

Эдуард Николаевич Ким<sup>1</sup>, Егор Геннадьевич Тимчук<sup>2✉</sup>, Елена Велориевна Глебова<sup>3</sup>,  
Евгения Петровна Лаптева<sup>4</sup>, Евгений Александрович Заяц<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup>Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, Россия

<sup>1</sup>kim.en@dgtru.ru

<sup>2</sup>timchuk.eg@dgtru.ru

<sup>3</sup>glebova.ev@dgtru.ru

<sup>4</sup>lapteva.ep@dgtru.ru

<sup>5</sup>zaiats.ea@dgtru.ru

## УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ КОПЧЕНИЯ РЫБНОЙ ПРОДУКЦИИ НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ ЕЕ КАЧЕСТВА

*Цель исследования – система управления технологическим процессом копчения рыбной продукции на основе инструментальной оценки ее качества. Объект исследования – технологический процесс копчения рыбной продукции. Теоретические и практические исследования проводились на базе кафедры «Управление техническими системами» ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз» (г. Владивосток, Приморский край). Шкалы органолептической оценки строили согласно рекомендациям ГОСТ ISO 11036-2017 «Органолептический анализ. Методология. Характеристика структуры». Модели строили, используя инструменты методологии IDEF0. Применялись органолептические и инструментальные методы оценки качества копченой рыбной продукции, методы структурно-функционального моделирования процессов. Исследование выполнялось в несколько этапов: разработка методики измерения цветовых характеристик копченой рыбной продукции, идентификация диапазонов значений цветовых характеристик копченой рыбной продукции, разработка модели контроля технологического процесса копчения рыбной продукции, разработка модели управления технологическим процессом копчения рыбной продукции, разработка системы управления технологическим процессом копчения рыбной продукции. Результаты исследования позволили разработать патент № 217961 «Устройство управления готовности копченой рыбной продукции», дата приоритета – 16.12.2022. Разработанный способ может послужить основой для автоматизации как разрабатываемого, так и существующего копильного оборудования. Его использование минимизирует субъективизм органолептических методов контроля готовности копченой рыбной продукции, оптимизирует длительность процесса обработки рыбного сырья копильными средствами и тем самым энергозатраты технологического процесса. Дальнейшее развитие данного исследования возможно путем совершенствования этапа анализа данных на этапе контроля качества копченой рыбной продукции с помощью нейронной сети, которая, анализируя данные цветовых характеристик, будет предлагать оператору варьировать диапазоны значений цветовых характеристик. Релевантность предложений рекуррентной нейронной сети возможно реализовать посредством цепей Маркова.*

**Ключевые слова:** управление технологическим процессом, копченая рыбная продукция, оценка качества, органолептические показатели, цветовые характеристики

**Для цитирования:** Управление технологическим процессом копчения рыбной продукции на основе оценки ее качества / Э.Н. Ким [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2023. № 11. С. 305–310. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-11-305-310.

Eduard Nikolaevich Kim<sup>1</sup>, Egor Gennadievich Timchuk<sup>2</sup>✉, Elena Velorievna Glebova<sup>3</sup>,  
Evgenia Petrovna Lapteva<sup>4</sup>, Evgeniy Aleksandrovich Zayats<sup>5</sup>

1,2,3,4,5Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia

<sup>1</sup>kim.en@dgtru.ru

<sup>2</sup>timchuk.eg@dgtru.ru

<sup>3</sup>glebova.ev@dgtru.ru

<sup>4</sup>lapteva.ep@dgtru.ru

<sup>5</sup>zaiats.ea@dgtru.ru

## MANAGING THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF SMOKING FISH PRODUCTS BASED ON ITS QUALITY ASSESSMENT

*The purpose of the study is a control system for the technological process of smoking fish products based on instrumental assessment of its quality. The object of research is the technological process of smoking fish products. Theoretical and practical research was carried out on the basis of the department of Management of Technical Systems of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Dalrybvuz (Vladivostok, Primorsky Region). Organoleptic evaluation scales were built according to the recommendations of GOSTISO 11036-2017 "Organoleptic analysis. Methodology. Characteristics of the structure". Models were built using IDEF0 methodology tools. Organoleptic and instrumental methods for assessing the quality of smoked fish products, methods of structural and functional modeling of processes were used. Research was carried out in several stages: development of a methodology for measuring the color characteristics of smoked fish products, identification of ranges of values of the color characteristics of smoked fish products, development of a model for controlling the technological process of smoking fish products, development of a model for controlling the technological process of smoking fish products, development of a control system for the technological process of smoking fish products. The results of the study made it possible to develop patent № 217961 "Device for controlling the readiness of smoked fish products", priority date – 12/16/2022. The developed method can serve as the basis for automation of both developed and existing smoking equipment. Its use minimizes the subjectivity of organoleptic methods for monitoring the readiness of smoked fish products, optimizes the duration of the process of processing fish raw materials with smoking means and thereby the energy consumption of the technological process. Further development of this research is possible by improving the data analysis stage at the stage of quality control of smoked fish products using a neural network, which, by analyzing color characteristics data, will offer the operator to vary the ranges of color characteristics values. The relevance of the proposals of a recurrent neural network can be realized using Markov chains.*

**Keywords:** technological process control, smoked fish products, quality assessment, organoleptic indicators, color characteristics

**For citation:** Managing the technological process of smoking fish products based on its quality assessment / E.N. Kim [et al.] // Bulliten KrasSAU. 2023;(11): 305–310. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2023-11-305-310.

**Введение.** Постоянной задачей пищевой промышленности является обеспечение качества и безопасности выпускаемой продукции на основе оптимизации систем контроля и управления технологическими процессами, что нашло отражение и в основных направлениях стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 г. [1].

В области производства копченой рыбной продукции проблемой является отсутствие инструментальных методов контроля ее готовно-

сти в технологическом процессе. Это не позволяет автоматизировать управление процессом копчения, оптимизировать продолжительность процесса, минимизировать энергозатраты.

Управление качеством копченой рыбной продукции в процессе ее производства осложнено субъективностью существующих органолептических методов контроля качества и малой степенью его автоматизации [2–4].

Перспективным направлением решения указанной проблемы является адаптация извест-

ных инструментальных методов для оценки цвета поверхности копченой рыбной продукции и создание на их основе систем автоматического контроля ее качества и управления технологическим процессом копчения.

Вопросами приборного измерения цвета пищевой продукции и создания систем управления качеством на его основе занимались такие ученые, как И.Г. Благовещенский, Л.А. Крылова, И.Б. Томашевич, Н.И. Федянина, Е.М. De Oliveira, А.А. Nashat, M.J. Villaseñor-Aguilar, K. Utai [5–11]. Работы перечисленных авторов содержат теоретические и методические аспекты измерения цвета различной пищевой продукции, но не рассматривают практические элементы создания систем управления качеством копченой рыбной продукции, основанных на приборном измерении ее цветовых характеристик.

**Цель исследования** – разработка системы управления технологическим процессом копчения рыбной продукции на основе инструментальной оценки ее качества, позволяющая автоматизировать и оптимизировать технологический процесс копчения.

**Задачи:** разработка модели процесса измерения цветовых характеристик копченой рыбной продукции; идентификация диапазонов значений цветовых характеристик копченой рыбной продукции; разработка модели контроля технологического процесса копчения рыбной продукции; разработка модели управления технологическим процессом копчения рыбной продукции;

разработка системы управления технологическим процессом копчения рыбной продукции.

**Объекты и методы.** Объектом исследования являлся технологический процесс копчения рыбной продукции. Теоретические и практические исследования проходили на базе кафедры «Управления техническими системами» ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз» г. Владивосток, Приморский край. Шкалы органолептической оценки строили согласно рекомендациям ГОСТ ISO 11036-2017 «Органолептический анализ. Методология. Характеристика структуры». Модели строили, используя инструменты методологии IDEF0.

**Результаты и их обсуждение.** На первом этапе на основе анализа научно-технической литературы и патентной документации была создана модель процесса измерения цветовых характеристик копченой рыбной продукции. Эта модель основана на способе определения цвета копченой продукции из гидробионтов, который заключается в измерении цветовых характеристик в различных цветовых моделях, рекомендованных Международной комиссией по освещению (CIE). Для разработки модели использовались инструменты методологии IDEF0.

Модель процесса измерения цветовых характеристик копченой рыбной продукции представлена на рисунке 1.

Практические исследования позволили определить диапазоны значений цветовых характеристик копченой рыбной продукции, соответствующие ее высокому качеству (табл.).

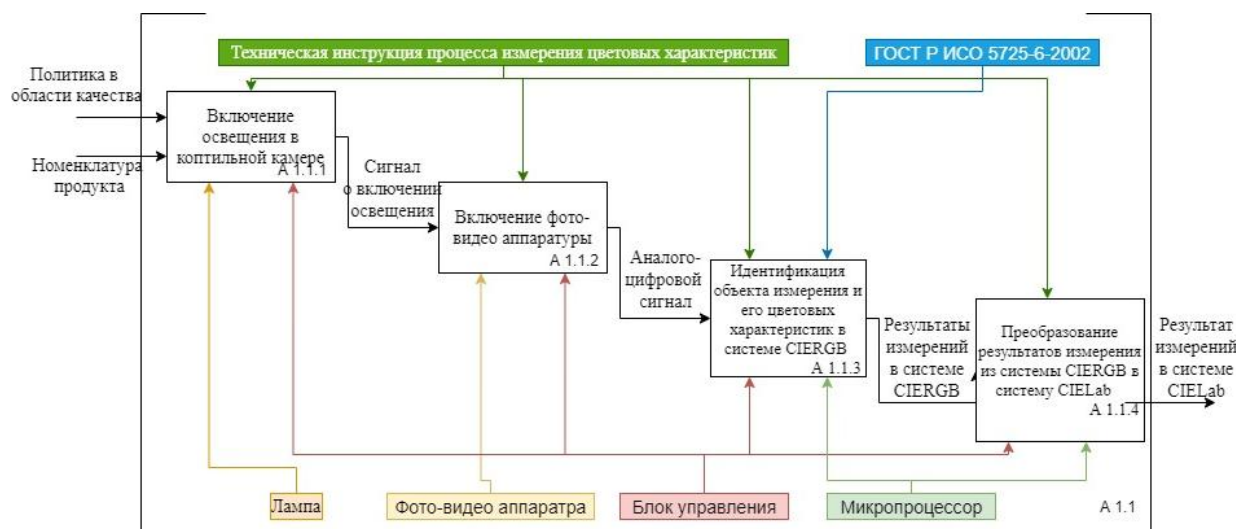


Рис. 1. Модель процесса измерения цветовых характеристик копченой рыбной продукции

**Диапазоны значений цветовых характеристик копченой рыбной продукции**

Ассортимент	Органолептическая оценка, баллы	Доминирующая длина волны, нм	Чистота цвета, %	Яркость, %
Горбуша г/к	5	579–584	48–52	8
Кальмар г/к	5	573–578	50–62	8
Сельдь г/к	5	572–578	52–62	10
Сельдь х/к	5	573–576	48–54	9
Горбуша х/к	5	575–580	44–51	9
Кета х/к	5	578–580	47–53	10
Нерка х/к	5	576–581	54–63	9
Терпуг х/к	5	576–581	51–62	5

Примечание: г/к – горячего копчения; х/к – холодного копчения.

Полученные значения цветовых характеристик копченой рыбной продукции послужили основой для создания базы данных граничных значений цветовых характеристик, сравнение с которой измеренных значений позволило раз-

работать модель технологического процесса копчения рыбной продукции (рис. 2).

Следующим этапом являлось создание модели управления технологическим процессом копчения рыбной продукции (рис. 3).

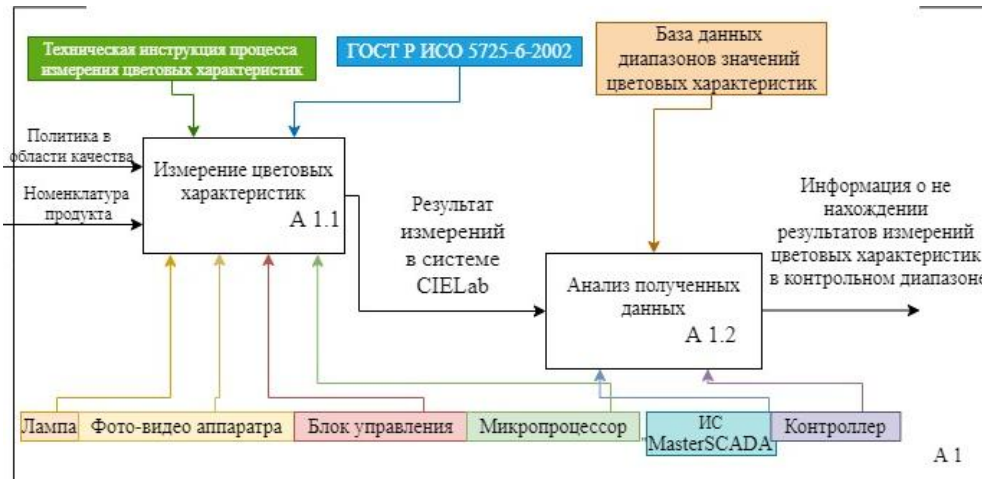


Рис. 2. Модель контроля технологического процесса копчения рыбной продукции



Рис. 3. Модель управления технологическим процессом копчения рыбной продукции

На последнем этапе была разработана система управления технологическим процессом копчения рыбной продукции. Новизна технического решения подтверждена патентом № 217961 «Устройство управления готовности копченой рыбной продукции» [12].

**Заключение.** Разработанный способ управления технологическим процессом копчения рыбной продукции может послужить основой для автоматизации как разрабатываемых, так и существующих коптильных камер. Его использование минимизирует субъективизм органолептических методов исследования, что позволит увеличить рентабельность коптильного производства. Дальнейшее развитие данных исследований возможно путем совершенствования этапа анализа данных на этапе контроля качества копченой рыбной продукции с помощью нейронной сети, которая, анализируя данные цветовых характеристик, будет предлагать оператору варьировать диапазоны значений цветовых характеристик. Релевантность предложений рекуррентной нейронной сети возможно реализовать посредством цепей Маркова.

#### Список источников

1. Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года: распоряжение Правительства РФ № 1364-рот 29 июня 2016 г. URL: <http://static.government.ru/media/files/9JUDtBOPqmoAatAhvT2wJ8UPT5Wq8qlo.pdf> (дата обращения: 05.05.2023).
2. Разработка системы контроля технологического процесса копчения рыбной продукции / Э.Н. Ким [и др.] // Наука и бизнес: пути развития. 2021. № 7 (121). С. 64–67.
3. Тимчук Е.Г. Применение «электронных сенсорных» устройств, оснащенных искусственным интеллектом, для обеспечения качества пищевой продукции // Наука и бизнес: пути развития. 2022. № 10 (136). С. 131–133.
4. Золотин А.Ю., Вайнерман Е.С., Антипова Т.А. Нетривиальный подход к созданию пищевых продуктов // Пищевая промышленность. 2016. № 1. С. 30–33.
5. Использование системы компьютерного зрения для автоматизированного определения органолептических показателей качества семян подсолнечника / Л.А. Крылова [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. 2017. № 12. С. 53–56.
6. Томашевич И.Б. Система компьютерного зрения для измерения цветовых параметров мяса и мясных продуктов: обзор // Теория и практика переработки мяса. 2018. Т. 3, № 4. С. 4–15.
7. Федянина Н.И. Методы определения цветовых характеристик растительного сырья: обзор // Пищевые системы. 2021. Т. 4, № 4. С. 230–238.
8. A computer vision system for coffee beans classification based on computational intelligence techniques / E.M. De Oliveira [et al.] // J Food Eng. 2016. 171:22–27. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2015.10.009.
9. Mazen F.M.A., Nashat A.A. Ripeness classification of bananas using an artificial neural network // Arab J Sci Eng. 2019. 44(8):6901–6910. DOI: 10.1007/s13369-018-03695-5.
10. A maturity estimation of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) by artificial vision system for quality control / M.J. Villaseñor-Aguilar [et al.] // Appl Sci (Switzerland). 2020. 10(15):1–18. DOI: 10.3390/app10155097.
11. Mass estimation of mango fruits (*Mangifera indica* L., cv. 'Nam Dokmai') by linking image processing and artificial neural network / K. Utai [et al.] // EngAgricEnvironFood. 2019. 12(1):103–110. DOI: 10.1016/j.eaef.2018.10.003.
12. Пат. RU 217961 U1. Устройство управления готовности копченой рыбной продукции / Ким Э.Н., Тимчук Е.Г., Стасен С.С.; патентообладатель Дальневосточный гос. технический рыбохозяйственный ун-т. № 2022133278; заявл. 16.12.2022; опубл. 26.04.2023, Бюл. № 12.

#### References

1. Strategiya povysheniya kachestva pischevoj produkcii v Rossijskoj Federacii do 2030 goda: rasporyazhenie Pravitel'stva RF № 1364-rot 29 iyunya 2016 g. URL: <http://static.government.ru/media/files/9JUDtBOPqmoAatAhvT2wJ8UPT5Wq8qlo.pdf> (data obrascheniya: 05.05.2023).
2. Razrabotka sistemy kontrolya tehnologicheskogo processa kopcheniya rybnoj produkcii / `E.N. Kim [i dr.] // Nauka i biznes: puti razvitiya. 2021. № 7 (121). S. 64–67.

3. *Timchuk E.G.* Primenenie «`elektronnyh sensornyh» ustrojstv, osnashchennyh iskusstvennym intellektom, dlya obespecheniya kachestva pischevoj produkcii // *Nauka i biznes: puti razvitiya*. 2022. № 10 (136). S. 131–133.
4. *Zolotin A.Yu., Vajnerman E.S., Antipova T.A.* Netrivial'nyj podhod k sozdaniyu pischevyh produktov // *Pischevaya promyshlennost'*. 2016. № 1. S. 30–33.
5. Ispol'zovanie sistemy komp'yuternogo zreniya dlya avtomatizirovannogo opredeleniya organolepticheskikh pokazatelej kachestva semyan podsolnechnika / *L.A. Krylova [i dr.]* // *Hranenie i pererabotka sel'hozsyrya*. 2017. № 12. S. 53–56.
6. *Tomashevich I.B.* Sistema komp'yuternogo zreniya dlya izmereniya cvetovyh parametrov myasa i myasnyh produktov: obzor // *Teoriya i praktika pererabotki myasa*. 2018. T. 3, № 4. S. 4–15.
7. *Fedyanina N.I.* Metody opredeleniya cvetovyh harakteristik rastitel'nogo syr'ya: obzor // *Pischevye sistemy*. 2021. T. 4, № 4. S. 230–238.
8. A computer vision system for coffee beans classification based on computational intelligence techniques / *E.M. De Oliveira [et al.]* // *J Food Eng*. 2016. 171:22-27. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2015.10.009.
9. *Mazen F.M.A., Nashat A.A.* Ripeness classification of bananas using an artificial neural network // *Arab J Sci Eng*. 2019. 44(8):6901-6910. DOI: 10.1007/s13369-018-03695-5.
10. A maturity estimation of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) by artificial vision system for quality control / *M.J. Villaseñor-Aguilar [et al.]* // *Appl Sci (Switzerland)*. 2020. 10(15):1-18. DOI: 10.3390/app10155097.
11. Mass estimation of mango fruits (*Mangifera indica* L., cv. 'Nam Dokmai') by linking image processing and artificial neural network / *K. Utai [et al.]* // *EngAgricEnvironFood*. 2019. 12(1):103-110. DOI: 10.1016/j.eaef.2018.10.003.
12. Pat. RU 217961 U1. Ustrojstvo upravleniya gotovnosti kopchenoj rybnoj produkcii / *Kim E.N., Timchuk E.G., Stasten S.S.*; patentoobladatel' Dal'nevostochnyj gos. tehničeskij rybohozyajstvennyj un-t. № 2022133278; zayavl. 16.12.2022; opubl. 26.04.2023, Byul. № 12.

Статья принята к публикации 05.10.2023 / The article accepted for publication 05.10.2023.

Информация об авторах:

**Эдуард Николаевич Ким**<sup>1</sup>, заведующий кафедрой управления техническими системами, доктор технических наук, профессор

**Егор Геннадьевич Тимчук**<sup>2</sup>, доцент кафедры управления техническими системами, кандидат технических наук, доцент

**Елена Велориевна Глебова**<sup>3</sup>, доцент кафедры управления техническими системами, кандидат технических наук, доцент

**Евгения Петровна Лаптева**<sup>4</sup>, доцент кафедры управления техническими системами, кандидат технических наук, доцент

**Евгений Александрович Заяц**<sup>5</sup>, аспирант кафедры управления техническими системами

Information about the authors:

**Eduard Nikolaevich Kim**<sup>1</sup>, Head of the Department of Technical Systems Management, Doctor of Technical Sciences, Professor

**Egor Gennadievich Timchuk**<sup>2</sup>, Associate Professor at the Department of Technical Systems Management, Candidate of Technical Sciences, Docent

**Elena Velorievna Glebova**<sup>3</sup>, Associate Professor at the Department of Technical Systems Management, Candidate of Technical Sciences, Docent

**Evgenia Petrovna Lapteva**<sup>4</sup>, Associate Professor at the Department of Technical Systems Management, Candidate of Technical Sciences, Docent

**Evgeniy Aleksandrovich Zayats**<sup>5</sup>, Postgraduate Student at the Department of Technical Systems Management

