает значения величин твердости, когезии и упругости примерно в 1,3; 1,2 и 1,3 раза соответственно. Исследование влияния фактора «концентрация NaCl» на влагоудерживающую способность мяса карпа показало, что повышение концентрации NaCl в процессе приготовления реструктурированного продукта увеличивает влагоудерживающую способность продукта. Причем добавление 10 г/кг NaCl увеличивает значение влагоудерживающей способности в 1,2 раза, дальнейшее же повышение концентрации NaCl до 20 г/кг увеличивает среднее значение влагоудерживающей способности до 1,37 %. Следует также отметить, что увеличение концентрации NaCl с 10 г/кг до 20 г/кг повысило исследуемый показатель в 1,13 раза.

Таблица 1 – Величины текстурных параметров и влагоудерживающей способности модельных смесей из кусочков филе карпа

Подгруппы	Концентрация NaCl, г/кг	Текстуальный параметр	Контрольные образцы	Концентрация МТГ, г/кг			
				5	10	15	
БО	0	Т	13,21±0,30	23,03±1,71	24,56±1,22	26,70±0,51	
		К	0,092±0,009	0,161±0,007	0,172±0,007	0,187±0,004	
		У	0,240±0,005	0,419±0,019	0,447±0,007	0,486±0,004	
		В	35,4±1,06	38,5±1,59	39,4±1,61	42,7±1,17	
	10	Т	–	31,04±0,15	43,07±0,25	47,01±0,08	
		К	–	0,217±0,011	0,301±0,005	0,320±0,005	
		У	–	0,565±0,006	0,784±0,047	0,831±0,010	
		В	–	44,9±1,82	50,1±2,76	52,3±0,88	
	20	Т	–	33,12±0,13	44,58±0,47	47,32±0,58	
		К	–	0,232±0,007	0,312±0,005	0,331±0,013	
		У	–	0,603±0,013	0,811±0,021	0,861±0,008	
		В	–	51,4±2,05	56,2±0,76	57,1±2,12	
З/Р	0	Т	12,71±0,32	19,53±1,12	21,37±0,31	24,21±0,22	
		К	0,129±0,004	0,137±0,003	0,150±0,005	0,169±0,006	
		У	0,335±0,004	0,356±0,005	0,389±0,006	0,441±0,006	
	10	Т	–	21,04±0,21	33,10±0,48	39,01±0,21	
		К	–	0,147±0,005	0,232±0,002	0,273±0,007	
		У	–	0,379±0,008	0,602±0,013	0,710±0,014	
	20	Т	–	24,07±0,22	37,08±0,11	39,82±0,20	
		К	–	0,168±0,007	0,248±0,010	0,279±0,007	
		У	–	0,438±0,004	0,646±0,011	0,725±0,006	
	О	0	Т	13,71±0,24	23,53±0,49	24,09±0,22	25,01±0,62
			К	0,133±0,003	0,165±0,003	0,169±0,004	0,175±0,001
			У	0,346±0,003	0,428±0,005	0,435±0,005	0,455±0,017
10		Т	–	29,65±0,22	45,40±0,16	48,01±0,49	
		К	–	0,208±0,005	0,318±0,003	0,326±0,006	
		У	–	0,540±0,002	0,826±0,003	0,849±0,019	
20		Т	–	32,54±0,42	47,04±0,21	51,52±0,19	
		К	–	0,228±0,005	0,329±0,007	0,357±0,011	
		У	–	0,592±0,005	0,856±0,007	0,921±0,006	
КП		0	Т	14,01±0,44	23,05±0,49	24,58±0,70	25,41±0,51
			К	0,136±0,004	0,161±0,006	0,172±0,015	0,178±0,005
			У	0,354±0,007	0,416±0,013	0,447±0,005	0,463±0,014
	10	Т	–	25,45±0,42	34,09±0,19	42,04±0,29	
		К	–	0,178±0,004	0,239±0,004	0,294±0,006	
		У	–	0,463±0,026	0,618±0,004	0,765±0,004	
	20	Т	–	27,10±0,28	41,07±0,10	43,02±0,23	
		К	–	0,190±0,007	0,287±0,004	0,301±0,005	
		У	–	0,493±0,005	0,747±0,008	0,783±0,003	

Примечание – БО – образцы без температурной обработки; З/Р – замороженные/размороженные; О – обжарка; КП – копчение; NaCl – концентрация соли (г/кг); МТГ – концентрация микробиологической трансглутаминазы (г/кг); Т – твердость (Н); К – когезия (безразмерная); У – упругость (безразмерная); В – влагоудерживающая способность (%).

Таблица 2 – Величины текстурных параметров и влагоудерживающей способности модельных смесей из фарша карпа

Подгруппы	Концентрация NaCl, г/кг	Текстурный параметр	Контрольные образцы	Концентрация МТГ, г/кг			
				5	10	15	
БО	0	Т	5,63±0,11	11,58±0,15	13,57±0,11	17,04±0,77	
		К	0,039±0,008	0,081±0,013	0,095±0,007	0,119±0,005	
		У	0,102±0,013	0,211±0,017	0,247±0,010	0,310±0,008	
		В	52,97±1,51	55,4±1,51	57,1±0,93	62,9±0,3	
	10	Т	–	19,58±0,21	23,06±0,49	24,57±0,13	
		К	–	0,137±0,006	0,161±0,009	0,172±0,004	
		У	–	0,356±0,008	0,420±0,011	0,447±0,020	
		В	–	64,4±1,03	67,3±2,05	77,5±2,09	
	20	Т	–	20,57±0,49	23,59±0,11	25,04±2,16	
		К	–	0,143±0,006	0,165±0,011	0,175±0,006	
		У	–	0,374±0,008	0,429±0,010	0,456±0,018	
		В	–	76,5±1,8	79,8±5,24	81,1±1,61	
З/Р	0	Т	4,95±0,05	9,56±0,48	12,06±0,43	13,38±0,47	
		К	0,035±0,003	0,067±0,003	0,084±0,003	0,094±0,008	
		У	0,090±0,009	0,174±0,008	0,219±0,018	0,244±0,012	
	10	Т	–	11,07±0,50	20,06±0,78	23,58±0,49	
		К	–	0,077±0,003	0,140±0,003	0,165±0,006	
		У	–	0,201±0,005	0,365±0,026	0,429±0,012	
	20	Т	–	12,08±0,27	23,09±0,25	24,28±0,25	
		К	–	0,085±0,009	0,163±0,006	0,170±0,006	
		У	–	0,220±0,006	0,420±0,011	0,442±0,008	
	О	0	Т	6,52±0,01	12,08±0,31	14,10±0,21	19,98±3,43
			К	0,046±0,006	0,085±0,013	0,099±0,006	0,140±0,003
			У	0,119±0,009	0,220±0,003	0,257±0,010	0,364±0,009
10		Т	–	20,05±0,10	25,07±0,20	26,07±0,45	
		К	–	0,140±0,005	0,175±0,014	0,183±0,004	
		У	–	0,365±0,007	0,456±0,015	0,475±0,006	
20		Т	–	21,07±0,60	25,58±0,25	26,59±0,24	
		К	–	0,147±0,006	0,179±0,006	0,186±0,006	
		У	–	0,383±0,012	0,466±0,009	0,484±0,012	
КП		0	Т	5,83±0,01	11,79±0,10	15,07±0,39	17,98±1,50
			К	0,041±0,003	0,083±0,009	0,106±0,011	0,126±0,002
			У	0,106±0,009	0,215±0,009	0,274±0,011	0,327±0,008
	10	Т	–	15,58±0,12	23,24±0,16	25,08±0,19	
		К	–	0,109±0,003	0,163±0,007	0,176±0,005	
		У	–	0,284±0,008	0,423±0,005	0,456±0,013	
	20	Т	–	20,78±0,26	23,78±0,46	25,80±0,22	
		К	–	0,145±0,003	0,166±0,006	0,178±0,009	
		У	–	0,378±0,003	0,433±0,009	0,463±0,015	

Примечание – БО – образцы без температурной обработки; З/Р – замороженные/размороженные; О – обжарка; КП – копчение; NaCl – концентрация соли (г/кг); МТГ – концентрация микробиологической транслутаминазы (г/кг); Т – твердость (Н); К – когезия (безразмерная); У – упругость (безразмерная); В – влагоудерживающая способность (%)

В результате исследований было выявлено, что добавление МТГ в концентрации 10 г/кг в процессе приготовления реструктурированного продукта повысило величину твердости, когезии и упругости в 1,3 раза по сравнению с использованием концентрации 5 г/кг. Увеличение же концентрации МТГ с 10 г/кг до 15 г/кг повысило значение твердости, когезии и упругости исследуемого параметра в 1,1 раза. Результаты исследований согласуются с данными Р.М. Урести (2003), полученными при изучении влияния различных концентраций МТГ на текстуру реструктурированного продукта из мяса камбалы [4]. Выявлено, что добавление

МТГ в концентрации 10 г/кг в процессе приготовления реструктурированного продукта увеличивает среднюю величину влагоудерживающей способности 1,05 по сравнению с использованием концентрации 5 г/кг.

Таблица 3 – Первичный анализ полученных значений текстурных параметров и величин влагоудерживающей способности при помощи многофакторного дисперсионного анализа (P<0,05)

Ф	Твердость			Когезия			Упругость			Влагоудерживающая способность		
	MS	F	p	MS	F	p	MS	F	p	MS	F	p
1	1020071	22280,8	0,00	0,4	10513,0	0,00	3,3	22080,7	0,00	5961	1458,9	0,0
2	38269	835,9	0,00	0,01	400	0,00	0,1	840,1	0,00	–	–	–
3	298611	6522,4	0,00	0,1	3074,3	0,00	0,9	6487,2	0,00	1417	346,9	0,0
4	174495	3811,4	0,00	0,08	1787,1	0,00	0,5	3761,1	0,00	227	55,6	0,0

Примечание – Ф – исследуемый фактор; 1 – исходное сырье; 2 – способ обработки; 3 – концентрация NaCl; 4 – концентрация МТГ; MS – средние квадраты; F – критерий Фишера.

Увеличение же концентрации МТГ до 15 г/кг повысило величину исследуемого параметра в 1,12 раза по сравнению с концентрацией 5 г/кг, разница величины влагоудерживающей способности между концентрациями 15 и 10 мг/кг составляет 3,8 %, т.е. в 1,06 раза.

Показано, что фактор «способ обработки» имеет наименьшее влияние на степень увеличения исследуемых текстурных параметров. Статистический анализ при помощи рангового критерия Дункана средних значений текстурных параметров образцов обработанных модельными смесями добавок в четырех подгруппах выявил, что различия между ними не являются статистически значимыми. Однако следует отметить, что различия между средними значениями текстурных параметров контрольных образцов и образцов, обработанных модельными смесями добавок, в четырех подгруппах является статистически значимыми. Превышение во всех четырех подгруппах значений твердости, когезии и упругости образцов обработанных модельными смесями добавок над средними величинами контрольных образцов составляет в среднем 2,7 раза.

С целью статистического анализа влияния различных концентраций добавок на текстурные параметры и влагоудерживающую способность образцов проводился апостериорный анализ с применением рангового критерия Дункана. Показано, что для образцов группы проб «кусочки филе» увеличение концентрации МТГ без добавления NaCl является неэффективным, т.е. не ведет к значимому статистическому отличию в величинах текстурных параметров (таблица 4).

Таблица 4 – Оценка различий между средними значениями текстурных параметров и величин влагоудерживающей способности исследуемых модельных смесей кусочков филе (P<0,05)

Фактор		Твердость, Н	Когезия	Упругость	Влагоудерживающая способность, %
NaCl, г/кг	МТГ, г/кг				
0	0	13,4±0,59 <sup>a</sup>	0,123±0,019 <sup>a</sup>	0,319±0,048 <sup>a</sup>	35,4±1,1 <sup>a</sup>
0	5	22,3±1,9 <sup>b</sup>	0,156±0,012 <sup>b</sup>	0,405±0,032 <sup>b</sup>	38,5±1,6 <sup>a</sup>
0	10	23,7±1,5 <sup>bc</sup>	0,166±0,012 <sup>bc</sup>	0,429±0,025 <sup>b</sup>	39,4±1,6 <sup>a</sup>
0	15	25,3±1,0 <sup>bc</sup>	0,177±0,008 <sup>bc</sup>	0,461±0,02 <sup>bc</sup>	42,7±1,2 <sup>b</sup>
10	5	26,8±4,1 <sup>cd</sup>	0,188±0,029 <sup>cd</sup>	0,487±0,077 <sup>cd</sup>	44,9±1,8 <sup>b</sup>
20	5	29,2±4,0 <sup>d</sup>	0,205±0,029 <sup>d</sup>	0,531±0,072 <sup>d</sup>	51,4±2,1 <sup>c</sup>
10	10	38,9±5,6 <sup>e</sup>	0,273±0,039 <sup>e</sup>	0,707±0,105 <sup>e</sup>	50,1±2,8 <sup>c</sup>
20	10	42,4±3,9 <sup>f</sup>	0,294±0,032 <sup>f</sup>	0,765±0,083 <sup>f</sup>	56,2±0,8 <sup>d</sup>
10	15	44,0±3,8 <sup>f</sup>	0,303±0,023 <sup>fg</sup>	0,789±0,059 <sup>fg</sup>	52,3±0,9 <sup>c</sup>
20	15	45,4±4,6 <sup>f</sup>	0,317±0,032 <sup>g</sup>	0,822±0,078 <sup>g</sup>	57,1±2,1 <sup>d</sup>

Для образцов группы «фарш» увеличение концентрации МТГ без добавления NaCl приводит к статистически значимому росту величин текстурных параметров, вероятно благодаря

тому, что в фарше доступность белков выше, чем в мясе, что способствует образованию большего количества ковалентных связей (таблица 5). Полученный результат находит подтверждение в зарубежных работах, где проводились исследования по изучению воздействия различных концентраций препарата «АКТИВА» и соли на текстурные параметры сурими из кефали [5].

Таблица 5 – Оценка различий между средними значениями текстурных параметров и величин влагоудерживающей способности исследуемых модельных смесей фарша ( $P < 0,05$ )

Фактор		Твердость, Н	Когезия	Упругость	Влагоудерживающая способность, %
NaCl, г/кг	МТГ, г/кг				
0	0	5,7±0,6 <sup>a</sup>	0,04±0,006 <sup>a</sup>	0,104±0,014 <sup>a</sup>	53±1,5 <sup>a</sup>
0	5	11,3±1,1 <sup>b</sup>	0,079±0,012 <sup>b</sup>	0,205±0,021 <sup>b</sup>	55,4±1,5 <sup>a</sup>
0	10	13,7±1,2 <sup>c</sup>	0,096±0,01 <sup>c</sup>	0,249±0,023 <sup>c</sup>	57,1±0,9 <sup>a</sup>
0	15	17,1±3,0 <sup>de</sup>	0,12±0,018 <sup>de</sup>	0,311±0,046 <sup>de</sup>	62,9±0,3 <sup>b</sup>
10	5	16,6±3,8 <sup>d</sup>	0,116±0,027 <sup>d</sup>	0,301±0,069 <sup>d</sup>	64,4±1,0 <sup>bc</sup>
20	5	18,6±4,0 <sup>c</sup>	0,13±0,028 <sup>c</sup>	0,339±0,071 <sup>e</sup>	76,5±1,8 <sup>d</sup>
10	10	22,9±1,9 <sup>f</sup>	0,16±0,015 <sup>f</sup>	0,416±0,037 <sup>f</sup>	67,3±2,0 <sup>c</sup>
20	10	24,0±1,0 <sup>fg</sup>	0,168±0,009 <sup>fg</sup>	0,437±0,02 <sup>ef</sup>	79,8±5,2 <sup>de</sup>
10	15	24,8±1,0 <sup>fg</sup>	0,174±0,008 <sup>g</sup>	0,452±0,021 <sup>g</sup>	77,5±2,1 <sup>de</sup>
20	15	25,4±1,3 <sup>g</sup>	0,177±0,009 <sup>g</sup>	0,461±0,02 <sup>g</sup>	81,1±1,6 <sup>e</sup>

Результаты апостериорного анализа показали, что в группах образцов «кусочки филе» и «фарш» без добавления NaCl средние величины влагоудерживающей способности не имеют достоверных различий. Анализируя также данные апостериорного анализа следует отметить, что при использовании концентрации NaCl 20 г/кг повышение концентрации МТГ с 5 до 15 г/кг не имеет выразительного влияния на влагоудерживающую способность мяса карпа.

### Заключение

Выявлено, что наибольшее влияние на повышение величин твердости, когезии и упругости модельных смесей оказывает подготовка исходного сырья, затем концентрация NaCl, далее концентрация микробиологической трансглутаминазы и наименьшее – способ обработки. Показано, что на повышение влагоудерживающей способности влияет в первую очередь подготовка исходного сырья, далее концентрация NaCl и наименьшее значение имеет концентрация микробиологической трансглутаминазы. Установлено заметное улучшение текстуры и влагоудерживающей способности мяса после добавления микробиологической трансглутаминазы совместно с NaCl, причем с экономической стороны, наилучшей комбинацией является 10 г/кг микробиологической трансглутаминазы и 10 г/кг NaCl. Дальнейшее увеличение концентраций микробиологической трансглутаминазы и NaCl уже не приводит к значительному улучшению качественных параметров.

### Литература

- 1 Téllez-Luis, S. Low-salt restructured fish products using microbial transglutaminase as binding agent / S. Téllez-Luis, R.M. Uresti, J.A. Ramírez, M. Vázquez // Journal of the Science of Food and Agriculture. – 2002. – 82(9). – P. 953–959.
- 2 Kuraishi, C. Production of restructured meat using microbial transglutaminase without salt or cooking / C. Kuraishi, J. Sakamoto, K. Yamazaki, Y. Susa, C. Kuhara // Journal Food Science. – 1997. – 62. – P. 488–490.
- 3 Gómez-Guillen, C. Influence of added salt and non-muscle proteins on the rheology and ultrastructure of gels made from minced flesh of sardine (*Sardina pilchardus*) / C. Gómez-Guillen, T. Solas, P. Montero // Food Chemistry. – 1997. – Vol. 58. – P. 193–202.
- 4 Uresti, R.M. Negative effect of combining microbial transglutaminase with low methoxyl pectins on the mechanical properties and colour attributes of fish gels / R.M. Uresti, J.A. Ramírez, N. López-Arias, M. Vázquez // Food Chemistry – 2002. – vol. 82 – P. 953–959.
- 5 Ramírez, J.A. Using salt and microbial transglutaminase as binding agents in restructured fish products resembling hams / R.M. Uresti, R. Tellez, M. Vázquez // Food Engineering and Physical Properties – 2002. – vol. 67(5) – P. 1778 – 1784.