

Автор еф.

С 43

Министерство высшего и среднего специального  
образования УССР  
ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
имени М.В.Ломоносова

---

На правах рукописи

А.П. СКЛЯРЕНКО

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ  
ГИДРОТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА КУКУРУЗЫ  
В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ  
ПРОИЗВОДСТВА КРУПЫ

Переучет 19 07

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

Научные руководители –  
профессор П.Г. Демидов  
доцент И.Т. Мерко

Одесса – 1966

Министерство высшего и среднего специального  
образования СССР  
ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
имени М.В.Ломоносова

---

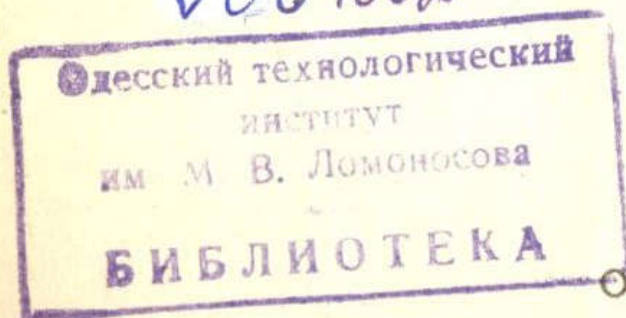
На правах рукописи

А.П. СКЛЯРЕНКО

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ  
ГИДРОТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА КУКУРУЗЫ  
В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ  
ПРОИЗВОДСТВА КРУПЫ

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

Научные руководители -  
профессор П.Г. Демидов  
доцент И.Т. Мерко



Одесса - 1966

ОНАХТ 06.06.12  
Исследование влияния



v001002

Одесский технологический институт имени М.В.Ломоносова направляет Вам для ознакомления автореферат диссертационной работы инженера А.П. Склиренко на тему „Исследование влияния гидротермической обработки зерна кукурузы в технологическом процессе производства крупы“, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Защита состоится „ „ 196 г.

Ваши отзывы и замечания в 2-х экземплярах просим направлять по адресу: г. Одесса, ул. Свердлова, № 112, Одесский технологический институт имени М.В.Ломоносова.

Исследования проведены в лаборатории Одесского технологического института имени М.В.Ломоносова и в производственных условиях Тарасовского комбината хлебопродуктов Ростовской области.

Ученый секретарь Совета

(Л.А.ЗАПОРОЖЕЦ)

## ВВЕДЕНИЕ

В директивах XXIII съезда КПСС по пятилетнему плану развития народного хозяйства на 1966-1970 годы предусмотрено повышение эффективности всех отраслей производства, дальнейший подъем его технического уровня, улучшение качества и расширение ассортимента вырабатываемых пищевых продуктов при наиболее полном использовании материальных и трудовых ресурсов. Последовательная интенсификация производственных процессов должна развиваться на основе научных и экспериментальных исследований и результатов их промышленных испытаний.

Значительный рост производства кукурузного зерна позволил увеличить выработку и расширить ассортимент пищевых продуктов из кукурузы.

Существующие методы промышленной переработки кукурузы в крупу с отделением зародыша как у нас в стране, так и за рубежом, не обеспечивают получения высоких результатов, а следовательно, не позволяют эффективно использовать природные ресурсы зерна кукурузы. Наиболее распространенные методы позволяют получить выход крупы до 40%, а отбор зародыша составляет 35-55%. Кроме этого, получаемая крупа не отличается высокими качественными показателями - содержит большой процент жира, кама получается вязкой консистенции и др.

Вместе с тем необходимо отметить, что вопросы совершенствования технологии переработки кукурузы в крупу с целью увеличения выхода и улучшения качества крупы, а также повышения эффективности отделения зародыша, еще недостаточно изучены.

В связи с этим основной задачей данного исследования является изыскание новых, более прогрессивных методов переработки зерна кукурузы в шлифованную крупу, позволяющих эффективно использовать природные ресурсы кукурузы и повысить качество крупы.

## Состояние вопроса о производстве кукурузной крупы

Научно-исследовательские работы по усовершенствованию технологии процесса производства кукурузной шлифованной крупы проводились, в основном, во Всесоюзном научно-исследовательском институте зерна (ВНИИЗ). В результате была разработана технологическая схема производства кукурузной шлифованной крупы, которая включена в „Правила организации и ведения технологического процесса на крупяных предприятиях” как типовая схема. По данной технологической схеме выход пятиномерной шлифованной крупы предусмотрен в количестве 40%, а зародышевый продукт направляется в корма совместно с оболочками, при общем выходе их 18%.

Н.Ф. Цысь были проведены исследования, включающие применение гидротермической обработки зерна кукурузы. В опубликованных результатах исследования указывается, что гидротермическая обработка кукурузы оказывает положительное влияние на технологическую эффективность дробления зерна и качество крупы.

Крупозавод Курского мелькомбината до 1965 г. вырабатывал кукурузную пятиномерную шлифованную крупу по технологической схеме также с применением гидротермической обработки кукурузы, а дробление зерна осуществлялось на трех вальцовых системах, из которых две дробильные и одна зародышевая. При переработке кукурузы У типа (полузубовидная желтая) выход составил: всей крупы - 44,7%, в том числе крупной - 5,38%, муки - 12,69%, мучки - 24,33%, зародыша технического (с масличностью 20-22%) - 5,6%, отходов кормовых - 11,27%.

Приведенные данные свидетельствуют о низкой эффективности отделения зародыша - выход 5,6% масличностью 20-22%.

В 1965 г. на крупозаводе Луганского мелькомбината установлены две линии переработки кукурузы в крупу итальянской фирмы „Окрим”. По этой схеме кукуруза дробится на бичевых дробилках при трехкратном пропуске. Продукты дробления сортируются на пять фракций. Крупа (крупная, средняя и мелкая) после провеивания направляется на пневматические сортировки (стола) для отбора зародыша, а затем подверга-

ется шлифованию в голлендрах. Производственные показатели при переработке кукурузы 1 типа (зубовидная желтая) характеризуются следующими данными: выход всей крупы - 39,4%, в том числе крупной - 6,0%, муки - 12%, мучки - 34,8%, зародыша технического - 2,6 ÷ 4,2% масличностью 20-22%, отходов кормовых - 8,2%. Из приведенных данных видно, что природные ресурсы зерна кукурузы используются недостаточно эффективно.

В ряде стран (США, Югославия, Италия и др.) кукурузная шлифованная и дробленая (трехномерная) крупа вырабатывается по схеме с применением увлажнения зерна. Зерно увлажняется до 20-22%, а после отволаживания дробится на вальцовых станках. Продукты дробления подсушиваются и сортируются, а крупа провеивается. Крупа после провеивания, в зависимости от назначения, шлифуется или же направляется на расфасовку. Выход продуктов из полукремнистой кукурузы составляет: крупа дробленая нешлифованная - 53%, мука - 12%, зародыш технический - 9,5% масличностью 20-21%, кормовые отходы - 14,5%, оболочки - 9,0%. При относительно высоком отборе зародыша (9,5%) эффективность технологической схемы сравнительно низкая - выход крупы дробленной (нешлифованной) - 53,0%, муки - 12,0%, а количество отходов в виде мучки - 14,5% и оболочек - 9,0%.

В процессе выработки крупы для кукурузных хлопьев (проход через сито с отверстиями диаметром 7,0 мм и сход с сита -  $\phi$  4,5-5 мм) применяются дежерминаторы, в которых зерно кукурузы дробится и частично отделяется зародыш. Перед дроблением зерно увлажняется горячей водой до 22-24% и отволаживается в течение 1 часа. Продукты дробления после подсушивания сортируются, а все виды крупы провеиваются на циклоасpirаторах. Отбор зародыша от крупной крупы осуществляется на циклоасpirаторах, а средняя и мелкая крупа измельчается на вальцовых станках, в результате чего зародыш плющится и отделяется на ситах при сортировании продукта в отсевах.

При переработке кремнистой и полукремнистой калиброванной кукурузы выход продуктов (на предприятиях США) составляет: крупной крупы для хлопьев - 40%, средней крупы - 7%, мелкой - 8%, муки - 5%, мучки кормовой - 22,5%, зародыша -

7% и оболочек — 8%.

По аналогичной технологии работают и наши отечественные заводы и цехи по выработке кукурузных хлопьев — Днепропетровский, Ленинградский, Московский и Грязинский. Производственные результаты этих предприятий при переработке кукурузы 1 типа и смеси типов характеризуются следующими показателями: крупа крупная для хлопьев — 20–30%, крупа мелкая для кукурузных палочек — 20–25%, мука — 10%, мучка кормовая — 22%, зародыш — 3–5%, оболочки — 8–10%.

Приведенные показатели свидетельствуют о низкой эффективности использования зерна кукурузы.

Большая исследовательская работа по усовершенствованию технологического процесса переработки кукурузы в муку с отделением кукурузного зародыша проведена в Московском технологическом институте пищевой промышленности под руководством В.Т.Любушкина и в Одесском технологическом институте под руководством С.М.Золотарева. Однако все эти исследования были направлены на усовершенствование технологического процесса производства кукурузной муки и отделения зародыша при переработке кукурузы на комбикормовых заводах.

Советскими учеными разработаны теоретические основы хранения и переработки кукурузы, на базе которых возможны новые достижения по высокоэффективному использованию кукурузы в процессе ее промышленной переработки (труды М.Г.Голлика, М.Е.Гинзбурга, В.Т.Любушкина, Я.М.Жислина, С.М.Золотарева и др.).

Как советские так и зарубежные ученые (Я.Н.Куприц, Н.В.Роменский, В.Л.Кретович, И.И.Ленарский, Г.Д.Домбровский, П.П.Тарутин, Н.И.Соседов, П.Г.Гусев, Н.Ф.Цысь, Ф.Г.Криволапов, В.А.Яковенко, А.С.Слепнева, И.Н.Кук, Ж.В.Герд, М.И.Вольф и др.), проводившие исследования влияния гидротермической обработки, установили положительное ее влияние на технологические свойства зерна и качество готовой продукции. Под воздействием гидротермической обработки улучшается эффективность шелушения зерна, увеличивается выход крупы, снижается количество мелких отходов (мучки), а также же улучшаются потребительские достоинства крупы (консистен-

ция каши, время развариваемости, запах каши и др.). Исследования влияния гидротермической обработки в процессе производства крупы проводились, в основном, на зерне гречихи, овса, проса и гороха, а полученные данные о режимах гидротермической обработки весьма разноречивы. Влияние гидротермической обработки кукурузы в процессе ее переработки в крупу в достаточной мере не изучено.

На основании обзора литературы о состоянии переработки кукурузы в крупу с отделением зародыша можно сделать следующие выводы.

1. Существующие технологические методы переработки кукурузы в крупу с отделением зародыша не обеспечивают высокого выхода крупы и эффективного отделения зародыша — выход крупы не превышает 40%, а эффективность отделения зародыша составляет 35–55% от количества зародыша перерабатываемого зерна.

2. Гидротермическая обработка зерна вызывает в нем существенные физико-химические и биохимические изменения, которые при определенных режимах тепловой обработки способствуют улучшению технологических свойств зерна и повышению качества готовой крупы. Частичная клейстеризация и декстринизация крахмала укрепляют (цементируют) мучнистую часть эндосперма, в результате чего при дроблении зерна увеличивается выход крупы за счет снижения мелких отходов. Благодаря нарушению связи зародыша с эндоспермом повышается эффективность отделения зародыша.

3. Изучение влияния гидротермической обработки кукурузы на технологические свойства зерна не выходило за пределы лабораторных исследований. Вследствие этого нет достаточно обоснованных рекомендаций по режимам гидротермической обработки (давление пара и экспозиция пропаривания) в технологическом процессе производства крупы.

Из литературного обзора научных и производственных результатов переработки крупяного зерна возникает и подтверждается необходимость экспериментальных исследований влияния гидротермической обработки зерна кукурузы на его технологические свойства и качество готовой крупы.

### Задачи исследования

Основной задачей исследования является изучение влияния гидротермической обработки зерна кукурузы на:

- физико-механические свойства;
- способность крупобразования;
- эффективность отделения зародыша;
- изменение биохимических свойств зерна;
- качество и потребительские достоинства крупы;
- стойкость зародыша при его хранении

и изыскание новых, более совершенных методов переработки кукурузы в крупу.

Выявление указанных зависимостей позволит:

- определить оптимальный режим гидротермической обработки зерна кукурузы;
- определить экономическую эффективность применения гидротермической обработки кукурузы в технологическом процессе производства крупы;
- получить необходимые данные для проектирования схемы технологического процесса переработки кукурузы в крупу.

### Экспериментальная база и методика исследования

В соответствии с задачами исследования экспериментальной базой служило технологическое лабораторное оборудование, комплекс которого включал: пропариватель, шелушитель, обоечную машину, вальцовые станки, рассев, голлендр и аспирационную колонку.

В крупяном производстве основной задачей технологического процесса является получение максимального выхода крупы с высокими потребительскими свойствами. Поэтому при выработке кукурузной шлифованной крупы кроме формы, цвета и размеров зерновки кукурузы весьма важное значение имеет консистенция эндосперма - соотношение мучнистой и роговид-

ной его частей, а также их расположение внутри зерновки. Соотношение роговидной и мучнистой частей эндосперма в значительной степени предопределяет выход и качество крупы: высокое содержание роговидной части эндосперма при дроблении способствует крупобразованию и уменьшает количество отходов при дроблении и шлифовании, а также дает глянцевидную поверхность крупы.

Учитывая это, для исследования в качестве подопытного зерна принята кремнистая кукуруза 1У типа, сорта „Белозерная кремнистая 48“, выращенная Одесским селекционно-генетическим институтом. Весовое соотношение составных (анатомических частей) подопытной кукурузы составляет: эндосперм - 81,68 %, зародыш - 11,81 % и оболочки - 6,51 %. Содержание жира: в целом зерне - 5,05 %, в эндосперме - 0,68 %, в зародыше - 11,81 % и в оболочках - 4,42 %.

Критериями оценки влияния гидротермической обработки зерна кукурузы в технологическом процессе производства крупы приняты:

- изменение сорбционных свойств зерна и распределение влаги по его составным частям;
- изменение физических и структурно-механических свойств зерна;
- изменение технологических свойств зерна и продуктов его переработки (способность крупобразования, крупность и эффективность шлифования крупы);
- эффективность отделения зародыша;
- изменение биохимических свойств зерна и его составных частей;
- изменение качества готовой крупы.

Для измельчения (дробления) зерна кукурузы на вальцовых станках применено взаимноперпендикулярное (кольцевое) расположение рифлей, способствующее увеличению выхода крупы и уменьшению количества отходов при дроблении. С целью выявления более эффективного метода дробления зерна в процессе производства кукурузной шлифованной крупы проведено экспериментальное дробление тремя способами: на вальцовых

станках с кольцевой нарезкой, на вальцовых станках с мельничной нарезкой и на вальцовых станках с мельничной нарезкой и применением обочной машины для предварительного дробления кукурузы.

Во всех опытах качество зерна и режим подготовки его оставались практически постоянными. Выделение среднего образца и определение качества зерна производилось в соответствии с ГОСТ 3040-55.

Влияние гидротермической обработки кукурузы на изменение сорбционных свойств зерна определялось по процентному содержанию влаги в целом зерне и его составных (анатомических) частях. При этом физические свойства кукурузы определялись изменениями объема исследуемого зерна, а структурные свойства зерна определялись при помощи срезов по продольному и поперечному сечению зерновки. Изменение механических свойств определялось величиной работы, затрачиваемой на разрушение одного кг зерна и величиной удельного расхода энергии на измельчение (дробление) кукурузы на вальцовых станках.

Для более объективного определения эффективности отделения зародыша предложена формула:

$$K_3 = \frac{g_2 \times P_2}{g_1 \times P_1};$$

где:  $K_3$  - коэффициент отделения зародыша;

$g_1$  - процентное содержание зародыша в перерабатываемом зерне;

$g_2$  - выход зародыша при переработке кукурузы в крупу в %;

$P_1$  - процентное содержание жира в зародыше перерабатываемого зерна;

$P_2$  - процентное содержание жира в отделяемом зародыше.

Влияние гидротермической обработки на биохимические свойства зерна определялось степенью изменения белковых веществ, углеводов, „сырого жира“ и зольности.

Качество крупы определялось потребительскими достоинствами (время развариваемости, консистенция, цвет и запах каши) и по содержанию жира, клетчатки, золы и водорастворимых веществ.

Гидротермическая обработка зерна кукурузы производилась при давлении пара в пропаривателе 2, 3 и 4 бара (1 бар = 1,02 ат =  $10^5$  н/м<sup>2</sup>) и экспозиции пропаривания 5, 10 и 15 минут.

### Результаты исследования

В соответствии с задачами и методикой исследования было проведено несколько серий опытов, которые дали следующие результаты.

Величина приращения влаги в зависимости от исходной влажности зерна и режимов гидротермической обработки приведена в таблице 1 (в %).

Таблица 1

Исходная влажность зерна	При 2 барах, 5 мин		При 3 барах, 5 мин		При 4 барах, 5 мин	
	влажность	приращение влаги	влажность	приращение влаги	влажность	приращение влаги
10	15,8	5,8	16,1	6,1	16,5	6,5
12	17,0	5,0	17,3	5,3	17,7	5,7
14	18,1	4,1	18,4	4,4	18,8	4,8
16	19,1	3,1	19,4	3,4	19,8	3,8
18	20,0	2,0	20,3	2,3	20,7	2,7

Из таблицы 1 видно, что величина приращения влаги при пропаривании зависит от исходной влажности зерна и давления пара в пропаривателе: при увеличении исходной влажности зерна величина приращения влаги уменьшается, а с повышением давления пара - увеличивается.

Распределение влаги по составным частям кукурузы при пропаривании, подсушивании и отволаживании зерна после подсушивания приведено в таблице 2.

Таблица 2

Характеристика образцов	Продолжительность отвлаживания в мин	Изменение влажности в %					
		зерна		эндосперма		зародыша	
		влаж-ность	откло-нение	влаж-ность	откло-нение	влаж-ность	откло-нение
Контрольный	-	14,20	-	14,30	-	13,20	-
Пропаренный при 3 барах	-	18,80	+4,60	18,90	+4,60	18,60	+5,40
Подсушенный	-	15,30	-3,50	15,40	-3,50	14,60	-4,00
После отвлаживания	30	15,30	-	15,30	-0,10	15,30	+0,70
После отвлаживания	60	15,28	-0,02	15,30	-	15,00	-0,30

Из таблицы 2 следует, что благодаря высокой гигроскопичности зародыша, последний при пропаривании зерна интенсивнее поглощает влагу, чем остальная часть зерновки, а при подсушивании также интенсивнее отдает (испаряет) влагу. Однако, при последующем отвлаживании зерна влажность зародыша несколько повышается за счет снижения ее в остальной части зерновки. Оптимальной продолжительностью отвлаживания после подсушивания пропаренного зерна следует считать 30-40 минут.

Данные, характеризующие изменение объема зерновой массы в зависимости от режимов пропаривания, приведены в таблице 3.

Таблица 3

Показатели	Ед. изм.	Режимы пропаривания					
		2,0 бара		3,0 бара		4,0 бара	
		показа-тель	откло-нение	показа-тель	откло-нение	показа-тель	откло-нение
1	2	3	4	5	6	7	8
Объем контрольного образца	мл	15,8	-	15,8	-	15,8	-

1	2	3	4	5	6	7	8
Объем пропаренного образца	мл	18,0	+ 2,2	18,8	+ 3,0	19,2	+ 3,4
Объем после 30 мин охлаждения	мл	17,4	- 0,6	17,8	- 1,0	18,0	- 1,2
Объем после 60 мин охлаждения	мл	17,2	- 0,2	17,6	- 0,2	17,8	- 0,2
Объем после 90 мин охлаждения	мл	17,2	-	17,6	-	17,8	-
Общее увеличение объема	мл	17,2	+ 1,4	17,6	+ 1,8	17,8	+2,0
	%	-	8,9	-	11,5	-	12,7

Из таблицы 3 следует, что при пропаривании зерновой массы объем ее увеличивается в зависимости от режимов пропаривания на 14-21%, а после охлаждения зерна объем его уменьшается на 5-8%. Общее увеличение объема зерновой массы составляет 9-12%.

Исследование влияния гидротермической обработки зерна кукурузы на изменение его структурных свойств, которое определялось с помощью срезов, свидетельствует, что пропаривание зерна вызывает нарушение связи зародыша с эндоспермом и образование трещин внутри самого эндосперма.

Пропаривание зародыша повышает его пластические свойства. Поэтому изменение толщины исследуемого образца зародыша, которое определяют на машине типа „MP-0,05“, с 3,0 до 1,5 мм для зародыша непропаренного требует нагружающего усилия 20 кг, а для пропаренного - только 8 кг.

Результаты проведенных исследований дают основание предполагать, что гидротермическая обработка зерна будет

способствовать повышенному крупнообразованию, повышению эффективности отделения зародыша и снижению энергоёмкости процесса дробления зерна.

Влияние гидротермической обработки на механические свойства зерна характеризовалось величиной работы первичного разрушения зерна на лабораторном копре и величиной расхода энергии на дробление зерна на вальцовых станках (таблица 4).

Таблица 4

Характеристика образцов	Влажность зерна в %	Работа разрушения 1 кг зерна в дж	Удельный расход энергии на дробление зерна кдж/кг
Исходный	11,8	715,0	9,40
Контрольный	14,2	650,0	8,91
Пропаренный при 2 барах	14,1	578,0	7,97
Пропаренный при 3 барах	14,3	536,0	6,88
Пропаренный при 4 барах	14,2	636,0	7,49

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что гидротермическая обработка способствует снижению работы разрушения зерна кукурузы на лабораторном копре и уменьшению удельного расхода энергии на дробление зерна на вальцовых станках. В обоих опытах лучшие результаты получаются при режиме пропаривания 3 бара.

Обоснование схемы технологического процесса подготовки и дробления кукурузы проводилось с учетом шелушения зерна и без него, дробление зерна осуществлялось на вальцовых станках с взаимноперпендикулярным (кольцевым) расположением рифлей и с обычной мельничной нарезкой рифлей, а также с предварительным дроблением кукурузы на обоечной машине с абразивной поверхностью.

Зависимость эффективности дробления кукурузы на вальцовых станках с кольцевой нарезкой от количества дробильных систем сопоставлялось по оптимальным показателям гранулометрического состава продуктов дробления и эффек-

тивности отделения зародыша. Результаты дробления приведены в таблице 5 (в %).

Таблица 5

Показатели	На 2-х системах	На 3-х системах	На 4-х системах	На 5-ти системах
Влажность зерна на 1 дроблении	15,1	15,2	15,2	15,1
Общий выход крупы	68,2	73,0	76,8	74,6
в том числе крупной	33,0	44,0	54,6	46,2
средней	18,4	17,0	12,3	16,0
мелкой	16,8	12,0	9,0	12,4
Отходы дробления	11,2	8,1	6,0	8,4
Оболочки (отруби)	5,8	5,5	5,1	5,4
Зародыш	14,8	13,4	12,1	11,6
Масличность зародыша	14,3	17,6	22,0	22,5
Коеф. отделения зародыша	0,50	0,56	0,63	0,62

Из таблицы 5 видно, что по всем показателям лучшие результаты получаются при дроблении кукурузы на четырех вальцовых системах, из которых три дробильных и одна зародышевая.

Результаты исследования влияния гидротермической обработки на технологический эффект процесса дробления зерна кукурузы приведены в таблице 6 (в %).

Таблица 6

Показатели	Пропаренный образец	Непропаренный образец	Отклонение
1	2	3	4
Влажность зерна на 1 дроблении	15,1	15,1	-
Общий выход крупы	73,3	67,9	+ 5,4
в том числе крупной	43,2	32,8	+10,4

1	2	3	4
средней	16,0	18,0	- 2,0
мелкой	14,1	17,1	- 3,0
Отходы при дроблении	8,6	11,7	- 3,1
Оболочки (отруби)	5,6	5,8	- 0,2
Зародыш	12,5	14,6	- 2,1
Масличность зародыша	22,9	14,9	+ 8,1
Коеф. отделения зародыша	0,68	0,51	+ 0,17

Из таблицы 6 можно установить, что гидротермическая обработка кукурузы положительно влияет на технологический эффект процесса дробления: увеличивается выход крупы, в том числе крупной фракции, снижается количество мелких отходов при дроблении и повышается эффективность отделения зародыша.

В процессе шелушения кукурузы перед дроблением отделяется чехлик и частично удаляются оболочки зерна, вследствие этого увеличивается выход крупы и повышается эффективность отделения зародыша. Результаты исследования влияния шелушения кукурузы на технологический эффект дробления зерна приведены в таблице 7 (в %).

Таблица 7

Показатели	При шелушении	Без шелушения	Отклонение
Влажность зерна	15,3	15,3	-
Отходы шелушения	3,6	-	+ 3,6
Зерно с наличием чехлика	11,3	96,2	-84,9
Зерно битое	3,7	3,3	+ 0,4
Выход крупы после дробления	80,5	82,6	- 2,1
Отходы дробления	5,6	6,2	- 0,6
Выход крупы шлифованной	55,8	52,2	+ 3,6

1	2	3	4
в том числе крупной	19,4	16,3	+ 3,1
средней	27,5	24,2	+ 3,3
мелкой	8,9	11,7	- 2,8
Отходы шлифования	20,4	21,8	- 1,4
Оболочки	4,3	8,6	- 4,3
Зародыш	10,3	11,2	- 0,9
Масличность зародыша	27,1	23,1	+ 4,0
Коеф. отделения зародыша	0,66	0,61	+ 0,05

По данным таблицы 7 можно установить, что шелушение кукурузы перед дроблением оказывает положительное влияние на технологический эффект дробления зерна.

В настоящее время на отечественных предприятиях по переработке кукурузы в крупу применяются два способа дробления зерна: на вальцовых станках с обычной мельничной формой рифлей и с применением обоечной машины для предварительного измельчения.

Результаты дробления кукурузы тремя различными способами приведены в таблице 8.

Таблица 8

Показатели	Ед. изм.	На обоечной машине и трех вальцовых системах	На четырех вальцовых системах с мельничной нарезкой	На четырех вальцовых системах с кольцевой нарезкой
1	2	3	4	5
Кол-во рифлей на 1 дроблении	шт	-	2,5 на см	2,5 на см
Кол-во рифлей на 11 дроблении	шт	3,0 на см	3,0 на см	3,0 на см
Кол-во рифлей на 111 дроблении	шт	3,5 на см	3,5 на см	3,5 на см

1	2	3	4	5
К-во рифлей на зародышевой системе	шт	6,0 на см	6,0 на см	6,0 на см
Влажность исходного зерна	%	13,2	13,2	13,2
Влажность на 1 дроблении	%	15,4	15,4	15,4
Крупа до шлифования	%	72,2	71,8	76,8
Крупа после шлифования	%	49,4	48,8	56,2
в том числе крупа № 1	%	3,2	1,3	5,9
крупа № 2	%	9,8	6,5	14,4
крупа № 3	%	11,2	11,9	14,8
крупа № 4	%	13,6	15,9	12,9
крупа № 5	%	11,8	13,2	8,2
Отходы при дроблении	%	11,0	13,1	5,8
Отходы при шлифования	%	21,4	21,6	19,4
Оболочки	%	8,7	8,9	8,8
Зародыш	%	8,8	7,6	9,8
Масличность зародыша	%	26,7	28,2	28,4
Коеф. отделения зародыша		0,56	0,51	0,66

Сравнивая относительные результаты экспериментального дробления кукурузы тремя разными способами, приведенными в таблице 8, можно установить, что по всем показателям более высокая эффективность переработки кукурузы в крупу шлифованную достигается при дроблении зерна на вальцовых станках с взаимноперпендикулярным (кольцевым) расположением рифлей.

Зависимость технологической эффективности дробления кукурузы от режимов гидротермической обработки приведена

в таблице 9.

Таблица 9

Наименование образцов	Давление в барах	Экспозиция в мин	Показатели в %				Коеф. отделения зародыша
			Крупа после дробления	Отходы при дроблении	Крупа шлифованная	Отходы шлиования	
Контрольный			77,1	6,7	55,5	20,6	0,64
Пропаренный	2	5	77,3	6,3	58,6	18,4	0,71
"  "	2	10	77,7	5,8	59,7	17,3	0,78
"  "	2	15	77,9	5,5	60,7	16,6	0,82
"  "	3	5	77,9	5,8	59,8	17,4	0,78
"  "	3	10	78,2	4,4	63,0	14,6	0,88
"  "	3	15	79,5	3,7	64,7	14,2	0,84
"  "	4	5	78,6	5,0	63,1	15,8	0,80
"  "	4	10	80,0	3,8	65,3	14,1	0,84
"  "	4	15	80,9	3,4	66,4	13,9	0,77

Из таблицы 9 следует, что в результате гидротермической обработки кукурузы увеличивается выход крупы, снижается количество отходов при дроблении зерна и шлифовании крупы, а также повышается коэффициент отделения зародыша. Лучшие результаты по выходу крупы и по эффективности отделения зародыша получаются при режимах пропаривания зерна 3 и 4 бара с экспозицией 10 и 15 минут.

Однако в процессе пропаривания зерна при высоких режимах (3 бара, экспозиция 15 минут и 4 бара, экспозиция 10-15 минут) заметно изменяется цвет наружной части эндосперма, которая приобретает темно-желтую окраску. Вследствие этого выработанная крупа получается пестрая (с боками коричневого цвета), что отрицательно сказывается на товарном виде готовой крупы.

Пропаривание зерна при давлении 2 бара и экспозиции до 15 минут, 3 бара и экспозиции до 10 минут, 4 бара и

экспозиции 5 минут не вызывает изменения цвета эндосперма, а следовательно, не отражается на товарном виде крупы.

На основании всех показателей технологической эффективности дробления зерна, а также с учетом конструктивных особенностей пропаривателя, особенно в связи с высоким давлением, считаем целесообразным пропаривание кукурузы производить при давлении пара внутри пропаривателя 2,5-3,0 бара и экспозиции 5-7 минут.

Из литературных источников известно, что чем выше давление пара в пропаривателе и чем больше экспозиция, при которой происходит обработка, тем существеннее изменения в химическом составе зерна.

Поэтому с целью установления оптимального режима гидротермической обработки кукурузы, способствующего улучшению технологических свойств зерна и не вызывающего заметных изменений в химическом составе кукурузы, проведены исследования изменения химического состава кукурузы и качества готовой крупы в зависимости от режимов гидротермической обработки зерна.

Результаты исследования изменения химического состава зерна от режимов пропаривания (в % на сухое вещество) приведены в таблице 10.

Таблица 10

Показатели	Контроль	2 бара		3 бара		4 бара	
		5 мин	10 мин	5 мин	10 мин	5 мин	10 мин
Общий азот	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,83
Белковый азот	1,75	1,75	1,73	1,75	1,73	1,70	1,66
Крахмал	67,10	66,90	66,80	66,80	65,80	65,22	64,29
Общие сахара	1,47	1,47	1,47	1,47	1,48	1,48	1,52
Сырая клетчатка	1,94	1,94	1,94	1,92	1,85	1,85	1,80
Жировые вещества	5,14	5,25	5,30	5,50	5,62	6,09	6,50

По данным таблицы 10 можно заключить, что гидротермическая обработка не оказывает существенного влияния

на изменение общего азота. Заметные изменения наблюдаются в количественном составе белкового азота в процессе пропаривания зерна при 4 барах.

Небольшие изменения наблюдаются в количественном составе крахмала, сахаров, клетчатки и жировых веществ.

Частичное уменьшение крахмала вызывается за счет его частичной декстринизации, вследствие чего увеличивается содержание общих сахаров. Пропаривание зерна при 3 и 4 барах вызывает некоторое увеличение жировых веществ. Однако, для раскрытия причин этих изменений требуется проведение дополнительных исследований.

Важным показателем, характеризующим стойкость зародыша при хранении, является показатель кислотного числа жира.

Результаты исследования влияния пропаривания кукурузы на показатель кислотного числа жира зародыша в зависимости от продолжительности хранения приведены в таблице 11.

Таблица 11

Срок хранения	В лабораторных условиях		В производственных условиях
	Зародыш из непропаренного зерна	Зародыш из пропаренного зерна	Зародыш из пропаренного зерна
Контроль	3,53	1,68	1,93
5 суток	4,11	1,81	-
10 суток	4,67	1,83	-
20 суток	5,03	1,84	-
30 суток	8,44	1,96	3,16
60 суток	12,67	2,38	4,28
90 суток	19,90	3,01	6,35

Из приведенных данных видно, что гидротермическая обработка зерна кукурузы оказывает положительное влияние на качественное состояние жира зародыша, что значительно повышает его стойкость при хранении.

Результаты исследования влияния гидротермической обработки кукурузы на качественные показатели крупы приведены в таблице 12.

Таблица 12

Показатели	Ед. изм.	Крупа № 1 (крупная)				Крупа № 4 (мелкая)			
		Конт-роль	2 бара	3 бара	4 бара	Конт-роль	2 бара	3 бара	4 бара
Жир	%	0,82	0,74	0,63	0,62	2,36	1,80	1,34	1,38
Клетчатка	%	0,64	0,65	0,69	0,71	0,74	0,75	0,81	0,82
Зольность	%	0,40	0,39	0,38	0,37	0,78	0,61	0,58	0,60
Водораствор. вещества	%	1,31	1,80	1,95	2,26	2,49	3,10	3,43	3,65
Развариваемость	мин	45,0	40,0	35,0	32,0	25,0	22,0	17,0	13,0
Увеличение объема	число раз	3,8	4,0	4,2	4,3	4,2	4,6	5,0	5,2
Консистенция каши	вяз-вязкая	вязкая	уменьшается	уменьшается	уменьшается	вязкая	вязкая	уменьшается	уменьшается
Цвет каши	-	белый	светло-кремовый	кремовый	кремовый	белый	светло-кремовый	кремовый	кремовый
Запах	-	кукурузный	приятный	приятный	приятный	кукурузный	приятный	приятный	приятный

Результаты таблицы 12 свидетельствуют, что гидротермическая обработка кукурузы положительно влияет на качество крупы: снижается содержание жира и увеличивается количество водорастворимых веществ в крупе, уменьшается время развариваемости крупы в среднем на 20%, существенно улучшается консистенция и запах каши. Незначительное увеличение клетчатки в крупе из пропаренного зерна объясняется тем, что при пропаривании кукурузы укрепляется связь семенных оболочек, содержащих до 20% клетчатки, с алейроновым слоем, вследствие чего при одинаковых условиях шлифования крупы часть оболочек не полностью отделяется. Для

устранения этого необходимо повысить интенсивность шлифования крупы.

На основании комплекса проведенных исследований влияния гидротермической обработки зерна кукурузы на выход и качество крупы и эффективность отделения зародыша разработана новая схема технологического процесса производства кукурузной шлифованной крупы, которая включает следующие этапы: очистка зерна от примесей, пропаривание и отволаживание, подсушивание, шелушение, провеивание, дробление зерна, сортирование продуктов дробления, шлифование и провеивание крупы.

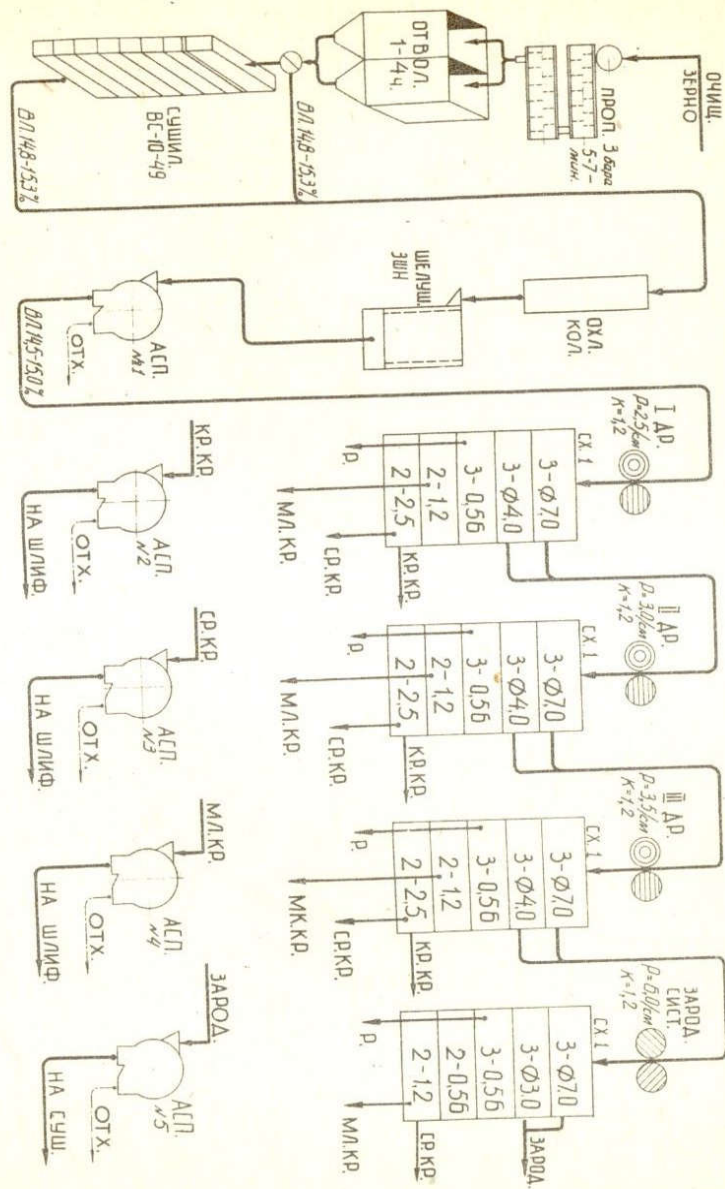
Дробление осуществляется на четырех вальцовых системах, из которых три дробильных с кольцевой нарезкой и одна зародышевая с обычной мельничной формой рифлей (рис. 1). После рассортирования продуктов дробления в отсевах все три фракции провеиваются и направляются на шлифование, после чего крупа сортируется по номерам и провеивается. Зародыш после зародышевой системы также провеивается для отделения оболочистых частиц.

Разработанная новая технология была проверена в производственных условиях Тарасовского комбината хлебопродуктов Ростовской области. Проверка проводилась на кукурузе 1 типа (ВИР 42), урожая 1963 г. Девятимесячная работа предприятия дала положительные результаты: результаты дробления однотипной кукурузы в производственных условиях близки к результатам, полученным в лабораторных условиях. Сравнительные данные дробления зерна в производственных и лабораторных условиях приведены в таблице 13 (в%).

Таблица 13

Показатели	В производственных условиях	В лабораторных условиях	Отклонение
1	2	3	4
Влажность на 1 дроблении	14,8	14,8	-
Поступило на переработку	100,0	100,0	-
Всего крупы	78,0	77,8	+0,2

Рис. 1. Схема подготовки и дробления зерна кукурузы.



	1	2	3	4
в том числе				
крупной (сход сита $\phi$ 2,5 мм)		51,1	52,5	-1,4
средней (сход сита № 1,2)		16,7	15,9	+0,8
мелкой (сход сита № 056)		10,2	9,4	+0,8
Отходы при дроблении		6,8	6,4	+0,4
Оболочки		5,6	5,6	-
Зародыш		9,5	10,2	-0,7
Масличность зародыша		24,3	25,2	-0,9
Коэф. отделения зародыша		0,72	0,80	-0,08

В результате эффективного отделения зародыша количество и качество вырабатываемой муки за 9 месяцев работы значительно превысило нормативные показатели: фактический выход муки составил 70,54% вместо 69,80% по расчету, содержание жира в муке фактически составило 1,97% вместо 2,5%, а зольность муки - 0,67% против 0,80 по нормам.

### ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Проведенные исследования влияния гидротермической обработки зерна кукурузы в технологическом процессе производства крупы позволяют сделать следующие выводы.

1. Величина приращения влаги при пропаривании кукурузы зависит от исходной влажности зерна и режимов гидротермической обработки: с увеличением исходной влажности зерна - уменьшается, а с повышением режимов пропаривания - увеличивается.

2. Гидротермическая обработка кукурузы вызывает изменение физических и структурно-механических свойств зерна - объем зерновой массы увеличивается до 20,0%, нарушается связь зародыша с эндоспермом, во внутренней части эндосперма образуются трещины, а также повышается

пластичность зародыша. Вследствие этого увеличивается выход крупы, повышается эффективность отделения зародыша и снижается энергоёмкость процесса дробления кукурузы.

3. Лучшие результаты дробления кукурузы при производстве шлифованной крупы получаются на вальцовых станках с взаимноперпендикулярным расположением рифлей - в количестве 4-х систем, из которых три дробильных и одна зародышевая.

4. Шелушение зерна кукурузы перед дроблением оказывает положительное влияние на технологический эффект дробления: увеличивается общий выход крупы на 3,6%, в том числе крупной на 3,1%; снижается количество отходов при шлифовании крупы на 1,4%; маслячность зародыша повышается на 4,0%, вследствие этого эффективность отделения зародыша возрастает на 5%.

При этом следует отметить, что шелушение кукурузы в шелушителе типа ЗШН дает высокую эффективность: количество зерен с неотделенным чехликом снижается с 96,2 до 11,3%, а количество битых зерен увеличивается только на 0,4%.

5. Исследование влияния гидротермической обработки кукурузы подтвердило предположение о благоприятном ее влиянии на выход крупы и эффективность отделения зародыша: выход крупной крупы увеличивается на 9%, количество отходов при дроблении снижается на 3%, а при шлифовании - на 5-6%, эффективность отделения зародыша повышается на 20-25%.

6. Пропаривание кукурузы при давлении пара до 3 бар и экспозиции до 10 мин не вызывает существенных изменений в химическом составе зерна. Более жесткие режимы - 3 бара при 15 мин и 4 бара при 10 и 15 минутной экспозиции вызывает заметные изменения в азоте белковых фракций, аминокислотном составе, углеводах и жировых веществах.

Учитывая также и то, что пропаривание кукурузы при жестких режимах вызывает потемнение верхней части эндосперма, вследствие чего крупа получается с темными боками (пестрая), что отрицательно сказывается на ее товар-

ном виде, пропаривание кукурузы рекомендуется осуществлять при давлении пара в пропаривателе 3 бара и экспозиции 5-7 мин (для кремнистой кукурузы - 7 мин, для зубовидной - 5 мин).

7. Зародыш, полученный из пропаренного зерна, обладает повышенной стойкостью при хранении: в течение трехмесячного хранения кислотное число жира зародыша непропаренного зерна увеличилось с 3,53 до 19,0, а кислотное число жира зародыша пропаренного зерна - с 1,68 до 3,01.

8. Установлено положительное влияние пропаривания зерна на потребительские достоинства и качество крупы: сокращается время развариваемости крупы на 20,0%, консистенция каши получается рассыпчатой и устраняется специфический кукурузный запах. Содержание водорастворимых веществ в крупе увеличивается на 20-30%, а содержание жира - снижается на 25-35%.

9. Производственная проверка технологической схемы переработки кукурузы в муку на протяжении девятимесячной работы предприятия дала положительные результаты:

а) результаты дробления кукурузы одного типа (ВИР 42) в производственных условиях близки к результатам, полученным в лабораторных условиях;

б) эффективное отделение зародыша способствовало повышению качества вырабатываемой муки, которое значительно превысило нормативные показатели - среднемесячные показатели содержания жира в муке составили 1,8% вместо 2,5%, а зольность муки - 0,58% вместо 0,9% по нормам.

10. Расчет экономической эффективности от внедрения новой технологии переработки кукурузы в шлифованную крупу показывает, что за счет увеличения общего выхода крупы и в том числе крупной (№ 1 и № 2), а также за счет более эффективного отбора зародыша, дополнительная прибыль для крупозавода производительностью 100,0 т/сутки составит около 250 тысяч рублей в год.

Общая стоимость дополнительных эксплуатационных затрат составит около 30,0 тысяч рублей в год, а стоимость

дополнительных капиталовложений - 19,0 тысяч рублей.

Следовательно, условногодовая экономия составит около 220,0 тысяч рублей, а дополнительные капиталовложения окупятся за 36 рабочих дней.

МАТЕРИАЛЫ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ  
ОПУБЛИКОВАНЫ В СТАТЬЯХ И ДОЛОЖЕНЫ НА  
КОНФЕРЕНЦИЯХ

1. „Пищевая ценность продуктов из кукурузы“. Журнал „Кукуруза“, № 1, Москва, 1961.
2. „Новая технология выделения кукурузного зародыша“. „Вестник технической и экономической информации“, № 5, Москва, 1963.
3. „Производство кукурузной шлифованной крупы с применением гидротермической обработки“. Журнал „Пищевая промышленность“, № 2, Киев, 1963.
4. „Технологические свойства некоторых сортов и гибридов кукурузы“. „Вестник технической и экономической информации“, № 12, Москва, 1963.
5. „Влияние гидротермической обработки зерна кукурузы на качество и стойкость при хранении крупы и зародыша“. Журнал „Мукомольно-элеваторная промышленность“, № 10, Москва, 1965.
6. „Некоторые технологические свойства зерна кукурузы“. Журнал „Мукомольно-элеваторная промышленность“, № 5, Москва, 1966.
7. „Производство кукурузной шлифованной крупы с применением гидротермической обработки кукурузы“. Доложено на конференции по вопросам хранения и промышленной переработки кукурузы, Москва, 1961.
8. „Усовершенствование технологии отделения кукурузного зародыша“. Доложено на семинаре по расширению ассортимента и улучшению качества изделий из кукурузы, плодов и овощей, Днепропетровск, 1962.
9. „Оптимальный режим гидротермической обработки зерна кукурузы в процессе производства крупы“. Доложено на XXV научной конференции Одесского технологического института имени М.В. Ломоносова, 1963.
10. „Влияние гидротермической обработки на изменение

некоторых физико-химических свойств зерна кукурузы". До-  
ложено на XXII научной конференции, посвященной памяти  
М.В. Ломоносова, Одесский технологический институт име-  
ни М.В. Ломоносова, 1965.

БР 03999 Подписано к печати 17/IX-66 г. Объем 1,5 печ.л.  
Уч.изд.л. 1,6 Заказ 177 Тираж 200 экз. 1966 г.

---

Печатная лаборатория ОТИ имени М.В.Ломоносова  
Одесса, ул. Свердлова, 112