

Научная статья

УДК 636.084.7/ 631.363.28

doi: 10.37670/2073-0853-2021-87-1-140-144

Влияние инфракрасного облучения на гигиенические характеристики и питательность зерновых кормов

Дмитрий Андреевич Благов¹, Ирина Валерьевна Миронова²,
Марат Фанисович Туктаров², Жанна Сотьевна Майорова³,
Валентина Анатольевна Позолотина³, Ольга Анатольевна Тетерина³

¹ ИТОСХ – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ

² Башкирский ГАУ

³ Рязанский ГАУ

Аннотация. В статье рассмотрены перспективы применения инфракрасного излучения для подготовки зерна к скармливанию животным. Воздействие инфракрасного облучения спектра от 1,7 до 3,4 мкм вызывает разрушение гранул крахмала с образованием сахаров и вторичной и третичной структуры белков с образованием аминокислот. Отмечено, что при микронизации ячменя поверхностная микрофлора уничтожается за 30 с, а через минуту гибнет и глубинная микрофлора. Если до микронизации степень токсичности зерна составляла IV, то после 30 с обработки она снижается до III степени, а при двухминутном воздействии – до I степени опасности. Количество афлатоксина В₁ в 30-секундной экспозиции уменьшается до 50 мкг/кг, а при увеличении времени до 90 с происходит полное разрушение токсина. Скармливание микронизированного зерна оказывает положительное влияние на продуктивность животных и птицы. Применение бобовых культур в составе комбикормовой смеси для цыплят-бройлеров увеличивает содержание белка в грудных и ножных мышцах цыплят опытной группы на 1,18 % по сравнению с контролем. Введение в рацион молодняка свиней облучённой сои и люпина показало, что у животных опытной группы интенсивнее проходит обмен веществ. Это подтверждается данными гематологических исследований. Установлено, что ИК-сушка фуражного зерна при температуре 50–60 °С в течение 1 часа приводит к полному обеззараживанию зерна, уничтожению амбарных вредителей, повышает его сохранность, вкусовые качества и привлекательность для молодняка крупного рогатого скота.

Ключевые слова: инфракрасное облучение, спектр, гидролиз, крахмал, питательность, переваримость, снижение токсичности, молодняк.

Для цитирования: Влияние инфракрасного облучения на гигиенические характеристики и питательность зерновых кормов / Д.А. Благов, И.В. Миронова, М.Ф. Туктаров [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 1 (87). С. 140–144. doi: 10.37670/2073-0853-2021-87-1-140-144.

Original article

Influence of infrared radiation on hygienic properties and nutritiousness of grain feed

Dmitry A. Blagov¹, Irina V. Mironova², Marat F. Tuktarov², Zhanna S. Mayorova³,
Valentina A. Pozolotina³, Olga A. Teterina³

¹ Federal Scientific Agroengineering Center VIM

² Bashkir State Agrarian University

³ Ryazan State Agrarian and Technological University

Abstract. This paper considers perspectives of using infrared radiation for preparation of grain for animal feeding. Action of infrared radiation with the spectrum ranging from 1.7 to 3.4 microns leads to destruction of starch granules with formation of sugar and destruction of protein of secondary and tertiary structure with formation of amino acids. It was observed, that in the process of micronization surface microorganisms would be destroyed within 30 seconds, and the rest of microorganisms – within 1 minute. If the grain before micronization had the toxicity level IV, after 30-second processing it would be reduced to the level III, after 2-minute processing – to the hazard level I. The quantity of aflatoxin B₁ in case of 30-second exposure would decrease to 50 mg/kg, in case of 90-second processing the toxin would be totally destroyed. Feeding with micronized grain has a positive effect on the productivity of animals and poultry. Inclusion of bean cultures in feed compound for broiler chicken provides an increase in protein content in pectoral and femoralis muscles of the chicken of the experimental group by 1.8 % compared to the reference group. Introduction of irradiated soybean and lupine in the ration of young pigs has shown that the animals of the experimental group had a more intensive metabolism. It is also verified by the data from haematology tests. It was established, that infrared drying of feed grain at the temperature of 50–60 °C for 1 hour ensures total disinfection of grains, destruction of granary pests, increased preservation, improved taste and attractiveness for young cattle.

Keywords: infrared radiation, spectrum, hydrolysis, starch, nutritiousness, digestibility, toxicity removal, young cattle.

For citation: Influence of infrared radiation on hygienic properties and nutritiousness of grain feed / D.A. Blagov, I.V. Mironova, M.F. Tuktarov et al. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2021; 87(1): 140–144. (In Russ.). doi: 10.37670/2073-0853-2021-87-1-140-144.

Подготовка зернового корма к последующему скармливанию сельскохозяйственным животным является важнейшим технологическим процессом. На производстве применяют ряд технологий, которые помогают повысить как вкусовые, так и питательные качества зерна. К ним относят следующие операции: измельчение, шелушение, поджаривание, осолаживание, дрожжевание, проращивание, пропаривание, экструдирование и микронизация. Использование любого из перечисленных методов позволяет оказывать влияние на формирование продуктивных качеств у молодняка сельскохозяйственных животных. Это связано с тем, что пищеварительная система у молодых животных ещё не сформирована, и она не способна усваивать труднопереваримые питательные вещества [1, 2]. Особый интерес в подготовке зерна представляет лучевая обработка (микронизация), которая позволяет воздействовать на молекулярном уровне на питательные вещества, а также проводить обеззараживание корма [3, 4]. При воздействии инфракрасного излучения происходит снижение уровня грибной флоры на 99,5 %, бактериальной – на 99,9 %. Кроме того, увеличивается содержание сахаров в зерне в 2–3 раза, что положительно влияет на вкусовые качества получаемого продукта и его поедаемость [5, 6, 9, 10].

Материал и методы. В работе применялись монографический метод, а также методы анализа, систематизации, сравнения, обобщения, декомпозиции и стратификации.

Результаты исследования. Применение инфракрасного облучения (ИК) зерновых кормов повышает их переваримость и улучшает санитарное состояние. При достижении одного и того же технологического эффекта оптическое излучение затрачивает энергии на порядок меньше, чем другие виды излучений, и оно менее опасно. При данном методе воздействия применяются ИК-лучи узкого спектра от 1,7 до 3,4 мкм [1, 11].

Инфракрасные лучи вызывают вибрацию молекул и изменяют структуру углеводов и белков, вследствие чего под действием трения быстро вырабатывается внутреннее тепло, и за счёт испарения воды повышается давление. Гранулы крахмала разрушаются, желатинизируются с

образованием сахаров, а у белков разрушается вторичная и третичная структура с образованием аминокислот (рис. 1).

При этом белки в денатурированном виде быстрее взаимодействуют с ферментами и подвергаются гидролитическому распаду с образованием более простых соединений, что облегчает их переваривание в тонком отделе кишечника [12].

Для проведения инфракрасной лучевой обработки зерновых кормов применяется специальная машина – микронизатор (рис. 2).

По источнику питания микронизаторы условно можно разделить на две группы: работающие за счёт газа и электрической энергии. Принцип работы микронизаторов заключается в воздействии ИК-излучения на равномерный слой зерна, расположенный на транспортёрной ленте. Конструктивное оформление микронизаторов довольно разнообразно как по форме (панели, колбы, трубки), так и по содержанию (газовые беспламенные горелки, ТЭНы, кварцевые галогеновые, карбоновые лампы и т.п.). В газовых установках применяются керамические ИК-излучатели. При этом их количество в одном микронизаторе колеблется от 18 до 90 шт. Источником энергии для газовых микронизаторов является пропан – природный или сжиженный газ.

На мировом рынке ИК-установки с различной производительностью и потребляемой мощностью выпускаются как отечественными, так и зарубежными предприятиями (табл. 1).

Фирма «Micronizing Company» является лидером в производстве техники и технологии переработки зерна с применением ИК-излучения. Данная организация расширяет свои границы продаж оборудования. Поставки микронизаторов реализуются в 46 странах мира. Каждый инфракрасный микронизатор фирмы снабжён автоматизированной системой управления, обеспечивающей возможность как автономной работы установки, так и в составе технологической линии.

Технология инфракрасной обработки зерна оказывает положительное влияние на гигиенические характеристики обрабатываемого сырья. Например, проведённые исследования специалистами ОАО ВНИИКП показали, что при микро-

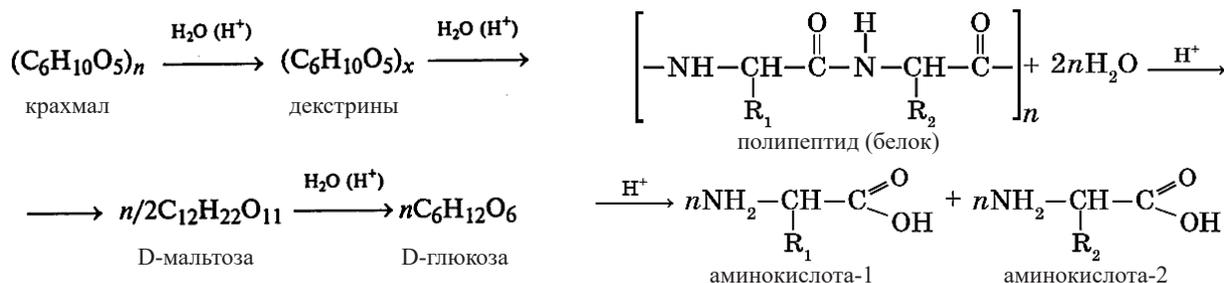


Рис. 1 – Схема гидролиза крахмала, белков

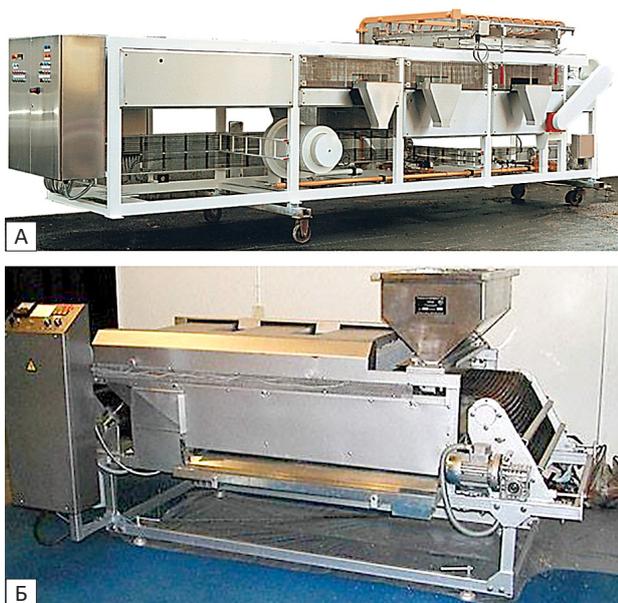


Рис. 2 – Внешний вид микронизаторов зерна:
А – газовый; Б – электрический

низации ячменя поверхностная микрофлора была уничтожена за 30 с, а через 60 с – и глубинная (табл. 2) [7].

Как видно по данным таблицы, полное обеззараживание зёрен ячменя от патогенной микрофлоры наступает после экспозиции в 120 с. Кроме этого, инфракрасное облучение оказало положительное влияние на снижение токсинов в обрабатываемом ячмене (табл. 3).

Если до микронизации зерно имело IV степень токсичности, то после 30 с обработки наблюдалось снижение токсичности. При воздействии в течение 2 мин. токсичность снижалась до I

степени опасности. Количество афлатоксина В₁ в 30-секундной экспозиции уменьшилось до 50 мкг/кг, а при увеличении времени до 90 с происходило полное разрушение токсина.

При микронизации температурный режим для различных культур составляет от 140 до 170 °С. Облучение зерна более 40 с полностью уничтожает многие бактерии, более 65 с – плесневые грибы. Процесс микронизации предупреждает заражение амбарными вредителями. Оптимальный эффект при облучении зерна ИК-лучами достигается на протяжении 50–60 с. Оптимальный режим для зерна ячменя – 50 с при температуре 180 °С, для овса – 30 с, для пшеницы – 60 с, для гороха – 70 с при той же температуре. Для сои требуется 90 с при температуре 195–200 °С.

Опыты, проведённые А.Н. Остриковым, показали, что воздействие ИК-излучения на крахмал, содержащийся в зерне, вызывает его гидролиз с образованием декстринов, которые могут лучше усваиваться организмом животных (табл. 4) [8].

Полученные данные показывают, что при плотности потока излучения 16,3 кВт/м², температуре нагрева зерна 170–180 °С и длительности обработки 4 мин. в зерне образуется максимальное количество декстринов (до 9,4 %). При этом коэффициент переваримости белка находился на уровне 76,4 %.

Микронизация зерна положительно сказывается не только на гигиенических показателях, но и на продуктивности сельскохозяйственных животных и птицы. В 2014 г. А.С. Чернышков провёл исследование по скармливанию микронизированных семян бобовых культур и определению их влияния на состав мышечной ткани цыплят-бройлеров. Он установил, что введение

1. Технические характеристики выпускаемых микронизаторов

Наименование	Производительность, кг/ч	Мощность, кВт
ООО «Производственная компания «Старт», Россия		
УТЗ-4	100–300	27,5
УТЗ-4 Ш	100–500	33,5
ООО «Производственное предприятие «Металлокомплект», Украина		
ИММ-20	500–2000	40,0
НПП «Сервис Пак», Украина		
Установка термолучевой обработки зерна и бобовых	180–300	32,0
ИПЗГ, Украина		
ИПБГ 1.0.	150–500	36,5
ВНИИКП, Россия		
Линия микронизации зерна	2000	90,0
ООО «Прогресс», Россия		
Микронизатор	500–2000	43,0
«Micronizing Company Limited», Великобритания		
«Micro-Red 20»	2000	51,7
ЧП «СТС», Россия		
СОЯР-350	350	20,0

2. Влияние длительности экспозиции микронизации на гигиеническое состояние ячменя

Вид зерна	Экспозиция обработки, с	Поверхностная микрофлора		Глубинная микрофлора	
		кол-во спор грибов в 1 г, шт.	степень обеззараживания, %	степень заражённости зерна, %	степень обеззараживания, %
Ячмень	–	11200	–	96,0	–
Ячмень микронизированный	15	650	94,2	15,0	84,4
	30	30	99,7	2,0	98,0
	60	20	99,8	1,0	99,0
	90	Нет	100,0	Нет	100,0
	120	Нет	100,0	Нет	100,0

3. Токсикологические показатели зерна до и после проведения микронизации

Вид зерна	Экспозиция обработки, с	Токсичность зерна, степень	Содержание афлатоксина В ₁ , мкг/кг	Токсичность по афлатоксину В ₁
Ячмень	–	IV	более 1000	очень высокая
Ячмень микронизированный	30	III	250–50	средняя
	60	II	менее 50	слабая
	90	II	нет	нет
	120	I	нет	нет

4. Гидролиз крахмала ячменя в зависимости от плотности падающего потока излучения

Плотность падающего потока ИК-излучения, кВт/м ³	Длительность облучения, мин.	Содержание декстринов в зерне, %	Коэф. переваримости протеина, %
8,0	6,0	8,7	70,8
12,0	5,0	9,2	72,4
16,3	4,0	9,4	76,4
20,5	3,5	7,8	77,2

в составе комбикорма микронизированного зерна повышает содержание белка в грудных и ножных мышцах цыплят опытной группы на 1,18 % по сравнению с контролем.

Исследования Г.М. Шалуева (2015) по обработке семян полножирной сои и люпина в кормлении молодняка свиней показали, что у животных опытной группы интенсивнее проходил обмен веществ. Это подтверждалось гематологическими исследованиями, которые показали повышение содержания кальция на 0,25 %, фосфора – на 0,14 %, эритроцитов – на $0,57 \cdot 10^9$ и гемоглобина на – 15,65 г/л. Увеличение в сыворотке крови γ -глобулинов на 1,84 % говорило о высоком иммунном статусе опытных животных. Установлено, что за 54 дня опыта среднесуточные приросты живой массы молодняка свиней подопытных групп были на высоком уровне – 639 и 659 г.

Исследования по изучению эффективности применения ИК-излучения для сушки фуражного зерна показали, что обработка в диапазоне температур 50–60 °С в течение 1 часа приводит к полному обеззараживанию зерна, уничтожению амбарных вредителей, повышает его сохранность (рис. 3).

Зерносмесь, прошедшая ИК-сушку, обладает высокими вкусовыми качествами и выраженным приятным запахом, что оказывает стимулирующий эффект на пищевое поведение животных.

Добавка микронизированного зерна в кормосмесь ремонтных тёлочек в возрасте 4–6 мес. позволила повысить потребление рациона на 8,2 %.

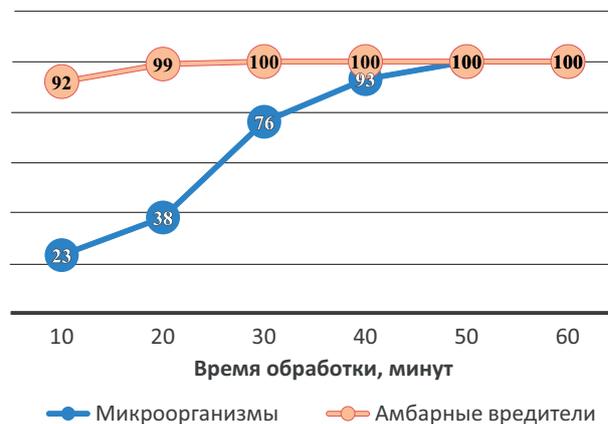


Рис. 3 – Степень обеззараживания фуражного зерна при ИК-сушке, %

Вывод. Использование инфракрасного излучения для обработки фуражного зерна имеет широкие перспективы применения в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы (особенно молодняка), так как позволяет повысить его вкусовые достоинства, переваримость питательных веществ, провести полное обеззараживание от патогенной микрофлоры и уничтожение амбарных вредителей. Это способствует увели-

чению сроков хранения зерна и обеспечивает безопасность для здоровья животных.

Литература

1. Благов Д.А., Панферов Н.С., Пестряков Е.В. Современные технологии и технические средства в переработке кормов // Техника и оборудование для села. 2020. № 7. С. 30–33.

2. Сыроватка В.И. Прогрессивные технологии производства комбикормов // Техника и оборудование для села. 2015. № 11. С. 2–6.

3. Подготовка зерна пшеницы инфракрасным облучением для получения кормовой патоки // С.К. Волончук, В.В. Аксенов, С.А. Дубкова [и др.] // Современные наукоемкие технологии. 2015. № 10. С. 12–14.

4. Повышение эффективности микронизации зерновых культур на СВЧ-установке с использованием перегретого пара / В.А. Кухто, А.О. Морозов, А.В. Прокopenko [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. 2018. № 3. С. 113–120.

5. Мишуоров Н.П., Сыроватка В.И. Ресурсосберегающая технология производства кормов из влажного консервированного зерна на основе его микронизации // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК: матер. IX Междунар. науч.-практич. конф. «ИнформАгро-2017». 2017. С. 459–464.

6. Белов А.А., Собченко Ю.А. Обоснование актуальности совершенствования микронизации зерновых кормов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 8 (178). С. 179–183.

7. Инновационные технологии производства кормов для мясного скотоводства: научн. аналит. обзор / В.Ф. Федоренко, Н.П. Мишуоров, С.А. Давыдова [и др.]. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. 152 с.

8. Технология микронизированных хлопьев для пре-стартерных, стартерных комбикормов с использованием очищенного биогаза / А.Н. Остриков, В.Н. Василенко, Л.Н. Фролова [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. 2020. № 1. С. 127–136.

9. Dadalta J.C., Gallardo C., Polycarpo G.V. et al. Neto Ileal amino acid digestibility in micronized full fat soybean meal and textured soy flour fed to piglets with or without multicarbohydase and phytase supplementation // Animal Feed Science and Technology. 2017. Volume 229. P. 106–116. DOI:10.1016/j.anifeedsci.2017.05.006

10. A. Tuśnio, M. Barszcz, E. Świąch, J. Skomial, M. Taciak Large intestine morphology and microflora activity in piglets fed diets with two levels of raw or micronized blue sweet lupin seeds // Livestock Science. 2020. Volume 240. DOI: 10.1016/j.livsci.2020.104137

11. Tufarelli V., Demauro R., Laudadio V. Dietary micronized-dehulled white lupin (*Lupinus albus* L.) in meat-type guinea fowls and its influence on growth performance, carcass traits and meat lipid profile // Poultry Science. 2015. Volume 94(10). P. 2388–2394. DOI: 10.3382/ps/pev218.

12. Deepa C., Umesh H. Hebbar. Micronization of maize flour: Process optimization and product quality // Journal of Cereal Science. 2014. Volume 60 (3). P. 569–575. DOI: 10.1016/j.jcs.2014.08.002.

Дмитрий Андреевич Благов, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник. Институт технического обеспечения сельского хозяйства – филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ». Россия, 390025, г. Рязань, ул. Щорса, 38/11, aspirantya2013@gmail.com

Ирина Валерьевна Миронова, доктор биологических наук, заведующая кафедрой. ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет». Россия, 450001, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, mironova_irina-v@mail.ru

Марат Фанисович Туктаров, кандидат технических наук, доцент. ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет». Россия, 450001, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, marat.tukzar@yandex.ru

Жанна Сотьева Майорова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент. ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». Россия, 390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1, jeannemay@ya.ru

Валентина Анатольевна Позолотина, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент. ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». Россия, 390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1, pozolotina@mail.ru

Ольга Анатольевна Тетерина, кандидат технических наук, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». Россия, 390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1, olia.teterina@mail.ru

Dmitry A. Blagov, Candidate of Biology, Senior Researcher. Institute for Technical Support of Agriculture – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Scientific Agroengineering Center VIM». 38/11, Schorsa St., Ryazan, 390025, Russia, aspirantya2013@gmail.com

Irina V. Mironova, Doctor of Biology. Bashkir State Agrarian University. 34, 50-let October St., Ufa, Republic of Bashkortostan, 450001, Russia, mironova_irina-v@mail.ru

Marat F. Tuktarov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor. Bashkir State Agrarian University. 34, 50-let October St., Ufa, Republic of Bashkortostan, 450001, Russia, marat.tukzar@yandex.ru

Zhanna S. Mayorova, Candidate of Agriculture, Associate Professor. Ryazan State Agrarian and Technological University. 1, Kostycheva St., Ryazan, 390044, Russia, jeannemay@ya.ru

Valentina A. Pozolotina, Candidate of Agriculture, Associate Professor. Ryazan State Agrarian and Technological University. 1, Kostycheva St., Ryazan, 390044, Russia, pozolotina@mail.ru

Olga A. Teterina, Candidate of Technical Sciences, Assistant Lecturer. Ryazan State Agrarian and Technological University. 1, Kostycheva St., Ryazan, 390044, Russia, olia.teterina@mail.ru