

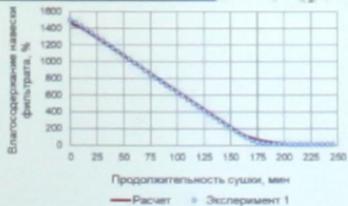
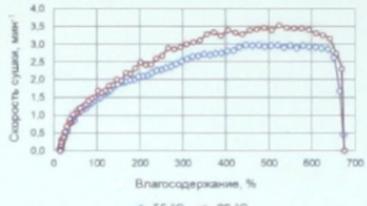
22-2094

НА ДОМ НЕ ВЫДАЕТСЯ

Т. Г. Короткова,  
А. С. Данильченко

# ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ при переработке сырой пивной дробины в сухую кормовую добавку для сельскохозяйственных животных

22-02094



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Кубанский государственный технологический университет»

Т. Г. Короткова  
А. С. Данильченко

**ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ  
СЫРОЙ ПИВНОЙ ДРОБИНЫ В СУХУЮ  
КОРМОВУЮ ДОБАВКУ  
ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ  
ЖИВОТНЫХ**

Краснодар  
2022

УДК 663.4-027.33(075.4)

ББК 36.87

К 687

**Р е ц е н з е н т ы:**

**А.А. Шевцов** – д-р техн. наук, проф., заслуженный изобретатель РФ, проф. кафедры технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»;

**И.В. Оседелцева** – д-р техн. наук, к.о. зав. кафедрой технологии виноделия, бродильных производств, сахаристых и пищевкусовых продуктов им. проф. А.А. Мержаниана ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»

**К 687      Короткова Т.Г.**

Энергосбережение при переработке сырой пивной дробины в сухую кормовую добавку для сельскохозяйственных животных: монография / Т.Г. Короткова, А.С. Данильченко. – Краснодар: Изд. ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2022. – 247 с.

ISBN 978-5-8333-1106-6

Изложены вопросы переработки пивной дробины в сухую кормовую добавку в качестве дополнительного источника протеина в рационах питания сельскохозяйственных животных. Приведены экспериментальные данные по исследованию тепломассообмена и кинетики сушки пивной дробины, фильтрата пивной дробины и модельных смесей. Разработаны и идентифицированы математические модели нестационарного процесса испарения жидких растворов с инертной поверхности при естественной и вынужденной конвекции. Рассмотрены технологические стадии получения пивной дробины на Белореченском пивзаводе Краснодарского края и Майкопском пивзаводе Р. Адыгея. Разработаны способ и линия переработки пивной дробины в сухую кормовую добавку для животных с длительным сроком ее хранения без потери кормовой ценности.

Монография предназначена для научных и инженерно-технических работников пищевой промышленности, аспирантов, студентов направлений подготовки 19.03.02 Продукты питания из растительного сырья и 20.03.01 Техносферная безопасность.

**УДК 663.4-027.33(075.4)**

**ББК 36.87**

© ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2022

ISBN 978-5-8333-1106-6

© Короткова Т.Г., Данильченко А.С., 2022

## Оглавление

Введение .....	6
<b>ГЛАВА 1. ПИВНАЯ ДРОБИНА – ЦЕННЫЙ КОМПОНЕНТ КОРМОВОЙ БАЗЫ .....</b>	<b>7</b>
1.1 Общие сведения .....	7
1.2 Современные способы переработки и утилизации пивной дробины .....	16
1.3 Оборудование, применяемое для обезвоживания и сушки пивной дробины .....	18
1.4 Интенсификация процесса сушки пивной дробины .....	20
1.5 Моделирование процесса испарения жидких растворов .....	21
1.6 Конструкции сушилок для сушки сыпучих материалов .....	24
<b>ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ .....</b>	<b>30</b>
2.1 Объекты исследований .....	30
2.2 Методы исследований .....	31
<b>ГЛАВА 3. МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОГО ПРОЦЕССА ИСПАРЕНИЯ ЖИДКИХ РАСТВОРОВ .....</b>	<b>33</b>
3.1 Разработка математической модели нестационарного процесса испарения жидких растворов с инертной поверхности при естественной конвекции .....	33
3.2 Идентификация математической модели нестационарного процесса испарения жидкости с инертной поверхности при естественной конвекции .....	41
3.3 Разработка математической модели нестационарного процесса испарения жидких растворов с инертной поверхности при вынужденной конвекции .....	48
3.4 Идентификация математической модели нестационарного процесса испарения жидких растворов с инертной поверхности при вынужденной конвекции .....	51
3.5 Экспериментальное исследование скорости испарения воды с инертной поверхности в условиях естественной и вынужденной конвекции .....	62
<b>ГЛАВА 4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОМАССООБМЕНА И КИНЕТИКИ СУШКИ МОДЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ .....</b>	<b>73</b>
4.1 Экспериментальное исследование влияния температуры воздуха при его вынужденной конвекции в замкнутом объеме на температуру мокрого термометра .....	73

4.2 Экспериментальное исследование влияния поверхности массообмена системы «вода – воздух» на температуру мокрого термометра при вынужденной конвекции воздуха в замкнутом объеме .....	81
4.3 Экспериментальное исследование кинетики процесса испарения в зависимости от положения материала в сушильном шкафу .....	86
4.4 Анализ закономерностей и выявленных особенностей процесса испарения модельных смесей .....	93
4.4.1 Экспериментальное исследование кинетики процесса испарения дистиллированной воды из смеси «вода – белок» с инертной поверхности в изотермических условиях .....	93
4.4.2 Экспериментальное исследование тепломассообмена при сушке раствора белка в случае вынужденной конвекции ....	97
4.4.3 Самоорганизация яичного белка при фазовых переходах в системе «белок – вода» .....	103
4.4.4 Исследование конформационных перестроек белка при сушке .....	107
4.4.5 Хронологическое исследование конформации системы вода – денатурированный белок при сушке .....	109
4.4.6 Кинетика испарения модельного раствора, содержащего воду, белок, масло и сахар .....	113
4.4.7 Микроскопический анализ особенностей структурообразования при сушке модельных смесей, содержащих воду, белок, масло и сахар .....	118
<b>ГЛАВА 5. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ СУШКИ ПИВНОЙ ДРОБИНЫ БЕЛОРЕЧЕНСКОГО И МАЙКОПСКОГО ПИВЗАВОДОВ .....</b>	<b>123</b>
5.1 Сырье для производства пива на Белореченском и Майкопском пивзаводах .....	123
5.2 Технологические стадии производства пива и побочных продуктов на Белореченском пивзаводе .....	127
5.3 Технологические стадии производства пива и побочных продуктов на Майкопском пивзаводе .....	140
5.4 Сравнительный анализ технологий производства пива и побочных продуктов на Белореченском и Майкопском пивзаводах .....	149
5.5 Экспериментальное определение физико-химических показателей пивной дробины Белореченского и Майкопского пив заводов .....	151
5.6 Экспериментальное исследование кинетики сушки сырой пивной дробины Белореченского пивзавода .....	157

5.7 Экспериментальное исследование кинетики сушки сырой пивной дробины Майкопского пивзавода .....	168
5.8 Определение содержания свободной и связанной влаги в пивной дробине .....	178
5.9 Экспериментальное исследование кинетики сушки пивной дробины Майкопского пивзавода: сырой, дробленой и отжатой ..	179
5.10 Экспериментальное исследование кинетики сушки фильтрата пивной дробины Майкопского пивзавода .....	192
5.11 Изменение влажности жидких растворов при сушке .....	204
<b>ГЛАВА 6. РАЗРАБОТКА СПОСОБА И ЛИНИИ ПЕРЕРАБОТКИ ПИВНОЙ ДРОБИНЫ В СУХУЮ КОРМОВУЮ ДОБАВКУ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ .....</b>	
6.1 Разработка способа переработки пивной дробины в сухую кормовую добавку для сельскохозяйственных животных .....	216
6.2 Разработка линии переработки пивной дробины в сухую кормовую добавку для сельскохозяйственных животных .....	218
6.3 Технико-экономическое обоснование разработанной линии переработки пивной дробины в сухую кормовую добавку для сельскохозяйственных животных .....	223
Заключение .....	229
Список литературы .....	231