Научные основы посола мяса и рыбы

Посол – это комплекс операций по консервированию рыбы поваренной солью, в результате которых происходят сложные массообменные и биохимические процессы в тканях рыбы.

Посол характеризуется:

- продолжительностью процесса;
- способом посола;
- степенью насыщенности солью;
- температурой, при которой происходит процесс;
- степенью завершенности.

Дополнительно посол может быть классифицирован по типу используемых емкостей:

- ящичный;
- бочковой;
- баночный;
- контейнерный
- чановый.

Классификация рыбной продукции по содержащейся в ней массовой доле соли

Группа продукции	Граничные значения массовой доли соли	Виды продукции
Несоленая	до 1	Диетические продукты
Продукты вкусового посола	1…3	Консервы, кулинария
Малосоленая	3…6	Пресервы, соленая, копченая, пресносушеная
Слабосоленая	6…8	Пресервы, соленая, копченая
Среднесоленая	8…12	Соленая, копченая, вяленая
Крепкосоленая	выше 12	Соленая рыба для производства солено-сушеной продукции

Соленость продукции определяется по формуле $$S = \frac{m_c}{m_p} \times 100$$

$$C = \frac{100 \times S}{S + W}$$

Концентрация соли в тканевом соке продукции $$C = \frac{m_c}{m_{p-pa}} \times 100$$

Свойства поваренной соли и их влияние на процесс посола

Классификация соли по способу добычи:

- самосадочная;
- выварочная;
- каменная.

Классификация соли по крупности помола: 0, 1, 2, 3.

Допустимые нормы примесей в поваренной соли

Ca^{2+}	Mg^{2+}	SO_4^{2-}	Нерастворимые примеси
1. Для крепкого посола рыбы			
0,5	0,1	1,0	0,5
2. Для слабого и среднего посолов			
0,5	0,1	1,0	0,5
3. Для пряного посола			
0,3	0,06	0,3	0,1

Отрицательно влияют на качество соленой рыбы ионы металлов с переменной валентностью, особенно Fe и Cu.

Основные консервирующие факторы поваренной соли:

- плазмолиз бактериальной клетки;
- денатурация белков протоплазмы микробной клетки;
- блокирование хлористым натрием молекул тканей белка.

Большинство видов микрофлоры, вызывающей порчу, обычно погибает при концентрации соли выше 6…8 % (по сырой массе рыбы), однако медленно растущая группа бактерий может успешно развиваться в диапазоне концентраций соли 6…12 %. Галофильные бактерии продолжают размножаться даже при концентрации соли от 12 до 13 %. Только крепкий посол (>14 % соли) ограничивает развитие всей микрофлоры.

Факторы, влияющие на концентрацию соли в рыбе при посоле:

$C = f\ (\tau, X, D, C_p)$,

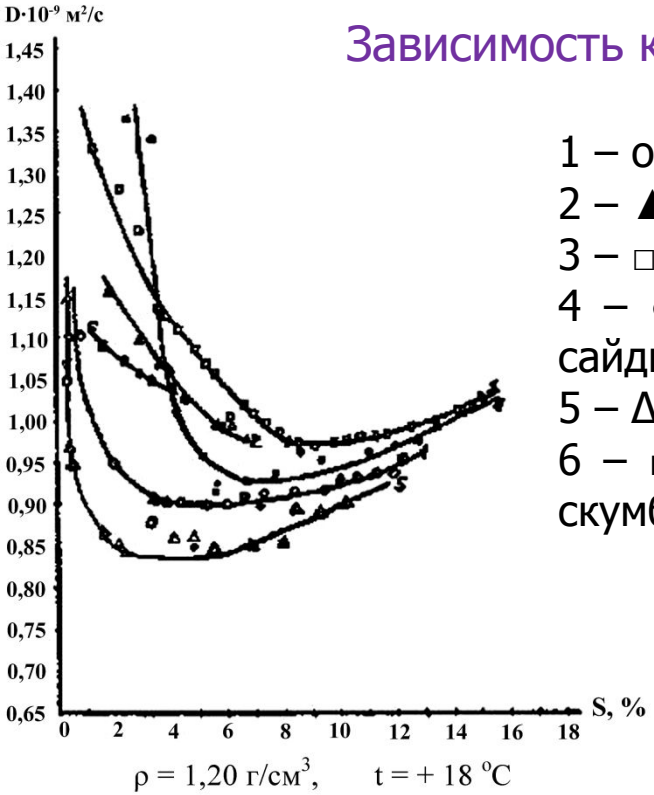
где C – концентрация соли в рыбе, %;

τ – время просаливания, с;

X – характеристический размер рыбы, (полутолщина) м;

D – коэффициент диффузии соли, $м^2/с$;

C_p – концентрация раствора соли, окружающего рыбу, %.



Зависимость коэффициента диффузии D от солености рыбы

1 – о – изменение коэффициентов диффузии в мясе угря;
2 – ▲ – изменение коэффициентов диффузии в мясе мойвы;
3 – □ – изменение коэффициентов диффузии в мясе путассу;
4 – ● – изменение коэффициентов диффузии в мясе филе сайды;
5 – Δ – изменение коэффициентов диффузии в мясе окуня;
6 – ■ – изменение коэффициентов диффузии в мясе филе скумбрии

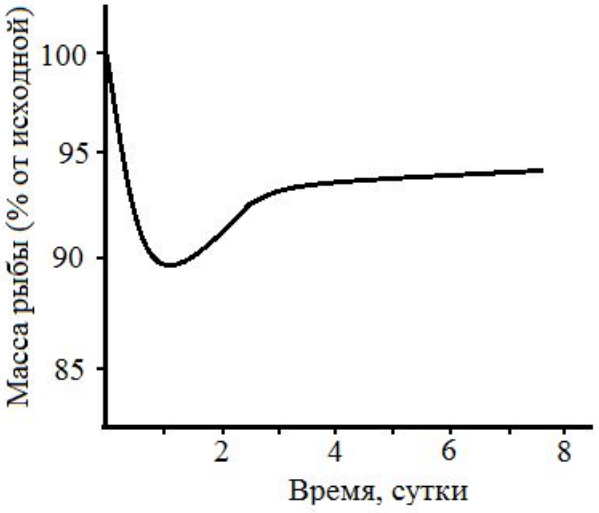
Уменьшение величины коэффициента диффузии при солености рыбы от 0,5 до 6% связано с увеличением гидратированности белков и уменьшение эффективной площади, на которой происходит диффузия

$$D = \xi \cdot (0{,}66 - 0{,}003Ж + 0{,}02t) \cdot 10^{-9}, \ м^2/с$$

где Ж – жирность рыбы, %;
t – температура тузлука, °С;
ξ – коэффициент, учитывающий изменение диффузионных свойств рыбы по мере просаливания.
Если посол ведется до солености $S_н$ <4,5 % для жирных и средней жирности видов рыб или до $S_н$ < 7,5 % для тощих видов рыб, то ξ ≈ 1. При повышении указанных соленостей коэффициент принимают равным 0,91.

Факторы, влияющие на изменения массы и объема рыбы при посоле:

- химический состав (жирность) рыбы;
- крепость тузлука и температура посола;
- способ и техника посола;
- механические воздействия, оказываемые на рыбу в процессе посола;
- качество сырья и качество используемой соли.



Основные факторы, влияющие на скорость просаливания рыбы

- удельная поверхность и химический состав рыбы;
- концентрация соли в наружном тузлуке;
- температура процесса;
- размер кристаллов и качество поваренной соли.

Продолжительность просаливания рыбы

$$\tau = \frac{wB^2}{8D} \ln\left(\frac{aC_p}{aC_p - C}\right)$$

где w – содержание влаги в долях единицы;

B – приведенная толщина рыбы;

D – коэффициент диффузии соли, $м^2/с$

a – коэффициент, учитывающий уменьшение концентрации тузлука в пограничном слое у поверхности рыбы;

C_p, C – концентрация соли в тузлуке и тканевом соке рыбы соответственно, %;

Научные основы сушки рыбы

Формы и энергия связи воды с материалом

Согласно широко распространенной классификации форм связи воды с материалом, предложенной П.А.Ребиндером, различают химическую, физико-химическую и механическую формы связи воды.

Химическая форма связи является наиболее прочной; она влияет на химическую природу вещества и нарушается с большим трудом, например при прокаливании. При обычной тепловой сушке рыбы связанная вода не удаляется, так как обладает наибольшей энергией связи с материалом.

Физико-химическая форма связи менее прочна; она обеспечивается адсорбцией (присутствием в структурах гелей) и осмосом.

Адсорбционно-связанная вода - это вода, связывание которой происходит за счет большой поверхности и свободной поверхностной энергии коллоидных тел, характеризующихся высокой дисперсностью частиц. По экспериментальным данным 1 г сухой массы белков животного происхождения связывает от 0,15 до 0,41 г воды. Количество адсорбционно-связанной влаги в рыбе составляет около 5…8 % (на сырое вещество). Эта влага при сушке удаляется в последнюю очередь из-за значительной величины энергии связи влаги.

Осмотически связанная влага. По теории С.М. Липатова в пищевых продуктах концентрация растворимых фракций органических веществ внутри клетки выше, чем на поверхности, и вода с внешней поверхности клеток путем осмоса проникает внутрь клеток и образует осмотически связанную влагу. Энергия ее связи с материалом невелика. Поэтому при сушке этот вид влаги удаляется вместе с влагой макрокапилляров.

Механически связанная влага (капиллярная влага) - это влага, заполняющая капилляры и открытые поры тела, а также влага смачивания. Влага микрокапилляров заполняет капилляры, средний радиус которых менее 10^{-7} м. Жидкость может заполнять любые микрокапилляры не только при непосредственном соприкосновении с ним, но и путем сорбции из влажного воздуха. Вода микрокапилляров при сушке удаляется в последнюю очередь вместе с адсорбционной влагой из-за значительной величины энергии связи с материалом.

Влага макрокапилляров находится в капиллярах, средний радиус которых больше 10^{-7} м. Энергия связи с материалом влаги макрокапилляров близка к энергии связи свободной воды, поэтому она удаляется при сушке в первую очередь вмести с влагой, удерживаемой силами поверхностного натяжения.

Закон испарения влаги: $$\frac{dW}{d\tau} = \beta F \Delta p$$

Диффузия влаги в продукте: $$\frac{dW}{d\tau} = D\frac{dC}{dx}$$

Коэффициент диффузии: $$D = \frac{RT}{6\pi N \eta r}$$

R – индивидуальная газовая постоянная $R = R_0/M$, кДж/(кг·К) константа для газа или газовой смеси конкретной молярной массы (R_o=8,3144621±0,0000075 Дж/моль·К);

T – температура (°К);

N – число Авогадро (Na = (6,022045±0,000031)*10^{23} число молекул в моле любого вещества или число атомов в моле простого вещества;

η – динамическая вязкость (для воды при t = 20°С составляет 1,002·10^{-3}, при t = 90°С составляет 0,315·10^{-3} Па·с;

r – радиус диффундирующих частиц, м (радиус молекулы воды - 0,138 нм).