

МРНТИ 47.45.99

Ж.М. Курбанов¹ – основной автор, | ©
Е. Спандияров¹, Х.К. Холтураев²



ORCID



¹Д-р техн. наук, профессор, ²Д-р техн. наук, профессор, ³Докторант PhD

¹<https://orcid.org/0000-0002-0443-0417>, ²<https://orcid.org/0000-0003-4484-1613>,

³<https://orcid.org/0000-0002-0082-7775>

Самаркандский институт экономики и сервиса,

г. Самарканд, Республика Узбекистан

Таразский региональный университет им. М.Х. Дулати,

г. Тараз, Республика Казахстан

¹sugirov-56@mail.ru

<https://doi.org/10.55956/FHLY5795>

СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНАЯ ДЕЗИНСЕКЦИЯ ДЛЯ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПШЕНИЦЫ, МУКИ И ХЛЕБА

Аннотация. В статье приведены результаты исследований по дезинсекции насекомых в пшенице и муке при хранении, а также для спорообразующих микроорганизмов дрожжей, плесневых грибов. Получены сравнительные результаты влияния сверхвысокой частоты (СВЧ) и традиционной тепловой обработки на жизнедеятельность спорообразующих микроорганизмов. Показано увеличение срока хранения хлеба, подвергнутого стерилизации в электромагнитном поле СВЧ.

Ключевые слова: дезинсекция, сверхвысокая частота (СВЧ), стерилизация, электромагнитное поле, пшеница, мука.



Курбанов, Ж.М. Сверхвысокочастотная дезинсекция для микробиологической безопасности пшеницы, муки и хлеба [Текст] / Ж.М. Курбанов, Е.Спандияров, Х.К. Холтураев // Механика и технологии / Научный журнал. – 2021. – №4(74). – С.40-45. <https://doi.org/10.55956/FHLY5795>

Введение. Используя традиционные методы обработки продуктов (химических, физико-химических, комбинированных и др.) все труднее становится достичь значительного эффекта, так как их возможности в ряде случаев уже исчерпаны. Поэтому в настоящее время интенсивно проводятся научные исследования, основанные на эффективном использовании электрофизических методов, для интенсификации процессов дезинсекции различных продуктов.

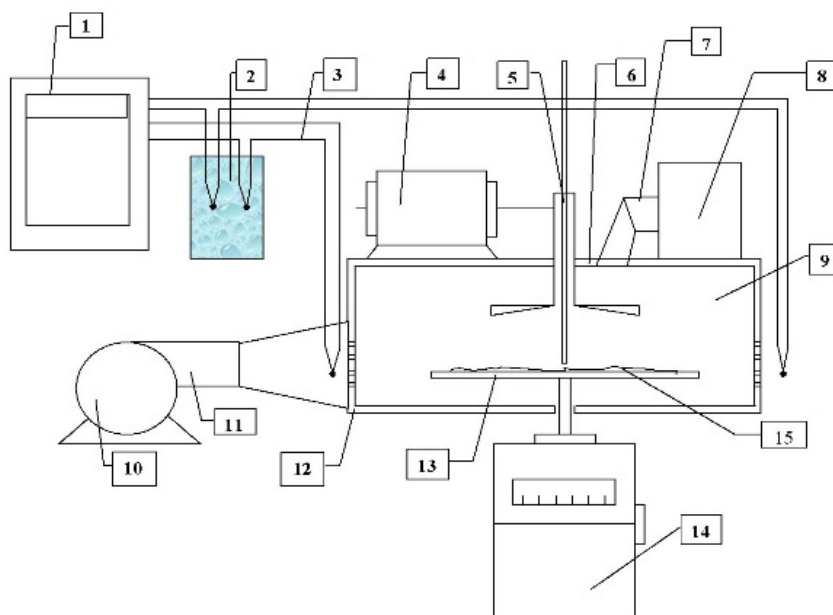
С целью широкого внедрения эффективного нагрева разрабатывается и выпускается ряд промышленных нагревательных установок, в основе которых обычно используют электромагнитное поле сверхвысокочастотного диапазона [1].

Изучению воздействия электромагнитных полей (ЭМП) сверхвысокочастотного (СВЧ) диапазона волн на микроорганизмы посвящены многие работы. В большинстве из них отмечается высокое бактерицидное и микоцидное действие ЭМП СВЧ. Данный метод, как известно, особенно эффективен для уничтожения существующих при хранении в пшенице и муке различных насекомых (таких, как мельничная и

амбарная огневка, моль зерновая, различные мукоеды, мучной клещ, хрущак и др.) [2].

Особенно перспективной признана энергия электромагнитного поля сверхвысокочастотного диапазона частот. Для обоснованного проектирования рабочих камер, а также для расчета режимов установок диэлектрической дезинсекции пшеницы и муки, необходимы сведения об их режимах обработки и диэлектрических свойствах [2,3]. Исходя из изложенного, исследование процесса дезинсекции с применением СВЧ продуктов является актуальной задачей.

Материалы и методы исследования. Изучение СВЧ дезинсекции пшеницы, муки и хлеба при хранении проводили на экспериментальном стенде для СВЧ конвективной сушки. На рисунке представлена схема стенда, основу которого представляет СВЧ печи «Электроника», которая нашла широкое применение на практике.



1 - самописец КСП-4М; 2 - сосуд Дьюара; 3 - датчик температуры (термопара-ХК); 4 - электродвигатель; 5 - датчик температуры; 6 - диссектор; 7 - волновод; 8 - СВЧ генератор-магнетрон; 9 - сушильная резонаторная камера; 10 - вентилятор; 11 - калорифер; 12 - отверстия для воздуха; 13 - подставка весов; 14 - электронные весы ВЛК-500; 15 - испытуемый продукт.

Рис. Схема экспериментального стенда для СВЧ конвективной сушки

СВЧ печь представляет собой единый блок, который включает генератор СВЧ энергии с пультом управления, камеру дезинсекции, воздушный тракт и систему измерения массы исследуемого продукта.

В данной установке используется генератор СВЧ энергии – магнетрон с рабочей частотой 2450 МГц, мощностью 1,0 кВт. Дезинсекционная камера установки представляет собой объемный резонатор прямоугольного сечения с габаритными размерами 400×350×250 мм.

Внутри дезинсекционной камеры в её верхней части находится вращающееся устройство - диссектор, обеспечивающее равномерное распределение СВЧ поля в камере. Для регулирования генерируемой мощности, поступающей в рабочую камеру, используется автотрансформатор, включенный в анодную цепь генератора СВЧ. Предел регулирования мощности в камере составляет 0,2-0,4 кВт.

Измерение массы высушиваемого продукта производится непосредственно в процессе дезинсекции с помощью установленных в нижней части камеры весов типа ВЛК-500, с точностью измерения 0,01. К коромыслу весов присоединена диэлектрическая ось с подставкой, которая введена в камеру. Дезинсекция исследуемого продукта производится на подставке из текстолита.

Температура испытуемых продуктов в процессе дезинсекции в СВЧ поле непосредственно измеряется специальным датчиком температуры проф. Курбанова Ж.М., который выполнен в виде ампулы и капилляра из алюмобромсиликатного стекла, который заполнен смесью 90% диоксана, обладающей малой величиной ($tg \delta = 0,5$). Для уменьшения искажения электромагнитного поля в измеряемой точке в капилляре имеется воздушный столбик.

Методика исследований состояла в следующем. Испытуемые экземпляры насекомых помещали на верхнюю площадку подставки весов. Далее устанавливался датчик температуры и включался вентилятор для стабилизации температуры в самой камере при воздействии СВЧ энергии. Экспериментальные исследования проводили при различных мощностях и времени СВЧ энергии:

- 0,14; 0,25; 0,36; 0,45 кВт;

- 10, 20, 30 с.

Результаты исследований. Полученные данные по уничтожению вредителей при воздействии СВЧ энергией приведены в таблице 1.

Таблица 1

Данные по уничтожению вредителей при воздействии СВЧ энергией

№ п/п	Наименование вредителей	СВЧ дезинсекция: $P_{\text{свч}}$, кВт; время в с.											
		0,14			0,25			0,36			0,45		
		10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30
1	Мельничная огневка	+	+		+	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Амбарная огневка	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Моль зерновая	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Мукоеды	+	+	+	+	+	-	+	+	-	+	-	-
5	Мучной клещ	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-
6	Хрущак	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-	-

Примечание: "+" - уничтожены не полностью; "-" - полностью уничтожены.

Результаты СВЧ дезинсекции показали, что мельничная огневка, амбарная огневка и моль зерновая уничтожаются при $P_{\text{свч}} = 0,25$ кВт и 20-30 с времени, остальные полностью уничтожались при $P_{\text{свч}} = 0,36$ кВт в течение 30 с или $P_{\text{свч}} = 0,45$ кВт в течение 20 с.

Нами также изучено бактерицидное и микоцидное действия при облучении ЭМП СВЧ спорообразующих микроорганизмов дрожжей, плесневых грибов в мелассе, питательных растворах, кукурузном экстракте. При проведении экспериментальных исследований использовали общепринятую стандартную методику [4,5].

Для сравнения традиционного теплового нагрева (стерилизации), были проведены экспериментальные исследования, где саблюдалась идентичность условий обработки, т.е. равенство средних скоростей нагрева и конечных температур стерилизации при СВЧ и конвективном нагреве. Испытания проводились на спорообразующей бактерии *Bac.Mecentericus* при начальных концентрациях клеточной суспензии $2 \cdot 10^2$ клеток/см³ и $2,5 \cdot 10^3$ клеток/см³.

Получены сравнительные результаты при различных конечных температурах – 100, 115 и 125°C. Влияние СВЧ и традиционной тепловой обработки на жизнедеятельность спорообразующей бактерии *Bac.Mecentericus* приведены в таблице 2.

Таблица 2

Влияние СВЧ и традиционной тепловой обработки на жизнедеятельность спорообразующей бактерии *Bac.Mecentericus*

Начальная концентрация микроорганизмов, клетка/см ³	Конечная температура нагрева среды, °C	Продолжительность обработки, с	Концентрация микроорганизмов, клетка/см ³	
			после СВЧ нагрева	после традиционного нагрева
$2,0 \cdot 10^2$	65	90	$2 \cdot 10$	$2,2 \cdot 10^2$
$2,5 \cdot 10^3$	65	90	22	$4,0 \cdot 10^3$
$2,0 \cdot 10^2$	70	95	3	$8,0 \cdot 10$
$2,5 \cdot 10^3$	70	95	$5 \cdot 10$	$11,0 \cdot 10^2$
$2,0 \cdot 10^2$	75	100	0	$4,0 \cdot 10$
$2,5 \cdot 10^3$	75	100	0	$4,0 \cdot 10^2$

Обсуждение результатов исследований. Результаты экспериментальных исследований по изучению выживаемости *Bac.Mecentericus* в растворах мелассы с различным разведением (1:1; 1:1,7; 1:2,5 и др.) показали, что эффективность воздействия ЭМП СВЧ на микроорганизмы увеличивается с ростом разведения мелассы. Очевидно, что с ростом разведения, т.е. с увеличением процентного содержания воды в растворе, увеличивается и диэлектрическая проницаемость пищевой среды.

Полученные данные по другим микроорганизмам, таких, как *Bac.Megathrium*, *Leukonostos mesenterloides*, *Lenkonostos agglutinans*, *Candidada guill*, *Candida mykoderma* и *Candidada Solani* подтвердили эффективность действия ЭМП СВЧ на микроорганизмы, которые зависят от диэлектрических свойств и концентрации микроорганизмов в различных пищевых средах, что хорошо согласуются с данными других авторов.

Нами также было проведено исследование, целью которого было определение влияния СВЧ на плесневые грибы следующих культур: *Aspergillus oryza*, *Aspergillus*, *Phizoropysnigricays*, *Panicilium glaucum*. Стерилизацию хлеба проводили в течение 5, 10, 15, 20, 25, 30 и 40 с. Для получения результатов, характеризующих эффект стерилизации, на

поверхность хлеба перед его упаковкой в полиэтиленовый пакет наносили водную суспензию с различной концентрацией плесневых грибов.

После обработки пакет с хлебом помещали в термостат для развития плесени: температура 30-32°C, относительная влажность 90-95%. После 10, 20 и 30 суточного хранения жизнеспособность спор проверялась путем посева их с зараженных участков хлеба на плотную среду сусло-агар. Срок хранения хлеба, подвергнутого стерилизации в электромагнитном поле СВЧ, во много раз больше чем при традиционном нагреве.

Заключение. Результаты СВЧ дезинсекции показали, что она является высокоэффективным методом для уничтожения насекомых в пшенице и муке при хранении, а также для спорообразующих микроорганизмов дрожжей, плесневых грибов.

Сравнительные результаты воздействия СВЧ обработки на спорообразующие микроорганизмы показали, что такая обработка сокращает их жизнедеятельность значительно больше по сравнению с традиционной тепловой обработкой.

Результаты проведенных экспериментальных исследований показали, что продолжительность стерилизации хлеба массой 20 г в пакетах из полиэтилена составляет 15-20 с, при этом температура корки хлеба достигает 50-60°C (при традиционных методах нагрева 85-90°C). Срок хранения хлеба, подвергнутого стерилизации в электромагнитном поле СВЧ, составил около 60 дней.

Список литературы

1. Курбанов, Ж.М. Определение длины волноводной камеры в зависимости от влагосодержания продукта [Текст] / Ж.М. Курбанов, А.М. Остапенков // Журн. АН МССР. Электронная обработка материалов. - 1986. - №6. - С.55-56.
2. Курбанов, Ж.М. Электрофизические методы воздействия на продукты питания сервисных предприятий [Текст]: монография / Ж.М. Курбанов, У.Р. Ходжаева. - Ташкент: "Iqtisod-moliya", 2012. - 159 с.
3. Руководство по методам анализа качества и безопасности пищевых продуктов [Текст]. - М.: "Брандес-Медицина", 1998.
4. СанПиН-0138-03. Санитарные нормы безопасности и пищевой ценности продовольственного сырья и продуктов питания [Текст] / [?].
5. Скуратовская, О.У. Контроль качества продукции физико-химическими методами [Текст] / О.У. Скуратовская. 2-е изд. пер. и доп. - М.: "Де-Ли принт", 2003. - 158 с.

Материал поступил в редакцию 20.12.21.

Ж.М. Курбанов¹, Е. Спандияров², Х.К. Холтураев¹

¹Экономика мен сервис Самарқанд институты,
Самарқанд қ., Өзбекстан Республикасы

²М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті,
Тараз қ., Қазақстан Республикасы

БИДАЙ, ҰН ЖӘНЕ НАННЫҢ МИКРОБИОЛОГИЛЫҚ ҚАУІПСІЗДІГІНЕ АРНАЛҒАН ЖИІЛІГІ АСА ЖОҒАРЫ ДЕЗИНСЕКЦИЯ

Аңдатпа. Мақалада сақтау барысында бидай мен ұн жәндіктерін, сондай-ақ спора түзетін ашытқы микроағзаларды, зең саңырауқұлақтарын дезинсекциялауды зерттеу қорытындылары келтірілген. Спора түзетін микроағзаларды аса жоғары

жиілікпен және дәстүрлі жылумен өңдеу арқылы олардың әсерін салыстыру бойынша қорытындылар жасалды. Аса жоғары жиілікті электромагнит өрісінде өңделген нанның сақтау мерзімі өсетіндігі көрсетілді.

Тірек сөздер: дезинсекция, жиілігі аса жоғары (ЖАЖ), стерильдеу, электромагнитті өріс, бидай, ұн.

Zh.M. Kurbanov¹, Y. Spandiyarov², Kh.K. Kholturaev¹

¹Samarkand Institute of economics and service, Samarkand, Republic of Uzbekistan

²Taraz Regional University named M.Kh. Dulati, Taraz, Republic of Kazakhstan

MICROWAVE ULTRA-FREQUENCY DISINSECTION FOR MICROBIOLOGICAL SAFETY OF WHEAT, FLOUR AND BREAD

Abstract. The article presents the results of research on insect pest control in wheat and flour during storage, as well as for spore-forming microorganisms of yeast, molds. Comparative results of the influence of ultra-high frequency (UHF) and traditional heat treatment on the vital activity of the spore-forming are obtained. An increase in the shelf life of bread subjected to sterilization in the microwave electromagnetic field is shown.

Keywords: disinsection, ultra-high frequency, microwave, sterilization, electromagnetic field, wheat, flour.

References

1. Kurbanov Zh.M., Ostapenkov A.M. Opredelenie dliny volnovodnoj kamery v zavisimosti ot vlagosoderzhaniya produkta [Determination of the length of the waveguide chamber depending on the moisture content of the product] / Zhurn. AN MSSR. Jelektronnaja obrabotka materialov [Journal of Academy of Sciences of the MSSR. Electronic material processing], 1986, No. 6, PP. 55-56. [in Russian].
2. Kurbanov Zh.M., Khodzhaeva U.R. Jelektrofizicheskie metody vozdejstvija na produkty pitaniya servisnyh predpriyatij [Electrophysical methods of influence on food products of service enterprises]. Monograph. Tashkent "Iqtisod-moliya", 2012, 159 p. [in Russian].
3. Rukovodstvo po metodam analiza kachestva i bezopasnosti pishhevyh produktov [Guidance on methods of analysis of food quality and safety]. Moscow "Brandes-Medicine", 1998. [in Russian].
4. SanPiN-0138-03. Sanitarnye normy bezopasnosti i pishhevoj cennosti prodovol'stvennogo syr'ja i produktov pitaniya [SanPiN - 0138-03. Sanitary standards of safety and nutritional value of food raw materials and food products]. [in Russian].
5. Skuratovskaya O.U. Kontrol' kachestva produkcii fiziko-himicheskimi metodami [Product quality control by physical and chemical methods]. 2nd ed. Moscow "De-Li print", 2003. [in Russian].