

Автор ерз.  
К 89

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ УССР

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ имени М. В. ЛОМОНОСОВА

---

*Аспирант О. В. КУЗЬМИНА*

**ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОТЕРМИЧЕСКОЙ  
ОБРАБОТКИ ЗЕРНА В ТЕХНОЛОГИИ  
ПРОИЗВОДСТВА РИСА**

*05374. Технология зерновых, бобовых  
и крупяных культур*

**Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук**

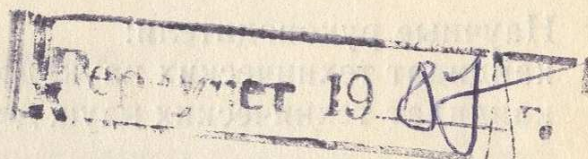
Одесса — 1971

С/С

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ УССР

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ имени М. В. ЛОМОНОСОВА

Аспирант *О. В. КУЗЬМИНА*



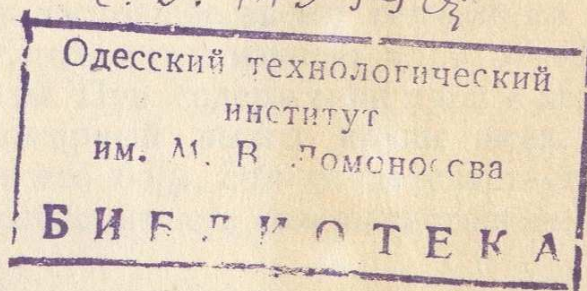
ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОТЕРМИЧЕСКОЙ  
ОБРАБОТКИ ЗЕРНА В ТЕХНОЛОГИИ  
ПРОИЗВОДСТВА РИСА

*05 374. Технология зерновых, бобовых и крупяных культур*

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

*УОИ 1600  
с. в. 11599 з*



Одесса — 1971

*Работа выполнена на кафедре технологии переработки  
зерна Одесского технологического института пищевой  
промышленности имени М. В. Ломоносова*

Научные руководители:

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

Официальные оппоненты:

доктор биологических наук, профессор **Е. П. Алешин**;  
кандидат технических наук, доцент **В. А. Яковенко**.

Оппонирующая организация — Всесоюзный научно-иссле-  
довательский институт зерна.

Автореферат разослан « *23* » *февраля* 1971 г.

Защита диссертации состоится « *26* » *марта* 1971 г.  
на заседании совета Одесского технологического института пищевой про-  
мышленности имени М. В. Ломоносова.

Просим Ваши отзывы в 2-х экземплярах присылать по адресу: г. Одес-  
са, ГСП-510, ул. Свердлова, 112. Технологический институт пищевой про-  
мышленности имени М. В. Ломоносова.

Ученый секретарь совета

**Л. А. ЗАПОРОЖЕЦ**

## ВВЕДЕНИЕ

Создание изобилия продовольственных товаров и на этой основе дальнейшее повышение жизненного уровня народа является важнейшей задачей коммунистического строительства в нашей стране.

Необходимость быстрее выполнения планов производства зерна, предусмотренных Директивами XXIII съезда КПСС по пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР на 1966—1970 гг., с особой силой подчеркнута постановлениями майского (1966 г.) и октябрьского (1968 г.) Пленумов ЦК КПСС.

На майском Пленуме ЦК КПСС была поставлена задача в ближайшее время обеспечить потребности страны в рисе за счет собственного производства. О значительном увеличении производства риса в последние годы свидетельствует тот факт, что если в 1964 г. было заготовлено 235 тыс. тонн, то в 1969 г. — 755 тыс. тонн. Директивами XXIV съезда КПСС по пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР предусмотрено довести производство риса в 1975 г. до 2 млн. тонн. В связи с этим перед крупной промышленностью стоит задача эффективного использования природных ресурсов зерна риса на основе совершенствования технологии его переработки.

Применяемая в настоящее время технология переработки риса не позволяет полностью извлечь ядро, 10—12% его направляется в отходы. При содержании ядра в исходном зерне в среднем 76% суммарный выход крупы всех сортов нормами установлен всего 65%. Это свидетельствует о наличии возможностей и необходимости совершенствования технологии переработки риса.

Настоящая работа направлена к тому, чтобы на основе изучения существующей технологии изыскать методы ее совершенствования с целью повышения продовольственного исполь-

зования зерна риса и улучшения качества вырабатываемой крупы.

Диссертационная работа состоит из трех глав, изложена на 190 страницах машинописного текста, содержит 43 таблицы и 38 рисунков в тексте, 15 сводных таблиц в приложении, список использованной литературы, включающий 334 наименования, из них 62 зарубежных авторов.

## Г Л А В А I

### ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ О ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕРНА РИСА

Анализ технологического процесса на крупозаводах нашей страны свидетельствует о том, что выход крупы высоких сортов значительно ниже базисного, увеличилось количество дробленого риса, достигающее 16%. При этом фактический выход крупы всех сортов выше расчетного, что свидетельствует также о невысоком качестве перерабатываемого зерна. Следовательно, для повышения коэффициента использования ядра и улучшения качества крупы необходимо изыскивать новые способы обработки зерна риса, одним из которых является гидротермическая обработка (ГТО).

Научные основы гидротермической обработки зерна в нашей стране заложены работами Куприца Я. Н. и в дальнейшем развиты в трудах отечественных ученых (Казаков Е. Д., Козьмина Е. П., Княгиничев М. И., Кретович В. Л., Наумов И. А., Егоров Г. А., Ленарский И. И., Соседов Н. И., Гинзбург А. С., Дубовский В. П., Гинзбург М. Е. и другие) и зарубежных (Кик М. С., Ландингам Ф. Б., Боразлио Л., Курасава Г. и другие). В результате проведенных работ установлено, что основными факторами гидротермической обработки являются вода, тепло, время и окружающая среда, которые оказывают влияние на изменение физико-химических и технологических свойств зерна.

Метод гидротермической обработки зерна широко используется в технологии переработки различных культур как в нашей стране, так и за рубежом, однако гидротермическая обработка зерна риса в нашей стране не применяется.

В настоящее время пропаренный рис производят в странах Азии (Индии, Пакистане, Бирме, Малайе, Цейлоне), Африки (Мали, Гвинея), Австралии, Европе и США.

Многочисленными исследованиями как отечественных, так и зарубежных ученых: Княгиничева М. И., Козьминой Е. П., Ленарского И. И., Кретовича В. Л., Алешина Е. П., Роменско-

го Н. В., Егорова Г. А., Яковенко В. А., Кик М., Ландингам Ф., Боразино Л., Рао Б., Курасава Г. и других установлено изменение биохимических свойств зерна риса и крупы под воздействием различных факторов внешней среды. Однако влияние отдельных факторов гидротермической обработки на изменение биохимических свойств зерна риса изучено еще недостаточно.

На основании обзора отечественной и зарубежной литературы и анализа работы ряда рисозаводов страны можно сделать вывод, что

— существующая технология переработки зерна риса в крупу не обеспечивает полного использования ядра;

— гидротермическая обработка является одним из эффективных методов улучшения физико-технологических и биохимических свойств зерна риса;

— в литературе отсутствуют данные о методах и режимах гидротермической обработки зерна риса применительно к сортам, выращиваемым в нашей стране.

В связи с изложенным, целью настоящего исследования является повышение уровня продовольственного использования зерна риса и улучшение качества вырабатываемой крупы на основе применения гидротермической обработки.

В соответствии с целью работы поставлены следующие задачи:

1. Изучить влияние гидротермической обработки на изменение физических свойств зерна (водопоглотительную способность, прочность и микроструктуру ядра).

2. Изучить влияние режимов гидротермической обработки на изменение технологических свойств риса.

3. Исследовать изменение биохимических свойств зерна риса и продуктов его переработки в зависимости от параметров гидротермической обработки.

4. Обосновать технологически целесообразные параметры гидротермической обработки.

5. Выявить технико-экономическую эффективность применения гидротермической обработки риса.

## ГЛАВА II

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ БАЗА И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В соответствии с поставленными задачами по исследованию физических, технологических и биохимических свойств зерна риса и потребительских достоинств крупы в связи с различными условиями гидротермической обработки был исполь-

зован комплекс лабораторного оборудования: горизонтальный шнековый пропариватель, сушилка, лабораторный шелушитель с резиновыми вальцами типа ЗРД, аспирационная колонка, шлифовальная машина, рассев, ситовой классификатор, приборы и аппараты для определения прочности, цвета и других показателей: машина МР-0,05, прибор ФПМ-1, микротом МС-1, микроскоп МБР-1 и др.

Согласно лабораторной схеме технологического процесса, образцы риса необработанного (исходного) и подвергнутого гидротермической обработке перерабатывали в крупу при одинаковых условиях, что позволило получить сравнительные данные о влиянии методов и режимов подготовки зерна к переработке.

Очищали образцы зерна путем сепарирования для удаления примесей, отличающихся размерами и аэродинамическими свойствами. Подготовка зерна к переработке состояла в мойке, увлажнении, отволаживании, пропаривании при повышенном давлении, охлаждении и сушке. Очищенное и подготовленное зерно перерабатывали посредством шелушения, сортирования, шлифования.

При изучении этапа подготовки зерна риса к переработке подвергали сравнительным исследованиям два метода: без гидротермической обработки (необработанный) и с применением гидротермической обработки насыщенным паром.

Для изучения влияния методов и параметров гидротермической обработки зерна риса на физические, технологические, биохимические свойства и потребительские достоинства риса были приняты следующие режимы:

- степень увлажнения зерна  $18 \div 32 \pm 0,5\%$  с интервалом  $2\%$ ;
- температура воды для увлажнения  $20 \div 80^\circ\text{C}$  с интервалом  $10^\circ\text{C}$ ;
- продолжительность отволаживания  $4 \div 54$  час с промежутком  $6-8$  час;
- давление насыщенного пара  $0,3 \div 2,5$  ати с интервалом  $0,2-0,3$  ати;
- время пропаривания  $0,5 \div 3,0$  мин с интервалом  $0,5$  мин;
- охлаждение зерна при температуре  $20^\circ\text{C}$ ;
- температура теплоносителя сушки на первом этапе —  $35^\circ\text{C}$ , на втором —  $70^\circ\text{C}$ ;
- влажность зерна перед шелушением  $13 \div 16 \pm 0,5\%$  с интервалом  $1^\circ\text{C}$ .

Исследование проводили по сериям опытов. В первой серии опытов исследовали методы и режимы увлажнения и отвола-

живания зерна, во второй серии — влияние давления пара и продолжительности пропаривания.

Основные исследования влияния методов и режимов подготовки зерна к переработке проводили параллельно на двух наиболее распространенных сортах риса Дубовский 129 и Краснодарский 424.

Оценку физико-химических и технологических показателей зерна риса и потребительских достоинств крупы производили по комплексу показателей, представленных в табл. 1.

Таблица 1

**Показатели оценки результатов опытов**

Показатели качества и химического состава зерна риса и крупы	Технологические показатели	Потребительские достоинства крупы
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Объемно-весовые показатели: объемная масса, вес 1000 зерен</li> <li>2. Геометрические характеристики: линейные размеры, отношение длины к ширине, площадь поперечного сечения</li> <li>3. Выход чистого ядра</li> <li>4. Пленчатость</li> <li>5. Стекловидность</li> <li>6. Трещиноватость</li> <li>7. Размер и расположение мучнистого пятна</li> <li>8. Влажность</li> <li>9. Содержание: крахмала, «сырого» протеина, «сырой» клетчатки, фракций белка, аминокислот, сахаров, зольных веществ, витаминов</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Эффективность шелушения: коэффициент шелушения зерна риса</li> <li>2. Эффективность шлифования: общий выход крупы, в том числе дробленого риса; качество крупы; качество продуктов шлифования (мучки)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Показатели качества после кулинарной обработки: цвет, запах, вкус, консистенция</li> <li>2. Продолжительность варки</li> <li>3. Число набухания</li> <li>4. Степень развариваемости по сухому остатку отвара</li> </ol>

Прочность зерна риса необработанного и подвергнутого гидротермической обработке характеризовали удельным разрушающим усилием сжатия, отнесенным к площади поперечного сечения образца. Образцы зерна риса готовили путем ос-

вобождения зерновки от цветочной пленки, плоскопараллельного среза верхней и нижней части ядра и получения образца в виде цилиндра высотой  $3 \pm 0,5$  мм. Площадь поперечного сечения образца определяли под микроскопом с помощью измерительной сетки.

Исследование микроструктуры эндосперма ядра риса проводили путем получения срезов на санном микротоме МС-1, окрашиванием их гематоксилином и микрофотографированием при увеличении в 200 и 960 раз.

Цвет крупы определяли оптическим методом на фотоэлектрическом приборе ФПМ-1, для чего образцы крупы измельчали до определенной степени дисперсности, полученную муку уплотняли в обойме прибора и контролировали на светофильтрах СЗС-7 и ОС-14. Цвет характеризовали яркостью в условных единицах шкалы прибора, оттенок цвета получали по номограмме.

Биохимические свойства зерна и крупы определяли общепринятыми методами: содержание крахмала по ГОСТу 10845—64; «сырого» протеина — по Кьельдалю; «сырой» клетчатки — методом Геннеберга и Штомана в модификации Попова П. В.; аминокислотного состава — методом бумажной хроматографии: зольных веществ — путем прямого сжигания без ускорителей, ГОСТ 10847—64; содержание сахаров — микрометодом Бертрана в модификации Ильина Б. С.; содержание амилозы — методом «йодно-синего числа» по Смирновой-Иконниковой М. И.; глюкозу — методом хроматографии на бумаге; молекулярный вес — методом Хагедорна-Иенсена; содержание витамина В<sub>1</sub> — методом, разработанным Всесоюзным научно-исследовательским институтом витаминологии. Свойства крахмала: гигроскопичность, вязкость, температуру клейстеризации, ферментативную атакуемость определяли по общепринятым методикам.

Потребительские достоинства крупы: число набухания определяли по методике Рао Б.; число экспансий — по методике Рефаи Ф. и Ахмад С. в модификации Козьминой Е. П. и Саркисовой Н. Е.; степень развариваемости по сухому остатку отвара — по методике Боразии Л., усвояемость крупы определяли по амилолитическому расщеплению  $\alpha$ - и  $\beta$ -амилазой; особенности хранения крупы, полученной с применением гидротермической обработки, оценивали изменением количества и качественного состава микроорганизмов.

Результаты экспериментальных исследований обработаны методами математической статистики.

## ГЛАВА III

# ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА РИСА

### 1. Физико-технологическая характеристика зерна

В качестве основных объектов исследования взяты наиболее распространенные районированные сорта риса Краснодарский 424 и Дубовский 129 урожая 1967—1969 гг., выращенные в Одесской области. Исследования проведены также на указанных и других сортах риса, выращенных в различных почвенно-климатических условиях: Краснодарский 424 — Краснодарского края урожая 1967 г.; Дубовский 129 — Астраханской и Кзыл-Ординской областей; Узрос 269 и Кубань 3 — Кзыл-Ординской области урожая 1968 г., а также широко используемое в крупяном производстве рядовое зерно риса, представляющее собой смесь сортов Краснодарского края урожая 1968 г.

Физико-технологические свойства и химический состав основных сортов зерна риса приведены в табл. 2.

### 2. Влияние гидротермической обработки на изменение физических свойств зерна риса

Водопоглотительная способность зерна риса. Экспериментальные исследования о приращении влаги в зерне показали, что с увеличением температуры воды степень увлажнения зерна риса возрастает. Установлено, что повышение температуры воды до 35—40°C позволяет достигнуть приращения влаги в зерне на 8—10% против 6—7% при увлажнении водой при температуре 20—25°C. Такой большой «захват» воды по сравнению с зерном пшеницы объясняется особенностями строения зерновки риса и, в частности, наличием хорошо развитой цветочной пленки, представляющей собой ткань ярко выраженного волокнистого строения, с большим количеством пустот, способствующих поглощению влаги.

При отволаживании идет процесс перемещения влаги в зерне. Определение влажности зерна и ядра, освобожденного от цветочной пленки, позволило установить, что у образцов зерна риса, подвергнутых увлажнению при температуре воды 20°C, влага проникает в ядро за 8—12 час, а при 35°C — за 6—8 час, при этом влажность зерна достигает 20—23%. Исследованиями установлено, что технологически целесообразную влажность зерна риса до пропаривания следует принять 28—30%. В связи с этим возникла необходимость повторного увлажнения зерна риса. Экспериментально установлено, что при ступенчатом трехкратном увлажнении необходимая влаж-

Физико-технологические свойства и химический состав зерна риса

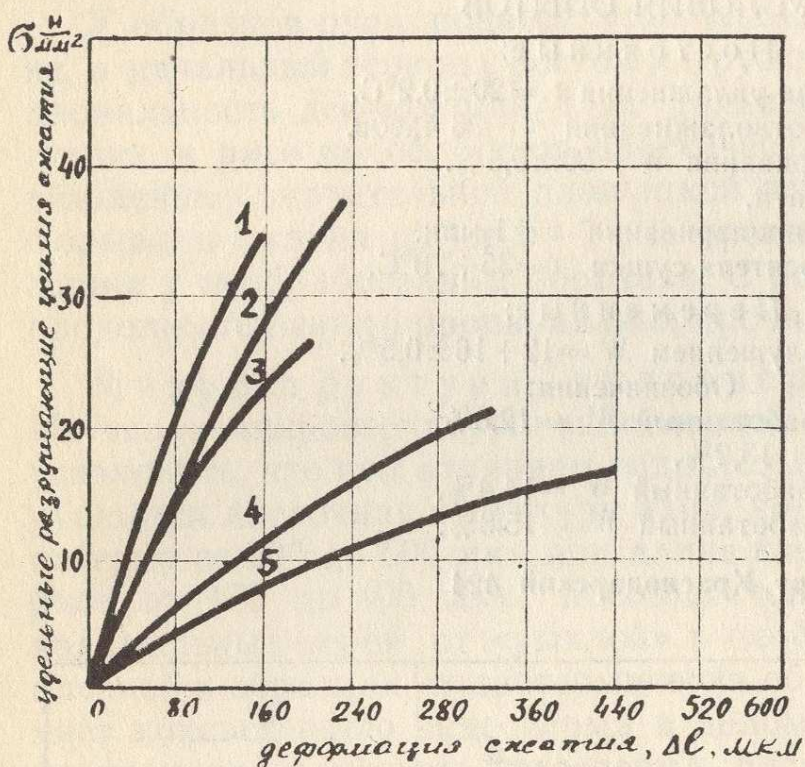
Таблица 2

Сорт риса	Влажность, %		Содержание, %							Содержание, %								
	Всего	в том числе минеральной примеси	Всего	в том числе обрушенных зерен	Содержание, %			Пленчатость, %	Абсолютная масса, г	Объемная масса, г/л	Стекловидность, %	Трешиноватость, %	«сырого» протеина (N x 6,25)	крахмала	«сырой» клетчатки	жира	зольных веществ	
					зеленых зерен	зерен с красной семенной оболочкой	зерен											
Краснодарский 424	12,8	7,76	0,16	1,10	1,10	1,10	0,5	0,10	17,2	28,5	604,1	84	42	8,51	63,8	7,57	2,08	5,24
Дубовский 129	12,4	0,64	0,12	0,92	0,10	—	0,32	17,0	29,7	603,0	93	22	9,06	63,9	7,41	2,45	4,78	

ность перед пропариванием достигается за 36 часов при температуре воды 20°C и за 18 часов — при температуре воды для увлажнения 35°C.

Прочность ядра риса. Результаты исследования влияния различных методов подготовки и режимов гидротермической обработки зерна риса на изменение его прочности и характера деформации сжатия приведены на рис. 1, 2 и табл. 3.

### Сорт Краснодарский 424



### УСЛОВИЯ ОПЫТОВ

Постоянные:

Температура воды для увлажнения  $t = 20 \pm 2^\circ\text{C}$ .

Переменные:

Влажность  $W = 12 \pm 23 \pm 0,5\%$ .

Обозначения:

1. Увлажненный  $W = 13,4\%$ .

2. Исходный  $W = 13,2\%$ .

3. Увлажненный  $W = 14,4\%$ .

4. Увлажненный  $W = 21,6\%$ .

5. Увлажненный  $W = 23,3\%$ .

Рис. 1. Графики изменения разрушающих усилий сжатия при различной влажности зерна

Таблица 3

Изменение прочности и деформации сжатия ядра риса в зависимости от режимов гидротермической обработки (сорт Дубовский 129)

Влажность зерна, %	Давление пара, Рати	Величина разрушающего усилия сжатия, н/мм <sup>2</sup>	Деформация сжатия Δl 10 <sup>-1</sup> мкм
13,0	1,0	42	112
	1,5	56	121
	2,0	69	140
14,0	1,0	64	126
	1,5	68	143
	2,0	70	158
15,0	1,0	68	156
	1,5	72	160
	2,0	76	168
16,0	1,0	68	119
	1,5	69	163
	2,0	72	168

Условия опытов к табл. 3: температура воды для увлажнения  $20^{\circ}\text{C}$ , продолжительность отволаживания 36 час, влажность перед пропариванием  $29 \pm 0,5\%$ , давление пара 1,0—2,0 ати, продолжительность пропаривания 1,5 мин, температура теплоносителя сушки  $35\text{—}70^{\circ}\text{C}$ , влажность перед шелушением  $13 \div 16 \pm 0,5\%$ .

### УСЛОВИЯ ОПЫТОВ

#### Постоянные:

1. Температура воды для увлажнения  $t = 20 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ .
2. Продолжительность отволаживания  $\tau = 36$  часов.
3. Влажность до пропаривания  $W = 30 \pm 0,5\%$ .
4. Давление пара  $P = 2$  ати.
5. Продолжительность пропаривания  $\tau = 1$  мин.
6. Температура теплоносителя сушки  $t = 35 \div 70^{\circ}\text{C}$ .

#### Переменные:

1. Влажность перед шелушением  $W = 12 \div 16 \pm 0,5\%$ .

#### Обозначения:

1. Гидротермически обработанный  $W = 12,6\%$ .
2. Необработанный  $W = 13,2\%$ .
3. Гидротермически обработанный  $W = 14,4\%$ .
4. Гидротермически обработанный  $W = 15,8\%$ .

Сорт Краснодарский 424

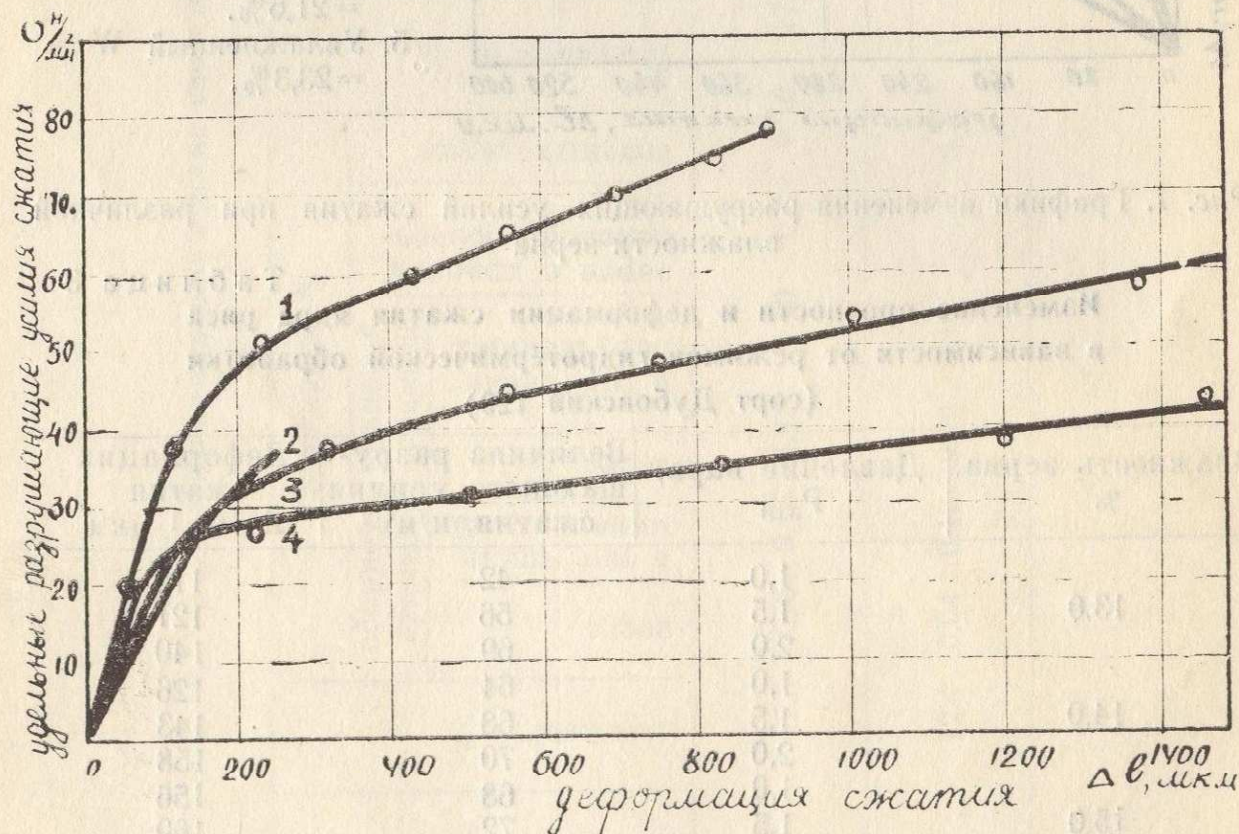


Рис. 2. Изменение разрушающих усилий сжатия при различных методах подготовки зерна

Из полученных данных следует, что увлажнение зерна риса снижает удельные разрушающие усилия. При увлажнении зерна до 23% разрушающие усилия сжатия снижаются на 50% по сравнению с усилиями на разрушение необработанных образцов. Основная причина снижения прочности — перераспределение напряжений, позволяющее при меньших усилиях разрушить образец зерна. Полученные данные согласуются с результатами исследований других авторов (Куприц Я. Н., Егоров Г. А., Гинзбург М. Е., Гончарова З. Д.).

У образцов риса, подвергнутых гидротермической обработке, в начальный период с ростом нагрузки наблюдается пропорциональность деформации. При дальнейшем увеличении нагрузки в рисе преобладают пластические деформации, представленные значительной площадью текучести. Величина деформации сжатия ( $\Delta l$ ) в 2—7 раз превышает величину деформации у необработанных образцов. С ростом давления пара и продолжительности пропаривания прочность зерна возрастает.

Микроструктура эндосперма ядра риса. Изучение микроструктуры эндосперма ядра риса позволило установить, что под влиянием гидротермической обработки разрушается клеточная структура ядра, клетки удлиняются и достигают от 200 до 500 мкм при длине клеток в необработанном рисе от 175 до 400 мкм; наблюдается изменение упаковки крахмальных зерен от «рыхлой» в необработанном образце к плотной в образцах, гидротермически обработанных, что изменяет консистенцию эндосперма в целом. Выявленные особенности микроструктуры эндосперма риса являются одной из причин повышения прочности ядра риса.

### **3. Влияние режимов гидротермической обработки на изменение технологических свойств зерна риса**

В данной серии опытов предусматривалось исследование влияния основных факторов гидротермической обработки: степени увлажнения зерна, продолжительности отволаживания, обработки зерна насыщенным паром, сортовых особенностей и условий произрастания на изменение технологических свойств зерна риса.

Экспериментальные данные, представленные на рис. 3, позволяют установить, что насыщение зерна влагой до пропаривания в пределах 18—24% не оказывает влияния на изменение общего выхода крупы. Дальнейшее насыщение зерна влагой (до 29—30%) приводит к тому, что при воздействии на него

тепла при пропаривании протекают физико-химические процессы, которые повышают прочность ядра и, следовательно, улучшают технологические свойства зерна.

### УСЛОВИЯ ОПЫТОВ

Постоянные:

1. Влажность зерна риса до увлажнения  $W = 12,8\%$ .
2. Температура воды для увлажнения  $t = 35^\circ\text{C}$ .
3. Давление пара для пропаривания  $P = 1,5$  ати.
4. Продолжительность пропаривания  $\tau = 1,5$  мин.

Переменные:

1. Влажность зерна до пропаривания  $W = 18 \div 32\%$ .

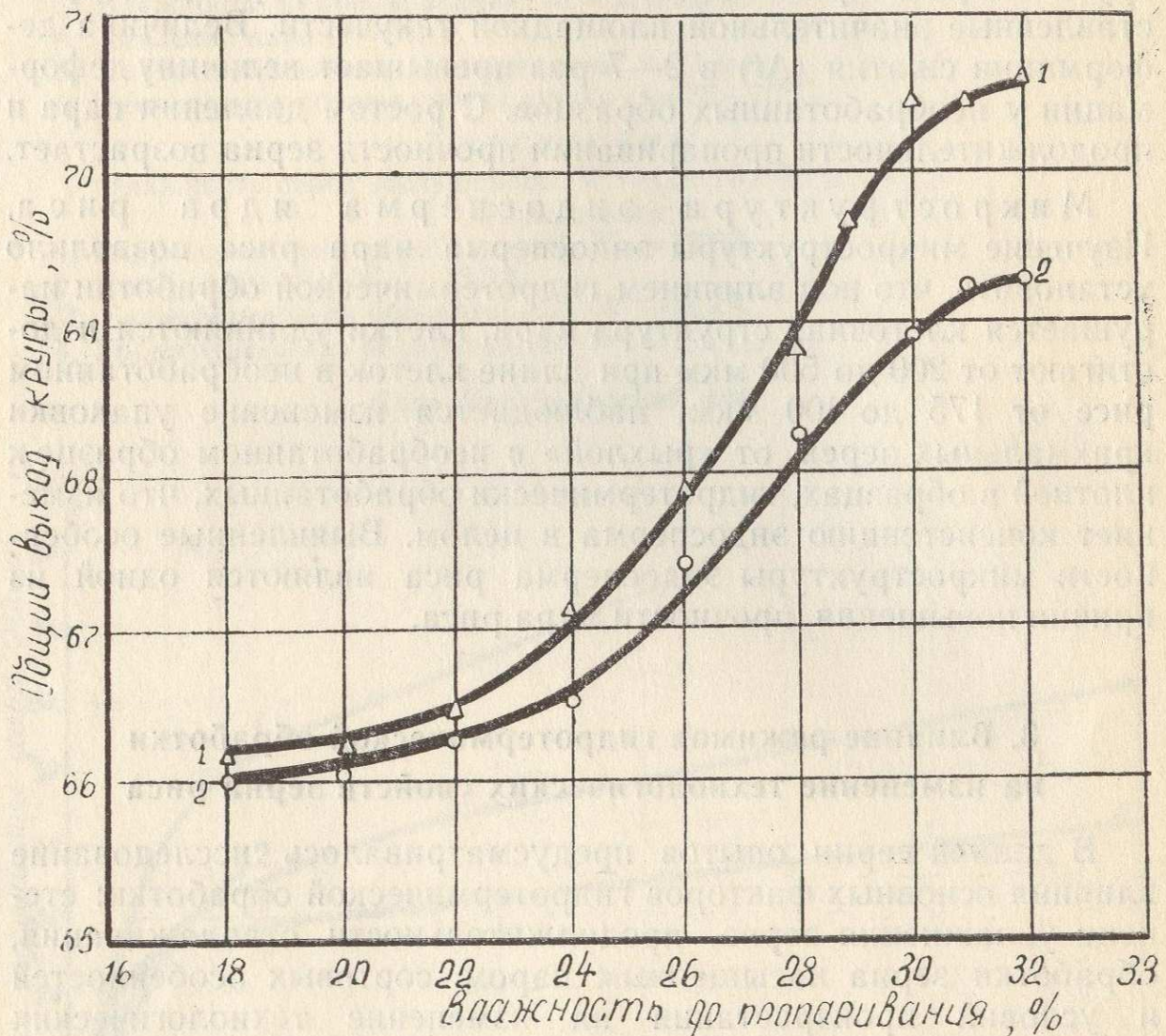


Рис. 3. Влияние степени увлажнения зерна риса до пропаривания на технологические свойства

1—1 сорт Дубовский 129.

2—2 сорт Краснодарский 124.

Приведенные экспериментальные данные (табл. 4) о влиянии продолжительности отволаживания на технологические

свойства риса свидетельствуют о том, что отволаживание зерна риса до пропаривания в период от 4 до 24 час. при увлажнении водой при температуре 20°C недостаточно, что подтверждается получением большого количества дробленого риса. Целесообразно при увлажнении зерна при температуре 20°C принимать продолжительность отволаживания 30 час. и более.

Результаты экспериментального исследования (табл. 5) показывают, что с ростом давления пара и продолжительности пропаривания увеличивается общий выход крупы и уменьшается количество дробленого риса. Это объясняется тем, что в процессе обработки зерна паром на поверхности зерновки создается среда с высокой относительной влажностью и повышенной температурой, возникает градиент тепла и влаги, способствующие изменению свойств основных составных частей эндосперма: белка и крахмала.

Таблица 4

Влияние продолжительности отволаживания зерна риса  
на выход крупы  
(сорт Дубовский 129)

Методы подготовки и режимы гидротермической обработки	Время отволаживания, час	Выход крупы, %		Мучка, %	Лузга, кормовые и некорм. отходы, мехпотери, %
		общий	в том числе дробленого риса		
Необработанный	—	68,8	11,4	13,4	17,8
Гидротермически обработанные:	4	68,0	16,2	12,8	13,2
	12	67,4	15,3	15,5	17,1
$P=1,5$ ати	24	68,9	12,3	13,4	17,7
$\tau=1,5$ мин	30	70,0	3,9	13,8	16,2
	36	71,3	3,6	13,1	15,6
	48	71,6	2,4	11,4	17,0
	54	71,4	1,5	12,0	16,6

Установлена корреляционная зависимость между отдельными показателями: давлением пара и общим выходом крупы—коэффициент корреляции равен 0,92; давлением пара и количеством дробленого риса.— коэффициент корреляции равен 0,79.

Из полученных экспериментальных данных о влиянии сортовых особенностей и условий произрастания риса на изменение его технологических свойств при гидротермической обработке следует, что независимо от района произрастания и сорта риса характер изменения технологических свойств подобен. Обработка паром зерна различных сортов при давлении 1 ати в течение 1 мин не улучшает технологических свойств. При технологически целесообразных режимах: давлении пара 1,5 ати и продолжительности пропаривания  $\tau=1,5$  мин лучшие ре-

зультаты получены по сорту Узрос 269 с весьма низкой стекловидностью (52%) и хорошо развитым мучнистым пятном, у которого общий выход крупы увеличился на 4,1% при снижении дробленого риса на 7,8%.

Таблица 5

**Влияние режимов гидротермической обработки на изменение его технологических свойств  
(сорт Дубовский 129)**

Влажность, %	Давление пара, Р <sub>атм</sub>	Продолжительность пропаривания, мин					
		$\tau = 1,0$		$\tau = 1,5$		$\tau = 2,0$	
		Выход крупы, %					
		общий	в том числе дробленой	общий	в том числе дробленой	общий	в том числе дробленой
13	1,0	67,1	8,5	67,3	8,6	67,9	7,9
	1,5	68,2	7,2	68,1	7,5	69,5	7,4
	2,0	68,7	7,1	68,2	5,9	70,0	5,3
14	1,0	68,6	7,1	68,3	5,9	70,0	5,4
	1,5	69,1	6,1	70,5	4,5	70,1	3,8
	2,0	69,5	3,4	71,5	3,8	70,3	2,6
15	1,0	69,3	5,0	70,0	5,1	69,8	3,3
	1,5	69,5	3,5	71,6	3,6	70,8	2,6
	2,0	70,5	2,5	71,8	2,2	71,0	1,7
16	1,0	69,2	4,3	71,0	3,6	70,6	3,2
	1,5	70,0	4,1	71,2	3,5	71,4	2,6
	2,0	70,6	3,6	71,2	2,4	71,5	2,0

Увеличение общего выхода крупы объясняется снижением дробления ядра, а также изменением характера шлифования ядра риса, подвергнутого гидротермической обработке, отличающегося более тонким диспергированием поверхностных слоев по сравнению с необработанным, что подтверждается дисперсным и химическим составом мучки.

**4. Влияние гидротермической обработки на изменение биохимических свойств зерна риса и продуктов его переработки**

Из данных табл. 6 следует, что под влиянием гидротермической обработки в крупе снижается содержание крахмала, это объясняется частичной его декстринизацией под действием повышенной температуры в присутствии влаги. Увеличение «сырого» протеина объясняется меньшей степенью сошлифовывания периферических частей ядра, содержащих значительное количество белковых веществ. Этим же объясняется некоторое увеличение зольных веществ и клетчатки.

Влияние режимов гидротермической обработки зерна риса  
на изменение химического состава крупы (в %)

Сорт риса	Методы подготовки и режимы гидротермической обработки	Крахмал	Декстрины	Клетчатка	«Сырой» протеин (N × 6,25)	Зольные в-ва	Водорастворимые вещества
	Необработанный	86,7	1,08	0,19	9,35	0,47	1,53
	Гидротермически обработанные						
Дубовский 129	P=1,0 ати τ = 1,0 мин	85,8	1,64	0,22	9,64	0,50	1,88
	P=1,5 ати τ = 1,5 мин	85,0	1,81	0,26	10,06	0,52	2,31
	P=2,0 ати τ = 2,0 мин	83,8	1,98	0,25	10,07	0,52	2,38
	Необработанный	86,1	0,82	0,18	8,84	0,43	0,97
	Гидротермически обработанные						
Краснодарский 424	P=1,0 ати τ = 1,0 мин	85,4	1,43	0,19	8,92	0,42	1,3
	P=1,5 ати τ = 1,5 мин	85,1	1,62	0,21	8,97	0,46	1,67
	P=2,0 ати τ = 2,0 мин	84,8	1,85	0,23	9,16	0,53	1,74

Изменение физических и биохимических свойств крахмала (табл. 7) под влиянием гидротермической обработки приводит к увеличению гигроскопичности крахмала на 10—12%, снижению относительной вязкости крахмальных клейстеров, уменьшению молекулярного веса крахмала в 1,5 раза, что объясняется изменениями его структуры.

В работе приведены результаты гидротермической обработки на содержание и свойства белковых веществ риса.

Из полученных данных следует, что гидротермическая обработка не оказывает влияния на общее количество азота. Что касается форм азота, то воздействие тепла в присутствии влаги при пропаривании приводит к уменьшению белкового азота и увеличению небелкового азота остатка. Общее количество свободных аминокислот и аминокислот белка в необработанном образце риса сорта Дубовский 129 составило 6,59%, в подвергнутом гидротермической обработке—7,24%, в том числе незаменимых аминокислот соответственно: лизина—0,44 и 0,45%; аргинина—0,67 и 0,81%; метионина—0,31 и 0,28%.

Пропаривание зерна риса положительно влияет на содержание витамина В<sub>1</sub> в крупе. В образце из необработанного

с. 0011600

Таблица 7

Изменение физических и биохимических свойств крахмала риса  
под влиянием гидротермической обработки  
(сорт Дубовский 129)

Методы подготовки	Режимы гидро- термической обработки		Содержание крахмала, %	Белок в крахмале, %	Зольность, %	Гирроскопичность, %	Относительная вязкость	Интервал тем- пературы клейсте- ризации, °С	Атакующая и р амилазами, мг, мальтозы	Скорость осахаривания, %/мин	Синее число	Молекулярный вес, тыс. ед.
	давление пара, Р атм	продолжи- тельность пропаривания, мин.										
Необрабо- таный	—	—	86,7	0,27	0,23	114,0	5,63	81—88	127,7	1,13	0,253	48,9
Гидротер- мически об- работан.	1,0	1,0	85,8	0,35	0,24	120,0	5,41	89—95	402,7	1,25	0,192	28,7
	1,5	1,5	85,0	0,45	0,25	129,0	5,19	95—97	577,0	1,26	0,210	27,7
	2,0	2,0	83,8	0,54	0,26	129,4	5,02	95—99	587,8	1,28	0,221	21,7

риса содержание витамина В<sub>1</sub> составило 0,26 мг/%, а в подвергнутом гидротермической обработке — 0,54 мг/%, при этом потери к первоначальному количеству в образцах необработанных составили 66,3% и в образцах, гидротермически обработанных, — 30,9%, что свидетельствует о повышении пищевой ценности крупы. Полученные данные подтверждают ранее проведенные исследования Кик, Ландингам и других.

Гидротермическая обработка способствует также повышению содержания в крупе микро- и макроэлементов (P, Na, Cu, Ag).

### **5. Влияние гидротермической обработки на потребительские и пищевые достоинства крупы**

Исследования, проведенные оптическим методом на цветомере ФПМ-1, показали, что под влиянием гидротермической обработки цвет ядра риса изменяется. С увеличением давления пара (рис. 4) с 0,3 ати до 1,5 ати цвет риса составил соответственно 34/26 и 56/39 условных единиц шкалы прибора, оттенок цвета по номограмме из белого перешел в зону кремового. Количество дробленого риса уменьшилось с 8,6 до 4,8%. С увеличением продолжительности пропаривания интенсивность изменения цвета также увеличивается.

Гидротермическая обработка оказывает влияние на потребительские достоинства крупы. Сокращение времени варки объясняется предварительной тепловой обработкой зерна. Уменьшение водопоглотительной способности влияет на изменение консистенции каши, которая из слегка вязкой становится рассыпчатой, так как ее ядра сохраняют свою форму. Каша из крупы, полученной из зерна, гидротермически обработанного, после кулинарной обработки приобретает белый с кремовым оттенком цвет. Степень развариваемости по сухому остатку отвара у образцов, подвергнутых гидротермической обработке, уменьшается.

Ферментативная атакуемость крахмала и скорость осахаривания характеризуют усваиваемость крупы. Крахмал, полученный из риса, гидротермически обработанного, быстрее подвергается ферментативному гидролизу по сравнению с крахмалом из необработанного риса. Чем более высокие режимы (давление пара, продолжительность пропаривания), тем больше нарушается структура крахмала и он легче поддается действию ферментов.

## УСЛОВИЯ ОПЫТОВ

### Постоянные:

1. Физико-технологические свойства зерна (сорт Дубовский 129).
2. Температура воды для увлажнения  $= 20 \pm 2^\circ\text{C}$ .
3. Влажность до пропаривания  $W = 29 \pm 0,5\%$ .
4. Продолжительность пропаривания  $= 1$  мин.

### Переменные:

1. Методы подготовки:
  - а) необработанный;
  - б) гидротерм. обработанный.
2. Время отволаживания  $\tau = 24 \div 36$  час.
3. Давление пара  $P = 0,3 \div 2,0$  ати.

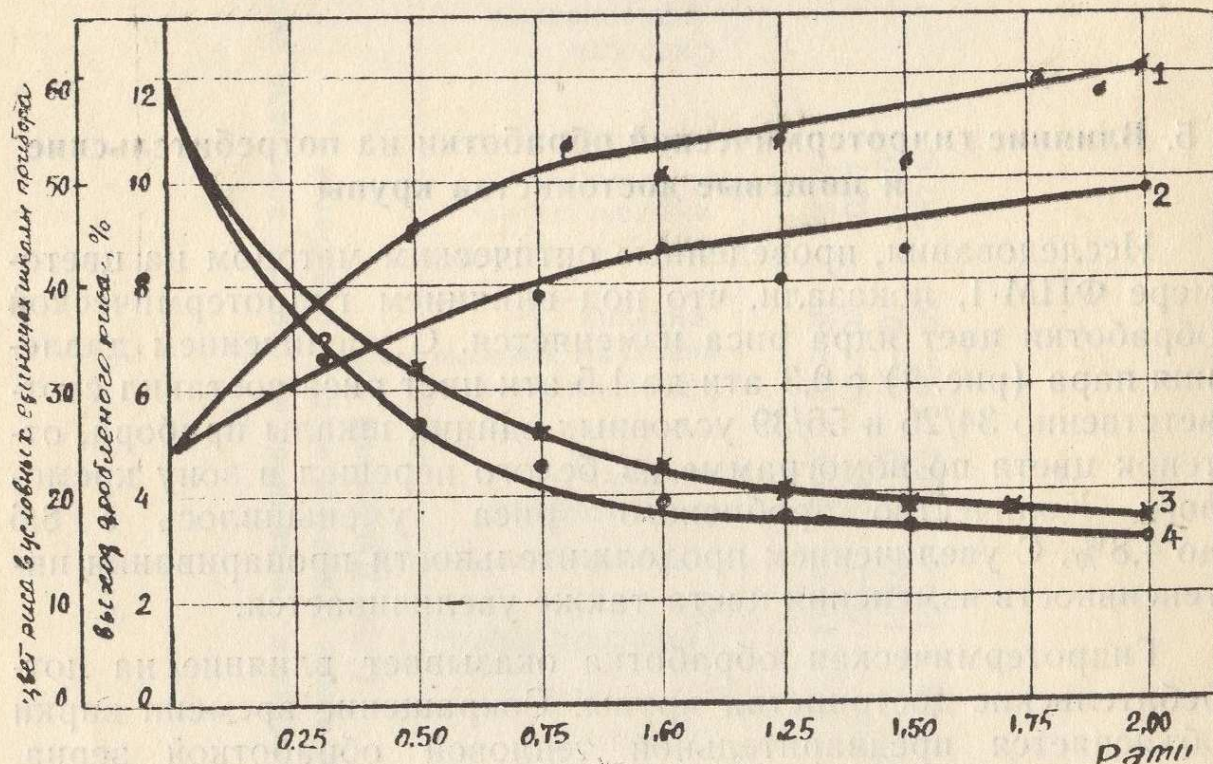


Рис. 4. Влияние давления пара на изменение цвета и технологических свойств риса

- 1, 2 — цвет.  
3, 4 — дробленый рис.

### 6. Особенности хранения крупы, полученной с применением гидротермической обработки

В результате гидротермической обработки зерно стерилизуется, что снижает содержание микроорганизмов в крупе. Общее количество микроорганизмов в крупе из необработанного риса составило 364 тыс. на 1 г, а в крупе из риса, подвергнутого гидротермической обработке, — 1,74 тыс. на 1 г крупы, или в 200 раз меньше.

В процессе хранения крупы в течение года установлено, что наиболее характерную и многочисленную группу микроорганизмов составляют неспорообразующие эпифитные бактерии гербикола.

В летние месяцы количество микроорганизмов в крупе снизилось независимо от метода обработки зерна. В зимний и весенний период количество плесеней из рода пеницилловых грибов и аспергиллов возросло, однако у образцов, гидротермически обработанных, было меньше в 10—12 раз.

### **7. Техничко-экономическая эффективность применения гидротермической обработки**

Расчет экономической эффективности применения гидротермической обработки зерна риса произведен путем сравнения технико-экономических показателей работы рисо завода производительностью 200 тонн в сутки до и после внедрения гидротермической обработки.

Применение гидротермической обработки зерна риса требует установки дополнительного оборудования (моечные машины, увлажнительные аппараты, пропариватели, охлаждающие колонки и сушилки). Первоначальная стоимость оборудования с учетом монтажа и транспортировки составит 27,7 тыс. руб.

В связи с изменением основных фондов эксплуатационные расходы, включающие амортизацию здания, оборудования, фонд заработной платы основных промышленных производственных рабочих, расход электроэнергии, воды, пара, расходы по охране труда возрастут на 150,7 тыс. руб.

В результате применения гидротермической обработки увеличение общего выхода крупы на 1,7% и уменьшение выхода дробленого риса на 7,4% позволяет предприятию получить прирост товарной продукции за год на сумму 761660 тыс. руб.

Себестоимость годового выпуска товарной продукции до применения гидротермической обработки зерна риса составляет 2179,6 тыс. руб., после применения гидротермической обработки составляет:

$$2179,6 + 150,7 = 2329,7 \text{ тыс. руб.}$$

Подсчитав по сортам количество крупы, выработанное в год, и зная его цену, определили прибыль предприятия до применения гидротермической обработки, равную 42,5 тыс. руб., и с применением гидротермической обработки — 654,0 тыс. руб.

Дополнительная прибыль в результате применения гидротермической обработки зерна риса для завода 200 т/сутки составит  $654,0 - 42,5 = 611,5$  тыс. руб.

### **ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ**

1. Существующая технология переработки зерна риса в крупу не позволяет достигнуть высокого уровня его продовольственного использования. При содержании ядра в зерне в сред-

нем 76,5% суммарный выход крупы составляет всего лишь 65%, а 10—12% ядра направляется в отходы, что свидетельствует о возможности и необходимости дальнейшего совершенствования технологии переработки риса.

2. Исследованиями подтверждено, что гидротермическая обработка зерна риса является одним из прогрессивных методов, оказывающим влияние на изменение физико-технологических и биохимических свойств риса, и способствует повышению эффективности технологического процесса производства и улучшению качества крупы.

3. На основании проведенных исследований влияния гидротермической обработки на изменение физических свойств риса установлено:

а) степень увлажнения зерна риса зависит от температуры воды. С увеличением температуры воды с 20° до 35°С приращение влаги в зерне составляет 2—3%, при этом скорость проникновения влаги в ядро при температуре воды 20°С составляет 8—12 часов, а при температуре 35°С — 6—8 часов;

б) методы и режимы гидротермической обработки оказывают влияние на прочность ядра риса. Увлажнение зерна до 23% приводит к снижению удельного разрушающего усилия сжатия на 50%.

Обработка предварительно увлажненного зерна насыщенным паром при избыточном давлении приводит к повышению прочности и изменению характера деформации сжатия (обладают пластические деформации, представленные значительной площадкой текучести). С увеличением давления пара и продолжительности пропаривания возрастает прочность зерна;

в) в процессе гидротермической обработки происходят изменения микроструктуры зерна риса. Нарушается клеточная структура ядра, клетки удлиняются, наблюдается изменение упаковки крахмальных зерен.

4. Степень увлажнения зерна до пропаривания оказывает влияние на выход и качество крупы. Насыщение зерна влагой до пропаривания в пределах 18—24% приводит к снижению прочности ядра, о чем свидетельствует увеличение дробленого риса в 1,5—2,3 раза по сравнению с необработанным. Повышение влажности зерна до 29—30% способствует протеканию процессов, повышающих прочность, и в результате—увеличению общего выхода крупы на  $15 \pm 2,0\%$  и уменьшению дробленого риса в 3—5 раз.

5. Отволаживание зерна риса до пропаривания является одним из важных этапов гидротермической обработки. Учитывая характер изменения физико-технологических свойств, це-

лесообразно проводить отволаживание зерна в течение 30 — 36 часов при температуре воды для увлажнения 20°C и 18 часов — при температуре воды 35°C.

6. Повышение давления пара и продолжительности пропаривания способствует увеличению общего выхода крупы и улучшению ее качества, что объясняется изменением прочности ядра риса. Наиболее высокие технологические показатели с учетом качества крупы получены при следующих параметрах обработки: давление пара 1,5 ати, продолжительность пропаривания 1,5 мин. Этот режим приводит к увеличению выхода крупы на 1,3—1,5% и снижению дробленого риса в 3—3,5 раза.

7. Наиболее высокие показатели по выходу крупы получены при шелушении зерна риса влажностью  $14 \div 15 \pm 0,5\%$ . Снижение влажности до 13% и ниже приводит к повышенному дроблению ядра.

8. Независимо от сортовой принадлежности, района и условий выращивания зерна риса характер изменения технологических свойств в результате его гидротермической обработки остается неизменным. Более высокая эффективность гидротермической обработки наблюдается у сортов риса с низкими технологическими свойствами (Узрос 269).

9. Характер шлифования ядра риса, подвергнутого гидротермической обработке, в связи с изменением микроструктуры и прочности ядра отличается более тонким диспергированием поверхностных слоев по сравнению с необработанным, что подтверждается дисперсным и химическим составом мучки.

10. Гидротермическая обработка оказывает влияние на изменение биохимических свойств зерна и крупы:

а) содержание крахмала в образцах риса, подвергнутых гидротермической обработке, уменьшается по сравнению с необработанным зерном на 1,0—2,9%, что объясняется частичной его декстринизацией;

б) под влиянием гидротермической обработки зерна риса изменяются физико-химические свойства крахмала: увеличивается гигроскопичность на 12—15%, снижается относительная вязкость крахмальных клейстеров с 5,6 до 5,0, снижается молекулярный вес в 1,5 раза, что объясняется изменениями структуры крахмала;

в) рост ферментативной атакуемости крахмала повышается в 4—4,4 раза по сравнению с крахмалом, полученным из необработанного риса, свидетельствует о повышении пищевой ценности крупы;

г) общее содержание «сырого» протеина в рисе, подвергнутом гидротермической обработке, остается неизменным. Под влиянием гидротермической обработки зерна изменяются формы азота риса путем уменьшения белковой формы и увели-

чения азота остатка; происходит некоторое изменение фракционного состава белков. Содержание аминокислот, в том числе незаменимых, существенно не изменяется;

д) гидротермическая обработка положительно влияет на содержание витаминов и микроэлементов. Количество витамина В<sub>1</sub> в крупе возрастает в 2 раза по сравнению с необработанным образцом. Возросло количество фосфора, меди, серебра и других элементов.

11. Гидротермическая обработка оказывает влияние на изменение потребительских и пищевых достоинств крупы:

а) гидротермическая обработка способствует изменению цвета крупы. С увеличением давления пара с 0,3 до 1,5 ати цвет риса сорта Дубовский 129 составил соответственно 34/26 и 56/39 условных единиц шкалы прибора ФПМ-1, оттенок цвета по номограмме из белого перешел в зону кремового. Изменение продолжительности шлифования от 1,0 до 2,0 мин также оказывает аналогичное влияние на интенсивность изменения цвета;

б) повышение режимов гидротермической обработки вызывает изменение потребительских достоинств крупы: уменьшается время варки, снижается число набухания, что приводит к изменению консистенции каши от слегка вязкой до рассыпчатой; уменьшается степень развариваемости по сухому остатку отвара, что влияет на снижение потерь ценных питательных веществ (полисахаридов, белков).

12. Гидротермическая обработка положительно влияет на условия и сроки хранения крупы, что подтверждается значительным снижением количества микроорганизмов (в 200 раз).

13. Результаты изучения физико-технологических и биохимических свойств риса, а также потребительских и пищевых достоинств крупы в процессе гидротермической обработки зерна свидетельствуют с высокой эффективностью этого метода, сущность которого состоит в трехкратном ступенчатом увлажнении, отволаживании, пропаривании, охлаждении и сушке зерна. При этом наиболее целесообразным можно считать следующие режимы:

- степень увлажнения до пропаривания  $29 \pm 0,5\%$ ;
- температура воды для увлажнения  $20 \div 35^\circ\text{C}$ ;
- продолжительность отволаживания  $18 \div 36$  часов;
- давление насыщенного пара 1,5 ати;
- продолжительность пропаривания 1,5 мин;
- влажность перед шелушением  $14 \div 15 \pm 0,5\%$ .

14. Экономическая эффективность применения гидротермической обработки зерна риса для завода производительностью 200 тонн в сутки составляет 611,5 тыс. руб. в год.

По материалам диссертации опубликованы в соавторстве следующие работы:

1. Исследование прочности ядра риса. «Известия вузов СССР. Пищевая технология», № 5, 1969.
2. Технологические и биохимические свойства риса нового района рисосеяния. «Известия вузов СССР. Пищевая технология», № 3, 1970.
3. Улучшение качества дробленого риса. Хранение и переработка зерна. ЦИНТИ, № 4, 1970.
4. Продолжительность отволаживания зерна риса при гидротермической обработке. Реферативная информация о законченных научно-исследовательских работах в вузах УССР. Пищевая промышленность. Выпуск IV, Киев, 1970.
5. Использование дробленого риса в пищевой промышленности. «Известия вузов СССР. Пищевая технология», № 5, 1970.
6. Влияние гидротермической обработки на цвет и технологические свойства риса. Хранение и переработка зерна. ЦИНТИ, № 5, 1970.

По вопросам, рассматриваемым в диссертации, автором сделаны доклады на XXX и XXXI научных конференциях Одесского технологического института пищевой промышленности имени М. В. Ломоносова (1969, 1970 гг.).