

К КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ХАРАКТЕРИСТИКЕ ЗАКОНЧЕННЫХ
ПОСОЛОВ

Канд. техн. наук И. П. ЛЕВАНДОВ

(Сахалинское отделение ТИНРО)

Диффузионно-осмотические процессы, протекающие при просаливании рыбы, характеризуются переносом воды и соли в системе рыба — тузлук. При законченных, нормальных посолах конец просаливания определяется моментом выравнивания содержания соли и воды в тканевом соке рыбы и тузлуке и установлением подвижного равновесия — сохранения постоянства в распределении воды и соли между рыбой и тузлуком. Количество воды, перемещающейся в процессе просаливания из тканей рыбы в тузлук, пропорционально начальному содержанию влаги в тканях и конечной концентрации (равновесной) соли в тканевом соке и тузлуке. Эта зависимость вытекает из существа явления переноса и находится в полном соответствии с практикой посола. Допустим

W — начальное содержание воды в тканях рыбы (в %);

W_1 — конечное содержание воды в тканях (в % к весу рыбы до посола);

W_2 — количество воды, перенесенное (переместившееся) из тканей рыбы в тузлук (в % к весу рыбы до посола);

c — концентрация соли в тканевом соке и тузлуке в конце просаливания (в %);

K_1 и K_2 — коэффициенты пропорциональности.

Тогда:

$$W_2 = K_1 W c; \quad (1)$$

$$W_1 = W - W_2 = W - K_1 W c = W(1 - K_1 c). \quad (2)$$

Если количество воды, переносимое из тканей рыбы в тузлук, пропорционально концентрации соли, то очевидно, что количество воды, остающееся в тканях, обратно пропорционально концентрации соли

$$W_1 = \frac{W}{c} K_2. \quad (3)$$

Формулы (2) и (3) подтверждают хорошо известное из практики посола положение, что при одной и той же дозе соли (дозой соли определяется равновесная концентрация ее в тканевом соке и тузлуке в конце просаливания) в тканях остается тем больше воды, чем больше было начальное содержание ее.

Прежде чем перейти к проверке выведенных формул применительно к посолу¹, необходимо сделать замечание, относящееся к ненасыщенным

¹ Содержание статьи и выведенные закономерности справедливы для обычных посолов, с предельной или близкой к предельной концентрацией соли в окружающем рыбу тузлуке в начале просаливания и не ниже 10% в конце просаливания.

посолам. При последних трудно зафиксировать точное содержание воды и соли в тканях, соответствующее моменту выравнивания концентрации соли в тканевом соке и тузлуке. В ряде случаев еще до выравнивания отмечается впитывание тканями тузлука, не связанное с явлениями переноса, нарушающее подвижное равновесие и изменяющее соотношения между водой в тканях и тузлуке. Этот процесс в большей или меньшей степени сказывается на точности вычислений, особенно в тех случаях, когда продолжительность посола значительно больше, чем требуется для завершения собственно просаливания.

В табл. 1 приведены значения коэффициентов пропорциональности для соленой тихоокеанской сельди и ряда других рыб. С учетом сделанного выше замечания, в пределах обычных дозировок соли при посоле коэффициент K_1 не зависит от величины последних и от начального содержания воды в тканях рыбы.

Что касается коэффициента K_2 , то, как следует из формул (2) и (3), он зависит от c : $K_2=c(1-K_1c)$, и при среднем значении $K_1=0,017$ для c от 15 до 25% колеблется от 11,2 до 14,4. Постоянство K_1 позволяет считать формулы (1), (2) и (3) вполне приложимыми для законченных посолов, вне зависимости от вида рыбы и способов посола (кроме посола со стекающим тузлуком, при котором просаливание имеет ряд особенностей).

Наибольшие отклонения от вероятных значений коэффициентов получены в тех случаях, когда рыба хранилась в рыбосолевой посуде после окончания собственно просаливания в течение многих месяцев или когда к моменту окончания просаливания, наряду с явлением переноса, протекало и впитывание — абсорбция — тузлука тканями. В наименьшей степени на точности вычислений сказывается и однородность образцов, подвергающихся анализу, и правильное определение начального и конечного водосодержания тканей, а также и равновесной концентрации соли.

Вычисленные средние значения коэффициентов не претендуют на абсолютную точность, так как основаны на ограниченном фактическом экспериментальном материале и в будущем должны быть тщательно проверены и уточнены.

Следует отметить, что момент окончания просаливания не совпадает с моментом наименьшего содержания воды в тканях рыбы или, другими словами, с моментом наибольшего переноса воды из тканей в тузлук. Внося поправки в численные значения коэффициентов пропорциональности, можно распространить формулы (2) и (3) для вычисления и наименьшего содержания воды в тканях в процессе просаливания.

Формулы (2) и (3) позволяют обнаружить наличие и других зависимостей от начального водосодержания в тканях рыбы и равновесной концентрации соли в конце просаливания.

Концентрацию соли в тканевом соке или тузлуке обычно вычисляют, исходя из предположения, что в состав их входят соль и вода. Такое предположение несколько условно, так как в действительности в состав их входят и ряд других веществ, в том числе и органических. Но вследствие того, что тканевый сок как таковой не выделяется и не анализируется, пользование для сравнительных целей вычисленной концентрацией соли допустимо и к большим погрешностям не ведет.

Для вычисления содержания соли в тканях рыбы в конце просаливания воспользуемся следующей формулой для подсчета концентрации соли в тканевом соке:

$$c = \frac{S_1}{S_1 + W_1} 100 = \frac{S'_1}{S'_1 + W'_1} 100, \quad (4)$$

где S'_1 и W'_1 — содержание соли и воды в тканях рыбы в процентах к

Вид рыбы	Объект исследования	Продолжительность посола в сутках	W	W ₁ ¹	W ₁	c	K ₁	K ₂	Чьи данные
Сельдь донская	Мясо	60	68,80	46,63	40,10	24,20	0,0172	14,10	А. Ф. Швецов [5]
Судак	Мясо	13	81,54	56,30	43,00	25,70	0,0182	13,55	То же
Салака	Рыба целиком	4	78,00	57,50	47,15*	23,30	0,0170	14,09	Н. А. Семенов [3]
Сельдь керченская	Мясо	30	66,15	48,70	42,80	20,80	0,0170	13,46	С. И. Гакичко [2]
Сельдь беломорская	Мясо	8	68,37	53,50	48,00	17,08	0,0167	12,50	То же
Лещ	Мясо	21	77,50	53,90	43,20	25,00	0,0177	13,93	То же
Сельдь каспийская	Рыба целиком	175	69,50	49,00	42,60*	24,50	0,0158	15,03	М. И. Турпаев [4]
"	"	160	70,10	47,50	39,00*	25,30	0,0179	14,72	То же
Морской окунь	Мясо	15	72,22	57,10	50,54	16,80	0,0178	11,75	Л. А. Абашкина [1]
Треска	Филе	23	83,04	63,76	55,10*	20,46	0,0164	13,58	Данные автора
Сельдь тихоокеанская	Мясо	—	70,80	56,57	50,35	17,34	0,0166	12,33	То же
"	"	—	75,80	58,40	49,25	19,75	0,0174	12,82	То же
"	"	—	72,00	49,30	40,46	25,10	0,0174	14,09	То же
"	"	—	74,80	53,30	42,95	25,45	0,0164	14,59	То же
Килька каспийская	Рыба целиком	3	69,80	53,77	47,00*	17,84	0,0183	12,02	Р. А. Харькова**
"	"	3	69,30	50,40	43,55*	21,90	0,0174	13,77	То же**
						Среднее	0,017		

* Пересчет воды в соленой рыбе к весу свежей рыбы проводился по формуле $W_1 = \frac{W_1 g^1}{100}$, где g —выход соленой рыбы. В остальных случаях пересчет производился по формуле $W_1 = W_1 \frac{f_1}{f_2}$, где f_1 и f_2 —содержание органического плотного остатка в свежей и соленой рыбе соответственно, W_1^1 —содержание воды в процентах к соленой рыбе.

** Рукописный фонд Азербайджанского отделения Каспниро.

весу соленой рыбы, а S_1 и W_1 — соответственно к весу рыбы до посола. Заменяя W_1 на равное ему $W(1 - K_1c)$, имеем

$$c = \frac{100 S_1}{S_1 + W(1 - K_1c)}. \quad (4a)$$

После незначительных преобразований получаем для вычисления S_1 формулу

$$S_1 = \frac{c W(1 - K_1c)}{100 - c}. \quad (5)$$

Из формулы (5) следует, что количество перенесенной из тузлука в ткани соли тем больше, чем больше начальное водосодержание тканей и равновесная концентрация соли в конце посола.

Результаты вычислений по формуле (5) вполне удовлетворительно совпадают с непосредственными данными, полученными путем анализа образцов рыбы в конце просаливания.

Конец просаливания характеризуется подвижным равновесием, при котором относительное и абсолютное содержание воды и соли в тканях рыбы и тузлуке сохраняется на одном уровне. Наличие постоянства в распределении воды позволяет определить зависимость между начальным и конечным водосодержанием тканей рыбы для конца просаливания. Из формулы (2) следует, что

$$\frac{W_1}{W} = 1 - K_1c. \quad (6)$$

Выраженная формулой (6) зависимость показывает, что отношение между конечным и начальным содержанием воды в тканях зависит только от равновесной концентрации соли — чем больше последняя, тем меньше отношение. При среднем значении K_1 , равном 0,017, величина отношения $W_1 : W$ в интервале равновесных концентраций соли (c) от 10 до 25% колеблется от 0,83 до 0,54.

Подставляя в формулу (6) вместо W равную ей сумму $W_1 + W_2$ и произведя необходимые преобразования, получаем следующую формулу для распределения воды между тканями рыбы и тузлуком:

$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{1 - K_1c}{K_1c}. \quad (7)$$

Формула (7) показывает, что распределение воды в системе рыба — тузлук также зависит от величины равновесной концентрации соли: чем больше последняя, тем меньше отношение, тем меньше остается воды в тканях рыбы и тем больше переносится ее в тузлук. При тех же значениях K_1 и c , какие приняты при вычислении $W_1 : W$, отношение $W_1 : W_2$ колеблется от 4,9 до 1,2, то есть большая часть воды всегда остается в тканях рыбы.

Переходим к определению зависимости величины потерь веса рыбы при посоле от начального водосодержания и конечной концентрации соли. Зная процентное содержание воды и соли в тканях рыбы в конце просаливания, отнесенное к весу сырья, и принимая, что количество органических веществ остается постоянным (при коротких сроках посола потери органических веществ по отношению к весу сырья не превышают 0,5%), составим формулу, аналогичную формуле М. И. Турпаева [4], связывающую состав и вес рыбы после просаливания,

$$W(1 - K_1c) + \frac{Wc(1 - K_1c)}{100 - c} + (100 - W) = 100 - q.$$

После преобразований получаем для вычисления величины потери веса рыбы q следующую формулу:

$$q = \frac{Wc(100K_1 - 1)}{100 - c} \quad (8)$$

Для вычисления потерь может быть применена и такая формула:

$$q = \frac{W(100c - 100K_2 - c^2)}{c(100 - c)} \quad (9)$$

вывод которой производится на основе формулы (3).

Формула (8), как и формула (9), показывает, что потери в весе рыбы в конце просаливания пропорциональны начальному водосодержанию и равновесной концентрации соли. Отметим, что к концу просаливания потери в весе имеют несколько меньшую величину, чем в процессе просаливания. Это объясняется тем, что перенос воды из тканей в тузлук заканчивается раньше окончания просаливания, в то время как перенос соли из тузлука в ткани продолжается до конца просаливания. При ненасыщенных посолах увеличение веса к концу просаливания вызывается и впитыванием тканями тузлука. Часто встречающиеся несовпадения в определении потерь веса у одной и той же рыбы и при одинаковых условиях посола в большинстве случаев объясняются недостаточным учетом влияния указанных факторов. Даже при определении потерь в весе рыбы при насыщенном посоле необходимо учитывать, что в последней фазе просаливания происходит перенос воды из тузлука в ткани, который повышает эффективность увеличения веса под влиянием накапливающегося в тканях хлористого натрия. Поэтому очень важно при определении потерь точно фиксировать стадию просаливания и устанавливать, насколько различны величины концентраций соли в тканевом соке и тузлуке.

Потери в весе, вычисленные по формулам (8) или (9), как уже указывалось выше, не учитывают некоторого количества органических веществ тканей рыбы, растворяющихся в тузлуке (до 0,5% к весу рыбы или тканей рыбы до посола). Сумма тех и других потерь является показателем, характеризующим изменение веса рыбы под влиянием только концентрации соли в тузлуке и некоторых условий посола, например температуры. Естественно, что в нее не включаются различного рода механические потери, имеющие место при посоле: сбой чешуи, срывы тканей рыбы, выдавливание половых продуктов и внутренностей и т.д. Технологические потери учитывают только потери первого рода, представляющие собой разность между количествами перенесенных из тканей рыбы воды и органических веществ и поглощенной ими солью. Производственные же потери суммируют как технологические, так и механические потери и являются показателем состояния производственного процесса, а не только процесса просаливания.

Подставляя в формулу (8) соответствующие численные значения для K_1 и K_2 и принимая среднее содержание воды в тканях тихоокеанской сельди равным 70%, находим, что при законченных посолах, в конце просаливания, технологические потери для основных групп солевой сельди должны быть в следующих пределах:

крепосоленной (c от 20 до 25%)	12,2—16,3%
среднесоленной (c от 15 до 20%)	8,7—12,2%
слабосоленной (c от 10 до 15%)	5,4—8,7%

При среднем содержании воды 75% размер технологических потерь соответствующим образом увеличивается и для тех же групп равняется

крепосоленной	13,1—17,5%
среднесоленной	9,2—13,1%
слабосоленной	5,8—9,2%

Соответствуют ли эти величины потерь действительным технологическим потерям? Имеющиеся в нашем распоряжении данные показывают, что они близки к реально определяемым величинам в экспериментальных условиях, когда недоучтенные механические потери доведены до минимума и представляют главным образом чешую, перемешанную с нерастворившейся солью. В табл. 2 приведены соответствующие данные для тихоокеанской сельди и других рыб.

Таблица 2

Наименование рыбы	W	c	W ₁	S	Потери (q)	
					полученные вычислением	фактические
Сельдь тихоокеанская	70,80	17,34	56,57	10,60	10,4	13,6*
" " "	75,80	19,75	58,37	13,26	13,0	13,6
" " "	74,80	25,45	53,35	16,45	17,0	17,0
Треска (филе)	83,04	20,46	63,76	16,42	14,9	13,5**
Салака	78,00	23,10	57,50	17,20	16,4	16,8
Килька	69,30	21,90	50,40	43,55	13,6	13,9

* Посол прерван до окончания просаливания.
 ** Посол закончен после окончания просаливания.

Подчеркнем еще раз, что формула (8) справедлива только для конца просаливания. При более раннем или более позднем окончании посола, как это показано в табл. 2, фактические технологические потери будут больше или меньше вычисленных. Сделанное ранее замечание о том, что максимум переноса воды из тканей не совпадает с концом просаливания, подтверждает лишний раз, что прерванные посолы не обязательно сопровождаются снижением технологических потерь. В ходе просаливания сначала наблюдается нарастание технологических потерь, максимум которых приходится на момент окончания переноса воды. При дальнейшем просаливании технологические потери уменьшаются, так как, даже не учитывая обратного переноса воды из тузлука в ткани или начинающегося впитывания последнего (при ненасыщенных посолах), продолжающаяся диффузия хлористого натрия в ткани рыбы увеличивает содержание соли в последних, а следовательно, и вес тканей рыбы. Наблюдения показывают, что при насыщенном посоле весенней тихоокеанской сельди наибольшие потери падают на тот период, когда содержание соли в мясе соответствует нормам среднесоленой сельди.

Приложимость формулы (8) для определения размера потерь при просаливании ограничена и полученные результаты справедливы только для конца просаливания. В этом ее недостаток. Формула М. И. Турпаева [4] имеет более универсальное значение, но требует знания не только состава сырья, но и готовой продукции. В момент окончания просаливания технологические потери, вычисленные по формуле (8) и формуле М. И. Турпаева, имеют одну и ту же величину.

Основываясь на формуле (8), вычислим выход готовой продукции. В процентах к весу сырья выход будет равен

$$g = \frac{100(100 - c) - Wc(100 K_1 - 1)}{100 - c} \quad (10)$$

Зная содержание воды и соли в тканях в расчете на вес свежей рыбы (формулы 2 и 5), а также выход готовой продукции, находим фор-

мулы, позволяющие вычислять содержание воды и соли в процентах к весу соленой рыбы.

$$W'_1 = \frac{100 W (1 - K_1 c) (100 - c)}{100 (100 - c) - W c (100 K_1 - 1)} \quad (11)$$

$$S'_1 = \frac{100 c W (1 - K_1 c)}{100 (100 - c) - W c (100 K_1 - 1)} \quad (12)$$

При выводе количественных зависимостей, характеризующих законченные посолы и, в частности, перенос воды из тканей в тузлук, мы не рассматривали влияния температуры. Известно, что продолжительность просаливания зависит от температуры. Отмечается также, что с повышением температуры увеличивается количество воды, переносимой из тканей рыбы в тузлук; конечное содержание воды в рыбе, при одной и той же равновесной концентрации соли, тем меньше, чем выше температура посола. Но при большем переносе воды из тканей в тузлук требуется меньше соли, чтобы насытить остающуюся в тканях воду до требуемой равновесной концентрации соли, то есть, другими словами, увеличение температуры просаливания вызывает уменьшение переноса соли в ткани.

Совокупность количественных изменений в переносе воды и соли обусловливает зависимость величины технологических потерь от температуры просаливания. Однако, если в общих чертах известны причины влияния температуры на изменение количества переносимых в процессе просаливания воды и соли, то количественно это влияние не оценено и каких-либо температурных поправок не имеется. Задача ближайшего будущего заключается в нахождении температурной поправки и внесения ее в формулы (1—12). Из имеющихся данных можно предварительно сделать заключение, что в интервале температур 0° — 10° влияние температуры будет весьма невелико.

Широкое внедрение во все звенья рыбной промышленности холода позволяет начать уже в текущей пятилетке замену прерванных насыщенных посолов при приготовлении слабо- и среднесоленой рыбы законченными посолами разной степени насыщенности. В конце просаливания законченные посолы будут характеризоваться одинаковой концентрацией соли в тканевом соке и тузлуке. Приведенные нами закономерности для законченных посолов могут быть использованы для получения продукции с заданными заранее количественными показателями и для контроля процесса просаливания.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. А б а ш к и н а Л. А., Влияние условий заготовки соленого полуфабриката на качество копченых балыков из морского окуня, Труды ВНИРО, т. XXIX, Пищепромиздат, 1954.
2. Поваренная соль в рыбной промышленности, Труды НИРХ, т. II, вып. 2, Москва, 1927.
3. Семенов Н. А. и Макарова А. П., Ход просаливания при бочковом посоле салаки, «Рыбное хозяйство», 1953, № 7.
4. Турпаев М. И., Теория и практика посола сельди в Астрахани, Химтежиздат, 1926.
5. Швецов А. Ф., Количественные изменения азота белковых фракций в мясе рыбы при посоле и хранении, Труды ВНИРО, т. XXIII, Пищепромиздат, 1952.