

Автор едр.

И 20

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ УССР

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
имени М.В. Ломоносова

Аспирант И.Е. ИВАНОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ПРОИЗВОДСТВА КУКУРУЗНЫХ ХЛОПЬЕВ

374. Технология зерновых, бобовых и крупяных культур

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

Одесса - 1969

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ УССР

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
имени М.В. Ломоносова

Аспирант И.Е. ИВАНОВ

Переучет 1987

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ПРОИЗВОДСТВА КУКУРУЗНЫХ ХЛОПЬЕВ

374. Технология зерновых, бобовых и крупяных культур

А в т о р е ф е р а т

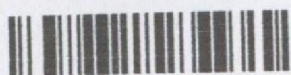
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

✓ О.В. 1694



ОНАХТ 26.09.13
Исследование техноло

Одесса - 1969



v001694

Работа выполнена на кафедре переработки зерна Одесского технологического института имени М.В. Ломоносова и Днепропетровском заводе пищевых концентратов (1963-1967 гг.).

Определение возможности получения кукурузных хлопьев из муки в производственных условиях, уточнение рецептур, установление технологически целесообразных параметров при производстве хлопьев из муки проведено в Украинском научно-исследовательском институте консервной промышленности и внедрено на Днепропетровском заводе пищевых концентратов (1968 г.).

Научные руководители:

кандидат технических наук доцент И.Т. Мерко,
кандидат технических наук доцент П.Г. Гусев.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук профессор А.Т. Марх,
кандидат технических наук доцент В.Т. Любушкин.

Ведущее предприятие - Всесоюзный научно-исследовательский институт консервной, овощесушильной и пищевых концентратной промышленности.

Автореферат разослан , 27. мая 1969 г.

Защита диссертации состоится , 27. июня 1969 г.

на заседании Совета Одесского технологического института имени М.В. Ломоносова.

Просим Ваши отзывы в двух экземплярах присылать по адресу: г. Одесса-39, ул. Свердлова, 112, Технологический институт имени М.В. Ломоносова.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ СОВЕТА

Л.А.ЗАПОРОЖЕЦ

Лавров

ВВЕДЕНИЕ

В решениях XXIII съезда КПСС по пятилетнему плану развития народного хозяйства на 1966-1970 годы среднегодовое производство зерна в целом по стране предусмотрено увеличить на 30 процентов по сравнению с предшествующей пятилеткой. Важное значение в деле повышения валовых сборов зерна в пищевом и кормовом балансах страны имеет кукуруза. Ценность ее обуславливается химическим составом: зерно содержит углеводы, белки, жиры, минеральные вещества, необходимые для нормального развития живого организма. Из зерна кукурузы вырабатывают муку, крупу, крахмал, патоку и многие другие пищевые продукты; кукурузу широко используют в комбикормовой промышленности.

Особое место среди продуктов питания из кукурузы занимают пищевые концентраты - сухие завтраки: хлопья, палочки, вспученные зерна и другие изделия. Для изготовления указанных продуктов используют целое зерно или крупу, приготовленную из него.

Кукурузные хлопья - основной продукт изделий из кукурузы - в нашей стране начали изготавливать в 1935 году. В последнее время выпуск их увеличился почти втрое по сравнению с 1950 годом и составляет в настоящее время 12-13 тыс. т. Анализируя состояние промышленного производства хлопьев, можно заключить, что со времени организации производства хлопья вырабатывают на всех отечественных предприятиях из крупы. На производство хлопьев используется большое количество зерна кукурузы, поскольку существующие технологические способы производства не позволяют получить более 30% крупы для хлопьев, количество же отходов и потерь при этом достигает 35% от перерабатываемого зерна. Остальные около 35% продуктов переработки зерна кукурузы в виде мелких фракций, например, мука и мелкая крупа используются нерационально, чаще всего для кормовых целей. Малоэффективны и другие технологические процессы при производстве хлопьев из крупы.

Совершенствование технологии производства кукурузных хлопьев - важная народнохозяйственная задача, вытекающая из необходимости повышения продовольственного использования зерна кукурузы в пищевом концентратной промышленности и улучшения качества готовой продукции - является целью выполняемой работы. В связи с этим и поставлены задачи:

- совершенствование основных процессов существующей тех -

нологии производства хлопьев из крупы;

- изыскание возможности разработки новой, более эффективной технологии производства кукурузных хлопьев с максимальным использованием эндосперма зерна кукурузы. Для решения поставленных задач необходимо было выполнить следующие работы.

1. Сравнительные исследования различных методов подготовки зерна кукурузы к переработке и изучение влияния на эффективность получения крупы для хлопьев таких факторов, как увлажнение, отволаживание, температура воды, давление пара, время пропаривания.

2. Определение технологически целесообразных параметров рабочих органов дежерминатора как основной измельчающей машины при производстве крупы для хлопьев.

3. Сравнительные исследования технологической эффективности производства крупы для хлопьев на основных измельчающих машинах.

4. Исследования влияния гидротермической обработки и термической обработки крупы на изменение ее физико-химических свойств.

5. Исследование возможности производства кукурузных хлопьев из муки.

6. Определение технологически целесообразных параметров при производстве хлопьев из кукурузной муки.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, общих выводов и предложений.

Работа изложена на 200 страницах машинописного текста, в котором имеется 42 таблицы, 47 рисунков и 5 сводных таблиц в приложении. В списке литературы 150 наименований, из них 16 - зарубежных авторов.

СОСТОЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА КУКУРУЗНЫХ ХЛОПЬЕВ

Производство хлопьев состоит из двух процессов: получение крупы из зерна кукурузы и выработка из нее хлопьев. Эти процессы объединены в одну технологическую схему под общим названием - технология производства кукурузных хлопьев.

Сводные данные, характеризующие выработку крупы для хлопьев по различным технологическим схемам, приведены в таблице 1.

Таблица 1

Наименование схем	всего выра- ботано про- дукции, в %	в том числе (в %)					заро- дыш, в %	отхо- ды и поте- ри, в %
		крупы для хло- пьев	крупы для суха- рей	крупы для пало- чек	мел- кой крупы	му- ки		
1. Типовая схема отечественных предприятий: а) Ленинградско- го пищевого комбината	61,0 ^{х/}	21,0	40,0	-	-	-	-	39,0
б) Московского комбината пише- вых концентратов	56,5 ^{х/}	26,0	29,5	-	-	-	-	43,5
2. Днепропетровско- го завода пише- вых концентратов	63,3 ^{х/}	25,0	13,0	9,0	6,0	10,0	-	36,7
3. ВНИИЗа по про- изводству шлифо- ванной крупы для хлопьев	70,0	27,0	10,0	10,0	-	23,0	6,0	24,0
4. Американских предприятий фир- мы „Постум“	60,0	40,0	7,0	8,0	-	5,0	7,0	33,0

Анализ данных, приведенных в табл. 1, позволяет заключить, что как на отечественных, так и на зарубежных предприятиях при производстве крупы для хлопьев коэффициент использования зерна кукурузы невысокий.

Сводные данные, характеризующие основные технологические процессы производства хлопьев из крупы по различным технологическим схемам, приведены в табл. 2.

^{х/} Усредненные данные работы предприятий за 1963 г.

Таблица 2

Наименование схем	Технологические процессы				температура, в °С	время, в мин.		
	Подготовка к варке	варка крупы	температура варенно- сушеной крупы	обжаривание хлопьев				
	Влажность крупы, в %	оттежка, в часах	давление пара, в барах	время варки, в часах	температура пара- туры среды, в °С	время выдержива- ние, в часах		
1. Типовая схема отечественных предприятий	-	-	2,5	2,5-3,0	-	4-10	250-300	2-3
2. Днепропетровского завода вода пищевых концентратов	-	-	2,5	2,0-2,5	-	8-10	250-300	2-3
3. Американских предприятий фирмы „Постум“	-	-	2,5	3,0-3,5	-	8-12	245-260	2-3
4. Данные ВНИИКОПа	21-26	4-6	2,5	1,5-2,0	-	8	250-300	2-3

Данные табл. 2 позволяют сделать следующие выводы:

— подготовку крупы перед ее варкой на известных отечественных предприятиях не производят; по доступным литературным источникам подготовка крупы перед варкой на зарубежных предприятиях также не производится;

— исследованиями ВНИИКОПа показано, что увлажнение и отволаживание крупы перед варкой могут оказать существенное влияние на эффект варки, однако этот вывод

сформулирован недостаточно ясно, без исследования влияния других факторов гидротермической обработки крупы на сокращение времени варки и количества непроваренной крупы ;

- варка крупы проводится при одинаковом давлении насыщенного пара (2,5 бар), что же касается продолжительности варки, то она колеблется в больших пределах ;

- отсутствуют данные влияния времени варки на физико-химические изменения крупы в процессе ее варки ;

- время выдерживания варено-сушеной крупы при темперировании колеблется в больших интервалах - от 4 до 12 час. Не уделяется внимание температуре, при которой происходит выдерживание крупы ;

- температура обжаривания крупы на отечественных предприятиях в основном одинакова, обжаривание хлопьев на зарубежных предприятиях производят при более низкой температуре.

Совершенствованием технологического процесса производства кукурузной крупы и получения хлопьев занимались в нашей стране работники учебных и научно-исследовательских учреждений и промышленности. Научно-исследовательская работа проводилась во ВНИИЗе (Братухин А.И., Бакал С.С., Лопатинский С.Н., Тарутин П.П., Цысь Н.Ф.), в МТИППе (Гончарова З.Д., Егоров Д.А., Козаков Е.Д., Куприц Я.Н., Любушкин В.Т., Гинзбург М.Е., Соколов А.Я.), в ОТИ имени М.В. Ломоносова (Гусев П.Г., Демидов П.Г., Золотарев С.М., Котляр Л.И., Мерко И.Т., Роменский Н.В., Складченко А.П., Чайка И.К.), в ВНИИКОПе (Генин С.А., Горун Е.Г., Насакин Т.Н., Романов А.Н.), в УкрНИИПП (Ведерякова Е.И., Фейгенберг З.Л.) ; много ценного в совершенствование технологии переработки зерна кукурузы в крупу и производство хлопьев внесено и работниками промышленности (Бобров А.Р., Георгиевский Б.И., Изотов А.К., Крикунов В.Я., Попова С.Я., Регид П.И., Сулименко П.Т., Хорцев Б.Н., Щербаков С.И. и другие).

На основании обзора отечественной и зарубежной литературы и анализа существующего способа производства кукурузных хлопьев из крупы можно установить, что технология их производства характеризуется низкой эффективностью продовольственного использования зерна кукурузы; основные технологические процессы продолжительны и не обеспечивают нужного эффекта, что приводит к понижению пищевых достоинств готовых изделий.

Анализ состояния существующей технологии производства хлопьев из крупы подтверждает необходимость проведения специального исследования возможности получения хлопьев из муки.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ БАЗА И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В соответствии с задачами исследования экспериментальной базой служило технологическое оборудование, комплекс которого включал:

а) пропариватель, дежерминатор, вальцовые станки, обоечную машину с абразивной поверхностью, рассев и аспирационную колонку — при исследовании существующей технологии получения хлопьев из крупы (лабораторное);

б) полупромышленную технологическую линию, состоящую из макаронного пресса с модернизированной ванной смешивания муки с водой, сушилки типа ПКС и плющильного станка с подогревающими вальцами — при исследовании технологии производства хлопьев из муки.

Производство полуфабрикатов из кукурузной муки (гранул) производили из проваренного однородного частично оклейстеризованного и декстринизованного теста. Такое тесто получали в вальной ванне, модернизированной из ванны смешивания муки с водой таким образом, чтобы осуществлялись процессы смешивания муки с сахарно-солевым раствором, нагретым до кипения, и варки массы при непрерывном подогреве и перемешивании. Проваренное тесто спрессовывали, продавливали через матрицу, на выходе из которой нарезают гранулы. Нарезанные гранулы сушили и расплющивали на станке с подогревающими вальцами при одновременном обжаривании хлопьев.

При производстве крупы для хлопьев (существующая технология) основной задачей является получение максимального выхода более однородной по размерам крупы с минимальным содержанием в ней оболочек (клетчатки) и зародыша. Поэтому при выработке крупы, кроме формы и размеров зерновки кукурузы, весьма важное значение имеет консистенция эндосперма — соотношение мучнистой и роговидной его частей, а также их расположение внутри зерновки. Большой выход крупы получают из кремнистых (роговидных) сортов и гибридов кукурузы.

Вырабатывать для хлопьев гранулы можно из любой кукурузной муки белого или желтого (с различными оттенками) цвета, соответствующей требованиям КЗ СНК 347. Для производства муки с последующей переработкой в хлопья целесообразней использовать зубовидную кукурузу; сорта и гибриды этой ботанической группы получили наибольшее распространение благодаря высокой урожайности.

Учитывая это, для исследования принято зерно гибридов ВИР-42 и Днепровский-56 с исходной влажностью 13,5 + 0,5%. Физико-химическая характеристика подопытного зерна кукурузы и его анатомических частей представлена в табл. 3.

Таблица 3

ГИБРИД	Физические свойства		Анатомические части	Весовое соотношение анатомических частей, % с.в.	Химические свойства, в % с.в.				
	вес 1000 зерен, г	натура, г/л			жир	зола	клетчатка	крахмал	белок (Nx6,25)
ВИР-42	265,0	760,0	86,5	100,00	5,40	1,60	3,00	67,30	11,70
				80,30	0,68	0,30	0,71	82,44	10,80
				13,59	35,40	9,10	5,01	4,76	19,08
				6,11	4,42	1,15	17,54	4,20	3,02
Днепровский-56	276,0	770,0	85,5	100,00	5,50	1,52	2,63	67,00	12,20
				81,00	0,76	0,35	0,62	81,54	10,92
				13,36	34,86	8,95	4,64	5,00	20,20
				5,64	4,50	1,10	17,40	5,00	2,86

В целом зерне и продуктах его переработки определены стандартными и общепринятыми методами содержание влаги, крахмала, общего азота (с пересчетом на протеин), клетчатки, жира, солевых веществ и витаминов. В процессе варки крупы, при производстве гранул, при темперировании варено-сушеной крупы и обжаривании хлопьев, а также в готовом продукте помимо указанных химических показателей общепринятыми метода-

ми определено содержание сахаров и декстринов.

Увлажнение зерна кукурузы при подготовке его к дроблению и крупы при подготовки ее к варке производили перемешиванием навески с расчетным количеством воды температурой 20, 40, 80, $100 \pm 2^\circ\text{C}$ до влажности зерна 14,5; 15,5; 16,5; 17,5; $19,5 \pm 0,5\%$, а крупы – 16,0; 17,0; 18,0; 19,0; $20,0 \pm 0,5\%$. Для равномерного проникновения влаги в массу зерна, увлажненные навески зерна были подвергнуты отволаживанию в течение 0,5; 1,0; 1,5; 3,0; 4,0; 8,0; 24,0 часов, а навески крупы – 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 часов.

Пропаривание зерна кукурузы производили при давлении 2,0; 2,5; 3,0 бар и экспозиции 5, 10, 15 мин. в лабораторном пропаривателе.

При производстве гранул для хлопьев варку муки с сахарно-солевым раствором производили в течение 10, 20, 30, 40, 60 и 80 мин., сушили гранулы до 6,0; 7,0; 8,0; $9,0 \pm 0,5\%$ влажности и расплющивали их на плющильном станке с вальцами, подогретыми до 210, 220, 230, 240, $250 \pm 2^\circ\text{C}$.

При определении количественно-качественной эффективности технологического процесса производства хлопьев учтены одновременно количественные, качественные и энергосиловые показатели. Для качественной оценки процесса измельчения зерна кукурузы и продуктов его переработки и процесса обжаривания хлопьев применено общее и частное извлечение. Оценку качества крупы, муки и хлопьев производили показателем, характеризующим эффективность отделения оболочек – содержанием клетчатки в них. Энергосиловые показатели оценивали расходом энергии на измельчение, условно отнесенной к одному кг продукта (крупы, муки).

Оценку технологической эффективности работы измельчающих машин характеризовали коэффициентом технологической эффективности:

$$T_{\text{э}} = \frac{V_n \times K_n}{V_{\text{в}} \times K_{\text{э}}}$$

где $T_{\text{э}}$ – коэффициент технологической эффективности;

V_n – фактический выход полуфабрикатов (крупы, муки), идущих на изготовление хлопьев, в %;

$V_{\text{в}}$ – возможный выход крупы и муки (в последнем случае принят равным 80), в %;

K_n – содержание клетчатки в полуфабрикате, в %;

$K_{\text{э}}$ – содержание клетчатки в эндосперме перерабатываемого зерна, в %.

В исследовании применена математико-статистическая обработка точечных результатов небольшого числа наблюдений, базирующаяся на определении статистических аналогий математического ожидания случайной величины и некоторых элементов высших порядков, т.е. статистических средних и характеристик рассеяния.

При принятой методике обработки экспериментальных данных графическое построение статистических зависимостей произведено по средним арифметическим методом средних.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА КУКУРУЗНЫХ ХЛОПЬЕВ ИЗ КРУПЫ

При исследовании влияния гидротермической обработки подопытных образцов зерна кукурузы гибридов ВИР-42 и Днепровский -56 на крупобразование и качество крупы для хлопьев учтены ранее разработанные технологически целесообразные кинематические, геометрические и нагрузочные параметры основных измельчающих машин.

1. При переработке в дежерминаторе -

- а) величина зазора между конусообразным ротором и обечайкой,
 $b = 10,0$ мм;
- б) число оборотов ротора, $n = 730-800$ об/мин;
- в) удельная нагрузка на 1 м^2 рабочей поверхности обечайки,
 $Q = 910$ кг/час.

2. В вальцовом станке ^{х/} -

- а) величина межвальцового зазора, $b = 3,0$ мм;
- б) окружная скорость быстровращающегося вальца, $v_1 = 6$ м/сек;
- в) отношение окружных скоростей вальцов, $i = \frac{v_1}{v_2} = 1,5$;
- г) удельная нагрузка вальцов, $Q = 460$ кг/см.сутки.

3. В обоечной машине с абразивным цилиндром ^{х/} -

- а) величина зазора между бичами и абразивной поверхностью,
 $b = 30$ мм;
- б) окружная скорость бичей, $v = 16,5$ м/сек;
- в) угол наклона бичей, $\gamma = 0,21$ рад;
- г) удельная нагрузка на 1 м^2 рабочей поверхности цилиндра,
 $Q = 0,88$ т/час.

^{х/} Параметры разработаны в Одесском технологическом институте имени М.В. Ломоносова для вальцового станка кандидатом технических наук А.П. Складенко, для обоечной машины - кандидатом технических наук И.К. Чайкой.

Результаты серии опытов по исследованию влияния ГТО зерна на эффективность получения крупы для хлопьев при измельчении кукурузы позволяют считать технологически целесообразными следующие значения факторов:

а) влажность зерна - 15,5-16,5% ; дальнейшее увеличение влажности (до $19,5 \pm 0,5\%$) приводит, как правило, к снижению выхода крупы для хлопьев и повышению расхода энергии при измельчении ; уменьшение влажности приводит к снижению технологической эффективности производства крупы для хлопьев и увеличению количества отходов ;

б) температура воды для увлажнения - $40 \pm 2^\circ\text{C}$; дальнейшее повышение температуры воды приводит к незначительному повышению выхода крупы для хлопьев с заметным увеличением дополнительных затрат на ее подогрев ;

в) продолжительность отволаживания зерна - 1,5 часа ; дальнейшее увеличение времени отволаживания приводит к ухудшению качества крупы вследствие потери оболочками кукурузы эластичности при подсыхании.

При ГТО зерна кукурузы паром, вследствие упрочения связи семенных оболочек с алейроновым слоем, крупу получали с высоким содержанием клетчатки, в связи с этим она не может быть рекомендована для производства хлопьев.

Сравнительные исследования измельчения зерна в различных машинах показали, что при дроблении кукурузы в дежерминаторе получен наибольший выход крупы для хлопьев, наименьший же, но с лучшим качеством крупы, - при измельчении в обоечной машине.

Сводные результаты опытов по исследованию влияния степени увлажнения крупы, продолжительности отволаживания крупы и обработки крупы паром на сокращение времени ее варки позволяют заключить, что метод подготовки крупы перед варкой сокращает время ее варки ; физические свойства крупы для хлопьев, изготовленной из гибридов ВИР-42 и Днепровский-56, при ее варке изменяются аналогично ; заметных различий во время варки крупы, подготовленной перед ее варкой методами холодного кондиционирования и ГТО паром, не наблюдается. Исследования позволяют считать технологически целесообразными следующие значения параметров:

а) при холодном кондиционировании крупы - влажность, $W = 19,0 \pm 0,5\%$;

температура воды для увлажнения, $t_в = 80 \pm 2^\circ\text{C}$;
 продолжительность отволаживания, $\theta = 90$ мин ;

б) при ГТО крупы паром -

влажность, $W = 19,0 \pm 0,5\%$;

время обработки крупы, $\tau = 10$ мин ;

давление пара в пропаривателе, $P = 2,5$ бар ;

продолжительность отволаживания, $\theta = 90$ мин.

Изменения в химическом составе крупы, вызываемые варкой, улучшают ее пищевые достоинства в связи с увеличением содержания в ней сахаров и декстринов, но наряду с этим приводят к уменьшению содержания витаминов, что видно из данных табл. 4^{х/}.

Таблица 4

Наименование	время варки, в мин	содержание, в % с.в.			непроявленная крупа, в %	содержание витаминов, в мг/%		
		сахаров	декстринов	крахмала		В ₁	В ₂	РР
1. Исходная крупа	-	3,0	0,1	66,9	100,0	0,22	0,14	0,44
2. Проваренная	30	6,2 ^{хх/}	1,5	65,3	64,7	0,21	0,13	0,43
3. -"-	60	6,6	1,9	64,5	39,2	0,20	0,12	0,41
4. -"-	90	6,8	2,3	64,0	17,0	0,19	0,12	0,41
5. -"-	120	6,9	2,9	63,6	10,1	0,18	0,11	0,41
6. -"-	150	7,0	3,0	63,6	10,0	0,18	0,11	0,41

хх/ Примечание: 3% сахара внесено в крупу сахарно-солевым раствором, предусмотренным технологией варки.

х/ Микробиологические анализы и определение витаминов проведены в лабораториях агрохимии, кормовых достоинств и фитопатологии ВНИИ кукурузы г. Днепропетровска. Выражаем глубокую благодарность докторам сельскохозяйственных наук, профессорам Ю.К.Кудзину и А.А.Стафийчуку, кандидату биологических наук Г.В.Грисенко и сотрудникам указанных лабораторий за предоставленную возможность проведения анализов и оказанную помощь.

Результаты серии исследований влияния температуры и продолжительности темперирования на качество варено-сушеной крупы показали следующее:

- а) при темперировании крупы изменяется ее углеводный комплекс; увеличение количества декстринов и сахаров происходит благодаря гидролизу крахмала до 10 часов выдерживания крупы при температуре $60 \pm 2^\circ\text{C}$;
- б) микроскопический анализ показал, что на варено-сушеной крупе при 8-ми часовой экспозиции обнаруживаются единичные нити гриба рода *Aspergillus* и отдельные термостойкие бактерии, а при 12-ти часовой - образуются хорошо видимые невооруженным глазом колонии гриба рода *Aspergillus*.

Происходящие изменения химического состава хлопьев при обжаривании определены содержанием сахаров, декстринов, крахмала и витаминов (табл. 5).

Таблица 5

Наименование	температура обжаривания, в $^\circ\text{C}$	содержание, в % с.в.			содержание витаминов, в мг/%		
		сахаров	декстринов	крахмала	В ₁	В ₂	РР
1. Сырые хлопья	-	7,8	5,8	60,0	0,18	0,11	0,41
2. Обжаренные хлопья	200	7,8	7,7	58,1	0,16	0,10	0,39
3. -- --	225	8,2	7,8	57,6	0,14	0,09	0,35
4. -- --	250	8,4	7,9	57,3	0,12	0,08	0,32
5. -- --	275	8,2	7,6	56,5	0,10	0,07	0,26
6. -- --	300	7,5	7,4	56,1	0,09	0,07	0,24

Анализ данных, приведенных в табл. 5, позволяет заключить, что углеводный комплекс и витамины в процессе обжаривания хлопьев претерпевают изменения, степень которых зависит от температуры обжаривания. При температуре обжаривания хлопьев $250 \pm 2^\circ\text{C}$ наблюдается максимальный рост декстринов и сахаров, а затем количественно-качественный состав углеводов нарушается, по-видимому, в результате образования сложных продуктов карамелизации.

При обжаривании хлопьев в газовых печах на их поверхности образуются мелкие обуглившиеся частицы.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА КУКУРУЗНЫХ ХЛОПЬЕВ ИЗ МУКИ

Хотя способ производства кукурузных хлопьев из крупы наиболее распространен и нашей работой показаны пути совершенствования основных технологических процессов, все же он характеризуется невысокой эффективностью продовольственного использования зерна кукурузы.

С целью повышения технологической и экономической эффективности производства хлопьев, во второй части наших исследований определяли возможность разработки новой технологии производства хлопьев с максимальным использованием эндосперма кукурузы и в особенности с использованием мелких мучнистых продуктов.

Предварительными исследованиями показана возможность изготовления хлопьев из муки, а проведенной работой в Украинском научно-исследовательском институте консервной промышленности определена возможность их получения в производственных условиях.

Выработку хлопьев из кукурузной муки производили в соответствии с технологической схемой (рис. 1) в условиях Днепропетровского завода пищевых концентратов. Проверка разработанной технологии дала положительные результаты: выработана опытная партия хлопьев из муки по технологическим параметрам, близким к полученным в лабораторных условиях.

Для производства гранул приготавливали тесто в варочной ванне макаронного пресса типа ГМП, модернизированной из ванны смешивания муки с водой. Муку и сахарно-солевой раствор при температуре его кипения подавали в варочную ванну через дозаторы из расчета 56,3% муки и 43,7% раствора. Сахарно-солевой раствор приготавливали по такой рецептуре (в %): сахар - 7,3; соль - 3,6; вода - 89,1.

Проваренное тесто подавали горизонтальным шнеком в прессующую головку пресса, на выходе из которой устанавливали матрицу с диаметром выходных отверстий 7,0 мм. Тесто, проходя через матрицу, формовалось в ленты, которые нарезали ножами на гранулы длиной 1,5 - 2,0 мм, после чего гранулы высушивали и расплющивали на плющильном станке с подогревающими вальцами при одновременном обжаривании хлопьев.

Результаты серии опытов по исследованию влияния времени варки на состояние теста представлены в табл. 6, из которой следует, что при варке теста уменьшается его влажность.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПРОИЗВОДСТВА ХЛОПЬЕВ ИЗ МУКИ

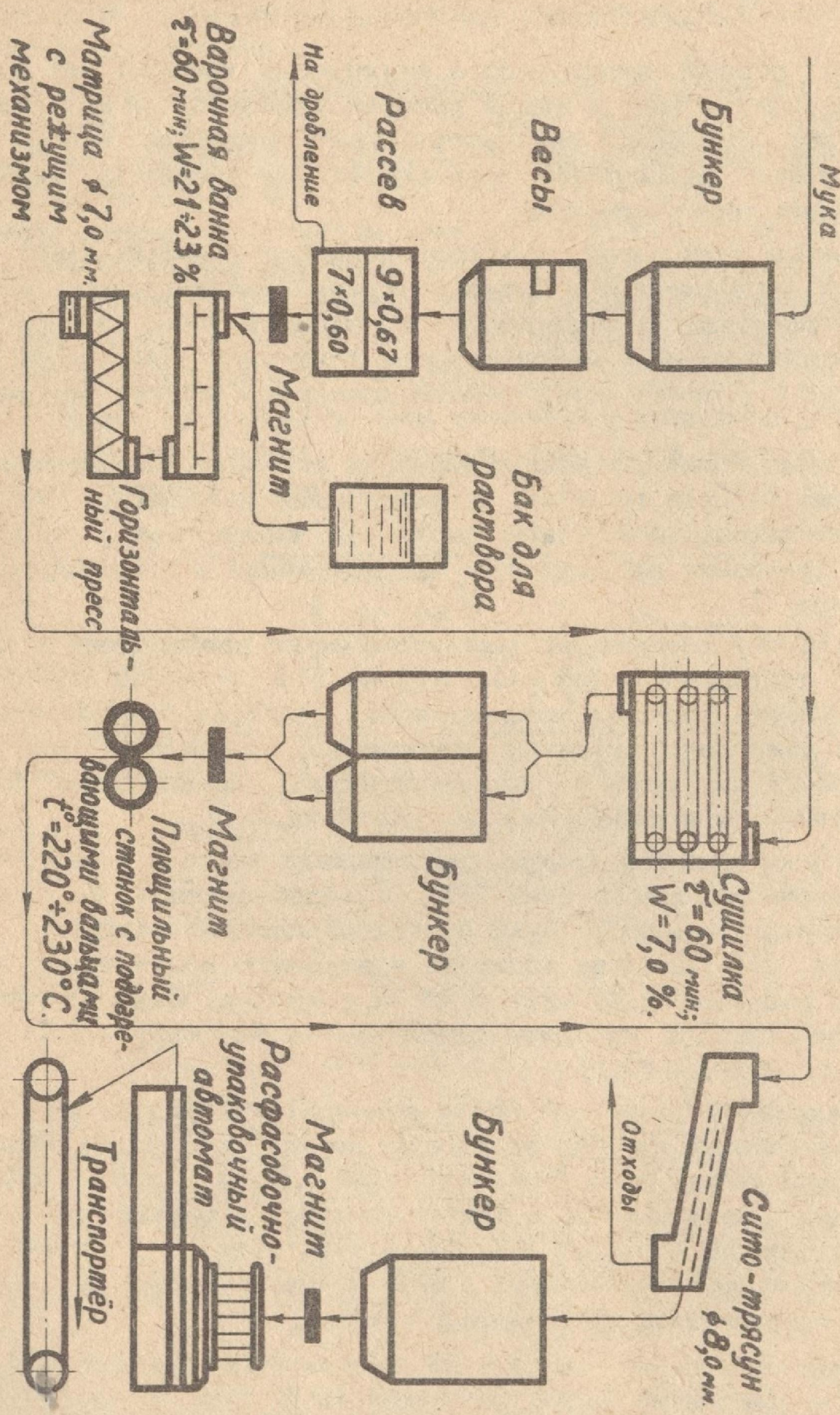


Рис. 1.

Таблица 6

Наименование	время варки, в мин	влажность теста, в %	примечание
1. Тесто для производства гранул	10	34-35	
2. --" -- --" -- --" --	20	34-35	
3. --" -- --" -- --" --	30	30-32	
4. --" -- --" -- --" --	40	25-27	
5. --" -- --" -- --" --	60	21-23	
6. --" -- --" -- --" --	80	19-20	

Варку теста следует проводить в течение 60 мин с доведением его влажности до 21-23%, т.к. увеличение времени варки приводит к затруднительному выпрессовыванию массы и плохому качеству гранул.

Результаты исследования изменений углеводного комплекса и витаминов при производстве гранул в зависимости от времени варки теста приведены в табл. 7.

Таблица 7

Наименование	время варки, в мин	Содержание, в % с.в.			содержание, в мг/%		
		сахаров	декстринов	крахмала	B ₁	B ₂	РР
1. Тесто для гранул	-	3,0	0,1	66,9	0,22	0,14	0,44
2. Проваренное тесто	10	6,5 ^{х/}	1,6	64,9	0,22	0,13	0,44
3. --" -- --" -- --" --	20	6,8	3,0	63,2	0,21	0,13	0,43
4. /- --" -- --" -- --" --	40	7,2	4,9	60,9	0,21	0,12	0,43
5. --" -- --" -- --" --	60	8,0	7,5	57,9	0,20	0,12	0,42
6. --" -- --" -- --" --	80	8,2	7,5	58,0	0,20	0,12	0,42

^{х/} Примечание: 3% сахара внесено в тесто сахарно-солевым раствором, предусмотренным технологией варки.

Из данных, приведенных в табл. 7, видно, что с увеличением времени варки повышается содержание сахаров и декстринов и

уменьшается количество витаминов; количественно-качественный состав углеводов не изменяется при варке теста до 60 мин, с увеличением же времени варки свыше указанного суммарный количественный состав их повышается на 0,5-0,7%, что наблюдалось в исследованиях других авторов (А.С. Генин и др.). Это можно объяснить, по-видимому, гидролизом, кроме крахмала муки, других высокомолекулярных веществ.

С целью определения необходимости темперирования гранул и происходящих физико-химических изменений при температуре выдерживания $60 \pm 2^\circ\text{C}$ и влажности $7,0 \pm 0,5\%$ проведены исследования, результаты которых представлены в табл. 8.

Таблица 8

Наименование	продолжительность выдерживания, в мин	содержание, в % с.в.		
		сахаров	декстринов	крахмала
1. Исходные гранулы	-	8,0	7,5	57,9
2. Темперированные гранулы	60	8,2	7,7	58,0
3. " " "	120	8,2	7,7	58,0
4. " " "	180	8,2	7,6	58,0

При темперировании гранул (табл. 8) не наблюдалось каких-либо существенных изменений их физико-химических свойств; это позволяет сделать заключение, что процессом темперирования при производстве хлопьев из муки можно пренебречь.

Результаты исследования совмещенного метода распущивания гранул с одновременным обжариванием хлопьев приведены в табл. 9.

Из приведенных данных видно, что повышение влажности гранул более $7,0 \pm 0,5\%$ приводит к образованию хлопьев жестких, плохо поджаренных, с малым количеством микровздутий, а понижение - повышенному количеству мелких хлопьев и увеличению отходов.

При обжаривании хлопьев из муки изменяется их углеводный комплекс и количество витаминов, что видно из данных, приведенных в табл. 10.

Таблица 9

Наименование	влажность, в %		температура обжаривания, °С	показатели качества хлопьев
	до обжаривания	после обжаривания		
1. Гранулы для хлопьев	9	5	210	Грубые, непрожаренные
	8	5	--	--
	7	4	--	Малое к-во микровздутий
	6	4	--	--
2. -- -- --	9	4	220	Плохо поджаренные
	8	3	--	Мало микровздутий
	7	3	--	Хорошего качества
	6	3	--	Много мелких хлопьев
3. -- -- --	9	4	230	Непрожаренные
	8	3	--	Мало микровздутий
	7	3	--	Хорошего качества
	6	3	--	Много мелких хлопьев
4. -- -- --	9	4	240	Непрожаренные
	8	3	--	Подгоревшие хлопья
	7	3	--	--
	6	3	--	--

Таблица 10

Наименование	температура обжаривания, в °С	содержание, в %			содержание, в мг/%		
		сахаров	декстринов	крахмала	B ₁	B ₂	PP
1. Гранулы	--	8,2	7,7	58,0	0,20	0,12	0,42
2. Обжаренные хлопья	210	8,3	8,0	57,6	0,19	0,12	0,41
3. -- --	220	8,4	8,2	57,3	0,17	0,11	0,37
4. -- --	230	8,4	8,5	57,0	0,15	0,10	0,36
5. -- --	240	8,1	7,9	56,2	0,13	0,09	0,32
6. -- --	250	8,0	7,6	55,3	0,12	0,09	0,30

Химический состав хлопьев, полученных из муки и крупы, приведен в табл. 11 (в % на сухое вещество).

Таблица 11

Наименование	крах- мал	декст- рины	сахар	белок <i>N</i> х6,25	содержание витаминов, в мг/%			жир	золь- ность
					B1	B2	PP		
1. Хлопья из крупы	57,60	7,90	8,60	10,00	0,09	0,07	0,23	1,40	2,04
2. Хлопья из муки	57,0	8,50	8,40	9,81	0,16	0,10	0,36	1,82	2,46

Данные химического состава позволяют считать, что хлопья из муки по химическому составу аналогичны хлопьям, полученным из крупы. Содержание же витаминов в них значительно большее.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Совершенствование технологии производства кукурузных хлопьев представляет важную народно-хозяйственную задачу, вытекающую из необходимости повышения продовольственного использования зерна кукурузы в пищевом концентратной промышленности и улучшения качества готовой продукции.

2. Существующие технологические способы производства кукурузных хлопьев не позволяют получить более 30% крупы для хлопьев, количество отходов и потерь при этом достигает 35% от перерабатываемого зерна. Остальные около 35% продуктов переработки зерна кукурузы в виде мелких фракций (мука, мелкая крупа) используются чаще всего для кормовых целей. Малоэффективны и другие основные технологические процессы производства хлопьев из крупы.

Проведенные исследования позволили наметить пути совершенствования процесса производства хлопьев из крупы.

3. Исследование влияния факторов гидротермической обработки (ГТО) зерна кукурузы на эффективность получения крупы для изготовления хлопьев позволило рекомендовать метод холодного кондиционирования с подогревом воды и считать технологически целесообразными следующие значения факторов:

влажность, $W = 15,5 - 16,5 \%$;

температура воды для увлажнения, $t_{\text{в}} = 40 \pm 2^{\circ}\text{C}$;

продолжительность отволаживания, $\theta = 1,5$ час.

При ГТО зерна кукурузы паром, вследствие упрочения связи семенных оболочек с алейроновым слоем, крупа получается с высоким содержанием клетчатки, в связи с этим она не может быть рекомендована для производства хлопьев.

4. Полученные результаты по исследованию влияния параметров рабочих органов дежерминатора на эффективность получения крупы для хлопьев с учетом исследуемого зерна позволили установить технологически целесообразные кинематические, геометрические и нагрузочные параметры:

число оборотов ротора дежерминатора, $n = 730-800$ об/мин;
радиальный зазор между конусообразным ротором и обечайкой дежерминатора, $\delta = 10,0$ мм;
удельная нагрузка на 1 м^2 рабочей поверхности обечайки дежерминатора, $Q = 910$ кг/час.

Исследования различных методов измельчения зерна показали, что в условиях рекомендуемых параметров ГТО кукурузы целесообразно применение дежерминатора в качестве измельчающей машины.

5. Результаты серии опытов по исследованию влияния различных методов ГТО крупы на сокращение времени ее варки позволяют считать технологически целесообразными следующие значения параметров:

- а) при холодном кондиционировании крупы -
влажность, $W = 19,0 \pm 0,5\%$;
температура воды для увлажнения, $t_{\text{в}} = 80 \pm 2^\circ\text{C}$;
продолжительность отволаживания, $\theta = 90$ мин;
- б) при ГТО крупы паром -
влажность, $W = 19,0 \pm 0,5\%$;
время обработки паром, $\tau = 10$ мин;
давление пара в пропаривателе, $P = 2,5$ бар;
продолжительность отволаживания, $\theta = 90$ мин.

6. Сводные результаты экспериментов по исследованию процесса темперирования варено-сушеной крупы позволяют считать, что 10-ти часовая выдержка крупы при температуре $60 \pm 2^\circ\text{C}$ является технологически наиболее целесообразной.

Микроскопический анализ показал, что на варено-сушеной крупе при 8-ми часовой экспозиции обнаруживаются единичные нити гриба рода *Aspergillus* и отдельные термостойкие бактерии, а при 12-ти часовой - образуются хорошо видимые нево-

оруженным глазом колонии гриба рода *Aspergillus*.

7. Экспериментальные исследования процесса обжаривания хлопьев из крупы позволяют считать, что

- а) при обжаривании наблюдается рост декстринов и сахаров, наибольшее содержание которых получено при $t_{ox} = 250 \pm 2^\circ\text{C}$ внутри барабана обжарочной печи; при температуре более $250 \pm 2^\circ\text{C}$ происходит уменьшение содержания декстринов и сахаров в хлопьях;
- б) в процессе обжаривания хлопьев на их поверхности образуются мелкие обуглившиеся частицы;
- в) с повышением температуры при обжаривании хлопьев уменьшается содержание витаминов В₁, В₂ и РР.

8. Комплекс исследований влияния различных факторов ГТО зерна кукурузы на крупобразование и качество крупы для хлопьев, на физико-химические свойства крупы при ее варке, темперировании варено-сушеной крупы и обжаривании хлопьев из крупы показал, что имеется возможность увеличения выхода крупы для получения хлопьев за счет уменьшения мелких фракций продуктов дробления кукурузы на 15%, можно сократить также и процесс варки наполовину. Однако, коэффициент использования эндосперма зерна кукурузы и в этом случае будет также невысоким, а отдельные технологические процессы остаются по-прежнему продолжительными и малоэффективными. Например, процесс варки, несмотря на его сокращение, не обеспечивает проваривания всей массы крупы. Продолжительным остается процесс темперирования варено-сушеной крупы, не устранено также и образование при обжаривании хлопьев на их поверхности обуглившихся частиц, ухудшающих качество готовых изделий.

В связи с этим возникла необходимость поиска более эффективного способа производства хлопьев. Предварительными исследованиями определена возможность получения их из кукурузной муки.

9. Экспериментальные исследования технологии производства хлопьев показали, что технология их производства из кукурузной муки более проста, и позволили рекомендовать следующие значения параметров:

- варка теста из кукурузной муки, заваренной сахарно-солевым раствором при температуре кипения, непрерывном подогреве и перемешивании в течение 60 мин, доведение теста до влажности $W = 21 - 23\%$;

- диаметр гранул из проваренного теста - 7,0 мм, длина их - 1,5 - 2,0 мм;
- сушка гранул до влажности $W = 7,0\%$;
- обжаривание хлопьев при одновременном расплющивании гранул на плющильном станке при температуре подогрева валцов $t_{ох} = 230^{\circ}\text{C}$.

10. При производстве гранул и обжаривании хлопьев из муки существенным изменениям подвергаются углеводный комплекс и витамины.

11. По разработанной технологии с некоторым изменением можно изготавливать не только хлопья, но и другую продукцию (орешки, ракушки, алфавит).

12. Расчет экономической эффективности от внедрения новой технологии производства кукурузных хлопьев из муки показывает, что только за счет увеличения общего выхода товарной продукции из зерна кукурузы, в том числе за счет повышения выхода крупы для кукурузных палочек, по одному только Днепропетровскому заводу пищевых концентратов дополнительная прибыль составит 424 тыс. рублей в год. Кроме того, за счет сокращения оборудования и численности рабочих годовая экономия достигнет 51,6 тыс. рублей.

Разработанная новая технология зарегистрирована Государственным Комитетом по делам изобретений и открытий при Совете Министров СССР.

Технология производства хлопьев из муки освоена работниками Днепропетровского завода пищевых концентратов.

Украинским научно-исследовательским институтом консервной промышленности разработана техническая документация на производство хлопьев из кукурузной муки и техническое задание на проектирование линии по производству сухих завтраков из муки.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНО В СЛЕДУЮЩИХ СТАТЬЯХ

1. Требования к сортам кукурузы для производства пищевых концентратов. Сборник „Зерновые и крупяные культуры“. Издательство УАСХН, 1960.

2. Кукуруза – сырье промышленных предприятий. Брошюра. Гостехиздат УССР, 1961.

3. Технологическая схема производства кукурузных хлопьев на Днепропетровском заводе пищевых концентратов. Сборник „Обмен опытом по применению новой техники в пищекокцентратном производстве“. Издательство ГОСИНТИ, 1961.

4. Подготовка зерна к дроблению при производстве хлопьев. „Пищевая промышленность“ (консервная, овощесушильная и пищекокцентратная), № 11, 1963.

5. Повышение выхода крупшой крупы в технологии кукурузных хлопьев. Вестник технической и экономической информации, № 7, 1964.

6. Совершенствование технологии и модернизация оборудования при производстве сухих завтраков. Консервная и овощесушильная промышленность, № 8, 1966.

7. Изменение физико-химических свойств варено-сушеной крупы при кондиционировании. Консервная и овощесушильная промышленность, № 1, 1967.

8. Изменение химического состава кукурузных хлопьев при обжаривании. Консервная и овощесушильная промышленность, № 3, 1967.

9. Изменение физико-химических свойств крупы при производстве кукурузных хлопьев. ЦИНТИпищепром, № 12, 1967.

10. Авторское свидетельство на изобретение № 209203. 1967.

ПО ВОПРОСАМ, РАССМАТРИВАЕМЫМ В ДИССЕРТАЦИИ, АВТОРОМ СДЕЛАНЫ ДОКЛАДЫ

1. Требования к сортам кукурузы для производства хлопьев. На семинаре „Применение кукурузы в пищевой промышленности“. Выставка передового опыта в народном хозяйстве УССР, Киев, 1962.

2. Совершенствование технологии производства кукурузных хлопьев. Всесоюзная школа по обмену опытом в производстве новых видов изделий из кукурузы. Днепропетровск, 1965.

3. Исследование технологии производства кукурузных хлопьев. На XXVIII научной конференции Одесского технологического института имени М.В. Ломоносова, Одесса, 1967.

4. Исследование возможности производства кукурузных хлопьев из муки. На республиканской научно-технической конференции „Внедрение новой техники, улучшение качества и оформление готовой продукции, мероприятия по расширению ассортимента консервной, овощесушильной и пищекокцентратной промышленности“, Киев, 1967.

5. Состояние и пути совершенствования технологии производства кукурузных хлопьев и разработка новых видов продукции из кукурузной муки. На секции консервной, овощесушильной и пищекокцентратной промышленности научно-технического Совета МПП УССР, Киев, 1968.

6. Исследование технологической эффективности производства кукурузных хлопьев. На выездной секции технико-экономического Совета Одесского Межобластного Совхозконсервтреста, проведенной на комбинате пищевых концентратов, Одесса, 1968.

7. Производство новых видов сухих завтраков из кукурузной муки: хлопьев, орешков, ракушек. На Всесоюзном семинаре „Перспективы развития пищекокцентратной промышленности и улучшение качества продукции“, Москва, 1968.

8. Производство из кукурузной муки хлопьев, хрустящих орешков, ракушек и воздушного алфавита. На научно-техническом Совете Главконсерва Минпищепрома СССР, Москва, 1969.

БР 09496 Подписано к печати 20/У-1969 г. Объем 1,2 печ.л.
Уч.-изд.л. 1,3 Заказ № 88 Тираж 180 экз. 1969 г.

Лаборатория фотомеханической печати ОТИ
имени М.В. Ломоносова, г. Одесса, ул. Свердлова, № 112