

УДК 631.563.2:330.131.52

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДВУХЭТАПНОЙ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ СУШКИ ЗЕРНА СЕМЕЙСТВА ЗЛАКОВ

³Ураков А.Л., ¹Никитюк Д.Б., ²Акмаров П.Б., ³Уракова Н.А.

¹ФГБНУ «Научно-исследовательский институт питания» РАМН, Москва,

e-mail: dimitrynik@mail.ru;

²ГБОУ ВО «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия» МЗ СХР, Ижевск,

e-mail: izgsha_ur@mail.ru;

³ФГБНУ «Институт механики» Уральского отделения РАН, Ижевск, *e-mail: urakoval@live.ru*

Потери зерна злаковых культур при его производстве и хранении остаются существенными. Они уменьшают рентабельность отрасли и эффективность аграрного производства в целом. Эта проблема остается нерешенной, несмотря на непрерывную модернизацию современных технологий обработки и хранения зерна. В связи с этим предлагается дополнить традиционный способ сушки зерна предварительным физико-химическим воздействием. В частности, недостаточно изученными остаются возможности гиперосмотического обезвоживания зерна в гипертоническом растворе натрия хлорида и особенности хранения «соленого» зерна вплоть до традиционной сушки либо кормления животным. Дело в том, что зерновки злаковых культур герметично упакованы в оболочку (являющуюся внутренней мембраной), обладающую полупроницаемыми свойствами. Это дает возможность сушить зерновки за счет их гиперосмотической дегидратации (обезвоживания), достигаемой с помощью обработки зерна гиперосмотическими растворами натрия хлорида. Обезвоживающее действие гипертонических растворов натрия хлорида при температуре +5°C, +20°C и +40°C исследовано на влажных зерновках ячменя, пшеницы, ржи и овса, исходно содержащих воду в пределах 34 – 42 % влажности. Окончательная сушка зерна, предварительно обработанного гиперосмотическим раствором, проведена в лабораторных условиях с использованием модели традиционного процесса сушки. Для расчета экономического эффекта использованы расчетные значения себестоимости сушки зерна, выполненного по традиционной и модернизированной технологии. В результате исследований установлено, что физико-химический способ обработки влажной зерновой массы гиперосмотическими растворами натрия хлорида повышает эффективность последующей тепловоздушной сушки в 1,5-2 раза и снижает потери зерна при его подготовке к хранению. При этом расчетный показатель годового экономического эффекта от внедрения новой технологии при плановом объеме зерна 50000 тонн составил 74992,5 долларов США.

Ключевые слова: экономическая рентабельность, сушка зерна, гиперосмотическая дегидратация, обезвоживание зерна

ECONOMIC EFFICIENCY TWO-STAGE CHEMICAL-PHYSICAL DRYING OF THE GRAIN FAMILY GRAMINEAE

³Uraikov A.L., ¹Nikityuk D.B., ²Akmarov P.B., ³Uraikova N.A.

¹Institute of nutrition RAMS, Moscow, *e-mail: dimitrynik@mail.ru;*

²Izhevsk State Agricultural Academy, Izhevsk, *e-mail: izgsha_ur@mail.ru;*

³Institute of mechanics UB RAS, Izhevsk,, *e-mail: urakoval@live.ru.*

Loss grain cereal crops during production and storage remain significant. They reduce the profitability of the industry and efficiency of agricultural production in General. This problem remains unresolved despite continuous upgrading of modern technologies of processing and storage of grain. It is therefore proposed to supplement the traditional method of drying grain prior physical-chemical effects. In particular, insufficiently studied are possibilities hyperosmotic dehydration of grain in hypertonic solution of sodium chloride and storage «salt» grains up to traditional drying or feeding to animals. The fact that grains of cereals tightly packed into the shell (which is the internal membrane), possessing semi-permeable properties. This gives the ability to dry grains at the expense of their hyperosmotic dehydration achieved by processing grain by hyperosmotic solutions of sodium chloride. Dehydrating action of hypertonic solutions of sodium chloride at temperature +5°C +20°C and +40°C is investigated on wet grains such as barley, wheat, rye and oats, the source comprising water in the range of 34 – 42 % humidity. Final drying of wet grain previously treated with hyperosmotic solution, carried out in laboratory conditions using a traditional drying process. For calculation of economic effect used calculated values of the cost of drying grain, made by traditional and modernized technology. As a result of researches it is established that the physical-chemical method of treatment of the wet grain mass hypertonic solutions of sodium chloride increases the effectiveness of subsequent hot-air drying in 1,5-2 times and reduces the loss of grain during its preparation for storage. Thus the estimated annual economic effect from the introduction of new technology in a planned volume of 50,000 tons of grain amounted to 74992,5 US dollars.

Keywords: economic profitability, grain drying, hyperosmotic dehydration, dehydration of the grain

До сих пор в различных странах мира от 10 до 50 % выращенной зерновой массы теряется на этапах обработки, сушки и хранения [1]. При этом самые значительные

объемы зерна теряются на этапе подготовки его к хранению. Основной причиной потерь считается высокая влажность зерна, поскольку около 40-60 % свежееубранного зер-

на имеет чрезмерно высокую влажность, которая снижает устойчивость зерна к хранению [2]. Высокая влажность зерновой массы является главным фактором повреждения зерновок, поскольку наличие влаги обеспечивает условия для интенсивного течения собственных обменных процессов, развития микроорганизмов и микробного поражения зерна. Это является причиной того, что уже через несколько суток, а порой и через несколько часов после обмолота и сбора зерно начинает портиться. Происходит это, главным образом, из-за биохимического самосогревания зерна и из-за его гниения, вызываемого плесневыми грибами.

В целом проблему сохранения зерна позволяет решить быстрая его сушка. Но беда в том, что нередко погода портится, вместо погожих дней наступают проливные дожди, которые еще более увлажняют зерно, затрудняя его сбор и доставку до зерносушильных комплексов. Более того, нередко даже обмолоченное зерно остается мокнуть в гуртах без сушки, поэтому оно набухает от воды, а иногда и прорастает. В этих условиях, для уменьшения влажности зерна предлагается воспользоваться тем, что зерновка злаковых культур окружена тонкой оболочкой с функцией полупроницаемой мембраны, которая позволяет «вытягивать» воду из зерновки наружу с помощью гиперосмотического раствора, используя силу осмоса [3].

Иными словами, предложено прямо на поле обезвоживать зерно семейства злаков посредством его орошения гиперосмотическим раствором натрия хлорида [6,7]. Однако, остается не достаточно изученной экономическая целесообразность всего комплекса мер, включающего предварительную гиперосмотическую обработку влажного зерна и последующую его традиционную сушку путем обдувания потоком теплого сухого воздуха.

Цель исследования: определить экономическую эффективность нового способа двухэтапной физико-химической сушки зерна семейства злаков.

Материалы и методы исследования

Проведены лабораторные исследования динамики влажности зерна с использованием пшеницы сорта «Московская 35», ячменя сорта «Абава», овса сорта «Астор» и озимой ржи сорта «Вятка-2». Изучена обезвоживающая эффективность растворов 0,25%, 7,4%, 14,8%, 22,2% и 29,6% натрия хлорида при температурных режимах +5°C, +20°C и +40°C. Осмотическая активность растворов натрия хлорида определялась с помощью осмометра марки VAPRO 5600 (USA).

Показатель влажности зерна до и после взаимодействия с растворами натрия хлорида оценивался по динамике изменения их веса (массы). Массу зерна определяли с помощью взвешивания на торсионных аналитических весах марки ВЛА-200 г – М. Твердость зерна определяли по Роквеллу с помощью твердомера «ТК-2М», позволяющего измерять величину удельного деформирующего давления по шкале Брюнеля (в единицах НВ).

Результаты исследования и их обсуждение

Первоначально нами был проведен анализ факторов порчи зерновок злаковых культур (пшеницы, ячменя, овса и ржи) в послеуборочном периоде на территории Российской Федерации. Результаты теоретического анализа привели нас к убеждению, что главным фактором порчи зерна является его высокая влажность, а главным фактором обезвоживания зерновок является облачение их в оболочку с функцией полупроницаемой мембраны. В связи с этим предполагалось, что устранить чрезмерную влажность зерна можно путем его орошения гиперосмотическим раствором натрия хлорида.

Результаты проведенных лабораторных исследований подтвердили это предположение. Оказалось, что помещение в растворы натрия хлорида с осмотической активностью 3000 – 9000 мОсмоль/л воды влажного зерна пшеницы, ячменя, овса и ржи обеспечивает, а влажного зерна гороха, вики, бобов, фасоли и кофе не обеспечивает физико-химическое обезвоживание их зерновок. Более того, зерно семейства бобовых набухает в соленой воде!

Следовательно, гиперосмотическое обезвоживание зерновок возможно только в отношении влажных зерновок семейства злаков и не возможно в отношении зерен семейства бобов.

Причем, эффективность обезвоживающего действия гиперосмотического раствора натрия хлорида на влажные зерна семейства злаков напрямую зависит от величины его осмотической активности и концентрации. Поэтому насыщенный раствор натрия хлорида (раствор, содержащий около 30% натрия хлорида) обладает максимальной гиперосмотической активностью и обезвоживающим действием.

Кроме этого, показано, что эффективность гиперосмотического обезвоживания зерновок семейства злаков зависит от температуры среды взаимодействия. В частности, показано, что в диапазоне +5 – +40°C выраженность обезвоживающего действия гиперосмотического раствора увеличивается в несколько раз по мере повышения температуры среды их локального взаимодействия.

Так, при температуре +40°C гиперосмотическое обезвоживание влажного зерна ржи, ячменя, пшеницы и овса в 3 – 4 раза эффективнее, чем при температуре +5°C.

Помимо этого установлено, что интенсивность обезвоживания зерновок ржи, пшеницы, ячменя и овса тем выше, чем выше их влажность, и наоборот. Так, интенсивность гиперосмотического обезвоживания зерновок овса, ячменя, ржи и пшеницы при влажности 12% в 2 – 2,5 раза меньше, чем при влажности 40%. Установлено, что обезвоживающее действие гиперосмотического раствора натрия хлорида на влажные зерновки ржи, пшеницы, ячменя и овса практически не зависит от величины рН в диапазоне кислотности от рН 3,0 до рН 8,0.

Обнаружено, что в течение 3 часов локального взаимодействия зерна пшеницы, ячменя и овса, имеющих влажность 43%, с насыщенным раствором хлорида натрия, процесс дегидратации зерновок протекает наиболее интенсивно. Зерно ржи, имеющее влажность 43%, наиболее интенсивно обезвоживается в насыщенном растворе хлорида натрия в течение первых 6 часов их взаимодействия. В последующий период взаимодействия зерновок с насыщенным раствором хлорида натрия процесс гиперосмотического обезвоживания зерна продолжается, но интенсивность его снижается. При этом к концу 3-х суток взаимодействия содержание воды в зерновках изученных злаковых культур снижается до 14 – 12% влажности. Дальнейшее сохранение взаимодействия зерна с гиперосмотическим раствором натрия хлорида в течение 30 дней показало, что оно практически не изменяет свою влажность: содержание воды в зерновках остается на уровне 10-12% влажности. При этом снаружи зерновки покрыты соленым раствором, а сами зерновки при этом остаются несолеными и относительно сухими и очень твердыми: показатель твердости зерновок возрастает более чем в 500 раз!

В качестве примера эффективности гиперосмотического обезвоживания зерна приводим динамику дегидратации зерна озимой ржи сорта «Вятка-2» при орошении его водным раствором 29,6% натрия хлорида при температуре +20°C, использованным из расчета 0,25 л/кг зерна. Результаты показали, что через 6 часов взаимодействия зерна ржи с насыщенным раствором натрия хлорида при температуре +20°C содержание воды в зерне уменьшается с 33,4% до 23% влажности.

Итогом изучения процесса гиперосмотического обезвоживания влажных зер-

новок ржи, пшеницы, ячменя и овса стало доказательство того, что под действием осмоса свободная вода удаляется из зерновой наружу, за пределы полупроницаемой внутренней мембраны. Анализ полученных результатов показывает, что указанное гиперосмотическое перемещение воды происходит достаточно активно: при температуре 20- 40°C более половины зерновой влаги выводится из зерновок пшеницы, ячменя, овса и ржи через 3 – 4 часа локального взаимодействия с гиперосмотическим раствором хлорида натрия.

Нами в лабораторных условиях была исследована эффективность процесса традиционной сушки влажного зерна потоком теплого сухого воздуха. Обдувание зерна было обеспечено на протяжении 3 минут потоком атмосферного воздуха со скоростью воздушного потока 2 м/с и нагретого до температуры +60°C. Результаты показали, что предварительное помещение влажного зерна злаковых культур в насыщенный раствор натрия хлорида на 3 часа (равно как и орошение зерна насыщенным раствором натрия хлорида в соотношении 4:1), последующее промывание проточной водой в течение 10 секунд ускоряет последующий процесс традиционной сушки более чем в 2 раза. Для сравнения были проведены эксперименты по сушке зерна ячменя и пшеницы в различных режимах. Зерно каждой культуры разделено на 2 порции по 50 грамм. Одна порция зерна была в качестве контроля, другая обрабатывалась физико-химическим способом. Результаты эксперимента приведены в табл. 1. Из этой таблицы видно, что предложенный способ предварительной обработки зерна повышает эффективность сушки до 22%.

Установлено, что качество обработанного, промытого и высушенного зерна полностью отвечает требованиям ГОСТ 16990-71. Более того, результаты наших исследований показали, что предварительное гиперосмотическое обезвоживание зерен злаковых культур сохраняет всхожесть зерен, не имеющих механических повреждений (лишенных нарушений герметичности) внутренней полупроницаемой оболочки зерновок.

Теоретический расчет экономического эффекта от внедрения технологического процесса предварительной обработки зерна для ускорения процесса сушки приведен в таблице 2. В расчетах использованы значения себестоимости сушки одинакового объема зерна по традиционной технологии и по разработанному способу [5].

Таблица 1

Показатели эффективности сушки зерна в различных режимах

Показатель	Контроль	Опыт
Ячмень		
Исходный вес, г	50	50
Исходная влажность, %	31,5	31,5
Сушка воздухом при температуре 55° С в течение 5 минут		
Вес, г	47	47,1
Влажность, %	27,1	27,3
Сушка воздухом при температуре 55° С в течение 10 минут		
Вес, г	45,35	44,35
Влажность, %	24,5	22,8
Пшеница		
Исходный вес, г	50	50
Исходная влажность, %	26,8	26,8
Сушка воздухом при температуре 68° С в течение 5 минут		
Вес, г	46,55	44,75
Влажность, %	21,4	18,2
Сушка воздухом при температуре 68° С в течение 10 минут		
Вес, г	45,15	44,35
Влажность, %	18,9	15,5

Таблица 2

Расчет экономической эффективности внедрения новой технологической схемы сушки зерна

Показатель	Значение
Объем зерна, т	5000
Средняя влажность зерна, поступающего с поля, %	24
Влажность зерна, закладываемого на хранение, %	15
Стоимость сушки зерна по существующей технологии, руб./т	513
Стоимость сушки зерна по предлагаемой технологии, руб./т	421
Производственные затраты на разработку и внедрение технологического процесса, тыс.руб	12,5
Затраты на реализацию технологического процесса предварительной обработки зерна, тыс.руб	2,5
Экономический эффект на плановом объеме зерна, тыс.руб.	4,6
Срок окупаемости нового проекта технологического процесса, год.	3,3

Таким образом, предварительная гиперосмотическая обработка фуражного зерна семейства злаков ускоряет и повышает эффективность традиционной сушки. Новый технологический процесс предварительной обработки является достаточно простым и его можно реализовать в условиях небольшой сельскохозяйственной организации. Например, в условиях Удмуртской Республики, где в среднем за последние 30 лет производится более 700 тыс. тонн зерна ежегодно [4], применение технологии гиперосмотической обработки фуражного зерна позволит сэкономить только на процессе сушки более 600 тыс. рублей. Основной же эффект за счет снижения потерь зерна ориентировочно по республике может составить 250 млн. рублей.

Список литературы

1. Акмаров, П.Б. Некоторые аспекты влияния климатических факторов на эффективность земледелия / П.Б. Акмаров, О.П. Князева, Н.А. Суетина // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета – 2014. – №4(33). – С.178-185.
2. Вобликов, Е.М. Послеуборочная обработка и хранение зерна / Е.М. Вобликов Е.М., В.А. Буханцов – Ростов на Дону: МарТ, 2001. – 240с.
3. Коровкин, О.А. Анатомия и морфология высших растений: словарь терминов / О.А. Коровкин. – М.: Дрофа, 2007. – С. 63.
4. Ленточкин, А.М. Состояние зернового производства в Удмуртской Республике / А.М.Ленточкин // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. – 2011. – № 2 (27). – С. 34-36.
5. Налеев, О.Н. Повышение технологической эффективности сушки зерна культур / О.Н. Налеев – М.: ЦНИИ-ТЭИ хлебопродуктов, 1992. – 55 с.
6. Ураков, А.Л. Способ сушки фуражного зерна / А.Л. Ураков, А.П. Кравчук, С.Л. Точилов // Авт. Свид. СССР на изобретение № 1655350. 1991. Бюл. № 22.
7. Ураков, А.Л. Способ предварительной обработки зерна для ускорения сушки / А.Л. Ураков, С.Л. Точилов, А.П. Кравчук. – Ижевск: Удмуртия, 1989. – 80 с.