

Микробиологические показатели воздушной среды в камерах сушки сырокопченых колбасных изделий после УФ-облучения и озонирования

Абдуллаева Асият Мухтаровна¹, Блинкова Лариса Петровна²,
Серегин Иван Георгиевич¹, Амбражеевич Юлия Витальевна¹

¹ ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

² ФГБНУ НИИ вакцин и сывороток им. И.И. Мечникова

Корреспонденция, касающаяся этой статьи, должна быть адресована Абдуллаева А.М., ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», адрес: 125080, Москва, Волоколамское ш., 11, e-mail:abdullaevaam@mgupr.ru

В работе представлены результаты исследования эффективности источников УФ-облучения и озонирования с целью снижения бактериальной загрязненности воздушной среды в камерах сушки сырокопченых колбас. При длительном созревании сырокопченых колбасных изделий достаточно часто отмечаются признаки ослизнения и плесневения поверхности батонов. Такая порча у сырокопченых колбас обычно возникает при повышении микробной загрязненности воздушной среды в камерах сушки, где батоны выдерживаются при температуре $(11-13) \pm 2^\circ \text{C}$ в течение 20-23 суток. Установлено, что обработка УФ-лучами в камерах в течение 30 и 60 мин снижает общую бактериальную загрязненность на 23,9 – 68,4 %, спорами микромицетов – на 9,7 – 18,6 %. Применение источника ОЗУФ в течение такого же времени снижает бактериальное загрязнение на 67,7 – 78,7 %, спорами плесневых грибов – на 35,0 – 76,2 %. Эффективность обработки воздушной среды с помощью ОЗУФ оказалась выше на 11,5 – 14,0 % по сравнению с УФ-облучателем.

Ключевые слова: УФ-облучение, озонирование, колбасные изделия, камеры сушки, воздушная среда, плесневение колбас, микробиологическая порча.

Введение

При нарушении условий производства и хранения колбасных изделий часто возникает микробиологическая порча в виде ослизнения, плесневения, гниения и пигментации (Серегин и др.; 2016, Соколова и др., 2020¹). Известно, что в исходном фарше и специях, используемых для выработки сырокопченых колбас, содержится большое количество различных микробных клеток, среди которых выявляются непатогенные, условно патогенные и иногда патогенные микроор-

ганизмы (Greg J. et al., 2009; Серегин и др., 2015; Серегин и др., 2016²; 2017³; 2020⁴; Кожевникова и др., 2016⁵; Абдуллаева, 2020; Абдуллаева и др., 2020; Abdullaeva et al., 2020). Их количественный и видовой состав зависит от многих факторов, в том числе от pH используемого сырья, качества специй, температурных режимов при производстве продуктов, а также от санитарного состояния воздушной среды и поверхности оборудования (Серегин и др. 2014; Абдуллаева и др., 2019; 2020; Лабинская, Блинкова и др., 2020⁶; Мишанин, 2020; Abdullaeva et al., 2020).

¹ Соколова, Н. А., Абдуллаева, А. М., & Лощинин, М. Н. (2020). Возбудители зооантропонозов, пищевых отравлений, порчи сырья и продуктов животного происхождения. Де/Ли плюс.

² Серегин, И. Г., Васильев, Д. А., Курмакаева, Т. В., & Никитченко, Д. В. (2016). Производственный ветеринарно-санитарный контроль в цехах мясокомбината. ООО «Колор-Принт».

³ Серегин, И. Г., Дюльгер, Г. П., Кульмакова, Н. И., & Абдуллаева, А. М. (2017). Ветеринарно-санитарная экспертиза при переработке птицы. Квадро.

⁴ Серегин, И. Г., Абдуллаева, А. М., & Боронович Е. С. (2020). Производственный ветеринарно-санитарный контроль обработки субпродуктов и изготовления мясных полуфабрикатов. Издательские технологии.

⁵ Кожевникова, О. Н., & Стаценко, Е. Н. (2016). Микробиология мяса и мясных продуктов. Ставрополь, 196. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30659768>

⁶ Лабинская, А. С., Блинкова, Л. П., & Ещина А. С. (2020). Общая и санитарная микробиология с техникой микробиологических исследований. СПб.: Лань-Пресс, 592.

При подсушивании в течение 20-23 суток на поверхности многих колбасных батонов накапливаются молочнокислые и маслянокислые бактерии, микрококки, плесени, дрожжи и другие микроорганизмы, которые могут быть причиной пищевых отравлений (Abdullaeva et al., 2019; 2020; Серегин и др., 2020). Видовой состав микробиоты, вызывающей порчу колбас, представлен грамотрицательными палочками семейства *Enterobacteriaceae*, спорообразующими грамположительными бактериями родов *Bacillus* и *Clostridium*. На поверхности колбасных изделий часто выявляют плесневые грибы родов *Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium* и др. (Абдуллаева и др., 2017; 2020; Серегин и др., 2017, Соколова и др., 2020).

На основании литературных данных и существующей документации⁷, для предотвращения микробной порчи поверхности оболочки колбасных батонов при длительной выдержке их в камерах сушки эффективным, по нашему мнению, может быть использование УФ-облучения и озонирования воздушной среды.

Вопрос использования УФ-облучения для предохранения пищевой продукции от микробиологической порчи изучается в разных странах длительное время (Stermer et al., 1987; Kuo et al., 1997; Masschelein, Rice, 2002; Ngadi et al., 2003; Прокопенко, Юфеев, 2005; Choi, Nelsen, 2005; Guerrero-Beltrán, Barbosa, 2005; Altic et al., 2007; Krishnamurthy et al., 2007; Koutchma et al., 2009; Oteiza et al., 2010; Yong Sik Cho et al., 2010; Летяев, 2012; Anugu, 2013; Харитонов, Шерстнева, 2014). Американское управление по контролю за продуктами и лекарственными средствами (FDA) впервые разрешило в 2000 г. использовать УФ-обработку фруктовых соков и сокосодержащих напитков (Харитонов, Шерстнева, 2014) только с применением ртутных ламп низкого давления с 90 % содержанием волн, равных 253,7 нм. Изучение возможности использования УФ-излучения продолжается. Однако многие страны Евросоюза и другие государства с осторожностью относятся к этому методу обработки и ожидают появления новых подтверждающих фактов о его безопасности. УФ-обработка воздушной среды, в которой проводятся технологические операции, например, длительное низкотемпературное хранение готовой продукции признается перспективным для применения, т.к. исключается глубинное воздействие УФ-лучей на белково-ли-

пидные пищевые субстраты, что разрушительно влияет на органолептические и физико-химические свойства (Akshay Kumar Anugu, 2013, Харитонов, Шерстнева, 2014).

Для инактивации и бактерицидного воздействия на микробиоту наиболее эффективным считается УФ-облучение в диапазонах длин волн 205 – 315 нм с пиком 265 нм (Летяев, 2012, Харитонов, Шерстнева, 2014).

Разные представители микроорганизмов отличаются по своей устойчивости к воздействию УФ-лучей. Чувствительность постепенно снижается в соответствии с последовательностью: грамположительные бактерии → грамотрицательные бактерии → дрожжи → споры микроорганизмов → плесени → вирусы. Это объясняется структурными особенностями их ДНК. У бактерий резистентность к УФ-обработке увеличивалась в соответствии с размерами клеток. Положительные результаты обеззараживающего воздействия УФ-лучей показаны для воды и других жидких, твердых и сыпучих продуктов (Stermer, Lasater-Smith, Brassington, 1987; Kuo, Carey, Ricke, 1997; Masschelein, Rice, 2002; Ngadi, Smith, Cayouette, 2003; Guerrero-Beltrán, Barbosa, 2005; Altic, Rowe, Grant, 2007; Krishnamurthy, Demirci, Irudayaray, 2007; Koutchma, Forney, Moraru, 2009; Oteiza, Giannuzzi, Zaritzky, 2010).

Среди инактивированных УФ-облучением микроорганизмов приведены *Micrococcus*, *E. coli*, *Salmonella*, *Shigella*, *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Listeria*, *Pseudomonas*, *Klebsiella*, *Campylobacter*, *Eberthella*, *Phytomonas*, *Bacillus*, ряд дрожжей, плесени, а также простейшие и т.д.

Что касается другого перспективного средства – озона, известно, что он в оптимально подобранных концентрациях действует щадяще и более эффективно по сравнению с разрешенными в пищевой промышленности химическими средствами инактивации бактерий, грибов, вирусов (Доброхотова и др., 2005). Имеющаяся информация свидетельствует о безопасности озона при обработке продуктов питания и классифицирует его как GRAS (Generally Recognized As Safe). Он не обладает мутагенным или канцерогенным действием. Исследования свойств продуктов после обработки озоном проводили по разным направлениям. Выявлено, что сочетание

⁷ Методические указания 2.3.975-00 (2000). Гигиена питания. Применение ультрафиолетового бактерицидного излучения для обеззараживания воздушной среды помещений организаций пищевой промышленности, общественного питания и торговли продовольственными товарами. МУ 2.3.975-00. 2000, МЗ РФ, Москва.

озона с другими агентами может повышать результативность его действия^{8,9} (Назирова и др., 2020; Дударев и др., 2010; МУК 4.3, 2003; СанПиН 2.2.4.1294.03, 2003).

Антибактериальная активность озона проявлялась интенсивнее в воде, чем в воздухе. Для обработки в воздушной среде необходимы более высокие концентрации. Что касается антифунгального действия, то для ингибирования роста грибов требовалось озонирование в более низких дозах, чем для обеззараживания грибов в виде колоний или спор. Показано, что дрожжи легче подавляются озоном, чем бактерии. Установлены сроки увеличения хранения продукции и снижения уровня заражения различных видов продуктов (рыба разных сортов до 5 дней, мясо свежее и замороженное (точно не установлено), птицепродукты (на 2-4 дня), яйца без скорлупы (до 10 дней), кондитерские изделия и сыр (до нескольких дней или месяцев).

Поэтому целью нашего исследования являлось определение микробиологических показателей воздушной среды в камерах сушки сырокопченых колбас при применении УФ-облучения и озонирования.

Материалы и методы

В работе для сушки сырокопченых колбас использовали камеру объемом 200 м³, снабженную УФ-облучателями ОБН-150 с двумя ртутными лампами низкого давления мощностью 30 Вт каждая, создающими облучение на расстоянии 1 м не менее 0,75 Вт/м³ при λ 253,7 нм и УФ-облучателями – озонаторами ОЗУФ (40 Вт) с производительностью 0,25-0,3 г/ч. Прибор ОЗУФ разрешен для использования в мясоперерабатывающей промышленности. Облучение воздушной среды и поверхности колбасных изделий проводили в течение 30 и 60 минут. Колбасы для сушки размещали в подвешенном состоянии на рамах в несколько рядов, так, чтобы сохранялась свободная циркуляция воздуха между колбасными батонами. Микробиологические показатели воздушной среды определяли в сравнительном аспекте до и после обработки. При этом учитывали КМАФАнМ и отдельно количество плесневых грибов в 1 м³ (КОЕ/м³) воздуха камеры. Пробы воздуха отбирали с помощью пробоотборного устройства ПУ-1Б.

Статистическую обработку данных проводили с использованием параметрических критери-

Таблица 1

Результаты обработки воздуха сушильной камеры УФ-облучателями ОБН-150 в течение 30 мин

№№ проб	Количество микроорганизмов и плесневых грибов в 1 м ³ воздуха (КОЕ/м ³)			
	до обработки		после обработки	
	МАФАнМ	из них плесневых грибов	МАФАнМ	из них плесневых грибов
1	2,67×10 ⁵	0,933×10 ⁵	2,09×10 ⁵	0,776×10 ⁵
2	2,53×10 ⁵	0,665×10 ⁵	1,73×10 ⁵	0,657×10 ⁵
3	2,40×10 ⁵	0,795×10 ⁵	1,87×10 ⁵	0,677×10 ⁵
4	2,51×10 ⁵	0,919×10 ⁵	2,07×10 ⁵	0,820×10 ⁵
5	2,27×10 ⁵	0,926×10 ⁵	1,93×10 ⁵	0,913×10 ⁵
6	2,42×10 ⁵	0,844×10 ⁵	1,77×10 ⁵	0,780×10 ⁵
7	2,39×10 ⁵	0,757×10 ⁵	1,83×10 ⁵	0,553×10 ⁵
8	2,67×10 ⁵	0,825×10 ⁵	1,64×10 ⁵	0,764×10 ⁵
9	2,58×10 ⁵	0,792×10 ⁵	1,96×10 ⁵	0,711×10 ⁵
10	2,27×10 ⁵	0,921×10 ⁵	1,91×10 ⁵	0,824×10 ⁵
$\bar{X} \pm m$	(2,47 ± 0,043)×10 ⁵	(0,827 ± 0,031)×10 ⁵	(1,88 ± 0,035)×10 ⁵	(0,747 ± 0,034)×10 ⁵
$\bar{X} \pm 195$	(2,47 ± 0,043)×10 ⁵	(0,827 ± 0,069)×10 ⁵	(1,88 ± 0,078)×10 ⁵	(0,747 ± 0,076)×10 ⁵

⁸ МУК 4.3. (2003). Санитарно-эпидемиологическая оценка и эксплуатация аэроионизирующего оборудования.

⁹ СанПиН 2.2.4.1294_03. (2003) Гигиенические требования к аэроионному составу воздуха производственных и общественных помещений.

Таблица 2

Результаты обработки воздуха сушильной камеры с помощью озонатора-облучателя ОЗУФ в течение 30 мин

№№ проб	Количество микроорганизмов и плесневых грибов в 1 м ³ воздуха (КОЕ/м ³)			
	до обработки		после обработки	
	МАФАнМ	из них плесневых грибов	МАФАнМ	из них плесневых грибов
1	2,40×10 ⁵	0,933×10 ⁵	0,663×10 ⁵	0,513×10 ⁵
2	2,53×10 ⁵	0,667×10 ⁵	0,796×10 ⁵	0,424×10 ⁵
3	2,37×10 ⁵	0,812×10 ⁵	0,812×10 ⁵	0,529×10 ⁵
4	2,67×10 ⁵	0,788×10 ⁵	0,921×10 ⁵	0,412×10 ⁵
5	2,48×10 ⁵	0,927×10 ⁵	0,933×10 ⁵	0,521×10 ⁵
6	2,61×10 ⁵	0,939×10 ⁵	0,679×10 ⁵	0,657×10 ⁵
7	2,46×10 ⁵	0,659×10 ⁵	0,788×10 ⁵	0,410×10 ⁵
8	2,26×10 ⁵	0,808×10 ⁵	0,809×10 ⁵	0,523×10 ⁵
9	2,44×10 ⁵	0,785×10 ⁵	0,924×10 ⁵	0,545×10 ⁵
10	2,58×10 ⁵	0,682×10 ⁵	0,667×10 ⁵	0,665×10 ⁵
$\bar{X} \pm m$	$(2,48 \pm 0,039) \times 10^5$	$(0,800 \pm 0,033) \times 10^5$	$(0,800 \pm 0,033) \times 10^5$	$(0,520 \pm 0,030) \times 10^5$
$\bar{X} \pm I_{95}$	$(2,48 \pm 0,087) \times 10^5$	$(0,800 \pm 0,074) \times 10^5$	$(0,800 \pm 0,074) \times 10^5$	$(0,520 \pm 0,067) \times 10^5$

Таблица 3

Результаты обработки воздуха сушильной камеры УФ-облучателями ОБН-150 в течение 60 мин

№№ проб	Количество колоний микроорганизмов и плесневых грибов в 1 м ³ воздуха (КОЕ/м ³)			
	До обработки		После обработки	
	МАФАнМ	из них плесневых грибов	МАФАнМ	из них плесневых грибов
1	2,27×10 ⁵	1,12×10 ⁵	0,536×10 ⁵	0,665×10 ⁵
2	2,13×10 ⁵	0,93×10 ⁵	0,537×10 ⁵	0,822×10 ⁵
3	2,08×10 ⁵	1,27×10 ⁵	0,658×10 ⁵	0,878×10 ⁵
4	2,35×10 ⁵	1,18×10 ⁵	0,669×10 ⁵	0,932×10 ⁵
5	2,09×10 ⁵	1,35×10 ⁵	0,780×10 ⁵	1,02×10 ⁵
6	2,14×10 ⁵	1,24×10 ⁵	0,823×10 ⁵	1,09×10 ⁵
7	2,19×10 ⁵	0,98×10 ⁵	0,930×10 ⁵	0,936×10 ⁵
8	2,21×10 ⁵	1,03×10 ⁵	0,775×10 ⁵	0,916×10 ⁵
9	2,17×10 ⁵	1,17×10 ⁵	0,667×10 ⁵	0,912×10 ⁵
10	2,23×10 ⁵	1,07×10 ⁵	0,558×10 ⁵	1,03×10 ⁵
$\bar{X} \pm m$	$(2,19 \pm 0,043) \times 10^5$	$(1,13 \pm 0,047) \times 10^5$	$(0,693 \pm 0,041) \times 10^5$	$(0,920 \pm 0,044) \times 10^5$
$\bar{X} \pm I_{95}$	$(2,19 \pm 0,096) \times 10^5$	$(1,13 \pm 0,105) \times 10^5$	$(0,693 \pm 0,091) \times 10^5$	$(0,920 \pm 0,098) \times 10^5$

ев: средней арифметической ($\bar{X}$), ее ошибки (m) и доверительного интервала колебания величины средней арифметической (I₉₅) для достоверности (p ≤ 0,05).

Результаты и их обсуждение

Экспериментальные результаты до и после 30 и 60-минутной обработки УФ-облучателями ОБН-

Таблица 4

Результаты обработки воздуха сушильной камеры с помощью озонатора-облучателя ОЗУФ в течение 60 мин

№№ проб	Количество колоний микроорганизмов и плесневых грибов в 1 м ³ воздуха (КОЕ/м ³)			
	До обработки		После обработки	
	МАФАНМ	из них плесневых грибов	МАФАНМ	из них плесневых грибов
1	2,16×10 ⁵	1,33×10 ⁵	0,567×10 ⁵	0,267×10 ⁵
2	2,38×10 ⁵	1,47×10 ⁵	0,437×10 ⁵	0,255×10 ⁵
3	2,13×10 ⁵	1,35×10 ⁵	0,466×10 ⁵	0,426×10 ⁵
4	2,21×10 ⁵	1,28×10 ⁵	0,614×10 ⁵	0,234×10 ⁵
5	2,27×10 ⁵	1,26×10 ⁵	0,478×10 ⁵	0,418×10 ⁵
6	2,34×10 ⁵	1,07×10 ⁵	0,536×10 ⁵	0,328×10 ⁵
7	2,09×10 ⁵	1,26×10 ⁵	0,435×10 ⁵	0,259×10 ⁵
8	2,13×10 ⁵	1,24×10 ⁵	0,387×10 ⁵	0,388×10 ⁵
9	2,32×10 ⁵	1,31×10 ⁵	0,432×10 ⁵	0,264×10 ⁵
10	2,51×10 ⁵	1,37×10 ⁵	0,448×10 ⁵	0,235×10 ⁵
$\bar{X} \pm m$	$(2,25 \pm 0,048) \times 10^5$	$(1,29 \pm 0,038) \times 10^5$	$(0,480 \pm 0,039) \times 10^5$	$(0,307 \pm 0,019) \times 10^5$
$\bar{X} \pm 195$	$(2,25 \pm 0,107) \times 10^5$	$(1,29 \pm 0,085) \times 10^5$	$(0,480 \pm 0,087) \times 10^5$	$(0,307 \pm 0,042) \times 10^5$

Таблица 5

Сравнительная характеристика бактерицидных и фунгицидных свойств ОБН-150 и ОЗУФ при обработке воздуха в сушильной камере в течение 30 и 60 мин

Облучатель	Количество микроорганизмов и плесневых грибов в 1 м³ воздуха, ($\bar{X} \pm 195$)×10³, КОЕ/м³				Достоверность различий до и после обработки рмикроорг. ргрибов	Эффективность облучателей (% гибели микроорганизмов)	
	до обработки		после обработки			МАФАНМ	из них плесневых грибов
	МАФАНМ	из них плесневых грибов	МАФАНМ	из них плесневых грибов			
Обработка воздуха в течение 30 мин							
ОБН-150	2,47±0,100 (2,37 – 2,57)	0,827±0,069 (0,758 – 0,896)	1,88±0,078 (1,802 – 1,958)	0,747±0,076 (0,671 – 0,823)		23,9	9,7
ОЗУФ	2,48±0,087 (2,393 – 2,567	0,800±0,074 (0,726 – 0,874)	0,800±0,074 (0,726 – 0,874)	0,520±0,067 (0,453 – 0,587)		67,7	35
	>0,05	>0,05	<0,05	<0,05			
Обработка воздуха в течение 60 мин							
ОБН-150	(2,19 ±0,096) ×10³	(1,13 ±0,105) ×10³	(0,693 ±0,091) ×10³	0,920 ±0,098) ×10³	<0,05 ≤0,05	68,4	18,6
ОЗУФ	(2,25 ±0,107) ×10³	(1,29 ±0,085) ×10³	(0,480 ±0,087) ×10³	(0,307 ±0,042) ×10³	<0,05 <0,05	78,7	76,2
	>0,05	>0,05	<0,05	<0,05			

150 и ОЗУФ представлены в табл. 1–4, в которых приведены показатели общего количества микроорганизмов (МАФАНМ) и отдельно колоний плесневых грибов (КОЕ/м³).

Как следует из табл. 1, до обработки УФ-лучами ламп ОБН-150 общее количество микроорганизмов составило $(2,47 \pm 0,043) \times 10^3$ КОЕ/м³, из них количество плесневых грибов – $(0,827 \pm 0,069) \times 10^3$ КОЕ/м³,

т.е. 33 % от общей численности микроорганизмов в 1 м³ воздуха. После обработки эта величина составляла около 40 % $(0,747 \pm 0,076) \times 10^3$ КОЕ/м³. Количество спор плесени, которые являются более устойчивыми к УФ-облучению по отношению к общему понизившемуся числу микроорганизмов $(1,88 \pm 0,078) \times 10^3$ КОЕ/м³ несколько повысилось. Обработка в течение 30-мин с помощью ОБН-150 уменьшила общее количество микроорганизмов в 1,3 раза, а количество плесени снизилось в 1,1 раза. Под действием облучения погибло 23,9 % микроорганизмов и 9,7 % плесневых грибов (Табл. 5).

При аналогичном проведении обеззараживания воздуха с помощью озонатора-облучателя ОЗУФ в течение 30 минут выявлено снижение общего числа микроорганизмов в 3,1 раза (Табл. 2). Однако вследствие фунгицидного действия после комбинированной инактивации микроорганизмов УФ-лучами и озоном численность плесневых грибов снизилась только в 1,5 раза. Доля клеток плесени до обработки воздуха составляла в ассоциации микробиоты 32 %, а после обработки – повысилось до 65 %. При уменьшении популяции всех микроорганизмов доминирование плесневых грибов сохранялось. Установлено, что через 30 мин более высокое совокупное биоцидное и отдельно фунгицидное действие было, соответственно, при обработке воздуха сушильных камер с помощью аппарата ОЗУФ (67,7 % и 35,0 %) было выше, чем при том же режиме обработки облучателем ОБН-150 (23,9 % и 9,7 %). Такие величины эффективности оказались статистически достоверны ($p < 0,05$). Данные указывают также на статистическую достоверность различий в показателях жизнеспособности микроорганизмов и плесневых грибов до и после 30-минутного воздействия с ОЗУФ (табл. 5). Однако после УФ-обработки лампами ОБН-150 достоверно снижалось только общее количество МАФАНМ, а не количество спор плесневых грибов.

Сравнение показателей снижения численности всех микроорганизмов и плесневых грибов при 60-минутной обработке воздуха в сушильной камере показало (табл. 3), что обработка камеры с помощью УФ-облучателя типа ОБН-150 привело к снижению среднего числа всех микроорганизмов в 3,2 раза $(2,19 \pm 0,096) \times 10^3$ против $(0,693 \pm 0,091) \times 10^3$ КОЕ/м³, а плесневых грибов в 1,2 раза $(1,13 \pm 0,105) \times 10^3$ против $(0,920 \pm 0,098) \times 10^3$ КОЕ/м³.

Гибель различных микроорганизмов при обработке ОБН-150 составляла 68,4 %, а плесневых грибов 18,6 % (табл. 5). Вероятно, большее инактивирующее действие облучатель оказал не на плесневые грибы, а на бактериальных представителей ми-

кробной ассоциации. Однако в этой ассоциации доля плесневых грибов до воздействия УФ-лучами в течение 60 минут составляла 54 %, а после обработки эта величина, как и при 30-минутной обработке, увеличилась (в 1,2 раза), что свидетельствует о более высокой резистентности спор плесени к облучению по сравнению с бактериями. Эти данные подтверждают, что такой режим УФ-облучения камеры сушки колбас не может полностью предотвращать плесневение поверхности оболочки сырокопченых колбас.

Для сравнения эффективности мы провели обработку сушильной камеры с сырокопченными колбасами с помощью прибора ОЗУФ в течение 60 минут. Как видно из табл. 4, общее число микроорганизмов, в среднем, снизилось в 4,7 раза, а плесневых грибов в 4,2 раза. При этом доля плесневых грибов в общей численности микроорганизмов до обработки воздуха в камере составляла 53 %, а после дезинфекции 64 %. Возрастание числа спор плесени по отношению к оставшейся ассоциации микроорганизмов было связано с большей гибелью бактерий, чувствительных к двум биоцидным факторам (УФ и озону). Концентрации всех микроорганизмов и отдельно спор плесневых грибов в 1 м³ воздуха после 60-минутной дезинфекции оказались на статистически равном уровне, т.е. соответственно – 78,7 % и 76,2 % (табл. 5). Данные по сравнению эффективности губительных для микроорганизмов факторов от воздействия ОБН-150 и ОЗУФ в воздухе сушильной камеры в течение 60 минут также подтверждали более выраженную результативность биоцидного действия ОЗУФ (Табл. 5).

Органолептические показатели исследуемых образцов сырокопченых колбас после обработки воздуха сушильной камеры в течение 30 и 60 минут практически не изменялись. При этом поражение оболочки колбасных батонов снижалось в 1,4 раза.

Наши исследования показали, что для обработки камер сушки и созревания сырокопченых колбас наибольшей эффективностью обладал озонатор-облучатель ОЗУФ по сравнению с УФ-облучателем типа ОБН-150. Если при обработке УФ-лучами в течение 30-60 мин в воздушной среде камеры микробная загрязненность снижалась в 1,3 – 3,2 раза (спор плесеней в 1,1 – 1,2 раза), то при обработке воздуха в камере ОЗУФ-облучателем в течение такого же времени количество микроорганизмов снижалось в 3,1 – 4,7 раза (спор плесеней в 1,5 – 4,2 раза).

Сравнение обеззараживающего действия УФ облучения и озонирования в работах других иссле-

дователей (Доброхотова и др., 2005) показало, что после 30минутной обработки медицинских помещений объемом 51 – 153 м³ облучателями (ОБП 159 и др.) в 1 м³ воздуха концентрация бактерий снижалась незначительно (в 1,4 раза с потерей жизнеспособности до 28,1%). При этом численность плесневых грибов, включая КОЕ/м³, не изменялась. Совокупное снижение общей концентрации микроорганизмов составило 3,9 раза (р < 0,001) с уровнем инактивации клеток до 74,5%. Авторами выявлено более высокое обеззараживающее действие озонатора РИОС по сравнению с УФ облучателями ОБП-159. Так, величина КОЕ/м³ грибов снижалась в 2,3 раза (р < 0,05), создавая инактивацию до 50,92%.

Указанная информация по общей оценке эффективности воздействия УФ облучения и озонирования на микроорганизмы в специализированных помещениях соответствует полученным нами данным, различаясь количественными показателями. Это может быть связано с типом обеззараживающего устройства, его местоположением, особенностями штаммов микроорганизмов, циркулирующих в помещениях медицинского назначения и пищевого производства и т.д. Полученные данные согласуются также с другими результатами из цитированных источников.

Выводы. Таким образом, выявлено более эффективное обеззараживающее действие озонирования, по сравнению с УФ облучением. При обработке воздушной среды в камерах длительной выдержки колбасных изделий для практического применения с этой целью целесообразнее использовать приборы, сочетающие воздействие УФ лучей и озонирования (ОЗУФ и др.). В таких случаях плесневение оболочек сырокопченых колбасных батонов снижается без изменения органолептических свойств.

Литература

- Абдуллаева, А. М. (2020). Оценка уровня контаминации при ретроспективном анализе мяса птицы и птицепродукции. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*, 6(86), 232–236. <http://dx.doi.org/10.37670/2073-0853-2020-86-6-232-236>
- Абдуллаева, А. М., Серегин, И. Г., Блинкова, Л. П., & Подушкина, Н. И. (2020). Изменение микробиологических показателей сырокопченых колбас при созревании. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*, 3(83), 266–271. <http://dx.doi.org/10.37670/2073-0853-2020-83-3-266-271>
- Абдуллаева, А. М., Ленченко, Е. М., & Плотникова, И. В. (2019). Индикация патогенных бактерий, выделенных из пищевого сырья. *Российский журнал Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии*, 2(30), 190–197. <http://dx.doi.org/10.25725/vet.san.hyg.ecol.201902013>
- Абдуллаева, А. М., Смирнова, И. Р., Трохимец, Е. В., & Губанкова, А. А. (2017). Микробиологический контроль полуфабрикатов из мяса индеек при холодильном хранении. *Ветеринария*, 8, 49–53. <https://elibrary.ru/item.asp?id=29800757>
- Доброхотова, Г. А., Исаева, Н. В., Бердышев, В. Л., Заморихина, Я. Н., & Отинова, Г. В. (2005). Сравнительная оценка обеззараживающего действия ультрафиолетовых облучателей и озонаторов. Медико-санитарная часть № 3 г. Перми. Пермская государственная медицинская академия. *ПРООЗОН*, 1(1), 1-2.
- Дударев, А. А., Спичкин, Г. Л., Денисихина, Д. М., & Бурцев, С. И. (2010). Биполярная ионизация воздуха помещений с применением генераторов ионов, встраиваемых в системы приточной вентиляции и кондиционирования. *Медицина труда и промышленная экология*, 4, 42-47
- Летаев, С. А. (2012). Обоснование параметров установки обеззараживания молока на фермах ультрафиолетовым и инфракрасным излучением. Автореф. дисс. канд. техн. наук. ГНУ ВИЭСХ.
- Мишанин, Ю. Ф. (2020). Биотехнология рациональной переработки животного сырья. Лань.
- Назирова, Р. М., Курбанова, У. С., & Усманов, Н. Б. (2020). Особенности обработки озоном некоторых видов плодов и овощей для их долгосрочного хранения. *Universum: Химия и биология : электронный научный журнал*, 6(72).
- Прокопенко, А. А., & Юферев, Л. Ю. (2005). Эффективность применения УФ облучателей - озонаторов «ОЗУФ» на объектах ветеринарного надзора. В *Экология и сельскохозяйственная техника*, (с. 262–266).
- Серегин, И. Г., Абдуллаева, А. М., Васильев, & Д. А., Золотухин, С. Н. (2014). Производственный ветеринарно-санитарный контроль мясных полуфабрикатов. *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*, 1(25), 103–107.
- Серегин, И. Г., Никитченко, Д. В., & Абдуллаева, А. М. (2015). О болезнях пищевого происхождения. *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство*, 4, 101–107. <http://dx.doi.org/10.22363/2312-797X-2015-4-101-107>
- Харитонов, В. Д., & Шерстнева, Н. Е. (2014). Влияние ультрафиолетового излучения на основные компоненты и микробиологические

- показатели жидких пищевых продуктов. *Труды БГУ*, 9(1), 9-22.
- Abdullaeva, A. M., Blinkova, L. P., Usha, B. V., Avylov, Ch. K., Pakhomov, Yu. D., Valitova, R. K., & Pershina, T. A. (2020). Bacteriophages and bactericins as anti-contaminants of chicken meat products. *Journal of Hygienic Engineering and Design: Macedonia*, 33, 28-33.
- Altic, L. C., Rowe, M. T., & Grant, I. R. (2007). UV light inactivation of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* in milk as assessed by FASTPlaqueTB phage assay and culture. *Applied and Environmental Microbiology*, 73(11), 3728-3733.
- Anugu, A. K. (2013). *Microbial inactivation and allergen mitigation of food matrix by pulsed ultraviolet light*. [Doctoral dissertation, University of Florida]. Florida, USA.
- Cho, Y. S., Song, K. B., & Yamda, K. (2010). Effect of ultraviolet irradiation on molecular properties and immunoglobulin production-regulating activity of β -Lactoglobulin. *Food Science and Biotechnology*, 19(3), 595-602.
- Choi, L. H., & Nelsen, S. S. (2005). The effects of thermal and nonthermal processing methods on apple cider quality and consumer acceptability. *Journal of Foods Quality*, 28(1), 13-29.
- Greg, J., & Ravel, A. (2009). Analysis of foodborne outbreak data reported international for source attribution. *International Journal of Food Microbiology*, 130(2), 77-87. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2008.12.031>
- Guerrero-Beltrán, J. A., & Barbosa G. V. (2005). Reduction of *Saccharomyces cerevisiae*, *Escherichia coli* and *Listeria innocua* in apple juice by ultraviolet light. *Journal of Foods Process Engineering*, 28(5), 437-452.
- Koutchma, T. N., Forney, L. J., & Moraru, C. I. (2009). *Ultraviolet light in food technology. Principles and applications*. CRC Press.
- Krishnamurthy, K., Demirci, A., & Irudayaraj, J. M. (2007). Inactivation of *Staphylococcus aureus* in milk using flow-through pulsed UV-light treatment system. *Journal of Food Science*, 73(7), M233-M239.
- Kuo, F. I., Carey, J. B., & Riche, S. C. (1997). UV irradiation of shell eggs: Effect on populations of aerobes, moulds, and inoculated *Salmonella typhimurium*. *Journal of Food Protection*, 60, 639-643.
- Masschelein, W. I., & Rice, R. G. (2002). *Ultraviolet light in water and wastewater sanitation*. CRC Press.
- Ngadi, M., Smith, J. P., & Cayouette, B. (2003). Kinetics of ultraviolet light inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 in liquid foods. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83(15), 1551-1555.
- Oteiza, J. M., Giannuzzi, L., & Zaritzky, N. (2010). Ultraviolet treatment of orange juice in inactivate *E. coli* O157:H7 as affected by native microflora. *Food and Bioprocess Technology*, 3(4), 603-614.
- Stermer, R. A., Lasater-Smith, M., & Brassington, C. F. (1987). Ultraviolet radiation – An effective bactericide for fresh meat. *Journal of Food Protection*, 108-111.

Microbiological Parameters of the Air Environment in the Drying Chambers of Raw Smoked Sausage Products after UV Irradiation and Ozonation

Asiat M. Abdullaeva¹, Larisa P. Blinkova²,
Ivan G. Seriyogin¹, Uliya V. Ambrazhevich¹

¹ *Moscow State University of Food Production*

² *FSBSI I. I. Mechnikov Research Institute for Vaccines and Sera*

Correspondence concerning this article should be addressed to Asiat M. Abdullaeva, Moscow State University of Food Production, 11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation. e-mail: abdullaevaam@mgupp.ru

The paper presents the results of a study of the effectiveness of UV irradiation and ozonation sources in order to reduce bacterial contamination of the air environment in the drying chambers of raw smoked sausages. With prolonged maturation of raw smoked sausage products, signs of oiling and mold formation of the surface of the loaves are quite often noted. Such spoilage in raw smoked sausages usually occurs when the microbial contamination of the air environment increases in the drying chambers, where the loaves are kept at a temperature of (11-13) $\pm 2^{\circ}$ C for 20-23 days. It was found that the treatment with UV rays in the chambers for 30 and 60 minutes reduces the total bacterial contamination by 23.9 – 68.4 %, with micromycete spores by 9.7-18.6 %. The use of the OZUF source for the same time reduces bacterial contamination by 67.7 – 78.7 %, mold spores by 35.0 – 76.2 %. The efficiency of air treatment with the help of OZUF was higher by 11.5-14.0 % compared to the UV irradiator.

Key words: UV irradiation, ozonation, sausage products, drying chambers, air environment, sausage mold formation, microbiological spoilage.

References

- Abdullaeva, A. M. (2020). Assessment of the level of contamination in the retrospective analysis of poultry meat and poultry products. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proceedings of the Orenburg State Agrarian University], 6(86), 234-236. <http://dx.doi.org/10.37670/2073-0853-2020-86-6-232-236>
- Abdullaeva, A. M., Seryogin, I. G., Blinkova, L. P., & Podushkina, N. I. (2020). Changes in the microbiological parameters of raw smoked sausages during maturation. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proceedings of the Orenburg State Agrarian University], 3(83), 266-271. <http://dx.doi.org/10.37670/2073-0853-2020-83-3-266-271>
- Abdullaeva, A. M., Lenchenko, E. M., & Plotnikova, I. V. (2019). Indication of pathogenic bacteria isolated from food raw materials. *Rossiyskii zhurnal Problemy veterinarnoi sanitarii, gigieny i ekologii* [Russian Journal Problems of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology], 2(30), 190-197. <http://dx.doi.org/10.25725/vet.san.hyg.ecol.201902013>
- Abdullaeva, A. M., Smirnova, I. R., Trochimets, E. V., & Gubankova A. A. (2017). Microbiological control of turkey meat semi-finished products during cold storage. *Veterinariya* [Veterinary medicine], 8, 49-53. <https://elibrary.ru/item.asp?id=29800757>
- Dobrokhotova G. A., Isaeva N. V., Berdyshev V. L., Zamorikhina Ya. N., & Otinova G. V. (2005). Comparative assessment of the disinfecting effect of ultraviolet irradiators and ozonators. *Mediko-sanitarnaya chast' no 3 g. Permi. Permskaya gosudarstvennaya meditsinskaya akademiya. PROOZON*, 1(1), 1-2.
- Dudarev A. A., Spichkin G. L., Denisikhina D. M., & Burtsev S. I. (2010). Bipolar ionization of indoor air with the use of ion generators built into the supply ventilation and air conditioning systems. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya* [Occupational medicine and industrial ecology], 4, 42-47.
- Letyaev S. A. (2012). Justification of the parameters of the milk disinfection plant on farms with ultraviolet and infrared radiation. *Avtoref. diss. kand. tekhn. nauk*.
- Mishanin, Yu. F. (2020). Biotechnology of rational processing of animal raw materials. Lan'.
- Nazirova, R. M., Kurbanova, U. S., & Usmanov, N. B. (2020). Features of ozone treatment of some types

How to Cite

Abdullaeva, A. M., Blinkova, L. P., Seriyogin, I. G., & Ambrazhevich, U. V. (2021). Microbiological parameters of the air environment in the drying chambers of raw smoked sausage products after UV irradiation and ozonation. *Health, Food & Biotechnology*, 3(1). <https://doi.org/10.36107/hfb.2021.i1.s95>

- of fruits and vegetables for their long-term storage. *Universum : Khimiya i biologiya : elektronnyi nauchnyi zhurnal*. [Chemistry and Biology : electronic scientific journal], 6(72).
- Prokopenko, A. A., & Yuferev, L. Yu. (2005). The effectiveness of the use of UV irradiators-ozonators "OZUF" at the objects of veterinary supervision. In 'Ekologiya i sel'skokhozyaistvennaya tekhnika' [Ecology and agricultural machinery], (p. 262-266.)
- Seriogin, I. G., Abdullaeva, A. M., Vasiliev, D. A., & Zolotukhin, S. N. (2014). Industrial veterinary and sanitary control of meat semi-finished products. *Vestnik Ul'yanovskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii* [Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy], 1(25), 103-107.
- Seriogin, I. G., Nikitchenko, D. V., & Abdullaeva, A. M. (2015). About foodborne diseases. *Vestnik Rossiyskogo universiteta družby narodov. Seriya: Agronomiya i zhivotnovodstvo* [Bulletin of the Peoples Friendship University of Russia. Series: Agronomy and animal husbandry] 4, 101-107. <http://dx.doi.org/10.22363/2312-797X-2015-4-101-107>
- Seriogin, I. G., Abdullaeva, A. M., & Boronovich E. S. (2020). *Proizvodstvennyj veterinarno-sanitarnyj kontrol' obrabotki subproduktov i izgotovleniya myasnyh polufabrikatov* [Industrial veterinary and sanitary control of processing of offal and production of meat semi-finished products]. Izdatel'skiye tekhnologii.
- Kharitonov, V. D., & Sherstneva, N. E. (2014). The effect of ultraviolet radiation on the main components and microbiological parameters of liquid food products. *Trudy BGU* [Proceedings of BSU], 9(1), 9-22.
- Abdullaeva, A. M., Blinkova, L. P., Usha, B. V., Avylov, Ch. K., Pakhomov, Yu. D., Valitova, R. K., & Pershina, T. A. (2020). Bacteriophages and bactericins as anti-contaminants of chicken meat products. *Journal of Hygienic Engineering and Design: Macedonia*, 33, 28-33.
- Altic, L. C., Rowe, M. T., & Grant, I. R. (2007). UV light inactivation of *Mycobacterium avium* subsp. paratuberculosis in milk as assessed by FASTPlaqueTB phage assay and culture. *Applied and Environmental Microbiology*, 73(11), 3728-3733.
- Anugu, A. K. (2013). *Microbial inactivation and allergen mitigation of food matrix by pulsed ultraviolet light*. [Doctoral dissertation, University of Florida]. Florida, USA.
- Cho, Y. S., Song, K. B., & Yamda, K. (2010). Effect of ultraviolet irradiation on molecular properties and immunoglobulin production-regulating activity of β -Lactoglobulin. *Food Science and Biotechnology*, 19(3), 595-602.
- Choi, L. H., & Nelsen, S. S. (2005). The effects of thermal and nonthermal processing methods on apple cider quality and consumer acceptability. *Journal of Foods Quality*, 28(1), 13-29.
- Greg, J., & Ravel, A. (2009). Analysis of foodborne outbreak data reported international for source attribution. *International Journal of Food Microbiology*, 130(2), 77-87. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2008.12.031>
- Guerrero-Beltrán, J. A., & Barbosa G. V. (2005). Reduction of *Saccharomyces cerevisiae*, *Escherichia coli* and *Listeria innocua* in apple juice by ultraviolet light. *Journal of Foods Process Engineering*, 28(5), 437-452.
- Koutchma, T. N., Forney, L. J., & Moraru, C. I. (2009). *Ultraviolet light in food technology. Principles and applications*. CRC Press.
- Krishnamurthy, K., Demirci, A., & Irudayaraj, J. M. (2007). Inactivation of *Staphylococcus aureus* in milk using flow-through pulsed UV-light treatment system. *Journal of Food Science*, 73(7), M233-M239.
- Kuo, F. I., Carey, J. B., & Riche, S. C. (1997). UV irradiation of shell eggs: Effect on populations of aerobes, moulds, and inoculated *Salmonella typhimurium*. *Journal of Food Protection*, 60, 639-643.
- Masschelein, W. I., & Rice, R. G. (2002). *Ultraviolet light in water and wastewater sanitation*. CRC Press.
- Ngadi, M., Smith, J. P., & Cayouette, B. (2003). Kinetics of ultraviolet light inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 in liquid foods. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83(15), 1551-1555.
- Oteiza, J. M., Giannuzzi, L., & Zaritzky, N. (2010). Ultraviolet treatment of orange juice in inactivate *E. coli* O157:H7 as affected by native microflora. *Food and Bioprocess Technology*, 3(4), 603-614.
- Stermer, R. A., Lasater-Smith, M., & Brassington, C. F. (1987). Ultraviolet radiation – An effective bactericide for fresh meat. *Journal of Food Protection*, 108-111.