

ГИГРОСКОПИЧНОСТЬ РЫБНОЙ МУКИ И ЕЕ ИЗМЕНЕНИЯ В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ

В. В. Колчев

HYGROSCOPICITY OF FISH MEAL AND ITS CHANGES ACCORDING TO STORAGE CONDITIONS

By V. Kolchev

Вопрос о содержании влаги в рыбной муке, выпускаемой нашими утилизационными заводами, до сих пор вообще не поднимался в рыбной промышленности СССР. Принятая на заводах норма содержания влаги 10—12% узаконена на всех наших утильзаводах. Однако можно было предполагать, что климатические условия различных районов нашего Союза влияют на гигроскопическое состояние готовой рыбной муки как при хранении, так и при транспортировке. Гигроскопическая характеристика муки дает возможность проверить правильность режима высушивания и выяснить влияние длительности хранения на гигроскопические свойства муки. До сих пор неизвестна гигроскопичность рыбной муки, скорость поглощения и отдачи ею влаги. Выяснение этих вопросов должно облегчить задачу хранения муки, так как необходимым условием сохранения мукой своих качеств является предельно допустимая влажность ее. Повышение влажности муки вызывает микробиологические процессы: микроорганизмы начинают проявлять свою деятельность (плесневые грибки), причем интенсивность их действия, как установлено рядом исследователей, находится в прямой зависимости от температуры воздуха и выявляется главным образом в поверхностных слоях муки.

С целью выяснения влияния внешних условий (температуры и относительной влажности воздуха) на гигроскопическое состояние муки и была проведена настоящая работа.

Задача исследования состояла в том, чтобы на основании изменения веса муки при выдерживании ее в воздухе с различной относительной влажностью и при разных температурах установить размеры изменения влажности муки и направления этих изменений¹⁾.

Первый этап работы заключался в выборе методики для проведения исследования. Можно было применить методику двоякого рода: вести наблюдения над состоянием рыбной муки в токе воздуха заданной относительной влажности или наблюдать влияние этой влажности на муку при неподвижном воздухе (в замкнутом пространстве). Предварительные испытания были проведены обоими способами.

¹⁾ Аналитическая часть работы выполнялась лаборантом К. И. Лепилиной.

По первому способу рыбная мука в количествах около 6—7 г с влажностью 14,76% помещалась в две V-образные трубки, закрытые стеклянными пробками (рис. 1). Обе трубки соединялись с одной стороны со стеклянной банкой емкостью около 3,5 л, с другой — с двумя склянками Дрекслея с водой, служащими для регулирования скорости воздуха, проходящего через трубки.

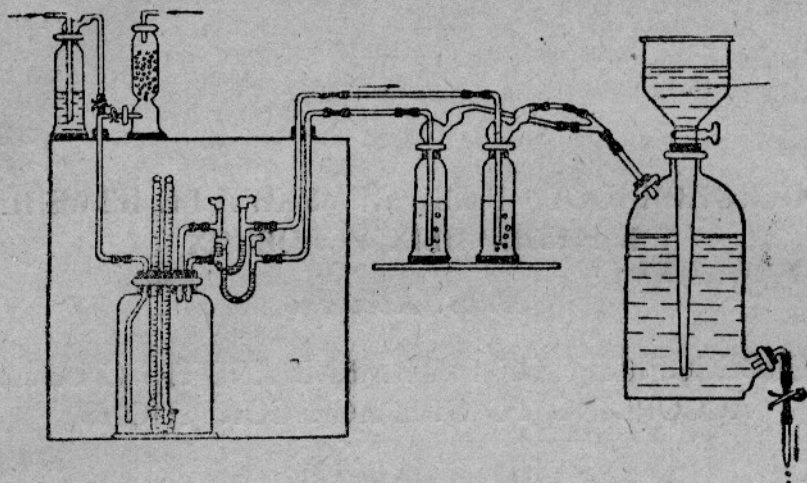


Рис 1.

В банку через крышку пропущены два термометра: сухой и мокрый (психрометр Августа) для измерения относительной влажности проходящего воздуха. Воздух из помещения поступает в банку по трубке, пройдя предварительно через склянку Дрекслея с водой. Для регулирования степени влажности воздуха рядом со склянкой Дрекслея поставлена колонка с хлористым кальцием для осушивания проходящего воздуха (включается через тройник).

Для поддержания нужной температуры банка и V-образные трубки помещались в термостат, нагреваемый при помощи электрических лампочек. Склянки Дрекслея с водой соединены с газометром, служащим для измерения просасываемого через трубки с мукой воздуха. После пропускания в течение нескольких часов воздуха надлежащей влажности краны V-образных трубок закрывались, установка размещалась, и трубки с навесками муки взвешивались на аналитических весах. Воздух пропускался через две параллельно расположенные трубки со средней скоростью в одном случае около 0,2 л/мин., в другом — около 0,5 л/мин.

Для испытания второго метода определения гигроскопичности муки (в замкнутом пространстве) навески такой же муки (с влажностью 14,76%) помещались в двух бюксах в эксикаторы с плотно притертыми крышками, наполненные до 0,5 объема раствором серной кислоты такой концентрации, которая обеспечивала нужную влажность воздуха, находящегося в эксикаторе. Каждые сутки производилось взвешивание бюкса с мукой на аналитических весах. Наблюдение производилось при относительных влажностях воздуха 90% и 50% при 20° и заканчивалось к моменту прекращения изменения веса бюкса с мукой.

Опыт пропускания воздуха указанной выше относительной влажности через две V-образные трубки с навесками муки в первой — 6,2496 г, во второй — 7,4772 г (при скорости 0,2 л/мин) дал следующие результаты (табл. 1).

Опыт с психрометром Августа (в трубках)

Относительная влажность воздуха 90%. Средняя температура воздуха 18°

Время прохождения воздуха (в час.)	% прироста влаги в трубке № 1	% прироста влаги в трубке № 2	Средний % прироста влаги	Время прохождения воздуха (в час.)	% прироста влаги в трубке № 1	% прироста влаги в трубке № 2	Средний % прироста влаги
3	0,726	0,468	0,60	47 ¹ / ₂	5,33	5,75	5,54
6	1,365	1,255	1,31	50 ¹ / ₂	5,46	5,82	5,64
9	1,840	1,77	1,81	53 ¹ / ₂	5,48	5,95	5,77
11 ¹ / ₂	2,280	2,08	2,15	56 ¹ / ₂	5,63	6,00	5,82
14 ¹ / ₂	3,66	3,162	3,41	59 ¹ / ₂	5,71	6,09	5,90
17 ¹ / ₂	3,92	3,44	3,68	52 ¹ / ₂	5,75	6,11	5,93
20 ¹ / ₂	4,08	3,62	3,85	55 ¹ / ₂	5,85	6,21	6,03
23 ¹ / ₂	4,21	3,78	4,0	58 ¹ / ₂	5,94	6,30	6,12
26 ¹ / ₂	4,55	4,30	4,43	61 ¹ / ₂	5,93	6,32	6,13
29 ¹ / ₂	4,59	4,40	4,49	64 ¹ / ₂	5,84	6,06	6,28
32 ¹ / ₂	4,68	4,82	4,65	67 ¹ / ₂	5,97	6,38	6,18
35 ¹ / ₂	4,68	5,19	4,94	70 ¹ / ₂	5,83	6,32	6,08
38 ¹ / ₂	5,04	5,51	5,28	73 ¹ / ₂	5,57	6,32	6,00
41 ¹ / ₂	5,14	5,55	5,35	76 ¹ / ₂	5,52	6,36	5,94
44 ¹ / ₂	5,27	5,67	5,47	—	—	—	—

Параллельное выдерживание двух навесок муки (6,0061 г и 6,3100 г) в бюксах в эксикаторе в атмосфере воздуха с 90% относительной влажности при температуре 20° показало следующие изменения навесок, приведенные в табл. 2.

Таблица 2

Опыт в эксикаторе

Относительная влажность воздуха 90%. Средняя температура воздуха 20°

Время выдержки в эксикаторе	% прироста влаги в муке, бюкса № 1	% прироста влаги в муке, бюкса № 2	Средний % прироста влаги	Время выдержки в эксикаторе	% прироста влаги в муке, бюкса № 1	% прироста влаги в муке, бюкса № 2	Средний % прироста влаги
1 сутки	1,71	2,28	1,99	11 сут. 5 час.	10,22	11,11	10,67
2 суток	3,22	3,52	3,37	12 "	10,65	11,55	10,10
2 сут. 5 час.	3,38	3,72	3,50	12 " 5 час.	10,65	11,61	11,13
4 "	5,31	5,68	5,58	13 "	11,05	12,00	11,53
4 " 5 час.	5,32	5,91	5,62	13 " 5 час.	11,00	11,99	11,50
5 "	6,99	7,70	7,35	14 "	11,50	12,32	11,91
7 "	7,71	8,43	8,07	14 " 5 час.	11,35	12,32	11,84
7 " 5 час.	7,76	8,45	8,11	16 "	11,40	13,82	12,64
8 "	8,47	9,22	8,85	16 " 5 час.	11,37	13,78	12,58
8 " 5 час.	8,57	9,33	8,95	17 "	11,70	13,82	12,76
10 "	9,81	10,62	10,22	19 "	12,28	15,61	13,95
10 " 5 час.	9,79	10,65	10,22	19 " 5 час.	12,10	14,00	13,05
11 "	10,20	11,05	10,63				

Сравнение величин прироста влаги в обеих таблицах показало, что при просасывании воздуха с 90% влажностью прирост веса муки происходит гораздо быстрее, чем при выдерживании ее в воздухе эксикатора с той же относительной влажностью, и через 64 часа, когда этот прирост доходит в среднем до 6,28% по отношению к исходному весу, дальнейшего увеличения последнего не наблюдается. Однако при выдерживании муки в эксикаторе поглощение ею влаги

продолжается дальше и, постепенно увеличиваясь, доходит через 19 суток до предельной величины 13,95% в среднем, т. е. увеличивается более чем в два раза по сравнению с весом муки при выдерживании ее в токе воздуха.

Для выяснения влияния пониженной влажности на муку опыт в упомянутых выше двух вариантах был повторен при температуре близкой к 20°, но при 50% относительной влажности воздуха.

Навески муки в V-образных трубках были взяты 6,1401 г и 7,7840 г, в бюксах (в эксикаторе) 6,3702 г и 6,5778 г. В обоих случаях происходило уменьшение веса взятых навесок муки. При пропускании воздуха через трубки потери веса последних представлены в табл. 3 (скорость воздуха около 0,5 л/мин.).

Таблица 3

Опыт с психрометром Августа (в трубках)

Относительная влажность воздуха 50%. Средняя температура воздуха 18°

Время прохождения воздуха (в час.)	% убыли влаги в трубке № 1	% убыли влаги в трубке № 2	Средний % убыли влаги	Время прохождения воздуха (в час.)	% убыли влаги в трубке № 1	% убыли влаги в трубке № 2	Средний % убыли влаги
3	4,28	3,36	4,32	18	6,58	6,24	6,41
6	4,97	4,91	4,94	21	6,83	6,62	6,73
9	6,08	5,98	6,03	24	6,78	6,63	6,75
12	6,58	6,27	6,43	27	6,47	6,63	6,55
15	6,63	6,36	6,50	30	6,93	6,67	6,80

Изменения веса муки при выдерживании ее в эксикаторе приведены в табл. 4.

Таблица 4

Опыт в эксикаторе

Относительная влажность воздуха 50%. Средняя температура воздуха 20°

Время выдерживания в эксикаторе	% убыли влаги в муке, бюкса № 1	% убыли влаги в муке, бюкса № 2	Средний % убыли влаги	Время выдерживания в эксикаторе	% убыли влаги в муке, бюкса № 1	% убыли влаги в муке, бюкса № 2	Средний % убыли влаги
1 сутки	1,61	1,61	1,61	11 сут. 5 час.	4,17	4,21	4,19
2 суток	2,74	2,73	2,72	12 "	4,18	4,22	4,20
2 сут. 5 час.	2,91	2,892	2,90	12 " 5 час.	4,18	4,23	4,21
4 "	3,47	3,57	3,52	13 "	4,17	4,22	4,20
4 " 5 час.	3,62	3,69	3,65	13 " 5 час.	4,28	4,29	4,29
6 "	3,77	3,84	3,81	14 "	4,21	4,27	4,24
7 "	3,93	3,99	3,96	14 " 5 час.	4,22	4,30	4,26
7 " 5 час.	4,06	4,09	4,08	16 "	4,12	4,33	4,23
8 "	4,05	4,08	4,07	16 " 5 час.	4,13	4,32	4,23
8 " 5 час.	4,08	4,10	4,19	17 "	4,08	4,32	4,20
10 "	4,09	4,13	4,11	19 "	4,10	4,29	4,20
10 " 5 час.	4,15	4,19	4,17	19 " 5 час.	4,13	4,30	4,22
11 "	4,18	4,223	4,23				

Рассмотрение данных табл. 3 и 4 показывает, что уже после 30-часового просасывания воздуха потеря веса муки почти прекращается, составляя в среднем около 6,80%. Таким образом, с самого начала опыта потеря влаги мукой происходит очень быстро, причем разница с потерями, имеющими место в эксикаторе, гораздо значительнее:

через сутки от начала опыта она составляет четырехкратную величину по сравнению с потерей в эксикаторе (6,75% и 1,61%). В эксикаторе потери веса муки на 13-е сутки достигают 4,27% и при дальнейшем выдерживании не увеличиваются. Если при 90%-ной влажности воздуха прирост влаги в трубках оказывается к концу опыта в два раза меньшим по сравнению с таковым для муки в бюксах (в эксикаторе), то при 50%-ной влажности отмечено обратное явление; потери воды в трубках оказались в среднем в 1,5 раза выше, чем в муке, находящейся в эксикаторе. Отмеченное обстоятельство определенно указывает на то, что просасывание воздуха оказывает существенное влияние на содержание влаги в рыбной муке, несмотря на одну и ту же относительную влажность воздуха (движущегося и находящегося в покое). Следствием приведенного выше является то, что:

1) для гигроскопического состояния рыбной муки имеет значение состояние покоя или движения воздуха.

2) скорость движения воздуха оказывает влияние на влагосодержание рыбной муки.

Эти результаты оказываются в противоречии с данными исследования маслических семян, полученными Ф. Т. Гоголевым в его работе «Теоретические основы сушки маслосемян естественным воздухом», где автор при выборе методики исследования утверждает, что метод определения гигроскопической влажности при помощи гигроскопических растворов серной кислоты в закрытых сосудах едва ли может пользоваться преимуществом перед методом определения в струе тока воздуха с заданной относительной влажностью, и приходит к выводу, что «изменение скорости воздуха, протекающего через слой семян, практически не отражается на изменении величины гигроскопической влажности».

Полученные результаты испытания двух методов определения гигроскопичности муки заставили отказаться от метода просасывания воздуха как крайне ненадежного, и остановиться на методе выдерживания муки в эксикаторах над растворами серной кислоты надлежащих концентраций, как достаточно удовлетворительном, хотя и более длительном; кроме того, условия этого метода более соответствуют условиям хранения муки на складах и других помещениях с медленной циркуляцией воздуха.

Таким образом, дальнейшее исследование гигроскопического состояния рыбной муки при различном влагосодержании воздуха проводилось путем выдерживания ее в эксикаторах над растворами серной кислоты разных концентраций. Мука в эксикаторах выдерживалась при относительной влажности воздуха в них 50, 60, 75 и 90% и температурах 10, 20 и 30°. Объектом исследования служила полученная с Астраханского рыбного комбината мука из частичковых рыб следующего химического состава (в %):

Влага	11,18
Азотистые вещества	64,72
Жир	1,24
Хлористый натр	0,98

Исследование проводилось в эксикаторах с хорошо притертыми крышками; около половины объема их занимал раствор серной кислоты требуемой концентрации. Навески муки помещались в четырех бюксах на стеклянной подставке внутри эксикатора.

Взвешивание производилось каждые сутки. Для очередного взвешивания бюксы плотно закрывались крышками. Температура воздуха помещения, в котором выдерживались эксикаторы во время опыта, наблюдалась по термометру, повешенному рядом с эксикаторами.

1. Выдерживание муки при относительной влажности воздуха 90%

а) При температуре 10°

Эта серия наблюдений проводилась с следующими навесками муки:

№ б ю к с	1	2	3	4
Навески муки (в г)	15,472	16,0000	15,2964	15,1594
Высота слоя муки (в см)	3,2	4,0	3,5	3,1

Все 4 навески в бюксах были помещены в эксикатор с 2,5 л раствора серной кислоты концентрацией 17,06%, вследствие чего воздух внутри эксикатора при 10° приобретает относительную влажность, очень близкую к 90% (точно 90%-ная влажность при 10° соответствует 16,93%-ной кислоте). Опыты проводились в подвальном помещении.

В табл. 5 приведен средний прирост веса четырех образцов муки за каждые сутки в процентах по отношению к взятым навескам.

Таблица 5
Относительная влажность воздуха 90% при ср. темп. 10°

Время выдержки (в сутках)	% прироста влаги	Время выдержки (в сутках)	% прироста влаги	Время выдержки (в сут.)	% прироста; влаги	Время выдержки (в сут.)	% прироста влаги
1	0,47	21	5,25	40	6,98	58	8,10
2	1,33	22	5,36	41	7,13	59	8,14
4	1,55	23	5,48	43	7,24	60	8,18
5	2,08	25	5,54	44	7,30	62	8,30
6	2,36	26	5,85	45	7,37	63	8,31
7	2,64	27	5,96	46	7,42	64	8,38
9	3,25	28	6,03	47	7,50	65	8,57
10	3,36	29	6,13	48	7,57	66	8,44
11	3,62	31	6,29	50	7,68	68	8,55
12	3,85	32	6,41	51	7,71	69	8,63
14	4,29	33	6,41	52	7,70	70	8,63
15	4,48	34	6,58	53	7,83	71	8,63
16	4,62	35	6,64	54	7,88	72	8,59
17	4,73	37	6,78	56	7,89	73	8,60
19	5,02	38	6,89	57	8,04	74	8,59
20	5,12	39	6,96				

Из таблицы видно, что средний прирост веса постоянно увеличивается в течение 65 суток от начала опыта, после чего практически прекращается и, обнаруживая очень небольшие колебания, составляет в среднем около 8,61% после 68 суток, так что к этому моменту вла-

госодержание в муке составляет $\frac{(11,18+8,61) \cdot 100}{100+8,61} = 18,22\%$ при

наличии 0,70% водяного пара на 1 кг сухого воздуха. Из рис. 2 (кривая 10°) видно, что поглощение мукой влаги из воздуха происходит сначала быстро, а затем, по мере выдерживания муки в эксикаторе, постепенно замедляется и окончательно приостанавливается после 68 суток.

б) При температуре 20°

Для опыта при этой температуре были взяты следующие навески муки:

№ бюкс	1	2	3	4
Навески муки (г)	14,7652	14,8781	14,0426	14,8410
Высота слоя муки (см)	3,3	3,2	3,2	3,5

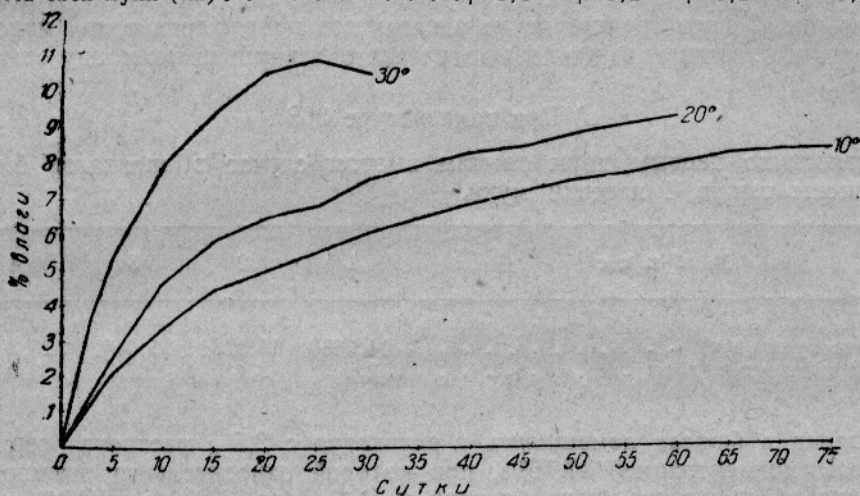


Рис. 2. Динамика прироста влаги в муке при относительной влажности воздуха 90% и температуре 10, 20 и 30°

Навески муки в бюксах помещены в эксикатор с 2,5 л раствора серной кислоты концентрацией 16,87%, что обеспечивало постоянную влажность воздуха в эксикаторе, близкую к 90%-ной при 18—20° (точно 90% влажности получается при 16,84%-ной серной кислоте при 20°). При выдерживании навесок муки в этих условиях происходил прирост веса их за счет поглощения влаги из воздуха внутри эксикатора. Средний прирост веса за каждые сутки (из четырех навесок) в процентах от взятых навесок представлен в табл. 6.

Таблица 6

Относительная влажность воздуха 90 % при средней температуре 20°

Время выдержки (в сутках)	% прироста влаги	Время выдержки (в сутках)	% прироста влаги	Время выдержки (в сутках)	% прироста влаги	Время выдержки (в сутках)	% прироста влаги
1	0,77	17	6,17	32	7,85	48	8,90
3	1,45	19	6,49	34	7,99	49	8,97
4	2,15	20	6,61	35	8,10	51	9,02
5	2,59	21	6,70	36	8,08	52	9,11
7	3,74	22	6,76	37	8,17	53	9,13
8	4,17	23	6,85	39	8,31	54	9,22
9	4,35	25	6,93	40	8,39	55	9,27
10	4,72	26	7,02	41	8,44	57	9,39
11	5,05	27	7,33	42	8,46	58	9,44
13	5,30	28	7,44	43	8,51	59	9,48
14	5,46	29	7,55	45	8,65	60	9,57
15	5,89	30	7,67	46	8,76	61	9,59
16	6,02	31	7,77	47	8,81		

Как и в предыдущем опыте, прирост веса муки увеличивается за время выдерживания ее в эксикаторе и через 61 сутки достигает 9,59% в среднем от веса взятых навесок, причем за последние дни увеличение веса происходит крайне медленно, так как достигает, очевидно, предела: На 39-е сутки, когда влагосодержание муки достигло 18,0%, во всех четырех бюксах на поверхности муки появились следы плесени, которая в дальнейшем постепенно увеличивалась. Влажность муки при этом возрастает с начальной 11,18% до $\frac{(11,18 + 9,59) \cdot 100}{100 + 9,59} = 18,95\%$ при содержании 1,35% водяного пара на 1 кг сухого воздуха. Кривая 20° на рис. 2 дает представление о характере поглощения влаги мукой: скорость поглощения наибольшая в начале и наименьшая к концу опыта.

в) При температуре 30°

Аналогично первым двум опытам в этом случае в эксикатор были помещены также 4 навески муки.

№ бюкса	1	2	3	4
Навеска муки (в г)	14,7980	15,2232	15,0452	15,3116
Высота слоя муки (в см)	2,9	3,4	2,7	3,0

Навески в бюксах помещались в эксикатор с 2,5 л раствора серной кислоты концентрацией 17,16%, при которой относительная влажность воздуха в эксикаторе была близкой к 90%, при 30° (при 17,14%-ном растворе серной кислоты влажность точно равняется 90%).

Средний прирост веса в навесках муки в эксикаторе за каждые сутки в процентах приводится в табл. 7.

Таблица 7
Относительная влажность воздуха 90%, при температуре 30°

Длительность выдержки (в сутках)	% прироста влаги	Длительность выдержки (в сутках)	% прироста влаги	Длительность выдержки (в сутках)	% прироста влаги
1	1,28	12	8,82	23	10,95
3	3,78	13	9,11	24	11,02
4	4,63	14	9,35	25	11,05
5	5,36	16	9,65	26	11,05
6	5,91	17	9,87	28	10,94
7	6,65	18	10,24	29	10,79
9	7,50	19	10,41	30	10,58
10	8,05	20	10,61	31	10,43
11	8,46	22	10,84		

Данные табл. 7 показывают, что увеличение веса муки происходит за все время выдерживания ее в эксикаторе и довольно быстро достигает максимума, который приходится на 25-е сутки. Мука к этому времени поглощает до 11,05% влаги, так что общее содержание последней в муке составляет $\frac{22,23 \cdot 100}{116} = 20,02\%$ при содержании 2,49% водяного пара (по весу) на 1 кг сухого воздуха.

На рис. 2 кривая (30°) представляет ход изменения поглощения влаги

в зависимости от времени хранения муки в эксикаторе. Здесь также при увеличении влаги в муке на 8,82% (на 12-е сутки) отмечено появление на поверхности муки во всех бюксах следов плесени (при общей влажности муки 18,38%).

Сопоставляя результаты всех трех опытов действия воздуха с 90%-ной влажностью на муку при разных температурах, можно отметить: 1) мука с влажностью около 11% увеличивает свой вес за счет поглощения влаги из воздуха; 2) при более высокой температуре мука поглощает больше влаги, чем при более низкой, что логически вытекает из повышения абсолютного содержания влаги в воздухе в связи с повышением температуры; 3) как видно из сопоставления табл. 5, 6 и 7, скорость поглощения влаги увеличивается с увеличением температуры; 4) повышение влажности муки, примерно, до 18% вызывает образование на поверхности ее плесени.

2. Выдерживание муки при относительной влажности воздуха 75%

Изучение изменения гигроскопической влажности муки при указанной влажности воздуха проводилось при тех же трех температурах, что и ранее. Серия наблюдений при каждой температуре производилась с четырьмя навесками муки в бюксах, помещенных в один эксикатор, который наполнялся 2,5 л разбавленной серной кислоты следующих концентраций для обеспечения требуемой 75%-ной влажности воздуха.

При 10°—30,08% H₂SO₄ (по теоретическому расчету 30,00% H₂SO₄)
 „ 20°—30,12% H₂SO₄ „ „ „ 30,18% H₂SO₄)
 „ 30°—29,88% H₂SO₄ „ „ „ 29,85% H₂SO₄)

Изучение взаимодействия между влагосодержанием воздуха в эксикаторах и помещенной в них мукой проводилось со следующими навесками ее ¹⁾:

	Температура опыта (в °С)	Бюкса № 1	Бюкса № 2	Бюкса № 3	Бюкса № 4
Навеска муки (в г)	10	16,2078	15,8458	15,4080	15,6770
Высота слоя муки (в см)	10	3,6	3,4	3,3	3,3
Навеска муки (в г)	20	14,4420	14,6272	15,4714	14,5188
Высота слоя муки (в см)	20	3,2	3,3	3,5	3,2
Навески муки (в г)	30	14,9746	15,1694	15,1040	15,0923
Высота слоя муки (в см)	30	3,2	3,0	3,5	3,2

Характер изменения влажности муки определялся путем ежесуточного взвешивания навесок муки в бюксах. Изменения веса представлены в табл. 8.

¹⁾ Колебания температуры во время опыта были не более 2° во всех случаях.

Относительная влажность воздуха 75%

Время выдержки (в сутках)	% прироста влаги	Время выдержки (в сутках)	% прироста влаги	Время выдержки (в сутках)	% прироста влаги	Время выдержки (в сутках)	% прироста влаги
а) Средняя температура 10°							
1	0,24	19	1,58	35	1,81	52	1,99
3	0,42	20	1,59	37	1,85	53	2,02
4	0,69	21	1,60	38	1,85	54	2,02
5	0,80	22	1,63	39	1,87	56	2,05
6	0,91	23	1,67	40	1,88	57	2,05
7	1,00	25	1,71	41	1,90	58	2,06
9	1,15	26	1,75	43	1,92	59	2,07
10	1,21	27	1,75	44	1,92	61	2,07
11	1,27	28	1,76	45	1,94	62	2,10
12	1,34	29	1,75	46	1,95	63	2,11
14	1,45	31	1,79	47	1,96	64	2,12
15	1,47	32	1,80	48	1,97	65	2,12
16	1,52	33	1,82	50	2,01	66	2,12
17	1,53	34	1,81	51	1,98		

б) Средняя температура 20°							
1	0,38	12	1,75	22	1,96	33	2,17
2	0,67	13	1,79	23	2,01	34	2,17
3	0,94	14	1,82	24	2,01	35	2,11
4	1,09	15	1,86	25	2,07	36	2,10
6	1,43	16	1,88	26	2,02	38	2,13
7	1,52	18	1,91	28	2,07	39	2,14
8	1,60	19	1,94	29	2,07	40	2,14
9	1,64	20	1,96	30	2,08	41	2,14
10	1,68	21	2,00	31	2,17		

в) Средняя температура 30°							
1	0,48	7	2,35	14	3,05	22	3,12
3	1,47	9	2,64	16	3,09	23	3,13
4	1,76	10	2,70	17	3,11	24	3,13
5	2,01	11	2,83	18	3,11	25	3,13
6	2,27	12	2,93	19	3,11	28	3,09
—	—	13	3,00	20	3,12	29	3,05

Данные таблицы показывают, что при всех трех температурах с течением времени происходит увеличение веса муки, однако оно идет различными темпами, и предельное поглощение влаги мукой зависит от температуры опыта. Наиболее медленно поглощение влаги из воздуха происходит при 10°, когда предельное насыщение влагой наступает на 66-е сутки, и влагосодержание муки составляет $\frac{11,18 + 2,12}{100 + 2,12} = 13,02\%$.

При 20° предел поглощения влаги из воздуха достигается через 39 суток и составляет 2,14%, что соответствует общей влажности муки 13,04%.

Процесс насыщения муки влагой при 30° идет еще быстрее, и уже на 23-и сутки прирост влаги достигает предельной величины 3,13%, что при пересчете на общую влажность муки составляет 13,88%. Появления плесени на муке ни в одной бюксе не было обнаружено.

Предельной влажности муки при трех разных температурах 13,02, 13,04 и 13,88% соответствовали количества водяного пара на 1 кг сухого воздуха: 0,58, 1,12, 2,06%, откуда вытекает, что с повышением температуры абсорбционная способность муки (гигроскопичность ее) весьма незначительно повышается, т. е. имеет место то же явление, что и при относительной влажности воздуха 90%. Следовательно, при по-

вышении температуры с 10 до 30° поглощение влаги мукою повышается весьма незначительно, несмотря на то, что влагосодержание в воздухе за этот температурный промежуток возрастает больше, чем в 3,5 раза.

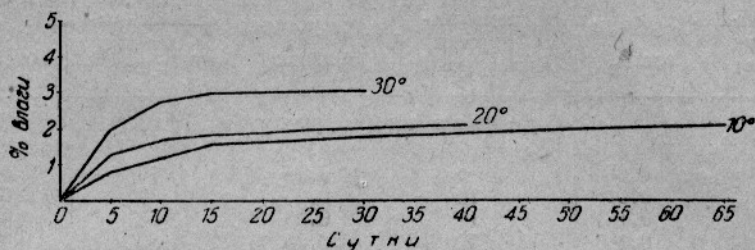


Рис. 3. Динамика прироста влаги в муке при относительной влажности воздуха 75% и температуре 10, 20 и 30°

Скорость поглощения влаги из воздуха находится в прямой зависимости от повышения температуры хранения муки; особенно заметно это в начальный период хранения муки при 30° (кривая 30° на рис. 3).

3. Выдерживание муки при относительной влажности воздуха 60%

Температурные условия и метод проведения исследования были те же, что и при более высоких относительных влажностях, т. е. исследования велись при температурах 10, 20 и 30° в эксикаторах с четырьмя пробями одной и той же муки в каждом.

Количество раствора серной кислоты — около 2,5 л в каждом эксикаторе. Концентрации растворов кислоты для поддержания необходимой 60%-ной влажности были следующие:

- При 10°—38,46% (по теоретическому расчету 38,49% H₂SO₄)
- „ 20°—38,39% (по теоретическому расчету 38,46% H₂SO₄)
- „ 30°—38,26% (по теоретическому расчету 38,30% H₂SO₄)

Отклонение температур от требуемых составляло не более 1—2°.

В эксикаторы с растворами серной кислоты помещались следующие навески муки.

	Температура опыта (в ° С)	Бюкса			
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Навеска муки (в г)	10	15,4952	15,8894	15,3054	15,1660
Высота слоя муки (в см)	10	3,5	3,6	3,6	3,0
Навеска муки (в г)	20	15,3204	16,1512	16,0582	15,6978
Высота слоя муки (в см)	20	3,5	3,8	3,8	3,4
Навеска муки (в г)	30	14,1808	15,1811	15,4074	14,4796
Высота слоя муки (в см)	30	3,2	2,9	3,3	3,1

Изменение веса муки определялось, как было ранее принято, путем ежесуточных взвешиваний. Взвешивание показало, что во всех случаях происходило уменьшение первоначального веса муки, помещенной в бюксы. Полученные данные сведены в табл. 9 соответственно трем температурам, при которых производилось исследование.

Относительная влажность воздуха 60%

Время выдержки (в сутках)	% убыли влаги	Время выдержки (в сутках)	% убыли влаги	Время выдержки (в сутках)	% убыли влаги		
а) Средняя температура 10°							
1	0,05	9	0,24	16	0,27		
3	0,01	10	0,25	17	0,27		
4	0,16	11	0,25	18	0,26		
5	0,18	12	0,25	19	0,27		
6	0,21	13	0,26	20	0,27		
7	0,23	15	0,27	—	—		
б) Средняя температура 20°							
1	0,08	10	0,44	19	0,47		
2	0,15	12	0,44	20	0,48		
3	0,19	13	0,47	21	0,48		
4	0,25	14	0,45	23	0,48		
6	0,30	15	0,45	24	0,47		
7	0,34	17	0,45	25	0,46		
8	0,41	18	0,45	26	0,48		
в) Средняя температура 30°							
1	0,19	13	0,70	25	0,81	37	0,91
3	0,42	14	0,71	26	0,82	38	0,91
4	0,48	16	0,75	28	0,82	40	0,92
5	0,53	17	0,75	29	0,86	41	0,92
6	0,56	18	0,76	30	0,86	42	0,92
7	0,59	19	0,78	31	0,87	43	0,95
9	0,65	20	0,79	32	0,88	44	0,95
10	0,66	22	0,81	34	0,89	46	0,95
11	0,68	23	0,81	35	0,92	47	0,95
12	0,69	24	0,81	36	0,92	48	0,95

Уменьшение веса буюкс показывает, что влагосодержание муки (11,18%) оказывается выше возможного при данной относительной влажности, и потому часть влаги из муки удаляется в воздух, но удаляется в большей или меньшей степени в зависимости от температуры.

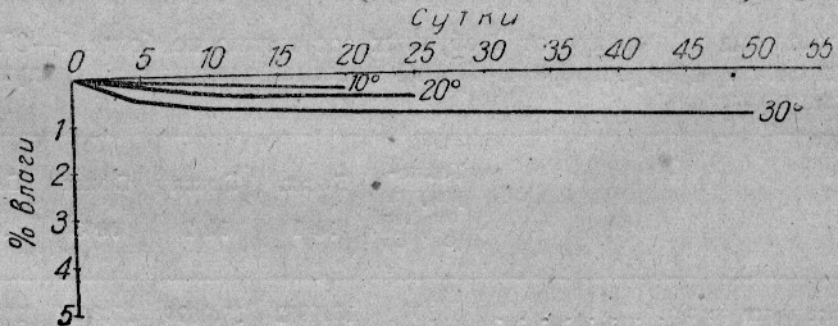


Рис. 4. Динамика убыли влаги в муке при относительной влажности воздуха 60% и температуре 10, 20 и 30°

Сопоставляя данные табл. 9, можно отметить, что при 10° потеря влаги на 15-е сутки достигает всего 0,27% и далее уже не возрастает; при более высокой температуре (20°) мука теряет больше влаги; именно через 20 суток эта потеря составляет 0,48% от первоначального веса муки и при 30° С, через 44 суток мука теряет уже 0,95% влаги.

Подсчитывая оставшуюся влагу в муке при различных температурах опыта, получаем при 10° $\frac{(11,98 - 0,27) \cdot 100}{100 - 0,27} = 10,94\%$, при 20° 10,75%

и при 30° С 10,33%, тогда как влагосодержание на 1 кг сухого воздуха соответственно составляет 0,47, 0,89 и 1,64%, откуда вытекает, что при повышенной температуре мука теряет в своем весе за счет удаления влаги больше, чем при более низкой, несмотря на значительное увеличение абсолютного количества водяных паров в воздухе.

Что касается изменения скорости выделения влаги мукой, то в начальной стадии она оказывается наибольшей для муки, выдерживаемой при 30°, т. е. при наиболее высокой температуре из трех, при которых проводились исследования. Наглядное представление об этом дают кривые на рис. 4.

4. Выдерживание муки при относительной влажности воздуха 50%

Испытание действия на гигроскопическое состояние муки окружающего воздуха с минимальной из принятых относительной влажностью 50% проводилось в тех же температурных условиях, что и ранее. Навески муки в бюксах выдерживались в эксикаторах с растворами серной кислоты более высоких концентраций, чем в предшествующих случаях. Количества растворов, налитых в эксикаторы, были те же (2,5 л) со следующими концентрациями серной кислоты.

При 10° — 43,01% H₂SO₄ (по теоретическому расчету 43,0% H₂SO₄)
 " 20° — 43,19% H₂SO₄ (" " " 43,20% H₂SO₄)
 " 30° — 43,16% H₂SO₄ (" " " 43,19% H₂SO₄)

Температура в течение опыта колебалась в пределах 1—2°. Навески муки, отвешенные в бюксах для исследования, помещались в трех эксикаторах соответственно трем наблюдаемым температурам в нижеследующих количествах:

	t° опыта (в ° С)	Бюкса № 1	Бюкса № 2	Бюкса № 3	Бюкса № 4
Навеска муки (в г)	10	15,4318	15,3526	15,3820	15,7094
Высота слоя муки (в см)	10	2,9	3,3	3,3	2,8
Навеска муки (в г)	20	14,5606	14,4480	15,3000	15,7663
Высота слоя муки (в см)	20	3,0	3,0	3,0	3,0
Навеска муки (в г)	30	15,1176	15,0782	14,9363	15,1568
Высота слоя муки (в см)	30	3,0	3,2	2,8	3,2

Определение изменения веса муки (в %) производилось на основании взвешиваний через каждые сутки. Данные взвешиваний при выдерживании муки при трех разных температурах приведены в табл. 10.

Результаты взвешиваний показали, что и в этом случае происходит потеря веса муки при всех температурах, т. е. процесс хранения данного образца муки при 50%-ной относительной влажности воздуха сопровождается потерей мукой некоторого количества влаги, подобно тому, как было отмечено выше для относительной влажности 60%. Однако эти потери больше, чем в предыдущем случае, и обнаруживают некоторые другие особенности. Во-первых, потери влаги мукой в рассматриваемом случае (при 50%-ной влажности) оказались: при 10° — 1,23%, или в 4,5 раза больше, чем при той же температуре, и при 60%-ной влажности; при 20° — 1,61%, или в 3,4 раза больше, чем в соответственных условиях предыдущего опыта и при 30° — 2,24%, т. е. всего в 2,4 раза больше, чем при 60%-ной влажности и той же температуре. Во-вторых, из данных таблиц вытекает, что хотя абсолютные потери влаги мукой при уменьшении относительной влажности возрастают, однако влияние температуры с повышением последней становится менее

Относительная влажность воздуха 50%

Время выдержки (в сутках)	% убыли влаги	Время выдержки (в сутках)	% убыли влаги	Время выдержки (в сутках)	% убыли влаги	Время выдержки (в сутках)	% убыли влаги
а) Средняя температура 10°							
1	0,25	16	1,05	30	1,14	44	1,19
2	0,39	17	1,05	31	1,15	45	1,19
3	0,52	18	1,05	32	1,15	47	1,19
5	0,70	19	1,07	34	1,15	48	1,20
6	0,76	20	1,08	35	1,15	49	1,21
7	0,82	22	1,08	36	1,15	50	1,21
8	0,87	23	1,10	37	1,15	51	1,22
10	0,92	24	1,11	38	1,16	53	1,23
11	0,96	25	1,12	39	1,16	54	1,22
12	0,97	26	1,12	41	1,16	55	1,22
13	0,98	28	1,12	42	1,18	—	—
14	1,00	29	1,13	43	1,19	—	—
б) Средняя температура 20°							
1	0,46	8	1,41	14	1,56	20	1,54
2	0,73	9	1,44	15	1,57	21	1,55
3	0,88	11	1,49	17	1,53	23	1,55
5	1,22	12	1,50	18	1,52	24	1,59
6	1,28	13	1,56	19	1,53	25	1,61
7	1,42	—	—	—	—	—	—
в) Средняя температура 30°							
1	0,56	12	1,95	23	2,09	34	2,21
3	1,33	13	1,96	24	2,10	35	2,23
4	1,54	14	1,97	25	2,11	36	2,21
5	1,63	16	2,02	26	2,12	37	2,21
6	1,71	17	2,03	28	2,14	38	2,23
7	1,78	18	2,04	29	2,14	40	2,24
9	1,89	19	2,03	30	2,16	41	2,24
10	1,89	20	2,07	31	2,17	42	2,24
11	1,92	22	2,09	32	2,18	—	—

заметным, чем при более влажном (60%) воздухе. В-третьих, период потери влаги мукой при 10° значительно удлиняется (более чем в три раза), тогда как при 20° такое удлинение незначительно (25 суток против 20). Этот период становится даже более коротким по сравнению с таковым при относительной влажности 60%. Содержание влаги в муке к концу опыта при всех 3 температурах, конечно уменьшается и составляет при 10°C—10,07%, при 20°—9,72%, а при 30°—9,14%, при влаго-содержании воздуха соответственно трем данным температурам 0,39, 0,74 и 1,36%. На 1 кг сухого воздуха.

Таким образом с повышением температуры хранения мука теряет больше влаги по сравнению с потерями при температурах более низких при той же влажности воздуха. В связи с большой потерей влаги при более высокой температуре находится изменение скорости выделения влаги мукой: она является наибольшей при повышенной температуре, особенно в начальный период хранения, что достаточно наглядно представлено на рис. 5 (кривая при 30°).

Подводя итог проведенным исследованиям, приходим на основе некоторых подсчетов к выводам, что для данного образца муки:

1) гигроскопическая влажность, составляющая в этом случае 11,2%, не будет меняться при относительной влажности воздуха около 62—63%;

2) увеличение относительной влажности воздуха ведет к увеличению влагосодержания муки, которое возрастает больше, чем абсолютное количество водяных паров в воздухе;

3) повышение температуры хранения оказывает активирующее влияние на повышение гигроскопичности муки;

4) уменьшение влажности воздуха приводит к понижению гигроскопической влажности муки, однако последняя понижается менее, чем абсолютное количество водяных паров в воздухе;

5) задерживающее влияние на указанную потерю оказывает более низкая температура (10°), чем более высокая (30°).

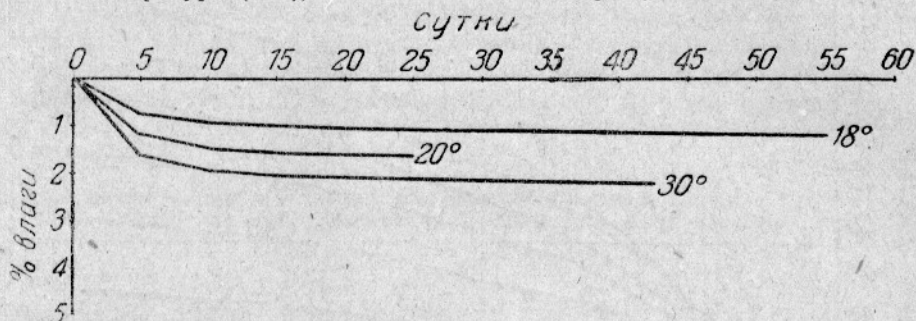


Рис. 5. Динамика убыли влаги в муке при относительной влажности воздуха 50% и температуре 10, 20 и 30°

Приведенные выше результаты, освещая вопрос о повышении или понижении влагосодержания муки в зависимости от температурных условий и влажности воздуха, не освещают характера диффузии влаги от поверхностного слоя муки к глубинным слоям ее и в обратном направлении (в зависимости от относительной влажности воздуха). Выяснение степени изменения влажности муки при хранении в производственных условиях (в мешках) и влияния этих изменений на вес готового продукта может иметь практическое значение, если изменения гигроскопичности окажутся достаточно ощутимыми.

Для разрешения этого вопроса исследование было поставлено следующим образом.

Пробы муки в бюксах (8 проб), взятые в таком количестве, чтобы толщина слоя муки в них варьировала от 3 до 24 мм, помещались в эксикаторы с раствором серной кислоты концентраций, соответствующих 50 и 90% относительной влажности воздуха. Все 8 бюкс, помещенных в каждый эксикатор, были одинакового диаметра. Опыт проводился при температуре 20— 21° в обоих эксикаторах до тех пор, пока навески муки в бюксах практически переставали менять свой вес. Указанные величины относительной влажности были выбраны с целью получения более отчетливых показателей изменения гигроскопической влажности. Изменения влаги в навесках определялись в начале опыта двукратным взвешиванием бюкс в течение суток, а затем однократным взвешиванием через каждые сутки.

Для опыта были взяты следующие навески муки.

№ бюкс	1	2	3	4	5	6	7	8
Навеска муки (в г)	1,500	3,000	4,500	6,000	7,500	9,000	10,500	12,000
Толщина слоя (в мм)	3	5	8	12	15	18	21	24

На рис. 6 представлены кривые, характеризующие прирост навесок муки в граммах при выдерживании в воздухе с относительной влажностью 90%.

Из рис. 6 видно, что через двое суток водяные пары из воздуха гигроскопически проникают на глубину 15-мм слоя муки с начальной влажностью 11,18%, что следует из того, что дальнейший прирост веса муки в навесках (№ 5—8) с более толстыми слоями (15—24 мм) имеет

место в очень небольшой степени. Между тем, в муке с толщиной слоя до 12 мм количество влаги очень заметно увеличивается с увеличением толщины слоя. Через восемь суток влага проникает на глубину 21 мм. В течение следующих суток проникновение влаги в более глубокие слои

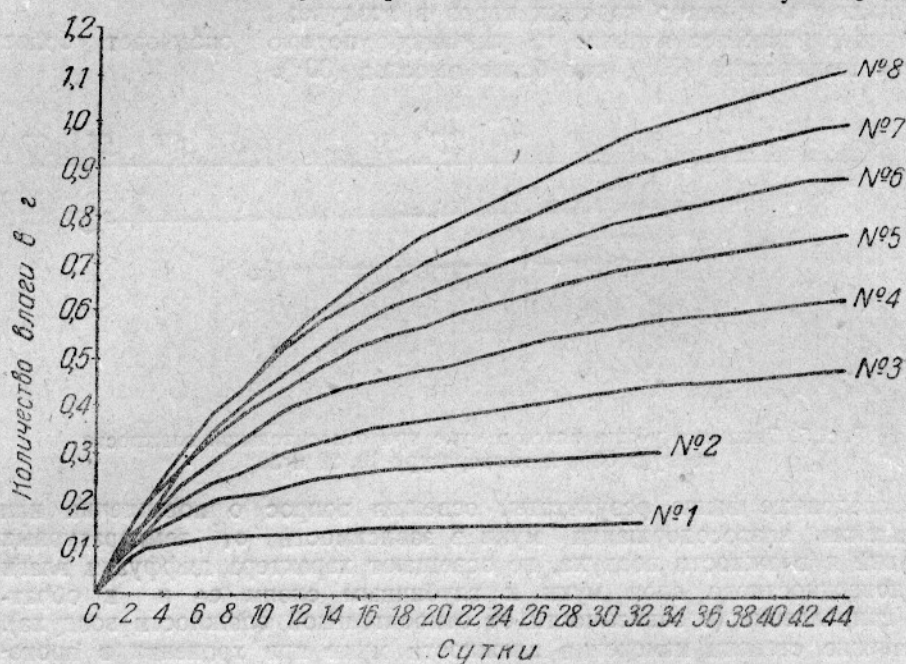


Рис. 6. Прирост влаги в муке при разной толщине слоя ее

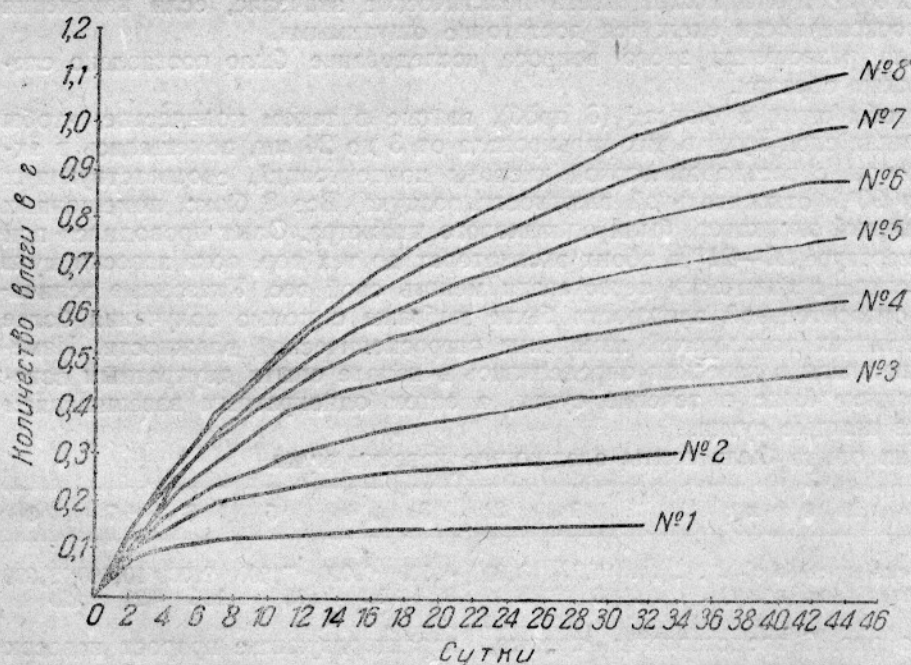


Рис. 7. Потеря влаги мукой при разной толщине слоя ее

муки замедляется, и только через девять суток проникновение влаги можно отметить на глубине 24 мм от поверхности, так как по мере увеличения толщины слоя диффузия влаги все более задерживается. В это время слой муки в бунке № 1 уже поглотил 8,24% влаги по

отношению к своему первоначальному весу, в то время как количество влаги в бунке № 8 (с наиболее толстым слоем муки) увеличилось на 3,87%.

Таким образом, степень насыщения муки водяными парами постепенно уменьшается от поверхности к более глубоким слоям. Это соотношение особенно заметно на первой стадии хранения образцов муки. С течением времени влагосодержание в слоях муки различной толщины постепенно выравнивается, и через 44 суток хранения количество поглощенной влаги в наиболее глубоких слоях муки начинает приближаться к пределу (см. табл. 11), который для слоя в 3 мм достигается на 32-е сутки и составляет 10,99% по отношению к взятой навеске.

Таблица 11

Прирост влаги в образцах муки при разной толщине слоя (в % от взятых навесок) при относительной влажности воздуха 90%

Время выдерживания в эксикаторе	Навеска 1,5 г, толщина слоя 3 мм	Навеска 3 г, толщина слоя 5 мм	Навеска 4,5 г, толщина слоя 8 мм	Навеска 6 г, толщина слоя 12 мм	Навеска 7 г, толщина слоя 15 мм	Навеска 9 г, толщина слоя 18 мм	Навеска 10,5 г, толщина слоя 21 мм	Навеска 12 г, толщина слоя 24 мм
	1 сутки	2,57	1,61	1,10	1,05	1,03	0,66	0,65
1 " 5 час.	3,03	1,93	1,25	1,23	1,19	0,79	0,81	0,61
2 " 5 час.	4,94	3,21	2,12	1,92	1,87	1,51	1,36	1,20
3 " 1 "	5,10	3,39	2,24	2,03	1,95	1,51	1,42	1,26
3 " 5 "	6,21	4,45	3,07	2,65	2,54	1,59	1,92	1,69
4 " 5 "	6,13	4,46	3,15	2,70	2,58	2,06	1,96	1,69
4 " 6 час.	6,58	4,45	3,84	3,25	3,14	2,45	2,38	2,11
5 " 5 час.	6,80	5,27	3,92	3,36	3,23	2,55	2,47	2,17
5 " 5 час.	7,13	5,50	4,28	3,86	3,57	2,97	2,82	2,47
7 " 5 час.	7,30	5,60	4,36	3,96	3,65	3,03	2,89	2,54
7 " 5 час.	8,14	6,71	5,32	4,89	4,45	3,85	3,72	3,13
8 " 5 час.	8,17	6,74	5,37	4,94	4,50	3,89	3,76	3,19
8 " 5 час.	8,30	7,04	5,63	5,25	4,86	4,23	4,04	3,55
9 " 5 час.	8,25	7,08	5,68	5,31	4,92	4,29	4,10	3,55
9 " 5 час.	8,24	7,28	6,08	5,67	5,26	4,57	4,44	3,87
9 " 5 час.	8,25	7,32	6,15	5,72	5,31	4,61	4,30	3,92
10 " 5 час.	8,30	7,38	6,31	5,92	5,55	4,90	4,66	4,19
11 " 5 час.	8,82	7,90	6,68	6,60	5,95	5,24	5,00	4,48
13 " 5 час.	9,33	8,20	7,12	6,94	6,47	5,81	5,64	5,01
14 " 5 час.	9,46	8,43	7,41	7,23	6,68	6,08	5,75	5,24
15 " 5 час.	9,67	8,71	7,59	7,42	6,95	6,46	5,95	5,48
16 " 5 час.	9,70	8,92	7,82	7,58	7,14	6,61	6,14	5,80
17 " 5 час.	9,73	9,02	7,96	7,71	7,35	6,79	6,35	5,93
19 " 5 час.	9,67	9,02	8,21	8,04	7,57	7,12	6,75	6,30
20 " 5 час.	9,77	9,20	8,31	8,02	7,86	7,27	6,91	6,47
21 " 5 час.	9,90	9,30	8,49	8,32	7,99	7,44	7,04	6,62
22 " 5 час.	10,02	9,46	8,65	8,47	8,14	7,59	7,17	6,80
23 " 5 час.	10,09	9,50	8,83	8,63	8,29	7,74	7,37	6,97
25 " 5 час.	10,38	9,78	9,13	9,01	8,57	8,08	7,66	7,28
26 " 5 час.	10,50	9,88	9,31	9,16	8,75	8,22	7,80	7,43
27 " 5 час.	10,50	9,89	9,43	9,26	8,89	8,37	7,96	7,58
28 " 5 час.	10,50	9,98	9,51	9,36	8,99	8,51	8,10	7,72
29 " 5 час.	10,58	10,08	9,58	9,43	9,09	8,83	8,20	7,87
31 " 5 час.	10,97	10,32	9,90	9,66	9,38	8,95	8,52	8,17
32 " 5 час.	10,99	10,42	10,00	9,74	9,44	9,03	8,62	8,28
33 " 5 час.	—	10,45	10,08	9,82	9,52	9,13	8,71	8,40
34 " 5 час.	—	—	10,15	9,90	9,61	9,23	8,82	8,50
35 " 5 час.	—	—	10,24	9,99	9,72	9,32	8,91	8,70
37 " 5 час.	—	—	10,36	10,13	9,84	9,47	8,92	8,77
38 " 5 час.	—	—	10,46	10,22	9,93	9,57	9,17	8,88
39 " 5 час.	—	—	10,56	10,31	10,02	9,65	9,28	8,97
41 " 5 час.	—	—	10,68	10,51	10,19	9,82	9,45	9,14
43 " 5 час.	—	—	10,84	10,64	10,31	10,03	9,60	9,32
44 " 5 час.	—	—	10,88	10,71	10,39	10,03	9,66	9,38

Величины навесок муки и толщина слоя ее в бюксах, взятых для хранения при относительной влажности 50% (внутри эксикатора), были следующие:

№ бюкса	1	2	3	4	5	6	7	8
Навеска муки (в г)	1,6204	3,7923	4,7398	6,3198	7,8997	9,4797	11,0596	12,6396
Толщина слоя (в мм)	3	5	9	12	15	17	20	24

На рис. 7 изображены кривые потери влаги разными количествами муки при указанной влажности. За первые сутки от начала опыта движение влаги к поверхности становится заметным уже на глубине до 15 мм (от поверхности муки), так как в образцах с толщиной слоя 15 мм и менее отмечается возрастание потери влаги в зависимости от толщины его. Процесс диффузии влаги через толщу муки к поверхности захватывает достаточно быстро слои муки, сравнительно глубоко отстоящие от поверхности, и на четвертые сутки влага начинает диффундировать из слоя, находящегося на 20 мм от поверхности, а на 5 сутки — уже из нижнего слоя бюкса № 8, т. е. на глубине 24 мм от поверхности. Такое сравнительно быстрое движение влаги из более глубоких слоев муки тем более знаменательно, что удаление влаги при указанной влажности воздуха из наиболее тонкого слоя муки (бюкса № 1), равное 1,60%, приостанавливается только через 32 суток. Предельная потеря влаги мукой в более толстых слоях (бюкса № 2, 3 и т. д., см. табл. 12), отмечается главным образом на 29 сутки и составляет 1,75—1,81%. Таким образом, поглощение или потеря влаги мукой связаны с длиной пути, по которому влага диффундирует в муке. При выдерживании муки в воздухе определенной влажности диффузия захватывает все более глубокие слои муки, действуя в направлении выравнивания концентрации влаги в зависимости от степени влажности окружающего воздуха.

Если разница между влажностью окружающего воздуха и той, при которой гигроскопичность муки находится в равновесном состоянии, невелика, то изменения веса муки будут очень небольшими, особенно, если хранение ее будет непродолжительным в этих условиях и будет производиться при возможно низких температурах.

Необходимо отметить, что возможность использования естественных условий для хранения рыбной муки зависит не только от относительной влажности воздуха в том или другом районе, но и от температуры, так как они являются факторами, определяющими влагосодержание воздуха.

Сравнительно высокая температура воздуха в данном районе и высокая относительная влажность его делают актуальным вопрос об оптимальном содержании влаги в готовой рыбной муке, выпускаемой из сушилки. Добиваться стандартной 10%-ной влажности готового продукта нецелесообразно в этих условиях, так как при хранении такого продукта будет повышаться его гигроскопическая влажность. Вопрос может заключаться лишь в том, чтобы не повышать влагосодержания готовой муки до предельных количеств, которые могут вызвать ее порчу (появление плесени, бактерий и пр.).

Выводы

1. Гигроскопическое состояние рыбной муки в естественных условиях хранения и перевозки зависит от степени насыщения воздуха влагой.

Таблица 12

Потеря влаги образцами муки при разной толщине слоя и относительной влажности воздуха 50% (в % от взятых навесок)

Время выдерживания в эксикаторе	Навеска 1,6204 г, толщина слоя 3 мм	Навеска 3,1926 г, толщина слоя 5 мм	Навеска 4,7398 г, толщина слоя 9 мм	Навеска 6,3198 г, толщина слоя 12 мм	Навеска 7,8997 г, толщина слоя 15 мм	Навеска 9,4797 г, толщина слоя 17 мм	Навеска 11,0596 г, толщина слоя 20 мм	Навеска 12,6396 г, толщина слоя 24 мм
	1 сутки	0,51	0,53	0,53	0,33	0,40	0,32	0,26
1 " 5 час.	0,54	0,56	0,57	0,38	0,49	0,38	0,32	0,31
2 суток	0,91	0,82	0,79	0,65	0,81	0,59	0,55	0,55
2 " 5 час.	0,91	0,86	0,82	0,72	0,96	0,65	0,59	0,58
3 " 2 1/2 часа	1,00	1,01	0,98	0,89	0,98	0,80	0,76	0,70
3 " 6 час.	1,00	1,01	0,99	0,92	1,02	0,83	0,80	0,75
4 суток	1,06	1,10	1,05	1,04	1,12	0,92	0,90	0,85
4 " 6 1/2 часа	1,01	1,09	1,05	1,04	1,09	0,95	0,91	0,88
5 " 1,06	1,06	1,12	1,10	1,11	1,16	1,05	1,00	0,97
5 " 5 1/2 часа	1,06	1,08	1,13	1,13	1,18	1,06	1,02	0,98
7 " 1,12	1,12	1,22	1,21	1,23	1,23	1,19	1,13	1,11
7 " 5 час.	1,09	1,18	1,21	1,23	1,25	1,20	1,14	1,12
8 суток	1,20	1,24	1,27	1,27	1,28	1,26	1,20	1,19
8 " 5 час.	1,16	1,23	1,27	1,27	1,28	1,26	1,21	1,19
9 суток	1,25	1,29	1,32	1,31	1,29	1,26	1,24	1,24
9 " 5 час.	1,25	1,28	1,32	1,31	1,33	1,29	1,27	1,25
10 " 1,31	1,31	1,34	1,38	1,36	1,38	1,34	1,33	1,31
11 " 1,25	1,25	1,34	1,38	1,38	1,41	1,38	1,35	1,35
13 " 1,35	1,35	1,38	1,43	1,41	1,42	1,40	1,40	1,40
14 " 1,35	1,35	1,38	1,44	1,42	1,46	1,44	1,41	1,41
15 " 1,37	1,37	1,43	1,45	1,45	1,46	1,46	1,44	1,44
16 " 1,37	1,37	1,43	1,47	1,48	1,49	1,48	1,46	1,53
17 " 1,37	1,37	1,45	1,49	1,50	1,53	1,49	1,48	1,48
19 " 1,44	1,44	1,52	1,57	1,57	1,57	1,58	1,47	1,55
20 " 1,48	1,48	1,55	1,60	1,61	1,61	1,63	1,59	1,60
21 " 1,51	1,51	1,60	1,61	1,66	1,66	1,66	1,62	1,63
22 " 1,56	1,56	1,64	1,67	—	1,68	1,69	1,66	1,65
23 " 1,53	1,53	1,63	1,56	1,69	1,69	1,71	1,69	1,68
25 " 1,59	1,59	1,75	1,75	1,76	1,76	1,75	1,75	1,66
26 " 1,58	1,58	1,71	1,75	1,76	1,75	1,75	1,75	1,75
27 " 1,56	1,56	1,69	1,75	1,76	1,76	1,77	1,77	1,75
28 " 1,57	1,57	1,69	1,76	1,78	1,77	1,80	1,78	1,77
29 " 1,58	1,58	1,74	1,78	1,80	1,79	1,81	1,78	1,78
31 " 1,58	1,58	1,74	1,76	1,77	1,76	1,79	1,78	1,78
32 " 1,60	1,60	1,75	1,76	1,77	1,76	1,79	1,78	1,78
33 " 1,60	1,60	1,73	1,75	1,77	1,76	1,79	1,79	1,78
34 " —	—	—	1,76	—	1,76	1,79	1,79	1,77
35 " —	—	—	—	—	1,76	1,80	1,79	1,78
37 " —	—	—	—	—	1,76	1,80	1,79	1,78
38 " —	—	—	—	—	1,76	1,79	1,78	1,77

2. Каждой величине относительной влажности воздуха соответствует определенная и постоянная для данной температуры влажность муки.

3. Из предыдущего следует: если влажность муки ниже гигроскопической влажности, соответствующей данной степени насыщения воздуха парами воды, произойдет поглощение влаги мукой, если влажность муки выше гигроскопической влажности, — происходит отдача влаги мукой.

4. Повышение температуры хранения муки влечет за собой увеличение гигроскопической влажности последней при неизменной относительной влажности воздуха.

5. При постоянной относительной влажности воздуха скорость поглощения влаги мукой возрастает с температурой.

6. Отдача влаги мукой (при низкой относительной влажности воздуха) увеличивается с повышением температуры воздуха.

7. Скорость поглощения влаги мукой из воздуха опережает увеличение абсолютной влажности воздуха и, наоборот, отдача мукой влаги в воздух отстает от падения абсолютной влажности воздуха.

8. При поглощении влаги из воздуха мукой (например в мешках) поверхностные слои последней насыщаются ею гораздо быстрее, чем внутренние, которые поглощают влагу тем медленнее, чем дальше отстоят они от поверхности; с увеличением времени хранения вес муки увеличивается главным образом за счет диффузии влаги во внутренние слои муки.

9. Гигроскопическое состояние муки из частичковых, обезжиренной экстракцией бензином, с влажностью 10,3—10,9% будет стационарным при хранении в помещении с относительной влажностью воздуха 60% в пределах от 10 до 30°.

10. Повышение влажности указанного выше сорта муки до 18% при хранении ее более месяца при средней температуре около 20° вызывает образование плесени на поверхности.

SUMMARY

The hygroscopical properties of fish meal as related to storage conditions were studied.

It was stated that the hygroscopical condition of fish meal is determined by the degree of the moisture saturation of air. The moisture content of meal is lower as its hygroscopical humidity corresponding to a certain degree of saturation of air with water vapour, increases in the process of storage and vice versa. The hygroscopical humidity of the meal increases with the decrease of the temperature of storage independently of the relative humidity of the air. The absorption of atmospheric moisture proceeds more rapidly in the superficial layers of the meal than in the inner layers.

In lean meal of Cyprinidae and Percidae species, with a moisture content of 10—11% at a relative humidity of 60% moisture is neither absorbed nor given up. In fish meal with a moisture content of no less than 18% mould appears on the surface after a month of storage.
