Милушев Ринат Келимулович – доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: july1931@yandex.ru.

Кийко Елена Ильинична – кандидат биологических наук, главный специалист управления сельского хозяйства Администрации Тамбовской области, Россия, г. Тамбов, e-mail: alenakiiko@mail.ru.

Author credentials

Affiliations

Dorovskikh Vladimir – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Leading Researcher of the Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use machinery and Petroleum products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: dorovskikh50@mail.ru.

Milushev Rinat – Full Doctor of Agricultural Sciences, Chief Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: july1931@yandex.ru.

Kiiko Elena – Candidate of Biological Sciences, leading specialist Department of Agriculture Administration Tambov Region, Russia, Tambov, e-mail: alenakiiko@mail.ru.

Поступила в редакцию (Received): 11.03.2021 Принята к публикации (Accepted): 14.04.2021

УДК 637.1

DOI: 10.35887/2305-2538-2021-2-48-54

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ДЕЗИНФЕКЦИИ ВНУТРЕННИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЕМКОСТЕЙ СБОРА, ХРАНЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ МОЛОЧНОГО СЫРЬЯ

¹Анохин Сергей Александрович

¹Гуськов Артем Анатольевич

¹Никитин Дмитрий Вячеславович

¹Родионов Юрий Викторович

¹ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»

Реферат. Известна проблема мойки молочного оборудования после длительного простоя. Отдельной задачей является осуществление бактериологической очистки внутренних поверхностей в подготовке оборудования к повторному использованию. В работе в ходе эксперимента были исследованы показатели бактериологического загрязнения внутренней поверхности оборудования хранения и транспортирования молока, используемого в малых фермерских хозяйствах. Исследовались показатели обсемененности наиболее вероятных видов бактерий, распространенных в условиях производства сырого молока на животноводческих фермах. Использовались экспериментальные методы с реализацией физического моделирования процессов дезинфекции оборудования и бактериологического исследования. В ходе поставленного эксперимента имитировались процессы сбора, хранения и транспортирования молочного сырья. Подготовленные образцы подвергались дезинфекции методами обработки вакуумом, паром, озоном, ультрамалым объемом моющего раствора и мойки горячей водой. Полученные смывы с поверхностей были исследованы на остаточную патогенную микрофлору, по результатам которых было установлено наиболее энерго- и ресурсоэффективные способы и режимы дезинфекции молочного оборудования фермерских хозяйств. Одинаковую по качеству дезинфекцию показали методы обработки паром и ультрамалым объемом моющего раствора при температуре от 65° С. Однако более энерго- и ресурсоэффективным методом показал метод обработки ультрамалым объемом моющего раствора с температурой 65° С. Данный эффект был достигнут за счет меньшего потребления энергии на подогрев моющей жидкости и меньшего ее расхода. Данный метод рекомендуется применять в условиях подготовки оборудования сбора, хранения и транспортирования в производстве молочного сырья в малых фермерских хозяйствах с целью экономии энергетических ресурсов производства.

Ключевые слова: агротехнологии, технологии мойки, дезинфекция, молоко.

PERSPECTIVE METHODS FOR THE INTERNAL SURFACES DISINFECTION OF
COLLECTION, STORAGE AND TRANSPORTATION OF MILK RAW¹Anokhin Sergey¹Guskov Artem¹Nikitin Dmitriy¹Rodionov Yuriy¹FSBEI HE "Tambov state technical university"

Abstract. *There is a known problem with washing dairy equipment after long periods of inactivity. A separate task is the bacteriological cleaning implementation of internal surfaces in the equipment preparation for reuse. In the work were investigated, during the experiment, the bacteriological contamination indicators of the equipment inner surface for storing and transporting milk used in small farms. The contamination indexes of the most probable species of bacteria common in the raw milk production conditions on livestock farms were studied. Experimental methods were used with the physical modeling of equipment disinfection processes implementation and bacteriological research. In the experiment course, the processes of collection, storage and transportation of raw milk were simulated. The prepared samples were disinfected by vacuum, steam, ozone, ultra-low volume washing solution and hot water washing. The obtained washings from the surfaces were examined for residual pathogenic microflora, based on the results of which the most energy and resource efficient methods and disinfection modes of dairy farms equipment were established. Disinfection of the same quality was shown by the treatment methods with steam and an ultra-low volume of a washing solution at a temperature 65 ° C. However, the method of processing an ultra-low volume of a washing solution with a temperature 65 ° C showed a more energy- and resource-efficient method. This effect was achieved due to lower energy consumption per heating of the washing liquid and its lower consumption. This method is recommended to be applied in preparation conditions of equipment for collection, storage and transportation in the production of dairy in small farms in order to save energy and resources production.*

Keywords: *agricultural technologies, washing technology, disinfection, milk.*

Введение. Существует проблема подготовки оборудования к повторному использованию при производстве сырого молока в фермерских хозяйствах. Основная задача заключается в очистке поверхностей оборудования, непосредственно контактирующего с молоком. К таким относятся внутренние поверхности емкостей для сбора, хранения и транспортирования молока. Данное оборудование контактирует с уже охлажденным молоком до 4° С, что может вызывать определенные затруднения в процессе мойки при удалении жировых частиц с поверхности [1, 2].

Особое внимание следует уделить тому факту, что в небольших фермерских хозяйствах возможны длительные (более 4 часов) простои данного оборудования, что может привести к бактериологическому загрязнению поверхности [2]. Такое загрязнение существенно снижает качество молочного сырья вплоть до некондиционного.

В тоже время применению традиционных методов подготовки оборудования к повторному использованию (обработка паром и мойка горячей водой) является энерго- и ресурсозатратным [2, 3]. Требуется затраты энергии на подогрев моющей жидкости и большой ее расход [4], которые существенны для малых фермерских хозяйств, что особенно характерно для южных регионов России с дефицитом пресной воды [5, 6].

В связи с чем актуальной является задача предварительной дезинфекции внутренних поверхностей молочного оборудования с меньшими затратами энергии и ресурсов.

Материалы и методы. Для исследования методов дезинфекции поверхностей емкостей хранения и транспортирования молочного сырья был поставлен эксперимент, целью которого является оценка эффективности обеззараживания на разных режимах поверхности сельскохозяйственного оборудования молочных ферм после длительного простаивания без мойки. В качестве объекта исследования выступал показатель колониеобразующих единиц бактерий группы кишечных палочек и стафилококки, а также *Pseudomonas aeruginosa* [7]. Предметом исследования выступали пластины из пищевой нержавеющей стали AISI 316, рисунок 1.

Рисунок 1 – Пластины

Проверялись следующие режимы дезинфекции: выдерживание под вакуумом; озонирование; мойка горячей водой; пропаривание; распыление моющего дезинфицирующего раствора ультрамалым объемом (УМО).

Подготовка к эксперименту осуществлялась следующим образом: десять пластин с площадью исследуемой поверхности 25 см^2 (размер пластин $50 \text{ мм} \times 50 \text{ мм}$) погружались в молоко, жирностью 3,4 %, с массовой долей белка не менее 2,8 %, кислотностью 18°T , плотностью не менее 1028 кг/м^3 (ТУ 9222-242-00419785-04) и предварительно загрязненное патогенными бактериями (бактерии группы кишечной палочки, стафилококками и *Pseudomonas aeruginosa*). Затем излишки молока с пластин удалялись самотеком, путем расположения пластин под углом 60° . Пластины оставались в помещении, имитирующем цех по сбору и хранению молочного сырья с соответствующей окружающей воздушной средой, на сутки. В результате бактериологически загрязненное молоко на пластине высохло, что позволяло смоделировать процесс простоя оборудования.

Испытания методов и режимов дезинфекции проводилось по однотипному алгоритму для каждой пластины. В алюминиевую флягу, объемом 5 л с вмонтированным электронагревателем (ТЭН 01.102 D13 R30, мощностью 1 кВт), на подставку, изменяющую высоту в пределах 40 – 150 мм, помещалась пластина, с последующим на нее воздействием заданного метода и режима дезинфицирования. Крышка фляги с вмонтированными вакуумметром, термопарой и выходами для подключения трубных магистралей вакуумного насоса и элементов ультразвукового генератора закрывалась с учетом способа воздействия. Уровень жидкости (вода, моющий дезинфицирующий раствор) составлял $50 \pm 5 \text{ мм}$. Нагрев жидкости до заданной температуры производился посредством терморегулятора (на базе RS-485 ОВЕН ТРМ101) на основании данных изменения показаний с термопары. Время воздействия каждого типа составляло 15 минут. В качестве моющего дезинфицирующего средства применялся водный раствор хлора и каустической соды в пропорциях 3 % и 0,5 % соответственно. Для испытаний применялась вода централизованной системы питьевого водоснабжения, соответствовавшая СанПиН 2.1.4.1074-01. Общий вид экспериментальной установке представлен на рисунке 2.

После обработки пластин соответствующим методом и режимом дезинфекции со всей площади ее поверхности брался смыв алюминиевым стержнем со стерильной ватой. Полученный смыв помещался в стеклянную пробирку с физиологическим раствором и запечатывался. Оборудование для взятия смывов было предварительно стерилизовано в автоклаве. Все образцы смывов были переданы для анализа в Испытательный лабораторный центр ФБУ здравоохранения «Центр гигиены и эпидемиологии в Тамбовской области» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека не позднее 2 ч с момента получения первого смыва. Анализ проводился путем посева на питательную среду в соответствии с МУК 4.2.2942-11.

Отличия испытаний заключались в методах и режимах дезинфицирующего воздействия. Метод выдержки пластины под вакуумом заключался в воздействии на нее давлением $56,9 \pm 2 \text{ кПа}$. Метод мойки – воздействие на пластину путем ее погружение в моющий дезинфицирующий раствор температурой 65°C . Метод пропаривания – воздействие на пластину горячим паром, образованным при кипячении воды с температурой около 100°C .

Рисунок 2 – Лабораторная установка, общий вид

Метод озонирования – пластина подвергалась воздействию озона, образованного из атмосферы закрытой фляги с помощью помещенного в нее озонатора, поддерживавшего концентрацию озона на уровне $16 \pm 1,5$ мг/л. Метод распыления моющего дезинфицирующего раствора УМО – пластина помещалась в закрытую флягу с аэрозольной средой (холодный пар), полученной в результате работы ультразвукового генератора. При этом аэрозольная среда отличалась температурными режимами: 35°C , 45°C , 55°C , 65°C , 75°C . Ход обработки методом распыления представлен на рисунке 3.

Рисунок 3 – Процесс дезинфекции методом распыления ультрамалого объема моющего раствора

Концентрация горячего и холодного пара ограничивалась пределом насыщения.

Анализ образцов смывов, согласно заключению Испытательного лабораторного центра, показал результаты, таблица 1. На рисунке 4 показано изменение эффективности применения метода распыления УМО моющего раствора в зависимости от температурных режимов.

Таблица 1 – Результаты эксперимента

№ стр.	Метод и режим	Результаты		
		БГКП, КОЕ/см ³	Стафилококки, КОЕ/см ³	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
1	Контрольный образец	473	121	не обнаружено
2	Вакуумирование	402	93	не обнаружено
3	Мойка горячей водой	134	21	не обнаружено
4	Озонирование	14	8	не обнаружено
5	Пропаривание	не обнаружено	не обнаружено	не обнаружено
6	УМО, 35° С	21	13	не обнаружено
7	УМО, 45° С	16	4	не обнаружено
8	УМО, 55° С	не обнаружено	3	не обнаружено
9	УМО, 65° С	не обнаружено	не обнаружено	не обнаружено
10	УМО, 75° С	не обнаружено	не обнаружено	не обнаружено

Рисунок 4 – Изменение эффективности метода УМО

Как можно заметить из таблицы 1, заражение поверхностей бактерией *Pseudomonas aeruginosa* не состоялось, что следует по результатам контрольного образца. Возможной причиной является отсутствие питательных веществ или недостаточное их количество в испытываемом молоке. В связи с чем, можно сделать вывод о том, что данный вид бактерий не представляет особой опасности в заражении сырья. По другим видам исследуемых бактерий наибольшую эффективность показали методы обработки поверхности паром и УМО моющего раствора с температурным режимом 65° С.

Ближкие значения к оптимальным показали и методы озонирования и обработки УМО моющего раствора с температурными режимами 45° С и 55° С. При увеличении продолжительности обработки поверхности данными методами возможно достижение оптимальных результатов, то есть отсутствие патогенной микрофлоры.

Сравнительный анализ метода обработки паром и УМО 65° С показал, что затраты электроэнергии на подогрев и удержание температурных режимов оказались выше для пара, 0,24 кВт против 0,16 кВт. Наибольший расход воды и моющего реагента оказался у метода мойки горячей водой, так как остальные методы либо не использовали данные ресурсы (обработка вакуумом и озоном), либо в силу замкнутости системы расход был минимален (в пределах погрешности, связанной с утечкой газообразной жидкости).

К недостаткам обработки паром можно отнести тот факт, что разогретая емкость требует большего времени для охлаждения до температуры окружающей среды, чем при УМО. Данный факт усложняет процесс дезинфекции путем внедрения этапа охлаждения [8, 9]. Кроме того, это негативно влияет на износостойкость применяемых материалов [10, 11].

Заключение. Необходимость поиска энерго- и ресурсоэффективных технологий обуславливается ростом цен на все виды энергии и ресурсы. В области мойки оборудования сельскохозяйственного молочного производства малых фермерских хозяйств перспективными направлениями являются методы, основанные на обработке поверхностей УМО моющего средства. Данная технология может быть применена самостоятельно на этапе дезинфекции и как подготовительный этап перед основной мойкой.

Чистое, но не используемое достаточно длительное время оборудование можно не мыть повторно, а лишь провести дезинфекцию путем УМО или озонированием, что существенно экономит ресурсы и энергию.

Список литературы

1. Петрашев А.И., Клепиков В.В., Князева Л.Г., Зарапина И.В. Экспресс-метод оценки смачивающих свойств консервационных составов // Наука в центральной России. – 2018. – № 4. – С. 73 – 85.
2. Результаты исследований чистоты поверхности тарелок бактофуги альфалаваль с применением моющего средства «Термоклин» / А.И. Завражнов, П.А. Матушкин, С.М. Кольцов, С.В. Дьячков // Инновационные подходы к разработке технологий производства, хранения и переработки продукции растениеводческого кластера: матер. Всерос. науч.-практ. конференции. – Мичуринск: Мичуринск. гос. аграр. ун-т, 2020. – С. 156 – 161.
3. Доровских В.И., Доровских Д.В. Анализ влияния качества технологических процессов на эффективность производства молока // Наука в центральной России. – 2018. – № 3. – С. 37 – 41.
4. Feldung Damkjær N., Adler-Nissen J., Jensen B.B.B., Wilson D.I. Flow pattern and cleaning performance of a stationary liquid jet operating at conditions relevant for industrial tank cleaning // Food and Bioproducts Processing, Volume 101, January 2017, Pages 145 – 156.
5. Доровских В.И., Доровских Д.В., Альлами С.Ф.Х. Обоснование критериев оценки эффективности использования оборудования для первичной обработки молока // Наука в центральной России. – 2016. – № 5. – С. 62 – 69.
6. Матушкин П.А., Завражнов А. И. Обработка молочного оборудования с помощью пены // Импортозамещающие технологии и оборудование для глубокой комплексной переработки сельскохозяйственного сырья [Электронный ресурс]: матер. I Всерос. конф. с междунар. участием / под общ. ред. Ю. В. Родионова; ФГБОУ ВО «ТГТУ». – Тамбов : Издат. центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2019. – С. 222 – 226.
7. Ушакова В.Н. Мойка и дезинфекция: Пищевая промышленность, торговля, общественное питание. – СПб.: Профессия, 2009. – 288 с.
8. Removal of UHT dairy fouling – An efficient cleaning process by optimizing the rate controlling alkaline cleaning step / Carin Hagsten, Fredrik Innings, Christian Trägårdh, Lars Hamberg, Marie Paulsson, Tommy Nylander // Food and Bioproducts Processing, Volume 113, January 2019, Pages 101-107.
9. Thermophile Survival in Milk Fouling and on Stainless Steel During Cleaning / A.R. Hinton, K.T. Trinh, J.D. Brooks, G.J. Manderson // Food and Bioproducts Processing, Volume 80, Issue 4, December 2002, Pages 299 – 304.
10. Dürr H. Milk Heat Exchanger Cleaning: Modelling of Deposit Removal II // Food and Bioproducts Processing, Volume 80, Issue 4, December 2002, Pages 253 – 259
11. Cleanability of milk deposits on inner stainless steel tubing surfaces prepared by magnetic abrasive finishing / Ikko Ihara, Erina Nakano, Eric McLamore, John K. Schueller, Kiyohiko Toyoda, Kazutaka Umetsu, Hitomi Yamaguchi // Engineering in Agriculture, Environment and Food, Volume 10, Issue 1, January 2017, Pages 63 – 68.

References

1. Petrashev A.I., Klepikov V.V., Knjazeva L.G., Zarapina I.V. Jekspress-metod ocenki smachivajushhih svojstv konservacionnyh sostavov // Nauka v central'noj Rossii. – 2018. – № 4. – S. 73–85.
2. Rezul'taty issledovanij chistoty poverhnosti tarelok baktofugi al'falaval' s primeneniem mojuushhego sredstva «Termoklin» / A.I. Zavrazhnov, P.A. Matushkin, S.M. Kol'cov, S.V. D'jachkov // Innovacionnye podhody k razrabotke tehnologij proizvodstva, hranenija i pererabotki produkcii rastenievodcheskogo klastera: mater. Vseros. nauch.-prakt. konferencii. – Michurinsk: Michurinsk. gos. agrar. un-t, 2020. – S. 156-161.

3. Dorovskih V.I., Dorovskih D.V. Analiz vlijanija kachestva tehnologicheskikh processov na jeffektivnost' proizvodstva moloka // Nauka v central'noj Rossii. - 2018. - № 3. - S. 37-41.
4. Feldung Damkjær N., Adler-Nissen J., Jensen B.B.B., Wilson D.I. Flow pattern and cleaning performance of a stationary liquid jet operating at conditions relevant for industrial tank cleaning // Food and Bioproducts Processing, Volume 101, January 2017, Pages 145-156.
5. Dorovskih V.I., Dorovskih D.V., Al'lami S.F.H. Obosnovanie kriteriev ocenki jeffektivnosti ispol'zovaniya oborudovaniya dlja pervichnoj obrabotki moloka // Nauka v central'noj Rossii. - 2016. - № 5. - S. 62-69.
6. Matushkin P.A., Zavrazhnov A. I. Obrabotka molochного oborudovaniya s pomoshh'ju peny // Importozameshchajushhie tehnologii i oborudovanie dlja glubokoj kompleksnoj pererabotki sel'skohozhajstvennogo syr'ja [Jelektronnyj resurs]: mater. I Vseros. konf. s mezhdunar. uchastiem / pod obshh. red. Ju. V. Rodionova; FGBOU VO «TGTU». – Tambov : Izdat. centr FGBOU VO «TGTU», 2019. – S. 222-226.
7. Ushakova V.N. Mojka i dezinfekcija: Pishhevaja promyshlennost', trgovlja, obshhestvennoe pitanie. – SPb.: Professija, 2009. – 288 s.
8. Removal of UHT dairy fouling – An efficient cleaning process by optimizing the rate controlling alkaline cleaning step / Carin Hagsten, Fredrik Innings, Christian Trägårdh, Lars Hamberg, Marie Paulsson, Tommy Nylander // Food and Bioproducts Processing, Volume 113, January 2019, Pages 101-107.
9. Thermophile Survival in Milk Fouling and on Stainless Steel During Cleaning / A.R. Hinton, K.T. Trinh, J.D. Brooks, G.J. Manderson // Food and Bioproducts Processing, Volume 80, Issue 4, December 2002, Pages 299-304.
10. Dürr H. Milk Heat Exchanger Cleaning: Modelling of Deposit Removal II // Food and Bioproducts Processing, Volume 80, Issue 4, December 2002, Pages 253-259
11. Cleanability of milk deposits on inner stainless steel tubing surfaces prepared by magnetic abrasive finishing / Ikko Ihara, Erina Nakano, Eric McLamore, John K. Schueller, Kiyohiko Toyoda, Kazutaka Umetsu, Hitomi Yamaguchi // Engineering in Agriculture, Environment and Food, Volume 10, Issue 1, January 2017, Pages 63-68.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Анохин Сергей Александрович – старший преподаватель Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный технический университет», Россия, г. Тамбов, e-mail: fwut@mail.ru.

Гуськов Артем Анатольевич – старший преподаватель Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный технический университет», Россия, г. Тамбов, e-mail: tyoma-1@mail.ru.

Никитин Дмитрий Вячеславович – кандидат технических наук, доцент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный технический университет», Россия, г. Тамбов, e-mail: vacuum2008@yandex.ru.

Родионов Юрий Викторович – доктор технических наук, профессор Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный технический университет», Россия, г. Тамбов, rodionow.u.w@rambler.ru.

Author credentials

Affiliations

Anokhin Sergey – Senior lecturer of Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education “Tambov State Technical University”, Russia, Tambov, e-mail: fwut@mail.ru.

Gus'kov Artem – Senior lecturer of Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education “Tambov State Technical University”, Russia, Tambov, e-mail: tyoma-1@mail.ru.

Nikitin Dmitry – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education “Tambov State Technical University”, Russia, Tambov, e-mail: vacuum2008@yandex.ru.

Rodionov Yuriy – Full Doctor of Technical Sciences, Professor of Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education “Tambov State Technical University”, Russia, Tambov, e-mail: rodionow.u.w@rambler.ru.

Поступила в редакцию (Received): 11.02.2021 Принята к публикации (Accepted): 15.03.2021