

4. Ermakov A.I., Arasimovich V.V., Yarosh N.P. i dr. *Metody biokhimicheskogo isledovaniya rastenii.* – 3-e izd., pererab. i dop. – L.: Agropromizdat. Leningr. otd-nie, 1987. – 128 s.

5. Pleshkov B.P. *Praktikum po biokhimii rastenii.* – M.: Kolos, 1976. – 255 s.

6. Dospekhov B.A. *Metodika polevogo opyta.* – M.: Agropromizdat, 1985. – 351 s.



УДК 631.326:621.365.46

И.А. Худоногов, Е.Г. Худоногова, М.В. Шевченко, А.С. Ижевский, С.Н. Воякин

I.A. Khudonogov, Ye.G. Khudonogova, M.V. Shevchenko, A.S. Izhevskiy, S.N. Voyakin

ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ ЛЕКАРСТВЕННОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ПУСТЫРНИКА МЕТОДОМ ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

DISINFECTION OF MEDICINAL PLANT RAW MATERIAL OF MOTHERWORT WITH THE METHOD OF INFRARED RADIATION

Ключевые слова: обеззараживание лекарственного растительного сырья, параметры обработки, пустырник, микробная чистота, инфракрасный нагрев.

Представлены результаты исследований процесса обеззараживания лекарственного растительного сырья пустырника при помощи управляемого инфракрасного излучения. Определены параметры оптимального режима термообработки: время ИК-обработки, температура обработки, интенсивность ИК-облучения, толщина слоя обрабатываемого материала. Изучено влияние интенсивности и времени ИК-облучения на величину микробной обсемененности, качество и количество биологически активных веществ (экстрактивных веществ) в лекарственном растительном сырье травы пустырника. Микробная чистота лекарственных растений имеет большое значение в микро-фармацевтическом производстве. Основными параметрами, характеризующими процесс стерилизации, является температура, которую необходимо поддерживать в стерилизационном аппарате, и время, в течение которого материалы подвергаются нагреванию. Объектом исследования являлось растительное лекарственное сырье пустырника, высушенное в естественных условиях и загрязненное дрожжевыми и плесневыми грибами (10^5 /г при норме не более 10^4 /г), кишечными бактериями (10^4 /г при норме не более 10^2 /г) и аэробными бактериями (более 10^7 /г при норме не более 10^7 /г). Опыты показали, что при термообработке температура на поверхности сырья должна находиться $61-79^\circ$ при экспозиции 15-45 с, интенсивности ИК-облучения $7,5 \text{ кВт/м}^2$. Установлено, что нагрев сырья до температуры 86°C и выше вызывает снижение содержания экстрактивных веществ на 46% от исходного. При плотности мощности 5 кВт/м^2 эффект стерилизации был достигнут только в одном варианте из четырех со временем обработки 60 с, а при плотности мощности $2,5 \text{ кВт/м}^2$ обеззараживания сырья пустырника не происходило. Предлагаемый

метод обеззараживания сырья на промышленной ИК-установке позволяет получить лекарственное сырье повышенного качества за счет снижения уровня микробной обсемененности с оптимальным составом биологически активных веществ до норм, установленных Государственной фармакопеей и санитарно-эпидемиологическим надзором.

Keywords: disinfection of medicinal plant raw material, process parameters, motherwort (*Leonurus gen.*), microbial quality, infrared heating.

The results of the studies on the process of disinfection of medicinal plant raw material of motherwort with controlled infrared radiation (IR-radiation) are discussed. The following parameters of the optimal thermal treatment regime are determined: IR treatment time, treatment temperature, IR-radiation intensity and the thickness of the treated material layer. The effect of IR-radiation intensity and time on the microbial content value, the quality and amount of biologically active substances (extractive substances) in medicinal plant raw material of motherwort was studied. The microbial quality of medicinal plants is of great importance in chemical and pharmaceutical production. The key parameters characterizing sterilization process is temperature which needs to be maintained in a sterilizer, and the time of heat exposure. The research target was medicinal plant raw material of motherwort dried-up under natural conditions and contaminated with yeast and mold fungi (10^5 g; the standard n.e. 10^4 g), *E. coli* (10^4 g; the standard n.e. 10^2 g) and aerobic bacteria (more than 10^7 g; the standard n.e. 10^7 g). The proposed method of disinfection with an industrial IR-equipment allows obtaining medicinal plant material of better quality due to reduced microbial content with optimal composition of biologically active substances that conform to the standards set by the State Pharmacopoeia and Sanitary and Epidemiology Surveillance.

Худоногов Игорь Анатольевич, д.т.н., проф., каф. электроснабжения железнодорожного транспорта, Иркутский государственный университет путей сообщения. Тел.: (3952) 23-75-15. E-mail: hudonogovi@mail.ru.

Худоногова Елена Геннадьевна, к.б.н., доцент, зав. каф. ботаники, плодородства и ландшафтной архитектуры, Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского. Тел.: (3952) 23-75-15. E-mail: elenax8@yandex.ru.

Шевченко Максим Валерьевич, к.с.-х.н., доцент, зав. каф. электроэнергетики и электротехники, Дальневосточный государственный аграрный университет. Тел.: (4162) 52-65-86. E-mail: shevmax@yandex.ru.

Ижевский Андрей Станиславович, к.с.-х.н., доцент, зав. каф. электропривода и автоматизации технологических процессов, Дальневосточный государственный аграрный университет. Тел.: (4162) 52-65-86. E-mail: privod_dalgau@rambler.ru.

Воякин Сергей Николаевич, к.т.н., доцент, декан электроэнергетического фак-та, Дальневосточный государственный аграрный университет. Тел.: (4162) 52-65-86. E-mail: electro-dalgau@rambler.ru.

Khudonogov Igor Anatolyevich, Dr. Tech. Sci., Prof., Chair of Electric Power Supply of Railway Transport, Irkutsk State Railway University. Ph.: (3952) 23-75-15. E-mail: hudonogovi@mail.ru.

Khudonogova Yelena Gennadyevna, Cand. Bio. Sci., Assoc. Prof., Head, Chair of Botany, Fruit Production and Landscape Design, Irkutsk State Agricultural University. Ph.: (3952) 23-75-15. E-mail: elenax8@yandex.ru.

Shevchenko Maksim Valeryevich, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Head, Chair of Electric-Power Industry and Electrical Engineering, Far East State Agricultural University. Ph.: (4216) 52-65-86. E-mail: shevmax@yandex.ru.

Izhevskiy Andrey Stanislavovich, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Head, Chair of Electric Drive and Automation of Technological Processes, Far East State Agricultural University. Ph.: (4216) 52-65-86. E-mail: privod_dalgau@rambler.ru.

Voyakin Sergey Nikolayevich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Dean, Electric-Power Industry Dept., Far East State Agricultural University. Ph.: (4216) 52-65-86. E-mail: electro-dalgau@rambler.ru.

Введение

Микробная чистота лекарственных растений имеет большое значение в химико-фармацевтическом производстве, а также при производстве оздоровительных чаев для населения из дикорастущего и культивируемого растительного сырья. Одной из задач по ее обеспечению является создание новых способов и средств, позволяющих эффективно снижать микробную загрязненность нестерильных лекарственных растений до уровня, установленного научно-технической документацией [1-4]. На сырье растительного происхождения введены фармакопейные требования по микробной чистоте.

Основными параметрами, характеризующими процесс стерилизации, является температура, которую необходимо поддерживать в стерилизационном аппарате, и время, в течение которого материалы подвергаются нагреванию. Эти два показателя можно назвать микробиологическими в процессах стерилизации, поскольку именно ими определяется гибель микроорганизмов. Однако как нельзя говорить о летальном времени, не учитывая температуры стерилизации, так нельзя говорить и о температуре, не связывая ее со временем, необходимым для такой обработки. Летальные условия для определенного вида организмов нельзя определить лишь одной температурой, а только определенным сочетанием летальная температура – время.

Цель исследования – выбор оптимального режима ИК-облучения до требуемых стандартов, удовлетворяющего микробиологической чистоте.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования являлось растительное лекарственное сырье пустырника, высушенное в естественных условиях. Сырье, поступившее для обеззараживания, было загрязнено дрожжевыми и плесневыми грибами (10^5 /г при норме не более 10^4 /г), кишечными бактериями (10^4 /г при норме не более 10^2 /г) и аэробными бактериями (более 10^7 /г при норме не более 10^7 /г).

В результате применения метода математического планирования эксперимента для каждого объекта получены параметры оптимального режима термообработки: время ИК-обработки, температура обработки, интенсивность ИК-облучения, толщина слоя. Для проведения замеров электротехнических параметров: напряжения, тока, мощности, расхода электрической энергии – использовали как отдельные электроизмерительные приборы, так и электроизмерительный комплект К-505. Измерение температуры нагрева перерабатываемого сырья осуществлялось более чувствительными (время отклика – 2 с) хромель-копелевыми термопарами диаметром 0,5 мм, подключенными к регистрирующему самопишущему потенциометру ПП-01. При этом учитывали основную погрешность термопары (при 23°C не более $\pm 0,1\%$ от показания), дополнительную температурную погрешность (не более $\pm 0,01\%$ на градус показаний при отклонении от 23°C). Температуру нагревания излучателей устанавливали регулятором напряжения, измерение температуры нагрева излучателя производили при помощи термопар, подключенных к потенциометру ПП-63 и контролировали оптическим пирометром ОППИР-09. Облученность лекарственных растений изме-

ряли при помощи альбедометра, подключенного к гальванометру ГСА.

Статистическую обработку экспериментальных данных выполнили по общепринятым методикам [5, 6].

Для снижения микробной обсемененности сухого растительного сырья использовали разработанную и изготовленную промышленную ИК-установку (рис.).

Установка состоит из облучателя, сушильной камеры, центробежного вентилятора и пульта с пусковой и измерительной аппаратурой. Конструкция лабораторной установки предусмотрена так, что облучатель легко снимается, а на его место может быть установлен другой. В качестве источников излучения применяются серийно изготавливаемые, такие как ТЭНы, силовые излучатели, керамические излучатели, ламповые излучатели типа ЗС, ИКЗ, ИКЗК, КИ и КГ, а также излучатели, изготовленные в лабораторных условиях на основе нихрома и слюдопластовых электронагревателей. В квадратной камере термообработки установки 1×1 м размещены четыре плоских ИК-излучателя. Максимальная мощность всех излучателей – 30 кВт. Максимальная производительность по удалению влаги – 30 кг/ч.

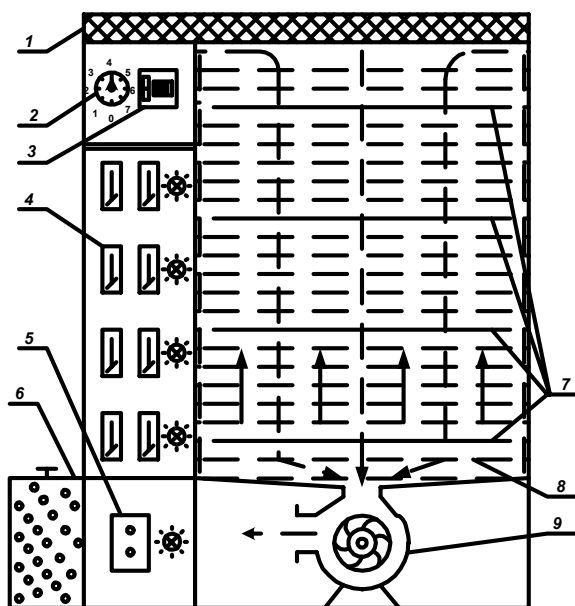


Рис. Конструктивно-технологическая схема промышленной ИК-установки:

- 1 – отражатель; 2 – переключатель уровней мощности; 3 – реле времени программное;
 - 4 – пульт управления ИК-облучателями;
 - 5 – пульт управления центробежным вентилятором;
 - 6 – регулятор уровней мощности; 7 – ИК-облучатели;
 - 8 – кассета сетчатая с сырьем;
 - 9 – вентилятор центробежный;
- ← -- – поток воздуха; ← – направление перемещения кассет с сырьем

В промежутке между двумя плоскими излучателями можно размещать от одной до пяти кассет с сырьем, а в камере – от трех до 15 кассет и более.

Методика определения толщины слоя сырья в кассете и послойного перемещения кассеты с сырьем в зависимости от начальной влажности изложена в трудах В.Н. Карпова с позиции закона Бугера [7].

Набор аппаратуры управления позволяет регулировать уровнем мощности трехфазного ИК-облучателя тремя методами: ступенчатым регулированием уровня мощности при помощи автоматических выключателей и семиступенчатого регулятора; плавным регулированием при помощи управляемых тиристоров; комбинациями ступенчатого и плавного методов.

Управление ИК-облучателями с целью автоматизации и обеспечения режима повторно-кратковременного облучения в эксперименте осуществляли с помощью электронных и электромеханических устройств. На базе электромеханического реле времени разработаны устройства, позволяющие обеспечить заданный режим прерывного облучения, а программным регулятором температуры «Термодат-14» обеспечивалось плавное управление мощностью трехфазного ИК-облучателя.

Результаты исследования

Применительно к лекарственному сырью растительного происхождения исследовано влияние ИК-облучения не только на микрофлору, но и на сохранение содержания экстрактивных веществ в обрабатываемом материале. Все образцы подвергались микробиологическим и фитохимическим анализам согласно фармакопейным статьям в «Центре сертификации контроля качества лекарственных средств комитета по фармацевтической деятельности и производству лекарств администрации Иркутской области и лаборатории Иркутского государственного центра Госсанэпиднадзора».

Инфракрасный метод стерилизации растительного сырья оказывает термическое воздействие на микроорганизмы, что ведет к их подавлению. Наложение вибраций на слой материала способствует равномерности его обработки за счет постоянного обновления поверхности облучения.

В процессе исследования изучено влияние интенсивности и времени ИК-облучения на величину микробной обсемененности, качество и количество экстрактивных веществ в лекарственном растительном сырье пустыря (табл. 1).

Таблица 1

Результаты влияния параметров ИК-облучения на микробную обсемененность и содержание экстрактивных веществ в лекарственном сырье пустырника (при толщине слоя измельченной фракции 7 мм)

№ варианта	Параметры обработки			Показатель микробной загрязненности в повторностях			Содержание экстрактивных веществ, после обработки, %
	экспозиция, с	плотность мощности, кВт/м ²	температура нагрева, °С	1	2	3	
1	60	7,5	86±2,40	-	-	-	15,5±0,82
2	45	7,5	79±2,11	-	-	-	23,3±0,33
3	30	7,5	73±2,32	-	-	-	26,0±0,25
4	15	7,5	69±2,24	-	-	-	24,9±0,18
5	60	5	61±1,61	-	-	-	26,8±0,20
6	45	5	49±1,70	+	-	+	27,1±0,15
7	30	5	53±2,11	-	+	+	27,5±0,24
8	15	5	47±1,90	+	+	+	27,9±0,20
9	60	2,5	41±2,22	+	+	+	28,2±0,15
10	45	2,5	35±1,03	+	+	+	28,6±0,47
11	30	2,5	30±1,26	+	+	+	28,6±0,41
12	15	2,5	27±1,15	+	+	+	28,6±0,30
Контроль	0	0	0	+	+	+	28,6±0,11

Опыты показали, что при термообработке температура на поверхности сырья должна находиться 61-79°С при экспозиции 15-45 с, интенсивности ИК-облучения 7,5 кВт/м². Установлено, что нагрев сырья до температуры 86°С и выше вызывает снижение содержания экстрактивных веществ на 46% от исходного. При плотности мощности 5 кВт/м² эффект стерилизации был достигнут только в одном варианте из четырех со временем обработки 60 с, а при плотности мощности 2,5 кВт/м² обеззараживания сырья пустырника не происходило.

Несмотря на то, что эффект стерилизации был достигнут и в первом варианте опыта (при температуре выше 80°С, интенсивности ИК-облучения 7,5 кВт/м² и экспозиции 60 с),

сырье пустырника не соответствовало требованиям качества, т.к. содержание экстрактивных веществ в нем после стерилизации снизилось до 15,5%.

Выводы

Предлагаемый энергосберегающий метод обеззараживания на промышленной ИК-установке за счет снижения уровня микробной обсемененности до норм, установленных Государственной фармакопеей и санитарно-эпидемиологическим надзором, позволяет получить лекарственное сырье пустырника повышенного качества с оптимальным составом экстрактивных веществ – от 28,6±0,11% в контроле до 23,3±0,33% после обработки (табл. 2).

Таблица 2

Результаты влияния ИК-облучения на качество лекарственного сырья пустырника

Наименование показателей качества	Требования к качеству	Результат анализа
Внешние признаки (измельчённое сырьё)	В соответствии с НД	Соответствует
Микроскопия	В соответствии с НД	Соответствует
Экстрактивных веществ, извлекаемых 30%-ным спиртом	Не менее 18%	23%
Влажность	Не более 13%	5,56%
Золы общей	Не более 12%	10,08%
Золы, не растворившейся в 10%-ной хлористоводородной кислоте	Не более 6%	1,98%
Кусочков почерневших листьев	Не более 7%	4%
Кусочков стеблей	Не более 46%	31%
Органической примеси	Не более 3%	0,81%
Минеральной примеси	Не более 1%	Отсутствует
Микробиологическая чистота:		
- аэробных бактерий	Не более 10 ⁷	15*10 ²
- дрожжевых и плесневых грибов	Не более 10 ⁴	Менее 10 ²
- <i>Escherihia coli</i>	Отсутствие	Отсутствует
- <i>Salmonella</i>	Отсутствие	Отсутствует
- <i>Staphiilococcus aureus</i>	Отсутствие	Отсутствует
Других кишечных бактерий	Не более 10 ²	Менее 10
Экстрактивных веществ	Не более 15%	17,08
Сумма иридоидов	Не менее 0,3%	0,3028
Радиоактивность	В соответствии с НД	Соответствует

Библиографический список

1. Volpicelli, G.; Raso, G.; Massimilla, L. Gas and Solid Flow in Bidimensional Spouted Beds. In: Proceedings of the International Symposium on Fluidization; Drinkenburg, A.A. H., Ed.; Netherlands University Press: Amsterdam, The Netherlands, 1967; pp. 123-133.
2. Mathur, K.B.; Gishler, P.E. A Technique for Contacting Gases with Coarse Solid Particles // AIChE Journal. – 1955. – Vol. 1. – P. 157-164.
3. Chandra, A.; Rana, J.; Li, Y. Separation, Identification, Quantification, and Method Validation of Anthocyanins in Botanical Supplement Raw Materials by HPLC and HPLC-MS // J. Agric. Food Chem. – 2001. – Vol. 49 (8). – P. 3515-3521.
4. Смирнов М.А., Бакин И.А. Разработка способа обеззараживания растительного сырья во взвешенном состоянии // Техника и технология пищевых производств. – 2010. – № 3. – С. 60-66.
5. Плохинский Н.А. Биометрия. – Изд. 2-е. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 367 с.
6. Тепло- и массообмен. Теплотехнический эксперимент: справочник / Е.В. Аметистов и др.; под ред. В.А. Григорьева, В.М. Зорина. – М.: Энергоиздат, 1982. – 512 с.
7. Карпов В.Н., Щур И.З. Термодинамика оптических элементов АПК: учеб. пособие. – СПб.: Изд-во СПбГАУ, 1996. – 89 с.

References

1. Volpicelli, G.; Raso, G.; Massimilla, L. Gas and Solid Flow in Bidimensional Spouted Beds. In: Proceedings of the International Symposium on Fluidization; Drinkenburg, A.A. H., Ed.; Netherlands University Press: Amsterdam, The Netherlands, 1967; pp. 123-133.
2. Mathur, K.B.; Gishler, P.E. A Technique for Contacting Gases with Coarse Solid Particles // AIChE Journal. – 1955. – Vol. 1. – P. 157-164.
3. Chandra, A.; Rana, J.; Li, Y. Separation, Identification, Quantification, and Method Validation of Anthocyanins in Botanical Supplement Raw Materials by HPLC and HPLC-MS // J. Agric. Food Chem. – 2001. – Vol. 49 (8). – P. 3515-3521.
4. Smirnov M.A., Bakin I.A. Razrabotka sposoba obezzarazhivaniya rastitel'nogo syr'ya vo vzveshennom sostoyanii // Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv. – 2010. – № 3. – S. 60-66.
5. Plokhinskii N.A. Biometriya. – M.: Izd-vo MGU. – 1970. – 367 s.
6. Teplo- i massobmen. Teplotekhnicheskii eksperiment: spravochnik / E.V. Ametistov i dr.; pod red. V.A. Grigor'eva, V.M. Zorina. – M.: Energoizdat, 1982. – 512 s.
7. Karpov V.N., Shchur I.Z. Termodinamika opticheskikh elementov APK: ucheb. posobie. – SPb.: Izd-vo SPbGAU, 1996. – 89 s.



УДК 631.53.02: 633.521

В.В. Петрушин, С.А. Кудрякова, Р.П. Золотова
V.V. Petrushin, S.A. Kudryakova, R.P. Zolotova

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ АКВАДОН-МИКРО В ЛЬНОВОДСТВЕ

THE EFFECTIVENESS OF AQUADON-MICRO FERTILIZER APPLICATION IN FLAX CULTIVATION

Ключевые слова: Аквадон-Микро, лен, сорт, микроэлементы, удобрение, подкормка, фаза, урожай, волокно, треста.

Льноводство в последние годы значительно сократилось. Главной причиной сокращения посевных площадей подо льном является убыточность льноводства. Однако есть пути сокращения затрат при выращивании льна, которые позволят сделать лен доходной культурой. Главное – строго выполнять все требования агротехники льна. Одним из основных требований агротехники возделывания льна является обеспечение льна питательными веществами и особенно микроэлементами. Лен очень требователен к наличию микроэлементов, особенно таких как бор, медь, цинк и другие. ООО «Оргполимерсинтез» (г. Санкт-Петербург) разработал комплексное микроэлементное удобрение «Аквадон-Микро», обеспечивающее хорошую доступность микроэлементов для растений. Аквадон-Микро содержит бор, медь, цинк, молибден, мар-

ганец. Доза внесения 2,5 л/га. В 2013 г. ФГБНУ «Костромской НИИСХ» начато изучение влияния Аквадон-Микро на урожайность и качество льноволокна. Исследования проведены на трех сортах льна – Тверской, Росинка и Памяти Крепкова. Аквадон-Микро вносили опрыскиванием льна в фазы «елочка» и быстрого роста. В результате исследований установлено, что положительное воздействие Аквадон-Микро оказывает при подкормке льна на всех трех сортах в фазу быстрого роста. В эту фазу растениям льна требуется максимальное количество питательных элементов, поскольку прирост стеблей льна в высоту достигает 5 см в сутки. Подкормка льна в эту фазу увеличивает содержание волокна. Опрыскивание льносоломой в начале вылежки обеспечило увеличение выхода длинного волокна и повышенное качество тресты. Результаты исследований показали, что применение Аквадон-Микро в фазу быстрого роста экономически очень выгодно обеспечивает увеличение прибыли.