

Научная статья
УДК 664.95 (06)
DOI 10.46845/1997-3071-2022-65-37-51

Влияние добавки рыбного коллагенового волокна на качественные показателипельменного теста

Виктор Иванович Воробьев¹, Ольга Павловна Чернега², Алена Викторовна Садовая³

^{1,2,3}Калининградский государственный технический университет, Калининград, Россия

¹viktor.vorobev@klgtu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8209-7851>

²olga.chernega@klgtu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4150-2731>

³alenasadovaia@mail.ru

Аннотация. Исследована возможность применения фракции коллагенового волокна (ФКВ), полученной из рыбьей чешуи, в качестве добавки в тестовуюпельменную оболочку на основе пшеничной муки. Представлен общий химический состав (включая кальций и фосфор) внесенной добавки, произведенной из чешуи судака и сазана, где содержание влаги – 5,1 %; белка – 76,3; жира – 1,4; общей золы – 17,2; кальция – 5,1; фосфора – 3,9 %. Получены опытные образцы теста с добавлением различных концентраций (1, 2, 4, 6, 8, 10 %) ФКВ, из которых были приготовлены тестовыепельменные оболочки, заложенные на хранение при температуре минус 18 °С в течение 2 мес. Определено, что с добавкой ФКВ они имели повышенную массовую долю влаги по сравнению с контролем (без добавки) до варки и меньший прирост массы после нее (в интервале внесения добавки в тесто от 1 до 8 %). Отмечено, что с увеличением массовой доли добавки ФКВ, %, в тестовойпельменной оболочке увеличивался массовый выход вареного изделия. Выявлено, что включение ФКВ в рецептуру тестовойпельменной оболочки в количестве 2–3 % является оптимальным. Изготовлены опытные образцыпельменей с начинкой из минтая с добавками ФКВ в тесто в количестве 2 и 3 % и определен общий химический состав вареной тестовой оболочки и готового продукта. Установлено, что при варке в водепельмени с добавками ФКВ имели меньший прирост массы по сравнению с контролем, а их внесение в тестовуюпельменную оболочку способствовало улучшению органолептических показателей последней (насыщенному вкусу и мягкой текстуре), а также увеличению массовой доли белка в оболочке.

Ключевые слова: фракция коллагенового волокна, рыбья чешуя, рыбныепельмени, тестоваяпельменная оболочка

Для цитирования: Воробьев В. И., Чернега О. П., Садовая Е. В. Влияние добавки рыбного коллагенового волокна на качественные показателипельменноготеста // Известия КГТУ. 2022. № 65. С. 37–51.

Original article

Influence of a fish collagen fiber additive on the qualitative indicators of wheat dumpling dough

Viktor I. Vorobyov¹, Ol'ga P. Chernega², Alyona V. Sadovaya³

^{1,2,3}Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia

¹viktor.vorobev @klgtu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8209-7851>

²olga.chernega@klgtu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4150-2731>

³alenasadovaia@mail.ru

Abstract. A possibility of using a collagen fiber fraction (CFF) obtained from fish scales as an additive in the test dumpling shell (based on wheat flour) has been studied. General chemical composition (including calcium and phosphorus) of the additive obtained from pikeperch and carp scales is presented, where the content of moisture is 5.1 %; protein – 76.3 %; fat – 1.4 %; total ash – 17.2 %; calcium – 5.1 %, and phosphorus – 3.9 %. Test samples have been obtained, with the addition of various concentrations (1 %, 2 %, 4 %, 6 %, 8 %, 10 %) of CFF, from which test dumplings have been prepared, stored at 18 deg C for 2 months. It has been found that the test dumpling shells with the addition of CFF had an increased mass fraction of moisture compared to the control (without additive) before cooking and a smaller weight gain after cooking (in the range of adding the additive to the dough from 1 to 8 %). It has been noted that with an increase in the mass fraction of the CFF additive in the test dumpling shell, the mass yield of the boiled product increases. It has been found that inclusion of CFF in the recipe of the test dumpling shell in the amount of 2–3 % is optimal. Experimental samples of dumplings stuffed with pollock with CFF additives in the dough in an amount of 2 % and 3 % have been made, and the general chemical composition of the boiled test shell and the finished product has been determined. It was found that when cooking in water, dumplings with CFF additives also had a smaller weight gain compared to the control. Addition of CFF to the test dumpling shell contributed to the improvement of its organoleptic characteristics (rich taste and soft texture), as well as to an increase in the mass fraction of protein in the casing.

Keywords: collagen fiber fraction, fish scales, fish dumplings, test dumpling shell

For citation: Vorobyov V. I., Chernega O. P., Sadovaya E. V. Influence of a fish collagen fiber additive on the quality indicators of dumpling dough. *Izvestiya KGTU = KSTU News*. 2022;(65):37–51. (In Russ.).

ВВЕДЕНИЕ

Пшеничная мука – один из основных компонентов продуктов питания человека. Она является низкобелковой (8–15 % белка от общей массы зерна) растительной пищей, основную массу которой составляют крахмалы и другие полисахариды. Потребность человека в белках находится в пределах 80–125 г в сутки, поэтому в настоящее время наметилась тенденция по обогащению пшеничной муки различными белковыми добавками растительного (соя, горох, люпин) и животного (альбумин, коллаген и его гидролизаты, белки молочной сыворотки и др.)

происхождения [1–4]. Необходимость обогащения добавками также связана со снижением массовой доли основного белка пшеницы глютена (80–90 % от общей массы белков зерна) ввиду его непереносимости (энтеропатия, целиакия), вызывающей серьезное повреждение оболочки тонкой кишки, дифференцированное воспаление, диарею, боль в животе, потерю веса (от этого страдает 1 % населения планеты) [5]. Данный факт способствовал развитию нового направления получения продуктов питания без глютена.

Обогащение пшеничной муки (теста) белком не только улучшает его усвоение, но и компенсирует дефицит некоторых лимитирующих аминокислот в муке. Кроме того, известно, что пептиды коллагена подавляют рост кристаллов при хранении теста при низких температурах, снижая тем самым риск ухудшения его качества [6]. В настоящее время увеличивается спрос на применение коллагеновых добавок в кондитерском производстве (печенье, кексы, коллагеновые батончики, пицца, бисквитное, песочное и заварное тесто), способствующих созданию пористой структуры, большего объема и нежного вкуса получаемых изделий [7].

В качестве источника белка рекомендуется использовать волокнообразную фракцию коллагена, полученную из рыбьей чешуи, являющейся дешевым сырьем. Предложенная коллагеновая рыбная добавка может существенно повлиять на реологические характеристики теста из пшеничной муки, а следовательно, и на параметры всего технологического процесса приготавливаемого продукта.

Целью настоящей работы явилось обоснование возможности использования волокнообразной фракции коллагена, произведенной из чешуи рыб, в тестовой оболочке при производстве рыбных пельменей мороженых.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для исследований являлись фракция коллагенового волокна (ФКВ), полученного из чешуи рыб, тестовая пельменная оболочка на основе пшеничной муки, пельмени рыбные с начинкой из минтая. Эксперименты проводились в лабораториях кафедр продуктов питания и органической химии КГТУ (г. Калининград), а также в сертифицированной испытательной лаборатории ООО «Калининградский испытательный центр». Общий химический анализ образцов осуществлялся в соответствии с нормативной документацией: ГОСТ 7636-85, п. 3.3.1 – Определение массовой доли влаги, ГОСТ 7636-85, п. 3.7.2 – Определение массовой доли жира, ГОСТ 7636-85, п. 8.9.1 – Определение массовой доли белка, ГОСТ 7636-85, п. 11.6 – Определение массовой доли золы. Для определения кальция применялась атомно-абсорбционная спектрометрия, для фосфора – спектрофотометрия с молибденово-кислым аммонием в присутствии гидрохинона и сульфата натрия.

Использовали рецептуру фарша согласно ТИ к ОСТ 15–495-98 «Кулинарные изделия. Пельмени рыбные мороженые», а также теста согласно ТИ по производству полуфабрикатов замороженных 2002 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Глютен (пшеничная клейковина, панифарин) представляет собой высокоэластичную массу, оставшуюся после удаления из муки крахмала и других полисахаридов и складывающуюся из двух основных белковых фракций – глиадинов и

глютенинов. Эластичность теста определяется свойствами глютенинов, состоящих из двух фракций – высокомолекулярной (600–800 аминокислот) и низкомолекулярной (около 300 аминокислот). Глиадины повышают вязкость клейковины, не влияя на эластичность продукта. Гидратация и замешивание клейковины способствуют высокой эластичности и деформационному упрочнению получаемой когезивной массы (теста) [8]. Образование прочной белковой сети благодаря глютину предотвращает распад макаронных изделий при приготовлении, а при его отсутствии тесто получается жидким, что становится причиной крошащейся текстуры, нехарактерного цвета и недостаточно хорошего качества изделий после выпечки. Отмеченное является одной из основных проблем получения безглютенового хлеба.

Внесение различных добавок в тесто может привести к снижению эластичности и ухудшению его реологических свойств (уменьшению поглощения воды, изменению вязкости, упругости и растяжимости, увеличению времени выдержки и др.) [8–10]. Известно, что применение гидролизованного коллагена (2–30 кДа) с концентрацией от 1 до 5 %, полученного из предварительно декальцинированной (HCl) и деминерализованной (Ca(OH)₂) чешуи тиляпии с последующим ферментативным гидролизом (алкалаза и папаин), используется в качестве добавки при получении хлеба. Внесение пептидов коллагена (оптимальная концентрация 3 %) способствовало улучшению влагоудерживающей способности хлеба, увеличению его объема и замедлению процесса черствения при хранении [11].

Определено, что волокнообразный (высокомолекулярный) коллаген, полученный из бычьей кожи, обладает лучшими влагоудерживающими характеристиками по сравнению с порошковым, при этом обоим присущи лучшие физико-химические свойства (в том числе водоудерживающие) по сравнению с гидролизованным коллагеном и желатином [12]. Поэтому представляет интерес определение влияния волокнообразной фракции рыбного коллагена на реологические показатели получаемого пшеничного теста и качества готовой продукции.

ФКВ получали в лабораторных условиях из чешуи рыб (сазана, судака) по ранее разработанной технологии (находится в стадии патентования) [13]. Общий химический состав ФКВ представлен в табл. 1.

Таблица 1. Общий химический состав ФКВ из чешуи рыб (сазана, судака)
Table 1. General chemical composition of the collagen fiber fraction from fish scales (carp, zander)

Массовая доля, %				Массовая доля в составе золы, %	
влага	белок	жир	зола	кальций	фосфор
5,1	76,3	1,4	17,2	5,1	3,9

Как видно из табл. 1, ФКВ имеет высокую массовую долю белка (76,3 %). Ее внешний вид представлен на рис. 1.



Рис. 1. Внешний вид ФКВ из чешуи рыб
Fig. 1. Appearance of the collagen fiber fraction from fish scales

При приготовлении теста для полуфабрикатов, замороженных в тестовой оболочке, была использована рецептура согласно табл. 2.

Таблица 2. Рецептура теста для полуфабрикатов, замороженных в тестовой оболочке, кг

Table 2. Dough recipe for frozen semi-finished products in a dough shell (50 and 100 kg)

Наименование сырья и материалов	Количество	
	на 50 кг	на 100 кг
Мука	37,00	74,00
Яйцо	2,50	5,00
Соль	0,54	1,08
Вода	9,96	19,92
Итого	50,00	100,00

На основе указанной рецептуры изготовлены опытные образцы теста массой 200 г с добавлением различных концентраций (1, 2, 4, 6, 8, 10 %) ФКВ. В качестве контрольного образца использовалось тесто без внесения добавки ФКВ. Внешний вид опытных образцов теста для оболочек пельменей с добавлением различных концентраций (контроль, 1, 2, 4, 6, 8, 10 %) ФКВ представлен на рис. 2.

Как видно из рис. 2, опытные образцы теста для оболочек пельменей с добавлением 6 % ФКВ и более имеют повышенную липкость, не поддаются резанию, у них отсутствует эластичность. Данные виды теста не обладают всеми необходимыми качествами для надежности изделий как при ручном, так и при машинном способе их изготовления.



Рис. 2. Внешний вид опытных образцов теста для оболочек пельменей с добавлением различных концентраций (контроль, 1, 2, 4, 6, 8, 10 %) ФКВ (справа налево)

Fig. 2. Appearance of test samples for pelmeni casings with addition of various concentrations (control, 1, 2, 4, 6, 8, 10 %) of CAF (from right to left)

Из опытных образцов были сделаны образцы тестовых оболочек пельменей с последующей их закладкой на хранение в течение 2 мес. при минус 18 °С в холодильнике. Внешний вид последних представлен на рис. 3.



Рис. 3. Внешний вид образцов тестовых оболочек пельменей после 2 мес. хранения при минус 18 °С

Fig. 3. Appearance of samples of test shells of dumplings after 2 months of storage at minus 18 °С

После 2 мес. хранения определяли массовую долю влаги в образцах и их массу до и после варки. Результаты исследований приведены в табл. 3.

Таблица 3. Массовая доля влаги в опытных образцах тестовых оболочек пельменей, а также их масса до и после варки

Table 3. Mass fraction of moisture in the experimental samples of test shells of dumplings, as well as their mass before and after cooking

Номер образца	ФКВ, % внесения от массы полу- фабриката	Массовая доля вла- ги, %	Масса до вар- ки, г	Масса после варки, г	Масса после варки, %	Увеличение массы по- сле варки, г
Контроль	0	23,70	12,46	14,89	119,5	2,43
1	1	28,10	15,09	16,10	106,6	1,01
2	2	28,83	13,64	15,13	110,9	1,49
3	4	29,25	14,01	15,61	111,4	1,60
4	6	31,40	14,78	16,59	112,2	1,81
5	8	37,25	14,05	16,66	118,5	2,61
6	10	38,00	12,43	16,24	130,6	3,81

Как видно из табл. 3, опытные образцы тестовых оболочек пельменей имели повышенную массовую долю влаги по сравнению с контролем до варки и меньший прирост массы после нее (в интервале внесения добавки ФКВ в тесто от 1 до 8 %), при этом с увеличением процента внесения ФКВ увеличивался прирост массы вареного изделия, что, вероятно, связано с образованием структуры (сетки) термического гидролиза коллагена в продукте.

На основе полученных данных были выработаны опытные партии рыбных пельменей (начинка) согласно рецептуре, приведенной в табл. 4.

Таблица 4. Рецепт приготовления начинки на 100 кг мороженных пельменей

Table 4. Recipe for filling of 100 kg of frozen dumplings

Наименование компонента	Масса, кг
Фарш минтая	42,20
Лук свежий	8,20
Чеснок свежий измельченный	0,50
Масло сливочное	2,00
Масло подсолнечное	2,20
Яйца куриные пищевые	1,60
Перец черный молотый	0,10
Соль поваренная пищевая	0,50
Итого	57,30

Технологическая схема производства пельменей с коллагеновой добавкой представлена на рис. 4.

Рецептура пельменного теста (контроль) была скорректирована с учетом влажности муки. На 100 г теста потребовалось 64,30 г муки, 4,34 г яиц, 30,42 г воды и 0,94 г соли.

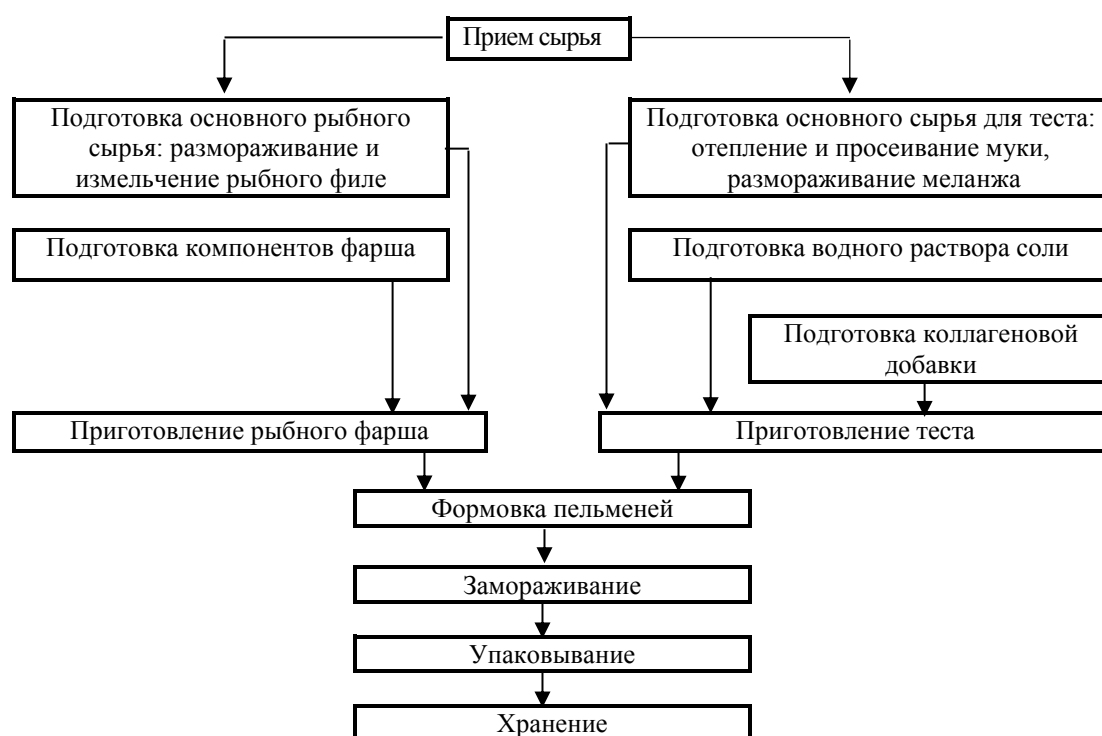


Рис. 4. Схема технологического процесса изготовления рыбныхпельменей мороженных

Fig. 4. Process flow chart of the manufacture of frozen fish dumplings

Опытные образцы теста дляпельменей были изготовлены с внесением 2, 3 и 4 % добавки ФКВ, исходя из вышеприведенных данных. Рецептуры теста с учетом корректировки по влажности муки приведены в табл. 5.

Таблица 5. Рецептуры опытных образцовпельменного теста с добавками ФКВ
Table 5. Recipes of experimental samples of dumpling dough, with CFF additives

Наименование компонентов	Масса, г		
	2 % добавки	3 % добавки	4 % добавки
Мука	257,2	257,2	257,2
Яйцо	17,36	17,36	17,36
Вода	121,68	121,68	121,68
Соль	3,76	3,76	3,76
Итого	400,0	400,0	400,0
Добавка (вода+добавка)	31,2	46,8	62,4
Выход	431,2	446,8	462,4

По рецептурам, представленным в табл. 5, были приготовлены опытные образцы теста (рис. 5).



Рис. 5. Внешний вид образцов замеса теста контрольной и опытных рецептов
Fig. 5. Appearance of dough samples of control and experimental recipes

Для получения пельменей все образцы теста раскатывали равномерно по толщине (рис. 6).

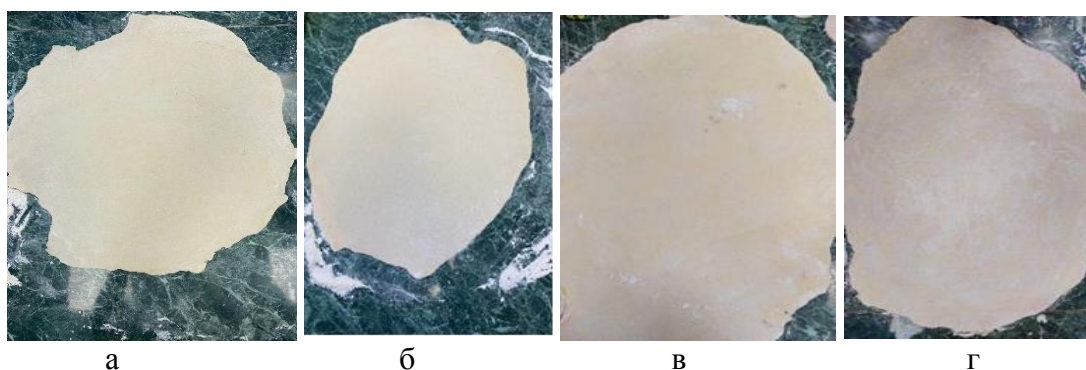


Рис. 6. Раскатанные образцы теста: а – контроль; б – 2 % ФКВ; в – 3 % ФКВ;
г – 4 % ФКВ

Fig. 6. Rolled dough samples: a – control; b – 2 % CFF; c – 3 % CFF; d – 4 % CFF

Из рис. 6 видно, что с увеличением добавки ФКВ происходило изменение цвета теста (со светло-желтого на серый).

Из раскатанного теста и фарша минтая приготавливали пельмени с соотношением массы тестовой оболочки и начинки 50:50. Общая масса одного пельменного изделия составляла 12 г.

Одна часть пельменей была заморожена для физико-химических исследований, а другая – термически обработана варкой в течение 8–9 мин.

Результаты термической обработки опытных образцов партий пельменей с различной концентрацией добавки ФКВ на массовый выход готовой продукции показаны в табл. 6.

Таблица 6. Влияние термической обработки опытных образцов партийпельменей с различной концентрацией добавки ФКВ на массовый выход готовой продукции
Table 6. Influence of heat treatment of test samples of batches of dumplings with different concentrations of CFF additives on the mass yield of finished products

Добавка ФКВ, %	Масса пельменей			
	до варки, г	после варки, г	прирост массы	
			г	%
0 (контроль)	200	271	71,0	35,5
2	288	339	51,0	17,7
3	326	390	64,0	19,6
4	252	308	56,0	22,2

Из табл. 6 видно, что пельмени с добавкой ФКВ до 4 % имеют меньший прирост массы после варки по сравнению с контролем.

Внешний вид образцов вареных пельменей с добавкой ФКВ в тестовую оболочку изображен на рис. 7.



Рис. 7. Внешний вид образцов вареных пельменей с добавкой ФКВ в тестовую оболочку в количестве 2, 3 и 4 % (слева направо), включая контрольный образец без добавки (первый слева)

Fig. 7. Appearance of samples of boiled dumplings with the addition of FCF in the test casing in the amount of 2, 3 and 4 % (from left to right) including control sample without additive (first from left)

Оценку комплексных органолептических показателей контрольных и опытных образцов готовых изделий проводили по 5-балльной шкале, отмечая форму изделия, его целостность, вкус, запах и сочетание вкусовых, обонятельных и осязательных ощущений (флейвор), а при оценке пельменной оболочки – ее консистенцию, цвет, вкус и запах.

Органолептическая оценка контрольной и опытных образцов готовой продукции показала следующее:

– контроль: пельмени после варки были целыми, имели плоскую форму. При пережевывании вкус ненасыщенный. Тесто тонкое, по консистенции жестковатое, упругое. Вкус и запах, свойственные вареному тесту. Цвет теста светло-желтоватый, присущий данному виду готовой продукции. Вкус, запах начинки, присущие вкусу минтая. Флейвор, характерный для данного вида продукции, ощущается слабо;

— с добавлением 2 % ФКВ пельмени после варки оставались целыми, сохранившими объемную форму, тесто было более толстым, чем у контроля. При пережевывании вкус пельменей насыщенный. По консистенции тесто более нежное, чем у контроля, вкус и запах, свойственные вареному тесту, цвет светло-желтоватый, характерный для данного вида готовой продукции. Вкус и запах начинки, присущие вкусу минтая. Флейвор, свойственный данному виду продукции, ощущается явно;

— с добавлением 3 % ФКВ пельмени после варки были целыми, сохранили объемную форму, тесто более толстое, чем у контроля. При пережевывании вкус пельменей яркий и насыщенный. По консистенции тесто нежнее, чем у контроля, вкус и запах, характерные для вареного теста, цвет светло-желтоватый, присущий данному виду готовой продукции. Вкус и запах начинки, свойственные вкусу минтая. Флейвор, характерный для данного вида продукции, ощущается явно;

— с добавлением 4 % ФКВ пельмени после варки оставались целыми, сохранили объемную форму, тесто было более толстым, чем у контроля. При пережевывании вкус пельменей более яркий и насыщенный, чем в других образцах. По консистенции тесто нежнее, чем у контроля, вкус и запах, присущие вареному тесту, цвет сероватый. Вкус и запах начинки, характерные для вкуса минтая. Флейвор, свойственный данному виду продукции, ощущается явно.

Профилограмма органолептической оценки образцов рыбных пельменей изображена на рис. 8.



Рис. 8. Органолептическая оценка образцов рыбных пельменей
Fig. 8. Organoleptic evaluation of samples of fish dumpling

Ввиду плохой формуемости тестовой оболочки с добавлением 4 % ФКВ и образования бахромы по краям круга при резке оболочки химический анализ данного образца не проводили.

Общий химический состав тестовой оболочки с добавками ФКВ (2 и 3 %) и мороженых пельменей с начинкой из минтая представлен в табл. 7.

Таблица 7. Общий химический состав тестовой оболочки с добавками ФКВ (2 и 3 %), включая контроль (без добавки), и мороженных пельменей с начинкой из минтая

Table 7. General chemical composition of the boiled test shell with CFF additives (2 % and 3 %) including control (without additive) and ready-made dumplings stuffed with pollock

Массовая доля определяемого показателя, %	Пельмени с добавлением ФКВ в тестовую оболочку		
	0 (контроль)	2 %	3 %
В тестовой оболочке			
Вода	42,2±0,3	45,8±0,3	45,0±0,3
Жир	1,4 ±0,5	1,3±0,5	1,4±0,5
Белок	8,7 ±0,2	9,6±0,2	10,5±0,2
Зола	1,409±0,009	1,374±0,009	1,337±0,009
В готовом продукте			
Вода	56,3±0,7	55,6±0,7	57,0±0,7
Жир	3,7±0,7	3,4±0,7	4,8±0,7
Белок	11,0±0,3	10,8±0,3	12,0±0,3
Зола	1,7±0,01	1,61±0,01	1,63±0,01

Из табл. 7 видно, что при добавлении ФКВ увеличивается массовая доля белка как в тестовой оболочке, так и в готовых пельменях, а внесение добавки ФКВ в тестовую оболочку при производстве рыбных пельменей в количестве 2–3 % является оптимальным.

ВЫВОДЫ

1. Образцы тестовых оболочек пельменей (на основе пшеничной муки) с добавкой ФКВ имели повышенную массовую долю влаги по сравнению с контролем до варки и меньший прирост массы после варки (в интервале внесения добавки в тесто от 1 до 8 %).

2. С увеличением массовой доли добавки ФКВ в тестовой пельменной оболочке увеличивался массовый выход вареного изделия.

3. Добавка ФКВ в тестовую пельменную оболочку способствовала улучшению ее органолептических показателей (насыщенный вкус и мягкая текстура), а также увеличению массовой доли белка.

4. Включение ФКВ в рецептуру тестовой пельменной оболочки на основе пшеничной муки в количестве 2–3 % является оптимальным.

5. ФКВ – перспективный компонент рецептуры тестовых изделий как высокобелковая добавка (76,3 %) ввиду ее получения из дешевого (бросового) сырья – рыбьей чешуи.

Список источников

1. Yu W., Xu D., Li D., Guo L., Su X., Zhang, Y., ... & Xu X. Effect of pigskin-originated gelatin on properties of wheat flour dough and bread // *Food Hydrocolloids*, 2019, vol. 94, pp. 183–190. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.03.016>.
2. Kumar A., Elavarasan K., Hanjabam M. D., Binsi P. K., Mohan C. O., Zynudheen A. A., & Kumar A. Marine collagen peptide as a fortificant for biscuit: Effects on biscuit attributes // *LWT – Food Science and Technology*, 2019, vol. 109, pp. 450–456. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.04.052>.
3. Csapó J., Schobert N. Production of a high–nutritional–value functional food, the Update1 bread, with the supplementation of the wheat flour with high–protein–content raw food materials // *Acta Universitatis Sapientiae, Alimentaria*, 2017, vol. 10, no. 1, pp. 36–60.
4. Nogueira A. C., Oliveira R. A., Steel C. J. Protein enrichment of wheat flour doughs: empirical rheology using protein hydrolysates // *Food Science and Technology*, 2020, vol. 40, pp. 97–105.
5. Monteiro J. S., Farage P., Zandonadi R. P., Botelho R., de Oliveira L. D. L., Raposo A., ... & Araújo W. Systematic Review on Gluten–Free Bread Formulations Using Specific Volume as a Quality Indicator // *Foods*, 2021, vol. 10, no. 3, pp. 614.
6. Cao H., Zheng X. Z., Liu H., Yuan M., Ye T., Wu X. X., ... Xu F. Cryo-protective effect of ice-binding peptides derived from collagen hydrolysates on the frozen dough and its ice-binding mechanisms. *LWT – Food Science and Technology*, 2020, vol. 131, pp. 109687. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109678>
7. Пищевые добавки. Коллаген: обзор, виды, использование. URL: <https://kh-news.net/biznes/item/13372-pishchevye-dobavki-kollagen-obzor-vidy-ispolzovanie.html> (дата обращения: 13.02.2022).
8. Wesółowska-Trojanowska M., Tomczyńska-Mleko M., Terpiłowski K., Muszyński S., Nishinari K., Nastaj M., & Mleko, S. Co–gelation of gluten and gelatin as a novel functional material formation method // *Journal of Food Science and Technology*, 2020, vol. 57, no. 1. pp. 163–172. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04042-8>
9. Горбатовская Н. А., Муслимов Н. Ж., Джумабекова Г. Б. Влияние добавок муки бобовых культур на физические свойства пшеничного теста // Молодой ученый. 2015. №. 6. С. 141–143. URL: <https://moluch.ru/archive/86/16413/> (дата обращения: 10.02.2022).
10. Wang X., Liu X. Y., Kim S. M. Effect of Individual and Combined Addition of Marine Fish Collagen and Sea Pineapple Shell Extract on Dough Rheology and Rice Bread Quality // *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 2021, vol. 30, no. 5, pp. 630–640.
11. Han B. Effect of hydrolyzed collagen from Tilapia scale on bread quality // *Advanced Materials Research. Trans Tech Publications Ltd*, 2011, vol. 183, pp. 500–504.
12. Da Silva Graça C., Barbosa J. B., De Souza M. Z., Da Silveira Moreira A., De Mello Luvielmo M., & De Las Mercedes Salas Mellado M. Addition of collagen to gluten-free bread made from rice flour // *Braz. J. Food Technol*, 2017, vol. 20, pp. e2016105.

13. Воробьев В. И., Нижникова Е. В. Получение фракций коллагена и гидроксипатита из рыбьей чешуи // Известия КГТУ. 2021. № 62. С. 80–91.

References

1. Yu W., Xu D., Li D., Guo L., Su X., Zhang Y., ... & Xu X. Effect of pigskin-originated gelatin on properties of wheat flour dough and bread. *Food Hydrocolloids*, 2019, vol. 94, pp. 183–190. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.03.016>.
2. Kumar A., Elavarasan K., Hanjabam M. D., Binsi P. K., Mohan C. O., Zynudheen A. A., & Kumar A. Marine collagen peptide as a fortificant for biscuit: Effects on biscuit attributes. *LWT – Food Science and Technology*, 2019, vol. 109, pp. 450–456. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.04.052>.
3. Csapó J., Schobert N. Production of a high-nutritional-value functional food, the Update1 bread, with the supplementation of the wheat flour with high-protein-content raw food materials. *Acta Universitatis Sapientiae, Alimentaria*, 2017, vol. 10, no. 1, pp. 36–60.
4. Nogueira A. C., Oliveira R. A., Steel C. J. Protein enrichment of wheat flour doughs: empirical rheology using protein hydrolysates. *Food Science and Technology*, 2020, vol. 40, pp. 97–105.
5. Monteiro J. S., Farage P., Zandonadi R. P., Botelho R., de Oliveira L. D. L., Raposo A., ... & Araújo W. Systematic Review on Gluten-Free Bread Formulations Using Specific Volume as a Quality Indicator *Foods*, 2021, vol. 10, no. 3, pp. 614.
6. Cao H., Zheng X. Z., Liu H., Yuan M., Ye T., Wu X. X., ... Xu F. Cryoprotective effect of ice-binding peptides derived from collagen hydrolysates on the frozen dough and its ice-binding mechanisms. *LWT – Food Science and Technology*, 2020, vol. 131, pp. 109687. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109678>
7. Pishchevye dobavki. Kollagen: obzor, vidy, ispol'zovanie [Nutritional supplements. Collagen: overview, types, use]. Available at: <https://kh-news.net/biznes/item/13372-pishchevye-dobavki-kollagen-obzor-vidy-ispolzovanie.html>. Accessed 10 February 2022).
8. Wesołowska-Trojanowska M., Tomczyńska-Mleko M., Terpiłowski K., Muszyński S., Nishinari K., Nastaj M., & Mleko S. Co-gelation of gluten and gelatin as a novel functional material formation method. *Journal of Food Science and Technology*, 2020, vol. 57, no. 1. pp. 163–172. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04042-8>.
9. Gorbatovskaya N. A., Muslimov N. Zh., Dzhumabekova G. B. Vliyanie dobavok muki bobovykh kul'tur na fizicheskie svoystva pshenichnogo testa [Influence of legume flour additives on the physical properties of wheat dough]. *Molodoy uchenyy*, 2015, no. 6, pp. 141–143. Available at: <https://moluch.ru/archive/86/16413/> (Accessed 10 February 2022).
10. Wang X., Liu X. Y., Kim S. M. Effect of Individual and Combined Addition of Marine Fish Collagen and Sea Pineapple Shell Extract on Dough Rheology and Rice Bread Quality. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 2021, vol. 30, no. 5, pp. 630–640.
11. Han B. Effect of hydrolyzed collagen from Tilapia scale on bread quality. *Advanced Materials Research. Trans Tech Publications Ltd*, 2011, vol. 183, pp. 500–504.

12. Da Silva Graça C., Barbosa J. B., De Souza M. Z., Da Silveira Moreira A., De Mello Luvielmo M., & De Las Mercedes Salas Mellado M. Addition of collagen to gluten-free bread made from rice flour. *Braz. J. Food Technol*, 2017, vol. 20, pp. e2016105.

13. Vorob'ev V. I., Nizhnikova E. V. Poluchenie fraktsiy kollagena i gidroksiapatita iz ryb'ey cheshui [Obtaining fractions of collagen and hydroxyapatite from fish scales]. *Izvestiya KGTU*, 2021, no. 62, pp. 80–91.

Информация об авторах

В. И. Воробьев – кандидат технических наук, доцент кафедры химии

О. П. Чернега – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии продуктов питания

А. В. Садовая – студентка 4-го курса обучения

Information about the authors

V. I. Vorobyov – PhD in Engineering, Associate Professor of the Department of Chemistry

O. P. Chernega – PhD in Engineering, Associate Professor of the Department of Food Products Technology

A. V. Sadovaya – 4th year student

Статья поступила в редакцию 10.03.2022; одобрена после рецензирования 23.03.2022; принята к публикации 06.04.2022.

The article was submitted 10.03.2022; approved after reviewing 23.03.2022; accepted for publication 06.04.2022.