

Авторефер.

М 31

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

Аспирант Л.В. МАСЕНКО

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ТЕПЛОЙ СУШКИ КУКУРУЗНОГО  
ЗЕРНА НА ВЫХОД И КАЧЕСТВО КРАХМАЛА

Рег. учет 19 94

Автореферат

диссертации, представленной  
на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Одесса - 1968

А6торед  
М31

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

Аспирант Л.В. МАСЕНКО

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ТЕПЛОЙ СУШКИ КУКУРУЗНОГО  
ЗЕРНА НА ВЫХОД И КАЧЕСТВО КРАХМАЛА

Автореферат

диссертации, представленной  
на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

V. O. B. 1415

Одесский технологический  
институт  
им М. В. Ломоносова  
БИБЛИОТЕКА

Одесса - 1968

Работа выполнена на кафедре биохимии Одесского технологического института имени М.В.Ломоносова.

Научные руководители:

доктор биологических наук, профессор Н.В.Роменский,  
кандидат технических наук, доцент В.А.Яковенко.

Официальные оппоненты:

1. доктор сельскохозяйственных наук профессор  
М.И.Княгиничев
2. кандидат технических наук А.И.Жушман.

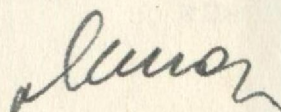
Ведущее предприятие - Всесоюзный научно-исследовательский институт крахмалопродуктов.

Автореферат разослан 22 марта 1968 г.

Защита диссертации состоится 26 апреля 1968 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 ин-  
ститут имени М.В. Ломоносова.

Ученый секретарь Совета



Л.А. ЗАПОРОЖЕЦ

## В В Е Д Е Н И Е

В решениях 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. Составной частью решения поставленных народно-хозяйственных задач является дальнейший рост производства зерна, который за пятилетие в целом по стране должен обеспечить увеличение сбора на 30%.

Значительный рост производства зерна кукурузы позволит увеличить выработку крахмала и расширить ассортимент пищевых продуктов из этого вида сырья.

Получение крахмала из кукурузы является одной из развивающихся и прогрессивных отраслей пищевой промышленности. В 1967 г. крахмало-паточная промышленность выработала: 213 тыс. тонн крахмала, 314,7 тыс. тонн патоки, 13,2 тыс. тонн глюкозы, 19,5 тыс. тонн декстрина и около 100 тыс. тонн прочей продукции (сухих кормов, кукурузного масла и др.).

Однако объем производства крахмалопродуктов не удовлетворяет потребности народного хозяйства.

Рост производства крахмалопродуктов обеспечивается не только расширением производственных мощностей, совершенствованием технологии производства, а также использованием высококачественного сырья.

В крахмало-паточном производстве из зерна кукурузы выделяют крахмал и жир в наиболее чистом виде при переработке высококачественного зерна кукурузы. На переработку в крахмал часто поступает зерно с низкой всхожестью, незрелое, после искусственной сушки при повышенных температурах

и всегда смесь типов, что зачастую осложняет производство крахмалопродуктов из кукурузы и ухудшает их качество.

В работах советских исследователей Н.Н. Трегубова, А.И. Жущмана, Б.К. Бычкова, а также зарубежных Г.Валя, С.А. Ватсона в большей или меньшей мере отмечено, что при неправильном ведении сушки зерна уменьшается выход и ухудшается качество крахмала.

В результате сушки зерна при высоких температурах белки денатурируются и теряют свои гидрофильные свойства. Процесс выделения крахмала значительно ухудшается, что отражается на ведении технологического процесса. Известно, что тепловое воздействие на крахмал приводит к изменениям его физико-химических и биохимических свойств (вязкость, молекулярный вес, способность к гигроскопичности и набухаемости, способность к кислотному и ферментативному гидролизу). До настоящего времени не было проведено систематических исследований, которые вскрывали бы химическую сущность явлений происходящих при термической обработке зерна во время сушки и ухудшающих его технологические свойства при переработке в крахмал. Отсутствуют также исследования физико-химических и биохимических свойств крахмала, выделенного из зерна кукурузы, просушенного при разных режимах.

Поэтому цель нашего исследования состояла в следующем:

1. Изучить влияние режимов тепловой сушки на свойства кукурузного зерна, предназначенного для переработки в крахмал. При этом на одном из гибридов установить влияние степени зрелости и послеуборочного дозревания на выбор режима сушки.

2. Исследовать физико-химические и биохимические свойства крахмала, полученного из кукурузы, просушенной при разных режимах сушки.

3. Провести сравнительное исследование свойств крахмала выделенного из зерна, подвергнутого сушке и облучению гамма-лучами  $Co^{60}$ .

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

Обзор литературы (глава 1, страницы 7-48) включает описание химического состава зерна кукурузы в связи с его пищевой ценностью, качества кукурузного зерна, перерабатываемого крахмало-паточной промышленностью, влияния тепловой сушки на свойства зерна кукурузы и на физико-химические и биохимические свойства выделенного крахмала, а также свойства крахмала в связи с его радиационным облучением.

В главах II-V (страницы 50-184) описаны методы и данные экспериментальных исследований.

Объем работы 213 страниц. В тексте 47 таблиц и 21 рисунок.

В списке литературы 257 наименований, из них 21 зарубежных авторов.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

### 1. Материалы и методы исследования.

Для исследований использовали гибридную кукурузу ВИР-42, Од 42, Од 27 урожая<sup>х)</sup> 1964-1966 г., распространенную в ряде районов страны. По технологическим качествам исследуемые гибриды являются высококрахмалистыми и относятся к зубовидным и полузубовидным типам. Початки и зерно сушили в камерных сушилках полупроизводственного типа при температурах теплоносителя 40, 50, 60, 70, 80, 90 и 140°C. (Температура нагрева зерна была соответственно 38, 48, 58, 68, 77, 88, 120°C). Температуру нагрева теплоносителя поддерживали автоматически при помощи логометра.

---

х) Образцы кукурузы были любезно предоставлены нам Лауреатом Ленинской премии академиком А.С. Мусийко, доктором сельскохозяйственных наук П.Ф. Ключко и Ю.Т. Исаровым.

Температуру нагрева зерна регистрировали при помощи медноконстантановых термопар потенциометра ЭПП-09М, помещенных в эндосперм зерна.

Используемые в опытах температуры сушки применяются в производстве. Температура  $140^{\circ}\text{C}$  также встречается, если применяют для сушки кукурузы на хлебоприемных предприятиях реактивные установки.

В качестве „контроля“ в опытах было использовано зерно полной спелости. Температура теплоносителя, температура нагрева зерна, влажность, экспозиция сушки, энергия прорастания, всхожесть зерна до и после сушки приведены в таблице 1.

При исследовании кукурузного зерна определяли влажность, энергию прорастания, всхожесть, объемную массу, массу 1000 зерен, кислотность согласно методам, изложенным в ГОСТах.

Соотношение отдельных анатомических частей зерновки определяли по методике Л.А. Овчар.

„Сырой“ протеин вычисляли путем определения общего азота по Кьельдалю с последующим умножением на коэффициент 6,25; крахмал – по Эверсу с поправкой на растворимые углеводы, „сырой“ жир – по обезжиренному остатку в модификации Рушковского, содержание „сырой“ клетчатки – по Геннебергу – Штоману; зольность – методом прямого сжигания до постоянного веса.

Крахмал из образцов зерна кукурузы выделяли методом в условиях „завода на столе“, разработанного Всесоюзным научно-исследовательским институтом крахмалопродуктов, в нашей модификации.<sup>х)</sup>

х) Считаю своим долгом выразить благодарность сотрудникам лаборатории зерновых крахмалов ВНИИК, руководимой к.т.н. А.И.Жушманом, за предоставленную возможность ознакомиться с методом выделения крахмала и за практические советы по данному вопросу.

Таблица 1

Режимы сушки и семенные свойства исходных образцов

Тип кукурузы, фаза спелости	Температура °C		Экспозиция сушки, час	Влажность зерна		Энергия прора- стания %	Всхо- жесть
	тепло- носи- теля	зерна		до сушки	после сушки		
<u>ВИР-42</u>							
Полная, зерно	контроль		-	19,0	10,2	96,0	100,0
- " -	40	38	20	18,5	10,1	100,0	100,0
- " -	70	68	14	18,0	9,2	24,0	60,0
- " -	140	120	2	17,9	7,8	0	0
Полная, початки	40	38	29	18,9	10,1	90,0	100,0
- " -	140	120	2	18,2	10,1	0	0
Восковая, зерно после дозревания	-		-	35,0	10,5	79,0	90,0
- " -	40	38	30	34,0	10,2	100,0	100,0
- " -	70	68	17	33,0	9,7	0	0
- " -	140	120	2,5	35,0	7,9	0	0
Восковая, початки	40	38	30	34,5	10,1	100,0	100,0
Восковая, зерно без дозревания	-		-	45,2	30,0	65,0	93,0
- " -	40	38	30	43,0	11,0	100,0	100,0
- " -	70	68	17	42,5	10,0	0	0
<u>Од 42</u>							
Полная, зерно	контроль		-	22,0	12,5	85	100
- " -	40	38	23	22,0	10,5	87	100
- " -	70	68	15	21,5	9,9	2	34
- " -	140	120	2,1	21,0	7,3	0	0
<u>Од 27</u>							
Полная, зерно	контроль		-	18,0	12,5	80,0	100,0
- " -	40	38	23	18,0	7,7	98,0	100,0
- " -	70	68	16	17,5	9,9	38,0	60,0
- " -	140	120	2,3	17,8	9,8	0	0

В выделенных образцах крахмала определяли содержание азотистых веществ, вязкость клейстеров на капиллярном вискозиметре и амилографе Брабендера, молекулярный вес по методу Хагедорна-Йенсена (Н.И.Иванов, 1946), содержание амилозы по методу „синего“ числа в модификации М.И.Смирновой-Иконниковой с сотрудниками (1961) на фотоэлектроколориметре, щелочное число по Шоу и Йенсену (Керр Р.У., 1956), гигроскопичность, набухаемость, температуру клейстеризации по Самеду (Ермаков А.И. и др., 1952).

Кислотный гидролиз однопроцентной крахмальной суспензии в 0,1 н  $HCl$  проводили на водяной бане при температуре 96–98°C.

Ферментативный гидролиз однопроцентных растворов крахмала осуществляли бактериальной и грибной амилазами. Количество редуцирующих сахаров определяли по методу Бьери (Белозерский А.И., Проскураков Н.И., 1951).

Спектрофотометрические исследования в видимой и ультрафиолетовой области растворов крахмалов и амилоз, выделенных по методике Шоха (Керр Р.У., 1956) и диспергированных в 1 н растворе  $NaOH$  проводили на СФ-4. Инфракрасные спектры снимали на спектрометре  $UR-10$ .

Зерно кукурузы полной спелости с влажностью 13% облучали гамма-лучами на установке ГУБЭ-800.

Полученные данные обрабатывали методами математической статистики.

## П. Влияние сушки на выход крахмала.

1. Количественный выход крахмала в зависимости от режимов тепловой сушки кукурузы.

При исследовании химического состава кукурузы (табл.2) было установлено самое высокое содержание крахмала у гибридов Од 42 и Од 27.

По содержанию жира и золы данные гибриды отличаются незначительно. Содержание крахмала в зерне гибрида ВИР-42

восковой спелости, прошедшего и не прошедшего послеуборочное дозревание значительно меньше в сравнении с зерном полной спелости. Наибольшее содержание „сырого“ протеина найдено в зерне восковой спелости, а клетчатки — в зерне гибрида ВИР-42 полной спелости.

Сравнение экспериментальных данных по выходу крахмала, крупной и мелкой мезги (табл. 3 и 4) позволяет отметить следующее.

Выход крахмала из зерна гибрида ВИР-42 полной спелости, просушенного в зерне и початках при температурах теплоносителя 40–60°C (температура нагрева зерна 38–58°C), остается без изменений на уровне „контроля“. Если зерно сушили при температуре теплоносителя 70°C (температура нагрева зерна 68°C), выход крахмала незначительно уменьшался в сравнении с контролем.

Выход крахмала снижался примерно на 35%, если зерно и початки сушили при температуре теплоносителя 140°C (температура нагрева зерна 120°C). Аналогичная зависимость установлена при выделении крахмала из зерна гибридов Од 42 и Од 27 полной спелости.

Выход крахмала из зерна и початков гибрида ВИР-42 восковой спелости, прошедшего послеуборочное дозревание, при сушке теплоносителем с температурой 40 и 70°C остается на уровне „контроля“. При тех же условиях сушки выход крахмала из зерна восковой спелости, не прошедшего послеуборочного дозревания, значительно уменьшается.

Различные величины коэффициентов извлечения (табл. 4) при выделении крахмала из зерна гибридов ВИР-42, Од 42 и Од 27 можно объяснить сортовыми особенностями и, следовательно, химическим и структурно-механическим строением эндосперма гибридов.

Уменьшение выхода крахмала в случае сушки кукурузы при 70°C и 140° происходит вследствие наблюдаемых в зерне физико-химических изменений, основной причиной которых является денатурация белковых веществ.

Таблица 2

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ИССЛЕДУЕМЫХ ОБРАЗЦОВ  
(% СВ)

Тип кукурузы, фаза спелости	Режим сушки °С	общий N	"Сы- рой" про- теин (N <sub>x</sub> 6,25)	Крах- мал	сы- рой" жир	Зола	"сы- рая" клет- чатка
ВИР-42, полная зерно	контроль	1,86	11,6	67,7	6,9	1,45	3,56
" " "	40	1,76	11,1	68,3	-	-	-
" " "	70	1,78	10,8	67,2	-	-	-
" " "	140	1,94	12,1	67,0	6,8	1,47	3,61
" " початки	40	-	-	68,0	-	-	-
" " "	140	-	-	67,1	-	-	-
" восковая, зерно после дозревания	2,09	13,1	62,6	6,4	1,44	3,18	
" " "	40	-	-	62,0	-	-	-
" " "	70	-	-	62,0	-	-	-
" " "	140	2,08	13,0	61,9	6,3	1,42	3,17
" " початки	40	-	-	63,0	-	-	-
" восковая, зерно без дозревания	2,16	13,5	61,0	6,1	1,5	3,31	
" " "	40	-	-	61,0	-	-	-
" " "	70	-	-	61,0	-	-	-
Од 42, полная, зерно	контроль	1,65	10,3	69,3	7,09	1,35	2,69
" " "	40	-	-	59,2	-	-	-
" " "	70	-	-	69,2	-	-	-
" " "	140	1,63	10,2	69,0	6,9	1,37	2,80
Од 27 " "	контроль	1,95	12,2	69,4	6,1	1,4	2,24
" " "	40	-	-	69,3	-	-	-
" " "	70	-	-	69,5	-	-	-
" " "	140	-	-	69,0	-	-	-

Таблица 3

Выход крахмала и содержание "сырого" протеина  
в крахмале, выделенном из зерна гибрида ВИР-42  
полной спелости 1964 г. урожая

(% СВ)

Температура сушки, °С	Температура нагрева, °С зерна	Выход крахмала	Содержание "сы- рого", протеина в крахмале
Контроль, полная спелость		56,0	0,64
40	38	56,5	0,63
50	48	55,8	0,58
60	58	55,2	0,70
70	68	53,6	0,73
80	77	52,8	0,77
90	88	51,9	0,93
140	120	42,4	2,17

Выход крупной мезги (табл.4) у гибридов полной спелости, просушенных при 40°С и 70°С, такой же, как и в контрольном опыте, а при сушке 140°С незначительно повышается. В случае сушки гибрида ВИР-42 восковой спелости при 140°С, выход крупной мезги повысился вдвое в сравнении с „контролем“. У гибрида ВИР-42 восковой спелости, не прошедшего послеуборочное дозревание, при сушке 70°С выход крупной мезги значительно увеличивается. Увеличение выхода мелкой мезги (табл.4) наблюдается у зерна гибридов полной и восковой спелости, прошедшего послеуборочное дозревание, высушенных при 140°С и у зерна восковой спелости, не прошедшего послеуборочное дозревание, высушенного при 70°С.

Таблица 4

Выход крахмала, крупной и мелкой мезги в зависимости  
от температуры сушки зерна

(% СВ)

Фаза спелости	Режим сушки °С	Выход крах- мала	Кoeffи- циент извле- чения <sup>х)</sup>	Выход круп- ной мезги	Выход мелкой мезги	Оста- ток
В И Р - 42						
Полная, зерно	контроль	57,7	85,0	10,2	3,8	28,3
"	40	58,5	86,0	10,0	5,1	26,4
"	70	57,3	85,8	10,5	5,5	26,7
"	140	42,4	63,4	10,3	20,1	27,2
"	початки	40	58,2	10,2	5,4	26,2
"	140	37,0	55,1	12,2	26,0	24,8
Восковая, зерно	после дозревания	57,6	92,1	11,2	4,2	27,0
"	40	58,0	93,5	9,9	4,6	27,5
"	70	58,0	93,5	10,0	4,2	27,8
"	140	22,8	36,4	21,9	26,8	28,5
"	початки	40	58,0	10,4	4,0	27,6
Восковая, зерно	без дозревания	43,2	70,3	7,4	6,9	42,5
"	40	45,3	74,2	8,8	15,2	30,7
"	70	40,7	66,8	11,7	22,1	25,5
О д 42						
Полная, зерно	контроль	60,5	87,5	9,3	3,8	26,4
"	40	60,2	86,9	8,8	5,2	25,8
"	70	57,2	82,6	8,8	5,3	29,3
"	140	42,7	61,6	11,6	22,7	23,0
О д 27						
Полная, зерно	контроль	57,4	82,3	10,5	5,5	26,6
"	40	56,8	81,9	10,4	5,7	27,1
"	70	56,1	80,8	10,8	6,5	27,6
"	140	45,7	66,2	11,6	16,9	25,8

х) Отношение в процентах выхода крахмала к содержанию крахмала в зерне.

Содержание „сырого“ протеина в крахмалах, выделенных из разных гибридов, различное (табл.5).

Если крахмал выделяли из зерна полной спелости, то наибольшее содержание „сырого“ протеина наблюдалось у гибрида ВИР-42 – 0,65 %, меньше у Од 42 – 0,47 % и еще меньше у Од 27 – 0,39%. Как видно, содержание „сырого“ протеина в крахмале не зависит от первоначального количества белка в зерне кукурузы.

Так, у зерна гибрида Од 27 в сравнении с другими гибридами полной спелости содержание „сырого“ протеина было наибольшим – 12,2 %, а в выделенном из зерна крахмале содержание „сырого“ протеина оказалось наименьшим. Видимо, показатель содержания „сырого“ протеина в крахмале определяется количеством промежуточного и прикрепленного белка в эндосперме зерновки. Вероятно у зерновки гибрида ВИР-42 количество прикрепленного белка превалирует над промежуточным. У гибридов Од 42 и Од 27 соотношение прикрепленного и промежуточного белка сдвинуто в сторону промежуточного.

Содержание „сырого“ протеина в крахмале из зерна полной спелости гибрида ВИР-42 начинает увеличиваться при температуре сушки 60°C (нагрев зерна 58°C). Значительное повышение „сырого“ протеина наблюдается у крахмалов, выделенных из зерна гибридов, просушенного при 140°C.

Как видно из приведенных результатов исследований (табл.5), сушка зерна при 140°C в сравнении с 40°C и 70°C повышает содержание крахмала в крупной мезге: у кукурузы ВИР-42 и Од 42 полной спелости на 1%, у Од 27 – примерно на 2%, у ВИР-42 восковой спелости после дозревания на 4,5%, в мелкой мезге: у кукурузы ВИР-42 и Од 42 полной спелости примерно на 12%, у Од 27 полной спелости на 7,3%, у ВИР-42 восковой спелости после дозревания на 17%.

Содержание крахмала в мезге при переработке кукурузы ВИР-42 восковой спелости, не прошедшей дозревания, даже при температуре сушки 70°C увеличивается в крупной мезге на 0,69 %, в мелкой на 10,7 %.

Таблица 5

Содержание крахмала в крупной и мелкой мезге,  
в зависимости от температуры сушки зерна  
(% СВ)

Фаза спелости	Режим сушки, °С	Содер- жание сыро- го про- теина в крахма- ле	Содержание крахмала				
			В круп- ной мезге	в мел- кой мезге	в % от содержа- ния крахмала в зерне		
					в круп- ной мез- ге	в мел- кой мез- ге	
ВИР - 42							
Полная, зерно	контроль	0,65	7,2	44,5	0,7	1,7	
"	40	0,64	9,2	47,0	0,9	2,4	
"	70	0,77	12,1	54,1	1,2	2,9	
"	140	1,64	17,1	71,6	1,8	14,3	
"	40	0,40	6,9	55,3	0,7	3,5	
"	140	1,60	20,0	68,2	2,2	17,7	
Восковая, зерно после дозревания		0,55	8,5	48,0	0,9	1,9	
"	40	0,58	8,6	56,4	0,8	2,6	
"	70	0,65	8,8	47,9	0,9	2,0	
"	140	2,16	24,2	73,7	5,3	19,7	
" початки	40	0,43	8,3	55,5	0,9	2,3	
Восковая, зерно без дозревания		0,60	5,8	49,3	0,42	3,4	
"	40	0,61	8,6	58,0	0,75	8,8	
"	70	0,70	9,8	64,0	1,11	14,1	
Од 42							
Полная, зерно	контроль	0,47	9,9	48,5	0,9	1,8	
"	40	0,54	10,1	58,0	0,9	3,0	
"	70	0,60	11,0	58,2	0,9	3,0	
"	140	1,08	16,9	61,8	1,96	14,0	
Од 27							
Полная, зерно	контроль	0,39	9,7	58,4	1,02	3,2	
"	40	0,37	11,8	58,0	1,23	3,3	
"	70	0,43	10,2	58,5	1,10	3,8	
"	140	0,59	24,0	60,2	2,78	10,5	

Проведенные нами исследования подтверждают, что со значительным уменьшением всхожести уменьшается выход крахмала (табл. 1, 4).

Однако следует заметить, что все же в некоторых случаях всхожесть и выход крахмала не всегда согласуются. Так, при нулевой всхожести у кукурузы гибрида ВИР-42 восковой спелости, прошедшего дозревание, выход крахмала при 70°C находится на уровне „контроля“.

При данном режиме зерно хотя и потеряло всхожесть, но комплекс крахмал-белок изменился так, что не влияет на величину выхода крахмала.

Следовательно, температура нагрева зерна, сохраняющая его качество при переработке в крахмал в зависимости от степени влажности зерна, фазы спелости, вида гибрида, должна находиться в пределе 38-58°C.

## 2. Исследование возможности использования импульсного режима сушки зерна кукурузы для крахмало-паточной промышленности

---

Одним из способов повышения производительности зерносушильных установок является применение импульсных режимов сушки.

Импульсный способ сушки получил практическое значение после работ, проведенных В.И. Атаназевичем под руководством профессора П.Н. Платонова в Одесском технологическом институте имени М.В. Ломоносова.

Импульсная сушка зерна представляет собой дифференцированный процесс, сопровождающийся постоянным явлением выравнивания температуры между отдельными частями зерна и выравниванием влажности, где фактор времени играет большую роль. Импульсный режим предусматривает оптимальные условия для миграции влаги в зерне и, как следствие, повышает удельный съем влаги с 1 м<sup>3</sup> шахты зерносушилки при одновременном снижении удельных расходов топлива и электроэнергии.

Производственные испытания производили в Одесской области на переоборудованной сушилке ДСП-32. Сушке подвергали рядовую желтую кукурузу со средней влажностью 22%. Всего было просушено 3500 т зерна.

Известно, что интенсифицированные режимы сушки могут снижать выход крахмала при переработке кукурузы на крахмало-паточных заводах. Поэтому изучалось влияние импульсного режима сушки на выход крахмала.

Установлено, что при применении импульсных режимов сушки с нагревом зерна не более  $50^{\circ}\text{C}$  (по ГОСТу для продовольственного зерна) выход крахмала остается на уровне выхода его из зерна, просушенного при обычном режиме. Производительность зерносушилки повышается на 38%, при сокращении расходов топлива и электроэнергии на 26%. Следовательно, для сушки зерна кукурузы, используемой в крахмало-паточной промышленности, целесообразно применять прогрессивный режим сушки - импульсный с температурой агента сушки до  $200^{\circ}\text{C}$  и нагревом зерна в шахте при этом не более  $50^{\circ}\text{C}$ .

### 3. Экономическая целесообразность применения семенных режимов для сушки зерна, перерабатываемого в крахмало-паточной промышленности.

Как показали проведенные в полужаводских и лабораторных условиях опыты при сушке зерна кукурузы гибрида ВИР-42 теплоносителем с температурой  $40-60^{\circ}\text{C}$  (температура нагрева зерна -  $38-58^{\circ}\text{C}$ ), выход крахмала на одну тонну абсолютно сухого зерна составляет 0,560 т.

Если температуру сушки повысить до  $70^{\circ}\text{C}$  (нагрев зерна  $68^{\circ}\text{C}$ ) выход снижается до 0,536 т, а при температуре сушки  $90^{\circ}\text{C}$  (нагрев зерна  $88^{\circ}\text{C}$ ) выход составляет всего - 0,519 т.

По данным Одесского областного управления хлебопродуктов издержки на сушку одной плановой тонны зерна кукурузы при обычном режиме составляет 1,20 руб., а при семенном - 2,24 руб.

384.3

Отпускная цена одной тонны сухого крахмала первого сорта составляет 440 рублей, а при пересчете на абсолютно сухой крахмал составит 492 рубля.

При снижении выхода крахмала увеличивается выход кормов на ту же величину.

Цена одной тонны кукурузного корма - 51 рубль.

Следовательно, экономия от увеличения выхода крахмала на одну тонну зерна в случае сушки при температуре теплоносителя 40-60°C в сравнении с температурой 70°C составит:

$$492 \cdot (0,560 - 0,536) - / 51 \cdot (0,560 - 0,536) + \\ + (2,24 - 1,20) / = 9,29 \text{ рубля.}$$

а в сравнении с температурой теплоносителя 90°C будет:

$$492 \cdot (0,560 - 0,519) - / 51 \cdot (0,560 - 0,519) + \\ + (2,24 - 1,20) / = 17,46 \text{ рубля.}$$

Крахмало-паточная промышленность в 1968 г. перерабатывает 580000 тонн зерна кукурузы. (По данным Главного Управления кондитерской и крахмало-паточной промышленности МПП).

Поэтому сушка кукурузы теплоносителем, сохраняющим ее качество при переработке в крахмало-паточном производстве, даст большую экономию народному хозяйству.

#### 4. Математическая интерпретация исследований по выходу крахмала

---

Обработка данных зависимости между температурой сушки и выходом крахмала с помощью метода корреляции показала, что выход крахмала корреляционно зависит от температуры сушки зерна.

V O. B. 1475

Установлено, что зависимость выхода крахмала  $X$  от температуры нагрева зерна  $Y$  для гибрида ВИР-42 полной спелости в диапазоне температур от 0 до 90° выражается следующим уравнением  $X = 58,62 - 0,067 Y$ .

Коэффициент корреляции равен 0,89.

Корреляционное отношение  $\eta^2$ , показывающее какую долю общей дисперсии  $Y$  можно отнести за счет рассматриваемого фактора  $X$ , равно 0,88. Этот результат показывает, что 88% дисперсии  $Y$  можно отнести за счет фактора  $X$ , а 12% за счет других факторов, не учтенных в парном уравнении.

### Ш. Свойства крахмала, полученного из кукурузы, предварительно просушенной при разных режимах тепловой сушки

#### 1. Физико-химические свойства.

Свойства крахмала – гигроскопичность, набухаемость, температура клейстеризации, вязкость имеют практическое значение при использовании крахмала в текстильной, химической, пищевой, бумажной и в других отраслях промышленности. В связи с тем, что тепловая сушка оказывает влияние на эти свойства, исследовались гигроскопичность, набухаемость, температура клейстеризации, вязкость крахмалов, выделенных из зерна гибридов, просушенных при разных температурах.

Из полученных экспериментальных данных следует:

1) величина гигроскопичности и набухаемости крахмала, выделенного из зерна кукурузы после тепловой сушки, определяется изменениями структуры крахмала в эндосперме зерна, вызванными термическим воздействием, а также зависит от количественного содержания белка в выделенном крахмале;

2) действие высоких температур на зерно при его сушке снижает прочность структуры крахмальных зерен, что уменьшает температуру начала клейстеризации изолированного крахмала.

Вязкость водных и щелочных крахмальных растворов различной концентрации от 0,125% до 2% определяли в 1 н  $\text{NaOH}$  и клейстеризацией в дистиллированной воде.

На основе отношений вязкостей для низких концентраций (до 0,5%) растворов крахмала в 1 н  $\text{NaOH}$  определяли числа вязкости и логарифмические числа вязкости, значения которых откладывали на графиках, и экстраполяцией к нулевой концентрации находили предельные числа вязкости (ПЧВ). Данные, приведенные в табл.6, свидетельствуют о значительном снижении ПЧВ при повышении температуры сушки зерна до  $70^{\circ}\text{C}$ , что происходит вследствие деструктивного уменьшения средней величины молекулярного веса крахмала.

Результаты исследования показывают также, что при повышении температуры сушки зерна теплоносителем до  $70^{\circ}\text{C}$  уменьшается кинетическая вязкость крахмальных клейстеров.

Проведенные исследования на амилографе Брабендера (35 г крахмала и 495 мл дистиллированной воды) подтвердили, что крахмал, выделенный из зерна полной спелости и просушенного при  $40^{\circ}\text{C}$ , образует нормальный клейстер с максимальной вязкостью равной 510 единиц. Вязкость крахмала, выделенного из зерна, просушенного при  $70^{\circ}\text{C}$  и  $140^{\circ}\text{C}$ , значительно понижается. Так, у крахмала из зерна, просушенного при  $140^{\circ}\text{C}$ , она составляет всего 450 единиц Брабендера.

Из представленных в табл. 7 данных видно, что при повышении температуры сушки зерна до  $70^{\circ}\text{C}$  молекулярный вес выделенного крахмала уменьшается.

В крахмале, выделенном из зерна гибрида Од 42, просушенного при  $140^{\circ}\text{C}$ , уменьшение молекулярного веса происходит в меньшей степени по сравнению с крахмалом, выделенным из гибрида ВИР-42.

Пределные числа вязкости  
в зависимости от температуры сушки зерна

Вид гибрида и температура сушки	ПЧВ
ВИР - 42	
Полная спелость, контроль	202
" " сушка 40°C	200
" " " 70°C	164
" " " 140°C	148
" " контроль, замочка в H <sub>2</sub> O	174
ОД 42	
Полная спелость, сушка 40°C	205
" " " 140°C	150

Таблица 7

Молекулярный вес, содержание амилозы, щелочная лабильность крахмала  
в зависимости от режимов сушки зерна

Фаза спелости зерна	Режим сушки, °С	Замочка в				Щелочная лабильность	
		метабиосульфите		дистиллированной воде		Содержание амилозы, %	СВ
		Степень полимеризации	Мол. вес	Степень полимеризации	Мол. вес		
Полная	контроль	710	115000	802	130000	14,0	18,0
"	40	720	117000	790	129000	13,5	16,4
"	70	550	89000	562	91000	13,5	13,3
"	140	432	70000	456	74000	15,0	11,6
Восковая после дозревания	72	726	118000	820	132000	14,5	15,4
"	40	720	117000	755	123000	14,5	14,9
"	70	470	76000	595	96500	14,2	14,7
"	140	382	60000	480	78000	14,5	14,3
		<u>ВИР - 42</u>					
		<u>Од 42</u>					
Полная	контроль	740	120000	-	-	12,0	15,1
"	40	720	119000	-	-	-	-
"	70	593	96000	-	-	-	-
"	140	555	90000	-	-	14,5	16,7

Следовательно, в связи с различной биологической особенностью зерна гибридов температурное воздействие на крахмал происходит в большей или меньшей степени.

Зерно для выделения крахмала замачивали в растворе с анионом  $SO_3^-$  под действием которого, как известно, уменьшается молекулярный вес, поэтому некоторые образцы крахмала были получены из зерна, замоченного в дистиллированной воде. Установлено, что с повышением температуры сушки зерна до  $70^\circ C$  уменьшается молекулярный вес крахмала независимо от того, проводилось замачивание в растворе метабисульфита или в воде.

Так, молекулярный вес крахмала, выделенного из зерна гибрида ВИР-42 полной спелости при замочке в дистиллированной воде, составляет 130 тысяч, а у крахмала из зерна, просушенного при  $140^\circ C$  и замоченного при тех же условиях, всего 74 тысячи (табл.7).

Щелочная лабильность (табл.7) у крахмала, выделенного из зерна гибрида ВИР-42 полной и восковой спелости, снижается, а у крахмала из Од 42 незначительно увеличивается при повышении температуры сушки до  $140^\circ C$ .

Содержание амилозы, определенное методом "синего числа" колеблется незначительно (табл.7).

Таким образом, сушка зерна кукурузы при температуре  $70, 140^\circ C$  вызывает деструкцию крахмала и денатурацию белковых веществ, что приводит к снижению вязкости и уменьшению его молекулярного веса.

## 2. Спектрофотометрическое исследование крахмалов

Исследования, проведенные на СФ-4, показали, что адсорбционные спектры в диапазоне длин волн 230-610 нм у крахмала из просушенного зерна и очищенного по методике проф. М.И. Княгиничева уменьшаются, а неочищенный крахмал, выделенный из зерна той же кукурузы, дает повышенный адсорбционный спектр по сравнению с "контролем".

Полученные данные, при спектрофотометрировании комплекса йода с очищенным крахмалом и амилозой, выделенной по методике Шоха, показали, что оптическая плотность у "контроля" больше, чем у крахмала из зерна, просушенного при 140°C. Аналогичная зависимость получена при изучении амилоз, выделенных из тех же образцов крахмала. Понижение оптической плотности окрашенного комплекса (амилоза - йод) у амилозы, которая выделена из образца крахмала из кукурузы, просушенной при 140°C, показывает, что амилозные спирали укорочены в сравнении с амилозой "контроль".

При сравнении инфракрасных спектров, снятых на спектрометре ЦР-10 в области от 700 до 3900 см<sup>-1</sup>, видно, что все исследуемые крахмалы имеют одинаково выраженные полосы во всех зонах. Следовательно, при высоких температурах сушки зерна происходят процессы деструкции и возможно частичной деполимеризации без образования групп, способных регистрироваться инфракрасным спектрометром.

### 3. Влияние температуры сушки зерна кукурузы на гидролиз выделенного крахмала

Исследовался гидролиз образцов крахмала, выделенных из зерна гибридной кукурузы ВР-42 полной и восковой спелости естественного дозревания и просушенного при температуре 70 и 140°C. Исследуемые крахмалы имели следующее содержание "сырого" протеина:

полная спелость (контроль)	-	0,65 %
" " сушка 70°C	-	0,77 %
" " " 140°C	-	1,64 %
восковая спелость (после дозревания)	-	0,55 %
" " сушка 140°C	-	2,16 %

Данные табл.8 показывают, что крахмал с большим содержанием "сырого" протеина по сравнению с "контролем" в течение одного и того же времени гидролизуется соляной кислотой медленнее.

Таблица 8

Кислотный гидролиз крахмалов, выделенных из зерна гибрида ВИР-42, просушенного при разных температурах

Время гидролиза, час	Полная спелость						Восковая спелость			
	70°C			140°C			После дозревания			
	К	Х	К	К	Х	К	Х	К	Х	К
1	17,6	0,1906	15,7	0,1740	15,5	0,1697	18,85	0,2070	15,77	0,1655
2	38,9	0,2443	35,2	0,2287	35,0	0,2159	36,6	0,2287	32,8	0,1990
3	55,7	0,2718	38,9	0,2243	45,9	0,2050	-	-	-	-
5	71,3	0,2494	66,7	0,2197	63,0	0,1990	65,7	0,2122	59,4	0,1808
6	80,2	0,2699	74,7	0,2298	66,5	0,1820	71,2	0,2068	66,1	0,1803

ПРИМЕЧАНИЕ:

Х - редуцирующая способность, % глюкозы на СВ

К - константа скорости реакции гидролиза крахмала

Таблица 9

Ферментативный гидролиз образцов крахмала, выделенных из зерна гибрида ВИР-42 просушенного при разных температурах

Температура сушки зерна, °С	Глюкоза при гидролизе грибной амилазой, мг на 100 мг сухих веществ											
	1% - ной					2%-ной с предварительным разжижением 1%-ной бактериальной амилазой						
Время гидролиза, час												
1	4	5	19	20	24	1	4	5	19	24		
Контроль	10,6	22,0	24,6	62,3	63,4	66,5	23,4	42,4	48,6	75,7	83,9	84,3
" 70	9,3	20,6	24,0	59,3	62,1	66,0	-	-	-	-	-	-
" 140	8,3	20,0	23,0	58,6	59,7	64,5	15,0	40,3	48,1	71,8	75,7	81,4

Гидролизаты крахмала из кукурузы восковой спелости также содержали меньше редуцирующих веществ после 6 часов гидролиза примерно на 11%. Вычисленные кинетические константы гидролиза  $K$  показали ту же зависимость: у крахмала из зерна полной спелости подвергнутому кислотному гидролизу, их значения оказались выше в сравнении с крахмалом, полученным из кукурузы той же спелости, но просушенной при  $70^{\circ}\text{C}$  и  $140^{\circ}\text{C}$  и из кукурузы восковой спелости.

Приведенные данные подтверждают мнение Н.Н.Трегубова, Е.Я.Жаровой, Т.А.Ладур о том, что величина выхода глюкозы, а также доброкачественность гидролизатов при кислотном гидролизе зависят от качества перерабатываемого крахмала и, в частности, от содержания в нем протеина.

Образцы крахмала (1 и 2 %-ный клейстер) подвергали ферментативному гидролизу препаратами грибной и бактериальной амилаз фирмы "Ко Дайва Кассей" (Осака, Япония).

Данные приведенные в табл.9 показывают, что крахмал, полученный из зерна кукурузы, просушенного при  $70^{\circ}\text{C}$  и  $140^{\circ}\text{C}$ , подвергается ферментативному воздействию слабее в сравнении с крахмалом из зерна кукурузы полной спелости "Контроль". Следовательно, ферментативному гидролизу целесообразно подвергать крахмал, содержащий наименьшее количество "сырого" протеина. Следует полагать, что крахмал, выделенный из зерна, просушенного при высокой температуре теплоносителя слабее гидролизуется кислотой и ферментативными препаратами в результате деструктивных процессов происходящих в крахмале и денатурации белков, образующих с крахмалом комплексы. Возможно, процессы ретроградации крахмальных клейстеров при действии ферментов играют также значительную роль.

#### 4. Сравнительное изучение влияния гамма-облучения $\text{Co}^{60}$ и тепловой сушки зерна кукурузы на выход и свойства крахмала

При тепловой обработке крахмала (А.Л.Соколовский и В.Н. Никифорова, 1957) происходит изменение его окраски в

результате отщепления функциональных групп (гидроксильных) аналогичное с действием излучения (В.Ф. Орешко, К.А.Коротченко, 1960). В исследованиях облучали зерно кукурузы полной спелости с влажностью 13% гамма-лучами  $^{60}\text{Co}$  на установке ГУБЭ-800 экспозиционными дозами  $10^5$  и  $1,5 \cdot 10^6$  рентген. Такие дозы были выбраны из следующих соображений: первая -  $10^5$  рентген возможно безопасная доза для дезинсекции зерна злаковых культур (Н.П.Козьмина, 1961); вторая доза взята из тех соображений, что она приводит к деструктивным процессам с изменением цвета крахмала (В.Ф. Орешко, К.А.Коротченко, И.Н.Путилова, А.П.Писанский).

В наших исследованиях влияние облучения на выход крахмала и содержание "сырого" протеина в крахмале не установлено. При сопоставлении результатов исследования видно, что не наблюдается существенной разницы в выходе крупной и мелкой мезги, в содержании крахмала в мезге, в количестве экстракта после замочки, а также в процентном содержании сухих веществ в экстракте. Результаты исследований свойств крахмалов показывают, что при облучении зерна имеет место деструкция крахмала (уменьшается вязкость, степень полимеризации, молекулярный вес и повышается щелочная лабильность). Цвет крахмалов, выделенных из зерна, облученного дозами  $10^5$  и  $1,5 \cdot 10^6$ , не изменялся по сравнению с цветом крахмала, выделенного из зерна "контроль". Оптические плотности растворов облученных крахмалов с увеличением дозы облучения значительно уменьшаются, что свидетельствует о разрушении крахмала. ИК-спектры крахмалов, выделенных из облученного и необлученного зерна, идентичны.

Полученные данные свидетельствуют о том, что облучение зерна кукурузы дозами в  $10^5$  и  $1,5 \cdot 10^6$  рентген в отличие от тепловой сушки не оказывает влияния на выход крахмала. В то же время свойства выделенного крахмала изменяются при облучении намного интенсивней в сравнении с тепловой сушкой.

По аналогии с ранее проведенными работами по облучению зерна пшеницы И.И.Соседовым, А.Б.Вакаром, Е.С.Перцовским и др. (1957, 1959) и по облучению изолированных

крахмалов М.А. Хенохом (1955, 1958), В.Ф. Орешко (1959, 1961, 1962), В.И. Назаровым (1963), К.А. Коротченко (1962, 1963, 1966), Г.М. Масловой (1963), И.Н. Путиловой, С.Е. Траубенберг (1965, 1966), А.П. Писанским (1964) факты уменьшения вязкости и молекулярного веса можно объяснить деструкцией макромолекул крахмала по основным  $\alpha$ -1,4 и  $\alpha$ -1,6 гликозидным связям.

## ВЫВОДЫ

По результатам исследований сделаны следующие общие выводы и предложения:

1. Установлено, что выход крахмала из зерна кукурузы, просушенного при температуре теплоносителя  $40^{\circ}\text{C}$  -  $60^{\circ}\text{C}$  (температура нагрева зерна -  $38^{\circ}\text{C}$  -  $58^{\circ}\text{C}$ ), практически не изменяется в сравнении с "контролем". При температуре теплоносителя  $70^{\circ}\text{C}$  (температура нагрева зерна -  $68^{\circ}\text{C}$ ) выход крахмала снижается незначительно на 1-3%, а при температуре теплоносителя  $140^{\circ}\text{C}$  (температура нагрева зерна  $120^{\circ}\text{C}$ ) уменьшается примерно на 35%.

2. Показано, что содержание "сырого" протеина в крахмале, выделенном из зерна кукурузы гибрида ВИР-42, просушенного при  $40$ ,  $50$ ,  $60^{\circ}\text{C}$ , было постоянным. При сушке же зерна начиная с температуры  $60^{\circ}\text{C}$  и выше содержание "сырого" протеина в крахмале увеличивается. Содержание "сырого" протеина в крахмале гибридов полной спелости ВИР-42, Од 42 и Од 27, просушенных при  $140^{\circ}$ , в сравнении с контролем повышается в два раза; из зерна гибрида ВИР-42 восковой спелости - в три раза.

3. Выход крахмала ( $X_y$ ) в зависимости от температуры нагрева зерна ( $y$ ) можно выразить эмпирическим уравнением, в частности, для гибрида ВИР-42 полной спелости оно имеет вид:  $X_y = 58,62 - 0,067y$  (эта формула справедлива для температуры нагрева зерна  $38^{\circ}\text{C}$  -  $88^{\circ}\text{C}$ ).

5. Зерно кукурузы для крахмало-паточной промышленности целесообразно сушить при импульсном режиме с температурой нагрева зерна не более  $50^{\circ}\text{C}$  и температурой сушки до  $200^{\circ}\text{C}$ .

6. Подсчитано, что экономия от увеличения выхода крахмала из одной тонны зерна кукурузы гибрида ВИР-42 при сушке теплоносителем с температурой  $40^{\circ}\text{C}$  (температура нагрева зерна  $38^{\circ}\text{C}$ ) в сравнении с сушкой при  $70^{\circ}$  (температура нагрева зерна  $68^{\circ}\text{C}$ ) составит 9,37 руб. и в сравнении с сушкой при  $90^{\circ}\text{C}$  (температура нагрева зерна  $88^{\circ}\text{C}$ ) - 17,54 руб.

7. Вязкость крахмала, выделенного из зерна кукурузы, просушенной при температуре выше  $70^{\circ}\text{C}$ , примерно на 20 - 40% ниже вязкости крахмала, выделенного из зерна "контроль" и сушки при  $40^{\circ}\text{C}$ .

8. Зерно восковой спелости без дозревания применять для получения крахмала нецелесообразно вследствие низкого выхода и плохого его качества. Сушка зерна восковой спелости при семенных режимах ( $40^{\circ}\text{C}$ ) способствует увеличению выхода крахмала и улучшению его свойств.

9. Гигроскопичность и набухаемость крахмала, выделенного из зерна кукурузы тепловой сушки, зависит от структурного состояния крахмала в эндосперме зерна, а также от содержания белка в выделенном крахмале.

Действие высоких температур теплоносителя при сушке зерна снижает температуру начала клейстеризации изолированного крахмала.

10. С увеличением температуры теплоносителя при сушке зерна до  $70^{\circ}\text{C}$  уменьшается молекулярный вес выделенного крахмала. При этом установлено различное действие температур на крахмал разных гибридов кукурузы.

11. Спектрофотометрическими исследованиями на СФ-4 и ЦР - 10 установлено, что сушка зерна при температуре  $140^{\circ}\text{C}$  приводит к дезагрегации крахмала. При этом частично разрушается амилоза.

12. Проведенные исследования кинетики кислотного гидролиза показали, что крахмал, выделенный из зерна, просушенного при высокой температуре агента сушки, труднее гидролизуется. Скорость ферментативного гидролиза также снижается.

13. Установленные закономерности (уменьшение вязкости, молекулярного веса и снижение скорости гидролиза крахмалов, выделенных из зерна подвергнутого воздействию высокими температурами) главным образом объясняются деструкцией крахмала и денатурацией белков, образующих с крахмалом комплексы.

14. Облучение зерна кукурузы дозами  $10^5$  и  $1,5 \cdot 10^6$  рентген в отличие от сушки при высоких температурах не влияет на выход крахмала. Однако свойства такого крахмала существенно изменяются: вязкость и молекулярный вес снижаются, вследствие деструкции. При этом не происходит образование групп, которые изменяли бы окраску и регистрировались бы ИК спектрометром.

Основное содержание диссертации опубликовано в работах:

1. Влияние режимов тепловой сушки кукурузы на выход крахмала. Известия вузов СССР "Пищевая технология" № 4, 1967.
2. Вязкость, молекулярный вес и содержание амилозы крахмала в связи с тепловой сушкой кукурузы. Известия вузов СССР. "Пищевая технология", № 5, 1967.
3. Кислотный и ферментативный гидролиз кукурузного крахмала. Известия вузов СССР "Пищевая технология" № 6, 1967г.
4. Изучение изменений крахмала кукурузы под действием облучения и температуры. Известия вузов СССР "Пищевая технология" (в печати).
5. Влияние тепловой сушки кукурузы на выход крахмала. Реферативная информация о законченных научно-исследовательских работах в вузах УССР. Киев, 1967.

6. Влияние режимов сушки кукурузы на качество зерна для крахмало-паточной промышленности. ЦИИНТИ Госкомзага (в печати).
7. Выход и качество крахмала в связи с тепловой сушкой кукурузы. XXIX научная конференция Одесского технологического института им. М.В. Ломоносова (тезисы докладов). Одесса, 1967.
8. Влияние тепловой сушки кукурузного зерна на некоторые физико-биохимические свойства выделенного крахмала. IУ научно-техническое совещание "Физико-химия и технология крахмала и крахмалопродуктов", тезисы докладов. Москва, 1968.

По вопросам, рассматриваемым в диссертации,  
автором сделаны доклады:

1. На XXIX научной конференции профессорско-преподавательского состава Одесского технологического института им. М.В. Ломоносова, Одесса, 1967.
2. На заседании Одесского отделения Всесоюзного Биохимического общества АН СССР, декабрь 1967 г.

=====