

О ВЛИЯНИИ ПОСМЕРТНОГО СОСТОЯНИЯ РЫБЫ НА ЕЕ КАЧЕСТВО ПОСЛЕ ЗАМОРАЖИВАНИЯ И ДЕФРОСТАЦИИ

Инженер-технолог В. П. БЫКОВ

До настоящего времени не имеется достаточно ясного представления о влиянии посмертного состояния рыбы на качество ее после замораживания и дефростации. Распространено мнение, что качество рыбы, замороженной сразу после вылова, наиболее высокое. Однако еще в ранних работах по холодильной технологии [17, 18] указывалось, что вопрос о том, в каком состоянии следует замораживать рыбу — до наступления посмертного окоченения, в стадии посмертного окоченения или после него, является спорным.

Некоторые исследователи считают, что у рыбы, в частности у трески, замороженной до наступления посмертного окоченения, мясо сухое и неприятно на вкус, другие утверждают, что одинаково хорошего качества мороженный продукт можно получить как из рыбы, еще не достигшей стадии окоченения, так и из находящейся в этой стадии [18].

Тресслер [17], ссылаясь на работы датских исследователей, указывал, что лучше замораживать рыбу в состоянии посмертного окоченения.

Танака [34] в опытах с тунцом нашел, что органолептические качества рыбы, замороженной в состоянии окоченения, после варки были лучше, чем у рыбы, замороженной в состоянии расслабления.

Никкилэ [26] в опытах с балтийской сельдью лучшую обратимость процесса получил при замораживании рыбы после разрешения посмертного окоченения.

В ряде литературных источников по холодильной технологии, изданных в течение последних 20 лет [7, 8, 16, 19], почти ничего не сообщается о влиянии посмертного состояния рыбы на ее качество после замораживания и дефростации и лишь в общем виде отмечается важное значение свежести сырья для получения высококачественной мороженой рыбы.

Известно, что в рыбе при замораживании происходят процессы, приводящие к необратимым изменениям коллоидно-физической структуры мышечной ткани. Внешне эти изменения проявляются в отделении сока из мяса мороженой рыбы при ее дефростации, ослабленной консистенции мяса у размороженной рыбы и сухости (жесткости) мяса после варки.

Причину этих нежелательных изменений обычно усматривали в вымораживании воды и механическом воздействии кристаллов льда на мышечную ткань рыбы, в неспособности коллоидов мяса рыбы, как и большинства коллоидных систем, полностью восстанавливать свои свойства при замораживании [17, 18, 25, 27, 30, 31, 32, 35], а также в денатурации протеинов, о которой обычно судили по понижению растворимости актомиозина [14, 23, 28, 29].

Однако, как показали исследования, проведенные в последние годы, для правильного объяснения процессов, происходящих в рыбе при холодильной обработке, необходимо учитывать, что свойства мяса рыбы меняются под действием механических процессов до замораживания и при холодильной обработке, оказывая влияние на характер кристаллообразования [1, 13, 15], на растворимость актомиозина [4, 5, 6, 12, 22, 26], на консистенцию мяса рыбы [2, 3] и другие химические и органолептические показатели.

Приведенные литературные данные позволяют заключить, что на качество мороженой рыбы оказывают влияние как условия замораживания и сопутствующие ему физические, биохимические и физико-химические изменения в мышечной ткани рыбы, так и состояние рыбы-сырца перед замораживанием.

Изучение этих вопросов представляет большой не только научный, но и практический интерес в связи с увеличивающимися масштабами производства мороженой рыбы и необходимостью его совершенствования. Поэтому нами были проведены специальные опыты по замораживанию живой (только что убитой) рыбы и на разных стадиях посмертного состояния.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Для опытных работ использовали довольно широко распространенную пресноводную рыбу — щуку. Как объект для опытных работ щука весьма удобна и по тем соображениям, что в ней относительно большое количество мяса, причем в разных участках тела оно в достаточной мере однородно и почти не содержит мелких костей и жира, которые могли бы отрицательно влиять на результаты анализов.

Партия щуки, от которой отбирали образцы для опытов, была добыта в дельте Волги у Асрахани в конце марта 1960 г. По доставке в Москву щуку содержали

в садке живорыбной базы на Химкинском водохранилище в течение 3 месяцев (с 2/IV до конца июня). Вес отдельных экземпляров щуки составлял от 560 до 11820 г. Средний химический состав мяса щуки, по данным анализов нескольких проб, был следующий: влага — 80,2%; жир — 0,62%; белок (N×6,25) — 19,11%.

Помимо щуки, опыты проводили также на прудовом карпе, доставленном из подмосковного рыбхоза.

Вес отдельных экземпляров карпа колебался от 413 до 693 г. Средний химический состав мяса исследованной партии карпа составлял: влага 80,8%, жир — 2,91%, белок — 15,41%.

Живую рыбу доставляли с базы в лабораторию в сосудах (каннах) с водой и до начала опытов содержали в аквариуме с проточной водой и при дополнительной аэрации. Рыбу перед убоем охлаждали до температуры 0—2°С путем кратковременного (примерно 15 мин) выдерживания в холодной воде. Путем охлаждения живой

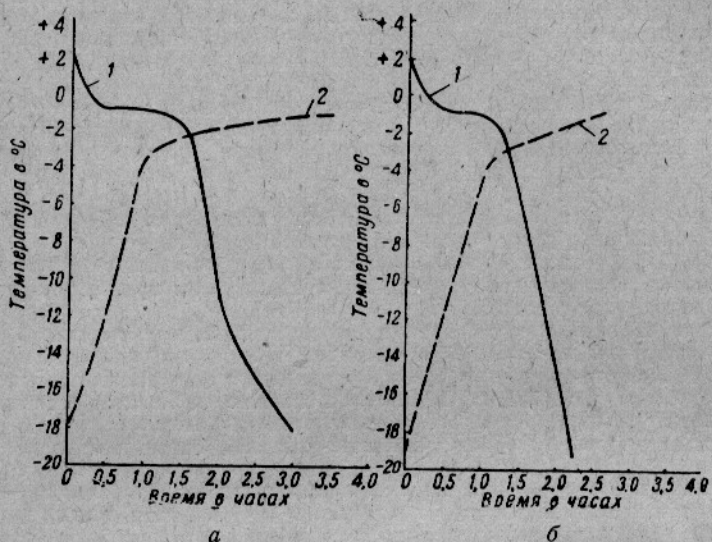


Рис. 1. Изменение температуры в толще мяса:

а — щуки весом 1440 г, б — щуки весом 880 г; 1 — при замораживании
2 — при дефростации.

рыбы, кроме ограничения ее подвижности во время убоя, стремились предотвратить изменения в убитой рыбе во время взятия от нее проб для анализов перед замораживанием.

Убитую рыбу делили на три порции; одну порцию немедленно исследовали и замораживали. Рыбу второй и третьей порции укладывали поштучно в полиэтиленовые мешочки и помещали на хранение в деревянные ящики с льдом; в ящиках рыбу пересыпали льдом в избыточном количестве, который по мере таяния пополняли. Вторую порцию рыбы сохраняли во льду в течение 1—2 суток до наступления посмертного окоченения, после чего исследовали и замораживали так же, как рыбу первой порции. Третью порцию рыбы сохраняли во льду до разрешения посмертного окоченения, а затем уже исследовали и замораживали.

Рыбу замораживали в камере низкотемпературного прилавка в потоке воздуха температурой от —26 до —28°С до температуры —18, —20°С в толще тела (у позвоночника). Температуру тела рыбы во время замораживания контролировали при помощи термометра сопротивления ВПТ конструкции НИИМРП (выпуск 1960 г.). Продолжительность замораживания рыбы в зависимости от ее величины составляла от 2 ч 15 мин до 3 ч 15 мин. Замороженную рыбу поштучно упаковывали в полиэтиленовые мешочки и выдерживали при температуре —18, —20°С в течение 3 суток для выравнивания температурного поля во всех участках тела. После этого рыбу подвергали дефростации и повторному исследованию.

Рыбу размораживали на воздухе при температуре +16, +18°С до тех пор, пока температура в толще мяса у позвоночника не достигала 0—1°С. Температуру рыбы во время размораживания контролировали так же, как при замораживании. На рис. 1 и 2 представлены кривые изменения температуры в теле щуки и карпа разного веса во время замораживания и дефростации. Рыбу, размороженную до температуры 0, —1°С, немедленно исследовали.

Чтобы проследить одновременно за изменением биохимических, физико-химических и структурно-механических свойств мяса рыбы во время холодильной обработки, при исследовании рыбы перед замораживанием и после дефростации определяли следующий комплекс показателей: содержание АТФ, растворимость актомиозина, рН, водоудерживающую способность и эластичность.

Порядок отбора проб для анализа был принят следующий. В начале опыта у каждого экземпляра свежей рыбы вырезали с одной стороны тела небольшие кусочки мяса для анализа, после чего рыбу замораживали, и в дальнейшем после ее дефростации брали для анализа соответственные кусочки мяса с другой стороны тела. Сопоставляя данные анализов кусочков мяса, взятых с обеих сторон тела одной и той же рыбы до и после замораживания, судили об изменениях свойств мяса рыбы во время холодильной обработки.

Предварительно в специальных опытах была проведена серия сравнительных анализов мяса из разных участков тела рыбы, причем было установлено, что величина отдельных показателей у одной и той же рыбы может заметно колебаться в зависимости от места взятия пробы. Так, в пробах мяса, взятого из середины спинки

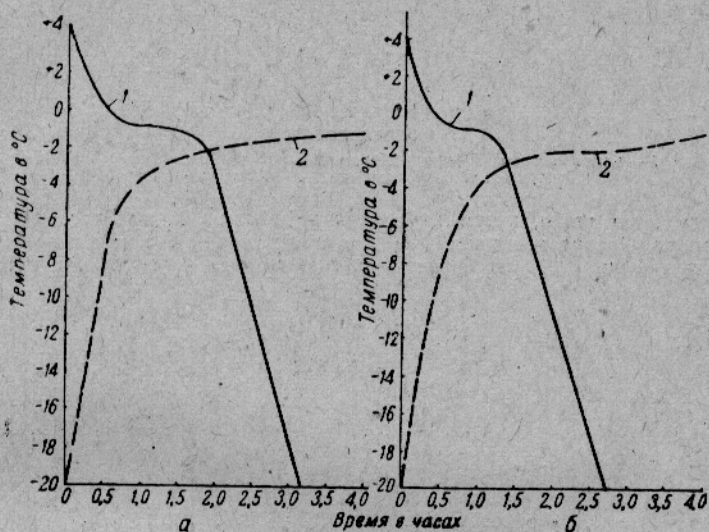


Рис. 2. Изменение температуры в толще мяса:

а — карпа весом 626 г, б — карпа весом 480 г; 1 — при замораживании, 2 — при дефростации.

рыбы, водоудерживающая способность оказалась гораздо выше (на 20—25%), а растворимость актомиозина больше (примерно в 1,5 раза), чем в пробах из приголовной и прихвостовой частей.

Упругость мяса была наиболее высокой в приголовной части рыбы, а в направлении к хвосту уменьшалась. Колебания рН были относительно небольшими, но все же в приголовной половине тушки рН мяса было несколько больше (на 0,1—0,2), чем в прихвостовой.

Учитывая эти данные, при проведении основных опытов по замораживанию и дефростации рыбы пробы мяса для исследования отбирали всегда из одних и тех же участков тела рыбы. Вследствие особенностей конфигурации тела участки взятия проб мяса у щуки и карпа несколько отличались. Участки на теле рыбы, принятые для взятия проб, показаны на рис. 3 и 4.

Методика определения отдельных показателей мяса рыбы приведена ниже.

Определение АТФ. Количество АТФ учитывали по наличию легко гидролизующегося фосфора (ЛГФ), как это было принято Головкиным и Першиной при изучении посмертных изменений в свежей рыбе [5, 12]. Кусочек мяса весом около 2 г растирали с кварцевым песком при добавлении небольшого количества раствора трихлоруксусной кислоты и выдерживали 20 мин при температуре 0°С для экстракции АТФ.

Экстракт отделяли центрифугированием и осаждали из него АТФ при помощи уксуснокислой ртути. Осадок промывали этиловым спиртом и растворяли в слабом растворе соляной кислоты. В отдельных порциях раствора определяли общее количество неорганического и органического фосфора (после гидролиза пробы) и отдельно неорганический фосфор. По разности между содержанием общего и неорганического фосфора находили количество легкогидролизующегося фосфора (ЛГФ). Количественный учет фосфора производили колориметрическим методом (на основе реакции образования молибденовой сини), пользуясь фотоэлектроколориметром-нефелометром ФЭК-Н-57.

Определение растворимости актомиозина. Этот показатель определяли по методике, рекомендованной Головкиным и Першиной [6, 11]. Кусочек мяса около 2 г растирали с кварцевым песком при добавлении раствора хлористого калия с рН 9,1. Смесь выдерживали 24 ч при температуре 0°С для экстракции актомиозина. Экстракт отделяли центрифугированием и осаждали из него актомиозин при

помощи ацетатного буферного раствора с рН 4,8 при десятикратном разбавлении охлажденной водой. Полученный осадок актомиозина переносили на фильтр, высушивали и взвешивали.

Определение рН мышечной ткани. Как известно, рН мышечной ткани можно определить тремя способами: путем измерения рН водной вытяжки из

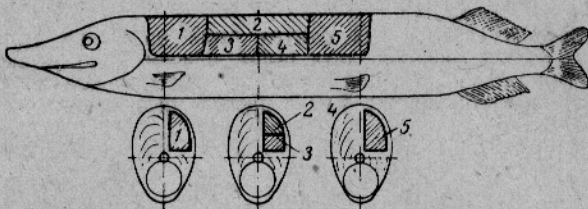


Рис. 3. Участки взятия проб мяса щуки для определения:

1 — эластичности, 2 — водоудерживающей способности, 3 — растворимости актомиозина, 4 — АТФ, 5 — рН.

измельченного мяса рыбы, путем измерения рН фарша и, наконец, непосредственно мышечной ткани. Следуя рекомендациям Лазаревского [9], мы избрали последний способ, позволяющий получить наиболее точные и надежные результаты. рН мяса рыбы

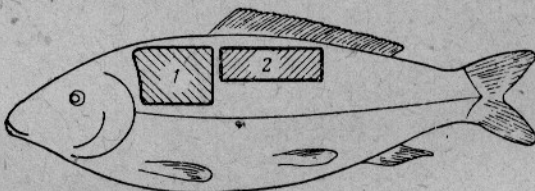


Рис. 4. Участки взятия проб мяса карпа для определения:

1 — эластичности, АТФ, растворимости актомиозина, рН, 2 — водоудерживающей способности.

определяли при помощи потенциометра со стеклянным электродом датской фирмы «Радиометр». Техника измерения была следующей: в кусочках мяса рыбы, вырезанных из определенных участков, делали небольшие проколы тонкой стеклянной палочкой и вводили в них электроды, прижимая их возможно плотнее к мясу. Затем периодически, включая и выключая прибор, делали несколько последовательных замеров рН, до тех пор пока не получали устойчивый результат. Обычно устойчивые значения рН достигались через 2—5 мин после введения электрода в мясо рыбы. рН измеряли в нескольких точках.

Определение водоудерживающей способности. В литературе описано несколько способов определения водоудерживающей способности мышечной ткани [2, 10, 13, 20], основанных на отжати из нее сока путем центрифугирования или прессования. По имеющимся наблюдениям [21], применение центрифугирования предпочтительнее, так как позволяет получить более точные результаты и, кроме того, значительно ускоряет определение, что особенно важно при изучении гидрофильных свойств легкоизменяющихся систем, к которым относится и мясо рыбы.

При отжимании мяса на центрифуге, в зависимости от применяемых для этого приспособлений, выделяющийся сок можно учитывать по весу или объему. Способ учета сока по объему более простой и быстрый, его успешно применяли Головкин и Першина в Ленинградском техническом институте холодильной промышленности. Со своей стороны, испытав этот способ с учетом объема и веса выделившегося сока по методике, применявшейся во Всесоюзном научно-исследовательском холодильном институте Пискаревым, мы также нашли его удобным и использовали в работе.

Порядок анализа был следующий. Кусок мяса весом 1—1,5 г (размером примерно 5×5×5 мм) помещали в центрифужную пробирку (рис. 5), в нижней части которой имеется градуированная трубка объемом 0,2 или 0,4 мл (цена одного деления трубки соответственно равна 0,01 или 0,02 мл). Пробирку с испытуемым мясом вставляли в стаканчик лабораторной центрифуги и центрифугировали 10 мин при 3000 об/мин. Затем отсчитывали объем жидкости, собравшейся в капилляре.

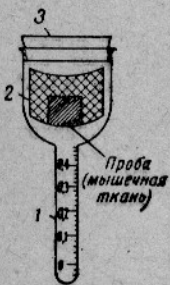


Рис. 5. Центрифужная пробирка для определения водоудерживающей способности мяса рыбы:

1 — капилляр пробирки, 2 — решетка, на которую укладывают рыбу, 3 — пробка.

Определение упругости мяса рыбы. Упругость (эластичность) мяса рыбы определяли на приборе Николаева по методике, описанной Воскресенским [3].

Кроме вышеуказанных анализов мяса для характеристики качественных изменений рыбы вели также наблюдения за ее органолептическими показателями до и после замораживания. При этом учитывали внешний вид рыбы, консистенцию тканей тела сырой рыбы, консистенцию сырого и вареного мяса, вкус и запах мяса после варки.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Опыты с щукой

Результаты проведенных наблюдений за изменением рН, растворимости актомиозина, содержания ЛГФ, водоудерживающей способности и эластичности мяса щуки при замораживании и дефростации приведены в табл. 1.

Таблица 1

Номер образца	Вес рыбы в г	Продолжительность хранения рыбы во льду в часах	рН мяса		Актомиозин в г на 100 г мяса		ЛГФ в мг фосфора на 100 г мяса		Количество сока, выделившегося при центрифугировании в мл на 100 г мяса		Эластичность в %	
			перед замораживанием	после замораживания и дефростации	перед замораживанием	после замораживания и дефростации	перед замораживанием	после замораживания и дефростации	перед замораживанием	после замораживания и дефростации	перед замораживанием	после замораживания и дефростации
Рыба, только что убитая												
1	870	—	6,32	6,17	2,91	3,82	7,76	1,36	4,6	21,5	66	55
2	1320	—	6,42	6,22	1,86	2,19	10,63	0	4,3	12,2	81	49
3	1340	—	6,20	6,22	3,28	3,19	14,97	0,17	4,0	19,8	59	45
4	1315	—	6,18	6,13	2,79	—	9,03	0,14	5,0	19,3	74	—
5	870	—	6,00	6,01	3,82	4,21	—	—	4,0	18,7	—	—
6	897	—	6,10	5,72	4,04	3,50	—	—	4,2	19,5	—	—
Рыба в состоянии полного окоченения												
7	745	24	6,16	6,02	2,70	3,59	0	0,40	—	15,6	73	61
8	1440	20	—	—	3,15	5,17	0,52	0,57	8,1	14,9	39	43
9	880	40	6,02	5,93	5,50	4,10	0,23	0,25	6,6	14,5	77	72
10	840	46	6,01	5,99	6,12	5,72	—	—	7,8	19,4	48	52
11	1122	24	6,11	6,08	4,95	3,06	—	—	5,8	11,2	—	—
12	922	24	5,90	5,85	4,52	2,83	—	—	5,0	12,9	—	—
Рыба после разрешения окоченения												
13	900	120	6,27	6,20	4,72	2,44	0,27	0,38	7,2	8,6	36	42
14	1075	120	5,92	5,98	3,16	5,05	0,71	0,37	6,6	13,1	43	49
15	970	120	6,08	5,82	5,82	4,55	0,38	0,47	6,4	10,1	41	40
16	1300	120	6,24	6,26	3,15	2,83	—	—	6,9	11,0	—	—
17	760	120	6,12	6,16	3,57	4,64	—	—	9,4	12,0	—	—
18	1540	—	6,11	5,98	—	—	0,21	0,71	9,8	17,2	45	49
19	1817	—	5,93	5,90	—	—	0,63	0,25	9,2	15,0	40	44

Из табл. 1 видно, что у различных экземпляров живой рыбы сразу после убоя рН, содержание актомиозина и другие показатели качества мяса заметно отличались. Поскольку исследуемые рыбы были взяты из живорыбного садка не одновременно, а в разные сроки на протяжении почти 2 месяцев, можно полагать, что различие показателей мяса у разных рыб в какой-то мере было сопряжено с продолжительностью содержания рыбы в садке и связанным с ним утомлением и голоданием.

При сопоставлении величин рН у рыб, взятых из садка в разные сроки, это предположение подтверждается. Как видно из табл. 2, при большей продолжитель-

ности нахождения рыбы в садке рН ее мяса постепенно снижался. При этом наряду со снижением рН увеличивалась растворимость актомиозина (см. табл. 1).

Таблица 2

Номер образца	Вес рыбы в г	Продолжительность пребывания рыбы в садке в сутках	рН мяса
6/№	615	4	6,50
6/№	570	16	6,40
1	870	23	6,32
2	1320	41	6,42
3	1340	41	6,20
4	1315	41	6,18
5	870	61	6,00
6	897	61	6,10

У рыбы, мясо которой было с наиболее высоким рН — 6,42 (образец 2, табл. 1), обнаружено наименьшее количество актомиозина — 1,86%, а у рыбы с наиболее низким значением рН — 6,0—6,1 (образцы 5 и 6) — максимальное количество актомиозина — 3,8—4,0%. При рН мяса в пределах от 6,18 до 6,32 актомиозина в нем содержалось 2,8—3,3%.

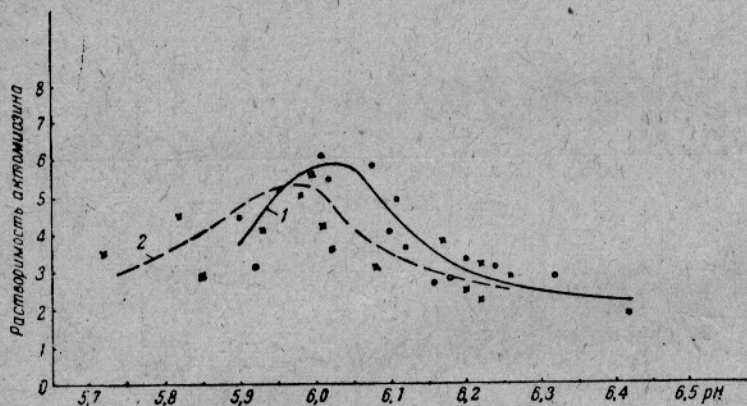


Рис. 6. Зависимость между величиной рН мяса и растворимостью актомиозина у рыбы:

1 — свежей охлажденной, 2 — дефростированной.

При хранении убитой рыбы во льду до наступления полного окоченения и далее до расслабления показатели мяса заметно менялись. У рыбы, достигшей состояния полного окоченения, рН мяса оказался в среднем на 0,2 ниже, чем у только что убитой рыбы, а после разрешения окоченения — снова несколько повысился.

Актомиозина из мяса окоченевшей рыбы было выделено больше (2,70—6,12, среднее 4,5%), чем из мяса только что убитой рыбы (1,86—4,04, среднее 3,1%), но в дальнейшем после разрешения окоченения произошло некоторое уменьшение растворимости актомиозина (3,15—5,82, среднее 4,08%).

Количество актомиозина у разных экземпляров рыбы в состоянии окоченения и после его разрешения, так же как и у только что убитой рыбы, довольно значительно колебалось. Возможно, эти колебания в какой-то мере зависели от того, что для анализа брали очень маленький кусочек мяса (около 2 г), причем в разных пробах могло находиться разное количество соединительной ткани, что влияло на результаты определения. Однако такого рода погрешности не должны были быть слишком большими, имея в виду, что пробы мяса для анализов брали всегда из точно определенного участка тела рыбы. Основная причина этих колебаний заключается, по-видимому, в другом. При сопоставлении величины рН и найденного количества актомиозина в мясе разных рыб, независимо от их состояния (только что убитая рыба, в состоянии окоченения и после его разрешения), можно видеть достаточно определенную связь между этими показателями.

Кривая на рис. 6 показывает, что у свежей и охлажденной рыбы растворимость актомиозина достигала максимума при рН мяса 6,0—6,05; при более высоких или низких значениях рН растворимость актомиозина резко снижалась.

Содержание ЛГФ в мясе только что убитой рыбы было довольно высоким (8—15 мг на 100 г мяса), но у рыбы окоченевшей, а также после разрешения окоченения были найдены очень малые и при том практически одинаковые количества ЛГФ (от 0 до 0,70 мг на 100 г мяса).

Выделение сока при центрифугировании мяса разных экземпляров только что убитой рыбы было почти одинаковым и составляло 4—5 мл на 100 г мяса.

У рыбы в состоянии окоченения потеря сока была больше и составила 5—8 мл на 100 г мяса, а у рыбы с разрешившимся окоченением оказалась еще большей — 6,4—9,8 мл на 100 г мяса. Таким образом, в ходе посмертного изменения рыбы происходило непрерывное уменьшение водоудерживающей способности мяса, что согласуется с данными наблюдений Пискарева [14].

Эластичность (упругость) мяса у рыбы после разрешения посмертного окоченения оказалась в 1,5—2 раза меньше (35—40%), чем у только что убитой рыбы (59—81%); у части окоченевшей рыбы эластичность была высокой (63—77%), как у только что убитой рыбы, а у части — низкой, подобно рыбе после окоченения (39—48%). Это позволяет предположить, что во время окоченения в какой-то момент создаются особые условия, вызывающие очень быстрые изменения в структуре мяса рыбы, что и проявляется в резком уменьшении его эластичности.

Из сопоставления показателей мяса одной и той же рыбы до и после замораживания и дефростации (табл. 1) видно, что холодильная обработка сопровождалась заметными изменениями свойств мяса рыбы, причем степень изменения зависела от качественного состояния исходной свежей рыбы. Наиболее значительно менялась водоудерживающая способность мяса, которая после холодильной обработки рыбы во всех случаях уменьшалась.

Наиболее значительное снижение водоудерживающей способности наблюдалось, когда замораживали только что убитую рыбу. В этом случае потеря сока при центрифугировании мяса после замораживания и дефростации увеличилась в 4—4,5 раза, в то время как при замораживании рыбы в состоянии окоченения — только в 2—2,5 раза, а после разрешения окоченения — в среднем в 1,5 раза. При этом важно отметить, что если перед замораживанием наиболее высокую водоудерживающую способность (или наименьшую потерю сока при центрифугировании) имело мясо только что убитой рыбы, то после замораживания и дефростации, напротив, — мясо рыбы, поступившей в обработку в состоянии окоченения или после его разрешения. Так, потеря сока при центрифугировании дефростированного мяса рыбы, замороженной сразу после убоя, составила в среднем 19 мл, замороженной в состоянии окоченения — 15 мл и после разрешения окоченения — 12 мл на 100 г.

Эластичность мяса также довольно сильно уменьшалась, когда рыбу замораживали сразу после убоя, но когда рыбу замораживали в состоянии окоченения или после его разрешения — практически не менялась. Величина эластичности мяса у разных образцов дефростированной рыбы в большинстве случаев оказалась очень близкой и мало зависела от состояния рыбы перед замораживанием.

Легко гидролизуемый фосфор (ЛГФ), в значительных количествах найденный лишь в мясе только что убитой рыбы (8—15 мг на 100 г), при ее замораживании и дефростации почти полностью разрушался. Во всех случаях в мясе дефростированной рыбы, так же как и в свежей в состоянии окоченения и после его разрешения, содержалось ничтожно малое количество ЛГФ (от 0 до 0,7 мг на 100 г). рН мяса дефростированной рыбы в большинстве случаев было несколько ниже, чем у исходной рыбы перед замораживанием. Надо, однако, отметить, что пределы колебаний крайних значений рН у отдельных образцов рыбы, замороженной в разном состоянии, после дефростации были примерно одинаковые — от 5,7—5,8 до 6,1—6,2.

Растворимость актомиозина у некоторых экземпляров рыбы после замораживания и дефростации оказалась большей, а у других, наоборот, меньшей. Прямой связи между изменением этого показателя и качественным состоянием исходной свежей рыбы на основании анализов отдельных экземпляров рыбы обнаружить не удалось. По этим анализам можно лишь отметить, что у дефростированной мороженой рыбы, так же как у свежей, проявилась некоторая зависимость между величиной рН мяса и растворимостью актомиозина (см. рис. 6).

Максимум растворимости актомиозина у дефростированной рыбы (рис. 6) наблюдался при рН — 5,95—6,0, т. е. немного меньшем, чем у свежей рыбы. Средние значения рН мяса и количества актомиозина в нем, вычисленные для всей группы рыб, находившихся перед опытом в одинаковом качественном состоянии (по внешним признакам), показаны в табл. 3.

Эти средние величины не являются, конечно, вполне точными, но все же дают общее представление о тенденции изменения рН и растворимости актомиозина в рыбе при замораживании и дефростации. Из данных табл. 3 следует, что при замораживании рыбы независимо от ее исходного состояния, рН мяса незначительно понижается. Растворимость актомиозина, по данным табл. 3, при замораживании только что убитой рыбы имеет тенденцию к небольшому увеличению, а при замораживании в состоянии окоченения и после его разрешения, наоборот, к уменьшению. Однако видимый прирост или убыль в количестве актомиозина очень невелики (в пределах 10% от исходной величины) и поэтому относительно мало влияют на величину растворимости актомиозина у дефростированной рыбы. Растворимость актомиозина,

как видно из табл. 3, оказалась зависящей в основном от состояния рыбы перед замораживанием.

Таблица 3

Состояние рыбы	рН мяса рыбы		Актомиозин в % на 100 г мяса	
	перед замораживанием	после замораживания и дефростации	перед замораживанием	после замораживания и дефростации
Только что убитая	6,20	6,08	3,1	3,4
В состоянии окоченения	6,04	5,97	4,5	4,1
После разрешения окоченения . .	6,10	6,04	4,1	3,9

При органолептических исследованиях рыбы наблюдалось следующее. У щуки, замороженной сразу после убоя, после дефростации на поверхности тела выделилось значительное количество слизи, подобно тому как это бывает у свежей рыбы на ранней стадии посмертного изменения до наступления окоченения. У рыбы, которая была заморожена в состоянии окоченения и после его разрешения, этого явления не наблюдалось. Специфический запах, свойственный свежей щуке, у дефростированной рыбы как в сыром, так и вареном виде был значительно ослаблен.

При дегустации вареной рыбы¹ лучшим по виду и наиболее нежным и сочным по консистенции и вкусу было мясо рыбы, замороженной после разрешения посмертного окоченения, а также совершенно свежей, не подвергавшейся замораживанию рыбы, убитой непосредственно перед варкой. На втором месте оказалась свежая рыба, в состоянии расслабления после окоченения. Свежая рыба, в состоянии окоченения и рыба, замороженная сразу после убоя, получила худшую оценку; мясо у этой рыбы было менее вкусным и суховатым. Наихудшую оценку получило мясо рыбы, замороженной в состоянии окоченения.

Опыты с карпом

При опытах с карпом, в отличие от опытов с щукой, не представилось возможным брать от одной рыбы пробы мяса для определения всех интересующих нас показателей. Поэтому, проводя опыты с карпом, от каждой рыбы (из средней части) брали только две пробы мяса, причем сочетали определение водоудерживающей способности с определением какого-либо другого показателя — рН, растворимости актомиозина, ЛГФ или эластичности.

Водоудерживающая способность мяса была избрана в качестве ведущего показателя на основании результатов опытов с щукой, показавших его большое значение. Чтобы иметь возможность сравнивать получаемые данные и избежать по возможности неточностей, связанных с индивидуальными колебаниями величины показателей мяса у отдельных рыб, для исследования каждый раз брали несколько экземпляров рыб (6—9) в одинаковом состоянии; по полученным данным анализа отдельных рыб вычисляли средние значения показателей мяса для рыбы разного качественного состояния до и после ее замораживания. Полученные результаты анализов приведены в табл. 4.

Как видно из табл. 4, в опытах с карпом подтвердились основные закономерности в изменениях отдельных показателей мяса рыбы при замораживании и дефростации (рН, ЛГФ, водоудерживающей способности и эластичности), установленные в опытах с щукой. При опытах с карпом эти изменения в некоторой части выявились даже еще более отчетливо (например, в отношении рН мяса), возможно, вследствие того, что экземпляры исходного живого карпа, взятые для опытов, были очень близкими по качеству, так как содержались в живорыбном садке в течение непродолжительного времени (менее 1 месяца).

В отличие от щуки, у карпа наблюдалась лишь тенденция к некоторому уменьшению растворимости актомиозина при замораживании только что убитой рыбы. Однако, обнаружившееся уменьшение растворимости актомиозина у карпа, так же как и увеличение у щуки, было относительно небольшим (в пределах 10% от исходной величины).

Образцы дефростированного мороженого карпа отличались от исходного свежего более тусклой и темной окраской. У карпа, замороженного сразу после убоя, так же как и у щуки, при дефростации на поверхности тела появилось большое количество слизи.

¹ Дегустация проводилась без предварительного уведомления дегустаторов об особенностях обработки каждого представленного им образца рыбы.

Таблица 4

Показатели	Рыба только что убитая		Рыба в состоянии расслабления после окоченения	
	перед замораживанием	после замораживания и дефростации	перед замораживанием	после замораживания и дефростации
pH	6,82—7,18	6,08—6,86	6,20—6,54	6,20—6,34
	7,04	6,45	6,41	6,27
Актомиозин в г на 100 г мяса . .	4,9—7,1	3,8—6,1	4,1—5,9	4,0—4,8
	5,6	5,1	5,1	4,4
ЛГФ в мг фосфора на 100 г мяса .	11,4—15,8	0,33—1,03	0,21—1,03	0,79—1,89
	14,1	0,70	0,54	1,34
Эластичность в %	78—96	49—56	54—64	46—49
Количество сока, выделившегося при центрифугировании, мл на 100 г мяса	88	53	58	47
	3,1—8,6	14,5—28,3	4,8—13,3	8,4—18,7
	5,2	19,4	8,7	13,0

Примечание. В числителе показаны пределы колебаний, а в знаменателе—средние значения.

Особенно показательным было изменение консистенции мяса рыбы. У только что убитого свежего карпа мясо (сырое) было плотным, упругим и при нажиме пальцами совершенно не выделяло влаги, но после замораживания и дефростации оно оказалось заметно разрыхленным и при нажиме пальцами выделяло значительное количество сока. У свежего карпа в состоянии размягчения после окоченения мясо было, хотя и упругим, но более мягким, чем у только что убитого карпа, однако после замораживания и дефростации—заметно не изменилось и при нажиме пальцами почти не выделяло влаги.

ВЫВОДЫ

1. При замораживании и дефростации рыбы изменяются биохимические, физико-химические и структурно-механические свойства ее мяса, причем степень изменения зависит от качественного состояния рыбы перед замораживанием. Наиболее значительные изменения свойств мяса наблюдаются при замораживании абсолютно свежей рыбы (сразу после изъятия ее из воды). У рыбы, находящейся в состоянии окоченения или последующего размягчения тканей, изменение свойств мяса в результате замораживания менее заметно.

2. При замораживании совершенно свежей рыбы сразу после изъятия из воды в мясе ее происходит быстрый распад АТФ и понижается рН подобно тому, как это наблюдается во время посмертного изменения свежей рыбы, сохраняемой во льду, при наступлении у нее окоченения.

3. Во время замораживания рыбы происходит значительное изменение гидрофильных свойств ее мяса (водоудерживающей способности), которое обуславливается, по-видимому, не только биохимическими процессами, но является также результатом физического действия низкой температуры на белковые системы мяса рыбы.

4. В проведенных опытах со щукой и карпом у рыбы, замороженной в различном посмертном состоянии, после дефростации мясо заметно отличалось по водоудерживающей способности и по органолептическим качествам. Лучшей по качеству (вкусу и консистенции) признана рыба, замороженная в состоянии расслабления после окоченения; мясо такой рыбы после дефростации имело наибольшую водоудерживающую способность.

5. Полученные данные показывают, что мороженый продукт хорошего качества можно получить из рыбы в состоянии расслабления после окоченения и не подтверждают имеющихся мнений относительно предпочтительности замораживания рыбы до посмертного окоченения.

Этот вывод требует дополнительно проверить с учетом возможности применения различных способов дефростации мороженой рыбы, а также более длительного хранения ее с момента замораживания до дефростации.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Бромлей Г. Ф. Посмертные изменения строения ткани рыбы. Известия ТИНРО. Т. 31. Владивосток; Приморское краевое издательство, 1949.
2. Воскресенский Н. А. Структурно-механические свойства мышечной ткани леща. «Рыбное хозяйство», 1955, № 5.
3. Воскресенский Н. А. Технология посола, копчения и сушки рыбы. Пищепромиздат, 1958.
4. Головкин Н., Алямовский Н., Першина Л. и Шаган О. Механика мышечной ткани при холодильной обработке мяса и рыбы. Сборник докладов от СССР на московской конференции Международного института холода. Госторгиздат, 1959.
5. Головкин Н. А. и Першина Л. И. О роли аденозинтрифосфорной кислоты при холодильной обработке и хранении рыбы. «Рыбное хозяйство», 1957, № 9.
6. Головкин Н. А. и Першина Л. И. Растворимость актомиозина как биохимический показатель процессов в мышцах рыбы при ее холодильной обработке. «Рыбное хозяйство», 1958, № 12.
7. Головкин Н. А., Чижов Г. Б. и Школьников Е. Ф. Холодильная технология пищевых продуктов. Госторгиздат, 1955.
8. Зайцев В. П. Холодильное консервирование рыбных продуктов. Пищепромиздат, 1956.
9. Лазаревский А. А. Объективные способы оценки свежести пресноводной рыбы. Докторская диссертация. Мосрыбвтуз, 1940.
10. Леванидов И. П. Водоудерживающая способность мяса рыбы и ее значение при посоле. Труды ВНИРО. Т. XL. Пищепромиздат, 1959.
11. Першина Л. И. О методах определения растворимости актомиозина в мышцах рыбы. Известия высших учебных заведений. «Пищевая технология», 1958, № 5.
12. Першина Л. И. Аденозинтрифосфорная кислота как фактор, характеризующий биохимические процессы при холодильной обработке рыбы. Труды ЛТИХПа. Т. V. Госторгиздат, 1958.
13. Пискарев А. И. Влияние предварительного хранения рыбы на ее гистологическую структуру и гидрофильные свойства при замораживании. Сборник докладов от СССР на московской конференции Международного института холода. Госторгиздат, 1959.
14. Пискарев А. И. и Лукьяница Л. Качественные изменения рыбы при замораживании. «Холодильная техника», 1958, № 4.
15. Пискарев А. И., Крылов Г. и Лукьяница Л. Характеристика гистологических изменений рыбы при замораживании. «Холодильная техника», 1958, № 4.
16. Технология рыбных продуктов. Под. ред. проф. Ф. С. Касаткина. Пищепромиздат, 1940.
17. Тресслер Д. Морские продукты промышленного назначения. Снабтехиздат, 1932.
18. Тэйлор Г. Замораживание рыбы. Изд. Научного института рыбного хозяйства, 1930.
19. Тухшнайнд М. В. Холодильная технология. Пищепромиздат, 1938.
20. Янушкин Н. П. Изменение размороженного мяса в зависимости от продолжительности хранения до замораживания и температуры замораживания. Кандидатская диссертация, 1954.
21. Янушкин Н. П. Определение потерь мясного сока при отжати центрифугированием. Труды МТИИММПа. Вып. 8. Пищепромиздат, 1958.
22. Bito M., Amano K. Significance of the Decomposition of Adenosinetriphosphate in Fish Muscle Near the Temperature of -2°C . Advance proof. of 10th Jnt. Cong., 1959.
23. Connell J. J. Aggregation of cod myosin during frozen storage Nature, v. 183, N 4662, 1959.
24. Finn D. B. The denaturation of Fish Muscle Proteins by Freezing. Contributions to Canadian Biology and Fisheries v. 8, 1934, N 18.
25. Dr. Källert E. Die gewebeveränderung der Fischmuskeln beim gefrieren Berlin Tierärztliche wochenschrift, 1931, N 29.
26. Nikkilä O. E., Linko R. R. Denaturation of myosin during defrosting of Frozen Fish, Food Research, 1954, v. 19, N 2.
27. Plank R., Ehrenbum E., Reiter K. Das Konservierung von Fischen durch gefrierverfahren, 1916.
28. Reay G. A. The influence of freezing temperatures on haddock's muscle. Part 1. J. Soc. Chem. Ind. (London), 52 (T), 1933.
29. Reay G. A. The influence of freezing temperatures on haddock's muscle. Part 2. J. Soc. Chem. Ind. (London), 53 (T), 1934.
30. Stansby M. E. Factors to be considered in the freezing and cold Storage of fishery products. Fishery Leaflet 429. Refrigeration of Fish Part 3, 1956. United States Department of the Interior.

31. Stansby M. E. Haw to Freeze and store Fish Refrigeration J. V. 20, 1957, N 11.
32. Stiles W. Preservation of Food Products by Refrigeration Food Investigation board, Spec. rep. London, 1923, N 7.
33. Seagran L. H. Analysis of the protein constituents of drip, from thawed fish muscle. Food Research, v. 23, 1958, N 2.
34. Tanaka K. Freezing, cold storage and defrosting of whole round skip-jack. J. of the Tokyo university of Fisheries, v. 44, 1958, N 1—2.
35. Hiroshi Okuno. On the Ice Crystal Formed in the Tissues of Frozen Fish. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, V. 4, 1935, N 4.

ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ СВЕЖЕЙ РЫБЫ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ГАММА-ЛУЧЕЙ

Канд. техн. наук А. В. ҚАРДАШЕВ,
инженер-технолог Ю. А. КОРЖОВА

Бактерицидное действие ионизирующих излучений было обнаружено вскоре после открытия рентгеновских лучей и радиоактивных элементов. Однако только в последние 10—15 лет его стали изучать с целью применения в пищевой промышленности для стерилизации или пастеризации различных продуктов, а также для удлинения сроков хранения плодов и овощей и дезинсекции.

Для стерилизации поверхности продукта можно применять электроны, ускоренные до высоких энергий на специальных установках; для стерилизации всей массы продукта пригодны гамма-лучи, возможный пробег которых в пищевом продукте без значительного ослабления интенсивности измеряется десятками сантиметров [20].

Некоторый суммарный эффект излучения определяется дозой, которая характеризует его ионизирующую способность и величину энергии, поглощенной материалом. Известны несколько единиц доз излучения, применяемых в настоящее время: 1) рентген — эквивалентен 87 эрг, поглощенным 1 г воздуха, 2) рад — эквивалентен 100 эрг, поглощенным 1 г вещества и 3) фэр — физический эквивалент рентгена (применяют для любого вида ионизирующего излучения) — доза, при которой энергия, поглощенная 1 г мышечной ткани, равна 93 эрг [5].

Различными путями все радиационные излучения ведут в результате к ионизации и химической диссоциации воды. В процессе облучения происходят значительные изменения водной среды, в тесной связи с которой находятся все сложные молекулы биосубстрата. При этом резко меняется окислительно-восстановительный потенциал среды, в результате чего в биосубстрате возникают некоторые реакции. Большое влияние на ход процесса радиолиза воды, кроме кислорода, оказывает рН среды, а также наличие веществ с восстановительными и окислительными свойствами.

Кроме косвенного действия через продукты радиолиза воды, излучения могут непосредственно передавать энергию атомам и молекулам веществ [8, 11, 12, 13, 16, 18, 20].

Лучевая стерилизация микроорганизмов имеет свои особенности. Стерилизующие дозы не вызывают непосредственной мгновенной гибели микроорганизмов. Облученные бактерии, дрожжи и плесени остаются некоторое время живыми и в них продолжает протекать ряд биохимических процессов. Наиболее легко и при относительно меньших дозах излучений угнетается процесс размножения, более устойчивым является процесс роста микроорганизмов. Вегетативные формы микроорганизмов более чувствительны к облучению, чем бактериальные споры; наиболее устойчивыми являются ферментативные системы микроорганизмов. Интересно отметить, что для уничтожения 50% микробов, содержащихся в субстрате, достаточны дозы в пределах от 1 тыс. до 10 тыс. р, а для полной стерилизации необходимы дозы не менее 1,5—2,0 млн. р [12, 20].

Исследований по использованию ионизирующих излучений для консервирования рыбы и морепродуктов проведено пока очень мало [20, 23, 27, 28]. В Советском Союзе такие работы проводит ВНИРО с 1957 г. [1, 2, 7, 9].

В задачи настоящего исследования входило: определение стерилизующих доз для свежей рыбы; выявление органолептических изменений рыбы в результате облучения; изучение химических и физико-химических изменений в рыбе при облучении.

Для решения этих задач было проведено большое количество опытов облучения различных видов рыбы — сазана, карпа, сома, щуки, сельди и др. В проводившихся опытах рыбу помещали в стеклянные консервные банки, которые герметизировали при атмосферном давлении, под вакуумом и с углекислым газом, после чего подвергали облучению гамма-лучами кобальта-60 дозами от 0,2 до 2,0 млн. р.

31. Stansby M. E. How to Freeze and store Fish Refrigeration J. V. 20, 1957, N 11.
 32. Stiles W. Preservation of Food Products by Refrigeration Food Investigation board, Spec. rep. London, 1923, N 7.
 33. Seagran L. H. Analysis of the protein constituents of drip from thawed fish muscle. Food Research, v. 23, 1958, N 2.
 34. Tanaka K. Freezing, cold storage and defrosting of whole round skip-jack. J. of the Tokyo university of Fisheries, v. 44, 1958, N 1—2.
 35. Hiroshi Okuno. On the Ice Crystal Formed in the Tissues of Frozen Fish. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, V. 4, 1935, N 4.
-