

**О ВЛИЯНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ ХРАНЕНИЯ РЫБЫ
НА ХАРАКТЕР ПРОТЕКАНИЯ ПОСМЕРТНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ**

В. П. Быков, Е. А. Бурменко, М. Н. Еремеева, Т. Г. Сергеева

Исследованиями последних 10—15 лет доказано, что характер и глубина изменения свойств мяса рыбы при замораживании в значительной степени определяются ее посмертным состоянием перед замораживанием [1, 5, 7, 8, 10—13]. Вместе с тем некоторые наблюдения свидетельствуют о том, что на глубину изменений свойств мяса рыбы-сырца, происходящих под действием посмертных механохимических процессов во время хранения после вылова до замораживания, влияет температура, при которой протекают эти процессы. Некоторые исследователи, например, обнаружили, что у рыбы, охлажденной сразу после вылова и хранившейся в этом состоянии, степень сокращения мяса и водоудерживающая способность изменяются менее резко, чем у рыбы, хранившейся без охлаждения при температурах 15—30°С [3, 6, 11, 12]. Соответственно качество мороженого продукта, полученного из рыбы-сырца, предварительно охлажденного, лучше, чем продукта из рыбы-сырца, не охлажденного до замораживания [3, 11, 12]. Поэтому так важно изучение характера посмертных изменений в рыбе в зависимости от температуры ее хранения с момента вылова до замораживания. Однако посмертные механохимические и автолитические процессы в мышечной ткани уснувшей рыбы изучали обычно при хранении ее при температуре 0°С [2—5, 7—9, 12], в результате чего выявлены закономерности превращения некоторых веществ мышечной ткани рыбы. Вместе с тем наблюдений за этими превращениями при повышенной температуре хранения очень мало. Общеизвестно, что чем выше температура хранения, тем быстрее протекают посмертные процессы. Однако пока не установлено, совпадают ли направленность и глубина изменений азотистых веществ мяса рыбы, в частности, небелковых, растворимых белков, включая миофибриллярные и саркоплазматические, при разных температурах хранения рыбы.

Чтобы установить направленность и глубину изменения свойств белковых фракций мяса рыбы (общей растворимости мышечных белков, растворимости миофибриллярных и саркоплазматических белков) в результате посмертных механохимических процессов в зависимости от температуры хранения рыбы 0—2°С и 15—16°С были проведены исследования.

В отличие от предшествующих наблюдения за изменением растворимости мышечных белков проводили в зависимости не от времени хранения рыбы, а от ее посмертного состояния, для чего фиксировали посмертное состояние рыбы при отборе проб с тем, чтобы получить наиболее сопоставимые результаты этих показателей в зависимости от температуры хранения рыбы. Помимо определения содержания небелковых азотистых веществ, общего содержания растворимых белков, а также миофибрилл и саркоплазмы, исследовали изменение водоудерживающей способности мышечной ткани и степень контракции филе,

полученного из рыбы сразу после убоа. Исследовали беломорскую треску, выловленную крючковой снастью.

Для опытов отбирали рыб примерно одинакового размера массой около 1 кг.

Посмертное состояние рыбы фиксировали при помощи угла прогиба [2]. Перечисленные показатели определяли на образцах рыбы в следующих посмертных состояниях: сразу после убоа, в начальной стадии окоченения, в стадии полного окоченения и в стадии расслабления после окоченения.

Содержание общего азота определяли по микрокельдалю, небелкового азота — по Лазаревскому, общего азота растворимых белков, в том числе саркоплазматических и миофибриллярных, по Дайеру, водоудерживающую способность — по Грау и Хамму, степень контракции филе — по Быкову [3].

Партию трески сразу после вылова и убоа делили на две части: одну хранили при температуре окружающего воздуха (15—16°С), другую помещали в лед (0—2°С). Перед закладкой на хранение рыбу упаковывали в полиэтиленовые пакеты, чтобы предотвратить ее набухание и усушку. По мере наступления у рыбы соответствующего посмертного состояния от нее отбирали пробы и проводили анализ на содержание указанных выше азотистых веществ.

Из данных, приведенных в табл. 1, видно, что содержание общего азота в мясе беломорской трески составляет от 2,5 до 3,1%, азота небелковых азотистых веществ от 0,210 до 0,225%. Соответственно этому общее содержание азотистых веществ ($N \times 6,25$) колеблется в мясе беломорской трески от 15,6 до 19,4%, а содержание белков от 14,2 до 18%. Соотношение содержания белковых и небелковых азотистых веществ к общему содержанию азотистых веществ составляет соответственно 91,2—93 и 7—8,8%. При этом посмертное состояние и температура хранения свежей рыбы не влияет на содержание белкового азота и его процентное отношение к общему содержанию азотистых веществ; это указывает на то, что в процессе хранения беломорской трески при различных температурах до стадии расслабления заметного гидролиза белковых веществ с образованием и накоплением небелковых азотистых веществ не происходит.

Таблица 1

Содержание азота в мясе трески

Посмертное состояние рыбы	Содержание %		
	общего азота	небелкового азота	всего азотистых веществ
Температура хранения 15—16°С			
Сразу после убоа	2,51—2,54	0,216	15,7—15,9
Начальная стадия окоченения	2,50	0,220	15,6
Стадия полного окоченения	2,90—3,00	0,220—0,225	18,1—18,8
Стадия расслабления	2,90—2,80	0,220	18,1—17,5
Температура хранения 0—2°С			
Сразу после убоа	2,51—2,54	0,216	15,7—15,9
Начальная стадия окоченения	2,45—2,50	0,210	15,3—15,6
Стадия полного окоченения	3,10—2,90	0,216	19,4—18,1
Стадия расслабления	2,67—2,80	0,216	16,7—17,5

Некоторые колебания содержания белковых и небелковых азотистых веществ обусловлены, по-видимому, индивидуальными особенностями рыб.

Из данных табл. 2 и рис. 1 и 2 видно, что общее содержание растворимых белков изменяется в зависимости от посмертного состояния рыбы. При этом характер и направленность изменения растворимости белков практически одинаковы как у рыб, хранившихся при 15—16° С, так и при 0—2° С.

Таблица 2

Содержание белка и его фракций в зависимости от посмертного состояния и температуры хранения рыбы

Посмертное состояние рыбы	Содержание азота белков, % к мясу рыбы			
	общее	растворимых	в том числе	
			саркоплазматических	миофибриллярных
Температура хранения 15—16°С				
Сразу после убоя	2,29—2,34	1,50—1,61	0,707—0,730	0,793—0,880
Начальная стадия окоченения	2,28—2,29	1,20	0,565	0,635
Стадия полного окоченения	2,68—2,78	1,00—1,10	0,500—0,518	0,500—0,582
Стадия расслабления	2,68—2,58	1,30—1,40	0,612—0,670	0,688—0,730
Температура хранения 0—2°С				
Сразу после убоя	2,29—2,34	1,50—1,61	0,707—0,730	0,793—0,880
Начальная стадия окоченения	2,24	1,40	0,670	0,730
Стадия полного окоченения	2,88—2,68	1,30	0,620	0,680
Стадия расслабления	2,45—2,58	1,40—1,45	0,675—0,680	0,725—0,790

Однако степень изменения растворимости белков у рыбы, хранившейся при разной температуре, была несколько различной. У рыбы, которая хранилась при 15—16° С, растворимость белков уменьшалась

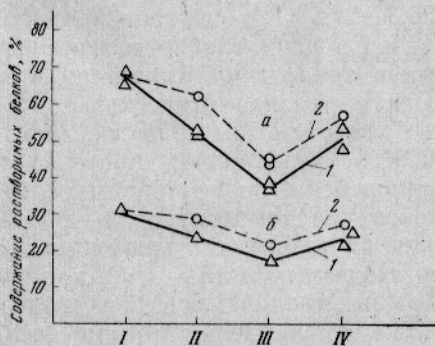


Рис. 1. Изменение содержания растворимых белков (а — общего; б — саркоплазматических) мяса беломорской трески во время хранения при температуре:
1 — 15—16°С; 2 — 0—2°С;
I — сразу после убоя; II — начало окоченения; III — полное окоченение; IV — расслабление.

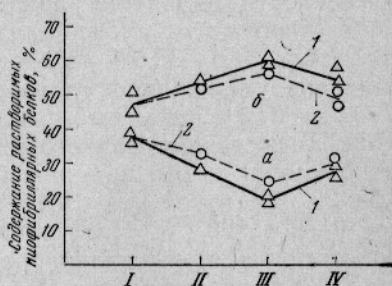


Рис. 2. Изменение содержания растворимых миофибриллярных белков (а) и водоудерживающей способности (б) мяса беломорской трески во время хранения (обозначения те же, что на рис. 1).

в результате наступления посмертного окоченения больше, чем у рыбы, хранившейся при 0—2° С.

И у тех и у других рыб при одинаковом исходном содержании растворимых белков (в среднем 67,2) при первых признаках окоченения понижалось содержание растворимых белков.

При этом у рыбы, хранившейся при температуре 15—16° С это понижение было более значительным, чем у рыбы, хранившейся при температуре 0—2° С. В первом случае содержание растворимых белков колебалось от 52,6 до 54,4%, а во втором — составило 62,5%. При наступлении полного окоченения наблюдалось дальнейшее понижение содержания растворимых белков: у рыбы, хранившейся при температуре 15—16° С, до 37,2—39,6% (в среднем 38,4%), а у рыбы, хранившейся при температуре 0—2° С, до 44,7—45,2% (в среднем 45%). Наступление стадии расслабления сопровождалось некоторым повышением содержания растворимых белков: у рыбы, хранившейся при температуре 15—16° С, до 48,5—54,2% (в среднем 51,4%), а у рыбы, хранившейся при температуре 0—2° С, до 56,2—57,1% (в среднем 56,7%).

Из данных табл. 2 видно, что растворимость белков изменяется как за счет саркоплазматической, так и за счет миофибриллярной фракции (см. рис. 1 и 2). При этом характер и направленность изменения растворимости обеих фракций белков практически одинаковы. Однако у миофибриллярной фракции понижение растворимости в результате наступления посмертного окоченения выражено более резко, чем у саркоплазматической. Это подтверждается следующими данными. Содержание растворимых саркоплазматических белков у рыбы сразу после вылова составило 30,2—30,9 (в среднем 30,6%). В начальной стадии окоченения у рыбы, хранившейся при температуре 15—16° С, растворимость понизилась до 24,8%, а у рыбы, хранившейся при температуре 0—2° С, до 29,9%. Хранение рыбы до состояния окоченения сопровождается дальнейшим понижением растворимости саркоплазматических белков. Так, у рыбы, хранившейся при температуре 15—16° С, содержание растворимого белка достигло 18,7—19,3% (в среднем 19,0%), а у рыбы, хранившейся при температуре 0—2° С, 21,5%. Расслабление мышечной ткани сопровождалось повышением растворимости саркоплазматических белков. У рыбы, хранившейся при температуре 15—16° С, растворимость саркоплазматических белков составила 22,8—25,1% (в среднем 24%), а у рыбы, хранившейся при температуре 0—2° С, соответственно 26,3—27,5% (в среднем 26,9%).

Как уже указывалось выше, характер и направленность изменения растворимости миофибриллярных белков аналогичны характеру и направленности изменения растворимости саркоплазматических.

Растворимость миофибриллярных белков у рыбы сразу после убоя составляла 34,6—38,6% (в среднем 36,6%). В начальной стадии окоченения она уменьшилась у рыбы, хранившейся при температуре 15—16° С, до 27,8%, а у рыбы, хранившейся при температуре 0—2° С, до 32,6%. В состоянии полного окоченения растворимость миофибриллярных белков у рыбы, хранившейся при температуре 15—16° С, достигла 18,5—20,3% (в среднем 19,4%), а у рыбы, хранившейся при температуре 0—2° С, 23,7%. Наступление стадии расслабления мяса рыбы сопровождалось повышением растворимости миофибриллярных белков. У рыбы, хранившейся при 15—16° С, она достигла 25,7—29,1% (в среднем 27,4%), а у рыбы, хранившейся при 0—2° С, еще выше — 29,6—29,9% (в среднем 29,8%).

Результаты наблюдения за изменением водоудерживающей способности мяса беломорской трески во время хранения при 15—16 и 0—2° С, приведенные в табл. 3, показывают, что при хранении беломорской трески изменяется водоудерживающая способность мяса ры-

бы под влиянием посмертных изменений, проявляющихся в наступлении и завершении посмертного окоченения. При этом характер и направленность изменения водоудерживающей способности у рыбы, хранившейся при 15—16°С, и у рыбы, хранившейся при 0—2°С, одинаковы.

Таблица 3

Изменение водоудерживающей способности мяса во время хранения

Посмертное состояние рыбы	Выделение сока при прессовании (в %) из рыбы, хранившейся при температуре, °С					
	15—16			0—2		
	образец № 1	образец № 2	среднее	образец № 1	образец № 2	среднее
Сразу после убоа	51,3	43,9	47,6	51,3	43,9	47,6
Начальная стадия окоченения	53,2	53,8	53,5	52,0	52,8	52,4
Стадия полного окоченения	58,0	62,4	60,2	57,6	57,1	57,4
Стадия расслабления	52,6	57,0	54,8	52,1	46,7	49,4
Среднее	—	—	54,0	—	—	51,4

Однако выделение сока у рыбы, хранившейся при 15—16°С несколько выше, чем у рыбы, хранившейся при 0—2°С. Характер зависимости между водоудерживающей способностью мяса рыбы и ее посмертным состоянием, а также температурами хранения рыбы подтверждается ранее установленными закономерностями на фиордовой треске [3]. Однако водоудерживающая способность мяса фиордовой трески характеризовалась гораздо более резкими изменениями в результате наступления у нее посмертного окоченения при повышенной температуре, чем при тех же условиях в опытах на беломорской треске.

Эту разницу в степени изменения водоудерживающей способности мяса рыбы можно объяснить различными методами ее определения. В опытах на фиордовой треске применяли метод центрифугирования, а в опытах на беломорской — прессования.

Таблица 4

Степень сокращения филе, хранившегося при различных температурах, %

Температура хранения филе, °С	Образец № 1	Образец № 2	Среднее
15—16	26,3	28,3	27,3
0—2	4,8	5,8	5,2

При использовании для определения водоудерживающей способности метода прессования мышечная ткань повреждается, а при использовании метода центрифугирования — остается неповрежденной, а кусочки мяса испытывает равномерное давление на все его части. По-видимому, метод прессования не дает возможности уловить некоторые изменения в неповрежденной мышечной ткани, которые удается обнаружить методом центрифугирования. Результаты дополнительных опытов по сопоставлению водоудерживающей способности мяса рыбы, определяемой методом центрифугирования и прессования, также показали, что два этих метода по-разному характеризуют водоудерживаю-

щую способность мяса рыбы и, следовательно, пределы применимости этих методов для характеристики гидрофильных свойств мяса рыбы следует уточнить.

Как видно из данных табл. 4, степень сокращения филе в результате наступления посмертного окоченения у образцов, хранившихся при разной температуре, резко различается. Так, филе, хранившееся при 15—16° С, сокращалось на 26,3—28,3% (в среднем 27,3%), а филе, хранившееся при 0—2° С, только на 4,8—5,6% (в среднем 5,2%). Было также замечено, что более резкое сокращение филе при повышенной температуре сопровождалось более значительным повреждением его структуры (разрывами по отдельным септам), чем слабое сокращение филе, хранившегося при низкой температуре.

Таким образом, сокращение филе, хранящегося при 15—16° С, в 5,3 выше, чем сокращение филе, хранящегося при 0—2° С. Эти данные показывают, насколько важно охладить рыбу до наступления посмертного окоченения, чтобы предотвратить сокращение филе и повреждение его структуры при повышенной температуре хранения.

ВЫВОДЫ

1. Соотношение белковых и небелковых азотистых веществ в мясе беломорской трески составляет 91,2—93% к 7—8%. Посмертное состояние и температура хранения не влияют на соотношение небелкового и белкового азота в мясе беломорской трески.

2. Общее содержание растворимых белков в мясе свежей рыбы во время хранения в результате посмертных процессов уменьшается с наступлением посмертного окоченения и повышается при расслаблении мышечной ткани. Характер и направленность изменения растворимости мышечных белков (саркоплазматических и миофибриллярных) одинаково независимо от температуры хранения рыбы. Однако при температуре хранения рыбы 15—16° С степень изменения растворимости белков выше, чем при 0—2° С.

3. Водоудерживающая способность мяса беломорской трески уменьшается при наступлении посмертного окоченения и затем снова увеличивается в результате расслабления мышечной ткани. На степень изменения водоудерживающей способности мяса рыбы оказывает влияние температура ее хранения. При температуре хранения рыбы 15—16° С водоудерживающая способность уменьшается в большей степени, чем при температуре 0—2° С.

4. Степень сокращения филе при наступлении посмертного окоченения зависит от температуры его хранения. При более высокой температуре хранения филе сокращается в большей степени (на 27,3%), чем при более низкой (на 5,2%). Соответственно этому при температуре 15—16° С наблюдаются разрывы филе по септам, а при температуре 0—2° С — нет.

5. Беломорскую треску необходимо охлаждать сразу после вылова, чтобы посмертное окоченение наступало у нее при температуре, близкой к 0° С, и изменения свойств мяса были наименьшими.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Быков В. П. О влиянии посмертного состояния рыбы на ее качество после замораживания и дефростации. — «Труды ВНИРО», 1962, т. XLV, с. 5—13.
2. Быков В. П. Об объективном методе оценки посмертного состояния рыбы. — «Труды молодых ученых ВНИРО», 1964, с. 190—198.
3. Быков В. П. О посмертном сокращении мускулатуры рыб. — «Информационный сборник ВНИРО», 1966, вып. 1, с. 136—162.

4. Быков В. П. О растворимости и агрегации мышечных белков при холодильной обработке рыбы. — «Труды ВНИРО», 1970, т. 73, с. 1—52.

5. Быков В. П. Обратимость процесса замораживания в зависимости от смертного состояния и способа дефростации рыбы. — «Труды ВНИРО», 1970, т. 73, с. 36—45.

6. Технологическая характеристика некоторых промысловых рыб Индийского океана. — «Труды ВНИРО», 1971, т. 72, с. 123—142. Авт.: В. П. Быков, О. Е. Макаров, В. Е. Тишин, Е. А. Хван.

7. Головкин Н. А., Першина Л. И. Посмертные механохимические изменения и их роль при консервировании рыбы холодом. — «Труды НИКИМРП», 1961, т. 1, вып. 2, с. 5—100.

8. Пискарёв А. И. Влияние предварительного хранения рыбы на ее гистологическую структуру и ее гидрофильные свойства при замерзании. — В сб. докладов от СССР на Московской конференции Международного института холода. Госториздат, 1959, с. 79—88.

9. Bramstedt F. and Auerbach, M. The spoilage of fresh water fish. Fish as Food. Vol. I. New York and London, Academic Press. 1961, pp. 613—634.

10. Bramsnaes F. and Paul Hansen. Technological problems connected with rigor mortis in fish requiring more knowledge from fundamental research. The Technology of Fish Utilization. London, Fishing News (Books) Ltd., 1965, pp. 3—4.

11. Dyer W., Frazer A. Moisture in fish blocks processed from very fresh fish. Can. Fisherm. 1961, Vol. 48, No 8, pp. 17—19.

12. Jones N. Problems associated with the freezing of very fresh fish. Organization for economic co-operation and development. Proc. Meet. Fish. Technology, 1964, pp. 31—55.

13. Love R. M. Protein denaturation in frozen fish. Effect of the onset and resolution of rigor mortis on denaturation. J. Sci. Fd. Agric., 1972, Vol. 13, No 10, 534 p.

ON THE EFFECT OF STORAGE TEMPERATURE ON POST-MORTEM CHANGES IN FISH

V. P. Bykov, E. A. Burmenko, M. N. Eremeeva, T. G. Sergeeva

SUMMARY

The effect of storage temperature on the nature and trends in post-mortem changes in White Sea cod has been studied. Observations have been carried out on the content of non-protein nitrogen, extractable proteins, sarcoplasmic and myofibrillar proteins included, as well as on the water-retention ability and the degree of fillet contraction.

The nature and trends in the post-mortem changes as related to the storage temperature are identical. However, they are more pronounced at the temperature 15—16°C than at 0—2°C. To produce a product of higher quality the fish should be chilled immediately after being caught, so that rigor mortis should set in at the temperature approximating 0°C, and the changes in the properties of the fish be minimum.

L'EFFET DE LA TEMPÉRATURE DE STOCKAGE DU POISSON SUR LE DÉVELOPPEMENT DES CHANGEMENTS POSTHUMES

V. P. Bykov, E. A. Bourmenko, M. N. Ereméeva, T. G. Serguéeva

RÉSUMÉ

On a étudié l'effet de la température de stockage de la morue de la mer Blanche sur le caractère et les tendances des changements posthumes. On observait la teneur en matières azoteuses non-protéiques, protéines dissolubles sarcoplasmiques et myofibrilleuses y comprises aussi bien que le pouvoir de retenir l'humidité et le degré de la contraction du filet. On a démontré, que le caractère et les tendances des changements posthumes en fonction de la température de stockage sont égaux. Cependant, à la température 15—16°C les changements sont plus accentués qu'à la température 0—2°C. Pour améliorer la qualité du produit le poisson doit être réfrigéré immédiatement après la pêche pour que la rigidité morbide ait lieu à la température proche à 0°C et que les changements des propriétés soient minimes.