

НАБУХАНИЕ МЯСА РЫБЫ В РАСТВОРАХ ПОВАРЕННОЙ СОЛИ

Кандидат технических наук И. Я. Клейменов

Лаборатория химического консервирования ВНИРО

В начале посола соль проникает из раствора в рыбу: а) при сухом способе — тотчас после образования первых капель раствора, б) при мокром (тузлучном) способе — с момента соприкосновения рыбы с раствором, в) при смешанном способе вверху чана — так же, как и при сухом способе посола, а внизу чана — как при мокром способе.

В дальнейшем, при посоле интенсивность проникновения соли в рыбу зависит в основном от концентрации солевого раствора, температуры среды и свежести рыбы.

При сухом способе посола вес рыбы, как правило, уменьшается. При посоле рыбы в слабых солевых растворах наблюдается увеличение ее веса, что обычно связывают с набуханием мяса рыбы.

Явление набухания имеет огромное значение в разных биологических процессах и играет большую роль во многих технических и технологических процессах. Набуханием называют такое явление, при котором тела, главным образом коллоидные вещества, не растворяются в воде и других жидкостях при обыкновенной температуре, а поглощают эти жидкости в весьма значительных количествах.

При набухании тело увеличивается в объеме и весе, эластичность его повышается. По этим признакам набухание отличают от простого впитывания жидкости пористым веществом. Набухание изменяет способность животных перепонки или перегородки растительных тканей к фильтрации, диффузии и осмосу. Содержание жидкости в тканях, обмен между клетками и пищевыми соками, объем и толщина клеток и капиллярных стенок, зависят от набухания белков, входящих в состав [12] тканей.

В большинстве исследований по посолу рыбы совершенно не освещен вопрос о набухании мяса рыбы; только в отдельных работах упоминается об этом весьма интересном явлении.

Еще в 1894 г. проф. Пель в статье «К вопросу о влиянии соли на продукты посола» указывал на набухание и пептонизацию белковых веществ в солевых растворах.

При посоле леща (24,45 и 25,20% соли к весу рыбы) происходило постепенное уменьшение влаги в рыбе (выраженное в процентах по отношению к мясу соленой рыбы), продолжающееся до какого-то момента, после которого содержание влаги в рыбе начинает увеличиваться. Этот момент увеличения влаги в рыбе относится к началу набухания, отмеченному на 11-й день посола при температуре 19—22°, на 13-й день —

при температуре около 12° и на 21-й день — при температуре около 3° [2].

При опытном посоле тюльки Л. П. Миндер [8] замечал некоторое ее набухание после того, как концентрация соли в тканевых соках рыбы сравнилась с концентрацией наружного солевого раствора.

О набухании рыбы писал В. Невтонов [10] в работе по динамике просаливания керченской и мурманской сельди.

При посоле мурманской сельди 18% соли к весу рыбы М. Булашевич [1] обнаружил в рыбе максимальную утечку, равную 14,3% на третьи сутки посола. В дальнейшем утечка сокращалась благодаря интенсивному набуханию рыбы.

И. П. Леванидов и А. М. Гаджибабабеков [5] также указывали на увеличение веса рыбы при посоле каспийской сельди в ненасыщенных тузлуках. При посоле рыбы в насыщенных тузлуках никакого увеличения влаги и соли в сельди во время посола и хранения они не наблюдали.

Эти авторы отмечали также, что при посоле в тузлуке пониженной концентрации при достаточно длительном сроке можно достигнуть не уменьшения, а увеличения веса соленой рыбы.

Набухание сельди при посоле в натуральных и искусственных тузлуках И. П. Леванидов и Т. И. Малиян [6] объясняли впитыванием протеинами мяса рыбы одновременно и воды и соли.

А. М. Драгунов [3] при посоле кусков белуги в насыщенных во все время посола тузлуках наблюдал после уменьшения некоторое увеличение веса рыбы.

А. Ф. Минеев [9], упоминая о набухании мяса сельди при посоле в тузлуке, концентрация которого была все время насыщенной, указывал, что рыба после максимальной потери влаги (на 11—14-й день) в дальнейшем увеличивалась в весе.

Почти все указанные авторы обращали внимание на набухание мяса рыбы при посоле, но детально изучением этого явления они не занимались.

В. А. Кузнецов [4], достаточно подробно остановившийся на набухании, в частности на процессе посола судака, пришел к заключению:

1) в солевом растворе с концентрацией до 21,5% соли мясо судака набухает. Максимальное набухание мяса рыбы наблюдается в растворе, содержащем около 10% соли. Величина предельного набухания мяса судака зависит от его свежести. В солевом растворе, близком к насыщению (выше 22%), вес рыбы уменьшается;

2) в солевых растворах, близких к насыщению, глобулины мяса судака высаливаются, вследствие чего в этих растворах оно не набухает.

Наблюдая за просаливанием кусочков мяса судака, В. Озолинг [11] определил максимальное набухание рыбы в 5%-ном растворе соли в то время, как максимальное просаливание происходило в 20%-ном растворе, когда интенсивность процесса набухания сильно понижалась. Полное отсутствие набухания мяса судака в растворах с высокой концентрацией соли он объяснял сильным изменением природы поверхностных тканей.

А. П. Миндер [7] в работе об изменении веса рыбы в растворах поваренной соли отметил влияние концентраций солевых растворов на интенсивность этого процесса.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Методика

Набухание мяса тощей (судак) и жирной (сельдь) рыбы определялось в растворах поваренной соли разной концентрации. Для этого из

филе судака после дефростации вырезали кусочки мяса с кожей, но без чешуи, по возможности одинакового размера и объема, весом 50—75 г каждый; сельди после дефростации разделявали на тушки (туловищная часть рыбы с позвоночником и кожей), весом 30—50 г каждый.

Кусочки судака выдерживали в растворах, содержащих 13,18; 16,50 и 26,40% соли и в дистиллированной воде; тушки из донской сельди выдерживали в растворах, содержащих 13,26, 16,48 и 26,40% соли; тушки из мурманской сельди выдерживали в растворах, содержащих 16,18 и 26,40% соли. Рыба находилась в леднике при температуре 6—8°; судак — до 12 суток, а сельди — до 14 суток.

В мясе свежей рыбы до посола определялось количество влаги и соли.

Посола рыбы производился в стеклянных банках с плотно завинчивающимися металлическими крышками. В предварительно взвешенную банку помещали один кусочек судака или две тушки сельди, затем банки с рыбой вновь взвешивали, с точностью до 0,1 г и рыбу заливали раствором поваренной соли объемом 125 мл (вес раствора в зависимости от концентрации был разный). Всего было поставлено девять серий опытов посола рыбы (по шесть-десять банок в серии).

Пробы для исследования отбирали последовательно, т. е. каждый раз брали отдельную банку с рыбой, которую в дальнейшем исключали из опыта. Отбор проб производился ежедневно (в некоторых случаях через двое-трое суток). Рыбу вынимали из солевого раствора, выдерживали над ним на воздухе в течение пяти минут. Влага с поверхности рыбы удалялась фильтровальной бумагой, после чего рыбу взвешивали с точностью до 0,1 г на технических весах. Затем кусочки судака (после снятия кожи) и тушки сельди (после удаления позвоночника и снятия кожи) пропускали через мясорубку. В рыбном фарше определяли количество влаги и соли, а в растворе — количество соли.

Результаты опытов

1. Динамика изменения веса рыбы в процессе посола показана в табл. 1.

Из приведенных в таблице цифр видно, что при выдерживании рыбы в растворе с 13,18; 13,25; 16,50; 16,48% соли и в дистиллированной воде вес ее увеличивается, а при выдерживании в растворе с 26,4% соли уменьшается по сравнению с весом свежей рыбы.

Таким образом, действие насыщенного и ненасыщенного солевого раствора на мясо рыбы в отношении изменения ее веса при посоле бывает различно.

Наибольшие колебания как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения веса наблюдаются в мясе судака, что объясняется, повидимому, особым строением тканей этой рыбы и, в первую очередь, незначительным содержанием в ней жира. Отсюда можно сделать вывод, что колебания в весе при посоле тощей рыбы могут быть большие, чем в мясе жирной рыбы. Это подтверждается также тем обстоятельством, что в мясе судака максимальное увеличение веса достигает 35—36%, а у сельдей — только 10,5%. Возможно, что на изменение веса рыбы оказывали влияние форма и поверхность (куски или тушки) и разделка рыбы, а также способ ее замораживания до посола.

Вес судака, выдержанного в растворах с 13,18 и 16,50% соли, увеличился почти одинаково; в донской сельди, выдержанной в растворе

соли меньшей концентрации, вес был несколько выше, чем в той же рыбе, выдержанной в растворе соли более высокой концентрации.

Следует отметить, что при посоле рыбы в насыщенном растворе соли заметное в начале уменьшение веса доходит до какого-то предела, затем наблюдается равновесие, а далее — некоторое увеличение веса. Равновесие у судака наступает через четверо суток, у донской сельди — через четверо-шесть суток и у мурманской сельди — через восемь-двенадцать суток.

В некоторых работах [1,10] выводы о набухании мяса рыбы делаются на основании изменения в процессе посола процентного содержания влаги без учета общих весовых изменений в рыбе.

Многие авторы рассматривают явление набухания, учитывая уже происшедшие изменения в химическом составе мяса рыбы (по влаге и соли), наряду с изменениями веса рыбы при посоле.

С нашей точки зрения, изучать явление набухания необходимо в тесной связи с динамикой изменения веса набухающей рыбы и с динамикой изменения ее химического состава. Определение изменений веса рыбы при посоле, на основании данных химического анализа, позволяет определить динамику изменений составных частей ее мяса (вода, соль и «плотный органический остаток»¹) в каждый данный момент посола.

Без определения весовых изменений анализируемого мяса рыбы не могут быть количественно установлены составляющие его ингредиенты, а без сравнения количества ингредиентов в разные моменты посола нельзя сделать правильные выводы о набухании. Сравнение же данных по химическому составу мяса рыбы (или его отдельных составных частей, например воды и соли) в разные периоды посола может дать только общее представление о происходящих в рыбе весовых изменениях.

2. Содержание воды и соли в мясе рыбы во все время посола (в процентах по разным сериям опытов) показано в табл. 2.

Цифры, приведенные в табл. 2, позволяют судить о характере соотношения воды и соли в мясе рыбы в процессе посола. Замечается разница в химическом составе рыбы, выдержанной в солевых растворах — насыщенном и более слабой концентрации; в первом растворе рыба поглощает соль и выделяет воду в больших количествах, чем во втором.

3. На основании данных об изменении веса рыбы* (табл. 1) и процентного содержания воды и соли (табл. 2) мы определяли (пересчетом) количество воды, соли и «плотного органического остатка» (в граммах) в рыбе в каждый определенный момент посола. Затем выясняли изменение веса каждой из указанных составных частей мяса рыбы, в граммах и в процентах к первоначальному (до посола) весу мяса свежей рыбы².

При выдерживании опытной рыбы в растворах, содержащих 13,18; 13,26; 16,48 и 16,50% соли, наблюдается проникновение воды из растворов в мясо судака в большем количестве, чем в мясо сельдей, при одинаковых условиях посола. При выдерживании рыбы в насыщенных растворах (26,4% соли) в некоторые моменты посола замечается большое выделение воды из мяса судака, чем из мяса сельдей.

Это еще раз подчеркивает своеобразие тканей мяса судака в отношении набухания.

Соль из растворов переходит как в мясо судака, так и в мясо сельдей без резких колебаний и отклонений из насыщенных растворов в большем

¹ Условно под «плотным органическим остатком» понимают все плотные вещества рыбы (азотистые, жировые и др.), кроме соли.

² Так как сельди просаливали тушками, то из веса тушек вычитали вес позвоночника, равный 5% у донской сельди и 6% у мурманской; остаток представлял вес мяса рыбы в виде филе.

количестве, чем из более слабых растворов. Во всех сериях посола в мясе рыбы наблюдается постоянное (за редким исключением) уменьшение «плотного органического остатка» вследствие потери рыбой азотистых и жировых веществ в количестве от 0,5 до 6%.

4. Из табл. 3 видно, что в мясе рыбы происходят существенные изменения в результате перемещения главным образом воды и соли.

Само по себе «общее набухание» не объясняет еще характера происшедших в рыбе изменений, связанных с увеличением ее веса, если не имеется ясного представления о сущности этих изменений.

Для удобства объяснения явления набухания в мясе рыбы в процессе посола мы вводим следующие термины:

Влагопоглощаемость¹ — отношение веса воды, поглощенной в процессе посола тканями мяса рыбы (в %), к первоначальному весу свежей рыбы. Влагопоглощаемость — это способность или свойство тканей рыбы (при определенных условиях посола) вбирать, впитывать в себя воду из окружающей рыбу жидкой среды. Влагопоглощаемость всегда будет характеризоваться увеличением, по сравнению с первоначальным, содержанием воды в мясе рыбы.

Свойство мяса рыбы при посоле выделять то или иное количество воды мы будем называть влагоотдачей. Влагоотдача представляет отношение веса воды, выделившейся из тканей мяса рыбы в процессе посола, к первоначальному весу свежей рыбы (в %).

Аналогично влагопоглощаемости будем применять и термин **солепоглощаемость**.

При посоле в растворах поваренной соли влагопоглощаемость и влагоотдача мяса судака гораздо больше, чем мяса донской и мурманской сельди. Так, мясо судака за восемь дней посола поглощает воды из раствора с 13,18% соли в четыре раза больше, а из раствора с 16,5% соли — в 14—15 раз больше, чем мясо донской сельди, не говоря уже о мясе мурманской сельди, которая, находясь в солевом растворе таких же концентраций, не поглощает, а выделяет воду. При выдерживании в насыщенном солевом растворе (26,4% соли) влагоотдача у мяса судака больше, чем у мяса сельдей.

Характерно, что в мясе судака в процессе посола в насыщенном солевом растворе сначала отмечается повышенная, а затем уменьшенная влагоотдача. Это указывает на некоторое поглощение воды мясом судака, что и отражается на уменьшении влагоотдачи. В небольшой степени эта тенденция к набуханию обнаруживается и у мяса сельдей, находившихся в растворе с 16,50% соли.

Цифровой материал по влагопоглощаемости и влагоотдаче в разных сериях посола рыбы приведен в табл. 4.

Из табл. 4 видно, что присутствие соли в растворах повышает влагопоглощаемость мяса рыбы, которая даже в первые дни посола (через одни-двое суток) больше у судака, выдержанного в растворе с 13,18% соли, чем у судака, выдержанного в дистиллированной воде, а в дальнейшем при посоле разница становится еще большей.

По данным В. А. Кузнецова [4], при опытном посоле судака в растворах соли разной концентрации, длившемся около двух месяцев, отмечены следующие изменения веса рыбы (табл. 5).

Из приведенной таблицы видно, что при посоле в растворах с 9,14—20,48% соли вес рыбы увеличивается, а при посоле в насыщенных солевых растворах — уменьшается; максимальное увеличение веса доходит до 52,09% (при выдерживании в растворе соли с 13,49%).

¹ Этот термин употребляется в отношении изменений количества влаги в мясе теплокровных животных [13].

Таблица 4

Общая набухаемость [1], влагопоглощаемость [2] и влагоотдача мяса рыбы при выдерживании в растворах поваренной соли разной концентрации (в %)

Название рыбы	Судак						Донская сельдь						Мурманская сельдь							
	13,18		16,50		26,40		дистиллированная вода		13,26		16,48		26,40		16,48		26,40			
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		
Концентрация раствора соли (в %)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Продолжительность посола (в сутках)	12,4	7,4	—	—	—	3,6	13,9	3,3	3,3	3,7	—	—	—	10,0	—	—	—	—	—	—
	19,2	12,4	15,5	10,7	6,7	18,9	5,1	5,1	4,8	0,7	2,6	2,6	2,6	5,2	10,4	4,0	4,0	2,1	4,3	—
	24,1	18,5	24,5	21,0	11,3	22,1	—	—	5,8	2,5	3,1	3,1	3,1	3,1	12,4	2,3	2,3	2,8	0,5	6,5
	—	—	—	—	0,0	12,0	—	—	—	—	—	—	—	—	2,2	8,2	1,3	0,5	4,2	—
	—	—	28,5	21,7	—	—	5,5	5,5	4,6	3,7	5,5	2,2	2,2	—	—	—	—	—	—	—
	29,5	23,9	33,5	26,7	—	—	8,1	6,1	7,7	5,8	6,5	1,1	1,1	—	0,7	7,4	2,9	1,9	5,5	—
	—	—	33,9	26,8	—	—	6,2	6,2	7,1	3,3	4,7	1,7	1,7	—	1,0	10,0	4,3	1,2	2,8	—
	35,5	29,3	36,3	—	9,9	4,3	7,3	7,3	10,5	7,0	7,0	1,7	1,7	—	2,1	13,1	4,1	2,2	1,5	—
	—	—	—	—	8,2	5,3	—	—	8,4	5,0	5,0	0,9	0,9	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	9,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	5,2	9,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7,2	0,5	—	—	—	0,2	8,4	5,2	0,2	0,0	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5,2	—	—	—	—	1,8	10,0	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5,2	0,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечание. Знак — (минус) перед цифрами обозначает влагоотдачу.

Таблица 5

Концентрация солевого раствора (в %)	Вес рыбы (в г)		Изменения в весе рыбы после посола (в % к весу свежей рыбы)	
	до посола	после посола	увеличение	уменьшение
9,14	99,21	146,24	47,42	—
9,30	116,60	134,70	19,81	—
11,80	111,80	144,60	29,34	—
13,49	100,60	153,00	52,09	—
14,65	93,60	122,60	31,00	—
14,89	95,65	136,14	42,33	—
17,40	99,10	126,10	27,30	—
18,44	94,80	131,74	38,97	—
20,27	94,64	119,02	26,63	—
20,48	90,80	110,40	15,80	—
24,23	105,20	94,00	—	10,46
24,50	117,50	120,70	—	3*12,60
26,40	96,80	89,37	—	7,68
18,44 (при pH—6,9)	94,80	131,74	38,97	—
18,44 (при pH—5,8)	96,04	131,35	36,76	—
18,44 (при pH—2,36)	95,90	84,91	—	11,38
Дистиллированная вода	95,90	99,90	4,17	—

При посоле в растворе с 18,44% соли (при разных pH) наблюдалось уменьшение веса рыбы, находившейся в растворе с pH 2,36 и, наоборот, увеличение воды в рыбе в растворах с более высоким pH.

В. А. Кузнецов обнаружил, что при опытном посоле в растворе с 21,34% соли мясо судака уменьшается в весе меньше, чем в растворе с 26,4% соли; кроме того, в первом растворе оно после четырех суток даже несколько увеличилось в весе.

Полученные нами цифры увеличения веса судака при посоле в растворе с 26,4% соли не расходятся с результатами указанных опытов.

При выдерживании рыбы в насыщенном солевом растворе (26,4% соли) мясо судака не только не набухает, обладая большой солепоглощаемостью, но выделяет из себя значительное количество воды в окружающий рыбу раствор. Максимальная влагоотдача, согласно нашим данным, доходила до 22,1% (у судака) при солепоглощаемости 13,6%; до 12,4% (у донской сельди) при солепоглощаемости 11,6% и до 14,6% (у мурманской сельди) при солепоглощаемости 10,7%. Высокие концентрации электролитов высаливают глобулины, вследствие чего коллоиды мяса рыбы теряют способность набухать.

Под действием осмотического давления соль, проникающая в рыбу через перегородки клеток, выжимает часть находящейся в рыбе воды в раствор, концентрация которого понижается.

Концентрация соли в 21,5%, по некоторым данным, является границей, отделяющей растворы, насыщающие рыбу водой, от растворов, поглощающих ее из рыбы.

По данным В. А. Кузнецова, общая набухаемость мяса судака, выдержанного около двух месяцев в растворе с 13,49% соли достигала 52,09%, в растворе с 17,40% соли — 27,3%, а в растворе с 18,44% соли — 38,97%.

Максимум общей набухаемости мяса донской и мурманской сельди (жирная рыба) не превышал 10,5%, при влагопоглощаемости 7%.

Общая набухаемость мяса судака при выдерживании в дистиллированной воде (в течение восьми суток) была равна 7,3%, а в растворе

с 13,8% — 35,5% (по Кузнецову, набухаемость мяса этой рыбы при выдерживании в дистиллированной воде равна 4,17%, а в растворе с 13,49% соли — 52,09%). Иными словами, действие на гели мяса судака такого электролита, как поваренная соль, увеличивает их способность поглощать воду из растворов. В этом случае мясо судака поглощает воду в 5—12 раз больше, чем из нейтрального раствора (дистиллированная вода). Но это относится только к ненасыщенным солевым растворам. По литературным данным, максимум набухания мяса судака наблюдается в растворах, содержащих не более 10—13% соли.

Большую амплитуду колебаний общей набухаемости и влагопоглощаемости мяса судака по сравнению с мясом донской и мурманской сельди, повидимому, нужно объяснить структурой строения тканей этого мяса, а в первую очередь — очень незначительным содержанием в нем жира.

Степень набухания мяса рыбы в какой-то мере зависит и от его свежести, так как известно, что гели коллоидов подвержены старению, при котором постепенно увердчивается не только способность к набуханию, но даже уменьшается способность к удерживанию связанной воды.

Выводы

1. Гидрофильность коллоидов мяса рыбы обусловлена свойством гелей поглощать воду при соприкосновении с ней, или же, при известных условиях, выделять ее. Мясо нежирной рыбы (судак) при выдерживании в растворах поваренной соли разных концентраций сильно набухает, увеличиваясь в весе, вследствие поглощения соли и воды из раствора.

В наших опытах, за восемь суток посола в растворах с 13,18 и 16,50% соли при температуре 6—8° влагопоглощаемость мяса судака доходила до 30% при максимуме общей набухаемости 35—36%.

2. Опыты посола рыбы в насыщенных солевых растворах показали, что через некоторое время от начала посола наступает равновесие, при котором рыба, будучи насыщена известным количеством соли, сохраняет первоначальный вес свежей рыбы.

3. Посол рыбы в солевых растворах (насыщенных) имеет известные преимущества перед сухим посолом, при котором практически нельзя консервировать рыбу без значительной потери влаги.

ЛИТЕРАТУРА

1. Булашевич М., Посол мурманской сельди, Журн. «За рыбную индустрию Севера» № 6, 1935.

2. Труды Научно-исследовательского института рыбного хозяйства, т. II, вып. 2, 1927, Изменения во время посола количественного содержания в рыбе и в тузлуке влаги и соли.

3. Драгунов А. М., «Приготовление малосолевых полуфабрикатов из осетровых для вялки и холодного копчения», 1939.

4. Кузнецов В. А., О некоторых физико-химических изменениях мяса судака при хранении последнего в растворах поваренной соли различной концентрации, 1934.

5. Леванидов И. П. и Гаджибабабеков А. М., Приготовление малосолевого пузанка и установление режима хранения готовой продукции, 1939.

6. Леванидов И. П. и Малиян Т. И., Биохимические свойства натуральных сельдевых тузлуков теплого посола, 1937.

7. Миндер Л. П., Изменения веса рыбы в растворах поваренной соли, Журн «Рыбное хозяйство» № 2, 1948.

8. Миндер Л. П., Посол тюльки. «Труды Всесоюзного научно-исследовательского института рыбной промышленности», т. III, 1934.

9. Минеев А. Ф., Разработка технологического процесса приготовления мало-солевой сельди Волго-Каспийского района и установление режима хранения готовой продукции, 1939.

10. Невтонов В., К вопросу о динамике посола рыбы, Журн. «Рыбное хозяйство СССР» № 10, 1936.

11. Озолинг В. X., Набухание мускульной ткани рыбы в растворах хлористого натрия при производстве филе. Труды ВНИРО, т. XIII, 1940.

12. Смородиццев И. А., Общая биохимия, 1934.

13. Яичников И. С., Бумажнов А. Д. и Любарт С. П., Влагопоглощаемость мяса. «Труды Московского зоотехнического института им. Молотова».