

664.951.65

Применение ультрафиолетового бактерицидного облучения в технологии изготовления рыбных рубленых полуфабрикатов из малорентабельного сырья Северного бассейна

И. Э. Бражная*, А. В. Тифанюк, А. В. Михайловская, С. Н. Судак, О. М. Кулик

*Мурманский государственный технический университет, г. Мурманск, Россия;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2412-5698>, e-mail: brazhnayaiye@mstu.edu.ru

Информация о статье Реферат

Поступила в редакцию
29.05.2018;

получена после
доработки
20.07.2019

Ключевые слова:

рыбные рубленые полуфабрикаты, мука амаранта, путассу северная, асептическая обработка, бактерицидное действие, бактерицидные лампы, микроорганизмы, патогенные микроорганизмы, ультрафиолетовое излучение

Разработка методов, позволяющих пролонгировать сроки годности пищевых продуктов, является актуальной и своевременной задачей. В работе изучалось влияние ультрафиолетового бактерицидного облучения на сроки годности рыбных рубленых полуфабрикатов из малорентабельного сырья Северного бассейна с добавлением муки амаранта. Представлено обоснование использования основного сырья – путассу (*Micromesistius poutassou*) неразделанной мороженой, а также компонентов, влияющих на формуемость полуфабрикатов. Проведены исследования воздуха производственных лабораторий с различными группами факторов риска, изучено влияние ультрафиолетового облучения на изменение микробиологических и органолептических показателей охлажденных рыбных рубленых полуфабрикатов с мукой амаранта в процессе хранения и в зависимости от производственных факторов. Изучение влияния бактерицидного облучения на сроки годности готовой продукции проводилось в стерильных и нестерильных условиях. Представлены результаты микробиологических исследований опытных образцов до и после ультрафиолетового облучения. Рассчитаны бактерицидные дозы (экспозиции) и бактерицидная эффективность для данного вида продукции при плоскостном облучении, а также время облучения, достаточное для гибели патогенной микрофлоры. Для достижения требуемой бактерицидной эффективности время экспозиции составляет 5 с. Проведено исследование влияния ультрафиолетового бактерицидного облучения на рыбные рубленые изделия в соответствии с расчетными данными, выполнен сравнительный анализ полученных результатов. В ходе исследований установлено, что использование ультрафиолетового облучения позволяет увеличить сроки годности охлажденных полуфабрикатов, наибольшая бактерицидная эффективность достигается при облучении образцов от 5 до 30 с. Дальнейшее увеличение времени экспозиции на сроки годности рыбных рубленых полуфабрикатов существенного влияния не оказывает. Установлен научно обоснованный срок годности охлажденных рыбных рубленых полуфабрикатов, подвергнутых облучению, который составил 3 сут при температуре 0 ± 2 °C.

Для цитирования

Бражная И. Э. и др. Применение ультрафиолетового бактерицидного облучения в технологии изготовления рыбных рубленых полуфабрикатов из малорентабельного сырья Северного бассейна. Вестник МГТУ. 2019. Т. 22, № 3. С. 338–348. DOI: 10.21443/1560-9278-2019-22-3-338-348.

The use of ultraviolet bactericidal radiation in the technology of manufacturing fish minced semi-finished products from low-profitable raw materials of the Northern Basin

Inna E. Brazhnaya*, Alina V. Tifanyuk, Anastasiya V. Mikhaylovskaya, Svetlana N. Sudak, Olga M. Kulik

Murmansk State Technical University, Murmansk, Russia;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2412-5698>, e-mail: brazhnayaiye@mstu.edu.ru

Article info

Abstract

Received
29.05.2018;

received in revised
20.07.2019

Key words:

fish chopped semi-finished products, amaranth flour, *Micromesistius poutassou*, aseptic treatment, bactericidal action, bactericidal lamps, microorganisms, pathogenic microorganisms, ultraviolet radiation

The development of methods to prolong the shelf life of food products is an urgent and timely task. The effect of ultraviolet bactericidal irradiation on the shelf life of chopped fish semi-finished products from the low-profitable raw materials of the Northern Basin with the addition of amaranth flour has been studied. The rationale for the use of the main raw material – whiting (*Micromesistius poutassou*) of intact frozen, as well as components that affect the formability of semi-finished products has been presented. The laboratories' air with various groups of risk factors has been studied; the influence of ultraviolet radiation on changing the microbiological and organoleptic characteristics of chilled chopped fish semi-finished products with amaranth flour during storage and depending on production factors has been investigated. The study of the effect of bactericidal irradiation on the shelf life of the finished product has been carried out under sterile and non-sterile conditions. The results of microbiological studies of experimental samples before and after ultraviolet irradiation and their analysis compared with the control have been presented. The bactericidal dose (exposure) and the efficiency for this type of product during planar irradiation, as well as the irradiation time sufficient for the death of pathogenic microflora have been calculated. To achieve the desired bactericidal efficiency, the exposure time is 5 s. The effect of ultraviolet bactericidal irradiation on the products under investigation has been studied in accordance with the calculated data, and a comparative analysis of the results obtained has been performed. In the course of the research it has been found that the use of ultraviolet irradiation allows to increase the shelf life of cooled semi-finished products, the highest bactericidal efficiency is achieved by irradiating samples from 5 to 30 s. Further increase in exposure time for the shelf life of chopped fish semi-finished products does not have a significant effect. A scientifically grounded shelf life of chilled chopped fish semi-finished products subjected to irradiation has been established: 3 days at the temperature of 0 ± 2 °C.

For citation

Brazhnaya, I. E. et al. 2019. The use of ultraviolet bactericidal radiation in the technology of manufacturing fish minced semi-finished products from low-profitable raw materials of the Northern Basin. *Vestnik of MSTU*, 22(3), pp. 338–348. (In Russ.) DOI: 10.21443/1560-9278-2019-22-3-338-348.

Введение

На сегодняшний день вопрос об обеспечении людей высококачественной пищевой продукцией является особенно актуальным¹. Выбор и обоснование видового состава сырья, разработка рецептур, которые способствуют получению пищевой продукции с высокими органолептическими показателями, определенными потребительскими и технологическими характеристиками обеспечивают создание высококачественной продукции, позволяют предварительно прогнозировать качество готовой продукции. Рыба и продукты ее переработки являются высокоценными продуктами питания. В рыбе содержатся в оптимальных для организма человека соотношениях необходимые соединения, такие как незаменимые аминокислоты, полиненасыщенные жирные кислоты, жирорастворимые витамины, микро- и макроэлементы. Одним из перспективных направлений в рыбной промышленности России является производство рыбного фарша. Производство рыбных изделий, приготовленных на основе измельченного мяса рыбы, достаточно актуально, так как по количеству выхода съедобной части считается наиболее рациональным (Григоренко и др., 2004). Технология производства рубленых изделий позволяет вводить различные наполнители, которые повышают биологическую ценность, содержат необходимые человеку витамины и минеральные вещества. Использование в рецептурах рыбных полуфабрикатов, блюд и кулинарных изделий различных растительных компонентов позволяет эффективно корректировать их пищевую ценность, расширить ассортимент продукции, обеспечить потребителей высококачественными продуктами питания (Бредихина и др., 2012; Вайтанис, 2013; Потапова и др., 2016; Габдукаева и др., 2013). Новые виды кулинарных изделий из малорентабельного рыбного сырья Северного бассейна способны удовлетворить спрос населения на данную продукцию. Примером является путассу, которая за последнее десятилетие стала одним из наиболее востребованных сырьевых ресурсов в кулинарном производстве (Бражная и др., 2015; Грибова и др., 2015). Путассу относится к нежирным объектам промысла (в мясе содержание жира составляет не более 1,2 %), в среднем содержит около 18,5 % белка, отличается приятным вкусом и ароматом.

Химический состав мяса северной путассу представлен в табл. 1.

Таблица 1. Химический состав мяса путассу северной
Table 1. Chemical composition of the Northern blue whiting meat

Вид сырья	Массовая доля, %			
	Вода	Белок	Жир	Минеральные соединения
Мясо путассу	80,2	18,1	0,3	1,4

Хорошие реологические свойства мяса путассу, высокое содержание белка и практически полное отсутствие жира позволяют использовать данное сырье для производства фаршей (Бражная и др., 2015; Грибова и др., 2015). Добавки растительного происхождения улучшают технологические свойства фаршей и повышают качество готовых изделий. В настоящее время хлеб, крахмал и манная крупа нашли широкое применение в качестве компонентов для продукции из рыбного фарша. На сегодняшний день изучена возможность использования новых видов растительного сырья, а именно продуктов переработки семян амаранта, обладающих улучшенным химическим составом, высокой пищевой и биологической ценностью. По содержанию белка они превосходят сою и пшеницу, содержат все незаменимые аминокислоты. Мука амаранта является одним из продуктов переработки термически обработанных семян. Установлено, что при обжарке в них происходят значительные физико-химические изменения, что приводит к увеличению геометрических размеров, снижению массы за счет испарения влаги и распада собственных сахаров. Сахар, карамелизуясь, придает семенам амаранта коричневую окраску, влияет на изменение вкуса и аромата, что в свою очередь является важным фактором, формирующим органолептические качества готового продукта (Дегтярева и др., 2015). Амарантовая мука отличается наибольшим содержанием белков (Михеева и др., 2014) и сахаров, превосходя по этому показателю муку пшеничную хлебопекарную в среднем на 38,8 и 78,6 % соответственно. В настоящее время продукты переработки амаранта применяются в производстве хлебобулочных, макаронных изделий, мясных и рыбных полуфабрикатов (Бражная и др., 2015; Грибова и др., 2015; Смирнов и др., 2016; Шмалько и др., 2004; 2017). Также для обеспечения высокого качества и сохранности продукции необходимо особое внимание уделять выбору вида упаковки и учитывать условия фасования. Перспективным и рациональным приемом обеззараживания упаковочных полимерных материалов является их асептическая обработка непосредственно перед расфасовкой продукции. В пищевой промышленности с целью обеззараживания поверхностей оборудования, упаковки и сырья используют ультрафиолетовое излучение. К примерам успешного использования этого метода можно отнести обработку воды, используемой для напитков, ножей для нарезки хлеба, дезинфекцию столовых принадлежностей, а также воздуха в производственных помещениях. Бактерицидные лампы, излучая ультрафиолетовые лучи, губительно действуют как на патогенную, так и на сапрофитную микрофлору,

¹ Основы государственной политики РФ в области здорового питания населения на период до 2020 года: распоряжение Правительства Рос. Федерации от 25 окт. 2010 г. № 1873-р // Собр. законодательства Рос. Федерации. 2010. № 45. Ст. 5869.

при этом происходит снижение общего числа патогенных микроорганизмов в воздушной среде до определенного уровня. Более чувствительны к воздействию ультрафиолетового излучения вирусы и бактерии в вегетативной форме (палочки, кокки). Наибольшей устойчивостью обладают плесневые и дрожжевые грибы, а также спорообразующие прокариоты (Мяленко, 2009; Федотова и др., 2016; Рождественская и др., 2016). Проведенный литературный и патентный поиск показал, что требования к процессам производства, хранения, транспортирования, реализации и утилизации, а также требования к маркировке и упаковке пищевой рыбной продукции в соответствии с ТР ЕАЭС 040/2016² исследованы достаточно хорошо по сравнению со сведениями о воздействии ультрафиолетового излучения на продукцию из рубленого рыбного сырья. Таким образом, изучение влияния ультрафиолетового облучения на сроки годности рыбных рубленых изделий является актуальным и своевременным.

Материалы и методы

В качестве сырья для производства полуфабрикатов рыбных рубленых изделий использовали путассу северную (*Micromesistius poutassou*) неразделанную мороженую. Данное сырье активно облавливается на Северном бассейне и доступно для промышленного производства в течение всего календарного года. Для повышения биологической ценности фарша, улучшения формуемости полуфабрикатов использовали амарантовую муку. Для улучшения ее специфического запаха и привкуса производили сухую пассеровку (Бражная и др., 2015; Грибова и др., 2015). Основное и дополнительное сырье, вспомогательные материалы и другие компоненты, которые были использованы в работе, соответствовали требованиям действующей нормативной документации. По показателям безопасности и микробиологическим показателям все сырье и вспомогательные материалы отвечали требованиям ТР ЕАЭС 040/2016³. Опытные образцы хранили при температуре 0 ± 2 °С. Оценку органолептических показателей осуществляли с помощью специально разработанной балльной шкалы. В ходе работы проводили обоснование сроков годности готовой продукции на основе анализа органолептических показателей качества и микробиологических показателей безопасности в процессе хранения⁴. Микробиологические испытания производили по стандартным методикам. Для ультрафиолетового облучения формованных полуфабрикатов был использован облучатель марки ОБН-15/01-УФИК, относящийся к числу экранированных, позволяющий проводить рассеянное воздействие на объекты практически в непрерывном режиме при помощи закрытой лампы, которая излучает коротковолновый ультрафиолетовый свет типа УФ-С с длиной волны (λ) 235,7 нм, что обеспечивает максимальное бактерицидное действие. Бактерицидную эффективность рассчитывали по формулам, представленным ниже⁵.

Расчет величины телесного угла, Ω (ср), проводили по формуле

$$\Omega = \frac{S}{\lambda^2}, \quad (1)$$

где S – облучаемая площадь, м²; λ – длина волны излучения, нм.

Силу излучения (угловую плотность потока излучения), I_e (Вт/ср) рассчитывали по формуле

$$I_e = \frac{\Phi_e}{\Omega}, \quad (2)$$

где Φ_e – поток излучения (мощность излучения), Вт; Ω – величина телесного угла, ср.

Расчет величины потока излучения (мощность энергетического излучения), Φ_e (Вт), проводили по формулам

$$\Phi_e = I_e \cdot \Omega, \quad (3)$$

где I_e – сила излучения (угловая плотность потока излучения), Вт/ср; Ω – величина телесного угла, ср;

$$\Phi_e = \frac{W_e}{t}, \quad (4)$$

где W_e – энергия излучения, Дж; t – время воздействия, с;

$$\Phi_e = I_e \cdot \frac{S}{\lambda^2}, \quad (5)$$

² ТР ЕАЭС 040/2016. Технический регламент Евразийского экономического союза "О безопасности рыбы и рыбной продукции". URL: <http://docs.cntd.ru/document/420394425>.

³ Там же.

⁴ Там же ; МУК 4.2.1847-04. Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов. Введ. 20.06.2004.

⁵ Р 3.5.1904-04. Использование ультрафиолетового бактерицидного излучения для обеззараживания воздуха в помещениях. Взамен 3.1.683-98; введ. 2004-03-04. М., 2004 ; МУ 2.3.975-00. Применение ультрафиолетового бактерицидного излучения для обеззараживания воздушной среды помещений организаций пищевой промышленности, общественного питания и торговли продовольственными товарами. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200007041>.

где I_e – сила излучения (угловая плотность потока излучения), Вт/ср; S – облучаемая площадь, м²; λ – длина волны излучения, нм;

$$\Phi_e = E_e \cdot S, \quad (6)$$

где E_e – поверхностная плотность потока излучения, Вт/м²; S – облучаемая площадь, м².

Поверхностную плотность потока излучения, E_e (Вт/м²), рассчитывали по формуле

$$E_e = \frac{\Phi_e}{S}. \quad (7)$$

Микроорганизмы относятся к кумулятивным фотобиологическим приемникам, следовательно, результат взаимодействия ультрафиолетового бактерицидного излучения и микроорганизма зависит от его вида и бактерицидной дозы. По формуле (8) были проведены расчеты поверхностной дозы излучения, H_s (Дж/м²), которая представляет собой отношение энергии излучения (W_e , Дж) к облучаемой площади (S , м²)

$$H_s = \frac{W_e}{S}. \quad (8)$$

Расчет поверхностной бактерицидной дозы облучения, H_s (Дж/м²), производили по формулам

$$H_s = \frac{I_e \cdot S \cdot t}{\lambda^2}, \quad (9)$$

$$H_s = \frac{I_e \cdot t}{\lambda^2}, \quad (10)$$

где I_e – сила излучения (угловая плотность потока излучения), Вт/ср; S – облучаемая площадь, м²; λ – длина волны излучения, нм; t – время воздействия, с.

Поверхностную бактерицидную дозу, H_s (Дж/м²), также можно рассчитать по формуле

$$H_s = E_{\text{вк}} \cdot t, \quad (11)$$

где $E_{\text{вк}}$ – бактерицидная облученность, Вт/м²; t – время воздействия, с.

Бактерицидную эффективность, $J_{\text{вк}}$ (%), оценивали в процентах как отношение числа погибших микроорганизмов (N_2) к их начальному числу до облучения (N_1) по формуле

$$J_{\text{вк}} = \frac{N_2}{N_1} \cdot 100 \%. \quad (12)$$

Для расчета длительности эффективного облучения (времени, в течение которого происходит процесс облучения объекта и достигается заданный уровень бактерицидной эффективности), t_3 (с), использовали формулу

$$t_3 = \frac{H_s \cdot S \cdot K_3}{K_{\text{ф}} \cdot \Phi_{\text{вкл}} \cdot K_{\text{вк}}}, \quad (13)$$

где H_s – бактерицидная доза, Дж/м², соответствующая заданному значению бактерицидной эффективности; S – площадь облучаемой поверхности, м²; K_3 – коэффициент запаса; $K_{\text{ф}}$ – коэффициент использования бактерицидного потока ламп; $K_{\text{вк}}$ – коэффициент эффективности бактерицидного действия; $\Phi_{\text{вкл}}$ – бактерицидный поток лампы, Вт.

Результаты и обсуждение

Исследования выполнялись в научно-исследовательской лаборатории кафедры технологий пищевых производств. Опытные образцы полуфабрикатов производили по разработанной технологической схеме (Бражная и др., 2015; Грибова и др., 2015) в разных условиях:

1) в производственных лабораториях не проводили дезинфекцию, производственный персонал работал без одноразовых перчаток, головных уборов и бахил. Не работала приточно-вытяжная вентиляция;

2) в производственных лабораториях проведена дезинфекция, производственный персонал работал в одноразовых перчатках, головных уборах и бахилах. Приточно-вытяжная вентиляция работала.

Результаты микробиологического исследования воздуха производственных лабораторий с разным количеством факторов риска приведены в табл. 2. На производственных столах и оборудовании наличие патогенной микрофлоры не установлено.

Таблица 2. Результаты микробиологического исследования воздуха
Table 2. The results of microbiological air tests

Наименование показателя, единица измерения	Помещения с большим количеством факторов риска	Помещения с меньшим количеством факторов риска	Нормативное значение
Мезофильные аэробные и факультативно-анаэробные микроорганизмы (КМАФАнМ), КОЕ в 1 м ³ , не более	50,0×10 ¹	80	200
Плесени, КОЕ в 1 м ³ , не более	20	10	20

Далее полуфабрикаты направляли на ультрафиолетовое поверхностное плоскостное облучение в течение 30 с, 1 и 2 мин с двух сторон. Затем герметично упаковывали в полимерные пакеты из материала, разрешенного Министерством здравоохранения и социального развития Российской Федерации для контакта с пищевыми продуктами, и закладывали на хранение при температуре 0 ± 2 °С согласно СанПиН 2.3.2.1324 "Гигиенические требования к срокам годности и условиям хранения пищевых продуктов"⁶.

Микробиологические показатели определяли в момент изготовления, а также на 3, 5, 7 сутки. Результаты микробиологических исследований образцов представлены на рис. 1, 2.

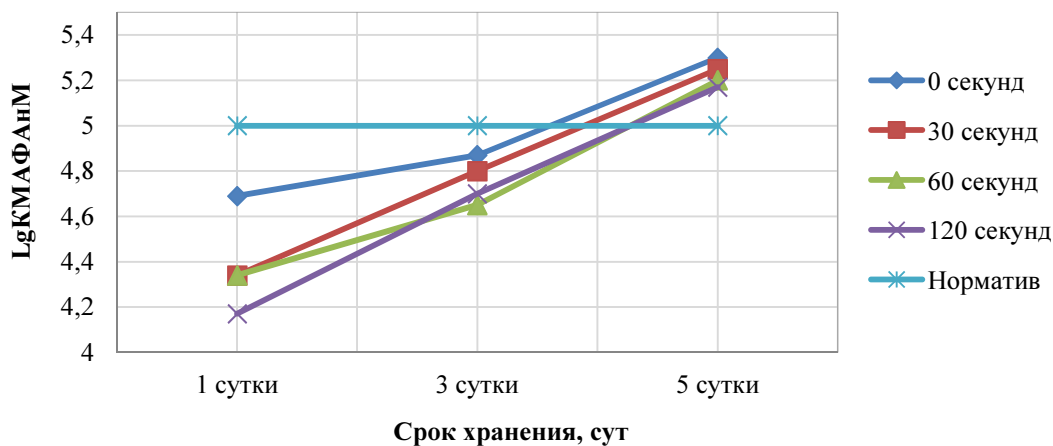


Рис. 1. Динамика показателя КМАФАнМ образцов, произведенных в нестерильных условиях, в процессе хранения

Fig. 1. Dynamics of indicator of KMAFAnM samples produced in non-sterile conditions during storage

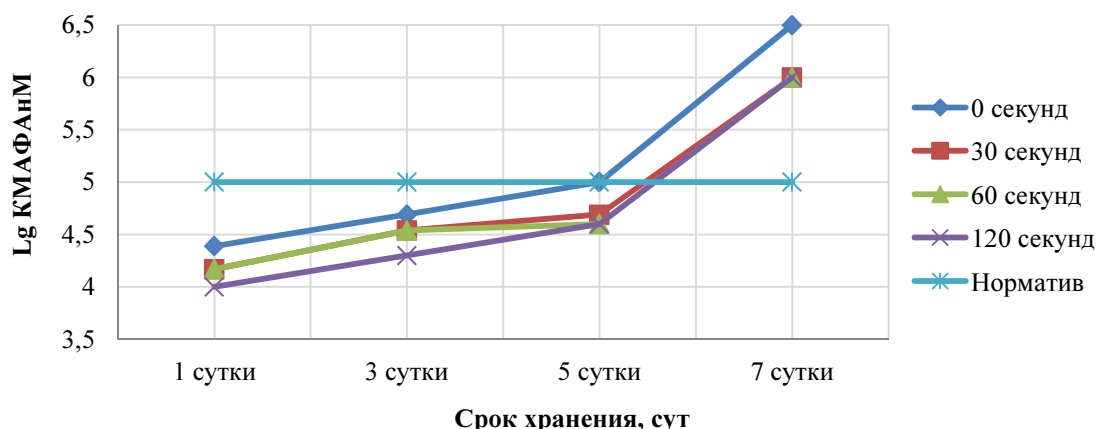


Рис. 2. Динамика показателя КМАФАнМ образцов, произведенных в стерильных условиях, в процессе хранения

Fig. 2. Dynamics of indicator of KMAFAnM samples produced under sterile conditions during storage

⁶ СанПиН 2.3.2.1324-03. Гигиенические требования к срокам годности и условиям хранения пищевых продуктов. Введен с 25.06.03 г. Изд. офиц. М., Изд-во стандартов.

Данные, представленные на рис. 1 и 2, свидетельствуют о наличии бактерицидного эффекта от ультрафиолетового облучения продукции, который с течением времени минимизируется. При этом в производственных помещениях с меньшим количеством факторов риска бактерицидный эффект выше по сравнению с помещениями с большим количеством факторов риска. Также установлена зависимость количества КМАФАнМ от продолжительности облучения. Облучение в течение 30 с позволяет снизить данный показатель у опытных образцов по сравнению с контрольным без учета в любых производственных условиях вне зависимости от количества факторов риска. Дальнейшее увеличение продолжительности облучения не ведет к заметным изменениям показателя КМАФАнМ вне зависимости от производственных условий. При этом в помещениях с большим количеством факторов риска данный показатель нарастает более активно в процессе хранения по сравнению с помещениями с меньшим количеством факторов риска, что в свою очередь и определяет период пролонгирования сроков годности опытных образцов продукции по сравнению с контрольными.

Используя полученные результаты, произведен расчет показателя бактерицидной эффективности. Результаты приведены в табл. 3.

Таблица 3. Показатель бактерицидной эффективности для производственных помещений
Table 3. Bactericidal efficacy rate for industrial premises

Время облучения, с	С меньшим количеством факторов риска, %	С большим количеством факторов риска, %
30	50	20
60	50	20
120	65	35,2

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод о том, что при облучении образцов от 30 до 60 с в помещениях как с большим, так и с меньшим количеством факторов риска создаются условия, при которых не наблюдается значительных различий в бактерицидной эффективности опытных образцов. Бактерицидная эффективность составляет 20 % для помещений с большим количеством факторов и 50 % для помещений с меньшим количеством факторов. При увеличении времени облучения до 120 с бактерицидный эффект увеличивается с 50 до 65 % в помещениях с меньшим количеством факторов и с 20 до 35,2 % для помещений с большим количеством факторов риска. При этом эффект от проведения ультрафиолетового облучения с течением времени теряется и стойкого пролонгированного эффекта не наблюдается. Учитывая невысокую бактерицидную эффективность поверхностного облучения, целесообразно проводить объемное облучение рыбного фарша в момент перемешивания при внесении пищевых компонентов. Далее в ходе работы проведены расчеты поверхностной дозы излучения. Бактерицидный поток излучения – бактерицидная мощность излучения, которая оценивается по воздействию на микроорганизмы согласно относительной спектральной бактерицидной эффективности в соответствии с руководством Р 3.5.1904-04⁷.

Сила излучения, иначе угловая плотность потока излучения – это отношение потока излучения к телесному углу, в котором распространяется излучение.

Расчет величины телесного угла проводили по формуле (1). Результаты представлены ниже:

$$\Omega = \frac{0,1}{0,2^2} = 2,5.$$

Таким образом, величина телесного угла составила 2,5 ср.

Пользуясь формулой (10), произвели расчет бактерицидной дозы облучения:

$$H_s = \frac{5,1 \cdot 30}{0,2^2} = 3\,825, \text{ Дж/м}^2.$$

Пользуясь уравнениями (3) и (6), произвели расчет поверхностной плотности потока излучения, E_e (Вт/м²):

$$E_e = \frac{15 \cdot 0,85}{0,1} = 127,5, \text{ Вт/м}^2.$$

Расчет поверхностной бактерицидной дозы облучения, H_s (Дж/м²), провели по формуле (10). Результаты расчета представлены ниже:

$$H_s = 127,5 \cdot 30 = 3\,825.$$

⁷ Р 3.5.1904-04. Использование ультрафиолетового бактерицидного излучения для обеззараживания воздуха в помещениях. Взамен 3.1.683-98; введ. 2004-03-04. М., 2004.

Из приведенных выше расчетов следует, что при различных изменениях значений указанных параметров можно получить одинаковое значение бактерицидной дозы облучения. При всем этом нелинейная чувствительность фотобиологического приемника ограничивает возможность широкой вариации этими параметрами. Экспериментально установлено, что для сохранения заданного уровня бактерицидной эффективности допускается не более 5 кратных вариаций значений параметров. Поэтому затем был произведен расчет нормативного времени бактерицидного облучения для некоторых микроорганизмов при бактерицидной эффективности 99,9 %.

Для расчета длительности эффективного облучения, t_3 (с), использовали формулу (13). В результате установлено, что расчетное время эффективного облучения для указанных ниже микроорганизмов составляет:

$$t_3(\text{St. aureus}) = \frac{66 \cdot 0,1 \cdot 1,1}{0,4 \cdot 15 \cdot 0,85} = 2, \text{ с};$$

$$t_3(\text{Clostridium}) = \frac{220 \cdot 0,1 \cdot 1,1}{0,4 \cdot 15 \cdot 0,85} = 5, \text{ с};$$

$$t_3(\text{Escherichia Coli}) = \frac{66 \cdot 0,1 \cdot 1,1}{0,4 \cdot 15 \cdot 0,85} = 2, \text{ с};$$

$$t_3(\text{Salmonella Typhimurium}) = \frac{152 \cdot 0,1 \cdot 1,1}{0,4 \cdot 15 \cdot 0,85} = 4, \text{ с}.$$

Расчеты показывают, что нормативное время облучения с бактерицидной эффективностью 99,9 % для бактерий вида Salmonella составляет 4 с, для бактерий рода Clostridium – 5 с, для бактерий вида Escherichia coli – 2 с. Таким образом, исходя из полученных расчетов и результатов микробиологических исследований, можно сделать вывод, что для достижения требуемой бактерицидной эффективности время экспозиции составит 5 с при использовании поверхностного облучения. На основе полученных расчетных данных принято решение, что целесообразно проводить повторное исследование с образцами, приготовленными в стерильных условиях с использованием рассчитанных режимов и с учетом нормативного времени облучения для разных видов микроорганизмов. Результаты повторных микробиологических исследований образцов рыбных рубленых полуфабрикатов, хранившихся при температуре 0 ± 2 °С, облученных ультрафиолетовыми лучами и приготовленных в стерильных условиях, представлены на рис. 3 и в табл. 4.

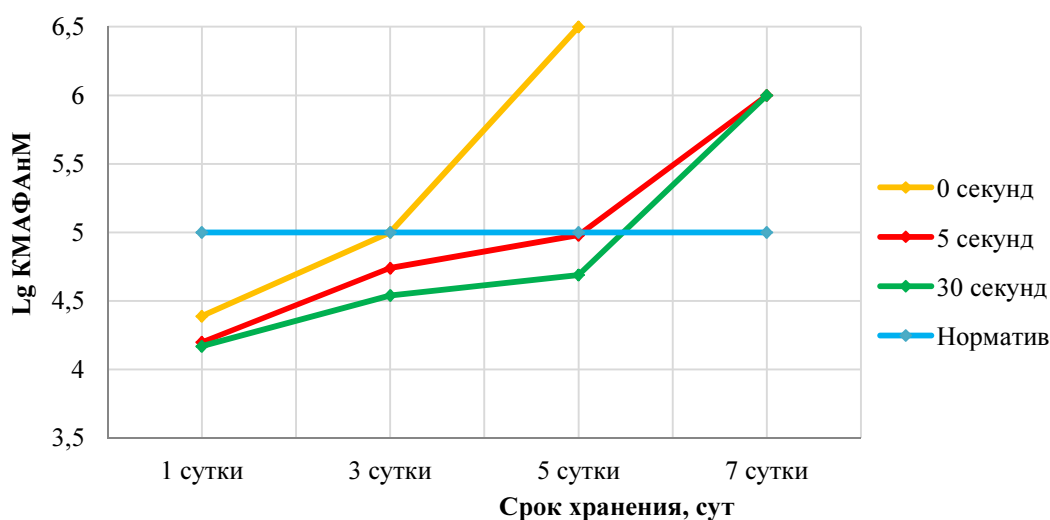


Рис. 3. Динамика показателя КМАФАнМ в ходе повторного исследования
Fig. 3. Dynamics of KMAFAnM indicator in the course of re-research

Данные, представленные на рис. 3, показывают, что у образцов, не подверженных облучению, показатель КМАФАнМ достигает предельно допустимого значения по нормативной документации на 3 сутки хранения. У образцов, облученных 5 с, – на 5 сутки. У образцов, облученных 30 с, на 5 сутки хранения показатель КМАФАнм не превышает предельно допустимого значения, а на 7 сутки – превышает данный показатель⁸.

⁸ ТР ЕАЭС 040/2016. Технический регламент Евразийского экономического союза "О безопасности рыбы и рыбной продукции". URL: <http://docs.cntd.ru/document/420394425>.

Таблица 4. Результаты микробиологических исследований
Table 4. The results of microbiological studies

Наименование показателя, единица измерения	Нормативный документ на метод определения ⁹	Значение показателя по нормативной документации	Время облучения, с	Срок хранения, сут			
				1	3	5	7
Бактерии группы кишечных палочек (БГКП), в 0,001 г	ГОСТ 31747-2012	не допускаются	5	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены
			30	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены
<i>Staphylococcus aureus</i> , в 0,01 г	ГОСТ 31746-2012	не допускаются	5	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены
			30	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены
Сальмонеллы, в 25 г	ГОСТ 31659-2012 (ISO 6579:2002)	не допускаются	5	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены
			30	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены
<i>L. monocytogenes</i> , в 25 г	ГОСТ 32031-2012	не допускаются	5	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены
			30	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены
<i>V. parahaemolyticus</i> , КОЕ в 1 г, не более	МУК 4.2.2046-06	100	5	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены
			30	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены

Таким образом, срок годности с учетом коэффициента резерва согласно МУК 4.2.1847-04 "Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов"¹⁰ составит для необлученных образцов – 24 ч, что соответствует требованиям СанПиН 2.3.2.1324-03 "Гигиенические требования к срокам годности и условиям хранения пищевых продуктов"¹¹, для образцов, подвергнутых облучению 5 с, – 3 суток, для облученных 30 с – 5 суток. При облучении образцов от 30 с и более создаются жесткие условия, при которых не наблюдается значительных различий в бактерицидной эффективности опытных образцов. Из чего следует, что дальнейшее облучение образцов не имеет смысла.

Параллельно с микробиологическими исследованиями проводились органолептические исследования образцов данного вида продукции. Результаты исследования изображены в виде профилограмм на рис. 4–6.

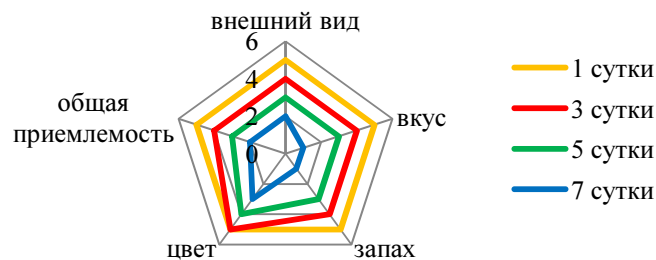


Рис. 4. Профилограммы органолептического анализа образцов, не подвергнутых УФ-облучению, в процессе хранения
Fig. 4. Profilogram of samples not subjected to UV radiation

⁹ ГОСТ 31747-2012. Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий). М., 2013 ; ГОСТ 31746-2012. Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества коагулазоположительных стафилококков и *Staphylococcus aureus*. М., 2013 ; ГОСТ 31659-2012. Продукты пищевые. Метод выявления бактерий рода *Salmonella*. М., 2014 ; ГОСТ 32031-2012. Продукты пищевые. Методы выявления бактерий *Listeria monocytogenes*. М., 2014 ; МУК 4.2.2046-06. Методы выявления и определения паразитических вибрионов в рыбе, нерыбных объектах промысла, продуктах, вырабатываемых из них, воде поверхностных водоемов и других объектах. Введ. 2006-04-01.

¹⁰ МУК 4.2.1847-04. Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов. Введ. 20.06. 2004.

¹¹ СанПиН 2.3.2.1324-03. Гигиенические требования к срокам годности и условиям хранения пищевых продуктов. Введен с 25.06.03 г. Изд. офиц. М., Изд-во стандартов.

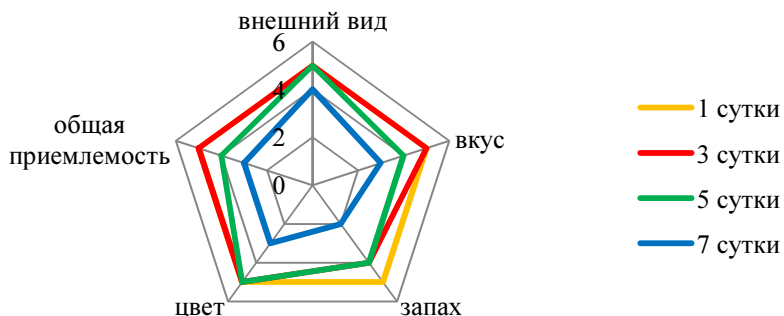


Рис. 5. Профилограммы органолептического анализа образцов, подвергнутых УФ-облучению в течение 5 с, в процессе хранения
 Fig. 5. Profilogram of samples exposed to UV radiation for 5 s

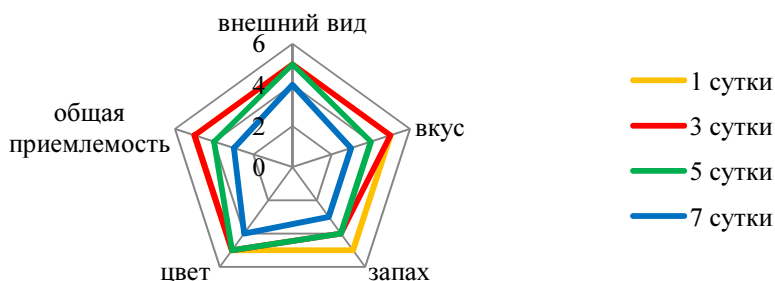


Рис. 6. Профилограммы органолептического анализа образцов, подвергнутых УФ-облучению в течение 30 с, в процессе хранения
 Fig. 6. Profilogram of samples exposed to UV radiation for 30 s

Анализируя экспериментальные данные по изменению КМАФАнМ и органолептических показателей, приведенных на рис. 3 и рис. 4–6 соответственно, можно сделать вывод о том, что применение ультрафиолетового облучения в течение 5 с позволяет увеличить срок годности охлажденных полуфабрикатов до 3 сут с учетом коэффициента резерва¹².

Заключение

В ходе проведенных исследований установлено, что использование ультрафиолетового облучения позволяет увеличить сроки годности охлажденных рыбных рубленых изделий. Наибольшая бактерицидная эффективность достигается при облучении образцов от 5 до 30 с, дальнейшее увеличение времени экспозиции на сроки годности полуфабрикатов существенного влияния не оказывает. Рассчитаны бактерицидные доза (экспозиция) и эффективность для данного вида продукции при плоскостном облучении, а также время облучения, достаточное для гибели патогенной микрофлоры. Для достижения требуемой бактерицидной эффективности время экспозиции составляет 5 с. Установлен научно обоснованный срок годности охлажденных рыбных рубленых полуфабрикатов, подвергнутых облучению, который составил 3 сут при температуре 0 ± 2 °С.

Библиографический список

- Бражная И. Э., Грибова О. М., Корчунов В. В. Разработка технологии производства рыборастительных рыбных рубленых изделий // Вестник МГТУ. 2015. Т. 18, № 1. С. 74–79.
- Бредихина О. В., Корниенко Н. Л., Юзов С. Г. Функциональные продукты на основе животного и растительного сырья // Мясная индустрия. 2012. № 6. С. 48–50.
- Вайтанис М. А. Обогащение рыбного фарша растительным сырьем // Ползуновский Вестник. 2013. № 4/4. С. 188–191.

¹² МУК 4.2.1847-04. Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов. Введ. 20.06.2004.

- Габдукаева Л. З., Никитина Е. В. Поликомпонентные пищевые продукты с функциональными свойствами // Вестник Казанского технологического университета. 2013. № 10. С. 211–212.
- Грибова О. М., Бражная И. Э., Корчунов В. В. Технология рыбных рубленых изделий с мукой амаранта из малорентабельных объектов промысла Северного бассейна // Рыбное хозяйство. 2015. № 1. С. 116–119.
- Григоренко С. Н., Эксюзьян Т. Н. Рыборастительные фарши как многофункциональные продукты питания // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2004. № 2–3 (279–280). С. 126–127.
- Дегтярева И. А., Гасимова Г. А. Амарант – источник новых пищевых продуктов и кормовых добавок // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2015. № 223. С. 58–61.
- Михеева Л. А., Брынских Г. Т., Терехина Н. В. [и др.]. Хроматографическое определение аминокислотного состава семян растения амарант // Ульяновский медико-биологический журнал. 2014. № 4. С. 98–101.
- Мяленко Д. М. Совершенствование технологии расфасовки молочной продукции путем обеззараживания потребительской тары импульсным ультрафиолетовым излучением : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04. Москва, 2009. 25 с.
- Потапова В. А., Мезенова О. Я. Разработка технологии функциональной продукции на основе растительного и рыбного сырья // Известия ТИНРО. 2016. Т. 187. С. 254–260.
- Рождественская Л. Н., Коробейников М. В., Брызгин А. А. Предпосылки и основания использования ионизирующего излучения для обработки пищевой продукции // Пищевая промышленность. 2016. № 11. С. 39–45.
- Смирнов С. О., Невская Е. В., Дронов А. С. Амарант – ценная продовольственная культура // Кондитерское и хлебопекарное производство. 2016. № 1–2 (163). С. 20–22.
- Федотова О. Б., Мяленко Д. М. Нетрадиционный подход к обеззараживанию пищевой упаковки // Молочная промышленность. 2016. № 1. С. 25–26.
- Шмалько Н. А., Бочкова Л. К., Росляков Ю. Ф. Использование CO₂-шрота из семян амаранта в хлебопечении // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2004. № 2–3 (279–280). С. 20–22.
- Шмалько Н. А., Смирнов С. О. Технологические свойства зерна амаранта для переработки в муку // Хлебобулочные, кондитерские и макаронные изделия XXI века : материалы V Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 100-летию со дня образования ФГБОУ ВО "Кубанский государственный технологический университет", Краснодар, 14–16 сентября 2017 г. Краснодар : КубГТУ, 2017. С. 99–102.

References

- Brazhnaya, I. E., Gribova, O. M., Korchunov, V. V. 2015. Development of production technology for fish chopped fish products. *Vestnik of MSTU*, 18(1), pp. 74–79. (In Russ.)
- Bredikhina, O. V., Kornienko, N. L., Yuzov, S. G. 2012. Functional products based on animal and plant raw materials. *Meat Industry*, 6, pp. 48–50. (In Russ.)
- Vaitanis, M. A. 2013. Enrichment of minced fish with vegetable raw materials. *Polzunovsky vestnik*, 4/4, pp. 188–191. (In Russ.)
- Gabdukaeva, L. Z., Nikitina, E. V. 2013. Multicomponent food products with functional properties. *Herald of Kazan Technological University*, 10, pp. 211–212. (In Russ.)
- Gribova, O. M., Brazhnaya, I. E., Korchunov, V. V. 2015. Technology of chopped fish products with amaranth flour from low-profitable objects of the Northern Basin fisheries. *Rybnoe khozyaistvo*, 1, pp. 116–119. (In Russ.)
- Grigorenko, S. N., Exuxian, T. N. 2004. Fish-growing minced meat as a multifunctional food. *Food Technology*, 2–3(279–280), pp. 126–127. (In Russ.)
- Degtyareva, I. A., Gasimova, G. A. 2015. Amaranth – the source of new food products and feed additives. *Uchenye zapiski Kazanskoi gosudarstvennoi akademii veterinarnoi meditsiny im. N. E. Baumana*, 223, pp. 58–61. (In Russ.)
- Mikheeva, L. A., Brynskikh, G. T., Terekhina, N. V. et al. 2014. Chromatographic determination of the amino acid composition of amaranth plant seeds. *Ulyanovsk Medico-Biological Journal*, 4, pp. 98–101. (In Russ.)
- Myalenko, D. M. 2009. Improving the technology of packaging dairy products by disinfecting consumer packaging with pulsed ultraviolet radiation. Abstract of Ph.D. dissertation. Moscow. (In Russ.)
- Potapova, V. A., Mezenova, O. Ya. 2016. Development of technology for functional products based on vegetable and fish raw materials. *Izvestiya TINRO*, 187, pp. 254–260. (In Russ.)
- Rozhdestvenskaya, L. N., Korobeinikov, M. V., Bryazgin, A. A. 2016. Prerequisites and grounds for the use of ionizing radiation for food processing. *Food Industry*, 11, pp. 39–45. (In Russ.)
- Smirnov, S. O., Nevskaya, E. V., Dronov, A. S. 2016. Amaranth – valuable food crop. *Konditerskoe I khlebopekarnoe proizvodstvo*, 1–2(163), pp. 20–22. (In Russ.)
- Fedotov, O. B., Myalenko, D. M. 2016. An unconventional approach to the decontamination of food packaging. *Molochnaya promyshlennost*, 1, pp. 25–26. (In Russ.)

- Shmalko, N. A., Bochkova, L. K., Roslyakov, Yu. F. 2004. The use of CO₂ meal from amaranth seeds in breadmaking. *Food Technology*, 2–3(279–280), pp. 20–22. (In Russ.)
- Shmalko, N. A., Smirnov, S. O. 2017. Technological properties of amaranth grain for processing into flour. Proceedings of V Intern. conf. *Bakery, confectionery and pasta of the XXI century*, 14–16 September 2017. Krasnodar, Kuban State University of Technology, pp. 99–102. (In Russ.)

Сведения об авторах

Бражная Инна Эдуардовна – ул. Спортивная, 13, г. Мурманск, Россия, 183010; Мурманский государственный технический университет, канд. техн. наук, доцент, профессор; e-mail: brazhnayaiye@mstu.edu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2412-5698>

Inna E. Brazhnaya – 13 Sportivnaya Str., Murmansk, Russia, 183010; Murmansk State Technical University, Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor, Professor; e-mail: brazhnayaiye@mstu.edu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2412-5698>

Тифанюк Алина Вячеславовна – ул. Спортивная, 13, г. Мурманск, Россия, 183010; Мурманский государственный технический университет, аспирант; e-mail: tifanyukalina@mail.ru

Alina V. Tifanyuk – 13 Sportivnaya Str., Murmansk, Russia, 183010; Murmansk State Technical University, Ph.D. Student; e-mail: tifanyukalina@mail.ru

Михайловская А. В. – ул. Спортивная, 13, г. Мурманск, Россия, 183010; Мурманский государственный технический университет, магистрант; e-mail: anastasia.mihailowsckaya@yandex.ru

Anastasiya V. Mikhaylovskaya – 13 Sportivnaya Str., Murmansk, Russia, 183010; Murmansk State Technical University, Master's Degree Student; e-mail: anastasia.mihailowsckaya@yandex.ru

Судак Светлана Николаевна – ул. Спортивная, 13, г. Мурманск, Россия, 183010; Мурманский государственный технический университет, канд. техн. наук, доцент; e-mail: tassn@yandex.ru

Svetlana N. Sudak – 13 Sportivnaya Str., Murmansk, Russia, 183010; Murmansk State Technical University, Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor; e-mail: tassn@yandex.ru

Кулик Ольга Михайловна – ул. Спортивная, 13, г. Мурманск, Россия, 183010; Мурманский государственный технический университет, канд. техн. наук; e-mail: ole4ka_10.09@mail.ru

Olga M. Kulik – 13 Sportivnaya Str., Murmansk, Russia, 183010; Murmansk State Technical University, Cand. Sci. (Engineering); e-mail: ole4ka_10.09@mail.ru