

МИКРОСКОПИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РЫБЫ ПРИ ПОСОЛЕ

Канд. техн. наук А. И. ЮДИЦКАЯ

Существующие методы приготовления гистологических препаратов дают возможность наблюдать лишь общую картину изменения тканей рыбы. В связи с этим нами был разработан метод, позволяющий охарактеризовать динамику посола рыбы и дать количественную оценку скорости проникновения соли в мышечную ткань.

Для микроскопического исследования были взяты образцы сырья (целая рыба или куски) на различных стадиях посола. При проведении ряда опытов образцы вырезают из одной и той же части тела рыбы (спинно-плечевой), что дает возможность сравнивать ткань примерно одинакового строения. Из образца в соответствии с заданным для наблюдения направлением мышечных волокон вырезают кусочек ткани (блок) размером примерно $3 \times 10 \times 10$ мм.

На замораживающем микротоме из блока нарезают срезы толщиной 25—30 мк. К концу среза, обычно свернутого в трубочку, быстро и осторожно прикасаются гистологической иглой. Срез прилипает к игле, и его тотчас же помещают на предметное стекло, предварительно смазанное раствором белка¹.

Оттаивая, срез распрямляется и плотно ложится на стекло. В таком состоянии он легко рвется, поэтому его нельзя передвигать. Препарат сушат в сушильном шкафу в течение 1,5 часа при температуре 55—60°.

Готовые препараты укладывают в коробки, избегая прикосновения к поверхности срезов. До просмотра под микроскопом и фотографирования препаратов коробки хранят в эксикаторе или герметически закрытых банках во избежание увлажнения соли, выкристаллизовавшейся на срезах. Просматривать и фотографировать препараты лучше в первые две-три недели после их приготовления, хотя практически препараты сохраняются неопределенно долгое время.

На препаратах, приготовленных описанным способом, под микроскопом ясно различаются волокна мышечной ткани, септы, перимизиум. На срезах соленой рыбы видны кристаллы соли, располагающиеся между этими структурами. На начальных стадиях посола отчетливо видна граница диффузии соли, и расстояние до нее от края образца может быть измерено с помощью окулярмикротра.

При проведении опытов² сырьем служил свежий сом и мороженный судак, хранившийся в течение полугода при температуре минус 14—16°.

Для получения наиболее отчетливой картины проникновения соли с кусочков рыбы размером $20 \times 20 \times 20$ мм и весом около 25 г снимали ко-

¹ Раствор белка готовят следующим образом: белок свежего куриного яйца сбивают в пену и фильтруют через складчатый фильтр, смоченный дистиллированной водой. К отфильтрованному белку добавляют равный объем глицерина и тщательно перемешивают. В качестве антисептика добавляют небольшой кристалл камфары или тимола.

² Технологическая часть опытов была проведена под руководством Н. А. Воскресенского, анализы выполнены З. С. Мелковой.

жу и солили их в насыщенном растворе поваренной соли при 13—15°, погружая в раствор.

Пробы рыбы для анализа отбирали перед посолом и через 0,5; 1; 1,5; 2; 4; 6 и 24 часа после начала посола. Каждый раз отбирали три образца: один для микроскопического исследования и два для определения содержания влаги и соли.

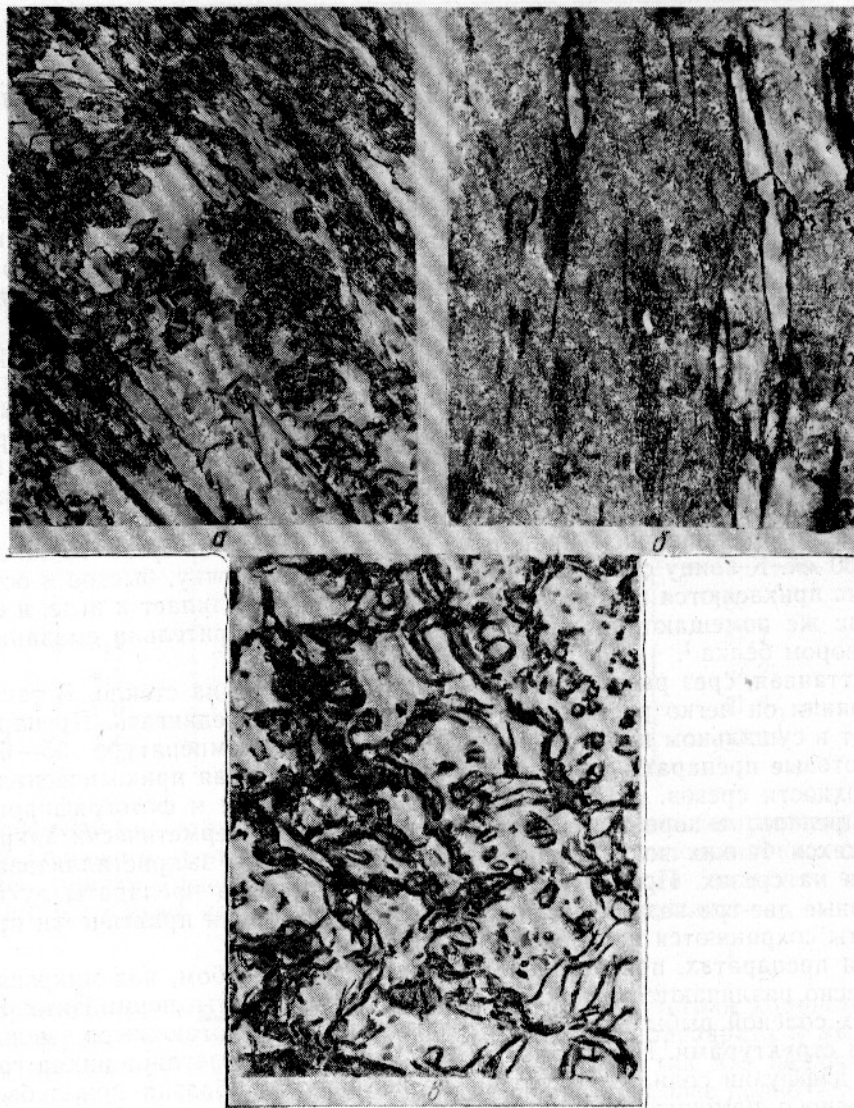


Рис. 1. Образцы мышечной ткани свежемороженого судака (увеличение 8×10) при продолжительности посола:
а—0,5 часа; б—4 часа; в—6 час.

Во всех случаях определяли среднюю соленость и влажность образца в целом, т. е. включая ту часть кусочка, куда соль успела проникнуть, и ту часть, где соли еще не было. Зная вес, объем, общую соленость образца и глубину проникновения в него соли (в мм), можно также вычислить содержание соли в той части образца, где она фактически находится.

Ввиду большой рыхлости мышечной ткани мороженого судака нам не удалось приготовить удовлетворительный препарат сырья, поэтому в этом случае микроскопический анализ был начат с образца рыбы, пролежавшего в тузлуке в течение получаса. Под микроскопом были отчетливо видны основные структуры мышечной ткани рыбы — сероватые, полупрозрачные, с резкими темными контурами. На поверхности мышечных клеток (волокон) находились кристаллы соли различной величины и формы, зависящей от порядка сочетания элементарных кубических кристаллов.

При изучении препаратов мы имели в виду определенную условность получаемой микроскопической картины состояния мышечной ткани. При высушивании среза соль в мышечной ткани частично перераспределяется, несколько изменяется и сама ткань. Однако высушивание среза происходит быстро, и эти изменения не могут быть значительными. В основном картина распределения соли фиксируется достаточно ясно, и граница кристаллизации соли на срезе с достаточной степенью точности может быть принята за границу диффузии солевого раствора.

На препарате образца, солившегося в течение получаса (рис. 1,а), у края среза на поверхности продольных срезов мышечных волокон и между волокнами были видны отдельные группы кристаллов соли. Ввиду отсутствия отчетливой границы размещения соли измеряли расстояние от наиболее отдаленных групп кристаллов до краев среза и установили, что за полчаса тузлук проник в мышечную ткань на глубину 2,2 мм (среднее из промеров 5—6 срезов). Соленость образцов составляла 3,69%, влажность 76,18%. Результаты наблюдений за проникновением соли в рыбу представлены в таблице.

Продолжительность посола в час.	Влажность в %	Соленость в %	Глубина проникновения соли в мм
Мороженый судак			
0,0	79,14	0,0	0,0
0,5	76,18	3,69	2,2
1,0	75,35	5,09	2,4
1,5	75,25	6,05	4,0
2,0	75,00	6,73	4,2
4,0	72,58	9,35	9,0
6,0	71,32	10,96	9,0
24,0	68,81	14,18	9,0
Свежий сом			
0,0	81,11	0,0	0,0
0,5	78,61	4,98	1,8
1,0	77,19	5,15	2,9
1,5	75,89	5,85	3,9
2,0	75,13	6,38	5,8
4,0	74,09	8,13	5,7
6,0	73,88	10,42	6,7
24,0	69,92	13,22	9,0

Спустя час после начала посола, граница соли отступила от края среза на 2,4 мм. Группы кристаллов соли стали больше, и группы ближе

располагались одна к другой. Появились отдельные крупные кристаллы в промежутках между мышечными волокнами.

Через полтора часа граница диффузии соли отодвинулась от края среза на 4,0 мм. Почти вся часть среза, куда проникла соль, была покрыта мелкими кристаллами. В промежутках между волокнами были видны относительно крупные кристаллы. Через 2 часа после начала посола часть среза, куда проникла соль, была сплошь покрыта кристаллами соли. Срез имел вид, показанный на рис. 2.

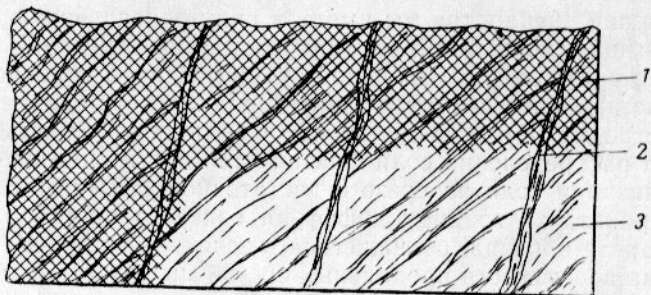


Рис. 2. Схема распределения тузлука по срезу мышечной ткани:
1—площадь среза, заполненная кристаллами соли; 2—септа; 3—мышечное волокно.

При исследовании этих препаратов замечено, что септы являются своеобразными барьерами, препятствующими распространению солевого раствора. Можно предположить, что при просаливании солью последовательно заполняются отдельные миотомы и раствор диффундирует параллельно септам по межклеточным промежуткам — по перимизиуму. На

поперечных срезах мышечных волокон видно, что соль кристаллизуется не только на поверхности волокон, но и внутри них. Такой срез при рассмотрении его под микроскопом имеет вид контрастной мозаики (рис. 3).

Размер образцов, взятых для опыта, ограничил дальнейшее наблюдение за глубиной проникновения соли в мышечную ткань рыбы. Спустя 4 часа после начала посола образец был насквозь пропитан солью (рис. 1,б). Встречались участки с относительно редко расположенными сравнительно крупными кристаллами соли.

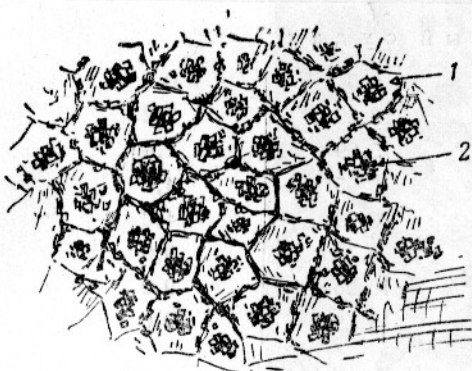


Рис. 3. Кристаллизация соли внутри мышечных волокон:
1—мышечное волокно; 2—кристаллы соли.

На срезах образцов, солившихся в течение 6 час., были обнаружены сравнительно крупные кристаллы, расположенные внутри мышечных волокон и между ними (рис. 1,в). Ткань довольно сильно разрыхлена, волокна сжаты, и между ними видны большие промежутки. Еще более отчетливо уплотнение и сжатие мышечных волокон было видно на срезах образцов, солившихся в течение 24 час.

При проведении опыта со свежим сомом были изготовлены препараты сырья, на которых были ясно видны основные структуры мышечной ткани (рис. 4). На отдельных мышечных волокнах была заметна поперечная полосатость.

При просмотре образца, солившегося в течение получаса, на срезе были обнаружены отдельные группы очень мелких кристаллов соли, наиболее отдаленные из них находились на расстоянии 1,8 мм от края среза. Соленость образца составляла 5,1%. Через полтора часа после начала посола просоленная часть среза была покрыта сравнительно крупны-

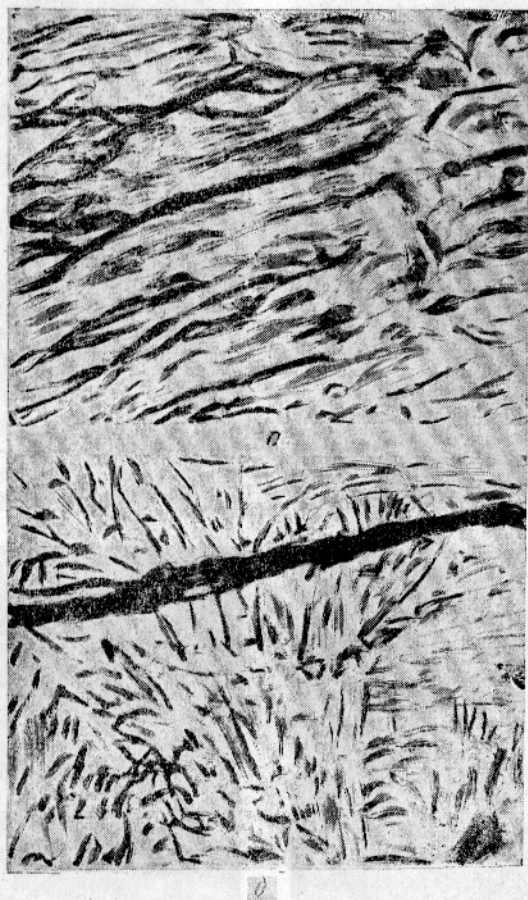


Рис. 4. Мышечная ткань свежего сома до посола:
а—при увеличении 8×10; б—при увеличении 8×40.

ми кристаллами соли. Граница диффузии проходила на расстоянии 3,99 мм от края среза и была достаточно отчетлива (рис. 5,а).

После 2 час. просаливания граница соли на препаратах была очень размыта и делать промеры было трудно. Помимо основной плотной массы кристаллов, встречались группы мелких кристаллов, менее отчетливо различимых.

Следующая серия срезов была приготовлена из образцов, просаливавшихся в течение 4 час. Граница диффузии соли была отчетлива и находилась на расстоянии 5,7 мм от края среза. В отличие от срезов замороженного сырья соль здесь еще не распределилась по всей толщине среза. На этом этапе отмечено также, что некоторые участки септ становятся путями диффузии соли (рис. 5,б и рис. 6).

Через 6 час. после начала опыта соль еще не проникла во всю толщину среза и граница диффузии находилась на расстоянии 6,7 мм от края среза. На этой стадии посола мы наблюдали кристаллизацию соли на

межволоконных связях (рис. 5,в). Соль выкристаллизовалась на поверхности тонких пленочек перимизиума, повторяя их рисунок (см. рис. 4,б).

На срезах образцов, просаливавшихся в течение суток, соль выкристаллизовалась по всей площади среза (рис. 5,г). Соленость образцов

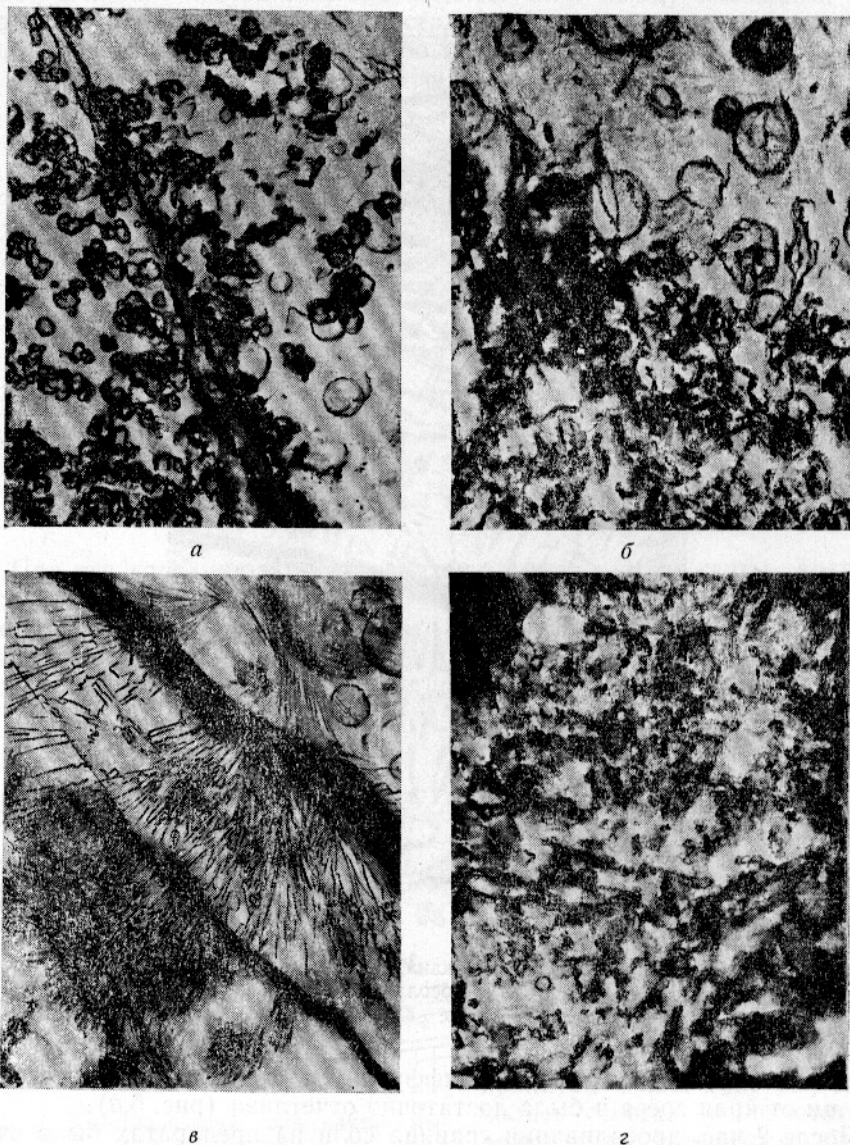


Рис. 5. Образцы мышечной ткани свежего сома (увеличение 8×10) при продолжительности посола:
а—1,5 часа; б—4 часа; в—6 час.; г—24 часа.

достигла 13,22%. Как правило, на участках ткани, где наблюдалась обильная кристаллизация соли, отмечалось сжатие мышечных волокон и увеличение межволоконных промежутков.

На основании промеров глубины проникновения соли в мышечную ткань рыбы можно рассчитать среднюю скорость этого процесса, которая может быть использована при сравнительной оценке разных способов посола на первых стадиях процесса и при выяснении влияния на процесс посола температуры, концентрации соли в растворе, состояния сырья и т. д.

Так, например, в нашем случае средняя скорость просаливания мяса мороженого судака в течение первых 4 час. посола выражается следующими величинами:

$$v_1 = \frac{9,0}{240} = 0,038 \text{ мм/мин} = 3,8 \cdot 10^{-3} \text{ см/мин.}$$

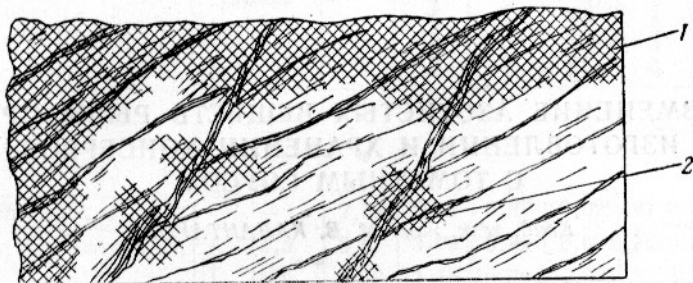


Рис. 6. Схема кристаллизации соли в мышечной ткани сома: 1—площадь среза, заполненная кристаллами соли; 2—кристаллизация соли у септ.

В опыте со свежим сомом за то же время средняя скорость просаливания была меньше и равнялась

$$v_2 = \frac{5,7}{240} = 0,024 \text{ мм/мин} = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ см/мин.}$$

Скорость просаливания в каждый отдельный момент может быть вычислена по кривой, представленной на рис. 7, из которого видно, что при посоле мороженой рыбы кривая близка к прямой линии, а при посоле свежей рыбы она имеет выпуклость, направленную вверх, что свидетельствует о замедлении процесса проникновения соли в мышечную ткань.

ВЫВОДЫ

Проведенные опыты являются лишь первой попыткой применения разработанного нами метода микроскопического наблюдения за процессом посола. Однако они позволяют сделать некоторые предварительные выводы о характере процесса диффузии соли в мышечную ткань рыбы.

На первой стадии посола септы являются своеобразным барьером для диффузии соли внутрь каждого следующего миотома. Диффузия происходит главным образом вдоль мышечных волокон с участием перимизиума. Только при посоле свежей рыбы, спустя 4 часа после начала посола, мы наблюдали участие септ в диффузии. Соль диффундирует затем внутрь волокон и при высушивании ткани (по условиям приготовления препарата) кристаллизуется на поверхности волокон и внутри них.

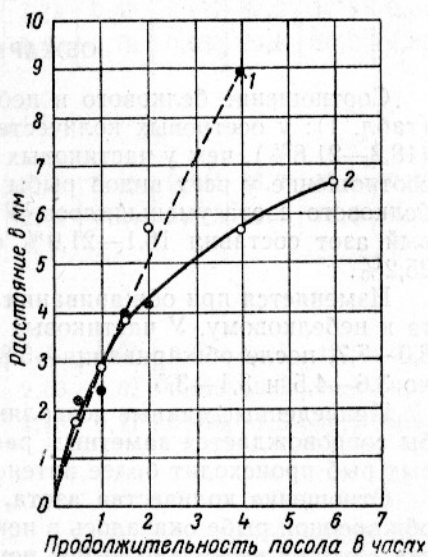


Рис. 7. График скорости диффузии солевого раствора в мышечную ткань рыбы: 1—свежемороженный судак; 2—свежий сом.