

ВЛИЯНИЕ ВАКУУМА НА СКОРОСТЬ ВЫСУШИВАНИЯ И КАЧЕСТВО СУШЕНОЙ РЫБЫ¹

К. В. МАРТЕМЬЯНОВА

Лаборатория контроля производства ВНИРО

Обычно рыбу сушат при атмосферном давлении на воздухе или в специальных сушильных печах при нагревании. Рыба, высушенная в естественных условиях на воздухе, имеет большую набухаемость в воде и лучшие вкусовые качества, чем рыба, высушенная в печах. Это объясняется тем, что при сушке в печах под воздействием высокой температуры белки мяса рыбы подвергаются глубокой денатурации и коагуляции, которая является необратимой при замачивании сушеной рыбы в воде. В свою очередь, сушка рыбы в естественных условиях на воздухе, протекающая при сравнительно невысокой температуре (до 25—30°), хотя и имеет существенные преимущества с точки зрения качества сушеного продукта, но является малодоступной, так как требует соответствующих благоприятных климатических условий. Кроме того, высушивание рыбы на воздухе протекает очень медленно, что вызывает опасность порчи рыбы. Поэтому на практике сушка на воздухе находит применение главным образом для обезвоживания предварительно подсоленной рыбы, т. е. при изготовлении так называемых солено-сушеных или вяленых товаров.

Рядом исследований показано, что применяя сушку под вакуумом возможно проводить обезвоживание некоторых биологических препаратов и пищевых продуктов при низкой температуре в достаточно короткий срок, что способствует лучшей сохранности естественных свойств продукта. Однако в применении к рыбе вопрос о сушке под вакуумом пока является нерешенным.

При исследовании процесса сушки рыбы под вакуумом, мы в первую очередь изучали влияние величины вакуума на скорость обезвоживания и качество сушеной рыбы. Мы провели более 70 опытов сушки рыбы под вакуумом, в которых варьировали как величину вакуума, так и температуру подогревания рыбы. Для опытов брали мясо (филе) мороженой трески, мороженого и охлажденного судака и свежего налима и щуки, нарезанное на кусочки размерами 30×40, 40×60 и 60×80 мм и толщиной 5, 10, 18 и 35 мм.

Рыбу высушивали в лабораторной вакуум-сушильной установке, состоявшей из сушильной камеры, устройства для конденсации или погло-

¹ Работа выполнена под руководством канд. техн. наук Т. И. Макаровой.

щения паров воды и вакуум-насоса. Сушильная камера представляла горизонтально расположенный двутельный медный цилиндр длиной 40 см и внутренним диаметром 15 см. Крышка, закрывающая загрузочное отверстие камеры, имела смотровое стекло для наблюдения за рыбой во время высушивания. Высушиваемую рыбу помещали в камеру на полочку из проволоочной сетки с ячейкой около 15 мм². Рыбу во время сушки подогревали посредством масла, залитого в рубашку сушильной камеры или двух электронагревательных элементов в виде пластин, расположенных внутри камеры на полочке для рыбы.

Вакуум в сушильной камере измеряли при помощи обычного укороченного ртутного вакуумметра; контроль за температурой рыбы и окружающей ее среды в камере осуществлялся при помощи медно-константановых термопар и ртутных термометров.

Высушивали рыбу при остаточном давлении 0,5, 1, 6, 20, 50, 100, 200 и 360 мм рт. ст. без подогревания и при подогревании с различной интенсивностью. В процессе сушки контролировали температуру в центре и на поверхности кусков рыбы, а также скорость высушивания кусочков рыбы, путем их периодического взвешивания. Высушенную рыбу подвергали качественной оценке, причем исследовали ее органолептически и определяли способность к набуханию и восстановлению первоначальных свойств при замачивании в воде. Также велись наблюдения за изменением размеров кусочков рыбы при сушке в разных условиях.

Опыты показали, что мясо рыбы, подвергавшейся замораживанию, а также свежей рыбы, хранившейся на холоде и прошедшей известную стадию посмертного изменения¹, при понижении давления в сушильном аппарате до 5 мм рт. ст. начинает замерзать вследствие сильного охлаждения, вызываемого очень интенсивным испарением влаги. При остаточном давлении 0,5—2 мм рт. ст. в результате «самозамораживания» рыба имела температуру минус 15—20° и ниже и высушивалась в замороженном состоянии. При остаточном давлении в 6 мм рт. ст. и более температура рыбы во время сушки была положительной.

Сушка рыбы в замороженном состоянии

Для опытов использовали главным образом мороженую треску и судака. Температура рыбы при закладке в сушильный аппарат составляла обычно в центре кусочков от минус 1 до минус 4° и на поверхности от плюс 1,5 до минус 2° (в зависимости от толщины кусочков мяса и степени их оттаивания во время выпиливания из тела мороженой рыбы).

При откачивании воздуха из аппарата температура рыбы резко снижалась и достигала минимума в минус 20—27°, спустя некоторое время после того, как в аппарате устанавливалось остаточное давление 0,5—1 мм рт. ст. Минимум температуры рыбы обычно был тем ниже и достигался тем быстрее, чем скорее происходило откачивание воздуха из аппарата. При равных условиях откачивания воздуха из аппарата минимум температуры достигался быстрее в тонких кусках рыбы, чем в толстых. В наших опытах, когда откачивание воздуха из аппарата до получения давления 0,5—1 мм рт. ст. продолжалось 3—7 мин., минимум температуры рыбы в кусках толщиной от 5 до 35 мм достигался в течение от 10 до 50 мин. (табл. 1).

¹ По нашим наблюдениям, мясо свежей рыбы (налима и щуки), не прошедшей стадию посмертного окоченения, при снижении давления до 0,5—1 мм рт. ст., не замерзает, но вздувается и покрывается плотной глянцевитой пленкой, препятствующей в дальнейшем высушиванию рыбы.

Таблица 1

Размер куска рыбы в мм	Количество наблюдений	Минимум температуры в центре куска рыбы в °С	Время достижения минимума температуры в рыбе в мин.
60×40×5	2	От -21,8 До -23,0	15—18
60×40×10	11	„ -19,7 „ -27,3	10—25
60×60×16	3	„ -22,5 „ -25,5	22—30
60×40×18	10	„ -19,5 „ -26,5	15—30
60×40×35	2	„ -19,0 „ -21,5	28—50

Достигнув минимума температура рыбы в течение нескольких минут оставалась постоянной, затем постепенно повышалась по мере высыхания рыбы и к концу сушки достигала температуры окружающей рыбу среды. В разных частях кусочка рыбы скорость изменения температуры была различной соответственно ходу процесса высыхания. Края кусочка рыбы высыхают раньше, чем середина, вследствие чего на протяжении сушки температура поверхностного слоя рыбы всегда выше, чем глубинного и выравнивание температуры во всех участках куска рыбы происходит только при полном удалении из него влаги.

Повышение температуры рыбы во время сушки связано с постепенным уменьшением количества испаряемой из рыбы влаги, о чем особо будет сказано ниже, и зависит от размера кусочков рыбы и интенсивности ее подогревания.¹ Как видно из рис. 1, 2, 3 и 4, чем тоньше кусочек рыбы и

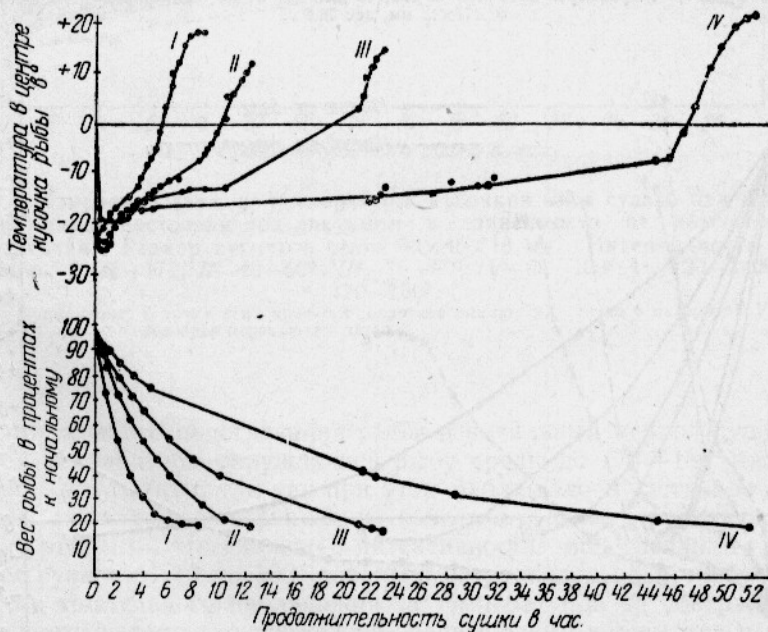


Рис. 1. Изменение веса и температуры кусочков мяса трески различной толщины при сушке в замороженном состоянии под вакуумом без подогревания:

I—размеры кусочков 60×40×5 мм, вес от 12,5 до 14,1 г; II—размеры кусочков 60×40×10 мм, вес от 23,5 до 25,5 г; III—размеры кусочков 60×40×18 мм, вес от 41,9 до 47,9 г; IV—размеры кусочков 60×40×35 мм, вес от 85,4 до 88,3 г.

¹ В опытах сушки рыбы с подогреванием обогрев сушильного аппарата включали по окончании «самозамораживания» рыбы, когда температура рыбы достигала минимума.

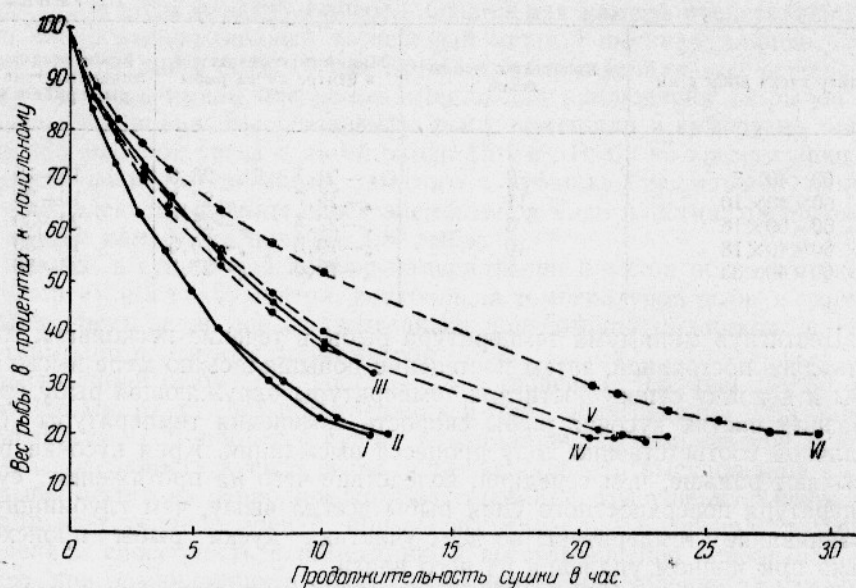


Рис. 2. Изменение веса кусочков мяса трески разных размеров при сушке в замороженном состоянии под вакуумом без подогревания:

I—размеры кусочков $40 \times 30 \times 10$ мм, вес 12,1 г; II—размеры кусочков $60 \times 40 \times 10$ мм, вес 23,5 г; III—размеры кусочков $60 \times 80 \times 10$ мм, вес 53,1 г; IV—размеры кусочков $40 \times 30 \times 18$ мм, вес 18,8 г; V—размеры кусочков $40 \times 60 \times 18$ мм, вес 41,9 г; VI—размеры кусочков $60 \times 77 \times 18$ мм, вес 78,6 г.

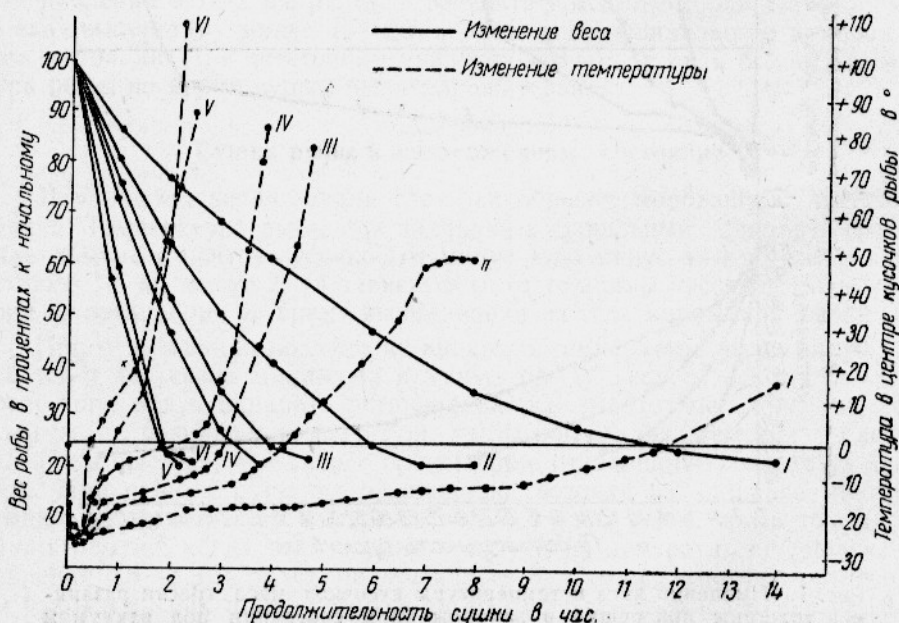


Рис. 3. Изменение веса и температуры кусочков мяса судака при сушке в замороженном состоянии под вакуумом в зависимости от интенсивности подогревания. Размер кусочков рыбы $60 \times 40 \times 10$ мм. Интенсивность подогревания: I—16—17°; II—48—50°; III—75—80°; IV—95—100°; V—130—140°; VI—170—180°.

Примечание. В точке x на кривой V подогрев переключен на 100°.

интенсивнее подвод тепла к рыбе, тем быстрее идет высыхание и соответственно быстрее повышается температура рыбы.

Опыты показали, что при высушивании замороженного мяса рыбы при давлении 0,5—1 мм рт. ст. в начальный период сушки, когда поверхность рыбы благодаря интенсивному испарению влаги очень сильно охлаждается, можно применять нагревание окружающей рыбу среды до 140°, но по мере высыхания рыбы интенсивность подогревания следует уменьшать так, чтобы обезвоженный поверхностный слой рыбы имел температуру не выше 90—100° во избежание ожога (побурения). Попытки

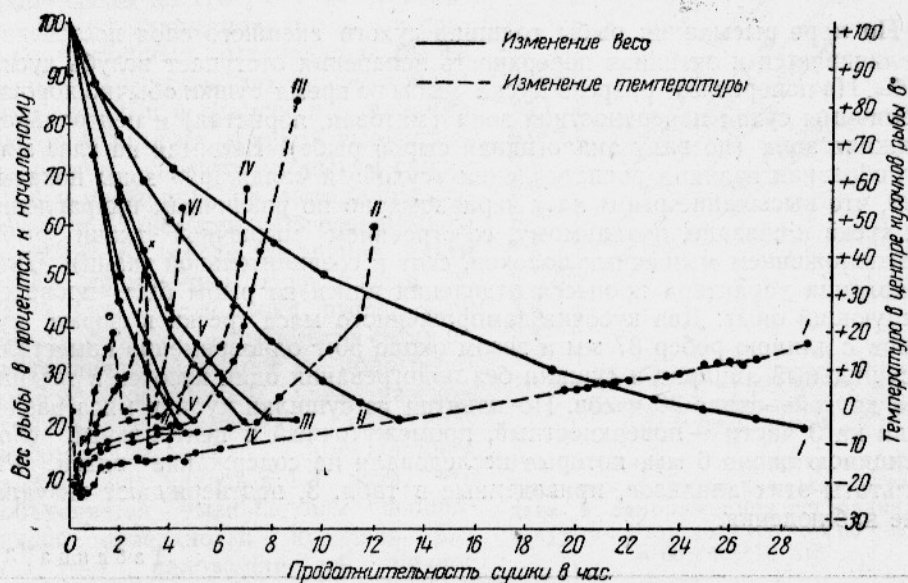


Рис. 4. Изменение веса и температуры кусочков мяса судака при сушке в замороженном состоянии под вакуумом в зависимости от интенсивности подогревания. Размер кусочков рыбы 60×40×18 мм. Интенсивность подогревания: I—16—17°; II—48—50°; III—75—80°; IV—95—100°; V—130—140°; VI—170—180°.

Примечание. В точке x на кривой V подогрев выключен, в точке 0 на кривой VI подогрев переключен на 100°.

более интенсивного подогревания рыбы в начальный период сушки с доведением температуры окружающей рыбу среды до 170—180° дали отрицательные результаты, так как при этом наблюдалось частичное оттаивание рыбы, приводившее к снижению качества сушеного продукта. Следует также отметить, что снижение интенсивности подогревания рыбы в процессе сушки с 140 до 100° довольно затруднительно и требует непрерывного и тщательного наблюдения за температурой на поверхности рыбы, что почти недоступно при сушке значительного количества рыбы, тем более в кусках разного размера и формы. Поэтому, практически нецелесообразно применять подогревание окружающей рыбу среды до температуры выше 90—100°.

В начале процесса сушки, в период снижения температуры рыбы до минимума или так называемый период «самозамораживания», поверхность кусочков рыбы заметно подсыхает и рыба теряет 10—12% веса (табл. 2).

Таблица 2

Характеристика кусков рыбы				Минимальная температура рыбы в °С	Время достижения минимума температуры в мин.	Убыль в весе рыбы за период снижения температуры в %
размер куска в мм	вес в г	поверхность в см²	отношение веса к поверхности в г/см²			
60×40×10	25,4	68,0	0,37	-25,7	22	12,6
60×40×18	47,9	84,0	0,57	-24,3	30	10,8
60×40×35	85,4	118,0	0,72	-21,5	50	10,3

По мере высыхания рыбы толщина сухого внешнего слоя постепенно увеличивается и активная поверхность испарения отступает вглубь куска рыбы. На поперечном разрезе куска рыбы во время сушки обычно хорошо различимы сухая поверхностная зона (матовая, пористая) и центральная влажная зона (по виду аналогичная сырой рыбе). Видимая на глаз зигзагообразная граница распределения «сухой» и «влажной» зоны показывает, что высыхание рыбы идет неравномерно по различным направлениям куска и связано, повидимому, со строением мышечной ткани рыбы (расположением мышечных волокон, септ и соединительной ткани). Для выявления характера процесса отделения влаги из рыбы был проведен следующий опыт. Два кусочка замороженного мяса трески в форме кубиков с длиной ребер 37 мм и весом около 50 г одновременно поместили в сушильный аппарат и сушили без подогревания один кусочек в течение 6, а другой—около 30 часов. По изъятии из сушилки кубики мяса разделяли на 3 части — поверхностный, промежуточный и центральный слой толщиной около 6 мм, которые исследовали на содержание влаги. Результаты этих анализов, приведенные в табл. 3, подтверждают визуальные наблюдения.

Таблица 3

Объект исследования	Вес до сушки в г	Длительность сушки в час.	Удалено влаги при сушке		Влажность мяса после сушки в %		
			в г	в % от исходного содержания	поверхностный слой	промежуточный слой	центральный слой
Кусок рыбы № 1	50,86	6	15,80	38,8	63,30	79,42	78,87
„ „ № 2	53,34	30	36,76	88,1	7,84	30,38	76,15

Наблюдения за изменением веса кусков рыбы во время сушки (см. рис. 1, 2, 3, 4) показали, что количество влаги, снимаемое с единицы поверхности куска рыбы (1 см²) в единицу времени (1 час), уменьшается по мере высыхания рыбы. Наблюдаемое снижение интенсивности сушки объясняется постепенным уменьшением величины активной поверхности испарения при отступлении ее вглубь куска рыбы. С увеличением размеров кусочков рыбы, а также отношения веса кусочков к их поверхности, длительность высушивания рыбы увеличивается. Опыты сушки кусочков рыбы равной длины и ширины (60×40 мм), но разной толщины (5, 10, 18 и 35 мм) показали, что длительность высыхания рыбы возрастает пропорционально увеличению толщины кусочков (см. рис. 1). С другой стороны наблюдалось сравнительно небольшое различие в длительности

сушки кусочков рыбы равной толщины, но различной длины и ширины (см. рис. 2). Так, при увеличении как длины, так и ширины кусочков в 2 раза, т. е. при увеличении площади кусочков в 4 раза, длительность высушивания рыбы увеличивалась всего в $1\frac{1}{2}$ раза.

Подвод тепла к замороженному мясу рыбы во время сушки значительно ускоряет процесс обезвоживания. В наших опытах с кусочками рыбы размером $60 \times 40 \times 10$ мм и $60 \times 40 \times 18$ мм повышение температуры окружающей рыбу среды от комнатной ($16-18^\circ$) до 50° уменьшало длительность высыхания рыбы в 2 раза, до 80° —в 3 раза, до 100° —в 4 раза и до 140° —почти в 6 раз (см. рис. 3, 4 и 5). Однако дальнейшее повышение температуры окружающей рыбу среды до $170-180^\circ$ не ускоряло высушивания, повидимому, в связи с частичным оттаиванием рыбы. Следует отметить, что вышеизложенные данные в отношении влияния подогревания на скорость высушивания рыбы относятся к опытам сушки рыбы, уложенной на металлическую сетку и равномерно обогреваемой со всех сторон, когда испарение влаги могло происходить практически со всей поверхности куска рыбы. При опыте укладки рыбы вместо сетки на металлический поднос и подогревания ее посредством электрической спирали, расположенной под подносом, длительность высушивания рыбы увеличилась в 1,3 раза, что объясняется уменьшением испаряющей поверхности кусочков рыбы при наложении на поднос (рис. 6).

На рис. 7 показаны результаты наблюдений, полученные в опытах сушки мяса охлажденного судака промышленной заготовки. При этом в одном случае кусочки рыбы перед сушкой предварительно замораживали в холодильном шкафу при минус 10° , а в другом случае сразу после вырезания из рыбы помещали в сушильный аппарат, где они быстро замораживались во время откачивания воздуха. Как видно из рис. 7 изменение веса и температуры рыбы во время сушки в обоих случаях происходило одинаково.

Необходимо отметить, что в наших опытах сушки мяса рыбы в замороженном состоянии под вакуумом (остаточное давление $0,5-1$ мм рт. ст.) при температуре окружающей рыбу среды от $16-20^\circ$ (сушка без подогревания рыбы) до 100° (сушка с подогреванием рыбы) температура в середине кусочков рыбы достигала 0° в то время, когда из рыбы было удалено около 90% всей влаги; удаление оставшихся примерно 10% влаги протекало уже при положительной температуре в рыбе.

При сушке в вакууме в замороженном состоянии кусочки рыбы хорошо сохраняют форму, но немного уменьшаются в размерах, причем несколько больше в направлении перпендикулярном расположению мышечных волокон (в среднем на 10%), чем в долевом (в среднем на 5%). В среднем объем высушенного мяса составлял около 85% объема мороженого мяса.

Высушенное мясо трески и судака представляло очень легкую по-

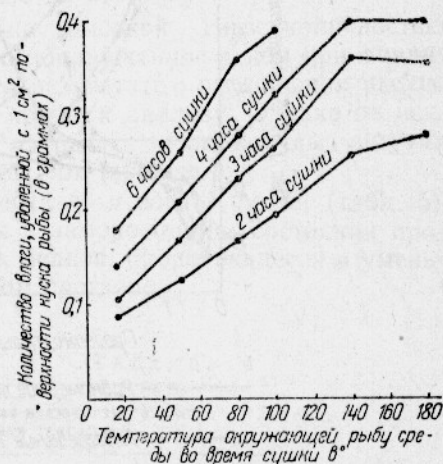


Рис. 5. Влияние температуры на интенсивность сушки кусочков мяса судака в замороженном состоянии под вакуумом. Размеры кусочков $60 \times 40 \times 10$ и $60 \times 40 \times 18$ мм.

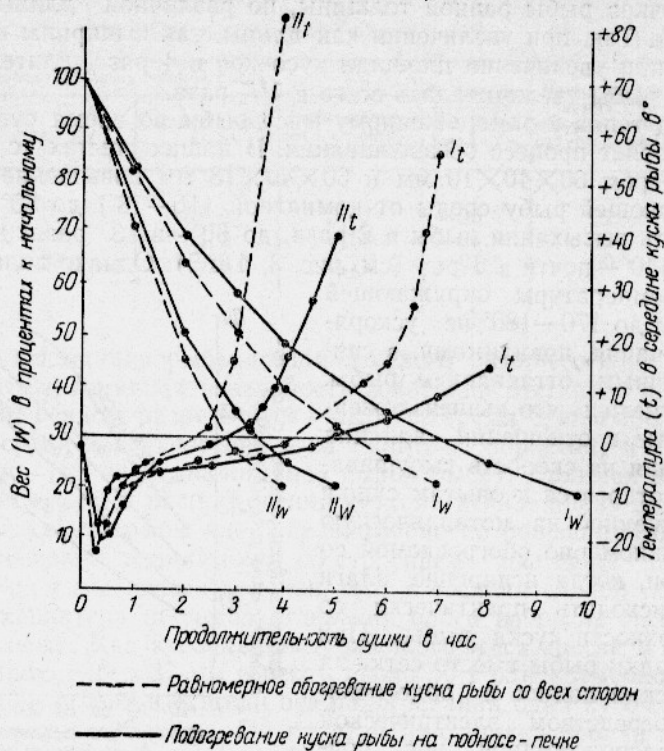


Рис. 6. Изменение веса и температуры кусочков мяса судака при различных способах подогревания его во время сушки при $95-100^{\circ}$:

I—кусочки $60 \times 40 \times 18$ мм; II—кусочки $60 \times 40 \times 10$ мм.

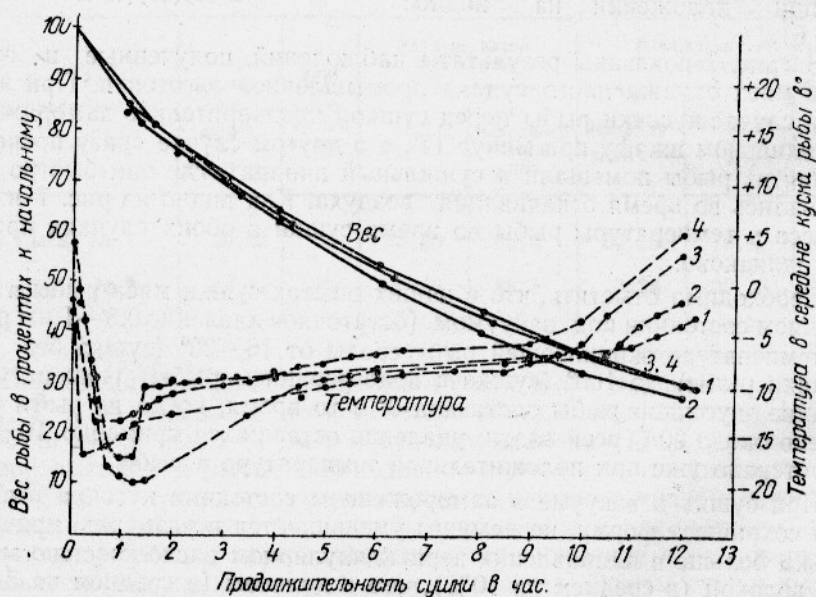


Рис. 7. Изменение веса и температуры кусочков мяса охлажденного судака при сушке под вакуумом без подогревания. Остаточное давление $0,5-1,0$ мм рт. ст.:

1 и 2—мясо перед сушкой не замораживали; 3 и 4—мясо перед сушкой заморожено при -10° .

ристую массу с волокнистым строением и имело слегка желтоватый цвет и слабый рыбный запах; при надавливании кусочки сухого мяса легко крошатся и разделяются на волокна. Плотность сухого мяса около 0,25.

Сопоставление величины потери веса рыбы при сушке с данными химического анализа показывает, что при сушке из мяса практически полностью удаляется влага. Так, для мяса мороженой трески с содержанием влаги 79,85% убыль веса при сушке составила в разных случаях от 79 до 81%, а для мяса судака с влажностью 78,5% соответственно от 78 до 79%. В то же время при анализе высушенного мяса всегда находили в нем небольшое количество влаги — от 5,6 до 6,8%¹.

Сушеное мясо обладает довольно высокой гигроскопичностью (табл. 4), а потому можно полагать, что обнаруженное в нем при анализе небольшое количество влаги является результатом поглощения рыбою влаги из воздуха во время подготовки пробы к анализу. Однако не исключена также возможность выделения из рыбы каких-нибудь летучих азотистых веществ во время сушки пробы при анализе.

Химическое исследование мяса трески до и после сушки (табл. 5) показало, что при обезвоживании рыбы в замороженном состоянии происходит некоторое изменение мышечных белков, проявляющееся в уменьшении их растворимости в воде и солевом растворе.

Таблица 4

Относительная влажность воздуха в %	Равновесная влажность сушеного мяса трески в %		
	11—13°	18—20°	35—36°
30	—	7,5	—
50	12,7	11,2	11,9
60	—	13,0	—
70	18,8	17,8	16,6
80	—	22,5	—

Таблица 5

Объект анализа	Содержание в рыбе в %					В % от общего азота		
	влага	жир	зола	общий азот (N)	белок (N×6,25)	содержащий азот	водорастворимый азот	небелковый азот
Мясо мороженой трески до сушки	79,85	1,25	1,23	2,92	18,25	34,6	27,7	10,9
То же, после сушки	6,41	2,59	6,11	14,50	90,62	23,6	24,4	9,9

Высушенная рыба обладала очень высокой способностью к восстановлению веса при замачивании в воде (рис. 8). Набухание сушеной рыбы в воде практически завершалось в течение 15—30 мин., причем при-

¹ Содержание влаги в мясе определяли высушиванием измельченной пробы при 100—105° до постоянного веса.

рост веса рыбы за это время составлял около 300%. Если учесть, что мясо мороженой трески до сушки содержало 79,8%, а судака — 78,5% влаги, то следует, что при набухании в течение 15—30 мин. сушеная рыба принимает обратно до 80% влаги, присущей исходному мороженому мясу.

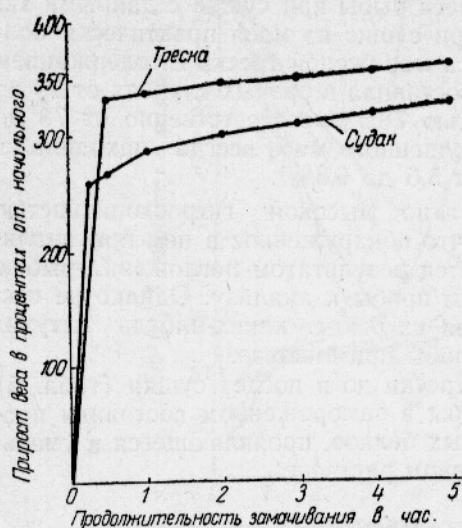


Рис. 8. Изменение веса мяса рыбы (трески и судака), высушенной под вакуумом в замороженном состоянии, при замачивании в воде.

При дальнейшем замачивании увеличение веса рыбы происходит очень медленно и через 5 часов замачивания прирост веса не превышал 330—360%. Это объясняется тем, что изменение веса рыбы во время замачивания обусловлено двумя противоположно действующими процессами, т. е., с одной стороны, происходит поглощение влаги рыбой, а с другой, — переход части азотистых веществ рыбы в воду. Как видно из табл. 6, при увеличении длительности пребывания сушеной рыбы (трески) в воде с 15—30 мин. до 5 часов количество переходящих в воду азотистых веществ заметно возрастало, в то время как влагосодержание рыбы почти не менялось.

При замачивании в воде кусочки сушеной рыбы немного увеличивались в объеме и достигали первоначальных размеров, т. е.

присущих им до сушки. По внешнему виду и консистенции набухшая рыба заметно не отличалась от контрольного образца размороженного мяса рыбы. При варке замоченного сушеного мяса трески и судака в подсоленной воде был получен бульон с хорошим рыбным вкусом и запахом. Кусочки отваренной сушеной рыбы имели нормальную плотную консистенцию, но по вкусу и аромату несколько уступали контрольным образцам отваренного мяса размороженной рыбы; отличие во вкусе состояло главным образом в ощущении некоторой суховатости и меньшей «клейкости» у рыбы, подвергавшейся сушке, что, возможно, зависело от излишне длительного ее замачивания и недостаточно совершенной кулинарной обработки.

Таблица 6

Температура воды в °C	Продолжительность замачивания	Прирост веса рыбы в % к исходному	Количество азотистых веществ, перешедших в воду		Содержание влаги в рыбе в %	
			% от общего азота сушеной рыбы	% от водорастворимого азота сушеной рыбы	рассчитано по приросту веса рыбы	найдено при анализе
0—1	15 мин.	299	3,7	15,2	76,5	76,1
	30 мин.	330	6,3	26,0	78,2	78,9
	2 часа	358	8,4	34,4	79,6	79,5
	5 часов	334	14,2	58,2	78,4	80,8
20—21	15 мин.	305	6,3	26,0	76,9	78,0
	30 мин.	318	7,8	31,9	77,6	78,0
	2 часа	323	10,3	42,1	77,9	78,4
	5 часов	311	14,9	61,0	77,2	81,2
	24 часа	338	17,0	69,8	78,6	83,1

Сушка рыбы при положительной температуре

Опыты проводились в основном с мясом мороженой трески, которое перед сушкой медленно размораживали при температуре около 0° (в холодильном шкафу). Вследствие особенностей мяса мороженой трески во время размораживания, а также при откачивании воздуха из сушильного аппарата из рыбы выделялось небольшое количество мышечного сока, что несомненно имело некоторое влияние на ход процесса обезвоживания и свойства сушеного мяса. Выделение мышечного сока из рыбы во всех опытах не могло быть учтено количественно, но, судя по отдельным наблюдениям в разных опытах, оно было примерно одинаковым.

Во всех случаях для сушки мясо рыбы разрезали на кусочки размером 60×40×20 мм и весом около 50 г. Сушку рыбы проводили в сушильном аппарате при остаточном давлении 6, 20, 50, 100, 200 и 360 мм и температуре окружающей рыбу среды 50, 65, 80 и 100°. Сушку рыбы без подогревания не проводили, так как ориентировочные наблюдения показали, что даже при минимальном давлении 6 мм она настолько длительна, что не может представлять практического интереса. Сушильный аппарат перед загрузкой рыбы предварительно нагревали до заданной температуры.

На рис. 9 показано наблюдавшееся изменение температуры и веса рыбы во время сушки при различном вакууме и подогревании рыбы.

Как видно из рис. 9, температура рыбы в процессе сушки обуславливается в основном величиной вакуума и не зависит от интенсивности подогревания окружающей рыбу среды. Так, удаление основной массы влаги из рыбы (около 75%) протекало при следующих температурах в середине куска рыбы:

Остаточное давление в мм рт. ст.	Температура в °C
6	3—4
20	22—23
50	40
100	50
200	54
360	55

Из рис. 9 видно также, что на продолжительность обезвоживания рыбы в большей степени влияет интенсивность подогревания, чем величина вакуума. Во всех случаях повышение температуры нагревания от 50 до 100° при постоянной величине остаточного давления вызывало пропорциональное уменьшение длительности высушивания рыбы. С другой стороны, понижение давления при постоянной температуре сушки лишь до известных пределов способствовало сокращению длительности сушки. Так, при температуре 100° понижение давления с 200—360 до 50 мм, т. е. в 4—7 раз, ускорило высушивание рыбы в 1,5 раза, а дальнейшее понижение давления до 20 мм почти не повлияло на продолжительность высушивания рыбы. Точно также при температуре 80° понижение давления с 50 до 20 мм, т. е. в 2,5 раза, сократило длительность сушки всего на 20—25%, а дальнейшее понижение до 6 мм практически не отразилось на скорости высушивания рыбы.

Сушка рыбы под вакуумом при положительной температуре, в отличие от сушки рыбы под вакуумом в замороженном состоянии, сопровождалась заметным сокращением объема (в 2—4 раза) и деформацией кусочков рыбы. При остаточном давлении от 6 до 20 мм сокращение размеров и деформация кусочков рыбы сравнительно невелики, но при остаточном давлении 50 мм и выше эти изменения весьма значительны, вследствие чего внешний вид сушеной рыбы сильно ухудшается.

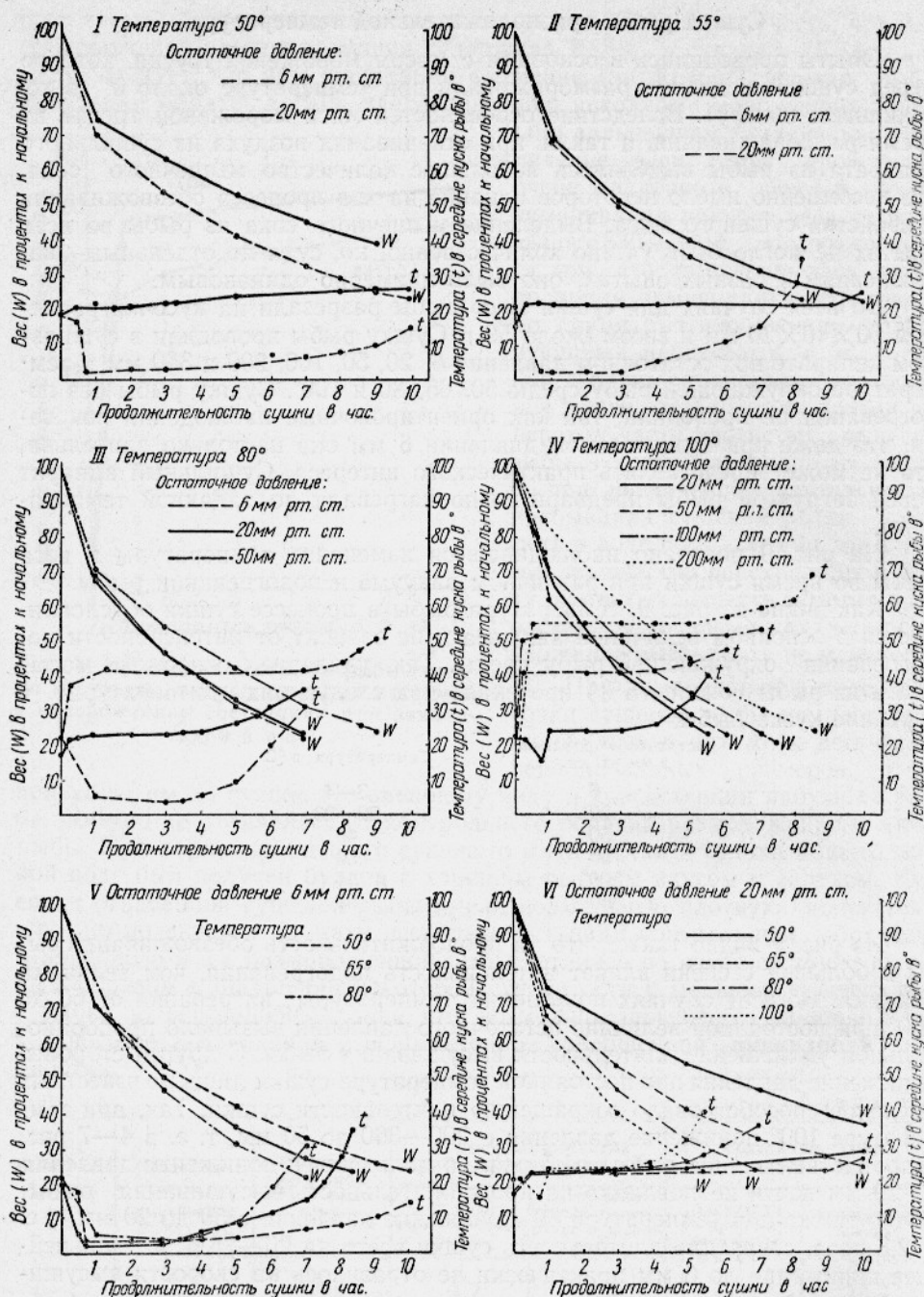


Рис. 9. Изменение веса и температуры кусочков мяса трески при сушке в зависимости от интенсивности нагревания и величины вакуума.

В процессе сушки рыба приобретала желтую окраску, которая была наиболее интенсивна у рыбы, высушенной при остаточном давлении свыше 100 мм. Консистенция у различных образцов высушенной рыбы различалась в зависимости от условий сушки. Мясо рыбы, высушенное при остаточном давлении 6 и 20 мм, было пористое и хрупкое, но все же за-

метно более плотное, чем мясо рыбы, высушенное в замороженном состоянии; мясо рыбы, высушенное при давлении 200 и 360 мм, было очень жесткое, на разрезе стекловидное и при резании раскалывалось на кусочки; мясо, высушенное при давлении 50 и 100 мм, занимало промежуточное положение.

Способность высушенной рыбы к набуханию при замачивании в воде оказалась различной и возрастала с увеличением вакуума при сушке.

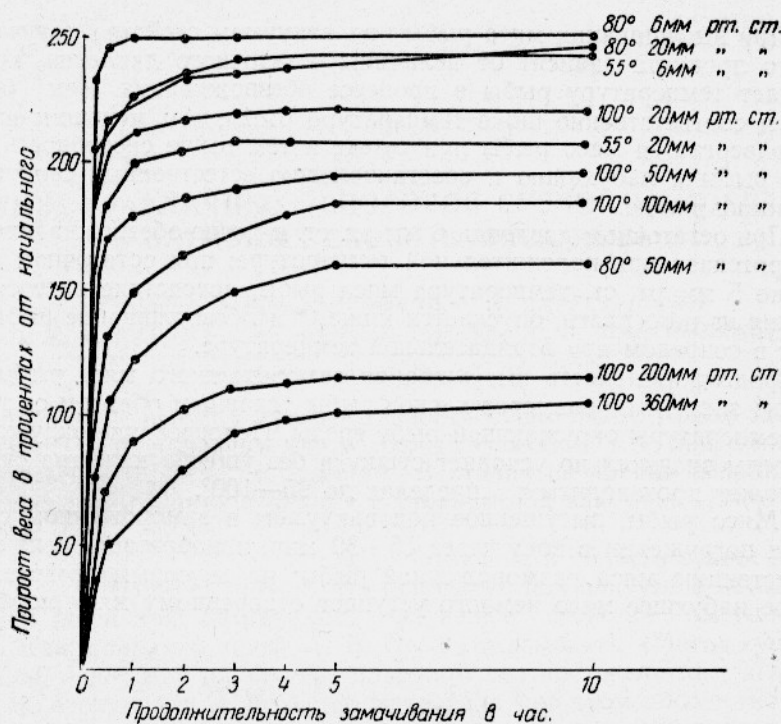


Рис. 10. Изменение веса мяса трески, высушенного под вакуумом при положительной температуре, при замачивании в воде.

Как видно из рис. 10, прирост веса рыбы при набухании колебался в следующих пределах (в % от веса сушеной рыбы):

Остаточное давление в мм рт. ст.	Прирост веса рыбы в %
6—20	200—250
50—100	160—200
200—360	120—130

При замачивании сушеной рыбы в воде окраска ее светлеет, но замоченной рыбы все же свойственен желтоватый оттенок, отличающий ее от мяса свежей и мороженой рыбы. Объем кусочков сушеной рыбы при замачивании в воде увеличивался в среднем в 2 раза, причем кусочки рыбы заметно восстанавливали первоначальную форму (до сушки). Консистенция рыбы после замачивания, в особенности высушенной при остаточном давлении более 20 мм, была значительно более плотной, чем у исходной рыбы перед сушкой.

Проведенное исследование образцов сушеного мяса позволяет заключить, что высушивание под вакуумом при положительной температу-

ре сопровождается существенным изменением свойств рыбы, причем степень изменения рыбы зависит от величины вакуума, определяющей температуру рыбы в процессе ее обезвоживания. Чем меньше остаточное давление, тем ниже температура рыбы в процессе сушки и соответственно выше качество сушеной рыбы.

ВЫВОДЫ

1. При высушивании мяса рыбы под вакуумом свойства получаемого сушеного продукта зависят от величины остаточного давления, которая определяет температуру рыбы в процессе обезвоживания. Чем больше вакуум и соответственно ниже температура рыбы, тем меньшим изменениям подвергается мясо рыбы при сушке и тем выше способность высушенной рыбы к набуханию и восстановлению естественных свойств при замачивании в воде.

2. При остаточном давлении 6 мм рт. ст. и выше обезвоживание мяса рыбы протекает при положительной температуре; при остаточном давлении ниже 5 мм рт. ст. температура мяса рыбы, вследствие интенсивного испарения из него влаги, опускается ниже 0° и обезвоживание рыбы происходит в основном при отрицательной температуре.

3. Продолжительность высушивания замороженного мяса рыбы под вакуумом зависит от размеров кусков рыбы (главным образом от толщины) и температуры окружающей рыбу среды. Подогревание окружающей рыбу среды значительно ускоряет сушку и без ущерба качества сушеной рыбы может производиться в пределах до $95-100^{\circ}$.

4. Мясо рыбы, высушенное под вакуумом в замороженном состоянии, при погружении в воду через 15—30 мин. приобретает внешний вид и консистенцию мяса размороженной рыбы; по вкусовым свойствам отваренное набухшее мясо немного уступает отваренному мясу мороженой рыбы.