

Автореферат
С 12

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

На правах рукописи

Саад Мохамед Абдель-Моним Кутит

УДК 664.71-11:576.8.097.29

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕРАБОТКИ
ЗЕРНА НА СОДЕРЖАНИЕ МИКОТОКСИНОВ

Специальность 05.18.02 - технология зерновых,
бобовых, крупяных продуктов и комбикормов

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

Одесса - 1987

СК

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В Продовольственной программе СССР на период до 1990 года большое внимание уделяется борьбе с потерями зерна и повышению его качества на всех этапах производства, хранения и переработки. Проблема качества зерна затрагивает многие вопросы. Наименее исследованным среди них является вопрос об ухудшении санитарно-гигиенического состояния зерна вследствие загрязнения его токсигенными видами грибов при хранении.

Приоритет в изучении токсинов, образующихся при поражении зерна грибами, по праву принадлежит советским ученым (В.И. Биали, В.Г. Дроботько, А.Х. Саркисов, В.Л. Кретович, Ю.И. Рубинштейн, Л.Е. Олифсон, Л.С. Львова и другие).

Прогресс в области химии природных соединений привел к выделению и установлению химической природы целого ряда микотоксинов, ответственных за ряд серьезных заболеваний человека и животных. Это прежде всего афлатоксины B_1 , B_2 , G_1 , G_2 , M_1 и другие. В настоящее время установлено, что при своем развитии микроскопические грибы способны образовывать более 200 токсичных веществ, многие из которых обладают канцерогенными свойствами. Одними из самых ядовитых веществ и сильнейших природных канцерогенов являются афлатоксины. Возможное загрязнение зерна афлатоксинами представляет серьезную опасность для здоровья человека. Ввиду этого во многих странах установлено предельно-допустимое их содержание и введен государственный контроль за загрязнением ряда масличных и зерновых культур афлатоксинами.

Интенсивность загрязнения сельскохозяйственных продуктов микотоксинами зависит от особенностей культуры, почвенно-климатических условий зоны, а также приемов уборки и хранения зерна (П. Крэг, Ц. Гессельтайн, П. Скотт, О. Шотвелл, Х. Шредер и другие). В Советском Союзе афлатоксины были обнаружены в пшенице, овсе, кукурузе, причем чаще всего в зерне, подвергавшемся самосогреванию или плесневению в неблагоприятных условиях уборки и хранения (Л.С. Львова, П. Ников и другие). Имеется значительное количество научных работ, посвященных изучению распространения афлатоксинов в различных зерновых и бобовых культурах, однако влияние технологических процессов переработки зерна пшеницы в муку и выпечки хлеба на содержание афлатоксинов изучено еще недостаточно. Решению этих вопросов и посвящена данная работа.

Цель работы. Изучить влияние различных технологических процессов подготовки и переработки зерна пшеницы в муку на содержание афлатоксинов в зерновых продуктах и разработать предложения по снижению их содержания до предельно-допустимого уровня. В связи с этим были поставлены следующие задачи исследования:

- изучить влияние температуры зерна и относительной влажности воздуха на интенсивность образования афлатоксинов в зерне пшеницы различной стекловидности;
- изучить влияние сушки, очистки и кондиционирования зерна пшеницы на содержание афлатоксинов;
- изучить распределение афлатоксинов в различных продуктах помола токсичного зерна пшеницы;
- изучить изменение содержания афлатоксинов в технологических процессах выпечки хлеба.

Научная новизна работы. Уточнены условия образования афлатоксинов в зерне пшеницы при неблагоприятных режимах хранения. Определены закономерности изменения содержания афлатоксинов в зерне пшеницы и продуктах его переработки на различных этапах технологического процесса производства муки. Показано распределение афлатоксинов в различных промежуточных и конечных продуктах переработки зерна в муку. Установлено снижение содержания афлатоксинов в технологических процессах тестоведения и выпечки хлеба.

Практическая ценность. Показана возможность существенного обезвреживания зерна пшеницы и продуктов его переработки, загрязненных афлатоксинами, в технологических процессах производства муки и выпечке хлеба на основе комплекса мер по снижению содержания афлатоксинов в зерновых продуктах и хлебе. Уточнены и дополнены приемы и режимы хранения зерна пшеницы, показана возможность применения традиционных технологических процессов подготовки и переработки зерна пшеницы к помолу с целью снижения содержания афлатоксинов в муке и хлебе.

Апробация работы. Результаты работы были доложены на научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава ОТИИП им. М. В. Ломоносова в 1987 г.

Публикации. По материалам диссертации опубликована одна статья. Две статьи направлены в журнал "Пищевая технология".

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 137 страницах машинописного текста и состоит из введения, трех глав, выводов и предложений, библиографии. Диссертация содержит 11 рисунков и 26 таблиц. Библиография включает 187 наименований советских и зарубежных авторов.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для проведения исследований использовали два сорта мягкой пшеницы: высокостекловидную канадскую (стекловидность 65%) и низко-стекловидную, сорт Одесская 51 (стекловидность 38%).

Экспериментальная база при исследовании влияния технологических процессов переработки зерна пшеницы на содержание афлатоксинов обеспечивала выполнение следующих микробиологических и технологических операций:

- определение динамики биосинтеза афлатоксинов на зерне пшеницы грибом *Aspergillus flavus* NRRL 2999;
- очистку поверхности зерна от спор и мицелия грибов на лабораторном ситовом и воздушном сепараторах;
- сушку зерна при температуре газовой смеси 150°C или при комнатной температуре;
- водотепловую обработку зерна методами холодного и горячего кондиционирования при избыточном давлении пара;
- переработку зерна в муку на мельничной установке "Нагема" и автоматической мельнице МЛ-8004;
- формирование муки по сортам на лабораторном смесителе;
- изучение биохимических и хлебопекарных свойств полученной муки;
- изучение влияния условий тестоведения и выпечки на содержание афлатоксинов в хлебе.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Динамика биосинтеза афлатоксинов на зерне пшеницы грибом *A. flavus*

Для изучения динамики биосинтеза афлатоксинов на зерне пшеницы грибом *A. flavus* культуру микромицета выращивали в течение 7 дней на зерне пшеницы влажностью 18%. Образцы пшеницы инокулировали зараженным зерном (Соотношение зараженное:здоровое зерно - 1:200) и помещали на капрновых ситах в эксикаторы, в которых создавали относительную влажность воздуха (φ) 75, 85, 90, 100%. Было установлено, что на высокостекловидном зерне биосинтез афлатоксинов при $\varphi = 75\%$ идет менее интенсивно, чем при более высоких значениях относительной влажности воздуха (табл. I). При $\varphi = 85\%$ количество афлатоксина B_1 повысилось до 430 мкг/кг после 40 суток хранения. Спустя этот срок наблюдали снижение содержания афлатоксина B_1 в зерне до 102 мкг/кг после 50 суток. При $\varphi = 90\%$ количество афлатоксина B_1 колебалось от 87 мкг/кг после 10 суток хранения до 382 мкг/кг после 60 суток хранения. Максимальное количество афлатоксина B_1 (12000 мкг/кг) обнаружено нами после 60 суток хранения при $\varphi = 100\%$.

Биосинтез афлатоксинов аспергиллами на зерне пшеницы протекает с некоторыми колебаниями.

Эти колебания связаны с тем, что афлатоксины (вторичные метаболиты) не являются конечными продуктами метаболизма грибов. Данные

биосинтеза афлатоксинов на низкостекловидном зерне при 30°C показали, что колебания в реальных условиях для эффективного биосинтеза создаются при $\varphi = 85\%$. Хотя при $\varphi = 100\%$ может наблюдаться накопление больших количеств афлатоксина B_1 , однако, практически такая высокая влажность воздуха наблюдается крайне редко. При $\varphi = 75\%$ максимальное содержание влаги в зерне пшеницы было 17%, что значительно ниже чем при $\varphi = 85\%$ (18,9%), при $\varphi = 90\%$ (19,4%), при $\varphi = 100\%$ (34,6%).

Таблица I

Содержание афлатоксинов в зараженном и незараженном зерне пшеницы (стекловидность 38 и 65%, $t = 30^\circ\text{C}$)

Относительная влажность воздуха, %	Хранение, сутки	Количество афлатоксинов, мкг/кг в зерне							
		зараженном				незараженном			
		B_1	G_1	B_1	G_1	B_1	G_1	B_1	G_1
		Стекловидность 65%				Стекловидность 38%			
75	10	18	12	2	4	8	6	2	4
	20	25	27	2	-	23	37	-	-
	30	15	8	-	-	29	42	-	-
	40	75	16	-	-	73	35	-	-
	50	39	46	3	3	16	22	-	-
	60	38	23	3	3	100	166	3	3
85	10	220	265	4	2	189	128	20	2
	20	295	335	2	8	233	196	-	-
	30	380	62	-	-	213	85	-	-
	40	430	420	-	-	146	220	-	-
	50	102	137	-	-	346	712	-	3
	60	254	279	-	-	136	98	-	-
90	10	87	28	20	4	212	235	2	2
	20	145	173	20	20	146	88	-	-
	30	193	132	-	-	98	78	-	-
	40	352	136	-	-	45	85	-	-
	50	107	146	-	-	125	122	-	6
	60	382	458	-	-	200	107	-	-
100	10	200	160	60	20	1600	2000	20	20
	20	240	220	100	80	500	1000	33	66
	30	100	133	33	66	333	666	3	100
	40	666	1333	100	200	400	1000	266	366
	50	666	1000	100	200	1666	2000	333	666
	60	12000	12000	66	-	5333	4000	400	400

Следует подчеркнуть, что образование афлатоксинов B_1 и G_1 на высокостекловидном и низкостекловидном зерне пшеницы при $\varphi = 75\%$ идет значительно менее интенсивно чем при $\varphi = 85, 90$ и 100% . Биосинтез афлатоксинов B_1 и G_1 на высокостекловидном зерне идет быстрее чем на низкостекловидном зерне при $\varphi = 85\%$, что может быть объяснено различием химического состава зерна. Оптимальными условиями для образования афлатоксинов на зерне различной стекловидности (38 и 65%) является $\varphi = 85\%$, длительность хранения зерна 40...50 дней при 30°C и влажности зерна - 18,0...19,0 %.

Влияние очистки, сушки и кондиционирования зараженного зерна на содержание афлатоксинов

Как видно из рис. 1, очистка зерна от примесей и его поверхности способствовала снижению содержания афлатоксина B_1 на 15% и афлатоксина G_1 в пределах 12...16% к исходному их количеству в зерне. Это связано с удалением мицелия и спор гриба. При сушке наблюдалось снижение афлатоксина B_1 в пределах 12...17% и афлатоксина G_1 на 9%. Обработка зерна насыщенным паром с давлением 0,1 МПа вызвала снижение афлатоксина B_1 в пределах 35...39% и афлатоксина G_1 в пределах 37...42%. Таким образом, все методы подготовки зерна к помолу оказывают положительное влияние на снижение афлатоксинов в зерне пшеницы, за исключением холодного кондиционирования, однако наиболее существенно влияют тепловые методы и особенно обработка зерна паром, при которой достигается снижение афлатоксинов до 40-45%. При этом снижение афлатоксина B_1 на 3-8% больше чем афлатоксина G_1 , что подтверждает относительно невысокую стойкость афлатоксина B_1 к воздействию факторов внешней среды. Поэтому для обезвреживания зараженного афлатоксинами зерна пшеницы целесообразно использовать тщательную очистку поверхности зерна и применять обработку паром при режимах не ухудшающих хлебопекарные свойства зерна.

Распределение афлатоксинов в продуктах помола пшеницы

Изучение проведено на указанных образцах высокостекловидной и низкостекловидной пшеницы путем их размола на автоматической мельнице по схеме односортового 70-72% помола. Потоки муки, полученные в основном из центральных частей эндосперма, содержат наименьшее количество афлатоксинов, которые сосредоточены в периферийных частях зерновки и поэтому их наибольшее количество обнаружено в муке с последних драных систем, а также в отрубях, что видно из табл. 2. Так, количество афлатоксина B_1 в муке возрастало от первой драной до последней размольной системы с 16% до 113% по отношению к его содержанию в исходном зерне.

Таблица 2

Распределение афлатоксинов в продуктах 70 %-ного помола пшеницы (стекловидность 65%)

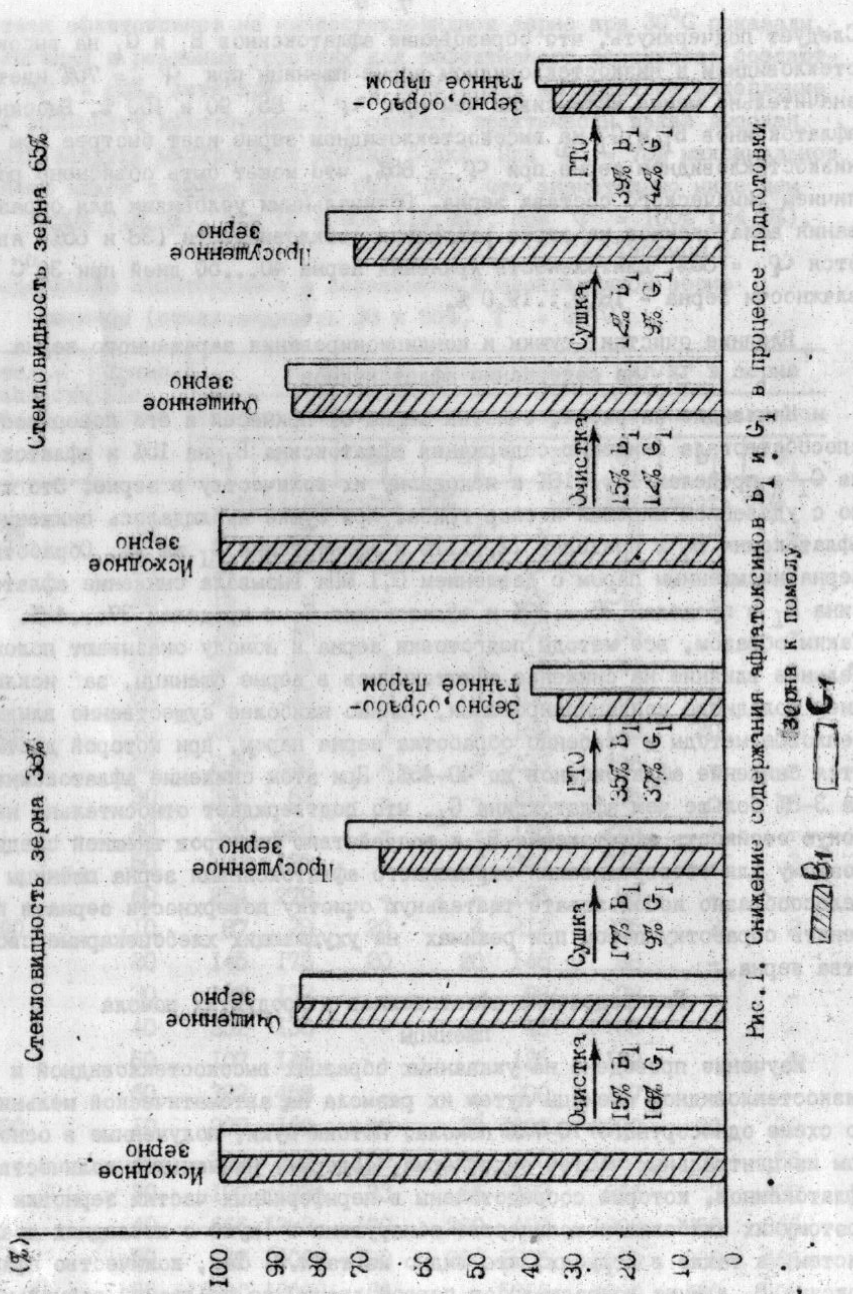
Система	Содержание афлатоксинов, мкг/кг									
	Холодное кондиционирование					Обработка паром				
	Выход муки, %	B_1	%*	G_1	%*	Выход муки, %	B_1	%*	G_1	%*
Исходное зерно	-	1250	100	1250	100	-	525	100	525	100
I драная	14,6	200	16	312	25	13,6	37	7	74	14
II драная	8,9	325	26	625	50	6,6	58	11	101	19
III драная	7,9	362	29	435	35	6,6	95	18	111	21
1-я размольная	21,2	200	16	540	43	24,8	59	11	63	12
2-я размольная	12,5	412	33	514	41	14,1	147	28	100	19
3-я размольная	6,5	1412	113	1087	87	7,4	551	105	510	97
Отруби драные	11,6	1862	149	1478	118	8,2	646	123	605	115
Отруби размольные	15,9	2987	239	3812	305	18,1	992	189	819	156

* - % афлатоксинов к исходному содержанию в зерне.

При этом наблюдается значительное увеличение афлатоксинов в отрубях. В отрубях драных систем возрастание составило 1,5 раза, а в отрубях размольных систем - 2,4 раза, к исходному количеству афлатоксина B_1 в зерне, подвергнутом холодному кондиционированию.

В продуктах помола зерна, обработанного паром, количество афлатоксина B_1 возрастало от 7% на первой драной системе до 105% на последней размольной системе к исходному содержанию в зерне. Из табл.2 видно, что продукты размола пшеницы, обработанной паром, содержат афлатоксины в меньшем количестве чем в продуктах размола пшеницы, подвергнутой холодному кондиционированию.

При изучении распределения афлатоксина B_1 в муке различного выхода (табл.3) установлено, что мука 72 %-ного выхода из зерна, обработанного паром, содержит афлатоксина B_1 меньше, чем мука 72 %-ного выхода из зерна, подвергнутого холодному кондиционированию. Мука 72 %-ного выхода содержит меньше афлатоксина B_1 чем мука 83 %-ного выхода, что связано с попаданием в эту муку периферических частей зерна, содержащих максимальное количество афлатоксинов. При исследовании влияния времени отволаживания зерна на содержание афлатоксинов в муке различных сортов, выработанной из высокостекловидной пшеницы (табл.4), установлено, что увеличение времени отволаживания с 8 до 24 ч при холодном кондиционировании способствует снижению афлатоксина B_1 в муке и повы-



шение его содержания в отрубях, что объясняется повышением прочности оболочек и меньшей их дробленностью. Характерно, что мука второго сорта содержит больше афлатоксина В_I чем в исходном зерне, потому что афлатоксины находятся в основном в периферических частях зерна, которые попадают в муку второго сорта. Максимальное количество афлатоксинов обнаружено в отрубях.

Таблица 3
Содержание афлатоксина В_I в муке различного выхода при различных методах подготовки зерна к помолу

Исходные данные			Количество афлатоксина В _I , мкг/кг	% к исходному содержанию в зерне	
Метод кондиционирования зерна	Стекловидность зерна, %	Общий выход муки, %		до кондиционирования	после кондиционирования
Исходное зерно	65	-	1250*	100	-
Обработано паром	65	-	525 ^{жж}	42	100
Холод. кондиц.	65	72	135	11	26
Обработано паром	65	72	362	29	29
Обработано паром	65	83	215	17	41
Холод. кондиц.	65	83	880	70	70
Исходное зерно	38	-	75*	100	-
Обработано паром	38	-	42 ^{жж}	56	100
Обработано паром	38	72	16	21	38
Холод. кондиц.	38	72	36	48	48
Обработано паром	38	83	24	32	57
Холод. кондиц.	38	83	48	64	64

* до кондиционирования, жж - после обработки паром.

В продуктах помола зерна, обработанного паром, при увеличении времени отволаживания возрастало количество афлатоксинов в муке и особенно в муке второго сорта, а в отрубях несколько снижалось, что объясняется снижением прочности оболочек при тепловой обработке поверхностных слоев зерна.

При переработке низкостекловидного зерна увеличение времени отволаживания при холодном кондиционировании приводит к некоторому повышению содержания афлатоксинов как в муке, так и в отрубях, однако интенсивность увеличения афлатоксинов в отрубях ниже чем при помолах высокостекловидного зерна. Это можно объяснить структурой

Таблица 4

Распределение афлатоксинов в различных сортах муки и отрубях, выработанных из зараженного зерна пшеницы (стекловидность 65%) при различном времени отволаживания

Продукты помола	Содержание афлатоксинов В _I /G _I , мкг/кг											
	Холодное кондиционирование						Обработка паром					
	τ = 4ч		τ = 16ч		τ = 24ч		τ = 4ч		τ = 6ч		τ = 8ч	
	B _I /G _I	%*	B _I /G _I	%*	B _I /G _I	%*	B _I /G _I	%*	B _I /G _I	%*	B _I /G _I	%*
Исходное зерно	390	100	390	100	390	100	176 ^{жж}	100	176 ^{жж}	100	176 ^{жж}	100
	390	100	390	100	390	100	207	100	207	100	207	100
Мука первого сорта	250	64	218	56	210	54	57	32	60	34	58	25
	261	67	225	58	223	57	47	23	58	23	58	25
Мука второго сорта	449	115	402	103	426	109	86	49	121	69	121	74
	756	194	703	180	695	178	110	53	153	69	153	74
Отруби	1094	280	1484	380	1781	457	351	199	355	199	355	199
	1406	360	1406	360	1625	417	331	160	315	160	315	152
Обойная мука	355	91	353	90	353	90	167	95	167	95	167	95
	361	92	361	92	361	92	199	96	199	96	199	96

* - % афлатоксинов к исходному содержанию в зерне,
жж - после кондиционирования; выход сортовой муки 70%, обойной - 96%.

низкостекловидного зерна пшеницы, которая допускает интенсивное проникновение влаги во внутренние слои зерновки, а вместе с ней и продуктов метаболизма грибов, в том числе и афлатоксинов.

Увеличение времени отволаживания с 4 до 8 ч при обработке низкостекловидного зерна паром приводит к незначительному повышению содержания афлатоксинов в муке и снижению их в отрубях, что аналогично изменению при холодном кондиционировании.

Содержание афлатоксинов в обойной муке оставалось практически неизменным при различных периодах отволаживания зерна и составляло 90-95% при помоле высокостекловидной пшеницы и 93-102% - при помолах низкостекловидной, что объясняется высоким выходом обойной муки (96%). Таким образом, при сортовых помолах зараженного зерна пшеницы для снижения содержания афлатоксинов в муке можно рекомендовать увеличивать время отволаживания при холодном кондиционировании высокостекловидного зерна до 24 ч, а для низкостекловидного - не более 8 ч. При обработке зерна паром целесообразно устанавливать время отволаживания 4 ч как для высокостекловидного, так и для низкостекловидного зерна.

Обработка зерна паром способствует снижению абсолютного содержания афлатоксинов в муке различных сортов в 4-10 раз, что объясняется воздействием теплового фактора на микрофлору зерна и продуктом метаболизма. Поэтому при переработке зараженного зерна целесообразно использовать обработку его паром с кратковременным прогревом зерновой массы до 60-65°C. Учитывая высокую проникающую способность пара, он позволяет достигнуть равномерного контакта со всей поверхностью каждой зерновки и равномерного ее прогрева. Исследованиями установлено, что снижение общего выхода муки при переработке зараженного зерна способствует снижению содержания афлатоксинов в ней за счет удаления большего количества периферических частей зерна, содержащих наибольшее количество афлатоксинов.

Вопрос об инактивации афлатоксинов в отрубях специально не разрабатывался, однако, учитывая, что отруби используются как кормовой продукт, можно воспользоваться простыми методами их обезвреживания, среди которых высокотемпературная обработка, химические методы обезвреживания и другие.

Для изучения распределения афлатоксинов в промежуточных продуктах размола зерна были проведены помолы по развитой схеме технологического процесса с получением двух сортов муки (первого и второго) общим выходом 78%. Схема технологического процесса включала шесть драных, две шлифовочные, 8 размольных и одну сходовую системы. В процессе исследования изучали содержание афлатоксинов B_1 и G_1 в про-

межточных продуктах (крупная крупка, смесь средней + мелкой крупки, дунст), в муке по сортам и отрубях. Помолы проводили на зерне различной стекловидности (65 и 38%), подготовленного методом холодного и горячего кондиционирования. Результаты помолов высокостекловидного зерна представлены в табл. 5 и 6, из которых видно, что из промежуточных продуктов наибольшее количество афлатоксинов обнаружено в крупной крупке, в более мелких продуктах количество афлатоксинов снижает до минимального значения в дунсте, что связано с наличием в промежуточных продуктах определенного количества оболочек, в которых сосредоточены в основном афлатоксины. Поскольку в крупной крупке содержится больше оболочек чем в других промежуточных продуктах, то этим и объясняется более высокое содержание в ней афлатоксинов по сравнению с другими промежуточными продуктами. Количество афлатоксинов повышается в муке от первого сорта ко второму, что также связано с попаданием во второй сорт периферических частей зерна, в которых сосредоточена повышенная часть афлатоксинов. Наиболее высокое содержание афлатоксинов как и в предыдущих опытах получено в отрубях. По отношению к муке общего выхода содержание афлатоксинов в отрубях увеличивается примерно в 3-4 раза. Результаты определения афлатоксинов в муке различных систем приведены в табл. 6, из которой видно, что от первых к последним системам, как в драном, так и размольном процессах, количество афлатоксинов в муке возрастает, что связано с перераспределением периферических частей зерна в процессе помола. Минимальное количество афлатоксинов обнаружено в муке первой и второй драных и размольных систем, а максимальное - на последних системах. Сравнение по наличию афлатоксинов отрубей, полученных в драном и размольном процессах, показывает, что максимальное их содержание обнаружено в отрубях размольного процесса. Это свидетельствует предположительно о том, что афлатоксины сосредоточены в основном в семенной оболочке и алейроновом слое.

Изменение содержания афлатоксинов в процессах тестоведения и выпечки хлеба

Влияние процесса приготовления дрожжевого хлеба на конечное содержание афлатоксинов хлебе изучено недостаточно. В исследованиях изучали влияние процесса приготовления хлеба из сортовой муки 78%-ного выхода и обойной муки на содержание в нем афлатоксинов. Результаты исследований представлены в табл. 7, из которой видно, что в начале замеса тесто из муки первого сорта разрушилось 26...31% афлатоксина B_1 и 31...34% афлатоксина G_1 , а в муке второго сорта 34...35% афлатоксина B_1 и 24...31% G_1 от исходного количества в муке.

Таблица 5

Содержание афлатоксинов в продуктах помола зараженной пшеницы, стекловидность 65%

Продукты помола	Холодное кондиционирование						Обработка паром						
	Выход продукта, %			Афлатоксины, мкг/кг			Выход продукта, %			Афлатоксины, мкг/кг			
	В _I	% к исходному зерну	G _I	В _I	% к исходному зерну	G _I	В _I	% к исходному зерну	G _I	В _I	% к исходному зерну	G _I	% к исходному зерну
Исходное зерно	-	100	726	100	100	296*	100	439*	100	100	214	45	
Крупная кружка	28,2	256	196	45	196	117	39	214	39	117	214	45	
Средняя + мелкая кружка	19,5	167	167	29	167	73	25	166	25	73	166	38	
дунот	9,7	129	110	23	110	49	16	122	16	49	122	28	
мука первого сорта	45,1	310	420	55	420	88	30	149	30	88	149	34	
мука второго сорта	32,7	450	770	80	770	145	49	217	49	145	217	49	
Общая мука	77,8	366	495	65	495	118	40	162	40	118	162	37	
Отруби	21,3	1492	2185	264	2185	368	124	1015	124	368	1015	231	

* после кондиционирования.

Таблица 6

Распределение афлатоксина В_I в муке некоторых систем и отрубях 78%-ного помола пшеницы (стекловидность зерна 65%)

Наименование систем и продуктов	Холодное кондиционирование			Обработка паром		
	Выход продуктов, %	Афлатоксин В _I		Выход продуктов, %	Афлатоксин В _I	
		мкг/кг	% к исходному содержанию		мкг/кг	% к исходному содержанию
Исходное зерно	-	564	100	-	296*	100
I драная	2,6	96	17	2,0	15	5
II драная	3,0	112	20	2,5	35	12
III драная	2,1	143	25	1,7	63	21
I-я размольная	10,4	103	18	8,7	106	36
3-я размольная	9,2	131	23	10,7	140	47
8-я размольная	2,3	525	93	1,4	220	74
Отруби драные	16,1	1300	230	15,8	337	114
Отруби размольные	4,2	2139	379	3,9	593	200

* после кондиционирования.

В тесте перед формовкой (мука первого сорта) снижение афлатоксина В_I составит 48...61% и 58...59% G_I, а в тесте из муки второго сорта обнаружено снижение афлатоксина В_I 54...60% и 61...62% G_I от исходного количества в муке.

При выпечке хлеба из муки первого сорта снижение афлатоксинов составило 75...82%, а в хлебе из муки второго сорта 74...83% от исходного содержания афлатоксинов в муке. Аналогичные изменения по содержанию афлатоксинов обнаружены и в хлебе из обойной муки. Полученные результаты по изучению изменений содержания афлатоксинов в процессах тестоведения и выпечки хлеба позволяют сделать вывод, что указанные процессы оказывают существенное влияние на снижение афлатоксинов в хлебе, достигающее 82...83%. Это объясняется тем, что в процессах тестоведения и выпечки хлеба происходят химические превращения афлатоксинов в другие вещества, ферментативный гидролиз биополимеров и афлатоксинов, тепловое разрушение афлатоксинов при высокой температуре в процессе выпечки хлеба. При этом сорт муки и метод кондиционирования зерна не оказывают существенного влияния на снижение афлатоксинов в процессах тестоведения и выпечки хлеба.

Таблица 7

Изменение содержания афлатоксинов B_1 и G_1 в процессах тестоведения и выпечки хлеба из муки 78 %-ного выхода

Сорт муки	B_1/G_1 мкг/кг	% афлатоксинов к исходному содержанию в муке		
	мука	тесто в начале замеса	тесто перед формовкой	хлеб
Холодное кондиционирование				
Первый сорт	310	74	52	22
	420	66	43	18
Второй сорт	450	66	46	17
	770	69	39	26
Обработка паром				
Первый сорт	88	69	39	19
	149	69	41	25
Второй сорт	145	65	41	20
	217	76	38	24

Таким образом, в процессах приготовления хлеба происходит значительное разрушение афлатоксинов, однако это не обеспечивает полного обезвреживания хлеба и необходимо использовать и другие методы уменьшения загрязнения хлеба за счет тщательной подготовки и контроля сырья и разработки технологических приемов, способствующих разрушению токсинов.

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. Подтверждено, что загрязнение зерна пшеницы афлатоксинами наблюдается преимущественно при его самонагревании в процессе хранения в неблагоприятных условиях.

2. Наиболее интенсивно образование афлатоксинов в жизнеспособном зерне пшеницы, инокулированном токсигенным штаммом *A. flavus* происходит при температуре 30°C, относительной влажности воздуха 85% и влажности зерна 18,0...19,0%. Образование афлатоксинов при относительной влажности воздуха 75% было незначительным. Биосинтез афлатоксинов на высокостекловидном зерне идет более интенсивно чем на низкостекловидном зерне, что объясняется особенностями химического состава этого зерна.

3. Очистка поверхности загрязненного афлатоксинами зерна перед помолом и от примесей приводит к снижению содержания афлатоксина B_1

на 13...15% и афлатоксина G_1 -12...16% от исходного количества в зерне за счет удаления мелких, битых, плесневелых зерен и пыли, находящейся на поверхности зерна.

4. Сушка зерна, зараженного афлатоксинами, перед помолом, приводит к снижению содержания афлатоксина B_1 в зерне на 12...17% и афлатоксина G_1 на 9% от исходного количества в зерне за счет воздействия теплового фактора и снижения влажности зерна.

5. Применение обработки паром при подготовке зараженного зерна к помолу при давлении 0,1 МПа и экспозиции 30 с обеспечило снижение содержания афлатоксина B_1 на 35...39% и афлатоксина G_1 на 37...42% от исходного количества в зерне. Продукты размола зерна, обработанного паром, содержат в 4-10 раз меньше афлатоксинов чем продукты размола зерна, подвергнутого холодному кондиционированию. При увеличении времени отволаживания высокостекловидного зерна в процессе холодильного кондиционирования уменьшалось количество афлатоксинов в муке за счет повышения прочности оболочек и снижения их дробимости.

6. В технологическом процессе размола зерна установлено перераспределение афлатоксинов по различным промежуточным и конечным продуктам. Из промежуточных продуктов наибольшее содержание афлатоксинов в крупной крупке из-за попадания в нее части периферических частей зерна. В муке, полученной на различных системах, количество афлатоксинов уменьшается от первых систем в драном и размольном процессах к последним. Максимальное содержание афлатоксинов получено в продуктах и особенно в отрубях с размольного процесса. В муке лучшего качества (первый) получено меньшее количество афлатоксинов, чем в муке худшего сорта (второй сорт).

7. В процессе приготовления дрожжевого хлеба наблюдалось существенное разрушение афлатоксинов (около 75...83%), как при брожении теста, так и при выпечке хлеба.

8. Плесневые грибы *A. flavus* при развитии их на зерне пшеницы вызвали наряду с накоплением афлатоксинов и изменения биохимического состава: уменьшалось количество клейковины и снижалось ее качество, возрастало количество водорастворимой фракции белка и небелкового азота, происходили изменения аминокислотного состава.

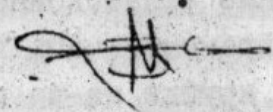
9. Изучение различных технологических приемов подготовки и размола зараженного афлатоксинами зерна в муку, а также условий тестоведения и выпечки хлеба позволило установить, что ни один из применяемых методов не позволяет полностью инактивировать афлатоксины в зерновых продуктах. Для снижения содержания афлатоксинов до предельно-допустимой концентрации необходимо применять комплекс методов и мероприятий при переработке зараженного зерна в муку и выпечке хлеба. К таким ме-

роприятиям относятся:

- создание нормальных условий хранения зерна;
- применение тщательной очистки зерна от примесей и очистки поверхности зерна;
- использование сушки зерна повышенной влажности;
- применение обработки зерна паром в процессе его подготовки к помолу;
- повышение времени отволаживания высокостекловидного зерна;
- снижение общего выхода муки до 68...70%.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Кутит С.М., Ил-табие А.М., Миссалам А.С. Содержание афлатоксинов в египетских пищевых культурах, отобранных из двух районов (на английском языке) //Пищевая химия, 1983.- Вып.10 - С.149-153.
2. Кутит С.М., Кириленко О.А. Накопление афлатоксинов при хранении искусственно зараженного зерна пшеницы //Пищевая технология, 1988.- Вып.2 (в печати).



Подп. к печати 5.10.87 г. Формат 60 x 84 1/16.

Объем 0,8 уч.изд.л., 1,0 п. л. Заказ № 5674. Тираж 100.

Гортипография Одесского облполиграфиздата, пех № 3,
Ленина, 49.