

Автор ер.
Г 94

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ им. М.В. ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

ГУЛАВСКИЙ
Владимир Тадеушевич

УДК 636.085.55.002.3:633.17:66.046

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОВЫШЕНИЯ КОРМОВЫХ
ДОСТОИНСТВ ЗЕРНА СОРГО В ПРОИЗВОДСТВЕ
КОМБИКОРМОВ

05.18.02 - технология зерновых, бобовых,
крупяных продуктов и комбикормов

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических наук

Одесса 1989

Работа выполнена в Одесском технологическом институте пищевой промышленности им. М.В.Ломоносова и Новоукраинском комбинате хлебопродуктов Кировоградской области.

Научный руководитель – кандидат технических наук,
доцент И.К.Чайка

Официальные оппоненты:

- доктор технических наук,
профессор Е.М.Мельников
- доктор технических наук,
старший научный сотрудник
Е.А.Дмитрук

Ведущая организация – Всесоюзное научно-производственное
объединение "Зернопродукт"

Защита состоится "23" марта 1989 года в 12³⁰ час
на заседании специализированного совета Д 068.35.01 при Одесском
технологическом институте пищевой промышленности им. М.В.Ломоно-
сова, 270039, г. Одесса, ул. Свердлова, 112.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Одесского
технологического института пищевой промышленности им. М.В.Ломо-
носова.

Автореферат разослан "20" февраля 1989 г.

Ученый секретарь
специализированного совета
кандидат технических наук,
доцент



Е.Г.Кротов

ОНАХТ

18.07.11

Разработка технологи



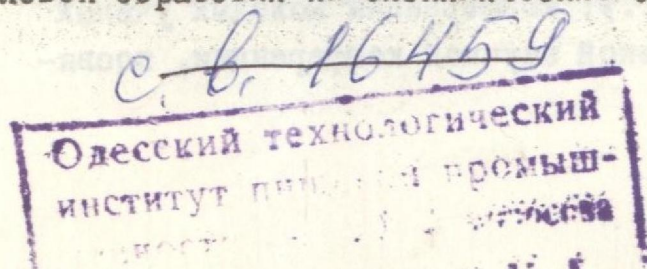
v016459

11

Актуальность работы. XXVI съезд КПСС, последующие пленумы и совещания в ЦК КПСС определили улучшение качества продукции как один из ключевых моментов технологического прогресса, в том числе и в комбикормовой промышленности. Улучшение качества сырья и комбикормов, повышение их кормовых достоинств позволит увеличить выпуск животноводческой продукции для полного удовлетворения потребностей населения страны. Учитывая наибольший удельный вес в составе комбикормов, в первую очередь в повышении кормовой ценности нуждается зерновое сырье, ассортимент которого значительно расширен, благодаря совершенствованию структуры фуражного зернопроизводства, позволившего увеличить объемы возделывания экономически более выгодных зерновых культур, отличающихся повышенной засухоустойчивостью и высокой урожайностью.

Обладая этими достоинствами, зерно сорго характеризуется высоким содержанием крахмала (68 – 78 %), большим набором минеральных веществ и витаминов, а по содержанию жира, белка и по его качеству практически не отличается от зерна кукурузы и ячменя, что обусловило значительный рост производства зерна сорго, сбор которого в СССР в 1987 г. составил около 200 тыс. т. В то же время известно, что использование зерна сорго в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы сдерживается из-за наличия антипитательных веществ – танинов, обладающих способностью связываться с белками и др. питательными веществами сорго, препятствуя их нормальному усвоению в организме животного. При нагревании образованные комплексы распадаются и происходит разрушение антипитательных веществ. Однако, существующие способы и режимы тепловой обработки либо не обеспечивают разрушение антипитательных веществ, либо ведут к существенным потерям питательных веществ. Кроме того, не разработана технология тепловой обработки зерна сорго и его ввода в состав комбикормов.

Цель работы. Целью работы является повышение кормовых достоинств зерна сорго при производстве комбикормов путем влаготепловой обработки (ВТО). При достижении этой цели были решены следующие задачи: изучено влияние различных способов тепловой обработки на биохимические свойства зерна сорго; изучена



✓
V016459

кинетика разрушения танинов и изменения количественно-качественных характеристик питательных веществ зерна сорго в процессе ВТО; установлены оптимальные режимы процесса ВТО зерна сорго, позволяющие максимально разрушить танины при минимальных потерях питательных веществ и минимальных затратах; разработаны комплексные показатели эффективности ВТО зерна сорго; разработана технологическая линия ВТО зерна сорго и его ввода в состав комбикормов; изучены особенности технологии производства комбикормов с использованием зерна сорго, подвергнутого ВТО; проведены биологическая и зоотехническая оценки эффективности комбикормов, содержащих зерно сорго, прошедшее ВТО по разработанной технологии.

Научная новизна работы. Установлено влияние различных видов тепловой обработки на содержание и качество основных питательных и антипитательных веществ и микроструктуру зерна сорго; оптимизированы параметры процесса ВТО зерна сорго; разработаны обобщенные показатели кормовой ценности зерна сорго и качества процесса его ВТО; обоснована технология ВТО зерна сорго и его ввода в состав комбикормов; исследована стабильность функционирования технологической линии ВТО зерна сорго; выявлены и математически описаны закономерности, характеризующие процесс разрушения танинов.

Практическая ценность работы. Установлены оптимальные параметры и разработана технология повышения кормовой ценности зерна сорго путем его ВТО; получено аналитическое выражение, позволяющее корректировать режимы ВТО зерна сорго; изучены особенности производства комбикормов с использованием зерна сорго, прошедшего ВТО.

Основные результаты работы внедрены в комбикормовом цехе Новоукраинского комбината хлебопродуктов; зоотехнические испытания комбикормов, содержащих зерно сорго, проведены в колхозе "Украина" Компаниевского района Кировоградской области.

Апробация работы. Основные материалы диссертации доложены на научных конференциях профессорско-преподавательского состава ОТИПП им. М.В. Ломоносова (Одесса, 1985...1988 гг.), конференции молодых ученых и специалистов ВНИИЗ, посвященной 27 съезду КПСС (Москва, 1986 г.), конференции молодых ученых (Москва, МТИПП, 1986), Всесоюзной научной конференции, посвя-

щенной 70-летию Великой Октябрьской социалистической революции "Разработка и совершенствование технологических процессов, машин и оборудования для производства, хранения и транспортировки продуктов питания" (Москва, МТИП, 1987 г.).

Публикация результатов. По теме диссертационной работы опубликовано две статьи, получено одно авторское свидетельство на изобретение.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, общих выводов и предложений, списка литературы, включающего 94 наименований, в том числе 29 иностранных, приложений. Работа изложена на 149 страницах машинописного текста, содержит 39 рисунков и 38 таблиц.

На защиту выносятся:

- результаты исследования биохимического состава зерна сорго, подвергнутого ВТО;
- обобщенные показатели кормовой ценности зерна сорго и качества процесса его ВТО;
- оптимальные режимы процесса ВТО зерна сорго;
- технология ВТО зерна сорго и его ввода в состав комбикормов.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе приведен обзор литературных источников, относящихся к обоснованию применения ВТО для повышения кормовых достоинств зерна сорго. Работы А. Блажей, А.И. Ермакова, М.Н. Запрометова, У.З. Зубайдова, Е.П. Поповой, Л.А. Рута, А.А. Стафийчука, Л. Шутого, В.Я. Щербакова, *L.V.S. Sasthy*, *T.K. Vizupaksha* и др. посвящены особенностям биохимического состава зерна сорго, характеристике его антипитательных веществ. Влияние тепловой обработки на кормовые достоинства зерна сорго исследовано в работах А. Дрозденко, Б.А. Краюшкина, *E.N. Chukwue*, *D.B. Murty*, *W.M. Ross*, *E. Ubella*, *D. Wagnech* и др.

Теоретические представления о процессе ВТО зерна изложены в работах А.С. Гинзбурга, Г.А. Егорова, О. Кришера, А.В. Лыкова, Е.М. Мельникова, И.Т. Мерко и др. Характеристика существующих способов тепловой обработки зерна сорго и эффективности его использования в составе комбикормов приведены в работах

L. Greg, A. Kondas, C. F. Miller, J. R. Newson, D. K. Sharma, J. F. Taylor, T. L. Thompson, J. E. Tyei и др.

Анализ результатов рассмотренных работ позволил установить, что существующие способы тепловой обработки зерна сорго и их режимы являются недостаточно эффективными, существует необходимость совершенствования технологии ВТО зерна сорго и его ввода в состав комбикормов. В заключении сформулированы цель и задачи исследования.

Глава вторая посвящена выбору объектов и методик исследования. Приведено описание экспериментальной базы исследования. Изложены основные элементы системного подхода, обоснован выбор критериев для оценки эффективности ВТО зерна сорго, установлены основные уровни варьирования факторов. Объектом исследования служило зерно сорго сорта "Горизонт". В качестве критериев оптимальности технологического процесса ВТО зерна сорго приняты: степень декстринизации крахмала (Y_1), %; переваримость белка (Y_2), %; содержание танинов (Y_3), %. Экспериментальные исследования выполнены на экспериментальной установке, схема которой приведена на рис. I.

В ходе исследования определяли физические свойства зерна сорго и комбикормов стандартными методами по следующим показателям: влажность, угол естественного откоса, объемная масса, однородность смеси, крупность размола, крошимость гранул.

Микроструктуру зерна сорго изучали, используя сканирующий электронный микроскоп типа J 840A, подготовленные срезы зерна просматривали в микроскопе, увеличивая в 650 и 2000 раз и фотографировали. Химические свойства зерна сорго определяли стандартными методами по таким показателям как содержание белка, его переваримость, содержание танинов, степень декотринизации крахмала, содержание лизина, определяемого на приборе "Техникон", содержание метионина. Полный аминокислотный состав белков определяли на автоматическом аминокислотном анализаторе "Хромаспек".

Изучение изменения показателей качества зерна сорго и комбикормов в процессе хранения проводили в нерегулируемых лабораторных и производственных условиях. Санитарное состояние зерна сорго и комбикормов определяли общепринятыми методами микробиологического анализа в лаборатории кафедры биохимии и микробиологии ОТИП им. М.В. Ломоносова.

Биологическую и зоотехническую оценку эффективности ВТО сорго проводили также общепринятыми методами.

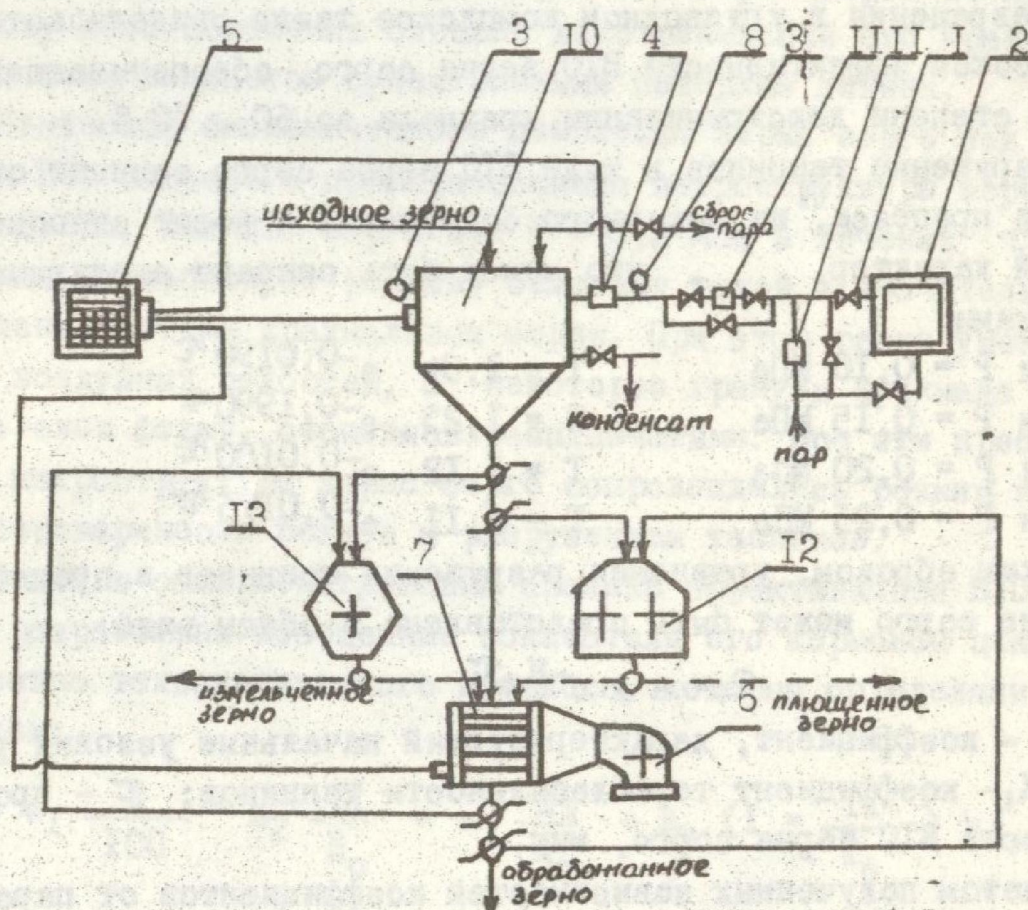


Рис. 1. Схема экспериментальной установки для ВТО зерна сорго: 1 - перепускные вентили; 2 - самопишущий дифманометр, 3 - манометр, 4 - хромель-копелевая термопара, 5 - автоматический потенциометр ЭПП-0,9 МЗ, 6 - вентилятор ВЦП-3, 7 - бункер охладитель, 8 - вентиль сброса пара, 9 - вентиль сброса конденсата, 10 - пропариватель, 11 - редукционный клапан, 12 - плющильный станок, 13 - дробилка.

В третьей главе приведены результаты исследований, подтверждающие высокую эффективность ВТО как способа повышения кормовой ценности зерна сорго. Так ВТО зерна сорго при $P = 0,2$ МПа в течение $\tau = 15$ мин способствовала разрушению таннинов на 29,4 % по сравнению с исходным содержанием, в то время как варка в течение 10 мин способствовала разрушению таннинов на 22,8 %, поджаривание при $t = 200^{\circ}\text{C}$ в течение $\tau = 15$ мин - 15,7 % и СВЧ-обработка в течение $\tau = 6$ мин - на 19,3 %. Кроме того, ВТО зерна сорго обеспечивает максимальное

увеличение переваримости белков (до 60 % по сравнению с исходной), в то время как варка повышает переваримость белков лишь на 13,6 %, поджаривание – на 25,7 % и СВЧ – на 17,1 %.

Превращения в углеводном комплексе также свидетельствовали о высокой эффективности ВТО зерна сорго, обеспечивающей повышение степени декстринизации крахмала до 60...70 %.

Разрушение танинов в ходе ВТО зерна сорго зависит от параметров процесса, их исходного содержания и носит экспоненциальный характер, что может быть описано следующими уравнениями:

при $P = 0,10$ МПа	$T = 1,34 e^{-0,0198 \tau}$
при $P = 0,15$ МПа	$T = 1,23 e^{-0,0190 \tau}$
при $P = 0,20$ МПа	$T = 1,12 e^{-0,0180 \tau}$
при $P = 0,25$ МПа	$T = 1,11 e^{-0,0175 \tau}$

Таким образом, уравнения разрушения танинов в процессе ВТО зерна сорго может быть представлено в общем виде:

$$T = a \times e^{-K_t \tau}$$

где a – коэффициент, характеризующий начальные условия разрушения; K_t – коэффициент термолабильности танинов; τ – продолжительность ВТО зерна сорго, мин,

или с учетом полученных зависимостей коэффициентов от параметров процесса ВТО в виде:

$$T = 1,507 e^{-16317 P} e^{-(0,0218 - 0,017 P) \tau}$$

при $0,1 \leq P \leq 0,25$ МПа

$2,0 \leq \tau \leq 20,0$ мин,

что позволило получить форму для корректировки продолжительности ВТО зерна сорго в промышленных условиях при обнаружении колебаний параметров технологического процесса, в частности давления пара:

$$\tau = \frac{0,41 - 1,317 P - \ln T}{0,0218 - 0,017 P}$$

где T – требуемое содержание танинов.

Увеличение параметров процесса ВТО зерна сорго способствует повышению переваримости его белков, но превышение давления пара выше 0,2 – 0,22 МПа и продолжительности обработки выше 15 – 20 мин приводит к снижению переваримости белков вследствие известной реакции Майара. Установлено, что зависимость степени декстринизации крахмала от продолжительности процесса

ВТО зерна сорго носит экспоненциальный характер и при давлении пара $P = 0,20$ МПа описывается уравнением:

$$D = 59,17 e^{0,00234T}$$

Дальнейшее ужесточение параметров ВТО зерна сорго не приводит к какому-либо повышению степени декстринизации его крахмала, однако сопровождается существенными потерями лизина.

Изменения биохимического комплекса зерна сорго под воздействием ВТО связано с преобразованием микроструктуры зерновки (рис. 2, 3). Так ВТО сорго при $P = 0,2$ МПа в течение $T = 15$ мин способствует разрыву белковых тяжей и значительному увеличению объема крахмальных зерен. При этом резко уменьшился объем воздушных полостей, а некоторые гранулы крахмала начали терять свою форму, становясь расплывчатыми. Все эти преобразования микроструктуры зерна сорго сопровождались резким повышением переваримости белков и разрушением таннинов.

С целью совершенствования анализа эффективности ВТО зерна сорго разработаны обобщенные показатели его кормовой ценности и качества технологического процесса, которые определяли по формулам:

$$P = a_1 \frac{D}{100} + a_2 \frac{P_i}{P_0} + a_3 \frac{L_i}{L_0} + a_4 \left(I = \frac{T_i}{T_0} \right) \text{ и}$$

$$K = v_1 R + v_2 K_w + v_3 C + v_4 \frac{I}{R},$$

где P – обобщенный показатель кормовой ценности зерна сорго;
 D – степень декстринизации крахмала в обработанном зерне, %;
 P_0, P_i – переваримость белков до и после тепловой обработки, %;
 L_0, L_i – содержание лизина до и после тепловой обработки, % на абсолютно сухое вещество; T_0, T_i – содержание таннинов до и после тепловой обработки, %; a_1, a_2, a_3, a_4 – коэффициенты весомости, причем $\sum_{i=1}^4 a_i = 1,0$; $a_1 = 0,1$; $a_2 = a_3 = 0,25$; $a_4 = 0,4$, что установлено экспериментально по результатам экспертной оценки; K – обобщенный показатель качества ВТО зерна сорго;
 K_w – коэффициент неоднородности обработки; R – затраты на обработку, руб/т; v_1, v_2, v_3, v_4 – коэффициенты весомости, $v_1 = 0,4$; $v_2 = 0,3$; $v_3 = 1,0$; $v_4 = 0,2$.

Результаты оценки кормовой ценности сорго и качества процессов его обработки приведены в табл. I. Как видно, зерно сор-

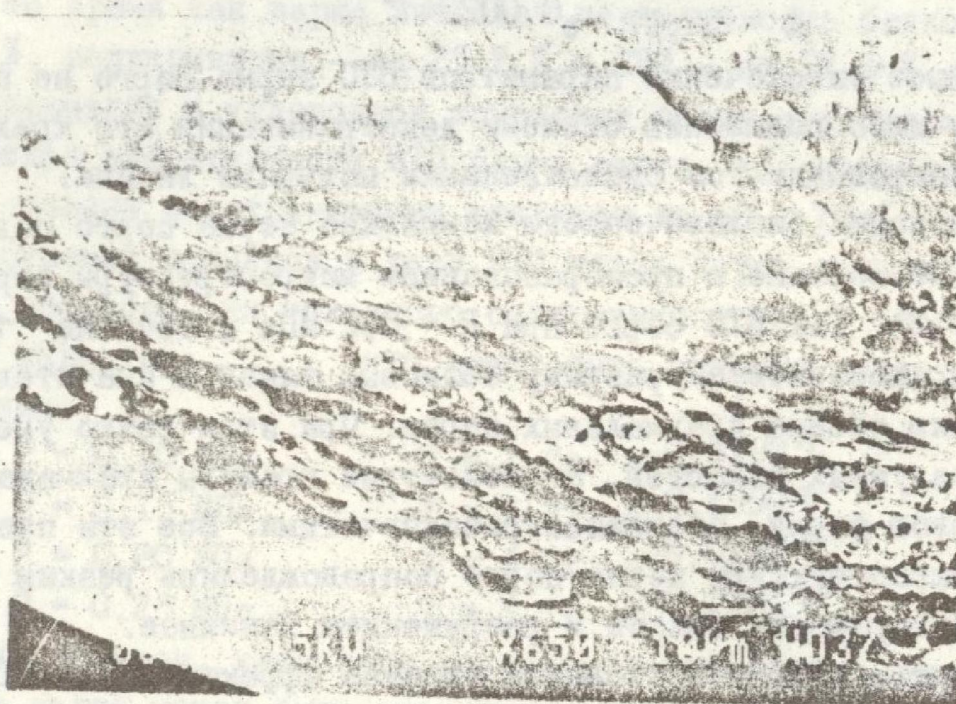


Рис. 2. Микроструктура исходного зерна сорго (увеличение в 650 раз).

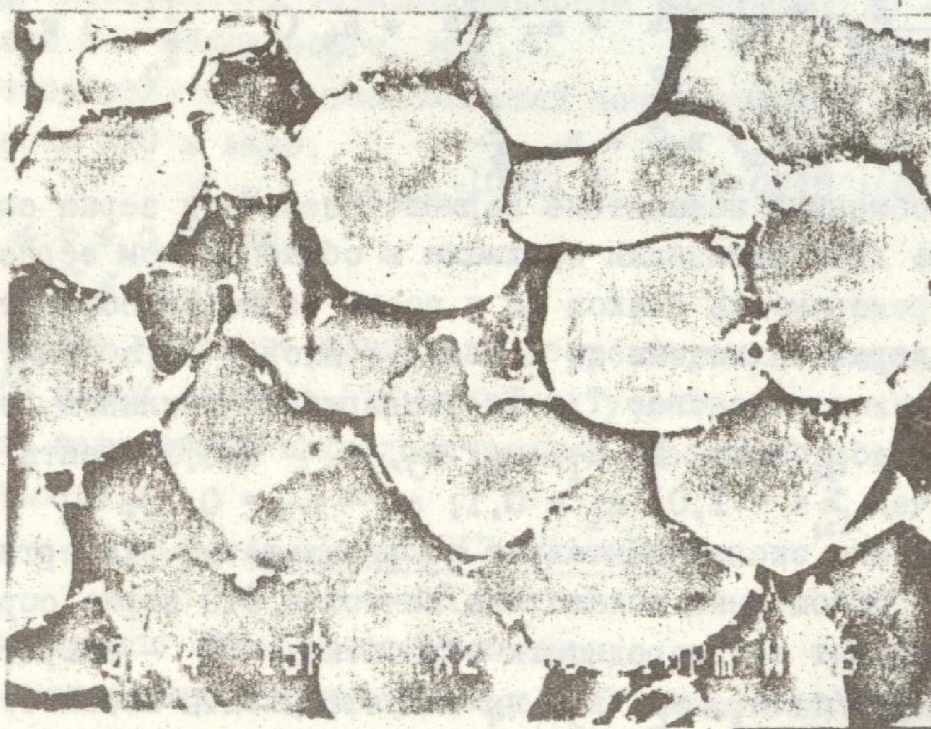


Рис. 3. Микроструктура зерна сорго, подвергнутого влаготепловой обработке при давлении пара 0,20 МПа в течение 15 мин.

Таблица I

Влияние тепловой обработки на биохимический состав зерна сорго

Способ тепловой обработки	Параметры		Степень : Перева- : декстри- : римость		Содержа- : : ние ли- : : зина, : : л, % на : : абс. с.в.:		Содержа- : : ние : : таннинов, : : т, %		Расчетный : показатель, : : р	
	темпе- : давле- : : ратура, : ние, : : °С : МПа	вре- : : мя : : мин	низации : : крахма- : : ла, д, %	мин	абс. с.в.:	абс. с.в.:	абс. с.в.:	абс. с.в.:	абс. с.в.:	абс. с.в.:
Влаготепловая обработка	I12	0,05	15	34,0	59,0	0,220	1,1	0,681		
	I21	0,10	15	55,7	62,2	0,215	0,98	0,732		
	I27	0,15	15	58,2	69,8	0,205	0,85	0,798		
	I32	0,20	15	62,0	79,1	0,200	0,85	0,844		
	I38	0,25	15	64,0	74,1	0,150	0,85	0,764		
Варка	I00	-	10	18,8	56,6	0,150	0,88	0,622		
Поджаривание	I50	-	10	53,7	64,1	0,14	1,04	0,637		
СВЧ-обработка	I25	-	6	52,0	58,3	0,19	0,92	0,698		
Исходное зерно	-	-	-	-	49,8	0,22	1,40	-		

го, подвергнутое ВТО при $P = 0,2$ МПа и $\tau = 15$ мин, обладает наибольшим значением обобщенного показателя кормовой ценности, тем более, что и качество этого процесса оказалось выше по сравнению с другими способами тепловой обработки. Кроме того, оказалось, что ВТО зерна сорго способствует значительному улучшению его санитарного качества. Так, при ВТО зерна сорго ($P = 0,20$ МПа и $\tau = 15$ мин) наблюдалось снижение общей обсемененности микроорганизмами в 450 раз по сравнению с исходной, в то время как СВЧ-обработка снижала в 380 раз, поджаривание – в 345 раз, а варка – в 271 раз. Опыты по хранению показали, что в течение 60 суток хранения в нерегулируемых условиях происходит незначительное ухудшение показателей качества зерна сорго и комбикормов.

В четвертой главе приведены результаты оптимизации параметров процесса ВТО зерна сорго. Эксперимент проводили согласно рототабельному композиционному униформ-плану второго порядка. Значение уровней изменяемых факторов и интервалы их варьирования приняты на основании априорной информации и результатов предварительных исследований. В результате реализации матрицы плана были получены уравнения регрессии в кодированных значениях факторов при $\alpha = 0,05$ для степени декстринизации

$$Y_1 = 72,3 + 4,894 X_1 + 4,536 X_2 + 1,375 X_1 X_2 - 3,676 X_1^2 - 3,183 X_2^2;$$

для переваримости белков

$$Y_2 = 72,33 + 3,789 X_1 + 2,646 X_2;$$

для содержания танинов

$$Y_3 = 0,84 - 0,076 X_1 - 0,091 X_2 + 0,043 X_1^2 + 0,058 X_2^2.$$

Оптимальное значение факторов, удовлетворяющее этим трем уравнениям, составляет: давление пара $P = 0,20 \pm 0,02$ МПа; продолжительность обработки $\tau = 12,5 \pm 1$ мин.

Анализ результатов эффективности ВТО зерна сорго по различным структурным вариантам линии позволил определить оптимальную последовательность технологических операций (табл. 2). Так, ВТО зерна сорго при оптимальных параметрах, последующее плющение горячего зерна и охлаждение полученных хлопьев способствовало наибольшему разрушению танинов, увеличению степени декстринизации крахмала до 70 % и повышение переваримости бел-

ков до 86 %.

Таблица 2

Биохимические свойства зерна сорго
подвергнутого влаготепловой обработке

Вариант структуры линии ВТО	:Межваль- :цовый :зазор, мм: :	:Степень :декстриниза- :ции крахмала, : Д, %	:Перевари- :мость : белка, : П, %	:Содержа- :ние тан- :нинов, : Т, %
Исходное зерно	-	-	49,8	1,4
ВТО, охлаждение, измельчение	-	57	79,5	0,88
ВТО, охлаждение и плющение	0,6	62,1	80	0,88
ВТО, плющение и охлаждение	0,3	68,9	84,0	0,85
	0,6	70,2	80,2	0,80
	0,9	67,3	81,3	0,84

В результате предложена технологическая линия ВТО зерна сорго приведенная на рис. 4. Ввод зерна сорго подготовленного по разработанной технологии в состав комбикормов не снижал эффективности их смешивания и последующего гранулирования, а полученные гранулы удовлетворяли требованиям нормативно-технической документации.

В пятой главе приведены результаты биологической и зоотехнической эффективности комбикормов содержащих 15 % зерна сорго подвергнутого ВТО по разработанной технологии.

Биологическую оценку проводили на белых крысах-отъемышах линии Вистар. Среднесуточный прирост массы в группе, получавшей комбикорм с обработанным зерном, был на 14,7 % выше, чем в контроле, а затраты корма на единицу прироста массы уменьшились на 3 %. Зоотехническую оценку проводили на свиньях породы белая степная в возрасте 4 месяца. Среднесуточный прирост массы в группе животных, получавших комбикорм с обработанным зерном, был на 19,2 % выше, чем в контрольной группе, а затраты корма на единицу прироста массы на 3,7 % ниже, чем в контроле.

Таким образом экономический эффект от использования разработанной технологии составил 37,8 руб. в росте на одну тонну комбикорма.

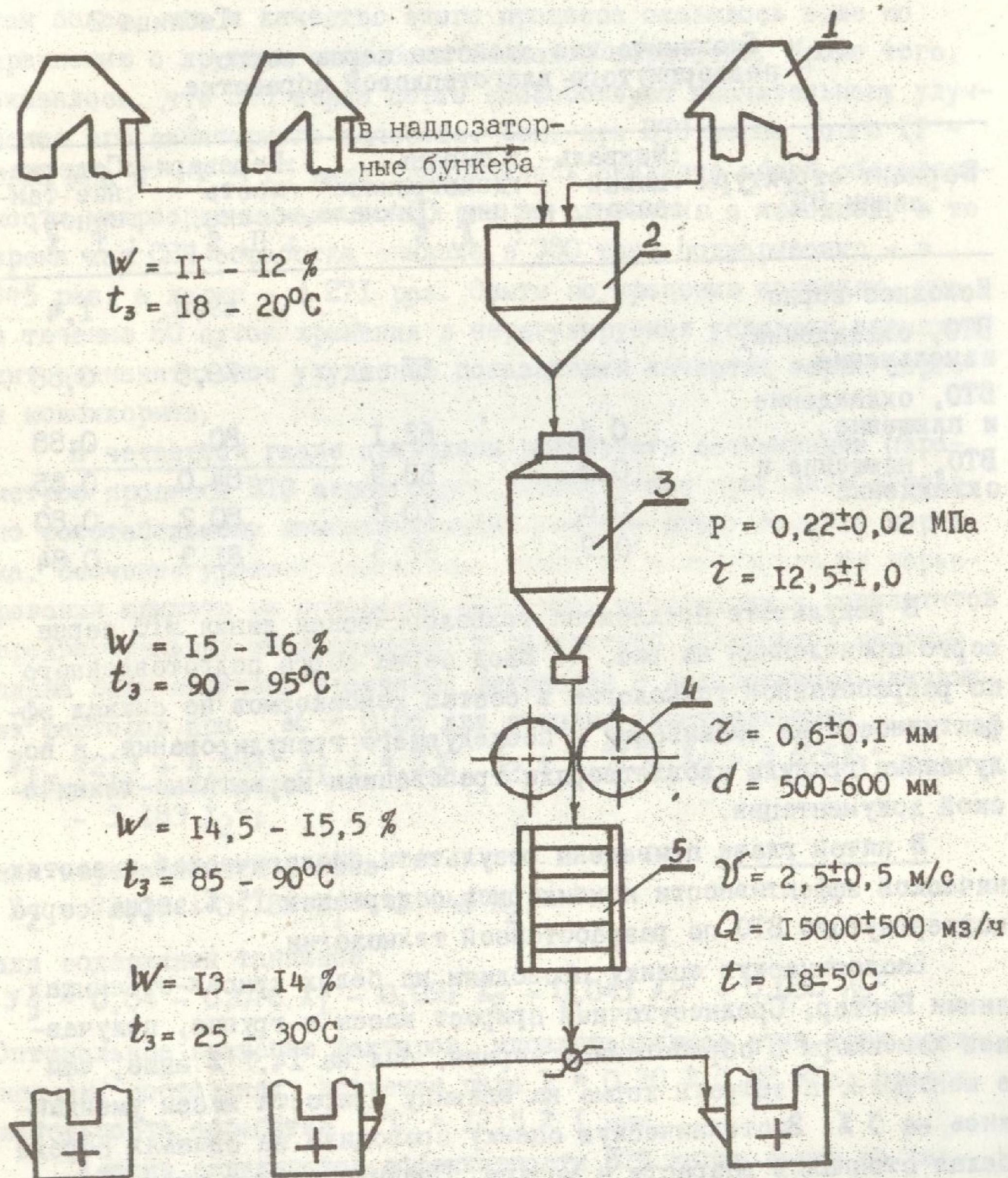


Рис. 4. Технологическая схема линии ВТО зерна сорго производительностью 3,0 т/ч на Новоукраинском комбинате хлебопродуктов:
1 - норія; 2 - емкость; 3 - пропариватель;
4 - плющильный станок; 5 - охлаждающая колонка.

Выводы и рекомендации

1. Изучено влияние различных способов тепловой обработки на биохимический комплекс и микроструктуру зерна сорго. Установлено, что наиболее эффективным способом повышения его кормовой ценности является влаготепловая обработка.

2. Установлены общие закономерности влаготепловой обработки зерна сорго, выявлены и математически описаны характер разрушения таннинов, определены коэффициенты их термолабильности на различных этапах обработки. Показано, что влаготепловая обработка при $P = 0,2$ МПа и $t = 10 - 15$ мин способствует разрушению таннинов на 29 %.

3. Изучено влияние влаготепловой обработки на переваримость белков сорго их аминокислотный состав и степень декстринизации крахмала; показано, что влаготепловая обработка при $P = 0,20$ МПа и $t = 10 - 15$ мин способствует увеличению переваримости белков до 80 % при несущественном изменении в их аминокислотном составе и способствует повышению доступности крахмала.

4. Установлено, что оптимальными параметрами процесса влаготепловой обработки зерна сорго по показателям содержания таннинов, переваримости белков, содержания лизина и степени декстринизации крахмала являются: давление пара $P = 0,22 \pm 0,02$ МПа, продолжительность обработки $t = 12,5 \pm 1$ мин.

5. Разработаны обобщенные показатели кормовой ценности зерна сорго и качества процесса его влаготепловой обработки.

6. Разработана структура и обоснована технологическая линия влаготепловой обработки зерна сорго, оценена эффективность ее функционирования.

7. Изучены особенности технологии производства комбикормов с использованием зерна сорго, подвергнутого влаготепловой обработке; что ввод зерна сорго в состав комбикормов в количестве от 10 до 30 % не снижает эффективности смешивания компонентов комбикормов и их последующего гранулирования, а полученные гранулы соответствуют требованию нормативно-технической документации.

8. Промышленно реализована и апробирована технологическая линия влаготепловой обработки зерна сорго в составе комбикормового цеха Новоукраинского комбината хлебопродуктов; производственной проверкой установлено, что разработанные математические

модели и обобщенные показатели эффективности достаточно точно отражают реальный процесс влаготепловой обработки зерна сорго, а полученные режимы являются оптимальными в производственных условиях.

9. Проведена биологическая и зоотехническая оценка эффективности комбикормов содержащих зерно сорго, подвергнутое влаготепловой обработке по разработанной технологии. Установлено, что повышение кормовой ценности зерна сорго и ввод его в состав комбикормов в количестве 15 % способствует увеличению среднесуточных приростов массы свиней на откорме на 19,2 % и снижению затрат на единицу прироста массы на 3,7 %.

Таким образом, разработана технология повышения кормовой ценности зернового сорго при производстве комбикормов. Для реализации результатов работы в промышленности рекомендуется:

- принципиальная схема технологического процесса влаготепловой обработки зерна сорго;
- оптимальные режимы: давление пара $P = 0,22 \pm 0,02$ МПа, продолжительность обработки $\tau = 12,5 \pm 1$ мин;
- обобщенные показатели кормовой ценности зерна сорго и качества процесса его влаготепловой обработки.

Экономический эффект от использования разработанной технологии при вводе обработанного зерна сорго в состав комбикормов в количестве 15 % составляет 38,8 руб. на одну тонну комбикорма.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. А.с. 1297789 СССР, МКИ А23К 1/20. Способ приготовления гранулированного корма для животных и рыб /С.Н.Кудашев, Б.В.Егоров, А.П.Левицкий, И.К.Чайка, В.Т.Гулаковский (СССР) - № 3925612/30-15. Заявл. 09.07.85; Опубл. 23.03.87, Бюл. № II.
2. Левицкий А.П., Гулаковский В.Т. Кинетика разрушения танинов в процессе влаготепловой обработки зерна сорго. //Тезисы докл. Всесоюз. науч. конф., посвящ. 70-летию Вел. Окт. социал. революции "Разработка и совершенствование технол. процессов, машин и оборудования для производства, хранения и тр-ния". 26 - 28 мая 1987 г. Сек. I, II. - М., 1987. - С. 79.
3. Тепловая обработка зерна сорго / Б.В.Егоров, В.В.Шерстобитов, И.К.Чайка, А.П.Левицкий, В.Т.Гулаковский //Кормопроизводство. - 1987. - № 12. - С. 35.

