

ОПЫТНОЕ ХРАНЕНИЕ РЫБЫ, ВЫСУШЕННОЙ МЕТОДОМ СУБЛИМАЦИИ

Инженер-технолог К. В. МАРТЕМЬЯНОВА

(Лаборатория методов контроля и стандартизации рыбных продуктов ВНИРО)

Работами отечественных и зарубежных исследователей показано, что лучшим методом сушки различных пищевых продуктов и биологических препаратов является сушка в замороженном состоянии под вакуумом, то есть методом сублимации (1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10).

Высушенные этим способом пищевые продукты (мясо, рыба, овощи, фрукты) гораздо лучше набухают в воде и после замачивания значительно лучше восстанавливают свои первоначальные свойства, чем высушенные в естественных условиях на воздухе или в сушилках при повышенной температуре.

При оценке качества высушенного разными способами мяса рыбы по балльной системе, предложенной Н. А. Воскресенским [2], рыба, высушенная методом сублимации, получила 23 балла, в то время как треска холодной атмосферной сушки (в естественных условиях) — 19 баллов и горячей атмосферной сушки (в сушилках) — 12 баллов.

Преимуществом метода сублимации перед холодной атмосферной сушкой является то, что процесс обезвоживания продукта в этом случае не только происходит гораздо быстрее, но легко поддается регулированию и не зависит от времени года и состояния погоды.

На практике высушивание методом сублимации в настоящее время довольно широко применяется при производстве некоторых медицинских препаратов, в частности пенициллина. Что касается пищевых продуктов, и в том числе рыбы, то промышленное освоение сушки их сублимацией в известной мере сдерживается тем, что вопрос о лучших способах упаковки и сохранении высушенных продуктов разработан пока недостаточно.

При хранении высушенного методом сублимации мяса трески в комнатных условиях в открытых сосудах или обернутого в простую белую бумагу мы наблюдали, что по прошествии некоторого времени происходило пожелтение рыбы, причем на поверхности кусков появлялись отдельные пятна интенсивного желтого или бурого цвета. Бумага, в которую была обернута сушеная рыба, также желтела, что указывало на то, что образующиеся в рыбе окрашенные продукты обладают летучестью. Предполагая, что явление пожелтения рыбы могло быть связано с окислением и разложением содержащегося в ней жира под воздействием кислорода воздуха, мы пробовали обрабатывать пожелтевшую рыбу и бумагу, в которую она была обернута, различными органическими растворителями — спиртом, серным эфиром, хлороформом и ацетоном, однако окраска рыбы и бумаги при этом не менялась. При нанесении растворителя, в котором экстрагировались рыба и оберточная бумага, на фильтровальную бумагу, на последней после испарения растворителя не оставалось никаких следов. Таким образом, было уста-

новлено, что образовавшиеся в сушеной рыбе окрашенные продукты нерастворимы в обычных растворителях.

При аналогичном хранении высушенного сублимацией мяса других рыб (судака, щуки, сома) также наблюдалось их пожелтение, однако оно наступало в более поздние сроки, чем у трески.

Было замечено также, что хранившиеся в темноте куски сушеного мяса трески имели более интенсивную желтую окраску, чем хранившиеся на свету. Весьма интересные в этом отношении результаты дали следующие два опыта.

В первом опыте коническая колба, наполненная почти до верха высушенным сублимацией фаршем из мяса трески, была плотно закрыта пробкой, залитой парафином, и поставлена на подоконник обращенного к югу окна. При этом фарш с той стороны колбы, которая была обращена к свету и подвергалась воздействию солнечных лучей, не пожелтел, в то время как на затененной стороне пожелтение его было достаточно ясно выражено.

В другом опыте куски высушенного мяса трески были уложены в широкий, накрытый сверху листом белой бумаги цилиндр, который был поставлен вблизи окна. Через 2—3 месяца куски рыбы почти не пожелтели, но на нижней стороне листа бумаги, которым был покрыт цилиндр, появился равномерно окрашенный в интенсивно желтый цвет круг по диаметру цилиндра.

Данные наблюдения показывают, что свет определенно способствует улетучиванию (возгонке) образующихся в рыбе окрашенных продуктов, но, по-видимому, не стимулирует их образования в рыбе.

Попытки применить для упаковки сушеного мяса трески пакеты из полупергаменты и целлофана, а также коробки из парафинированного картона не дали положительных результатов в части предохранения рыбы от пожелтения.

Наряду с явлением пожелтения мы наблюдали у сушеной трески, хранившейся на воздухе без упаковки, постепенное изменение вкусовых качеств. Хранившаяся сухая треска, в отличие от только что высушенной, после замачивания в воде и варки имела более плотную консистенцию и соответственно худший вкус.

Изменение консистенции и вкуса хранившейся трески зависело от влажности воздуха и при этом наступало тем быстрее и тем сильнее было выражено, чем выше была влажность воздуха. При повышенной влажности воздуха пожелтение рыбы было также более интенсивным.

Для выявления лучшего способа сохранения рыбы, высушенной методом сублимации, мы провели специальную работу, в которой стремились выяснить влияние, оказываемое кислородом и влагой воздуха на качество сушеной рыбы. Опыты проводили следующим образом.

Мороженую треску и судака распиливали ручной пилой на куски толщиной 15 мм и немедленно сушили их на лабораторной вакуум-сушильной установке. Остаточное давление в сушильной камере составляло 0,5—1 мм рт. ст.; температура внутри камеры была в пределах от 40 (в начале сушки) до 60° (в конце сушки). Температуру рыбы в процессе сушки контролировали при помощи термодатчиков, введенных в середину кусочков рыбы. Для контроля за изменением веса рыбы и определения конца сушки отдельные кусочки рыбы были помещены на специальные небольшие весы, установленные внутри сушильной камеры на полочке перед смотровым окном.

Сушка продолжалась около 20 часов. Высушенные кусочки рыбы сохраняли в следующих условиях:

- 1) упакованными в обычный фанерный ящик, выстланный пергаментом;
- 2) упакованными в мешочки из полиэтиленовой пленки, уложенные в фанерный ящик;

3) в атмосфере сухого воздуха — в эксикаторе над прокаленным хлористым кальцием;

4) под вакуумом (10—20 мм рт. ст.) — в вакуум-эксикаторах с прокаленным хлористым кальцием.

5) в атмосфере углекислого газа — в специальных герметически закрытых стеклянных сосудах.

Сосуды с рыбой заполняли углекислотой из обычных баллонов, причем углекислый газ предварительно пропускали через две промывные склянки с крепкой серной кислотой для освобождения от влаги.

От исходной мороженой и высушенной рыбы брали пробы для анализа. Через каждый месяц брали также пробы от хранившихся в разных условиях партий сушеной рыбы.

Ввиду того, что основными питательными веществами в рыбе являются белки и от состояния их зависят структура и гидрофильные свойства мышечной ткани, а также ощущение ее консистенции и вкуса при употреблении в пищу, при химическом исследовании рыбы основное внимание было обращено на характеристику азотистых веществ. Для этого определяли содержание в рыбе следующих форм азота: общего, белкового и небелкового азота, азота водорастворимых и солерастворимых белков, азота аминокислот.

Кроме того, определяли содержание влаги в рыбе, а также набухаемость сухой рыбы. Последнюю учитывали по приросту веса рыбы после замачивания в воде в течение 30 минут.

Определение разных форм азота производили общепринятыми способами [6].

В табл. 1 приведены результаты химического анализа мяса трески и судака до и после сушки.

Т а б л и ц а 1

Изменение химического состава рыбы при сушке

Объект исследования	Содержание в рыбе в %			В % от общего азота					
	влага	общий азот (N)	белок (N×6,25)	белковый азот	азот водорастворимых белков	азот солерастворимых белков	азот нерастворимых белков	небелковый азот	азот аминокислот
Треска									
мороженная . .	81,07	2,90	18,13	88,6	14,9	8,1	65,6	11,4	1,4
сушеная . . .	4,31	14,41	90,06	85,7	8,3	7,4	70,0	14,3	3,2
Судак									
мороженный . .	81,10	2,70	16,88	90,3	16,2	30,4	43,7	9,7	3,0
сушеный . . .	2,76	14,70	91,88	89,2	14,1	18,3	56,8	10,8	1,8

Из табл. 1 видно, что сушка сопровождалась изменением белковых веществ рыбы. Количество растворимых белков в рыбе после сушки заметно уменьшилось, особенно в опыте с судаком, у которого начальное содержание растворимых белков было гораздо больше, чем у трески.

По-видимому, степень денатурационных изменений белков во время сушки определенным образом связана с изменением белков, происходящим при замораживании и холодильном хранении рыбы до сушки. В том случае, когда белки в мороженой рыбе претерпели более глубокие изменения (опыт с треской), изменения их во время сушки менее значительны.

Высушенная рыба, как судак, так и треска, имела очень хороший, привлекательный внешний вид; кусочки мяса сохранили первоначальную форму, имели светлую окраску и мелкопористую структуру. После замачивания в воде сушеная рыба по внешнему виду была сходной с дефростированной мороженой рыбой.

При нажимании пальцами на замоченные кусочки мяса судака отделения влаги из них почти не наблюдалось, но из кусочков мяса трески при нажимании отделялось довольно много жидкости, как это нередко наблюдается у мороженой трески после оттаивания.

Прирост веса у сушеной трески при замачивании составил 286,4%, а у сушеного судака — 228,0% (вес замоченной рыбы составил соответственно 386,4 и 328,0% к весу сухой рыбы). Как видно, вес сушеной рыбы после замачивания не достиг начального веса мороженой рыбы перед сушкой и составил по отношению к нему 76—77%. Соответственно количество влаги, впитанное рыбой при замачивании, составило только 71—72% от ее начального содержания в рыбе до сушки.

Таким образом, гидрофильность мышечной ткани рыбы, в результате сушки и сопутствующей ей денатурации белков, понизилась.

В отваренном виде (после замачивания) образцы сушеной рыбы по виду, консистенции и запаху не отличались от контрольных образцов отваренной мороженой рыбы, но на вкус были несколько менее клейкими и сочными.

Результаты наблюдений за изменением влажности, набухаемости и содержания разных форм азота в сушеной рыбе при хранении ее в разных условиях приведены в табл. 2, 3 и 4.

Из табл. 2 видно, что содержание влаги в рыбе, хранившейся в ящике, выстланном пергаментом, к концу первого месяца хранения значительно увеличилось и достигло 11—12%, что соответствует равновесной влажности сушеной рыбы при обычной для комнатных условий относительной влажности воздуха (60—70%). Упаковка сушеной рыбы в мешочки из полиэтиленовой пленки также не защитила рыбу от увлажнения, но поглощение влаги рыбой в этом случае происходило более медленно, чем при хранении в ящике с оберткой пергаментом. Небольшое увлажнение рыбы наблюдалось и в опытах сохранения ее в углекислоте, что было вызвано, вероятно, тем, что при применявшемся нами пропускании углекислого газа через серную кислоту он не полностью освобождался от влаги.

При хранении над хлористым кальцием в атмосфере воздуха и под вакуумом найденное в рыбе количество «влаги» колебалось в пределах возможной ошибки определения. Наличие влаги в образцах рыбы, сохранявшихся над хлористым кальцием достаточно длительное время, представляется вообще маловероятным и мы склонны полагать, что в данном случае потеря в весе рыбы при сушке в сушильном шкафу при 100° происходила в результате удаления из рыбы каких-то летучих органических веществ, а не собственно воды.

Способность к набуханию в воде (табл. 2) у образцов сушеной трески, хранившейся в атмосфере сухого воздуха над хлористым кальцием, под вакуумом, а также в углекислоте, на протяжении 4 месяцев практически не изменилась, но у образца сохранявшегося в ящике с оберткой пергаментом, заметно снизилась, а у сохранявшегося в полиэтиленовых мешочках, напротив, слегка увеличилась. Небольшое увеличение набухаемости наблюдалось также через 3—4 месяца хранения у сушеного судака, упакованного в полиэтиленовые мешочки; при всех прочих условиях хранения способность к набуханию у сушеного судака постепенно понижалась.

Соотношение общего количества белкового и небелкового азота в рыбе (табл. 3 и 4) при всех условиях хранения оставалось практиче-

Таблица 2

Изменение влажности и набухаемости сушеных трески и судака при хранении

Условия хранения	Содержание влаги в рыбе в %					Набухаемость (вес замоченной рыбы в % к весу сухой рыбы)				
	исходное	продолжительность хранения (месяцы)				исходная	продолжительность хранения (месяцы)			
		1	2	3	4		1	2	3	4
Опыт с треской										
В фанерном ящике, выстланном пергаментом .	4,31	11,93	—	12,04	12,50	386,0	327	—	356	333
В мешочках из полиэтиленовой пленки	4,31	—	7,05	8,02	10,91	386,0	381	401	431	420
В атмосфере сухого воздуха (над CaCl ₂) . .	4,31	2,57	3,06	3,87	4,35	386,0	382	363	393	326
Под вакуумом (над CaCl ₂) . .	4,31	3,47	4,04	4,14	5,29	386,0	381	386	391	383
В углекислом газе	4,31	6,92	6,06	6,79	8,84	386,0	378	374	367	389
Опыт с судаком										
В фанерном ящике, выстланном пергаментом .	2,76	11,47	10,85	12,32	—	328	316	279	291	272
В мешочках из полиэтиленовой пленки	2,76	7,34	9,18	10,69	—	328	318	287	367	351
В атмосфере сухого воздуха (над CaCl ₂) . .	2,76	4,12	4,66	3,77	4,52	328	320	284	285	281
Под вакуумом (над CaCl ₂) . .	2,76	4,79	4,65	4,53	4,19	328	322	285	261	257
В углекислом газе	2,76	4,02	5,46	6,59	5,10	328	295	224	231	234

ски постоянным. Вместе с тем наблюдались некоторые изменения в соотношении количества азота растворимых и нерастворимых белков. Как видно из табл. 3, как у судака, так и у трески, упакованных в ящик, выстланный пергаментом, уже через 1 месяц хранения количество растворимых в воде и солевом растворе белков заметно снизилось и соответственно возросло количество нерастворимых белков.

При прочих способах хранения рыбы некоторое уменьшение количества растворимых и увеличение количества нерастворимых белков обнаружилось у трески на 4-м месяце хранения, а у судака — спустя 2 месяца хранения.

Следует отметить, что денатурации подверглись преимущественно солерастворимые белки; количество водорастворимых белков наиболее заметно уменьшилось в рыбе, упакованной в фанерные ящики, выстланные пергаментом.

Количество азота аминокислот в рыбе в разных опытах менялось по-разному. Для трески в большинстве случаев оказалось характерным постепенное уменьшение количества азота аминокислот во время

Таблица 3

Изменение содержания белковых форм азота в сушеных треске и судаке при хранении (в % от общего азота)

Условия хранения	Белковый азот					Азот водорастворимых белков					Азот соеорастворимых белков					Азот нерастворимых белков				
	исход- ный	продолжительность хранения (месяцы)				исход- ный	продолжительность хранения (месяцы)				исход- ный	продолжительность хранения (месяцы)				исход- ный	продолжительность хранения (месяцы)			
		1	2	3	4		1	2	3	4		1	2	3	4		1	2	3	4
Опыт с треской																				
В фанерном ящике, вы- стланном пергамен- том	85,7	85,8	—	86,6	85,4	8,3	3,5	—	2,5	2,4	7,4	4,1	—	3,0	—	70,0	78,3	—	81,1	—
В мешочках из поли- этиленовой пленки .	85,7	86,7	85,1	85,1	84,8	8,3	8,4	10,4	7,7	3,2	7,4	—	—	7,2	4,2	70,0	—	—	70,2	77,4
В атмосфере сухого воздуха (над CaCl_2)	85,7	85,4	86,5	85,6	86,2	8,3	7,8	9,4	7,1	8,4	7,4	8,7	8,9	8,7	5,8	70,0	68,9	68,2	69,8	72,0
Под вакуумом (над CaCl_2)	85,7	86,0	86,7	85,8	86,2	8,3	9,2	10,3	7,5	7,6	7,4	6,8	7,5	8,5	7,2	70,0	70,0	68,9	69,8	71,4
В углекислом газе . .	85,7	85,5	85,3	85,1	85,6	8,3	7,8	7,3	7,0	5,0	7,4	7,7	10,5	6,9	4,3	70,0	70,0	67,5	71,2	76,3
Опыт с судаком																				
В фанерном ящике, вы- стланном пергамен- том	89,2	88,9	89,3	89,7	—	14,1	13,5	—	10,3	—	18,3	14,1	—	15,7	—	56,8	61,3	—	63,7	—
В мешочках из поли- этиленовой пленки .	89,2	88,1	89,3	88,9	—	14,1	15,4	13,6	13,8	—	18,3	15,3	11,7	12,8	—	56,8	57,4	64,0	62,3	—
В атмосфере сухого воздуха (над CaCl_2) .	89,2	89,0	89,5	89,2	89,5	14,1	12,8	14,7	14,1	13,9	18,3	19,9	15,1	11,0	11,9	56,8	56,3	59,7	61,1	63,7
Под вакуумом (над CaCl_2)	89,2	88,7	89,1	89,9	89,2	14,1	15,8	15,8	14,9	14,8	18,3	18,5	14,2	13,6	16,4	56,8	54,4	59,1	61,4	58,0
В углекислом газе . .	89,2	91,6	88,8	91,6	89,7	14,1	16,2	14,9	16,9	13,3	18,3	18,6	15,0	16,1	15,4	56,8	56,8	58,9	58,6	61,0

Таблица 4

Изменение содержания небелковых форм азота в сушеных треске и судаке при хранении (в % от общего азота)

Условия хранения	Небелковый азот					Азот аминокислот				
	исходный	продолжительность хранения (месяцы)				исходный	продолжительность хранения (месяцы)			
		1	2	3	4		1	2	3	4
Опыт с треской										
В фанерном ящике, выставленном пергаментом . .	14,3	14,1	—	13,4	14,6	3,2	1,2	—	—	0,8
В мешочках из полиэтиленовой пленки	14,3	13,3	14,9	14,9	15,2	3,2	1,1	1,2	1,0	1,8
В атмосфере сухого воздуха (над CaCl_2)	14,3	14,6	13,5	14,4	13,8	3,2	1,8	1,5	—	1,2
Под вакуумом (над CaCl_2)	14,3	14,0	13,3	14,2	13,8	3,2	1,4	1,5	2,2	2,7
В углекислом газе	14,3	14,5	14,7	14,9	14,4	3,2	1,9	1,4	—	1,4
Опыт с судаком										
В фанерном ящике, выставленном пергаментом .	10,8	11,1	10,7	10,3	—	1,8	1,5	2,4	2,6	—
В мешочках из полиэтиленовой пленки	10,8	11,9	10,7	11,1	—	1,8	2,1	2,3	2,5	—
В атмосфере сухого воздуха (над CaCl_2)	10,8	11,0	10,5	10,8	10,5	1,8	2,0	—	2,6	3,3
Под вакуумом (над CaCl_2)	10,8	11,3	10,9	10,1	10,8	1,8	2,7	2,1	3,1	2,3
В углекислом газе	10,8	9,4	11,2	9,4	10,3	1,8	1,9	2,8	—	3,1

хранения, а для судака, наоборот, увеличение количества азота аминокислот. Причина изменения количества азота аминокислот, равно как и различного характера его изменения у разных рыб, пока неясна и в дальнейшем это интересное явление должно быть изучено более подробно.

Органолептическая оценка образцов рыбы в сухом и в замоченном состоянии, а также отваренных (после замачивания) в подсоленной воде, показала следующее.

Усушенной трески, упакованной в фанерный ящик, уже через 1 месяц хранения появилось небольшое пожелтение на поверхности кусков. Через 2 месяца пожелтение заметно усилилось, причем проникло в глубинные слои куска рыбы. Через 3 месяца, наряду с усилением желтоватой окраски всего куска рыбы, на поверхности кусков обнаружались отдельные пятна бурого цвета.

Заметно изменилась консистенция сухой рыбы, причем она теряла хрупкость и становилась на ощупь более прочной и твердой. Спустя 1 месяц хранения вкус отваренной рыбы заметно изменился — усилилось ощущение «суховатости» мяса, консистенция его также стала более плотной. Через 3 месяца внешний вид, вкус и консистенция рыбы настолько ухудшились, что рыба была найдена непригодной в пищу.

Следует отметить, что, несмотря на сильное пожелтение, треска через три месяца хранения не имела запаха или привкуса окислившегося жира.

Примерно такое же, как у трески, изменение органолептических свойств наблюдалось и у судака, упакованного в ящик; кроме того, к

концу 3-го месяца хранения у судака появился горьковатый привкус, ввиду чего хранение было прекращено.

Упакованная в полиэтиленовые мешочки рыба, в особенности треска, сохранилась лучше, чем упакованная в ящики. В этом случае через 1 месяц хранения рыба, хотя и имела легкое поверхностное пожелтение, но в отваренном виде по вкусу и консистенции мало отличалась от свежей вареной рыбы. Через 2 месяца хранения пожелтение слегка усилилось, а вкус и консистенция рыбы несколько изменились, но в общем качество рыбы было вполне удовлетворительным. К концу 3-го месяца хранения треска не утратила еще товарного качества, но судак имел очень непривлекательный вид, на нем были бурые пятна и появился также привкус горечи. Можно полагать, что более быстрая порча судака по сравнению с треской была обусловлена тем, что при разделке целого (непотрошеного) мороженого судака перед сушкой на мясо был занесен жир из брюшной полости.

Хранение в углекислоте, а также в сухом воздухе над хлористым кальцием дало значительно лучшие результаты, но все же не предохраняло рыбу в полной мере от пожелтения.

В данных случаях легкое поверхностное пожелтение рыбы появилось к концу 2-го месяца хранения, но вкус, запах и консистенция сохранились неизменными. Некоторое изменение вкуса и консистенции рыбы были обнаружены только спустя 3—4 месяца хранения, причем они были настолько небольшими, что качество рыбы было признано в общем хорошим. При хранении под вакуумом легкое пожелтение рыбы появилось только на 4-м месяце хранения, а изменения консистенции рыбы до конца хранения (4 месяца) не было совсем обнаружено. Однако было найдено, что при хранении под вакуумом рыба в заметной степени утрачивает свой аромат, вследствие чего вкус рыбы лишается свойственного ему своеобразия и становится неопределенным, как бы «пустым».

Результаты наблюдений за изменением вкуса и консистенции рыбы согласуются с данными ее химического исследования. В тех случаях, когда во время хранения имело место увлажнение рыбы, происходило более заметное изменение белковых веществ, что сопровождалось соответственным ухудшением вкуса и консистенции рыбы.

С увлажнением рыбы связано, по-видимому, в известной мере и явление ее пожелтения. Влияния кислорода воздуха на развитие пожелтения у рыбы обнаружить не удалось, поскольку у рыбы, хранившейся в атмосфере воздуха над хлористым кальцием, под вакуумом и в углекислоте, пожелтение появилось практически одновременно.

ВЫВОДЫ

1. При сушке рыбы в замороженном состоянии под вакуумом (методом сублимации) происходит частичная денатурация белков, главным образом солерастворимой фракции.

2. Основными изменениями, происходящими в сушеной рыбе во время хранения, являются ее пожелтение, а также «старение» белков, выражающееся в понижении их гидрофильности. Изменение белков приводит к ухудшению органолептических свойств рыбы: консистенция отваренной рыбы становится более плотной и жесткой, теряется клейкость мяса и оно становится менее сочным (сухим).

Быстрота изменения сушеной рыбы во время хранения зависит от условий последнего.

3. Увлажнение рыбы при хранении ускоряет ее пожелтение, а также изменение белков. Поэтому рыбу, высушенную методом сублимации, для предохранения от увлажнения во время хранения необходи-

мо специально упаковывать. Влияния кислорода воздуха на возникновение пожелтения у сушеной рыбы не обнаружено.

4. В атмосфере воздуха, свободного от паров воды, и в углекислоте высушенная методом сублимации рыба сохранялась без заметного изменения в течение 3—4 месяцев.

В мешочках из полиэтиленовой пленки сушеная рыба может вполне удовлетворительно храниться в комнатных условиях около 2 месяцев.

Рыба, упакованная в фанерные ящики, выстланные пергаментом, должна храниться в сухом помещении не более 1 месяца.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Белопольский В. Н., Сушка методом сублимации, «Медицинская промышленность СССР», 1951, № 2.
2. Воскресенский Н. А., Макарова Т. И., Мартемьянова К. В., Влияние различных способов сушки на сохранение нативных свойств мяса рыбы, Труды ВНИРО, т. XXIX, Пищепромиздат, 1954.
3. Каухчешвили Э. И., Сушка продуктов при низкой температуре, «Мясная индустрия», 1950, № 1.
4. Каухчешвили Э. И., Восстанавливаемость мяса, обезвоженного при низкой температуре, «Мясная индустрия», 1951, № 5.
5. Лыков А. В., Теория сушки, Госэнергоиздат, 1950.
6. Лазаревский А. А., Техничко-химический контроль в рыбообрабатывающей промышленности, Пищепромиздат, 1955.
7. Мартемьянова К. В., Влияние вакуума на скорость высушивания и качество сушеной рыбы, Труды ВНИРО, т. XXIX, Пищепромиздат, 1954.
8. Flosdorf E. W., Freeze — drying, 1949.
9. Greaves M. D., Freeze—drying, Food, mai, 1947.
10. Jane R., Freeze — drying of food— stuffs. Food manufacture, 1951, Oct. 10, 1951.