

Ramazan Yusupov*, Galina Yusupova**

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ СВЧ НА МИКРОСКОПИЧЕСКИЕ ГРИБЫ И ИХ МЕТАБОЛИТЫ

Резюме. В статье рассматривается метод обеззараживания зерна энергией СВЧ поля. Данный метод обладает преимуществами по сравнению с обычным температурным нагревом: тепловая безинерционность, экологичность нагрева и высокое обеззараживающее действие. Термическое обеззараживание снижает микробную нагрузку, улучшает технологические показатели качества зерна, вызывает инактивацию микотоксинов. ргасу....

Ключевые слова: Зерно, электромагнитное поле, термическое обеззараживание

В последние годы в России, наряду с существенным сокращением производства зерновых хлебов обостряется проблема снижения качества продовольственного зерна. Ухудшению качества зерна, его технологических показателей, потерям сухого вещества, загрязнению высокотоксичными канцерогенами—микотоксинами, способствует поражение зерна микроорганизмами [1]. Санитарное качество зерна снижается от развития в нем токсинообразующих грибов и накопления продуктов их жизнедеятельности. Попав в организм человека или животных, они вызывают различные отравления, которые проявляются в острой и хронической формах, в зависимости от их концентрации и устойчивости к ним объекта. Кроме того, отдельные микотоксины обладают канцерогенными свойствами. Известно более 250 различных микроскопических грибов, продуцирующих около 100 токсичных метаболитов. Микотоксины накапливаясь в зерне, передаются по наследству муке и хлебу, делая их токсичными. К наиболее часто встречаемым и опасным относятся афлотоксины [2].

* Prof. dr Ramazan Yusupov, Chelabinskiy Agroindjenerniy Universytet

** Dr Galina Yusupova, Yugno-Ukrainskiy Gosudrstvienniy Universytet

Афлотоксины продуцируются грибами рода *Aspergillus* (*A. flavus*). Грибы этого рода относят к мезофильным микроскопическим, которые развиваются при температуре 6-8⁰С. В настоящее время известно, что семейство афлотоксинов включает десять соединений. Наиболее токсичным является афлотоксин В1 [3].

С целью предупреждения развития микроскопических грибов используются различные методы: химические, биологические и физические.

Применение химических веществ не безопасно для здоровья человека, необходим строгий санитарно-эпидемический контроль над продукцией растениеводства. Данный метод не всегда гарантирует получение ожидаемого результата. Малейшие отклонения от технологии могут привести к значительному снижению эффективности их действия. Наконец, есть целый ряд болезней, по отношению к которым химический метод не может обеспечить надлежащего эффекта. Это относится, прежде всего, к ржавчинным и фузариозным болезням зерновых культур, плесневым грибам, развивающимся при хранении зерна.

Одним из реальных путей решения острой проблемы снижения химической нагрузки на сельскохозяйственную продукцию является введение в практику средств и методов борьбы, которые одновременно эффективны и безопасны для человека, животного мира и окружающей среды в целом. Это агротехнические приемы, биологические и физические методы воздействия на микроорганизмы. .

Химические и биологические методы имеют ряд недостатков. Они являются профилактическими при обезвреживании почвенной инфекции и при предпосевной обработке семян. А для продовольственного зерна применение вышеуказанных методов невозможно. Кроме того, они основаны на внесении в природный биоценоз новых искусственных или естественных компонентов. Их влияние непременно вызовет нарушение равновесия и без того неустойчивого агроценоза.

Однако, в силу неплатежеспособности большого числа сельскохозяйственных предприятий, дорогостоящие зарубежные препараты не закупаются в нужном объеме и происходит резкое снижение эффективности биологической защиты растений. Строительство собственных предприятий и приобретение за рубежом новейших технологий по производству средств защиты растений затруднено, т.к. тоже требует больших капиталовложений

Сравнительно молодые физические методы в практике борьбы с болезнями полевых культур имеют ряд преимуществ. Из мероприятий этой категории можно выделить очистку продовольственного зерна и удаление больных зерен, термическое обеззараживание, применение рентгеновского и гамма- излучений. Одним из новейших физических методов является облучение зерна и зернопродуктов потоком энергии электромагнитных колебаний сверх высокой частоты (СВЧ).

Явления, наблюдаемые при воздействии СВЧ - энергии на живые ткани, имеют в основном тепловой характер, они зависят от дисперсии колебаний клеточной структуры, диэлектрической проницаемости и проводимости материала биообъекта.. Гибель микроорганизмов происходит в результате денатурации белка при сравнительно невысоких темпах нагрева 0,5–0,8°С/сек., при удельной мощности 0,09-0,3 кВт/кг, а при увеличении темпа нагрева до 1,2–1,6°С/с – за счет диэлектрического разрушения клеток живой ткани.

Технология обеззараживания растительного сырья с использованием СВЧ-полей предполагает объединение следующих операций: предварительное увлажнение зерна, т.к. в основе большинства процессов обеззараживания, выполняемых с помощью СВЧ-энергии, лежит диэлектрический нагрев обрабатываемого материала; термическое воздействие.

СВЧ-нагрев, следует отнести к новому виду энергосберегающей электротехнологии, благодаря следующим преимуществам по сравнению с обычным температурным нагревом: 1) тепловая безинерционность, т.е. возможность практически мгновенного включения-выключения теплового воздействия на обрабатываемый материал; 2) высокий КПД преобразования энергии в тепловую (90%); 3) возможность осуществления избирательного, равномерного, быстрого нагрева; 4) экологическая чистота нагрева, поскольку при его использовании отсутствуют какие-либо продукты сгорания; 5) высокое обеззараживающее действие.

Основным критерием обеззараживания является температура нагрева зерна. Ее минимальное значение зависит от окружающей среды, а максимальное ограничивается показателями технологических достоинств зерна и муки. Значение температуры зерна находится в прямой зависимости от мощности электромагнитного поля СВЧ и экспозиции. Поэтому за входные параметры приняты (экспозиция $\tau = 30\text{--}90$ сек., мощность $P = 300\text{--}600$ Вт.).

При проведении опытов использовались образцы помольных зерновых партий.

В результате неоднократно проведенных исследований, а также технологического контроля влажности установлено, что зерно после гидротермической обработки имеет влажность не выше 17%. Споры грибов и споровых бактерий за этот период приобретают более высокую влажность. Наиболее эффективной оказалась влажность от 15,5 до 17%. Меньшее увлажнение зерна не вызывало эффекта обеззараживания, поскольку зерно не достигало требуемых значений температуры. Более высокая влажность также не приводила к эффекту обеззараживания. Это объясняется тем, что в результате СВЧ-нагрева свободная влага начинает перемещаться от центра зерновки к поверхностным слоям и испаряется. За счет испарения воды температура на поверхности зерновок понижается. При влажности 18% и выше зерновки вспучиваются и начинают разрываться, наблюдается эффект образования *Pop corn*.

При влажности в диапазоне от 15,5 до 17% различий по температуре, длительности нагрева до заданной температуры и эффектам обеззараживания, изменения биохимических, физико-химических и технологических свойств не наблюдается. Поэтому обработка зерна проводилась при данном уровне влажности.

При выборе режимных параметров и с целью сужения диапазона их значений проведена серия лабораторных опытов. Как уже говорилось, основным критерием являлась температура, поскольку от ее значения зависят проявление эффекта обеззараживания и сохранение технологических качеств зерна. Основным качественным показателем является клейковина. Под воздействием температуры выше 44°C возможна денатурация белков. Опытным путем установлена температура СВЧ нагрева, вызывающая их разрушение. Значения ее приближены к 76°C. Температура 60–70°C оказывает угнетающее действие на микроорганизмы,

поэтому режимы, обеспечивающие нагрев до этой температуры, положены в центр плана эксперимента. Максимальное значение температуры (при жестких режимах) было равно 86°C, а минимальное (при мягких режимах) – 43°C.

Обработка СВЧ-энергией оказывает значительное влияние на микологические характеристики. Так исходный вариант имел поверхностную грибную обсеменность 1700 спор в 1 грамме, а после воздействия СВЧ-энергией в жестких режимах она снизилась до 0, а в остальных варьирует от 50 до 70 КОЕ/г.

Опыты проведены на образцах, отобранных от партий зерна пшеницы, хранившихся длительное время при температуре 6-8°C с влажностью 20%. Обследования образцов на зараженность микроскопическими грибами подтвердило предположение о загрязнении патогенами, продуцирующими микотоксины. Выявлены грибы родов: *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Mucor*. Преобладающее распространение имели грибы рода *Aspergillus*.

С целью установления влияния СВЧ-энергии на патогенную микрофлору были проведены опыты. Пробы зерна после обработки СВЧ энергией высевали в чашки петри по 50 штук на питательный агар – среду Чапека (Таблица 1).

Таблица 1. Влияние СВЧ энергии на микроскопические грибы.

Table 1. Influence of electro-magnetic field on microscopic fungi

Вар.	Режимы		температура нагрева зерна, t, C°	Количество зерен зараженных грибами родов (штук)			
	экспозиция, т, сек.	мощность, Р, Вт.		<i>Aspergillus</i>	<i>Penicillium</i>	<i>Fusarium</i>	<i>Alternaria</i>
1	90	600	85	0	0	0	0
2	60	450	65	0	3	0	1
3	30	300	43	50	42	40	19
Контроль				50	43	39	17

В результате обработки зерна в режимах варианта №1 инфекция нивелирована полностью, а в режимах варианта №2 сведена до безопасных пределов. Режимы варианта №3 не оказали обеззараживающего влияния. Зараженность всеми видами микрофлоры осталась на уровне контроля. Поскольку партия зерна имеет высокий процент зараженности грибами, продуцирующими микотоксины, то было принято решение о проведении исследований на их содержание, в частности, афлотоксина В1. Подготовку обработанных в СВЧ поле и контрольной проб зерна проводили по методике [4]. Микотоксины обладают способностью флуоресцировать при воздействии длинноволнового ультрафиолетового излучения. Это лежит в основе физико-химических методов их выявления и количественного определения. Проведены исследования с использованием “Методики выполнения измерения доли микотоксинов в продовольственном сырье методом тонкослойной хроматографии”, а также

«ГОСТ 30711-2001. Продукты пищевые. Методы выявления и определения содержания афлотоксинов В₁ и М₁».

На пластины “Силуфол” сверху и снизу карандашом наносили линии на расстоянии 1,5 сантиметра от краев. На нижней (стартовой) линии отмечали три точки через два сантиметра друг от друга. В эти точки наносили с помощью микрошприца по 0,002; 0,005; 0,01 см³ рабочего раствора смеси афлотоксинов В₁ и В₂. На расстоянии один сантиметр между точками наносили по 0,01 и 0,02 см³ исследуемого раствора. Пластины помещали в хроматографическую камеру, заполненную смесью: этиловый эфир-метанол-вода. После извлечения пластинок из камеры их просушивали и просвечивали ультрафиолетовым излучением. На хроматограмме рабочего раствора смеси афлотоксинов последние расположены по направлению движения фронта растворителя в следующем порядке: В₂, В₁. Обнаружение на хроматограммах экстракта пятен, соответствующих по хроматографической подвижности и цвету флюоресценции пятнам афлотоксинов В₁ из рабочих растворов, свидетельствуют о наличии этих афлотоксинов в зерне. Обнаружение на хроматограммах экстракта пятен, соответствующих по хроматографической подвижности и цвету пятнам афлотоксина В₂ подтверждают правильность извлечения афлотоксинов из пробы. Для подтверждения присутствия афлотоксина В₁ опрыскивали пластины раствором азотной кислоты и вновь просвечивали ультрафиолетовым излучением. Цвет флюоресценции пластин с нанесенными рабочими растворами менялся с насыщенного ярко-синего свечения на желтый. При опрыскивании раствором азотной кислоты пластин с нанесенными испытуемыми пробами, цвет с сине-фиолетового менялся на желтый в варианте №3 и контроле, а в вариантах №№ 1 и 2 не менялся. Изменение цвета флюоресценции на желтый в вариантах №3 и контрольном свидетельствует о наличии афлотоксинов.

Следовательно, в вариантах №№ 1 и 2 под действием температуры и режимных параметров энергии СВЧ поля произошла инаktivация афлотоксинов.

На основании проведенных опытов установлено, что СВЧ обработка зерна пшеницы оказывает значительное влияние на физико-химические показатели. Влажность в зависимости от температуры нагрева снижается по вариантам от 0,5 до 3%, титруемая кислотность снижается на два градуса. Качество клейковины изменяется: под воздействием режимов, соответствующих температуре 54°C происходит незначительное ее укрепление.

На верхнем и среднем уровнях температура изменялась в пределах 76–100°C. Эффект обеззараживания был 100%. Но при этих значениях температуры белки клейковины разрушались.

На основании выполненных исследований можно сделать заключение, что эффективными обеззараживающим воздействием обладают режимы: экспозиция τ = 60–90 сек., мощность P = 450–600 Вт.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Цугленок Н.В., Цугленок Г.И., Халанская А.П.**, 2003: Система защиты зерновых и зернобобовых культур от семенных инфекций. - Красноярск: КрасГАУ.
2. **Цугленок Г.И., Юсупова Г.Г., Головина Т.А.**, 2003: Энергосберегающие технологии в борьбе с грибными инфекциями продовольственного зерна Материалы XVII научно-технической конференции. Ч.3. - Челябинск: ЧГАУ.
3. **Монастырский О. А.**, 1996: Токсины фитопатогенных грибов. Защита и карантин растений. —, С.12–14.
4. ГОСТ 30711-2001. Продукты пищевые. Методы выявления и определения содержания афлатоксинов В₁ и М₁.

DISINFECTION OF GRAIN BY ELECTROMAGNETIC FIELD ENERGY

Summary. In the paper the method of grain disinfection of by the energy of electromagnetic field is offered. The given method has advantages in comparison with the usual temperature heating: thermal dynamic, ecological character of heating and high disinfection properties. Thermal disinfectionl reduces microbiological loading, improves technological parameters of grain quality, causes inactivation of mycotoxin.

Keywords: grain, electromagnetic field, thermal disinfection

Recenzent: Prof. dr hab. Zdzisław Targoński