

УДК 664.727.085

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ ПЕРЕД СКАРМЛИВАНИЕМ ЖИВОТНЫМ

**С. К. Волончук**, кандидат технических наук  
**В. В. Аксенов**, кандидат химических наук, доцент  
**И. В. Науменко**, кандидат сельскохозяйственных наук  
**А. И. Резепин**, научный сотрудник

*Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН*  
E-mail: volonchuk 2015@yandex.ru

**Ключевые слова:** пшеница, инфракрасное излучение, деструкция, фактор.

Реферат. *Результаты исследований свидетельствуют об эффективности применения инфракрасного излучения для декстринизации крахмала зерна пшеницы, расположенного на сетчатом поддоне тонким слоем в одну зерновку. Установлено, что время взрыва зерна сократилось до 60 с при плотности потока ИК-излучения 23 кВт/м<sup>2</sup>, влажности зерна 12%. Декстринизация крахмала достигла 62–66 мг глюкозы на 1 г сухого вещества, энергозатраты сократились до 0,4 кВт·ч/кг.*

## IMPROVEMENT OF TECHNOLOGY OF PREPARATION OF WHEAT GRAIN BEFORE FEEDING TO ANIMALS

**Bolonchuk S. K.**, candidate of technical Sciences  
**V. V. Aksenov**, candidate of chemical Sciences, associate Professor  
**I. V. Naumenko**, candidate of agricultural Sciences  
**A. I. Rezepin**, research assistant

*Siberian Federal scientific center of RAS agrobiotechnology*

**Key words:** wheat, infrared radiation, destruction, factor.

Abstract. *The results of the research show the effectiveness of applying infrared radiation to dextrinization starch grains of wheat are formed on a mesh tray in a thin layer in one caryopsis. It is established that the explosion of the grain was reduced to 60 seconds at a flux density of infrared radiation 23 kW/m<sup>2</sup>, grain moisture 12%, dextrinization starch reached 62–66 glucose mg/g dry matter; the energy consumption decreased by up to 0.4 kWh/kg.*

В настоящее время фуражное зерно перед скармливанием животным проходит различные приемы подготовки, чтобы улучшить его скармливаемость и усвояемость. При этом происходят физико-химические изменения зерна, например, «взрыв» зерна под действием тепловых и электромагнитных излучений по аналогии с получением воздушной кукурузы, когда идет изменение крахмальной цепочки [1]. Движущей силой этого процесса является влага зерновки, которая вследствие термовлагопроводности (термодиффузии) по капиллярам и порам перемещается к центру зерна. Осуществить это можно ИК-облучением зерна. Так как величина плотности потока ИК-излучения достаточно большая, то влага, сконцентрированная в центре зерновки, нагревается до 110–150 °С, испаряется, что приводит к быстрому повышению давления водяных паров, которые вспучивают или разрывают зерновку. При этом зерно не рассыпается, но прочностные характеристики его уменьшаются, что способствует снижению энергозатрат при дальнейшей обработке (помоле, плющении и т.д.), а также облегчает разжевывание животными [2–4].

Нами уже была проведена определенная работа в этом направлении [5] при подготовке зерна пшеницы для производства патоки кормового назначения. Полученные результаты свидетельствовали о том, что предварительную ИК-обработку зерна можно использовать для уменьшения прочности зерна и деструктурирования крахмала. При этом сократилось время и энергетические затраты при последующем его дроблении в аппарате получения патоки, а также уменьшилось время осахаривания за счет повышения атакваемости амилолитическими ферментами деструктурированного крахмала зерна.

Анализ исследований по ИК-обработке растительного сырья показал, что положение В. Юбица [6] и А. С. Гинзбурга [7] о том, что ИК-лучи проникают вглубь облучаемого материала на глубину до 10 мм, не подтверждается, т.к. слой зерна толщиной 5–7 мм, который был использован в работе, представляет собой беспорядочный набор зерен и воздушных пустот между ними. Вследствие этого происходит хаотич-

ное отражение ИК-лучей от поверхности зерен и потеря ИК-энергии на нагрев воздуха в пустотах. Зерно при этом, поглощая ИК-энергию, в верхнем слое разрушается (взрывается) с декстринизацией крахмала до 32 мг глюкозы на 1 г сухого вещества, а внутри слоя на сетчатом поддоне остается неизменным. Это не точно отражает истинную картину декстринизации крахмала всей массы зерна, подвергнутого ИК-облучению. Кроме того, продолжительность облучения до взрыва зерна оказалась существенно (2–3 мин) выше ожидаемой. Поэтому возникла необходимость проведения дополнительных исследований.

Целью исследования является определение оптимальных значений плотности потока ИК-излучения, влажности зернового сырья и продолжительности обработки слоя зерна толщиной в одну зерновку, при которых происходит физическое разрушение зерна с образованием менее прочной пористой структуры и изменение химических свойств путем разрушения молекул крахмала сырья с целью снижения времени и энергозатрат при его ИК-обработке.

Подготовленное кондиционированием зерно пшеницы с влажностью 12, 15 и 18% насыпается на сетчатый поддон тонким слоем в одну зерновку и помещается в лабораторную установку (рис. 1). Для процесса обработки используется область спектра ИК-излучения с длиной волны 1,2–2,4 мкм. Такие показатели обеспечивают лампы накаливания галогенные марки КГТ-220–1000.

На пульте управления тумблером включаются ИК-излучатели и счетчик электроэнергии СОЭ –52 50–11ш (ГОСТ Р52322–2005). Одновременно включается секундомер, который отсчитывает время до «взрыва» зерна. В момент «взрыва» тумблером выключаются ИК-излучатели.

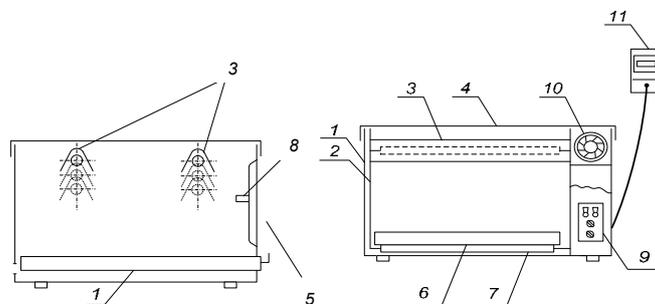


Рис. 1. Лабораторная установка для ИК-обработки сырья:

1 – корпус; 2 – отражатели панельные; 3 – ИК -излучатель с отражателем; 4 – верхняя крышка (съемная); 5 – перфорированная стенка-отражатель; 6 – поддон для сырья; 7 – поддон-отражатель; 8 – датчик контроля температуры; 9 – блок управления; 10 – вентилятор; 11 – счетчик

Изменение энергетической облученности в пределах 17–23 кВт · ч/м<sup>2</sup> осуществлялось путем установки отражателей с ИК-лампами на разной высоте по отношению к поддону с обрабатываемым сырьем и смещением отражателей по отношению друг к другу для обеспечения равномерного распределения плотности ИК-потока. По окончании обработки излучатели отключали, а поддон вынимали из камеры для естественного охлаждения.

Степень декстринизации крахмала определяли по ГОСТ 29177–91 [8].

Уровни факторов для плана эксперимента представлены в табл. 1. Исследования проводили по ПФЭ 2<sup>3</sup> в трех повторностях.

Таблица 1

Значение уровней факторов

Обозначение	Наименование факторов	Уровень		
		нижний - 1	средний 0	верхний + 1
X1 (W,%)	Влажность зерна	12	15	18
X2 (E, кВт/м <sup>2</sup> )	Плотность потока ИК-излучения	17	20	23

Полученные экспериментальные данные (табл. 2) подтверждают, что во всех диапазонах исследованных режимов ИК-обработки зернового сырья: плотность потока ИК-излучения (удельная энергия) в пределах 17–23 кВт/м<sup>2</sup>, влажность зерна пшеницы 12–18%, толщина слоя равна толщине зерна пшеницы, продолжительность ИК-излучения 60–70 с – обеспечивается изменение физико-химических показателей зернового сырья, но не в равной степени.

Из распределения точек степени декстринизации по поверхности функции отклика (рис. 2) видно, что оптимальными значениями факторов являются: влажность – 12%, плотность потока ИК-излучения – 23 кВт/м<sup>2</sup>.

Таблица 2

Влияние влажности (W) и плотности потока ИК-излучения (E) на декстринизацию крахмала в зерне пшеницы

№ п/п	Повторность	Факторы изменяемые		Фактор контролируемый: степень декстринизации, мг глюкозы на 1 г сухого вещества	
		плотность потока ИК-излучения E, кВт/м <sup>2</sup>	влажность W, %		
1	1	17	12	45,85	±3,24
2	2	17	12	46,34	±3,25
3	3	17	12	48,44	±3,30
4	1	17	15	45,28	±3,22
5	2	17	15	40,45	±3,10
6	3	17	15	45,37	±3,22
7	1	17	18	35,43	±2,98
8	2	17	18	35,81	±2,99
9	3	17	18	36,47	±3,00
10	1	20	12	50,02	±3,34
11	2	20	12	54,76	±3,46
12	3	20	12	53,14	±3,42
13	1	20	15	40,89	±3,11
14	2	20	15	45,77	±3,23
15	3	20	15	44,70	±3,21
16	1	20	18	40,02	±3,09
17	2	20	18	41,07	±3,12
18	3	20	18	40,02	±3,09
19	1	23	12	66,00	±3,74
20	2	23	12	62,52	±3,65
21	3	23	12	61,87	±3,64
22	1	23	15	50,03	±3,34
23	2	23	15	51,60	±3,38
24	3	23	15	52,16	±3,39
25	1	23	18	45,77	±3,23
26	2	23	18	48,96	±3,31
27	3	23	18	45,28	±3,22

Примечание. Данные табл. 2 были обработаны в программе «Статистика 7».

Из данных табл. 2 и рис. 2 видно, что при меньшей влажности зерна, но высокой плотности потока ИК-излучения степень декстринизации крахмала выше. Очевидно, быстрее возрастает внутреннее давление испаренной влаги и зерно быстрее разрушается. Высокая влажность зерна способствует большей продолжительности облучения, т.е. энергозатраты увеличиваются, кроме того, есть вероятность клейстеризации крахмала, что не способствует атакуемости его амилолитическими ферментами при дальнейшем получении кормовой патоки.

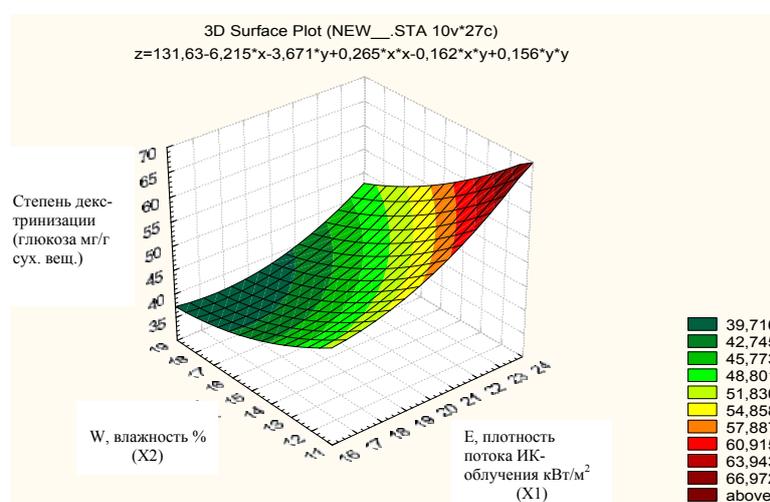


Рис. 2. Зависимость степени декстринизации крахмала зерна от исходной влажности зерна (W, %) и плотности потока ИК-излучения (E, кВт/м<sup>2</sup>)

Таким образом, полученные экспериментальные данные подтверждают целесообразность ИК-обработки зерна пшеницы толщиной в один слой. При этом значительно сокращается продолжительность обработки – до 60–70 с, уменьшаются соответственно энергозатраты – 0,4 кВт ч/кг, увеличивается степень декстринизации крахмала зерна – 62–66 мг глюкозы на 1 г сухого вещества, что, например, при производстве кормовой патоки увеличивает атакуемость его амилолитическими ферментами и уменьшает время получения патоки.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Патент РФ № 2012125099/13, 10.06.2012 / В.И. Сыроватка, Ю.А. Иванов, Т.С. Комарчук, А.Н. Векленко. Способ производства вспученного фуражного зерна // Патент России № 2518726. – 2014.
2. Березовикова И.П., Влощинский П.Е. Обоснование режимов микронизации зерна пшеницы для производства цельнозерновых продуктов// Техника и технология пищевых производств. – 2011. – № 3. – С. 5–8.
3. Повышение качества фуражного зерна высокотемпературной микронизацией / С.В. Зверев, А.М. Соловьев, М.В. Брусков [и др.]. – М.: ДеЛипринт, 2001. – 35 с.
4. Панфилова И.А. Разработка технологии быстрораствориваемой крупы и хлопьев из целого зерна пшеницы профилактического назначения с использованием ИК-обработки: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М., 1998. – 22 с.
5. Подготовка зерна пшеницы инфракрасным облучением для получения кормовой патоки / С.К. Волончук, В.В. Аксенов, С.А. Дубкова, А.И. Резепин // Современные наукоемкие технологии. – 2015. – № 10. – С.12–14.
6. Юбиц В. Теплообмен инфракрасным излучением и его особенности. Тепломассоперенос. – М.: Госэнергоиздат, 1963. – Т. 3. – 545 с.
7. Гинзбург А.С. Инфракрасная техника в пищевой промышленности. – М.: Пищ. пром-сть, 1966. – 408 с.
8. ГОСТ 29177–91. Зерно. Методы определения состояния (степени деструкции) крахмала. – М., 1991.

### REFERENCES

1. Patent RF № 2012125099/13, 10.06.2012 / V.I. Syirovatka, Yu.A. Ivanov, T.S. Komarchuk, A.N. Veklenko Sposob proizvodstva vspuchen-nogo furazhnogo zerna // Patent Rossii № 2518726. – 2014.
2. Berezovikova I.P., Vloschinskiy P.E. Obosnovanie rezhimov mikroni-zatsii zerna pshenitsyi dlya proizvodstva tselnozernovyih produktov// Tehnika i tehnologiya pischevyih proizvodstv. – 2011. – № 3. – S. 5–8.
3. Povyishenie kachestva furazhnogo zerna vyisokotemperaturnoy mikroni-zatsiey / S.V. Zverev, A.M. Solovev, M.V. Bruskov [i dr.]. – M.: De-Liprint, 2001. – 35 s.
4. Panfilova I.A. Razrabotka tehnologii byistorazvarivaemoy krupy i hlopev iz tselogo zerna pshenitsyi profilakticheskogo naznacheniya s ispolzovaniem IK-obrabotki: avtoref. dis.. kand. tehn. nauk. – M., 1998. – 22 s.
5. Podgotovka zerna pshenitsyi infrakrasnyim oblucheniem dlya polucheniya kormovoy patoki / S.K. Volonchuk, V.V. Aksenov, S.A. Dubkova, A.I. Rezepin // Sovremennyye naukoemkie tehnologii. – 2015. – № 10. – S.12–14.
6. Yubits V. Teploobmen infrakrasnyim izlucheniem i ego osobennosti. Teplomassoperenos. – M.: Gosenergoizdat, 1963. – T. 3. – 545s.
7. Ginzburg A.S. Infrakrasnaya tehnika v pischevoy promyshlennosti. – M.: Pisch. prom-t, 1966. – 408 s.
8. GOST 29177–91. Zerno. Metodyi opredeleniya sostoyaniya (stepeni de-struktsii) krahmala. – M., 1991.