УДК 637.524.24:664.952

В.И. Волченко, А.Ю. Глухарев
Мурманский государственный технический университет,
183010, г. Мурманск, ул. Спортивная, 13

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЦЕПТУРНОГО СОСТАВА НОВОГО ВИДА ВАРЕНЫХ КОЛБАСНЫХ ИЗДЕЛИЙ С ДОБАВЛЕНИЕМ РЫБНОГО СЫРЬЯ

Представлены исследования по совершенствованию белковой и липидной составляющей мясных вареных колбасных изделий. Научно обоснована замена части мясного сырья на рыбное. Разработана технология производства нового вида сосисок с добавлением СВЧ-бланшированной печени трески и изолята рыбного белка из мяса путассу. Проведена оптимизация рецептуры мясорыбных сосисок с применением теории планирования эксперимента (центральный композиционный план). В результате экспериментов установлена оптимальная рецептура по количеству основных компонентов. Показаны физико-химические, структурно-механические (усилие пенетрации с шарообразным индентором), экономические исследования готовой продукции.

Ключевые слова: *колбасные изделия, атлантическая треска, печень трески, СВЧ-бланширование, изолят рыбного белка, северная путассу, технология изготовления колбасных изделий.*

V.I. Volchenko, A.Yu. Glukharev

OPTIMIZATION OF THE RECIPE COMPOSITION OF A NEW KIND OF BAKED SAUSAGE PRODUCT WITH ADDITION OF FISH RAW MATERIALS

This article presents research on improving the protein and lipid constituents of meat cooked sausages. It is scientifically proved to replace part of the meat raw material with fish. A technology for the production of a new type of sausage with the addition of microwave blanched cod liver and fish protein isolate from blue whiting has been developed. Optimization of meat-fish sausages was carried out using the theory of experimental planning (central composition plan). As a result of the experiments, the optimal formulation for the number of main components was established. The physico-chemical, structural-mechanical (penetration force with a spherical indenter), economic studies of finished products are shown.

Key words: *sausages, Atlantic cod, cod liver, microwave blanching, fish protein isolate, northern blue whiting, sausage making technology.*

Введение

В настоящее время мясоперерабатывающая отрасль выпускает широкий ассортимент вареных колбасных изделий, к недостаткам которых относятся: высокая себестоимость мясного сырья, большое содержание насыщенных жиров, некоторое присутствие токсичных продуктов пиролиза древесины, а также применение потенциально опасного нитрита натрия в качестве цветообразователя и генно-модифицированной (ГМ) сои взамен части мясного сырья.

Высокая себестоимость мясного сырья связана в основном с введением запрета на поставки отдельных видов продовольствия и сельскохозяйственной продукции из стран, присоединившихся к санкциям против России в 2014 г., а также из-за резкого скачка курса валют и ухудшения общей экономической ситуации. Продовольственное эмбарго предполагает

запрет на ввоз мяса крупного рогатого скота и свинины [1]. Это, в свою очередь, увеличивает затраты на производство колбасных изделий отечественными предприятиями, использовавшими импортное сырье при производстве продукции.

Данная проблема создала предпосылки для введения большого количества ГМ-сои в колбасные изделия взамен части мясного сырья. Следует отметить, что такая соя обладает чрезвычайной устойчивостью к гербициду глифосату, что создаёт предпосылки для его избыточного применения [2]. Последние проведенные исследования показали возможную канцерогенную активность этого гербицида [3].

Несбалансированность жировой фракции колбасных изделий вследствие содержания в них большого количества насыщенных жиров и холестерина при избыточном попадании в организм увеличивает риск сердечно-сосудистых заболеваний и способствует развитию атеросклероза.

При технологической обработке мясных продуктов наиболее опасными с точки зрения образования нитрозаминов (НА) являются стадии посола и копчения. При посоле используются нитраты и нитриты путем образования достаточно стабильных пигментов, способствующих сохранению естественной окраски. Исследования показали, что при хранении в таких смесях образуются НА. При посоле происходит необратимый распад некоторой части белков с образованием низкомолекулярных аминокислот и аминов, которые в результате связывания с молекулой нитрата образуют НА. Процесс образования НА ускоряется при копчении. Коптильный газ содержит нитрогазы, а также формальдегид, катализирующий реакцию нитрозирования [4].

В связи с этим в октябре 2015 г. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) на основании проведенных исследований рабочей группы Международного агентства по изучению рака (МАИР) присвоила обработанному мясу статус канцерогена группы 1 и отметила, что потребление продуктов из обработанного мяса (сосиски, ветчины, колбасы, солонина, вяленое мясо, мясные консервы и полуфабрикаты) связано с увеличением случаев раковых заболеваний [5].

Сложившаяся ситуация требует решения, поэтому снижение себестоимости, совершенствование мясных продуктов массового потребления, обогащение их ценными компонентами, обеспечение их канцерогенной безопасности представляет собой одну из основных задач, поставленных перед отечественной мясоперерабатывающей отраслью в Стратегии развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации на период до 2020 г. [6].

Также стоит отметить, что одним из приоритетных направлений современной промышленности является производство мясных и рыбных полуфабрикатов с использованием пищевых добавок и ингредиентов природного происхождения, влияющих не только на технологические свойства сырья, но и способствующие профилактике возможных функциональных нарушений в организме человека и связанных с ними заболеваний [7].

В 2016 г. специалистами кафедры ТПП был разработан новый ассортимент вареных колбасных изделий с добавлением рыбного сырья – мясорыбные сосиски с добавлением СВЧ-бланшированной печени трески и ИРБ из мяса путассу и мясорыбные сосиски с добавлением фарша путассу и полуфабриката рыбьего жира, выделенного при СВЧ-бланшировании печени трески. В рецептуре отсутствует нитрит натрия, вызывающий опасения ВОЗ, и фосфаты, вызывающие опасения у потребителя. В результате экспериментов были достигнуты положительные результаты [8]. На первом этапе исследований было достигнуто несколько результатов:

1. Проанализирована возможность совмещения мясного сырья с рыбным в технологии вареных колбасных изделий.

2. С использованием центрального композиционного плана [9] было выявлено влияние на уровень качества и структурно-механические характеристики (число пенетрации) готово-

го изделия таких факторов, как массовая доля рыбьего жира и соотношение фарша путассу и свинины в рецептуре.

3. Найдена и исследована приближенная к оптимальной рецептура сосисок с добавлением полуфабриката жира печени трески и фарша путассу.

4. Определен срок годности мясорыбных сосисок с добавлением жира печени трески и мяса путассу – 5 сут при температуре +4…+5 °С.

Далее авторы решили продолжить исследования по нахождению оптимальной рецептуры сосисок с добавлением СВЧ-бланшированной печени трески и ИРБ из мяса путассу.

Актуальность данной работы обусловлена тем, что позволяет повысить безопасность мясных вареных колбасных изделий и совмещает в себе результаты многолетних научных трудов исследователей кафедры ТПП.

Так, в 2011 г. заведующим кафедрой ТПП В.А. Гроховским и аспирантом А.И. Клименко была разработана технология получения изолята рыбного белка методом ph-сдвига из мяса малоценных недоиспользуемых рыб Баренцева моря – полярной тресочки (*Boreogadus saida*) и северной путассу (*Micromesistius poutassou*); были проведены исследования по разработке бесхолестеринового майонеза на основе полученного ИРБ [10]. Полученные положительные результаты дали начало дальнейшего использования ИРБ в технологии пищевой продукции, например, в технологии шоколадной пасты [11]. В 2015 г. начальные исследования по составлению рецептуры мясорыбных сосисок предполагали внесение в качестве рыбной белковой составляющей ИРБ из мяса путассу взамен части мясного сырья.

Использование ИРБ позволит обогатить мясной продукт незаменимыми аминокислотами и позволит увеличить количество белка в готовом изделии, значительно снижая мясную часть и добавляя взамен нее полноценные белки рыб в виде ИРБ, не снижая качество продукции.

С 2002 по 2013 гг. учёными кафедры ТПП (В.И. Волченко, К.С. Темиржановой, В.А. Гроховским и др.) проводились исследования по использованию СВЧ-обработки в производстве консервов из печени гидробионтов. Достигнутые результаты позволили: во-первых, увеличить срок хранения мороженой печени трески (с 30 сут до 4 мес.); во-вторых, уменьшили количество свободного жира в консервах при стерилизации (не превышает 10 %) [12]. Увеличение сроков хранения мороженой печени трески и сохранения высокого качества ее липидной фракции раскрывает большой потенциал использования данного сырья на береговых предприятиях в технологии многих пищевых продуктов, в частности, колбасных изделий, для увеличения в жировой составляющей массовой доли полиненасыщеных жирных кислот (ПНЖК).

Использование жиросодержащего сырья, полученного из рыб, позволит существенно приблизить получаемые продукты к категории продуктов здорового питания, а в ряде случаев – отнести их к группе функциональных продуктов. Содержащиеся в липидах печени трески моно- и полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК), в особенности группы ω-3, сводят риск сердечно-сосудистых заболеваний к минимуму [13]. В отличие от липидов наземных животных они имеют более низкую температуру плавления и, как следствие, легче всасываются и усваиваются значительно полнее, чем липиды наземных животных и даже растительные масла.

В 2013 г. работы по добавлению рыбьего жира в колбасные изделия велись западными учёными института Fraunhofer Institute for Process Engineering and Packaging IVV баварского города Фрайзинг. Также ими была запатентована система эмульсионного комбинирования различных антиоксидантов, которые обеспечивают защиту жиров от окисления [14]. Отечественный рынок мясных вареных колбасных изделий не характеризуется наличием мясной продукции с добавлением рыбного сырья. Поэтому целесообразно расширять ассортимент вареных колбасных изделий, в том числе сосисок, за счёт новых видов продукции, изготавливаемых по новым технологиям и рецептурам, включающим нетрадиционные компоненты.

Исходя из вышесказанного, целью настоящей работы является разработка и оптимизация рецептуры нового вида вареных колбасных изделий, а именно, мясорыбных колбасных изделий с добавлением СВЧ-бланшированной печени трески и изолята рыбного белка (ИРБ).

Объекты и методы исследований

Объектами исследования являются**:**

- мясной фарш, заготовленный из нежирной свинины;
- мороженая СВЧ-бланшированная печень атлантической трески (*Gadus morhua morhua*);
- изолят рыбного белка из мяса северной путассу (*Micromesistius poutassou*) с массовой долей влаги не более 10 %;
- модельные образцы мясорыбных сосисок.

Методы исследования

Физико-химические и химические

Отбор проб осуществлялся в соответствии с ГОСТ 9792-73[1].

Массовую долю влаги определяли высушиванием навески продукта в сушильном шкафу при 100–105 °С, массовую долю поваренной соли – по ГОСТ 9957[2]. Содержание белковых веществ определяли с помощью автоматического анализатора азота/белка Pro-Nitro A по методу Кьельдаля, жира – на аппарате Det-gras N по методу Сокслета, минеральных веществ – в соответствии с ГОСТ 31727-2012 (ISO 936:1998)[3].

Органолептические

Органолептические показатели сосисок определяли по ГОСТ 9959-91[4].

Уровень качества сосисок определяли по пятибалльной шкале, специально разработанной для этого вида продукта с учетом коэффициентов значимости.

Структурно-механические

Для оценки структурно-механических свойств – числа пенетрации, использовался японский прибор «Food Checker» P-1180 PAT, TYPE 2141, Class 1.5, F. S. 100 mA. (Yokogawa, Япония), принцип работы которого основан на методе автоматического внедрения шарообразного индентора в образец исследуемого продукта на заданную глубину с фиксацией приложенной нагрузки [15].

Математические

Статистическая обработка результатов экспериментов методом нелинейной регрессии и построение математических зависимостей осуществляли с использованием компьютерных программ Datafit 9.1 и Microsoft Office Excel-2007.

Дифференцирование, поиск и анализ экстремумов полученных функций осуществляли в свободной системе компьютерной алгебры – Maxima.

Экономические

Сформирован информационный блок данных с оптовыми ценами на основное и вспомогательное сырье, по полученным данным производился расчет себестоимости сырьевого набора для различных образцов мясорыбных сосисок.

Экспериментальная часть работы выполнена на базе научно-исследовательской лаборатории кафедры технологии пищевых производств (ТПП) Мурманского государственного технического университета (МГТУ).

---

[1] ГОСТ 9792-73. Колбасные изделия и продукты из свинины, баранины, говядины и мяса других видов убойных животных и птиц. Правила приемки и методы отбора проб (с Изменениями N 1, 2). М., 2009. 5 с.

[2] ГОСТ 9957-2015. Мясо и мясные продукты. Методы определения содержания хлористого натрия. М., 2016. 9 с.

[3] ГОСТ 31727-2012 (ISO 936:1998). Мясо и мясные продукты. Метод определения массовой доли общей золы. М., 2013. 8 с.

[4] ГОСТ 9959-91. Продукты мясные. Общие условия проведения органолептической оценки. М., 2010. 10 с.

Результаты и их обсуждение

Технологический процесс производства нового вида вареных колбасных изделий – мясорыбных сосисок с добавлением СВЧ-бланшированной печени трески и ИРБ из мяса путассу – включает следующие основные стадии: входной контроль, хранение, подготовка основных и вспомогательных компонентов рецептуры; получение фарша – измельчение мясного сырья на волчке; взвешивание основного и вспомогательного сырья в соответствии с рецептурой; измельчение подготовленных компонентов на куттере двухступенчатым способом (измельчение нежирного мясного и рыбного (ИРБ) сырья, а затем жирного рыбного сырья) – получение мясорыбной эмульсии; наполнение оболочек, формование; осадка батонов; термическая обработка; охлаждение; контроль качества; упаковывание, маркирование, транспортирование, хранение.

Предварительными экспериментами был установлен базовый рецептурный состав мясорыбных сосисок с добавлением СВЧ-бланшированной печени трески и ИРБ из мяса путассу. Первично было определено, что для стабилизации консистенции следует использовать картофельный крахмал и яйца куриные. На дальнейших этапах исследования вследствие образования систематических жировых отеков в сосисках после варки обоснована целесообразность использования в качестве загустителя, эмульгатора и стабилизатора гуаровой камеди, которая является пищевым гидроколлойдом полисахаридной природы, улучшающим деятельность желудочно-кишечного тракта, связывающим и выводящим из организма токсичные вещества, снижающим уровень глюкозы и холестерина в крови [16]. В качестве пищевого красителя использовали томатную пасту, которая давала положительное цветообразование, без добавления нитрита натрия, но на дегустациях был отмечен кислый привкус, который как раз связывали с добавлением томатной пасты, в дальнейшем от нее было решено отказаться. В настоящих исследованиях в качестве красителя используем ферментированный рис. Базовая рецептура мясорыбных сосисок представлена в табл. 1.

Таблица 1

Базовая рецептура мясорыбных сосисок с использованием СВЧ-бланшированной печени трески и ИРБ

Table 1

Basic formulation of meat and fish frankfurters with microwave treated cod liver and FPI

Основное сырье, кг	
Свинина жилованная нежирная	57,90
Печень трески СВЧ-бланшированная	38,60
ИРБ из мяса путассу (Высушенный)	1,5
Яйца куриные	2
Картофельный крахмал	3
Пряности и материалы, кг	
Соль поваренная пищевая	2,5
Сахар-песок	0,1
Белый перец молотый	0,25
Черный перец молотый	0,25
Ферментированный рис	0,3
Гуаровая камедь (Е412)	0,3
Водоледяная смесь	15

Оптимизацию базовой рецептуры проводили по выбранным критериям с использованием компьютерной программы Datafit 9.1.

В качестве параметров оптимизации были выбраны:

- уровень качества готового изделия, %;
- число пенетрации, кПа;
- себестоимость сырьевого набора, руб/кг.

Авторами было установлено, что факторами, наиболее влияющими на качество получаемого продукта, являются:

- соотношение фарша нежирной свинины и СВЧ-бланшированной печени трески X_1;
- количество изолята рыбного белка X_2, кг.

Уровни варьирования факторов представлены в табл. 2.

Таблица 2

Уровни варьирования факторов

Table 2

Factors variation levels

Обозначение	Нижний уровень (-1)	Основной уровень (0)	Верхний уровень (+1)	Интервал варьирования	Наименование фактора
X_1	1	1,5	2	0,5	Свинина н/ж : СВЧ-бланшированная печень трески, кг
X_2	1	1,5	2	1	ИРБ из мяса путассу, кг

Функцией отклика являлась обобщенная численная характеристика качества мясорыбных сосисок Y_0, включающая в себя значения уровня качества Y_1, значения относительной реологической характеристики Y_{R2} и значение себестоимости сырьевого набора Y_{C3}. Функция отклика рассчитывается по следующей формуле:

$$Y_0 = Y_1 \cdot K_1 + Y_{R2} \cdot K_2 + Y_{C3} \cdot K_3 , \qquad (1)$$

где Y_1 – уровень качества, %; Y_{R2} – значение относительной реологической характеристики, %; Y_{C3} – значение себестоимости сырьевого набора, %; K_1, K_2, K_3 – коэффициенты значимости.

Коэффициенты значимости найдены методом экспертных оценок. Наиболее весомым параметром решено считать уровень качества $K_1 = 0{,}45$; показатели «относительная реологическая характеристика» и «себестоимость сырьевого набора» менее значимы ($K_2 = 0{,}37$; $K_3 = 0{,}18$).

Относительная реологическая характеристика Y_{R2}, %, рассчитывалась с помощью выражения

$$Y_{R2} = 100 - \frac{|y_2 - y_{опт}| \cdot 100}{y_{опт}} , \qquad (2)$$

где y_2 – число пенетрации готового продукта, кПа; $y_{опт}$ – оптимальное значение числа пенетрации, кПа.

Себестоимость сырьевого набора Y_{C3}, %, рассчитывается по формуле

$$Y_{C3} = \frac{300}{y_3} \cdot 100 , \qquad (3)$$

где y_3 – себестоимость 1 кг готового продукта, руб; 300 – минимально возможная цена за 1 кг для данной группы продуктов, руб.

Объективным показателем консистенции паштетообразных, пастообразных пищевых продуктов является число пенетрации с использованием шарообразного индентора, при измерении которого увеличивается точность измерения в отличие от органолептической оценки. Однако число пенетрации может быть как слишком большим, так и слишком маленьким, поэтому было решено определить оптимальное значение методом парной нелинейной регрессии между числом пенетрации и органолептической оценкой по консистенции. Полученные значения указаны в табл. 3.

Таблица 3

Сводная таблица средних значений числа пенетрации и средних баллов по консистенции

Table 3

Summary of average penetration values and average marks of texture

Номер образца	Среднее значение числа пенетрации, кПа	Средний балл по консистенции
1	41,96	2,88
2	44,89	3,17
3	52,69	3,96
4	58,55	3,96
5	48,79	3,00
6	39,03	3,38
7	52,69	5,00
8	55,62	4,42
9	54,65	4,46

Обработка полученных данных позволила получить следующее уравнение регрессии, которое адекватно описывает влияние консистенции на число пенетрации:

$$Y_0 = a \cdot X^3 + b \cdot X^2 + c \cdot X + d \,, \qquad (4)$$

где коэффициенты регрессии a = -0,001884; b = 0,2774; c = -13,4114; d = 216,2736.

Критерий Фишера для данной модели составил 5,47 (табличное значение при α = 0,05 равно 4,82), вероятность неадекватности модели – 0,04905. Все коэффициенты регрессии значимы с доверительной вероятностью 0,9, более высокий уровень значимости для органолептических испытаний не требуется.

Таким образом, уравнение адекватно описывает существующую зависимость между числом пенетрации и консистенцией.

На основании полученных данных построен график регрессионного анализа (рис. 1). Анализ уравнения регрессии и графика зависимости позволил определить оптимальное значение показателя пенетрации – 56,62 кПа.

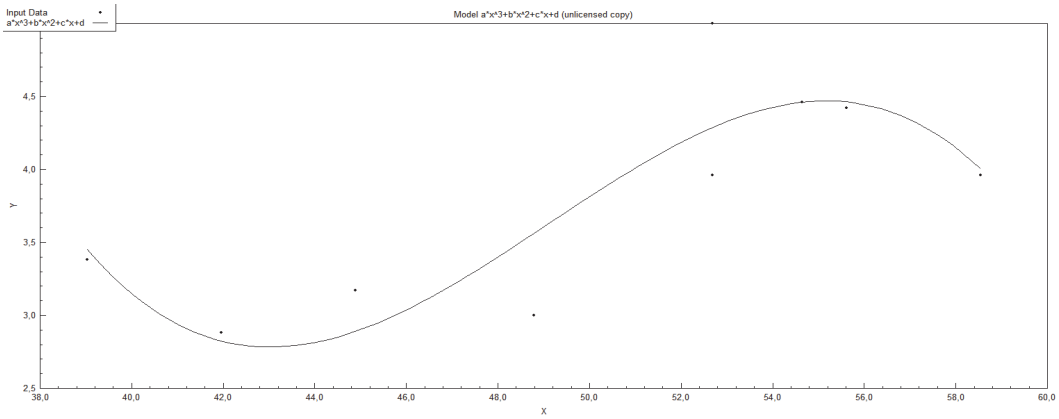

Рис. 1. График уравнения регрессии
Fig. 1. Graph of the regression equation

Анализ однофакторного поверхностного отклика позволяет выделить две группы условно приемлемых продуктов: колбасы с характерной плотной консистенцией (правая часть графика) и изделия с мягкой паштетообразной консистенцией (левая часть графика).

С использованием теории планирования эксперимента был разработан центральный композиционный план по оптимизации рецептуры мясорыбных вареных колбасных изделий, который представлен в табл. 4.

Таблица 4

Матрица двухфакторного плана оптимизации соотношения основных ингредиентов

Table 4

Two-factorial plan of the main ingredients ratio optimization

Фарш свинина н/ж : печень трески (X_1)	ИРБ (X_2)
Полный факторный эксперимент	
1	1
1	2
2	1
2	2
Центр плана	
1,5	1,5
«Звёздные» точки	
0,8	1,5
2,2	1,5
1,5	0,8
1,5	2,2

Таким образом, в соответствии с разработанным планом эксперимента были приготовлены модельные образцы сосисок, которые хранились до исследований при температуре от +4 до +6 °С в течение суток.

Модельные образцы мясорыбных сосисок выставлялись на дегустацию, на которой происходила органолептическая оценка готовых изделий экспертной комиссией, оценивали внешний вид батончиков, прощупывали консистенцию, смотрели цвет и вид на разрезе, оценивали запах и вкус, сравнивали с эталоном форму и размер, затем по полученным данным рассчитывался уровень качества Y_1. В это же время проводили измерение второго параметра оптимизации – числа пенетрации y_2. Расчет себестоимости сырьевого набора y_3 производили

после проведенных испытаний, используя данные по оптовым ценам, которые приведены в табл. 5.

Таблица 5

Оптовые цены сырьевого набора мясорыбных сосисок с добавление печени трески и ИРБ из мяса путассу

Table 5

Wholesale prices of raw materials for producing meat and fish sausages with the cod liver and FPI from blue whiting

Ингредиент	Цена, руб/кг
Свинина бескостная	372,77
Печень трески охлажденная	230,00
ИРБ из мяса путассу (Высушенный)	982,94
Яйца куриные	91,78
Картофельный крахмал, высший сорт	59,00
Соль поваренная пищевая	15,49
Сахар-песок	47,29
Белый перец молотый, высший сорт	590,30
Черный перец молотый, высший сорт	350,00
Ферментированный рис	200,00
Гуаровая камедь (Е412)	150,00
Вода питьевая	0,022 (руб/л)

Результаты обработки данных для двухфакторного эксперимента представлены в табл. 6.

Таблица 6

Результаты обработки данных эксперимента

Table 6

Results of experimental data processing

№	X_1	X_2	Y_1, %	y_2, кПа	y_3, руб/кг	Y_{R2}, %	Y_{C3}, %	Y_0, %
1	1	1	59,9	41,96	309,62	74,11	96,89	71,90
2	1	2	62,81	44,89	316,43	79,28	94,81	74,75
3	2	1	76,88	52,69	332,70	93,07	90,17	85,32
4	2	2	74,9	58,55	339,28	96,59	88,42	85,44
5	1,5	1,5	61,88	48,79	326,80	86,17	91,80	76,36
6	0,8	1,5	68,54	39,03	305,37	68,94	98,24	74,07
7	2,2	1,5	94,17	52,69	338,86	93,07	88,53	92,74
8	1,5	0,8	86,04	55,62	322,13	98,24	93,13	91,87
9	1,5	2,2	83,02	54,65	331,47	96,52	90,51	89,41

При компьютерной обработке эксперимента было получено следующее уравнение регрессии для определения оптимумов и соответствующие ей коэффициенты:

$$Y = 542{,}2 - 1402{,}9 \cdot X_1 \cdot 1512{,}9 \cdot X_1^{\ 2} - 697{,}2 \cdot X_1^{\ 3} + 117{,}1 \cdot X_1^{\ 4} - 35{,}03 \cdot \ln(X_2) + 54{,}4 \cdot \ln(X_2)^2 .$$

Критерий Фишера для данной модели равен 49,7, вероятность неадекватности – 0,0198. Все коэффициенты уравнения регрессии значимы с вероятностью не менее 0,95. На основании полученных данных построена поверхность отклика (рис. 2), которая может позволить проанализировать влияние различных факторов на обобщенный показатель качества продукта.

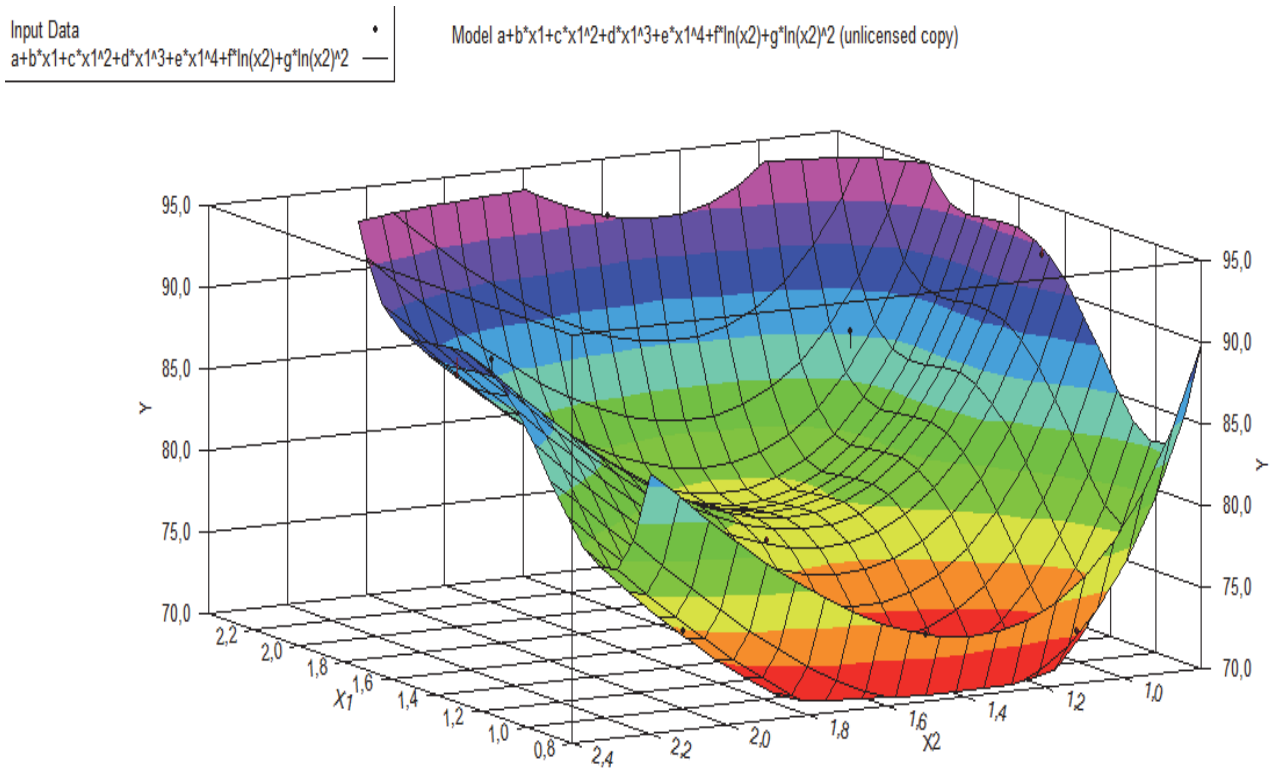

Рис. 2. Поверхность отклика
Fig. 2. Response surface

Было определено, что явного и безусловного максимума нет, но очевидно, что получается хороший продукт, если увеличить X_1 до максимума практически вне зависимости от количества ИРБ X_2.

Второй этап исследований проводился в области максимума X_1.

Уровни варьирования факторов для новых экспериментов представлены в табл. 7.

Таблица 7

Уровни варьирования факторов

Table 7

Factors variation levels

Обозначение	Нижний уровень (-1)	Основной уровень (0)	Верхний уровень (+1)	Интервал варьирования	Наименование фактора
X_1	2	2,5	3	0,5	Свинина н/ж : СВЧ-бланшированная печень трески, кг
X_2	2	3	4	1	ИРБ из мяса путассу (высушенный до ост. влажн. 10 %), кг

Результаты обработки данных для нового двухфакторного эксперимента представлены в табл. 8.

Таблица 8

Результаты обработки данных эксперимента

Table 8

Results of experimental data processing

№	X_1	X_2	Y_1, %	y_2, кПа	y_3, руб/кг	Y_{R2}, %	Y_{C3}, %	Y_0, %
1	2,00	2,00	79,38	29,27	339,28	51,70	88,42	70,70
2	2,00	4,00	80,52	57,09	352,48	99,18	85,11	88,31
3	3,00	2,00	82,50	48,79	350,70	86,17	85,54	84,42
4	3,00	4,00	87,50	49,77	363,61	87,90	82,50	86,74
5	2,51	3,00	85,00	33,67	352,37	59,46	85,14	75,50
6	1,80	3,00	85,63	29,76	342,66	52,57	87,55	73,65
7	3,20	3,00	90,73	32,69	358,80	57,74	83,61	77,14
8	2,51	1,60	88,54	32,20	343,63	56,88	87,30	76,51
9	2,51	4,40	84,58	39,03	361,49	68,94	82,99	78,46
10	3,20	4,40	83,65	77,09	367,81	63,84	81,56	75,89
11	2,75	3,00	79,90	53,67	354,90	94,79	84,53	86,29
12	2,25	1,60	83,23	45,86	345,82	81,00	86,75	83,04

При компьютерной обработке эксперимента было получено следующее уравнение регрессии для определения оптимумов:

$$Y = a + b \cdot X_1 + \frac{c}{X_2} + d \cdot X_1^{\,2} + \frac{e}{X_2^{\,2}} + f \cdot \frac{X_1}{X_2} + g \cdot X_1^{\,3} + \frac{h}{X_2^{\,3}} + i \cdot \frac{X_1}{X_2^{\,2}} + j \cdot \frac{X_1^{\,2}}{X_2}.$$

Значения полученных коэффициентов регрессии представлены в табл. 9.

Таблица 9

Значение коэффициентов уравнения регрессии

Table 9

Regression coefficients values

Коэффициент регрессии	Значение коэффициента регрессии
a	4103,45027
b	-3546,714371
c	-9811,643677
d	1128,63397
e	11211,23801
f	4425,092482
g	-125,6679547
h	-4708,077769
i	-2183,664884
j	-544,9816453

Критерий Фишера для полученной математической модели равен 9,77, вероятность неадекватности модели – 0,096. Все коэффициенты уравнения регрессии значимы с вероятностью не менее 0,95. На основании полученных данных построена поверхность отклика (рис. 3), которая может позволить проанализировать влияние различных факторов на обобщенный показатель качества продукта. Полученная математическая модель сложна и включает в себя такой объективный показатель, как уровень качества, который был определен экспертами как наиболее весомый при оценке качества готового изделия, поэтому доверительная вероятность модели больше чем 0,9 не требуется.

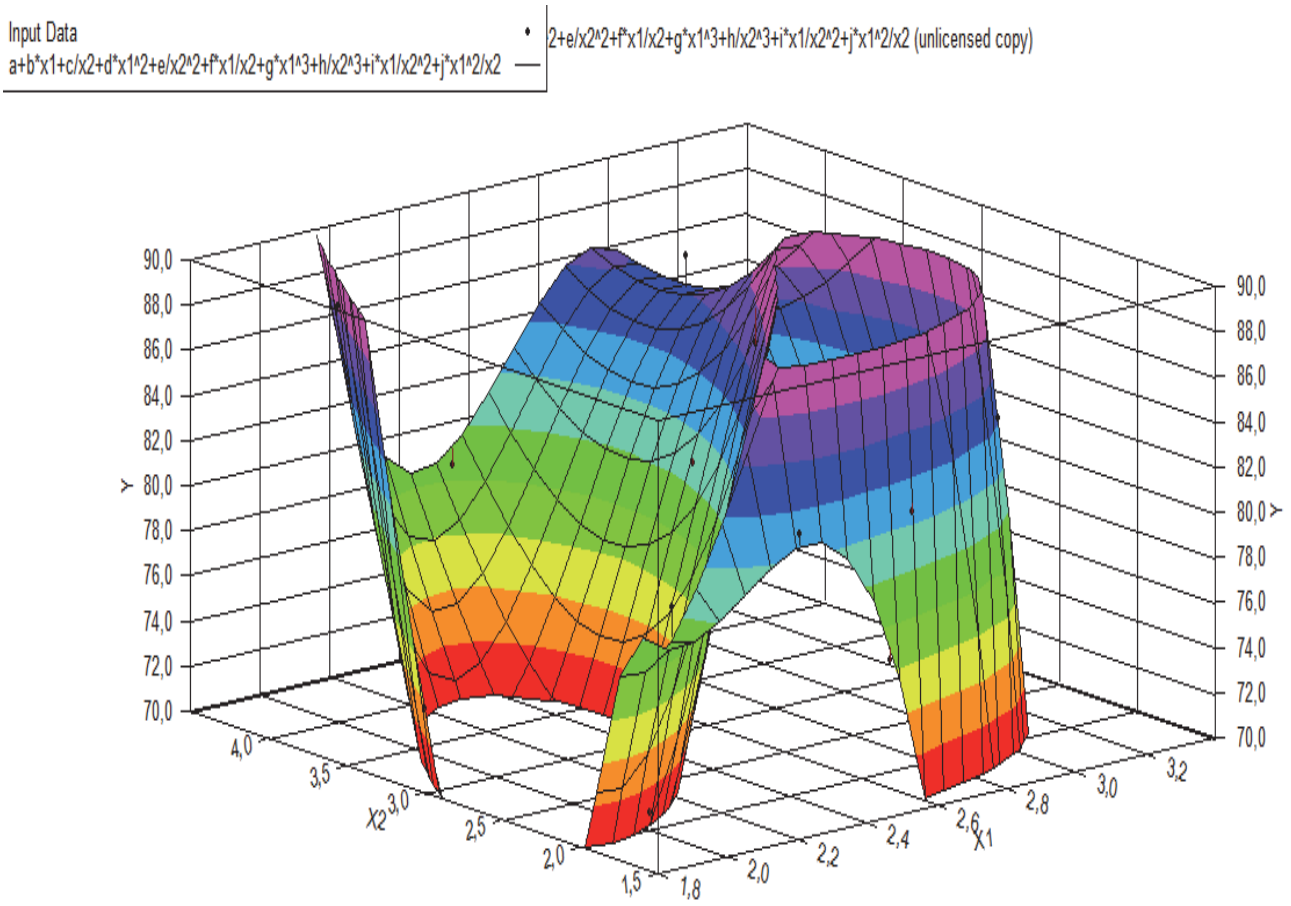

Рис. 3. Поверхность отклика
Fig. 3. Response surface

Исходя из полученной поверхности отклика методом дифференцирования был найден локальный оптимум функции.

Значения оптимальных факторов находятся при X_1 (соотношение фарша свинины и СВЧ-бланшированной трески) = 2,73; X_2 (количество ИРБ) = 2,09.

Также можно предположить наличие оптимума при низких значениях X_1 и более высоких значения X_2. Но стоит отметить, что дальнейшее увеличение дозы ИРБ нецелесообразно, так как это относительно дорогой продукт, который должен использоваться как добавка. Дальнейшее уменьшение X_1 в принципе представляется возможным, но это практически устранит разницу между мясорыбными и рыбными сосисками, т.е. приведёт к другой ассортиментной группе.

Исходя из полученных данных оптимальная рецептура по органолептическим, реологическим и экономическим показателям представлена в табл. 10.

Таблица 10

Результаты физико-химических, реологических и экономических испытаний оптимального образца мясорыбных сосисок

Table 10

Results of sensory, physical, chemical, rheological and economic researches of experimental specimen of meat and fish frankfurters

Показатель	Результаты
Массовая доля, %:	
влаги	61,36
белка	16,14
жира	15,85
хлористого натрия	2,52
крахмала	2,47
золы	2,82
Число пенетрации, кПа	56,8
Себестоимость сырьевого набора, руб/кг	348,80

Стоит отметить, что сосиски содержат значительную белковую и жировую составляющую, число пенетрации готового изделия близко к оптимальному значению. Соотношение белков и жиров в готовом продукте составляет 1 : 1, что согласно теории сбалансированного питания Покровского соответствует «усредненному» значению необходимого баланса основных нутриентов (белки : жиры) в рационе питания человека [17].

Выводы

Разработана и методом математического моделирования оптимизирована рецептура нового вида вареных колбасных изделий – мясорыбных колбасных изделий с добавлением СВЧ-бланшированной печени трески и изолята рыбного белка (ИРБ).

Определены органолептические, физико-химические, реологические и экономические показатели, характеризующие состав и качество готового изделия, изготовленного по оптимальной рецептуре.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект 16-16-00076 «Разработка инновационных технологий получения продуктов питания из недоиспользованных водных биоресурсов Арктического региона».

Список литературы

1. Яковлева А. Популярим изыски. Обзор российского рынка колбасных изделий [Электронный ресурс] // Российский продовольственный рынок. 2016. № 1. URL: http://www.foodmarket.spb.ru/current.php?article=2232 (дата обращения: 01.06.2016).

2. Charles M. Benbrook Trends in glyphosate herbicide use in the United States and globally // Environmental Sciences Europe. 2016-02-02. Т. 28, вып. 1. 2190-4715.

3. Carcinogenicity of tetrachlorvinphos, parathion, malathion, diazinon, and glyphosate / Kathryn Z Guyton [et al.] // The Lancet Oncology. 2015. Vol. 16, № 5. P. 490–491.

4. Биологическая безопасность. Современные методические подходы к оценке качества пищевой, фармакологической и сельскохозяйственной продукции / С.Е. Дромашко [и др.]; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т генетики и цитологии; Белорус. общество генетиков и селекционеров. Минск: Беларуская навука, 2015. 222 с.

5. IARC Monographs evaluate consumption of red meat and processed meat. Press release № 240. Internatonal agency for research on cancer, WHO. 2015. 2 с.

6. Об утверждении Стратегии развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации на период до 2020 года: распоряжение Правительства Российской Федерации от 17 апреля 2012 г., № 559-р // АПК: экономика, управление. 2012. № 6. С. 81;

7. Габдукаева Л.З., Никитина Е.В. Поликомпонентные пищевые продукты с функциональными свойствами // Вестн. Казанского технолог. ун-та. 2013. С. 211–212.

8. Волченко В.И., Ирлица Е.Л., Глухарев А.Ю. Разработка нового вида вареных колбасных изделий с добавлением рыбного сырья // Вестн. Мурманского гос. техн. ун-та. 2017. Т. 20, № 3. С. 572–581.

9. Адлер Ю. П., Маркова Е. В., Грановский Ю. В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М. : Наука, 1976. 280 с.

10. Получение изолята из полярной тресочки (сайки) и использование его для изготовления майонеза и мясорыбных сосисок / В.И. Волченко, В.А. Гроховский, Ю.Т. Глазунов [и др.] // Вестн. ВГУИТ. Рубрика: Пищевая биотехнология. 2015. № 2. С.139–154.

11. Гроховский В.А., Волкова А.П. Разработка технологии изолята рыбного белка из мяса сайки с изготовлением шоколадной пасты на его основе // Рыб. хоз-во. 2011. № 4. С.101–103.

12. Волченко В.И., Гроховский В.А., Василевский П.Б. Производство качественных консервов из мороженой печени рыб // Вестн. МГТУ. 2003. Т. 6, № 1. С.35–38.

13. Волченко В.И., Несвященко С.С., Темиржанова К.С. [и др.]. Использование печени трески и ее жира в технологии многокомпонентных пищевых продуктов // Вестн. Междунар. акад. холода. 2015. № 1. С. 20–25.

14. Колбаса с омега-3 – германские учёные нашли способ борьбы с окислением рыбьего жира [Электронный ресурс] // Foodcontrol агентство мониторинга безопасности продуктов питания: сайт –URL: http://foodcontrol.ru/news/5138 (дата обращения: 25.11.2017).

15. Куранова Л.К. Использование прибора Food Checker для исследования структурно-механических свойств пищевых продуктов. Наука и образование–2011. [Электронный ресурс] : междунар. науч.-техн. конф., Мурманск, 2011 г. Мурман. гос. техн. ун-т. Мурманск : МГТУ, 2011. С. 908–911.

16. Дроздов Р.А., Кожухова М.А., Бархатова Т.В., Маренич А.М. Оптимизация рецептуры пробиотического кисломолочного напитка с добавлением пищевых волокон топинамбура // Ползуновский вестн. 2016. Т. 2, № 4. С. 4–11.

17. Покровский А.А. О биологической и пищевой ценности продуктов питания // Вопр. питания. 1975. № 3. С. 25–29.

Сведения об авторах: Волченко Василий Игоревич, кандидат технических наук, доцент, e-mail: daesher@mail.ru;

Глухарев Андрей Юрьевич, студент, e-mail: mr.Razetka@yandex.ru.