

«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор Федерального государственного  
бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования «Астраханский  
государственный технический университет»,  
доктор биологических наук, профессор

А.Н. Неваленный

« 30 » мая 2022 г.



### ОТЗЫВ

ведущей организации – Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Астраханский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «АГТУ») на диссертационную работу **Засыпкина Никиты Владимировича** на тему: «Научное обеспечение энергоэффективной сушки зерна тритикале и его использование в технологии хлебобулочных изделий», представленную в совет по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора технических наук Д 212.035.01 ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальностям 05.18.12 – «Процессы и аппараты пищевых производств», 05.18.01 – «Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства».

**Актуальность.** Диссертационная работа Н.В Засыпкина представляет собой законченный научный труд, в котором выполнены комплексные теоретические, экспериментальные и производственные исследования теории и практики энергоэффективной сушки зерна тритикале.

Можно с уверенностью утверждать, что сформулированные в диссертации научно обоснованные подходы, принципы и методы обеспечения энергоэффективной сушки зерна тритикале, позволяют создать условия для получения максимальной эффективности сушки зерна и его использование в технологии хлебобулочных изделий.

Значимость представленной работы подтверждается тем, что разработанные теплонасосные технологии подготовки зерна к помолу, хлебобулочных изделий с использованием двухступенчатого парокомпрессионного (пат. № 2758516) и парожеторного (пат. № 2758514) тепловых насосов, а также разработанные технологии хлеба повышенной пищевой и биологической ценности с использованием морковного порошка и тритикалевой муки позволяют увеличить энергоэффективность процесса, а также расширить ассортимент хлебобулочных изделий.

Работа проводилась в соответствии с планом основных научно-исследовательских работ кафедры «Машины и аппараты пищевых производств» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный университет инженерных технологий».



**Общая характеристика диссертационной работы.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Работа изложена на 173 страницах машинописного текста, содержит 44 рисунка и 18 таблиц. Список литературы включает 175 наименований, в том числе 16 зарубежных. Приложения к диссертации представлены на 19 страницах.

По теме диссертации опубликовано 15 работ, в том числе 6 статей в журналах, рекомендованных ВАК РФ, получено 4 патента РФ на изобретения.

Диссертация Н.В. Засыпкина оформлена аккуратно, иллюстрационный материал подготовлен качественно, содержание автореферата отражает ее основные положения. Структура работы соответствует требованиям к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук.

**Достоверность исследований и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.** Научные положения, выводы и рекомендации, представленные в диссертации, соответствуют теоретическим концепциям, общепринятым в выбранной области исследований. При выполнении работы применялись современные методы экспериментальных исследований. Проверка достоверности полученных результатов проводилась посредством апробированных математических методов моделирования. Работа выполнялась в лабораториях ФГБОУ ВО «ВГУИТ», АО «Хлебозавод №7» г. Воронежа, Орехово-Зуевском филиале ФБУ «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний». Материалы и отдельные результаты исследований по теме диссертации докладывались на международных, всероссийских научных, научно-технических и научно-практических конференциях: (Ялта, 2020); (Кемерово, 2021 г); (Севастополь, 2021); (Воронеж, 2022). Результаты работы демонстрировались на XXVI международной специализированной выставке хлебопекарного и кондитерского рынка (23-25 марта 2021, ЦВК «Экспоцентр», Москва), получен диплом за разработку рецептуры хлеба «Знаменский» с использованием муки тритикалевой и морковного порошка. В условиях АО «Хлебозавод №7» г. Воронежа проведены производственные испытания технологии хлеба повышенной пищевой и биологической ценности, подтверждающие целесообразность его промышленного внедрения.

**Научная новизна.** Изучены кинетические закономерности процесса сушки зерна тритикале сорта «Горка» в экспериментальной сушилке, имитирующей приточно-противоточное продувание зернового слоя при рядном расположении подводящих и отводящих коробов. Экспериментальные кривые сушки и нагрева зерна тритикале, а также кривые скорости сушки свидетельствуют о наличии только периода убывающей скорости сушки. Методом нестационарного теплового режима определены коэффициенты теплопроводности и температуропроводности, а также удельная теплоемкость образцов зерна тритикале сорта «Горка» в диапазоне температур от 293 до 373 К для значений влажности 21,83 % и 13,57 %. Для всех режимов нагрева теплофизические характеристики тритикале аппроксимируются уравнениями линейной регрессии с погрешностью, не превышающей 5 %. Методами дифференциально-сканирующей калориметрии и термогравиметрии зерна выделены периоды дегидратации воды и преобразования сухих веществ при термическом воздействии на зерно тритикале сорта Горка, выявлены температурные зоны, соответствующие высвобождению влаги с различной формой и энергией связи. Установлено, что при термическом воздействии полупроницаемые оболочки зерна тритикале теряют способность



пропускать влагу. Вследствие закрытия пор оболочек, в пограничном слое эндосперма скапливаются водяные пары, образующие термическое сопротивление, затрудняющее внутренний массоперенос. Скорректирована математическая модель процесса сушки зерна тритикале с учетом тепломассообмена между мучнистым эндоспермом и оболочкой в виде граничных условий четвертого рода и решена численно-аналитическими методами. Повышена точность моделирования на 2-3 % по сравнению с известной моделью процесса сушки зерна при противоточно-противоточном продувании зернового слоя. Разработана технология хлеба повышенной пищевой и биологической ценности с использованием морковного порошка и тритикалевой муки (пат. № 2755689). Подготовка теста влажностью 46,0 % осуществлялась при следующем выборе соотношения рецептурных компонентов, кг на 100 кг мучных компонентов: мука тритикалевая Т-70 – 45,5–47,0; мука пшеничная хлебопекарная первого сорта – 45,0; отруби пшеничные – 2,0–4,5; морковный порошок – 4,0–7,0; добавка подкисляющая пищевая «Цитросол» – 2,5; дрожжи хлебопекарные прессованные – 2,0; соль пищевая – 1,5; сахар белый – 1,0; вода – по расчету.

**Практическая ценность** Экспериментальными методами установлена возможность низкотемпературной двухсекционной сушки зерна тритикале сорта Горка с зоной охлаждения при рациональных параметрах сушильного агента с влагосодержанием 0,001 – 0,002 кг/кг в первой зоне с температурой 80-90 о С и скоростью 1,1-1,2 м/с, во второй зоне 110-115 о С и скоростью 0,6 м/с и в зоне охлаждения с температурой не превышающей 10 о С температуры окружающей среды. Для реализации режимов низкотемпературной сушки зерна тритикале разработана теплонасосная технология с применением абсорбционного водоаммиачного теплового насоса (пат. № 2765597). Разработаны теплонасосные технологии подготовки зерна к помолу, хлебобулочных изделий с использованием двухступенчатого парокомпрессионного (пат. № 2758516) и парожетторного (пат. № 2758514) тепловых насосов. Эксергетический анализ предлагаемых технологий показал, что генерация альтернативной энергии за счет утилизации и рекуперации теплоты низкопотенциальных источников в замкнутых термодинамических циклах позволила вернуть в систему часть энергии отработанных теплоносителей и снизить удельные энергозатраты на 25-30 % и как следствие снизить себестоимость хлебобулочных изделий. Составлен алгоритм управления технологическими режимами в области допустимых значений, обусловленных получением готовой продукции высокого качества при минимальных энергетических затратах. Выполнена оптимизация рецептурного состава хлеба повышенной пищевой и биологической ценности по критерию пористости хлебного мякиша. Установлены минимальные и максимальные интервалы/пределы дозировок добавок, используемых при приготовлении хлеба. Для морковного порошка интервал находился в пределах 4,0-7,0, %; для отрубей - 2,0-4,5 % а для тритикалевой муки сорта Т-70 - 0,5-2,0 %. Анализ химического состава показал, что содержание белков в хлебе, приготовленном по предлагаемой технологии в сравнении с известными, увеличилось в 1,09-1,12 раза, содержание фосфора – в 1,4-1,8 раза, кальция – в 1,56-1,89 раза, содержание клетчатки увеличилось в 1,16-1,5 раза. Биологическая ценность белков составляет 74,9-76,7 %, что на 10,7-12,5 % выше, чем у хлеба по традиционной технологии.

**Значимость для науки полученных автором диссертационной работы результатов.** Теоретическая и практическая значимость работы заключается в



создании научно-методической базы для обеспечения энергосберегающей технологии сушки зерна тритикале сорта Горка. Практическая реализация разработанной конструкции сушильной установки может служить основой для повышения энергоэффективности процесса сушки материалов без ущерба их качеству.

Соискатель определил методом нестационарного теплового режима коэффициенты теплопроводности и температуропроводности, а также удельную теплоемкость образцов зерна тритикале сорта Горка в диапазоне температур от 293 до 373 К для значений влажности 21,83 % и 13,57 %. Методами дифференциально-сканирующей калориметрии (ДСК) и термогравиметрией (ТГ) зерна выделил периоды дегидратации воды и преобразования сухих веществ при термическом воздействии на зерно тритикале сорта Горка, выявил температурные зоны, соответствующие высвобождению влаги с различной формой и энергией связи.

**Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов работы.** Результаты и выводы диссертационной работы Засыпкина Н.В. могут быть рекомендованы для использования на различных предприятиях пищевой промышленности. Потенциальными потребителями могут стать:

- предприятия элеваторной промышленности, в которых предлагаемая энергоэффективная технология сушки зерна позволит уменьшить расходы энергии на процесс сушки при приемке зерна.

- хлебокомбинаты, которые могут использовать предложенную теплонасосные технологии подготовки зерна к помолу, хлебобулочных изделий с использованием двухступенчатого ПКТН и ПЭТН, а также технология хлеба повышенной пищевой и биологической ценности с использованием морковного порошка и тритикалевой муки.

Также результаты, полученные соискателем при выполнении диссертационной работы, рекомендуется использовать в конструкторских организациях и научно-исследовательских институтах при расчете и проектировании оборудования.

**По работе имеются следующие замечания:**

1. Автор не приводит сравнительный анализ различных сортов зерна тритикале.

2. Каким образом установлены ограничения на температурный режим процесса сушки, обеспечивающий сохранность качества зерна тритикале как сырья для хлебобулочных изделий?

3. Анализируя кинетические закономерности процесса сушки, соискатель повторяет известные постулаты (стр. 42, 43, глава 1).

4. Оригинальность предлагаемой конструкции сушильной установки с использованием тепловых насосов такова, что технологичность изготовления достаточно сложна, что может привести к удорожанию ее изготовления (стр.108, 109, глава 3).

5. Автору следовало бы обосновать выбранный метод определения содержания сырой клетчатки, общих и моносахаров, пищевых волокон и кальция в хлебобулочных изделиях после выпечки (стр. 136-137, глава 4).

6. В работе не совсем подробно и понятно представлен анализ влияния режимных параметров на процесс сушки зерна тритикале в сушилке при противоточно-прямоточном продувании зернового слоя



7. В тексте диссертации имеются орфографические ошибки, не все представленные в формулах переменные имеют расшифровку.

Приведенные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы, выполненной на высоком научном уровне.

#### Заключение

Диссертационная работа Засыпкина Никиты Владимировича на тему: «Научное обеспечение энергоэффективной сушки зерна тритикале и его использование в технологии хлебобулочных изделий» является самостоятельно выполненным, завершенным исследованием. В работе представлены научно обоснованные технические и технологические решения, внедрение которых внесет существенный вклад в развитие теории и практики процесса сушки зерна тритикале и использования его в производстве хлебобулочных изделий.

Перечисленные аспекты диссертации позволяют сделать заключение о законченности и высоком уровне выполнения работы. Диссертация соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученой степени», предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а ее автор **Засыпкин Никита Владимирович** заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальностям 05.18.12 – «Процессы и аппараты пищевых производств», 05.18.01 – «Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства».

Отзыв рассмотрен и утвержден на заседании кафедры «Технологические машины и оборудование» ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет» (протокол № 5 от «20» мая 2022 г.).

Заведующий кафедрой «Технологические машины и оборудование ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет»,  
доктор технических наук, доцент

Максименко  
Юрий Александрович

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Астраханский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «АГТУ»),  
Россия, 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 16  
[amxsl@yandex.ru](mailto:amxsl@yandex.ru)  
тел.: 8 (8512) 61-41-91

«20» мая 2022г.

