

Исследование динамики ингибирования микрофлоры растительного сырья в результате обработки ультрафиолетовым излучением

Илюхина Наталья Викторовна

*ВНИИТеК – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН
Адрес: 142703, Московская обл., г. Видное, ул. Школьная, д. 78
E-mail: inv63@mail.ru*

Колоколова Анастасия Юрьевна

*ВНИИТеК – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН
Адрес: 142703, Московская обл., г. Видное, ул. Школьная, д. 78
E-mail: aykolokolova@yandex.ru*

Тришканева Марина Валерьевна

*ВНИИТеК – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН
Адрес: 142703, Московская обл., г. Видное, ул. Школьная, д. 78
E-mail: labnta@vniitek.ru*

Крюкова Елизавета Вячеславовна

*ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»
Адрес: 125080, г. Москва, Волоколамское шоссе, д.11
E-mail: KryukovaEV@mgupr.ru*

Горячева Елена Давидовна

*ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»
Адрес: 125080, г. Москва, Волоколамское шоссе, д.11
E-mail: GoryachevaED@mgupr.ru*

Беркетова Лидия Владиславовна

*ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова»
Адрес: 117997, г. Москва, Стремянный переулок, д. 36
ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»
Адрес: 125080, г. Москва, Волоколамское шоссе, д.11
E-mail: BerketovaLV@mgupr.ru*

Одно из направлений, позволяющее моделировать поведение и характер изменения микрофлоры, является использование физических методов обработки сырья с целью его обеззараживания. В настоящей работе рассмотрены вопросы возможности ингибирования нежелательной микрофлоры сырья с применением УФ излучения. Ультрафиолетовое излучение является эффективным способом по борьбе с условно-патогенной, патогенной микрофлорой. Обработка продукции ультрафиолетовым излучением возможна как непосредственно сырья, так и упакованной продукции, при соблюдении правил подбора упаковочного материала, обладающего необходимой проницаемостью для достижения бактерицидного эффекта. При обработке ультрафиолетовым излучением необходимо учитывать не только тип излучения, но и накопленную поверхностную дозу. Доза обработки в свою очередь включает в себя такие понятия как время обработки и расстояние объекта до излучателя. Исследования проведены с соблюдением и контролем следующих критериев обработки ультрафиолетовым излучением: тип ультрафиолетового излучателя, расстояние

от излучателя до объекта исследований, время обработки, достижимая поверхностная доза обработки. В качестве биологических объектов исследования использовали суспензии микроорганизмов. Эффективность ультрафиолетового излучения определяли динамики снижения начальной концентрации модельных образцов под воздействием ультрафиолета с различными условиями обработки (расстояние до объекта, доза обработка). В качестве биологических объектов исследования использовали суточные культуры микроорганизмов *E. coli*, *P. aeruginosa*, *Candida*. Суспензии суточных культур наносили на поверхность модельных сред, представляющие собой агаризованную питательную среду (МПА). Использование ультрафиолетового излучения, с целью снижения титра суточной суспензии, условно-патогенных и патогенных микроорганизмов. Исследования показали, что для всех видов изучаемых микроорганизмов до 50 Дж/м² отмечается резкое снижение начальной обсемененности модельных образцов. Летальная доза при которых происходит полное ингибирование микроорганизмов составляет дозы 2000-2500 Дж/м². Применение технологии обработки пищевой продукции ультрафиолетовым излучением, является перспективным, с точки зрения возможности снижения риска заражения и обеспечения выпуска продукции, отвечающей требованиям нормативной документации, а так же ее применение не только для открытой, но и упакованной продукции.

Ключевые слова: ультрафиолетовое излучение, микробиологические показатели, обработка пищевой продукции, растительное сырье, риск заражения

Введение

Фундаментальные исследования в области изучения ингибирования нежелательной микрофлоры сырья являются основой безопасности готовой продукции, дающие возможность прогнозировать поведение микрофлоры сырья.

Одним из направлений, которое позволяет моделировать поведение и характер изменения микрофлоры, является использование физических методов обработки сырья с целью его обеззараживания. Физические методы (облучения) имеют большой диапазон частотных спектров, что позволяет подобрать оптимальные варианты обработки, приемлемые для разных видов сырья, и повысить безопасность готовой продукции. В перечень методов физической обработки, которые успешно внедряются в пищевой промышленности, входят ультрафиолетовое, ионизационное, ультразвуковое и гамма-излучения, а также кавитация (Weiser, 1962; Bintsis, Litopoulou-Tzanetaki, & Robinson, 2000). В настоящей работе рассмотрены вопросы возможности ингибирования нежелательной микрофлоры сырья с применением УФ-излучения. Ультрафиолетовое излучение является эффективным способом борьбы с условно-патогенной, патогенной микрофлорой, в том числе грибами. Однако широкое применение ультрафиолетового излучения в пищевой промышленности ограничено глубиной его проникновения, что вносит коррективы в технологическую схему обработки пищевой продукции (Anugu, 2013; Elmnasser et al., 2008).

Растительное сырье является одним из главных источников углеводов, витаминов, минералов и микроэлементов. Наибольший процент макро- и микроэлементов содержится в свежей расти-

тельной продукции. Такая продукция относится, главным образом, к скоропортящейся, что препятствует созданию стратегических запасов и обеспечению удаленных регионов нашей страны полноценными источниками углеводов.

Разработка любой технологии предусматривает многостороннее рассмотрение полного спектра вопросов, связанных с объектом исследования и методики обработки. Применение УФ-излучения не требует больших экономических вложений в производство. Возможно обрабатывать не только непосредственно сырье, но и упакованную продукцию, соблюдая при этом правила подбора упаковочного материала, обладающего необходимой проницаемостью для ультрафиолетового излучения (Харитонов & Шерстнева, 2014).

В процессе хранения пищевой продукции происходит развитие нативной и внесенной при переработке нежелательной микрофлоры. К нативным видам микроорганизмов относятся такие виды, как: молочнокислые микроорганизмы, *Pseudomonas*, дрожжи и т.п.; к внесенным: *Salmonella*, *Listeria*, *E. coli*, *S. aureus* и т.п. Изучение вопросов обработки свежей овощной продукции является актуальным.

Для определения эффективности ультрафиолетового излучения с целью снижения начальной обсемененности сырья были проанализированы нормативные документы, регламентирующие нормы и виды вредоносных микроорганизмов, которые могут вызывать токсикоинфекции человека при употреблении зараженного пищевого продукта. К основополагающим регламентированным для свежей овощной и грибной продукции видам микроорганизмов можно отнести микро-

организмы вида *Salmonella*, *E. coli*, дрожжи, плесени, *Listeria*¹.

Чувствительность к ультрафиолетовому излучению целевого микроорганизма является важным параметром для выбора дозы ультрафиолетового излучения. Микроорганизмы имеют различную структуру в силу своих многочисленных характеристик. Необходимая энергия может варьироваться для определенного вида микроорганизмов в зависимости от штамма, питательной среды и стадии культуры. Поэтому для инактивации различных микроорганизмов необходимы разные дозы (Евдомиков, Подковыров, & Кузнецова, 2018).

Чувствительность микроорганизмов к действию УФ-излучения уменьшается с увеличением размеров клеток. Не все клетки даже одной и той же культуры одинаково стойки к действию УФ-излучения: 70-80% клеток погибают при минимальной затрате энергии, а для уничтожения остальных 20-30% ее требуется в 3-4 раза больше. Если бактерии или споры подвергают многократному мгновенному действию УФ-излучения, то для их уничтожения потребуется значительно больше энергии, чем при непрерывном облучении той же продолжительности. Таким образом, ультрафиолетовое излучение одних и тех же длин волн и одинаковой интенсивности обладает селективным бактерицидным действием, т.е. доза, которая убивает один тип бактерий, может оказывать только угнетающее действие на других. Это прежде всего связано с уникальностью структуры ДНК каждого живого организма (Марьин & Харитонов, 2010).

Ультрафиолетовое излучение разделяют по видам источников. Источники разделяют на А, В, С диапазоны. Диапазон ультрафиолетового излучения, способствующий стерилизующему эффекту – диапазон С, соответствующий 200...290 нм. Стерилизующий эффект УФ-излучения в основном обусловлен фотохимическими реакциями, в результате которых происходят необратимые повреждения ДНК, РНК и мембраны. Ультрафиолет поражает именно живые клетки, не оказывая воздействия на химический состав питательных сред (Марьин & Харитонов, 2014).

Ультрафиолетовое излучение достаточно давно зарекомендовало себя в качестве приема, позволяющего резко снизить или полностью ингиби-

ровать нежелательные микроорганизмы, однако в основной своей массе он направлен на обеззараживание поверхностей в медицинских и промышленных организациях. Обработка пищевой продукции ультрафиолетовым излучением мало используется. Это обусловлено рядом ограничений, одним из которых является низкая глубина проникновения ультрафиолетового излучения. Данное обстоятельство вводит ряд ограничений и требует дополнительных доработок для активного внедрения в пищевой индустрии (Летаев, 2012).

Одна из проблем использования УФ-излучения для снижения микробиологической контаминации пищевых продуктов – низкая проникающая способность излучения, т.е. его действие в тонком слое или только на поверхности продукта (Марьин & Харитонов, 2010). В качестве примера успешно внедренных УФ-технологий обработки пищевой продукции можно привести обработку свежего мяса, которое позволяет увеличить сроки годности в разы (Reagan, Smith, & Carpenter, 1973; Stermer, Lasater-Smith, & Brasington, 1987). Так, в ряде работ, посвященных обработке ультрафиолетовым излучением жидких продуктов, предлагается обрабатывать жидкость тонкой струей, что позволяет полностью обработать весь объем (Чумаченко, Павличенко, & Пичак, 1975). Исследования по изучению возможности применения УФ-излучения при стерилизации соков и вин дали положительный результат. Обработку такой продукции необходимо проводить с применением технологии обработки в тонком слое. Применение данной технологии позволяет обработать соковую продукцию и вино без использования высокотемпературных режимов (Wallner-Pendleton, Sumner, Froning, & Stetson, 1994; Guerro-Beltran, & Barbosa Canovas, 2004; Keyser, Müller, Cilliers, Nel, & Gouws, 2008; Franz, Specht, Cho, Graef, & Stahl, 2009).

В ряде работ отмечено, что обработка способствует ухудшению органолептических показателей продуктов питания, что требует дополнительных исследований (Hanes et al., 2002).

При применении ультрафиолетового излучения в пищевой промышленности необходимо учитывать не только тип излучения, но и накопленную поверхностную дозу. Доза обработки, в свою очередь, включает в себя такие понятия как вре-

¹ ТР ТС 021/2011. (2010). Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к продукции (товарам), подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю). М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора.

мя обработки и расстояние объекта до излучателя (Wallner-Pendleton, Sumner, & Froning, 1994).

Длительная обработка сырья способствует: образованию озона, повышению температуры поверхностей, что влияет на физико-химические и технологические параметры исходного сырья. За счет изменения температурного режима камеры обработки невозможно сохранить холодильную цепь, что является неотъемлемым критерием обработки свежей растительной продукции. Данный вопрос очень важен для свежей продукции, так как излишняя обработка ведет к невосполнимым потерям их качественных характеристик (Kuo, Carey, & Ricke, 1997).

В связи с вышеперечисленными аспектами проведены исследования по изучению степени ингибирования основных видов нативных и вносимых видов микроорганизмов, вызывающих порчу свежей растительной продукции, на модельных образцах.

Материалы и методы исследования

Исследования проведены с соблюдением и контролем следующих критериев обработки ультрафиолетовым излучением: тип ультрафиолетового излучателя, расстояние от излучателя до объекта исследований, время обработки, достижимая поверхностная доза обработки.

В качестве биологических объектов исследования использовали суспензии микроорганизмов, содержащие максимальное количество жизнеспособных микроорганизмов (суточная суспензия).

В качестве биологических объектов использовали музейные штаммы микроорганизмов, вызывающие порчу пищевой продукции: *E. coli* ATCC полученный из штамма ВКМ В114191; *P. aeruginosa* 27/99 и *S. albacans* ATCC 10231.

Суточную суспензию микроорганизмов получали путем наращивания музейного штамма в мясопептонном бульоне, условия термостатирования составляли 30-37°C (24-72 часа). Выбор температуры и времени культивирования соответствовал оптимальным условиям культивирования для каждой культуры.

В качестве модельной среды была выбрана стандартная питательная среда, обладающая необходимым составом, способствующим росту и развитию исследуемых биологических объектов (мясопептонный агар)².

В работе использовали ультрафиолетовый облучатель с бактерицидными лампами типа С, обладающий бактерицидным эффектом, фирмы Philips модели TUV 30W T8 G13. Объекты исследования устанавливали в диапазоне наиболее равномерного распределения ультрафиолетового излучения³.

Таблица 1
Режимы обработки экспериментальных образцов

Накопленная поверхностная доза облучения	Расстояние от излучателя до объекта исследования		
	20	25	30
	Время обработки объекта для достижения накопленной поверхностной дозы, сек		
0	0	0	0
200	64,52	74,07	86,96
250	80,65	92,59	108,70
300	96,77	111,11	111,11
400	129,03	148,15	148,15
500	161,29	185,19	217,39
1000	322,58	370,37	434,78
1500	483,87	555,56	652,17

Обработка экспериментальных данных заключалась в определении остаточного количества жизнеспособных микроорганизмов⁴.

Результаты исследования

Исследования показали, что под воздействием облучения дозой до 500 Дж/м² проявляется значительный бактерицидный эффект, позволяющий в значительной мере снизить начальную обсемененность модельных сред, зараженных суспензией *Pseudomonas aeruginosa*. Отмечено, что при расстоянии 30 см от объекта исследования до источника излучения, снижается эффективность воздействия. Обработка дозами 1000-2000 Дж/м²

² ГОСТ 10444.15-95. (1995). Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов. М.: Стандартинформ.

³ ГОСТ 28369-89. (1991). Контроль неразрушающий. Облучатели ультрафиолетовые. Общие технические требования и методы испытаний. М.: Стандартинформ.

⁴ ГОСТ ISO 7218-2011. (2013). Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Общие требования и рекомендации по микробиологическим исследованиям. М.: Стандартинформ.

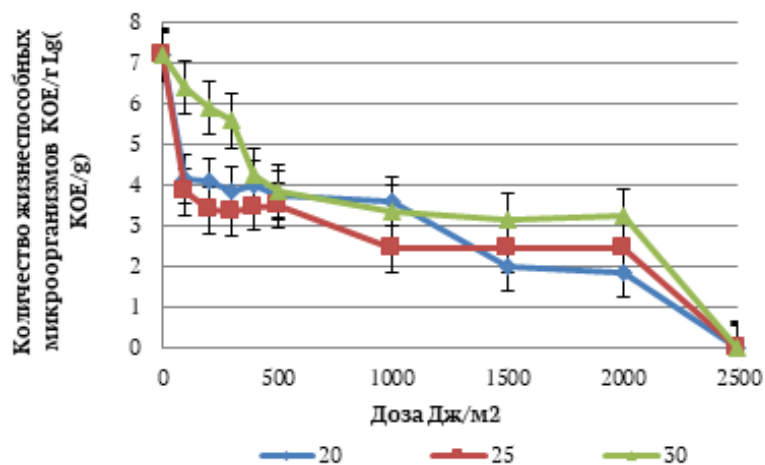


Рисунок 1. Динамика ингибирования микроорганизма рода *Pseudomonas* под воздействием ультрафиолета

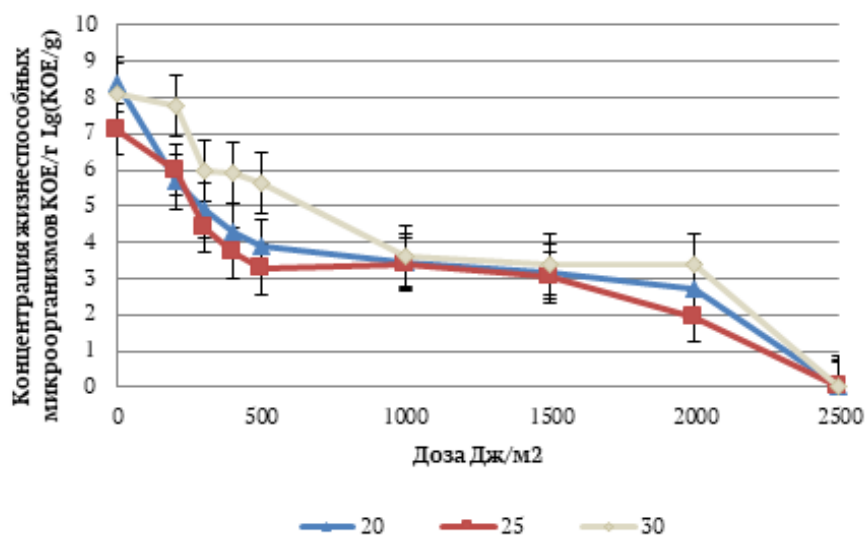


Рисунок 2. Динамика ингибирования микроорганизма рода *Candida* под воздействием ультрафиолета

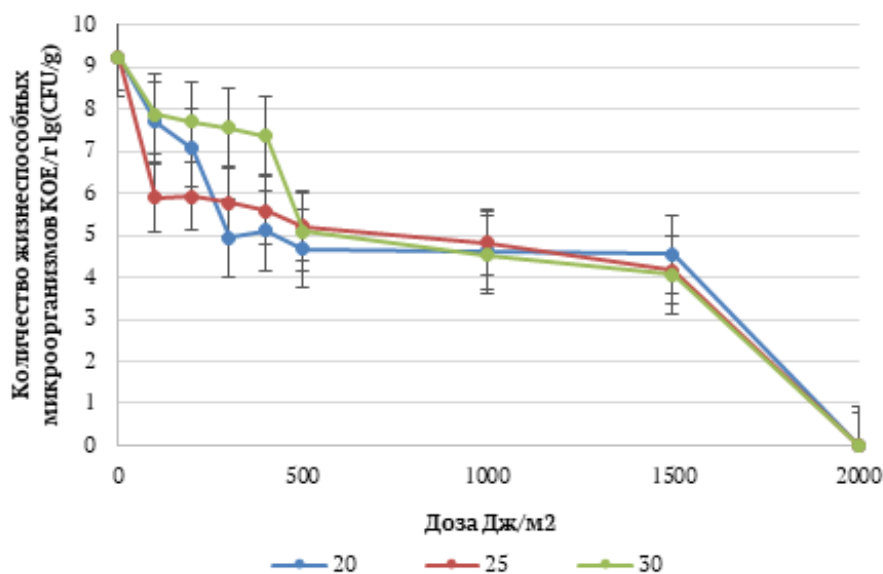


Рисунок 3. Динамика ингибирования микроорганизма рода *E. coli* под воздействием ультрафиолета

способствует бактериостатическому эффекту, образуя в данном диапазоне излучения зону Плато.

Исследования показали, что под воздействием облучения дозой до 500 Дж/м² проявляется значительный бактерицидный эффект, позволяющий в значительной мере снизить начальную обсемененность модельных сред, зараженных суспензией *Candida*. Обработка дозами 1000-2000 Дж/м² способствует бактериостатическому эффекту, образуя в данном диапазоне излучения зону Плато.

Исследования показали, что под воздействием облучения дозой до 500 Дж/м² проявляется значительный бактерицидный эффект, позволяющий в значительной мере снизить начальную обсемененность модельных сред, зараженных суспензией *E. coli*. Дозы от 500 до 1500 Дж/м² обладают бактериостатическим эффектом, образуя в данном диапазоне зону Плато.

Выводы

Использование ультрафиолетового излучения позволяет снизить титр суточной суспензии, условно-патогенных и патогенных микроорганизмов. Исследования показали, что для всех видов изучаемых микроорганизмов отмечается резкое снижение начальной обсемененности модельных образцов. Летальная доза, при которой происходит полное ингибирование микроорганизмов, составляет 2000-2500 Дж/м².

Применение технологии обработки пищевой продукции ультрафиолетовым излучением перспективно с точки зрения возможности снижения риска заражения и обеспечения выпуска продукции, отвечающей требованиям нормативной документации, а также ее применение не только для открытой, но и упакованной продукции.

Литература

- Евдокимов, А. П., Подковыров, И. Ю., & Кузнецова, Т. А. (2018). Дозы ультрафиолетового излучения для бактерицидной обработки зерна. *Известия НВ АУК*, 1, 286-289.
- Летаев, С. А. (2012). Обоснование параметров установки обеззараживания молока на фермах ультрафиолетовым и инфракрасным излучением (Автореферат диссертации ... кандидата технических наук). М.: ГНУ ВИЭСХ.
- Марьин, В. А., & Харитонов, Д. В. (2010). Исследование схем последовательности фаз роста периодической культуры бифидобактерий и лактобактерий. *Техника и технология пищевых производств*, 4, 24-28.
- Марьин, В. А., & Харитонов, Д. В. (2014). Линейный рост и пассивация активных клеток растущей культуры микроорганизмов. *Техника и технология пищевых производств*, 4, 97-106.
- Харитонов, В. Д., & Шерстнева, Н. Е. (2014). Влияние ультрафиолетового излучения на основные компоненты и микробиологические показатели жидких пищевых продуктов. *Труды белорусского государственного университета. Физиологические, биохимические и молекулярные основы функционирования биосистем*, 9(1), 9-22.
- Чумаченко, В. А., Павличенко, В. Н., & Пичак, В. А. (1975). Изучение бактерицидной активности ультрафиолетовых лучей при облучении молока и обрат в тонком слое. *Научно-технологический бюллетень по механизации и электрификации животноводства*, 3, 21-25.
- Anugu, A. K. (2013). *Microbial inactivation and allergen mitigation of food matrix by pulsed ultraviolet light* (Doctoral dissertation). University of Florida, Gainesville.
- Bintsis, T., Litopoulou-Tzanetaki, E., & Robinson, R. K. (2000). Existing and potential applications of ultraviolet light in the food industry – a critical review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(6), 637-645. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(20000501\)80:6<637::AID-JSFA603>3.0.CO;2-1](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(20000501)80:6<637::AID-JSFA603>3.0.CO;2-1)
- Elmnasser, N., Dalgalarondo, M., Orange, N., Bakhrouf, A., Haertlé, T., Federighi, M., & Chobert, J. M. (2008). Effect of pulsed-light treatment on milk proteins and lipids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(6), 1984-1991. <https://doi.org/10.1021/jf0729964>
- Franz, C. M. A. P., Specht, I., Cho, G.-S., Graef, V., & Stahl, M. R. (2009). UV-C-inactivation of microorganisms in naturally cloudy apple juice using novel inactivation equipment based on Dean Vortex technology. *Food Control*, 20(12), 1103-1107. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2009.02.010>
- Guerrero-Beltrán, J. A., & Barbosa-Cánovas G. V. (2004). Advantages and limitations on processing foods by UV light. *Food Science and Technology International*, 10(3), 137-147. <https://doi.org/10.1177/1082013204044359>
- Hanes, D. E., Worobo, R. W., Orlandi, P. A., Burr, D. H., Miliotis, M. D., Robl, M. G., Bier, J. W., Arrowood, M. J., Churey, J. J., & Jackson, G. J. (2002). Inactivation of *Cryptosporidium parvum* oocysts in fresh apple cider by UV irradiation. *Applied and Environmental Microbiology*, 68(8), 4168-4172. <https://doi.org/10.1128/aem.68.8.4168-4172.2002>

- Keyser, M., Müller, I., Cilliers, F. P., Nel, W., & Gouws, P. A. (2008). UV Radiation as a non-thermal treatment for the inactivation microorganisms in fruit juice. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 9(3), 348-354. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2007.09.002>
- Kuo, F.-L., Carey, J. B., & Ricke, S. C. (1997). UV irradiation of shell eggs: effect on populations of aerobes, molds, and inoculated salmonella typhimurium. *Journal of Food Protection*, 60(6), 639-643. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-60.6.639>
- Reagan, J. O., Smith, G. C., & Carpenter, Z. L. (1973). Use of ultraviolet light for extending the retail caselife of beef. *Journal of Food Science*, 38(6), 929-931. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1973.tb02116.x>
- Stermer, R. A., Lasater-Smith, M., & Brasington, C. F. (1987). Ultraviolet radiation-an effective bactericide for fresh meat. *Journal of Food Protection*, 50(2), 108-111. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-50.2.108>
- Wallner-Pendleton, E. A., Sumner, S. S., Froning, G. W., & Stetson, L. E. (1994). The use of ultraviolet radiation to reduce Salmonella and psychrotrophic bacterial contamination on poultry carcasses. *Poultry Science*, 73(8), 1327-1333. <https://doi.org/10.3382/ps.0731327>
- Weiser, H. H. (1962). Practical food microbiology and technology. *Starch Modification in Biomedical and Pharmaceutical Applications*, 15(8), 309. <https://doi.org/10.1002/star.19630150809>

Study of the Dynamics of Inhibition of the Microflora of Plant Materials as a Result of Treatment with Ultraviolet Radiation

Natalia V. Ilyukhina

*VNIITEK – a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution
"FSC Food Systems named after V.M.Gorbatov" RAS
78, Shkolnaya, Vidnoe, Moscow region, 142703, Russian Federation
E-mail: inv63@mail.ru*

Anastasia Yu. Kolokolova

*VNIITEK – a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution
"FSC Food Systems named after V.M.Gorbatov" RAS
78, Shkolnaya, Vidnoe, Moscow region, 142703, Russian Federation
E-mail: aykolokolova@yandex.ru*

Marina V. Trishkaneva

*VNIITEK – a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution
"FSC Food Systems named after V.M.Gorbatov" RAS
78, Shkolnaya, Vidnoe, Moscow region, 142703, Russian Federation
E-mail: labnta@vniitek.ru*

Elizaveta V. Kryukova

*Moscow State University of Food Production
11, Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: KryukovaEV@mgupp.ru*

Elena D. Goryacheva

*Moscow State University of Food Production
11, Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: GoryachevaED@mgupp.ru*

Lidia V. Berketova

*Russian University of Economics named after G.V. Plekhanov
Address: 117997, Moscow, Stremyanny lane, 36
Moscow State University of Food Production
11, Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: BerketovaLV@mgupp.ru*

One of the directions that makes it possible to simulate the behaviour and nature of changes in microflora is the use of physical methods of processing raw materials in order to disinfect them. In this work, the issues of the possibility of inhibiting unwanted microflora of raw materials using UV radiation are considered. Ultraviolet radiation is an effective way to combat opportunistic, pathogenic microflora. Processing of products with ultraviolet radiation is possible both directly for raw materials and packaged products, subject to the rules for the selection of packaging material that has the necessary permeability to achieve a bactericidal effect. When processing with ultraviolet radiation, it is necessary to take into account not only the type of radiation, but also the accumulated surface dose. The processing dose, in turn, includes such concepts as the processing time and the distance of the object to the emitter. The studies were carried out in compliance with and control of the following criteria for treatment with ultraviolet radiation: type of ultraviolet emitter, distance from the emitter to the object of research, treatment time, attainable surface dose of treatment.

Suspensions of microorganisms were used as biological objects of research. The effectiveness of ultraviolet radiation was determined by the dynamics of a decrease in the initial concentration of model samples under the influence of ultraviolet radiation with various processing conditions (distance to the object, treatment dose). Daily cultures of *E. coli*, *P. aeruginosa*, and *Candida* microorganisms were used as biological objects of research. Suspensions of day-old cultures were applied to the surface of model media, which was an agar nutrient medium (MPA). The use of ultraviolet radiation, in order to reduce the titer of the daily suspension, opportunistic and pathogenic microorganisms. The study showed that for all types of studied microorganisms up to 50 J / m², there is a sharp decrease in the initial contamination of model samples. The lethal dose at which complete inhibition of microorganisms occurs is doses of 2000-2500 J / m². The use of technology for processing food products with ultraviolet radiation is promising from the point of view of the possibility of reducing the risk of infection and ensuring the release of products that meet the requirements of regulatory documents, as well as its use not only for open, but also packaged products.

Keywords: ultraviolet radiation, microbiological indicators, food processing, plant raw materials, risk of infection

References

- Chumachenko, V. A., Pavlichenko, V. N., & Pichak, V. A. (1975). Izuchenie bakteritsidnoi aktivnosti ul'trafiol'etovykh luchei pri obluchenii moloka i obrata v tonkom sloe [Study of the bactericidal activity of ultraviolet rays during irradiation of milk and skim milk in a thin layer]. *Nauchno-tekhnologicheskii byulleten' po mekhanizatsii i elektrifikatsii zhivotnovodstva* [Scientific and technological bulletin on the mechanization and electrification of animal husbandry], 3, 21-25.
- Evdokimov, A. P., Podkovyrov, I. Yu., & Kuznetsova, T. A. (2018). Dozy ul'trafiol'etovogo izlucheniya dlya bakteritsidnoi obrabotki zerna [Doses of ultraviolet radiation for bactericidal treatment of grain]. *Izvestiya NV AUK* [Bulletin of the lower Volga agro-university complex], 1, 286-289.
- Kharitonov, V. D., & Sherstneva, N. E. (2014). Vliyanie ul'trafiol'etovogo izlucheniya na osnovnye komponenty i mikrobiologicheskie pokazateli zhidkikh pishchevykh produktov. [Influence of ultraviolet radiation on the main components and microbiological indicators of liquid food products. Proceedings of the Belarusian State University]. *Trudy belorusskogo gosudarstvennogo universiteta. Fiziologicheskie, biokhimicheskie i molekulyarnye osnovy funktsionirovaniya biosistem* [Proceedings of the Belarusian State University. Physiological, biochemical and molecular foundations of the functioning of biosystems], 9(1), 9-22.
- Letaev, S. A. (2012). Obosnovanie parametrov ustanovki obezzarazhivaniya moloka na fermakh ul'trafiol'etovym i infrakrasnym izlucheniem (Avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoi stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk) [Justification of the parameters of the installation for disinfection of milk on farms by ultraviolet and infrared radiation (Doctoral dissertation)]. Moscow: GNU VIESKh.
- Mar'in, V. A., & Kharitonov, D. V. (2010). Issledovanie skhem posledovatel'nosti faz rosta periodicheskoi kul'tury bifidobakterii i laktobakterii [Investigation of the diagrams of the growth phases of a periodic culture of bifidobacteria and lactobacilli]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Technique and technology of food production], 4, 24-28.
- Mar'in, V. A., & Kharitonov, D. V. (2014). Lineinyi rost i passivatsiya aktivnykh kletok rastushchei kul'tury mikroorganizmov [Linear growth and passivation of active cells of a growing culture of microorganisms]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Technique and technology of food production], 4, 97-106.
- Anugu, A. K. (2013). *Microbial inactivation and allergen mitigation of food matrix by pulsed ultraviolet light* (Doctoral dissertation). University of Florida, Gainesville.
- Bintsis, T., Litopoulou-Tzanetaki, E., & Robinson, R. K. (2000). Existing and potential applications of ultraviolet light in the food industry – a critical review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(6), 637-645. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(20000501\)80:6<637::AID-JSFA603>3.0.CO;2-1](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(20000501)80:6<637::AID-JSFA603>3.0.CO;2-1)
- Elmnasser, N., Dalgarrondo, M., Orange, N., Bakhrouf, A., Haertlé, T., Federighi, M., & Chobert, J. M. (2008). Effect of pulsed-light treatment on milk proteins and lipids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(6), 1984-1991. <https://doi.org/10.1021/jf0729964>
- Franz, C. M. A. P., Specht, I., Cho, G.-S., Graef, V., & Stahl, M. R. (2009). UV-C-inactivation of microorganisms in naturally cloudy apple juice using novel inactivation equipment based on Dean Vortex technology. *Food Control*, 20(12), 1103-1107. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2009.02.010>
- Guerrero-Beltrán, J. A., & Barbosa-Cánovas G. V. (2004). Advantages and limitations on processing foods by UV light. *Food Science and Technology International*, 10(3), 137-147. <https://doi.org/10.1177/1082013204044359>
- Hanes, D. E., Worobo, R. W., Orlandi, P. A., Burr, D. H., Miliotis, M. D., Robl, M. G., Bier, J. W., Arrowood, M. J., Churey, J. J., & Jackson, G. J. (2002). Inactivation of

- Cryptosporidium parvum oocysts in fresh apple cider by UV irradiation. *Applied and Environmental Microbiology*, 68(8), 4168-4172. <https://doi.org/10.1128/aem.68.8.4168-4172.2002>
- Keyser, M., Müller, I., Cilliers, F. P., Nel, W., & Gouws, P. A. (2008). UV Radiation as a non-thermal treatment for the inactivation microorganisms in fruit juice. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 9(3), 348-354. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2007.09.002>
- Kuo, F.-L., Carey, J. B., & Ricke, S. C. (1997). UV irradiation of shell eggs: effect on populations of aerobes, molds, and inoculated salmonella typhimurium. *Journal of Food Protection*, 60(6), 639-643. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-60.6.639>
- Reagan, J. O., Smith, G. C., & Carpenter, Z. L. (1973). Use of ultraviolet light for extending the retail caselife of beef. *Journal of Food Science*, 38(6), 929-931. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1973.tb02116.x>
- Stermer, R. A., Lasater-Smith, M., & Brasington, C. F. (1987). Ultraviolet radiation-an effective bactericide for fresh meat. *Journal of Food Protection*, 50(2), 108-111. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-50.2.108>
- Wallner-Pendleton, E. A., Sumner, S. S., Froning, G. W., & Stetson, L. E. (1994). The use of ultraviolet radiation to reduce Salmonella and psychrotrophic bacterial contamination on poultry carcasses. *Poultry Science*, 73(8), 1327-1333. <https://doi.org/10.3382/ps.0731327>
- Weiser, H. H. (1962). Practical food microbiology and technology. *Starch Modification in Biomedical and Pharmaceutical Applications*, 15(8), 309. <https://doi.org/10.1002/star.19630150809>