

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОПТИЛЬНОЙ СРЕДЫ НА СТЕПЕНЬ ПРОКОПЧЁННОСТИ РЫБЫ МЕТОДОМ ХОЛОДНОГО КОПЧЕНИЯ

И.В. БУБЫРЬ¹✉

¹Полесский государственный университет, г. Пинск, республика Беларусь

В статье приведены результаты исследований влияния коптильной среды на степень прокопчённости пресноводной рыбы методом холодного дымового копчения при разных способах разделки. Изучено воздействие технологических факторов на количество фенолов в пресноводной рыбе после копчения. Получены математические зависимости, описывающие влияние параметров коптильной среды и условного размера рыбы на количество фенолов в рыбе после копчения. Получены регрессионные модели изменения содержания фенолов в толщине рыбы в зависимости от времени копчения. Установлено, что накопление фенолов в толще мышц существенно не отличается в пределах видовой принадлежности рыб.

Ключевые слова: холодное копчение, фенолы, параметры среды, условный размер.

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF SMOKING CONDITIONS ON THE LEVEL OF PENETRATION OF FISH BY THE COLD SMOKING METHOD

I.V. BUBYR¹✉

¹Polessky State University, Pinsk, Belarus

The article presents the results of studies of the influence of a smoking conditions on a degree of penetration of a freshwater fish by a method of cold smoke smoking with different ways of cutting. The effect of technological factors on the amount of phenols in freshwater fish after smoking is studied. The results of the experiment showed that in the cold smoking process, all the studied technological factors affect the amount of phenols in freshwater fish after smoking and are statistically significant. The most significant condition is the size of the fish, then the temperature and speed of smoking. It has been established that increasing the size of the raw material decreases the amount of phenols in the fish, and with an increase in the temperature of the smoking and the speed of its movement, it increases, with an equal duration of the process. Mathematical dependencies describing the influence of parameters of the smoking and the size of the fish on the number of phenols in fish after smoking are obtained. Regression models of the phenol content variation in fish thickness are obtained depending on the smoking time. It has been established that the accumulation of phenols in the body of muscles does not differ significantly within the species of fish and is about 3,4 mg / 100 g in carp.

Keywords: cold smoking, phenols, environmental parameters, conditional size.

Цитирование: Бубырь И.В. Исследование влияния коптильной среды на степень прокопчённости рыбы методом холодного копчения. Russian Scientist. 2018. т.2 №1: 23-30

Citing: Bubyr IV. Investigation of the influence of smoking conditions on the level of penetration of fish by the cold smoking method. Russian Scientist.2018.v.2 №1: 23-30

✉ bubyri@mail.ru

Материал прошёл двойное слепое рецензирование.

The manuscript took a double-blind peer review.

Введение

В последнее время рыба и рыбопродукты занимают более значимое место в нашем питании благодаря своей пищевой ценности, высокобелковому, жирнокислотному, минеральному и витаминному составу, обладая диетическими, профилактическими и лечебными свойствами.

По данным итальянской группы GISSI, занимающейся профилактикой сердечно-сосудистых заболеваний, 3-4 г жирных кислот омега-3 в день снижают воспалительные процессы, а также риск возникновения инфаркта миокарда и инсульта на 20 %. Рыбным рационом питания объясняют и тайну японского долголетия, где женщины живут в среднем 86 лет, мужчины – 80 лет. Средняя продолжительность жизни жителей Японии составляет 83 года и имеет тенденцию к увеличению [1].

Необходимо отметить, что доля употребления гидробионтов в Японии составляет до 85 кг в год на человека, а в Республике Беларусь – до 20 кг.

Ассортимент выпускаемой в Республике Беларусь рыбной продукции представлен солёной, сушёной, вяленой, копчёной рыбой, разнообразными консервами, пресервами, кулинарными изделиями, полуфабрикатами и т.д., причём больший удельный вес приходится на свежую, охлажденную, мороженую рыбу и кулинарную продукцию [2], но большинство потребителей не изменяют своим предпочтениям, употребляя рыбу горячего и холодного копчения.

Маркетинговые исследования по выбору и покупке копчёной рыбной продукции на продовольственном рынке Республики Беларусь установили, что потребитель отдаёт предпочтение рыбе холодного копчения, причём морской, а не пресноводной, чаще покупая её по праздникам или пару раз в месяц, хотя были респонденты, употребляющие копчёную рыбу несколько раз или один раз в неделю или не употребляющие её вообще [3].

Определены оптимальные показатели качества «идеального» продукта для потребителей – рыба холодного копчения красивого внешнего вида, со светло или тёмно-золотистым цветом кожного покрова, со вкусом и запахом, выраженным умеренно, уплотнённой, но сочной и нежной консистенцией, со средним содержанием соли,

средней жирности, а также с хорошей степенью прокопченности [3].

Так как Республика Беларусь не имеет прямого выхода к морю, то можно предположить, что и пресноводная рыба, произведённая с учётом потребительских предпочтений, будет востребована не только на внутреннем, но и внешнем рынках копчёной рыбопродукции.

Некоторые исследователи полагают, что фенольные вещества играют главенствующую роль в образовании большинства технологических эффектов копчения, формируя цвет, аромат, вкус, участвуют в дублении поверхности [4, 5, 6].

Фенолы в исходном сырье не содержатся, либо содержатся в незначительном количестве, тогда как в копчёных продуктах их сравнительно много, и их содержание практически не изменяется после копчения, поэтому многие ученые за показатель прокопченности продуктов принимают количество фенольных соединений в готовой продукции [7].

Согласно литературным данным, мнение исследователей о глубине проникновения различных компонентов коптильного дыма в изделия из пресноводной рыбы неоднозначно. Некоторые считают, что дым концентрируется на поверхности, мало проникая в глубину продукта, другие – что он находится в поверхностном слое копчёной рыбы, особенно фенольные компоненты [8, 9, 10], причём в литературе имеются сравнительно многочисленные и противоречивые данные о содержании фенольных компонентов в копчёной рыбе.

Установлено, что при копчении, например, мясных колбас, накопление фенолов и альдегидов происходит в первые 24 часа процесса и резко замедляется в последующее время [7], а изменение содержания фенольных веществ происходит послойно [9], и в жировой ткани фенолов больше, чем в мышечной [4].

Считают, что на степень прокопченности влияют различные факторы: концентрация, скорость движения и температура дыма, продолжительность копчения, влажность коптильной среды, содержание влаги в продукте, проницаемость поверхностного слоя продукта (с разделкой и без разделки), соотношение мышечной и жировой тканей, направление потоков коптильного дыма и другое [4].

Исследования проводились в рамках диссертационной работы.

Цель

Целью данного этапа исследований являлось определение влияния коптильной среды на степень прокопченности и определение количества фенолов в рыбе холодного копчения.

Методика и объекты исследований

Для получения коптильного дыма нами была разработана и изготовлена экспериментальная коптильная установка. Коптильный дым был получен в температурном интервале от 250 до 300° С, идентифицированы более 125 его соединений. Соединения, обладающие мутагенным и канцерогенным действием (пикен, пирен, бензо(а)пирен, антрацен и др.) в данных образцах коптильного дыма не обнаружены.

В качестве объекта исследований был выбран карп (*Cyprinus carpio*), разной разделки: потрошённый с головой и пласт с головой.

В работе использовали ротатабельное центрально-композиционное планирование второго порядка. Для подтверждения или опровержения теоретических данных, при планировании эксперимента по исследованию влияния параметров коптильной среды на изменение массовой доли влаги в мясе пресноводной рыбы в процессе холодного копчения, одним из факторов отклика выбрали количество фенолов в рыбе (Y_2), мг/100 г.

Наиболее важными технологическими факторами холодного копчения пресноводной рыбы, определяющими её качество, являются:

- температура коптильного дыма (X_1), ° С;
- скорость движения коптильного дыма (X_2), м/с;
- условный размер рыбы (отношение длины рыбы к её ширине) (X_3), см/см.

Необходимо было определить оптимальные технологические режимы холодного дымового копчения, обеспечивающие получение качественного безопасного продукта из пресноводной рыбы. Кроме того, необходимо было изучить влияние данных факторов на глубину проникновения фенольных соединений в толщу рыбы при протекании технологического процесса и на характеристики готового продукта.

При определении фенолов химическими способами трудно установить границы их продвижения в толщу продукта, поэтому применяли визуальный метод определения степени копчения пищевых продуктов, описанный Курко В.И. [11], а при их наличии проводили расчёт.

Фильтровальную бумагу погружали на 20-30 секунд в 1 %-ный раствор бората натрия, высушивали на воздухе. Готовили раствор: 1 г 2,6-дихлорхинонхлоримида растворяли в 60 г 96 %-ного этилового спирта. Для определения степени копчения продукта брали пропитанную раствором бората фильтровальную бумагу, непосредственно перед определением опрысканную раствором 2,6-дихлорхинонхлоримида и затем слегка влажную бумагу на 20-30 секунд прижимали к свежему срезу исследуемого копчёного образца. После этого бумагу снимали и выдерживали на воздухе около 5 мин.

Содержащийся в подготовленной бумаге этиловый спирт извлекал с поверхности среза продукта находящиеся на ней фенольные вещества, которые, реагируя с 2,6-дихлорхинонхлоримидом в присутствии бората натрия, образовывали на бумаге голубовато-синее окрашивание. По контуру этого окрашивания судили о степени проникновения фенольных веществ, а по интенсивности окрашивания об их количестве.

Сопоставляя результаты скорости проникновения коптильных компонентов дыма в продукт на разных ступенях процесса копчения, получали данные, на основании которых были сделаны выводы о процессе копчения, работе дымогенератора и коптильной камеры.

Для определения содержания фенолов кусочек копчёной рыбы в количестве 25 г измельчали на мясорубке и гомогенизировали в быстроходном измельчителе вместе со 100 мл смеси этилового спирта и воды (1:1). Экстракт фильтровали, затем охлаждали и вновь фильтровали (для удаления частиц жира). Затем к 5 мл экстракта добавляли 5 мл 0,5 %-ного раствора бората натрия и 1 мл 2,6-дихлорхинонхлоримида (0,05 % в 7 %-ном спирте), оставляли в течение 30 мин для развития окраски. Образующийся синий индофенол экстрагировали 10 мл бутилового спирта, насыщенного 2 %-ным раствором аммиака. После разделения в делительной воронке окрашенный в синий цвет раствор бутилового спирта фильтровали. Интенсивность окраски измеряли на спек-

**Таблица 1 – Содержание фенолов в рыбе после холодного копчения.
Table 1 – The content of phenols in fish after cold smoking.**

| Компоненты | Карп, пласт с головой | | | Карп, потрошённый с головой | | |
|------------------|-----------------------|-------|-------|-----------------------------|-------|-------|
| | Толщина рыбы, мм | | | | | |
| | 2 | 7 | 12 | 2 | 7 | 12 |
| Фенолы, мг/100 г | 13,201 | 6,144 | 3,456 | 13,198 | 5,933 | 3,429 |

трофотометре Carry-50 при длине волны 635 нм. Калибровочную кривую выполняли по гваяколу. По оси ординат откладывали количества гваякола, соответствующие данной оптической плотности (в сотых долях миллиграмма); на оси абсцисс – соответствующие значения оптической плотности [12].

Расчёт проводили по формуле:

$$x = \frac{db \cdot 100}{am}, \text{ МГ\%}, \quad (1)$$

где d - количество фенола, найденное по калибровочной кривой для данной оптической плотности, мг;

a - количество экстракта, взятое на определение, мл;

b - количество водно-спиртового экстракта, мл;

m - навеска, г.

Результаты и их обсуждение

Технологический процесс вели редким по концентрации дымом, при температуре 24-28 °С, скорости движения коптильной среды 0,3-0,9 м/с, влажности в интервале 40-55 %, при этом использовали рыбу разного условного размера, от 2,5 до 4,5 см/см. После достижения рыбой нормируемой влажности и проведения органолептической оценки качества копчёного продукта определяли содержание фенолов на различном расстоянии от кожи рыбы. Полученные данные представлены в таблице 1.

Результаты эксперимента показали, что в процессе холодного копчения все изучаемые технологические факторы оказывают влияние на количество фенолов в пресноводной рыбе после копчения (Y_2) и являются статистически значимыми. Наиболее сильное влияние на данный показатель оказывает такой фактор, как условный

**Рисунок1 – Стандартизированная карта Парето для количества фенолов в рыбе после копчения.
Figure 1 – Standardized Pareto map for the number of phenols in fish after smoking.**

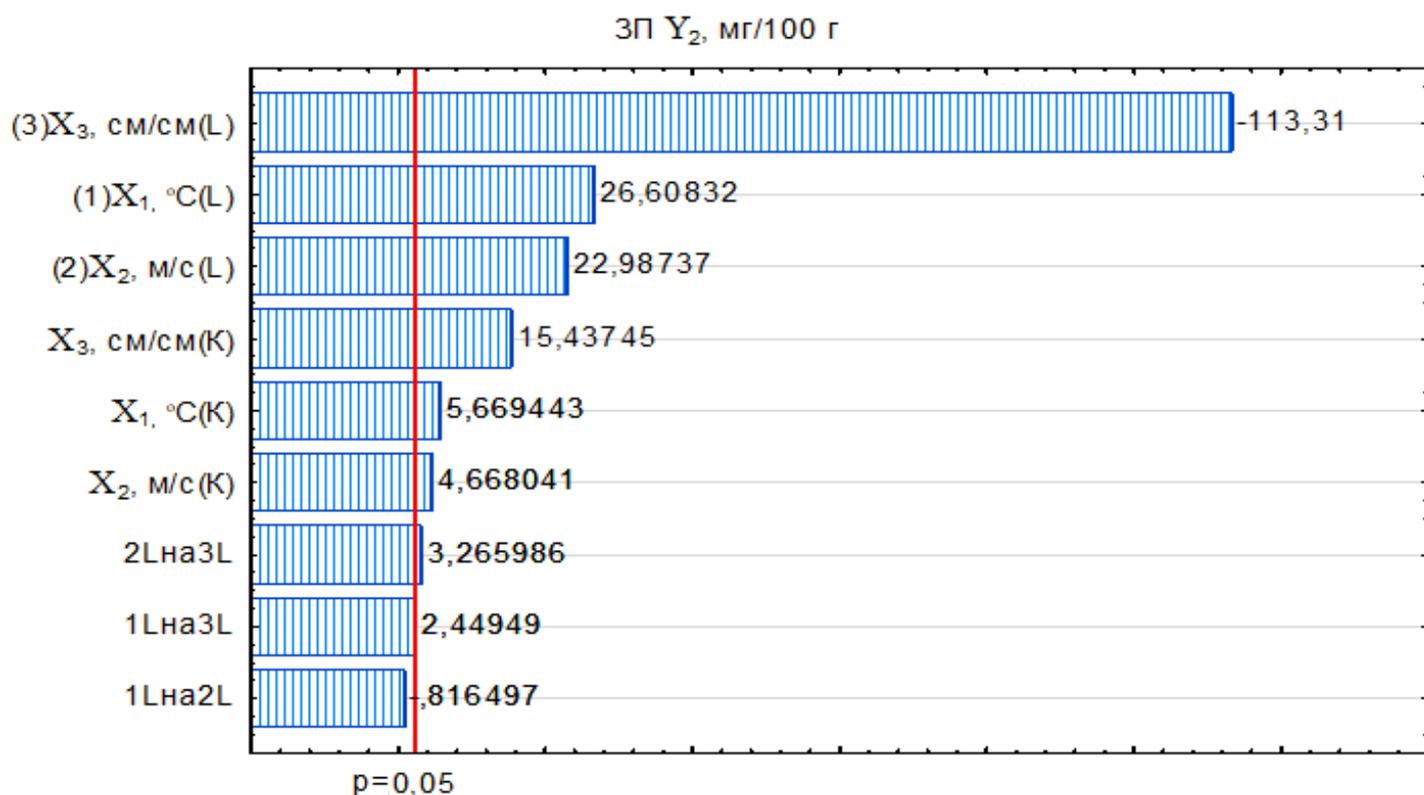
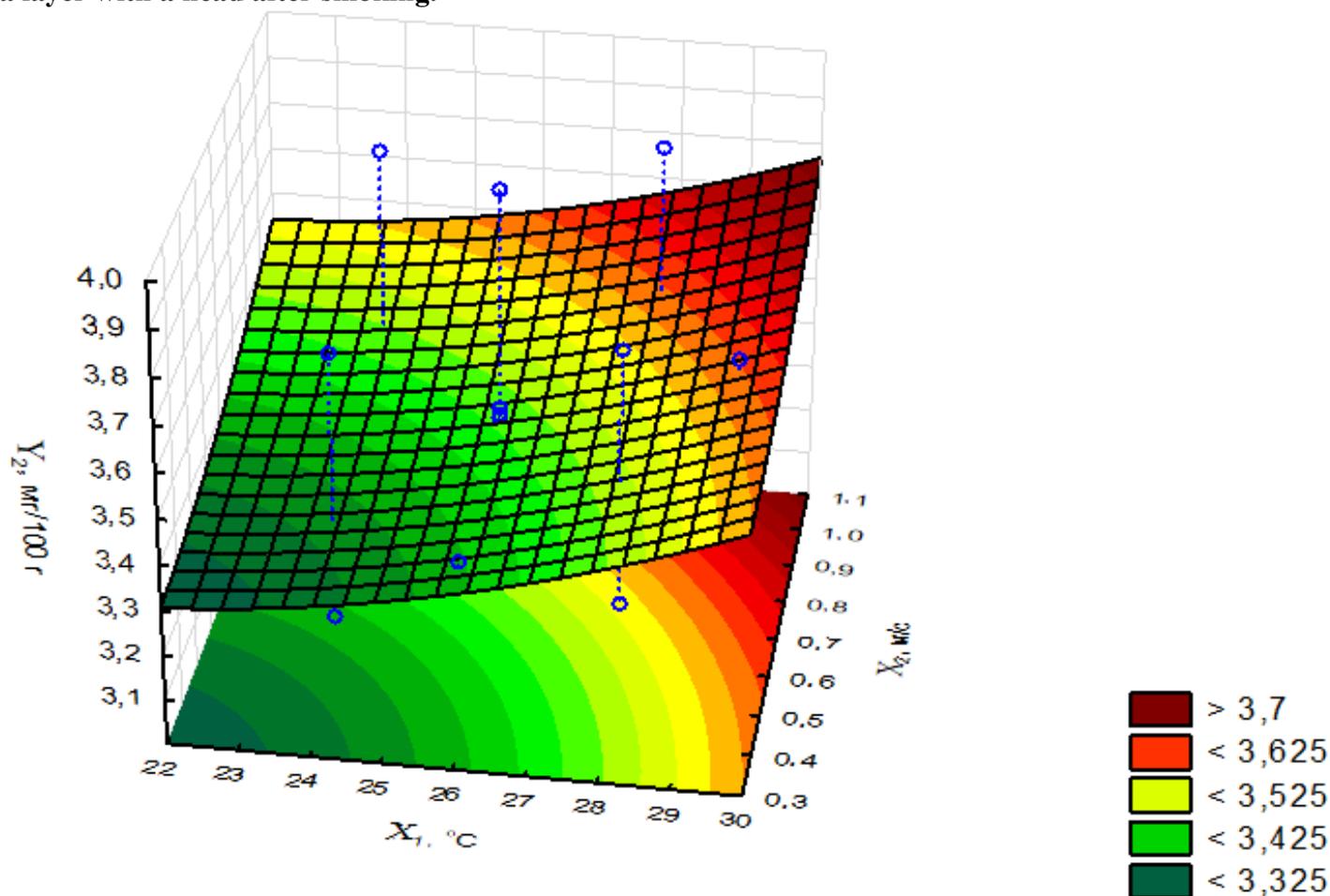


Рисунок 2 – Влияние температуры копильного дыма и скорости его движения на количество фенолов в карпе, разделанного на пласт с головой после копчения.
Figure 2 – Influence of smoke temperature and its speed on the amount of phenols in carp, divided into a layer with a head after smoking.



размер рыбы (X_3). Наименее значимым фактором, оказывающим влияние на количество фенолов Y_2), является температура копильной среды (X_1) и скорость движения копильного дыма (X_2).

На рисунке 1 представлена карта Парето, описывающая значимость факторов для холодного копчения карпа, разделанного на пласт, с головой.

Анализ карты Парето показывает, что с увеличением условного размера сырья уменьшается количество фенолов в рыбе, а с увеличением температуры копильной среды и скорости её движения – увеличивается, при равной продолжительности процесса.

Влияние изучаемых факторов на количество фенолов в рыбе после копчения (Y_2) описывается следующей математической зависимостью ($R=0,980$), с коэффициентами для закодированных (как ± 1) уровней факторов (формула 2):

$$Y_2 = 3,4585 + 0,0624 \cdot X_1 + 0,0123 \cdot X_1^2 + 0,0536 \cdot X_2 + 0,0099 \cdot X_2^2 - 0,2657 \cdot X_3 + 0,0336 \cdot X_3^2 - 0,0025 \cdot X_1 \cdot X_2 - 0,0075 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0,01 \cdot X_2 \cdot X_3, \quad (2)$$

где X_1 – температура копильного дыма, $^\circ\text{C}$;

X_2 – скорость движения копильного дыма, м/с;

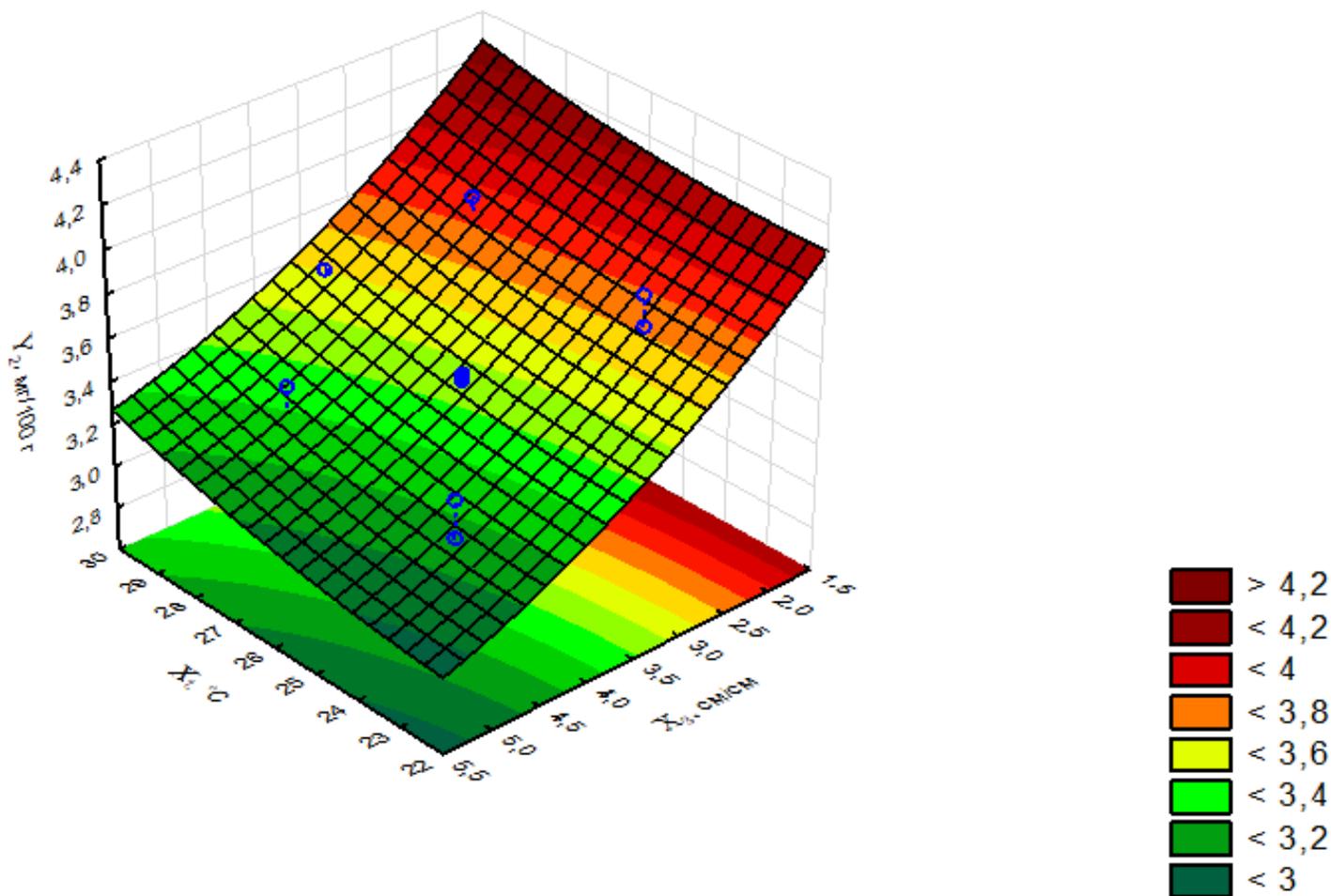
X_3 – условный размер рыбы (отношение длины рыбы к её ширине), см/см.

На рисунке 2 представлена поверхность отклика, отражающая влияние факторов – температуры (X_1) и скорости движения копильного дыма (X_2) на количество фенолов (Y_2) после копчения карпа, разделанного на пласт с головой, с условным размером, равным 3,5 см/см (X_3). Как показал эксперимент, чем выше температура и скорость движения копильного дыма, тем больше количество фенолов в рыбе после копчения.

На рисунке 3 представлена поверхность отклика, отражающая влияние наиболее значимых факторов – условного размера рыбы (X_3) и температуры (X_1) на количество фенолов (Y_2) карпа после копчения, разделанного на пласт с головой, при скорости движения копильного дыма равной 0,7 м/с (X_2). Как показал эксперимент, чем выше температура копильного дыма и меньше услов-

Рисунок 3 – Влияние температуры копильного дыма и условного размера рыбы на количество фенолов в карпе, разделанного на пласт с головой после копчения.

Figure 3 – Influence of the temperature of smoke and the conditional size of fish on the amount of phenols in carp, divided into a layer with a head after smoking.



ный размер рыбы, тем больше количество фенолов в рыбе после технологического процесса.

На рисунке 4 представлена поверхность отклика, отражающая влияние факторов – условного размера рыбы (X₃) и скорости движения копильного дыма (X₂) на количество фенолов (Y₂) карпа после копчения, разделанного на пласт с головой, при температуре копчения 26° С (X₁). Как показал эксперимент, чем больше условный размер рыбы и ниже скорость движения копильного дыма, тем меньше количество фенолов (Y₂) в рыбе после копчения.

Установлены математические зависимости, описывающие влияние изучаемых технологических режимов на функцию отклика при производстве рыбы холодного копчения.

Влияние изучаемых факторов на количество фенолов в рыбе после копчения адекватно описывается уравнением регрессии:

$$Y_1 = 6,3585 - 0,1379 \cdot X_1 + 0,0031 \cdot X_1^2 - 0,0933 \cdot X_2 + 0,2492 \cdot X_2^2 - 0,6333 \cdot X_3 + 0,0336 \cdot X_3^2 - 0,0063 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,0038 \cdot X_1 \cdot X_3 + 0,050 \cdot X_2 \cdot X_3 \quad (3)$$

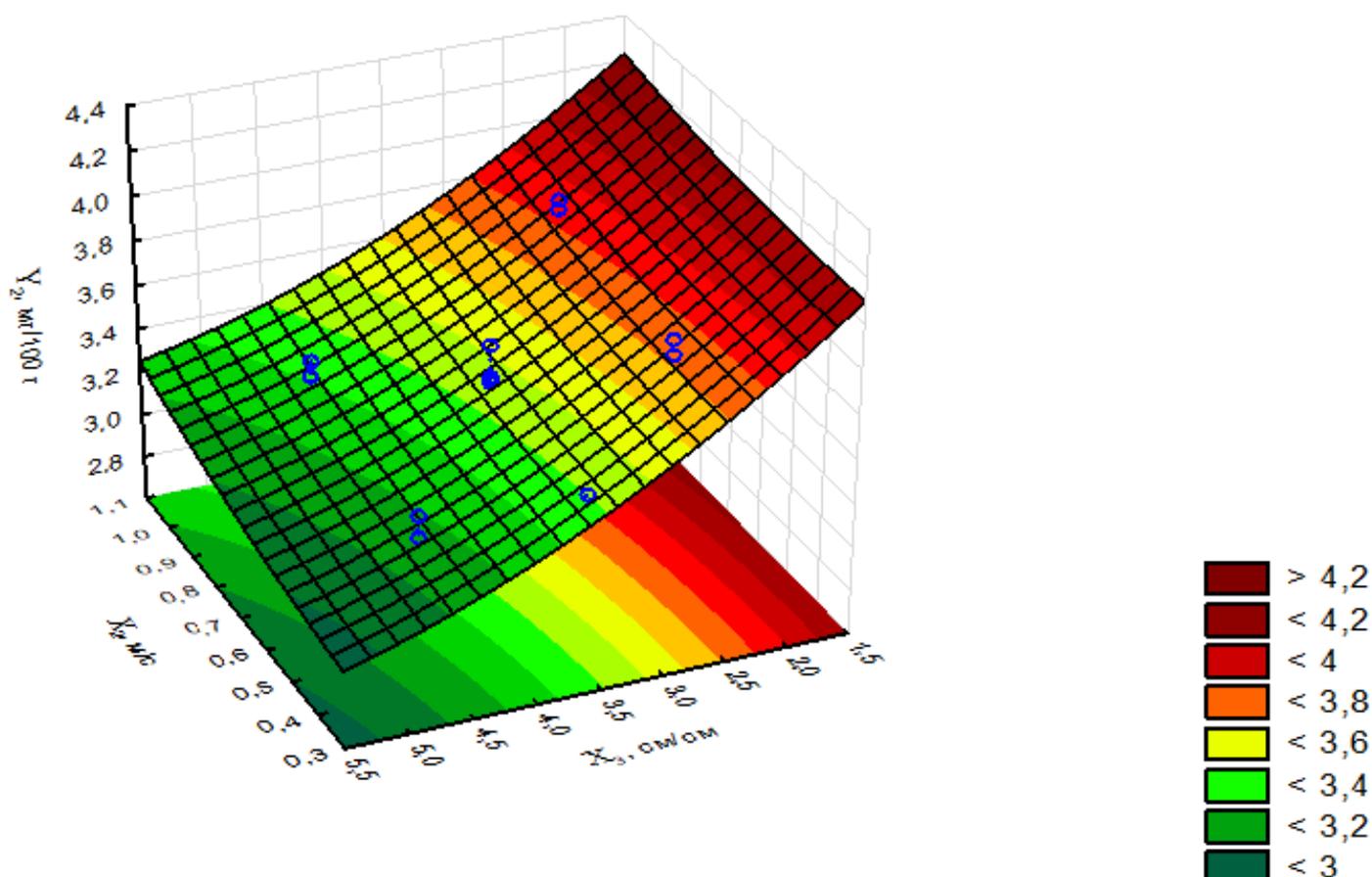
Коэффициент детерминации R² для полученного уравнения составляет 0,9596, что говорит о том, что полученное уравнение адекватно описывает исследуемый процесс.

Таким образом, в результате выполнения эксперимента получена информация о влиянии факторов и построена математическая модель процесса, позволяющая рассчитать количество фенолов в рыбе холодного копчения внутри выбранных интервалов варьирования входных факторов.

При проведении органолептической оценки с использованием балльного метода, с применением коэффициентов весомости для отдельных показателей качества было установлено, что объективная оценка качества рыбы холодного копче-

Рисунок 4 – Влияние скорости движения коптильного дыма и условного размера рыбы на количество фенолов в карпе, разделанного на пласт с головой после копчения.

Figure 4 – Influence of the smoke velocity and the fish's conditional size on the amount of phenols in carp, divided into a layer with a head after smoking.



ния соответствует требованиям технических нормативных правовых актов, копчёная рыба отнесена к первой товароведной категории (1 сорт).

Мазенова О.Я. считает, что для рыбы холодного копчения, в связи с повышением экологичности копчения, фенольное число (количество фенолов) должно составлять до 2–4 мг/100 г, при этом проявляются все признаки копчения [12], обеспечивая сохранность продукта не более 60 суток.

Выводы:

1. Результаты эксперимента показали, что в процессе холодного копчения все изучаемые технологические факторы оказывают влияние на количество фенолов в пресноводной рыбе после копчения и являются статистически значимыми. Наиболее сильное влияние оказывает условный размер рыбы, затем температура и скорость движения коптильного дыма.

2. Установлено, что с увеличением условного размера сырья уменьшается количество фенолов в рыбе, а с увеличением температуры коптильной среды и скорости её движения – увели-

чивается, при равной продолжительности процесса.

3. Получены математические зависимости, описывающие влияние параметров коптильной среды и условного размера рыбы на количество фенолов в рыбе после копчения. Получены регрессионные модели изменения содержания фенолов в толщине рыбы в зависимости от времени копчения.

4. Установлено, что накопление фенолов в толще мышц существенно не отличается в пределах видовой принадлежности рыб и составляет у карпа около 3,4 мг/100 г.

5. Получен готовый продукт из пресноводной рыбы методом холодного дымового копчения с высокими органолептическими показателями и с хорошей устойчивостью при хранении.

Список литературы

1. Козлов А.И. Современное состояние и перспектива развития переработки рыбной продукции в Белорус-

1. сии/ Козлов А.И., Козлова Т.В., Бубырь И.В. // Международный научный журнал. – 2013. – №4.–С.46
2. Основные концептуальные положения развития агропромышленного комплекса Республики Беларусь до 2020 года / В. Гусаков [и др.] // Аграрная экономика. – Минск, 2012. – № 9. – С. 2–14.
3. Бубырь И.В., Исследование потребительских предпочтений при выборе и покупке рыбы холодного копчения.// Topical Issues of Science and Education: Proceedings of the International Scientific Conference, Warsaw, July 17, 2017./ RS Global S. z O.O. – Warsaw, Poland, 2017. – P. 18-22
4. Курко, В.И. Физико – химические и химические основы копчения / В.И. Курко. – М. : Пищепромиздат, 1960. – 224 с.
5. Ершов, А.М. Копчение пищевых продуктов. Повышение энергетической эффективности / А.М. Ершов, В.В.Зотов, С.И. Ноздрин. – Мурманск: МГГУ,1996.– 97с.
6. Хван, Е.А. Исследование некоторых физических и химических свойств коптильного дыма и особенности его осаждения при копчении / Е.А. Хван. – М. : ВНИРО, 1970. – С. 120–129.
7. Курко, В.И. Фенолы коптильного дыма / В.И. Курко, Л.Ф. Кельман.– М. : ВНИИМП, 1962.
8. Родина, Т.Г. Роль фенолов, кислот и карбонильных соединений в образовании аромата копчения / Т.Г. Родина, Т.А. Камалова, Е.И.Чумаков.– М.:МИНХ им. Г.В.Плеханова, – 1980, – Вып11.– С. 33–68
9. Мезенова, О.Я. Научные основы и технология производства копченых продуктов / О.Я Мезенова. – Калининград. : КГТУ, 1997. – 132 с.
10. Курко, В.И. Характеристика фенолов дыма, разделенных методом дробного фрикционирования / В.И. Курко, Л.Ф. Кельман.– М. : ВНИИМП, 1968. – Вып 20.– С.77–84.
11. Способ определения степени копчения: пат. RU 600461 / Курко В.И. – Опубл. 1968.
12. Мезенова, О.Я.Технология, экология и оценка качества копченых продуктов: учебное пособие / О.Я. Мезенова, И.Н. Ким. – Спб. : ГИОРД, 2009. – 488 с