

Автореф
Я 47

Министерство культуры СССР
ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
имени И. В. СТАЛИНА

Аспирант ЯКОВЕНКО В. А.

C25

Я

БИОХИМИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЛИПИДОВ ИЗОЛИРОВАННЫХ ЗАРОДЫШЕЙ НЕКОТОРЫХ ЗЛАКОВ ПРИ ИХ ХРАНЕНИИ

Научный руководитель—доктор биологических наук,
профессор РОМЕНСКИЙ Н. В.

АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ,
ПРЕДСТАВЛЕННОЙ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

ОДЕССА, 1953 г.

Абторег
Я 47

Министерство культуры СССР
ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
имени И. В. СТАЛИНА

Аспирант ЯКОВЕНКО В. А.

С25
Я

БИОХИМИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЛИПИДОВ ИЗОЛИРОВАННЫХ ЗАРОДЫШЕЙ НЕКОТОРЫХ ЗЛАКОВ ПРИ ИХ ХРАНЕНИИ

Научный руководитель — доктор биологических наук,
профессор РОМЕНСКИЙ Н. В.

АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ,
ПРЕДСТАВЛЕННОЙ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

ПЕРЕОБЛІК

20 12 р.

Биохимические измер



v018117

БИБЛИОТЕКА

v018117

ОНАХТ

БИБЛИОТЕКА

ОДЕССА, 1953 г.

ВВЕДЕНИЕ

XIX съезд Коммунистической партии и V сессия Верховного Совета Союза ССР, на базе достигнутых успехов в тяжелой промышленности, выдвинули ближайшую задачу—обеспечить дальнейший более быстрый рост производства предметов народного потребления.

В выполнении поставленной задачи технологии зерна принадлежит весьма важная роль.

Усилия работников мукомольной промышленности и элеваторного хозяйства должны быть направлены не только на повышение производительности существующих предприятий, но и на овладение техникой максимального и рационального использования всех питательных частей перерабатываемых зерновых культур.

Зародыш составляет всего 3% от веса зерна пшеницы и ржи и 12% — кукурузы. Однако по своему химическому составу, физиологической и питательной ценности зародыш стоит значительно выше всех анатомических частей зерна. Если сравнить химический состав зародыша пшеницы с ее эндоспермом, то получится, что зародыш содержит протеина в 3 раза, а жира и сахаров в 6 раз больше, чем эндосперм. Кроме этого, зародыш содержит в себе преобладающее количество витаминов группы В, Е и др.

Поэтому неудивительно, что вопрос о повышении питательной полноценности хлеба, который поднимался не раз отечественными учеными, начиная со второй половины 19 столетия, неразрывно связан с использованием зародыша. В настоящее время общеизвестно, что зародыши злаковых культур могут быть использованы в хлебопекарной, кондитерской, витаминной, комбикормовой и др. отраслях промышленности. Неотложные проблемы, которые стоят на пути полного решения вопроса по использованию зародышей состоят в том, чтобы:

- 1) наладить промышленное производство зародышевых продуктов в широких масштабах;
- 2) найти способы длительного хранения зародышевого сырья без ухудшения его качества;

3) найти пути и методы использования зародышей, как в хлебопекарной промышленности, так и в виде специализированных продуктов для населения.

1. Краткий обзор литературы

В настоящее время наиболее изучены биохимические процессы, имеющие место при хранении зерна, пшеничной муки, крупы. Хранение зародышей и зародышевых хлопьев пока изучено явно недостаточно.

На течение тех или иных биохимических процессов в зерне и зернопродуктах имеют решающее значение условия хранения: температура и относительная влажность воздуха, влажность хранящегося продукта, наличие света, аэрация и пр.

Влияние температуры и влажности на сохранность зерна при длительном хранении изучали М. Клеев (1940, 1947, 1948), Н. Соседов и сотр. (1941, 1949) и др.

Л. Трисвятский (1936), В. Кретович и сотр. (1940), А. Двинянинова и А. Саввина (1941), Н. Соседов и сотр. (1948) проводили исследование биохимических изменений жира пшеницы и пшена при хранении в зависимости от их влажности.

Изучению биохимических изменений при хранении муки и крупы были посвящены работы Н. Козьминой и сотр. (1934, 1940), А. Волковой (1946, 1950), М. Демьяненко (1948) и др.

Н. Соседов и сотр. (1949) и П. Тарутин (1949) исследовали сохранность зародышевых хлопьев пшеницы в зависимости от влажности и температуры, а также в зависимости от технологической их обработки.

На основании многочисленных исследований было выяснено, что основной причиной порчи зерновых продуктов является их прогоркание. Прогоркание, как вид порчи зерновых продуктов, является следствием биохимических изменений жира, входящего в их состав. Порча зерновых продуктов благодаря только гидролизу жира многими исследователями отрицается (Н. Козьмина, В. Кретович, Е. Казаков, А. Волкова и др.). Причину прогоркания жира некоторые авторы относили за счет жизнедеятельности микроорганизмов (Г. Селибер, 1926). Однако этот взгляд опровергается данными В. Израильского и А. Казаковой (1934), Л. Трисвятского (1946) и др.

В настоящее время выяснено, что наиболее вероятная природа прогоркания—окислительная, в основе которой лежит теория активации кислорода А. Баха. Это положение подтверждается данными многих авторов (В. Ручкин, 1932, А. Зиновьев, 1939, Н. Козин, 1939 и др.).

Изучение окислительных процессов привело исследователей к открытию в семенах сои фермента липоксидазы, катализирующего образование перекисей ненасыщенных жиров. Меха-

низм действия липоксидазы был изучен Д. Михлиным и К. Пшеновой (1948). Ю. Рааль и В. Кретович (1952) обнаружили фермент липоксидазу в семенах зерновых и масличных культур. Роль липоксидазы при окислительной порче жира пока еще достаточно не выяснена.

Из краткого обзора литературы можно сделать следующие основные выводы:

1) Подавляющее большинство авторов к основной причине порчи зерновых продуктов относят прогоркание жира, обусловленное действием кислорода воздуха на ненасыщенные жирные кислоты.

2) Прогоркание жира является следствием окислительных процессов с образованием перекисей и окисей, которые разлагаясь образуют альдегиды, кетоны, оксикислоты и др. продукты распада.

3) Процессы прогоркания не обязательно связаны с гидролизом жира, а следовательно, и с повышением его кислотности.

4) В окислительных процессах жира участвует фермент липоксидаза.

5) Зародыши и зародышевые хлопья злаков являются самыми нестойкими зерновыми продуктами при хранении их в обычных условиях.

II. Цели и задачи исследования

На основании выводов по обзору литературы можно прийти к следующему заключению. Причину порчи зародышевых продуктов следует отнести к изменению жировой их части. Жир, входящий в состав зародышевых продуктов, при хранении подвергается в результате воздействия внешних факторов гидролизу и прогорканию.

Задача исследования состояла в следующем:

1. Изучить изменение жира, входящего в состав зародышевых продуктов в зависимости:

- а) от продолжительности их хранения;
- б) от изменения влажности продукта и температуры хранения;
- в) от исходного качества, технологической обработки продукта и других факторов.

2. Проследить изменения развития микрофлоры и влияние ее на прогоркание зародышевых продуктов при их хранении.

3. Проследить изменения активности окислительных ферментов: липоксидазы и каталазы и установить связь их с прогорканием зародышевых продуктов.

Цель исследования состояла в нахождении оптимальных методов обработки и режимов хранения зародышевых продуктов для более или менее длительного срока хранения.

III. Объекты и методы исследования

В качестве основного объекта исследования были взяты пшеничные зародышевые хлопья. Кроме этого, были подвергнуты исследованию зародыши пшеницы, ржи и кукурузы.

Зародышевые хлопья были получены на Ленинградском ордена Ленина Мелькомбинате имени С. М. Кирова со следующими показателями: влажность 11—12%, содержание зародыша 65%. Районы произрастания пшеницы: Днепропетровская, Запорожская, Винницкая, Полтавская и Каменец-Подольская области УССР. Выход зародышей составлял 0,03—0,035% от количества зерна, поступающего на 1 дранье.

Зародыши пшеницы и ржи были получены на Херсонской мельнице № 3, а кукурузные зародыши—на Назраньском крупзаводе № 40.

Данные по химическому составу исходных образцов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав исходных образцов

(в % на абсолютно сухое вещество)

Продукт	Белок (коэф. 6,25)	Крахмал	Жир	Сахара			Клетчатка	Пентозаны	Зола	Минеральная примесь	Фосфор
				Фруктоза и глюкоза	Сахароза (после 30 мин. гидролиза)	Сумма естествен. сахаров.					
Пшеничные зародыши . .	31,15	30,20	8,13	2,18	10,20	16,05	2,60	5,26	5,96	2,43	0,80
Ржаные зародыши . . .	37,00	8,45	12,00	2,55	13,50	19,53	2,70	5,93	6,26	0,69	0,974
Пшеничные зародышевые хлопья . . .	32,10	22,25	11,10	3,53	14,55	22,75	2,71	6,04	4,43	—	0,990
Зародышевая мука	25,68	—	8,67	—	—	—	2,29	6,45	3,43	—	—
Кукурузные зародыши . .	20,90	17,90	20,30	—	—	—	—	—	—	—	1,310
Зародыши пшеницы по данным Н. В. Роменского . .	41,30 (37,63)	0	15,04	—	—	25,12	2,46	9,74	6,32	—	—

Исследования биохимических изменений жира зародышевых продуктов производились при различных режимах. Режимы хранения отличались между собой различными вариациями по температуре и влажности.

Для зародышевых хлопьев были приняты следующие температурные режимы: — 13—14°, —2—0°, 16—21°, 35—42°C; для зародышей пшеницы, ржи и кукурузы — 2—0° и 16—20°C.

Различные вариации по влажности достигались подсушиванием продуктов до влажности 3—4% и увлажнением их до влажности 14—16%.

Хранение проводилось в мешочках из бязевой ткани, из плотной бумаги и в стеклянных банках. Вес каждого образца перед закладкой на хранение составлял 1—2 кг.

Для предположительной стабилизации в зародышевые хлопья при их хранении вносились добавки: 5% овсяной или соевой муки, 2% поваренной соли. Кроме этого, подверглись хранению зародышевые хлопья, обработанные термическим способом (поджаренные и подсушенные), пропаренные и зародышевая мука. Всего были подвергнуты исследованию свыше 30 образцов зародышевых продуктов.

Жир в наших исследованиях извлекался путем экстракции зародышевых продуктов, предварительно высушенных в вакууме при $T=70-75^{\circ}$ в течение 6—7 часов, сухим серным эфиром в аппарате Сокслета. Экстракция проводилась в течение 5—6 часов. Жир сушился при $T=60-70^{\circ}$ в токе сухого CO_2 до постоянного веса.

Исследование жира проводилось по истечении следующих сроков хранения зародышевых продуктов: 2 недель, 1, 2, 3, 5 месяцев и других сроков хранения. Анализ жира включал в себя определение кислотного, иодного, перекисного чисел, числа омыления, коэффициента преломления жира, а также качественную реакцию на альдегиды с фуксинсернистой кислотой. Перед анализом проводились определения влажности и органолептическая оценка на прогорклость продукта.

Кроме этого исследовались:

- 1) равновесная влажность зародышевых продуктов;
- 2) влияние относительной влажности воздуха (70 и 100%) на изменение липидов;
- 3) развитие микрофлоры при хранении и ее влияние на прогоркание зародышевых хлопьев;
- 4) ферментативная активность окислительных ферментов липоксидазы и каталазы.

Общее число образцов, подвергнутых исследованию с учетом числа вариаций хранения, составило около 200.

IV. Результаты исследований и выводы

Равновесная влажность.

Сравнивая экспериментальные данные по равновесной влажности зародышей пшеницы и ржи, а также пшеничных зародышевых хлопьев с данными, имеющимися в литературе по равновесной влажности зерна злаковых культур (табл. 2), следует отметить следующие положения.

Таблица 2

Относительная влажность воздуха в %	В л а ж н о с т ь в %				
	Пшенич. зародыши	Ржаные зародыши	Пшенич. зародыш. хлопья	Пшеница	Рожь
40	7,06	6,00	7,87	10,75	10,9
60	8,89	8,10	10,02	12,92	13,5
80	13,53	15,19	14,94	16,83	17,4
100	33,15	—	32,05	∞35	∞36

1. Зародыши и зародышевые хлопья имеют равновесную влажность значительно меньшую по сравнению с зерном при равенстве относительной влажности воздуха (в пределах 40—80 %) и температуры (17—20°).

2. Чем выше температура воздуха, тем ниже равновесная влажность зародышей при одной и той же относительной влажности воздуха (табл. 3).

Таблица 3

Температура воздуха в °С	Равновесная влажность зародыш. хлопьев при отн. влажн. воздуха 40—70%	Температура воздуха в °С	Равновесная влажность зародыш. хлопьев при отн. влажн. воздуха 80%
35—42	4,8— 5,2	29—30	14,40
16—20	7,6— 8,2	18—20	14,94
— 2—0	10,9—11,1	— 2—0	17,34
—14—13	16,6		

3. Равновесная влажность зародышей устанавливается тем быстрее, чем ниже относительная влажность воздуха.

4. Равновесная влажность зародышей производственных и препарированных перед проведением анализа различна при равенстве условий их хранения.

5. Равновесная влажность при хранении в лабораторных условиях ($T=16-21^{\circ}$, $\varphi=40-70\%$) устанавливается:

для зародышей пшеницы в пределах $6,4-8,3\%$;
 " " ржи " " $5,6-7,0\%$;
 " пшеничных зародышевых хлопьев $7,6-8,4\%$.

Изменение химических характеристик жира зародышевых продуктов при их хранении

Исследования, произведенные по биохимическим изменениям липидов зародышевых продуктов, показали следующие результаты:

По кислотным числам жира

1. Наименьшее повышение кислотных чисел жира наблюдается на протяжении пятимесячного срока хранения у пшеничных зародышевых хлопьев, подвергнутых термической обработке и пропариванию (табл. 4).

Таблица 4

(5 месяцев хранения при $T=16-21^{\circ}$).

Исследуемый материал	Влажность в %	Кислотн. число	Иодное число	Перекисн. число	Проба на альдегиды	Органо-лептич. оценка
Исходные хлопья . .	11,5	28,0	128,4	0,061	Отрицат.	Норм.
Зародыш. мука . . .	10,0	71,1	119,3	0,400	Положит.	Горькие
Подсуш. хлопья . .	4,2	29,1	111,9	0,060	Отрицат.	Сл. горьк.
Поджар. " . . .	7,0	27,0	118,4	0,204	Следы	Норм.
Пропар. " . . .	7,4	31,0	111,0	0,358	Сильно положит.	"
Увлажнен. хлопья *	8,9	67,2	117,6	0,282	Положит.	Горькие

2. Хранение зародышевых продуктов при низких температурах задерживало повышение кислотных чисел жира. Оптимальная температура хранения — $2-0^{\circ}$ (табл. 5) (см. стр. 10)

3. Повышение кислотных чисел жира при низких температурах хранения зародышевых хлопьев свидетельствует о том, что низкие температуры полностью не инактивируют фермент липазу. Влажность продукта является основным фактором, определяющим активность липазы. Повышенные температуры при низкой влажности продукта ($4,8-5,2\%$) не оказывают существенного влияния на изменения кислотных чисел жира.

4. Производственные зародышевые хлопья с начальной влажностью $10-11\%$ лучше всего хранить в лабораторных

*) Первоначальная влажность составляла $14,2\%$.

условиях в мешочках из бумаги и мешочках из ткани. Высушенные зародышевые хлопья лучше всего хранить в герметической таре.

5. Повышенная относительная влажность воздуха способствует резкому повышению кислотных чисел жира. Так, например, в лабораторных условиях при относительной влажности воздуха 40—70% за 5 месяцев хранения кислотность жира зародышевых хлопьев повысилась с 28 до 48—50, т. е. на 20 единиц. У зародышевых хлопьев, хранившихся при 70% относительной влажности воздуха, за 4,5 месяца — с 31,9 до 63,0 т. е. на 31 единицу. У зародышевых хлопьев, хранившихся при 100% относительной влажности воздуха, за 4,5 месяца — с 32 до 115, т. е. на 73 единицы.

Таблица 5

(5 месяцев хранения)

Температура хранения °С	Влажность в %	Кислотн. число	Иодное число	Перекисн. число	Проба на альдегиды	Органо-лептический оценка
Исходные хлопья . .	11,5	28,0	128,4	0,061	Отрицат.	Норм.
35—42	4,8	49,9	122,5	0,056	Сильно полож.	Слабо горькие
16—21	8,2	49,6	121,7	0,039	Отрицат.	Горькие
— 2—0	10,9	32,5	118,0	0,631	Полож.	Сл. горьк.
—14—13	16,6	38,6	120,0	0,484	"	Оч. горьк.

6. Внесение добавок в пшеничные зародышевые хлопья не оказывает положительного влияния на сохранность продукта.

7. У кукурузных зародышей кислотность жира повышается менее интенсивно, чем у зародышей пшеницы и ржи. У пшеничных зародышевых хлопьев повышение кислотности жира происходит также менее интенсивно, чем у пшеничных зародышей, даже при более низкой первоначальной влажности последних.

8. Наиболее интенсивное повышение кислотности жира наблюдается при хранении зародышевой муки.

По иодным числам и коэффициентам преломления жира

1. Иодные числа жира зародышевых продуктов пшеницы и кукурузы при их хранении изменяются незначительно.

2. При хранении зародышевых хлопьев пшеницы в насыщенном влагой воздухе иодное число жира резко понижается.

Термическая обработка и пропаривание зародышевых хлопьев также способствуют понижению иодных чисел жира.

3. Не всегда наблюдается пропорциональное соответствие между понижением иодных чисел и коэффициентами преломления жира зародышей и зародышевых хлопьев. Поэтому рекомендовать рефрактометрический метод определения иодных чисел жира зародышевых продуктов при их хранении мы не можем.

По перекисным числам жира

1. Перекисные числа жира зародышевых хлопьев при хранении изменяются неравномерно.

2. Индукционный период, период, при котором наблюдается незначительный рост перекисей, зависит от условий хранения и прежде всего от влажности хранящихся зародышевых хлопьев, а также температуры хранения и технологической обработки.

3. Коррелятивной взаимосвязи между изменением перекисных и иодных чисел не установлено.

Порча зародышевых продуктов

1. При порче зародышевых продуктов в большинстве случаев наблюдается повышение кислотных чисел жира.

2. По величине кислотного числа жира можно судить о пригодности зародышевых хлопьев пшеницы к длительному хранению. При кислотном числе не более 20 и при влажности не выше 5% зародышевые хлопья пшеницы пригодны для хранения в течение 5 и более месяцев.

3. Закономерной связи между гидролизом жира и окислительными процессами, происходящими в нем, не наблюдается.

4. Влияние действия микрофлоры на прогоркание зародышевых хлопьев пшеницы при влажности их до 11% исключается (табл. 6).

Таблица 6

Продолжительность хранения в месяцах	Влажность в %	Количество клеток в 1 г продукта	
		При посеве на МПА за 24 часа	При посеве на СА за 72 часа
Исходные хлопья	11,5	54.000	28.800
	При температуре 16—21°		
5	8,2	22 900	9.600
8	10,0	11.250	7.650
13	10,2	400	2.650
	При температуре —2—0°		
8	11,0	650	150
10	—	800	2.700
13	11,0	400	100

5. Прогоркание зародышевых продуктов, как вид порчи, следует отнести к окислительным процессам, которые имеют место при их хранении.

6. Окислительные процессы протекают в большей или меньшей степени при хранении зародышевых продуктов с влажностью 3% и более вне зависимости от других условий хранения и их обработки.

7. Зародышевые хлопья пшеницы, подвергнутые термической обработке и пропариванию, не подвергаются прогорканию довольно продолжительное время.

8. Увлажнение зародышевых хлопьев свыше 14—15% способствует интенсивному их прогорканию.

9. Герметические условия хранения подсушенных зародышевых хлопьев (с влажностью 3—5%) повышают продолжительность их хранения.

Изменение активности окислительных ферментов при прогоркании

Рассмотренный экспериментальный материал дает возможность полагать, что даже при отсутствии глубокого гидролиза и при исключении микробного фактора прогоркание имеет место при хранении зародышевых продуктов.

Образование перекисей при хранении зародышевых продуктов подтверждает существующую точку зрения об окислительном характере прогоркания жировых веществ, входящих в их состав.

В нашем исследовании мы пытались не только выяснить изменение активности окислительных ферментов при хранении зародышевых продуктов, но также и установить взаимосвязь изменения активности липоксидазы и каталазы при прогоркании этих продуктов.

Из приведенных в табл. 7 данных следует, что активная

Таблица 7

Исследуемый материал	Продолж. хранения в месяцах	Пероксидный метод (в $\mu\text{g Fe}^{++}$)	Метод обесцвечивания каротина (в час.)	Контроль (в час.)	Поглощение O_2 за 45 мин. (в мл)
Зародыши пшеницы (свежевылущенные) .	0	240	2,25	20	4,15
Зародыши пшеницы (производствен.) . . .	14	258	1,5	20	0,70
Пшеничные зародышевые хлопья	6	1380	1,5	20	1,23
Пшеничные зародышевые хлопья (обезжиренные)	—	194	2,5	20	1,00
Соевая мука	около 8	2580	0,25	20	—

липоксидазы присутствует в зародышевых продуктах пшеницы.

Резкое изменение липоксидазной и каталазной активности наблюдается при хранении тех зародышевых хлопьев пшеницы, которые были подвергнуты различной технологической обработке (табл. 8).

Таблица 8

(6 месяцев хранения при $T=16-21^{\circ}$)

	Активность ката-лазы	Активность липоксидазы				Органолептич. оценка
		Пероксидный метод (в $\mu\text{г Fe}^{III}$)	Метод обесцвечив. каротина (в час.)	Контроль (в час.)	Поглощение O_2 за 45 мин. (в мл)	
Контроль	98,2 *)	1380	1,5	20	1,28	Горькие
Зародыш. мука	89,1	1200	1,5	20	0,95	"
Увлажненные	98,8	1190	1,75	20	1,10	Оч. горькие
Подсушенные	28,2	500	3,75	20	0,95	Сл. горькие
Поджаренные	2,7	—103	5,5	20	1,06	Нормальн.
Пропаренные	7,2	844	3,5	20	0,94	Нормальн.

Данные табл. 8 свидетельствуют о том, что результаты анализов по ферментативной активности согласуются с органолептическими показателями: там, где липоксидазы и каталазы имеют наибольшую активность, наблюдается горечь; и, наоборот, там, где активность этих ферментов понижена, наблюдается полное или частичное отсутствие горечи.

Зародышевые хлопья после 5 месяцев их хранения в насыщенном влагой воздухе, как это видно из табл. 9, имели

(5 месяцев хранения при $T=16-21^{\circ}$)

Таблица 9

Исследуемый материал	Относит. влажность воздуха в %	Активность каталазы	Активность липоксидазы				Органолеп-тич. оценка
			Пероксидн. метод (в $\mu\text{г Fe}^{III}$)	Метод обесцвечив. каротина (в час.)	Контроль (в час.)	Поглощение O_2 за 45 мин. (в мл)	
Свежевылущ. зародыши	—	100	240	2,25	20	4,15	Норм.
Зародышевые хлопья пшеницы . . .	70	91,4	1350	1,0	20	1,83	Горьк.
Зародышевые хлопья пшеницы . . .	100	72,4	—353	5,0	20	1,28	Полная порча

*) За 100 была принята активность каталазы свежевылущенных зародышей пшеницы.

отрицательное значение липоксидазной активности. Хранение же зародышевых хлопьев в воздухе с относительной влажностью 70% за тот же период привело к резкому повышению активности липоксидазы.

Таким образом, хранение зародышевых хлопьев при повышенной их влажности (до 32%) приводит к полному инаktivированию их липоксидазы и к значительному снижению активности каталазы.

Внесение овсяной, соевой муки и поваренной соли не оказывает влияния на снижение активности липоксидазы при хранении зародышевых хлопьев.

При исследовании активности липоксидазы пероксидным и газометрическим методами в зависимости от температуры аналогичных результатов мы не получили (табл. 10).

Таблица 10

(6 месяцев хранения при $T=16-21^{\circ}$)

Температура °C	Влажность в %	Активность каталазы	Активность липоксидазы				Органолеп- тич. оценка
			Пероксидн. метод (в $\mu\text{g Fe}^{III}$)	Метод обес- печив. каро- тина (в час.)	Контроль (в час.)	Поглощение O_2 за 45 мин. (в мл)	
Свежевылущ. за- родыши	—	100	240	2,25	20	4,16	Нормальн.
—14—13	16,6	—	480	1,5	20	1,46	Горькие
— 2—0	10,9	98,4	1080	1,75	20	1,57	Сл. горькие
16—21	8,8	98,2	1380	1, 5	20	1,23	Горькие
35—42	4,8	93,1	253	1,75	20	1,07	Сл. горькие

Нам представляется, что пероксидный метод в данном случае является более правильным, так как он свидетельствует о количестве перекисей ненасыщенных жирных кислот, в то время как присоединение кислорода может происходить не только к жирным кислотам, но и к другим веществам, входящим в состав продукта.

Полученные данные по липоксидазной и каталазной активности мы рассматриваем как сравнительные, поскольку производственные пшеничные зародышевые хлопья не могли быть всегда тождественными. Однако достоверность наших результатов подтверждается сравнением их с результатами изменения активности дегидраз зародыша пшеницы во времени, которое получил в своих исследованиях В. Кретович (1942, 1945).

Полученные результаты дают нам возможность сделать следующие выводы:

1. Активность фермента липоксидазы зародышевых хлопьев вне зависимости от условий в первый период хранения повышается, после чего наблюдается снижение ее активности.

2. Повышение влажности зародышевых хлопьев приводит сначала к повышению активности липоксидазы, но затем, вследствие неблагоприятных условий хранения, создаваемых повышенной влажностью, фермент полностью инактивируется.

3. Температурный оптимум действия липоксидазы находится в пределах 17—20°C.

4. Необходимо отметить соответственное (параллельное) изменение активности каталазы и липоксидазы при хранении зародышевых хлопьев (табл. 10).

5. Нам представляется, что повышение активности фермента липоксидазы ускоряет окислительный процесс ненасыщенного жира; разложение же продуктов окисления жира способствует снижению активности или даже полному инаktivированию этого фермента. Это происходит вследствие того, что промежуточным продуктом распада перекисей является атомарный кислород, который окисляет фермент. Последнее явление есть результат ненасыщенной природы липоксидазы.

Для того, чтобы предотвратить ферментативный окислительный процесс в зародышевых продуктах необходимо перевести фермент липоксидазу в малоактивное состояние или инаktivировать его. Поскольку свободные жирные кислоты играют отрицательную роль при этом процессе, необходимо так же и фермент липазу превратить в малоактивное состояние. Снижение иодных чисел жира соответствует снижению липоксидазной активности во всех случаях, за исключением случаев с поджаренными зародышевыми хлопьями (табл. 4 и 8), что является подтверждением изложенных положений.

На основании результатов экспериментального исследования биохимических изменений липидов изолированных зародышей пшеницы, ржи, кукурузы и пшеничных зародышевых хлопьев при их хранении сделаны следующие выводы и предложения:

1) В окислительной порче жира зародышевых продуктов участвует фермент липоксидаза. Активность фермента липоксидазы по мере хранения зародышевых продуктов вначале повышается, а затем падает вне зависимости от температуры, что находится в соответствии с положением А. Баха. Оптимум действия липоксидазы пшеничных зародышевых хлопьев находится в пределах 17—20°C. Повышенная влажность продукта способствует повышению активности липоксидазы. При дли-

тельном хранении влажных зародышевых хлопьев липоксида-за инактивируется.

2) Присоединение молекулярного кислорода воздуха к окисляемому жиру зародышевых продуктов происходит не только по месту двойных связей, что наблюдается при повышенной влажности продукта. Присоединение молекулярного кислорода воздуха происходит также к углеродному атому по соседству или между двойными связями жирной кислоты. Относительная стабильность иодных чисел жира является подтверждением этого положения.

3) Хранение зародышевых продуктов сопровождается гидролизом жира, что выражается в интенсивном повышении кислотных чисел жира.

4) Порча зародышевых продуктов зависит как от окислительных процессов (пригоркания), так и от повышения количества свободных жирных кислот (гидролитическая порча). Более устойчивыми при хранении являются зародышевые продукты, имеющие исходные низкую влажность и невысокую кислотность жира.

5) Влияние микрофлоры на прогоркание зародышевых продуктов при их хранении в условиях нашего исследования исключается.

6) Производственные пшеничные зародышевые хлопья с кислотным числом жира не выше 20 и влажностью 3—5% пригодны для длительного хранения в течение 5—6 месяцев. Пшеничные зародышевые хлопья, имеющие влажность свыше 3—5%, должны быть подсушены.

7) Производственные пшеничные зародышевые хлопья в случае длительного их хранения в обычных условиях (температура хранения 16—21°, относительная влажность воздуха 40—70%) должны быть подвергнуты поджариванию или пропариванию с последующим подсушиванием.

8) Зародышевые продукты лучше всего хранить при температуре —2—0°C.

