

## ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ И ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ХРАНЕНИЯ НА КАЧЕСТВО МЯСА НЕКОТОРЫХ ПРЕСНОВОДНЫХ ВИДОВ РЫБ

И.В. Новик, З.В. Василенко

Изучено влияние способов обработки (филе, фарш) и температурного режима хранения (3 °С и 15 °С) на качество мяса карпа (*Cyprinus carpio*), радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) и речного окуня (*Perca fluviatilis*).

### Введение

Значение пресноводной рыбы как сырья для пищевой промышленности нельзя недооценивать, главным образом из-за ее химического состава, включающего большой спектр ценных для человека химических веществ, таких как полноценные белки, легкоусвояемые жиры, витамины и минеральные вещества. Употребление продуктов, в состав которых входит рыба, благотворно влияет на здоровье человека. Одним из важнейших составляющих производственной цепочки, при использовании рыбы как сырья для производства рыбопродуктов, является необходимость определения ее свежести. В настоящее время в основном используются методы органолептического, химического и микроскопического анализа свежести.

Имеющиеся литературные данные свидетельствуют о расхождении и нестабильности результатов исследования на свежесть рыбы, полученных по действующим стандартам. В этой связи возникает необходимость в разработке новых высокопроизводительных приборных методов определения качества рыбного сырья, что в определенной степени будет способствовать получению более высокого качества рыбных продуктов.

В настоящее время весьма перспективными являются методы анализа на основе данных о концентрации биогенных аминов для оперативного контроля качества продукции в пищевой промышленности и, в том числе, рыбной отрасли [1,2]. Эта группа соединений образуется в процессе ферментации и воздействия микроорганизмов (например, при хранении и производстве рыбной продукции). К ним относятся гистамин, тирамин, кадаверин, путресцин, серотонин и др. При этом основную угрозу в системе безопасности пищевых продуктов представляет собой гистамин, образующийся в некоторых видах рыб *post mortem* в результате действия бактерий [3]. Одновременно повышенное поступление гистамина в организм с продуктами питания может вызвать так называемую «гистаминовую» мигрень (синдром Хортона), головную боль (невралгия Харриса, характеризующаяся болью в области глаз, лба, височной части головы, слезотечением, воспалением слизистой носа) и другие симптомы, включая тошноту, понос, испарину, повышенное выделение желудочного сока, учащение сердцебиения и снижение диастолического (нижнего) кровяного давления. Кроме того, при одновременном воздействии биогенных аминов их совокупное влияние на организм человека оказывается сильнее, чем влияние каждого отдельного токсина.

В связи с этим исследование содержания биогенных аминов в процессе обработки и хранения рыбы является актуальным как с позиции влияния их на организм человека, так и как индикаторов качества рыбного сырья.

Целью данной работы являлось изучение влияния способов обработки (филе, фарш) и температурного режима хранения (3 °С и 15 °С) на качество мяса карпа (*Cyprinus carpio*), радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) и речного окуня (*Perca fluviatilis*).

### Результаты исследований и их обсуждение

Исследование динамики изменения концентраций биогенных аминов и органолептическая оценка проводились в филе и фарше карпа, радужной форели и речного окуня. Рыбы были доставлены в лабораторию из рыбхоза в живом виде. После снятия чешуи, потрошения и

обезглавливания тушки были филетированы. Далее вся масса филе была разделена на две группы. Первая группа филе была распределена по полиэтиленовым пакетам и помещена в термостаты (BMT Friocell 55) со стационарными температурами 3 °С и 15 °С. Вторая группа филе вместе с остатками после филетирования первой группы была переработана при помощи пресс-сепаратора (TR-6 ИП) на фарш. Полученный фарш был распределен по полиэтиленовым пакетам и также помещен в термостаты со стационарными температурами 3 °С и 15 °С.

В каждом температурном режиме в течение опыта отбирались образцы филе и фарша трех видов рыб, в которых аналитическими методами определялись концентрации биогенных аминов и проводилась органолептическая оценка свежести.

Изучение изменения динамики концентраций биогенных аминов при температурном режиме хранения 3 °С осуществлялась в филе в течение 18 суток, в фарше – до 13 суток, при температурном режиме хранения 15 °С определение концентраций биогенных аминов в фарше и филе проводилось 8 суток. Концентрации биогенных аминов (гистамина, кадаверина, путресцина, тирамина, триптамина, спермина и спермидина) определялись методом, описанным в работе Крижка и Пеликановой (1998) [4]. Навеска пробы массой  $\pm 40$  г с добавлением хлорной кислоты (0,6 моль/л) подвергалась процессу гомогенизации. После фильтрации объем полученного гомогената добавлением хлорной кислоты доводился до 150 мл. Процесс центрифугирования не проводился, так как мясо имело относительно низкое содержание жира. Далее определение концентрации биогенных аминов осуществлялось методом капиллярного зонного электрофореза в режиме мицеллярной электрокинетической хроматографии при помощи прибора SPECTRAPHORESIS 2000 (Thermo Separation Products, USA).

Для органолептической оценки применялась стандартная профильная методика [5]. Оценку проводили пять специалистов. Органолептическая оценка качества образцов проводилась в интервале от 1 до 4: 1 – отличное качество мяса (филе: упругая текстура, естественный запах и цвет; фарш: четко выраженная текстура, естественный запах и цвет), 2 – хорошее качество мяса (филе: упругая текстура, естественный запах, цвет приобрел более тусклые тона; фарш: четко выраженная текстура, естественный запах, цвет приобрел более тусклые тона); 3 – среднее качество мяса (филе: при надавливании на мясо образуется ямка, запах нейтральный, тусклый цвет; фарш: потеря четкости текстуры, запах нейтральный, тусклый цвет); 4 – мясо испорчено (мясо и фарш: рыхлая текстура, наличие жидкости, ощутимый запах разложения, тусклый цвет). Для всех групп мяса и температурных режимов хранения органолептическая оценка проводилась в течение 18 суток.

Значение концентраций биогенных аминов для всех групп проб и органолептическая оценка приведены в таблицах 1–4.

Изменение концентраций биогенных аминов в условиях двух температурных режимов хранения 3 °С и 15 °С на протяжении 18 суток для филе и 8 суток для фарша исследованы для мяса карпа, окуня и радужной форели. При оценке влияния четырех факторов (срока хранения, температурного режима хранения, способа обработки и вида рыбы) на динамику изменения концентраций биогенных аминов применялись регрессионный и корреляционный методы статистического анализа.

Проведенный нами статистический анализ данных динамики изменения концентраций путресцина, кадаверина, гистамина и тирамина показал, что наибольшее достоверное влияние на скорость повышения концентраций данных аминов в мясе исследуемых видов рыб оказывает срок хранения, затем температурный режим хранения и наименьшее – способ обработки мяса. Не было выявлено статистически значимое влияние вида рыбы на скорость роста концентраций данных биогенных аминов в мясе (таблица 5).

Результаты проведенных исследований показали, что путресцин и кадаверин являются доминирующими по концентрациям биогенными аминами в мясе карпа, форели и окуня и имеют довольно высокие значения, превышающие максимальные концентрации других исследуемых биогенных аминов в несколько раз.

Таблица 1 – Содержание биогенных аминов (мг/кг) и органолептическая оценка филе в зависимости от вида рыбы, температурного режима и продолжительности хранения в течение 1–9 суток

БА	Т	Вид рыб	Сутки								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
ПУТ	3	каarp	2,31	2,11	2,49	1,59	2,08	2,76	4,59	3,41	6,12
		окунь	1,47	2,27	1,38	2,05	1,06	1,73	1,90	2,46	5,44
		форель	3,08	3,33	2,54	3,41	3,05	3,52	3,43	3,81	3,84
	15	каarp	2,31	8,58	24,2	60,9	116	139	178	206	–
		окунь	1,47	7,62	33,7	35,5	48,4	71,2	99,6	130	–
		форель	3,08	9,73	20,1	56,1	92,3	144	174	193	–
КАД	3	каarp	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,45	0,98
		окунь	0,00	0,20	0,00	0,26	0,00	0,00	0,27	0,61	2,58
		форель	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	15	каarp	0,00	0,73	48,7	87,6	122	137	176	218	–
		окунь	0,00	1,22	22,1	35,4	83,5	89,2	122	153	–
		форель	0,00	0,10	22,4	72,9	84,5	99,9	101	129	–
ТР	3	каarp	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		окунь	0,00	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32
		форель	0,12	0,00	0,00	0,00	0,22	0,27	0,00	0,17	0,00
	15	каarp	0,00	0,00	1,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	–
		окунь	0,00	0,00	0,65	0,00	0,00	0,00	0,41	0,00	–
		форель	0,12	0,00	0,00	0,38	0,38	1,04	6,21	12,2	–
СЦД	3	каarp	16,1	18,4	18,2	15,2	15,5	17,7	8,22	10,1	5,25
		окунь	3,84	5,09	3,61	3,72	2,73	6,18	3,33	3,41	4,54
		форель	8,10	8,85	7,82	7,71	8,35	10,5	8,40	9,74	8,99
	15	каarp	16,1	25,3	21,1	11,8	11,8	7,16	2,21	1,95	–
		окунь	3,84	5,67	5,31	1,55	1,41	2,62	2,60	2,50	–
		форель	8,10	21,9	18,5	12,0	8,58	8,46	4,33	3,71	–
СПМ	3	каarp	2,52	4,24	2,78	2,53	2,10	1,35	4,08	5,59	1,06
		окунь	4,80	5,98	6,00	6,29	6,74	6,79	6,80	8,54	13,71
		форель	7,23	7,66	6,05	6,78	6,45	6,91	4,48	7,21	4,83
	15	каarp	2,52	5,04	5,41	4,10	5,19	4,80	3,37	2,48	–
		окунь	4,80	5,38	4,37	3,50	2,79	3,15	2,84	2,56	–
		форель	7,23	7,05	3,49	4,69	6,16	4,98	3,91	5,81	–
ГИС	3	каarp	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,55	0,33
		окунь	0,01	0,00	0,00	0,00	0,13	0,08	0,00	0,00	0,00
		форель	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	15	каarp	0,00	0,00	0,13	0,89	2,79	12,1	28,8	29,8	–
		окунь	0,01	0,00	0,26	1,85	6,70	34,6	35,7	36,1	–
		форель	0,00	0,00	0,00	0,41	6,62	22,5	31,5	34,1	–
ТИР	3	каarp	1,24	0,56	1,55	0,94	0,60	0,67	0,59	0,95	1,21
		окунь	0,00	0,52	0,00	0,46	0,22	0,27	0,57	0,97	1,03
		форель	0,21	0,51	0,40	0,37	0,41	0,46	0,76	0,95	0,70
	15	каarp	1,24	0,00	0,00	2,18	15,7	43,4	92,9	70,9	–
		окунь	0,00	0,00	0,80	1,60	8,10	40,8	56,0	78,0	–
		форель	0,21	0,09	0,25	7,34	7,33	33,8	51,8	86,5	–
О	3	каarp	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		окунь	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		форель	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	15	каarp	1	1	3	4	4	4	4	4	4
		окунь	1	1	3	3	3	4	4	4	4

Примечание – БА – биогенные амины; Т – температура хранения (°С); ПУТ – путресцин; КАД – кадаверин; ТР – триптамин; СЦД – спермидин; СПМ – спермин; ГИС – гистамин; ТИР – тирамин; О – органолептическая оценка.

Таблица 2 – Содержание биогенных аминов (мг/кг) и органолептическая оценка филе в зависимости от вида рыбы, температурного режима и продолжительности хранения в течение 10–18 суток

БА	Т	Вид рыб	Сутки						
			10	13	14	15	16	17	18
ПУТ	3	карп	9,91	10,7	12,7	10,4	27,4	38,5	74,7
		окунь	6,65	13,8	31,2	47,5	54,7	74,9	117
		форель	3,67	3,10	11,9	12,1	16,7	23,1	29,5
	15	карп	–	–	–	–	–	–	–
		окунь	–	–	–	–	–	–	–
		форель	–	–	–	–	–	–	–
КАД	3	карп	4,32	3,83	4,57	9,18	9,64	14,4	26,3
		окунь	3,04	10,9	25,7	51,4	82,3	127	150
		форель	0,00	0,00	7,08	27,1	26,6	30,9	38,8
	15	карп	–	–	–	–	–	–	–
		окунь	–	–	–	–	–	–	–
		форель	–	–	–	–	–	–	–
ТР	3	карп	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		окунь	0,00	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		форель	0,10	0,21	0,18	0,40	0,07	0,08	0,21
	15	карп	–	–	–	–	–	–	–
		окунь	–	–	–	–	–	–	–
		форель	–	–	–	–	–	–	–
СПД	3	карп	9,74	5,60	5,22	6,58	3,46	4,02	4,02
		окунь	1,32	1,20	1,47	1,88	3,20	2,81	2,01
		форель	6,47	6,75	9,37	6,43	8,22	9,55	5,96
	15	карп	–	–	–	–	–	–	–
		окунь	–	–	–	–	–	–	–
		форель	–	–	–	–	–	–	–
СПМ	3	карп	2,83	2,28	4,58	4,21	4,20	3,53	3,24
		окунь	7,83	6,13	4,92	4,78	3,15	3,40	2,89
		форель	5,81	6,26	10,1	9,37	4,50	5,23	4,41
	15	карп	–	–	–	–	–	–	–
		окунь	–	–	–	–	–	–	–
		форель	–	–	–	–	–	–	–
ГИС	3	карп	0,00	0,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11
		окунь	0,00	0,04	0,18	0,17	0,48	0,00	0,00
		форель	0,00	0,00	0,02	0,00	0,27	0,32	0,10
	15	карп	–	–	–	–	–	–	–
		окунь	–	–	–	–	–	–	–
		форель	–	–	–	–	–	–	–
ТИР	3	карп	1,30	4,90	0,42	3,13	0,10	0,32	0,46
		окунь	0,37	0,39	0,60	0,18	0,19	0,59	0,20
		форель	0,52	0,37	0,33	6,24	0,61	0,71	2,36
	15	карп	–	–	–	–	–	–	–
		окунь	–	–	–	–	–	–	–
		форель	–	–	–	–	–	–	–
О	3	карп	1	2	2	2	3	3	4
		окунь	1,2	2	3	3	3,2	4	4
		форель	1	1,2	2	2	2	3	3
	15	карп	4	4	4	4	4	4	4
		окунь	4	4	4	4	4	4	4

Примечание – БА – биогенные амины; Т – температура хранения (°С); ПУТ – путресцин; КАД – кадаверин; ТР – триптамин; СПД – спермидин; СПМ – спермин; ГИС – гистамин; ТИР – тирамин; О – органолептическая оценка

Таблица 3 – Содержание биогенных аминов (мг/кг) и органолептическая оценка фарша в зависимости от вида рыбы, температурного режима и продолжительности хранения в течение 1–9 суток

БА	Т	Вид рыб	Сутки								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
ПУТ	3	карп	4,69	4,97	5,18	5,54	6,12	6,26	6,59	8,25	41,6
		окунь	6,37	5,99	5,96	5,87	6,01	6,12	6,26	8,30	9,85
		форель	5,37	7,57	10,16	14,00	15,61	15,34	14,37	14,72	17,67
	15	карп	4,69	13,3	35,7	37,3	61,0	117	212	236	–
		окунь	6,37	17,0	25,1	84,8	183	253	342	385	–
		форель	5,37	11,4	16,7	19,0	59,5	126	211	297	–
КАД	3	карп	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,44	5,06	11,9
		окунь	0,60	1,86	0,00	0,50	0,60	0,29	0,50	0,65	2,00
		форель	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34	0,85
	15	карп	0,00	2,52	25,9	33,0	55,3	152	309	473	–
		окунь	0,60	1,84	27,0	99,6	190	316	457	552	–
		форель	0,00	2,35	8,91	36,1	123	280	484	837	–
ТР	3	карп	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		окунь	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		форель	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,18	0,00	0,00
	15	карп	0,00	0,48	0,00	0,00	0,91	1,72	4,62	7,51	–
		окунь	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	–
		форель	0,00	0,13	0,35	0,58	0,00	0,00	0,00	0,00	–
СПД	3	карп	9,00	24,2	14,7	19,3	32,8	19,7	27,8	16,3	28,2
		окунь	9,74	7,30	7,97	9,45	8,67	8,46	7,97	8,19	5,12
		форель	17,7	19,7	22,3	21,9	20,4	21,3	16,7	15,9	23,0
	15	карп	9,00	22,8	16,6	6,87	6,80	4,60	5,08	2,88	–
		окунь	9,7	4,55	2,46	1,07	0,94	0,79	0,44	0,13	–
		форель	17,7	8,05	10,1	7,37	1,45	2,60	1,51	1,46	–
СПМ	3	карп	1,40	4,10	4,44	4,87	4,85	3,57	6,31	6,37	9,30
		окунь	5,21	5,21	5,01	5,25	4,32	4,87	4,27	6,08	3,50
		форель	5,50	7,16	4,88	7,29	6,31	7,41	4,57	6,10	6,02
	15	карп	1,40	3,25	2,56	4,87	4,61	3,39	4,54	4,43	–
		окунь	5,21	7,30	4,23	4,33	3,56	5,52	3,52	3,91	–
		форель	5,50	6,15	8,45	8,68	6,42	5,04	4,92	4,57	–
ГИС	3	карп	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40
		окунь	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,10	0,00	0,00
		форель	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
	15	карп	0,00	0,26	0,18	2,11	26,1	35,0	35,5	38,6	–
		окунь	0,00	0,14	0,22	4,64	52,9	53,8	63,3	110	–
		форель	0,00	0,00	0,00	9,89	54,8	62,8	63,3	79,7	–
ТИР	3	карп	0,82	0,76	0,54	0,42	0,59	0,34	1,23	0,43	1,44
		окунь	0,21	0,31	0,33	0,20	0,65	0,75	0,64	0,66	0,23
		форель	0,05	0,00	0,00	0,35	0,00	0,02	0,35	0,20	0,48
	15	карп	0,82	0,41	0,00	3,44	15,5	40,9	62,6	74,7	–
		окунь	0,21	0,00	0,15	0,10	1,88	33,6	58,6	79,0	–
		форель	0,05	0,00	0,00	7,82	6,94	38,0	43,7	99,6	–
О	3	карп	1	1	1	1	1	1	1	2	3
		окунь	1	1	1	1	1	1,2	1	2	2
		форель	1	1	1,6	2	2	2	2	2	2
	15	карп	1	2	3,	3	4	4	4	4	4
		окунь	1	2	3	4	4	4	4	4	4
		форель	1	2	2	2	3	4	4	4	4

Примечание – БА – биогенные амины; Т – температура хранения (°С); ПУТ – путресцин; КАД – кадаверин; ТР – триптамин; СПД – спермидин; СПМ – спермин; ГИС – гистамин; ТИР – тирамин; О – органолептическая оценка

Таблица 4 – Содержание биогенных аминов (мг/кг) и органолептическая оценка фарша в зависимости от вида рыбы, температурного режима и продолжительности хранения в течение 10–18 суток

БА	Т	Вид рыб	Сутки							
			10	13	14	15	16	17	18	
ПУТ	3	карп	–	–	–	–	–	–	–	–
		окунь	14,8	25,7	–	–	–	–	–	–
		форель	23,5	–	–	–	–	–	–	–
	15	карп	–	–	–	–	–	–	–	–
		окунь	–	–	–	–	–	–	–	–
		форель	–	–	–	–	–	–	–	–
КАД	3	карп	–	–	–	–	–	–	–	–
		окунь	3,39	3,83	–	–	–	–	–	–
		форель	1,75	–	–	–	–	–	–	–
	15	карп	–	–	–	–	–	–	–	–
		окунь	–	–	–	–	–	–	–	–
		форель	–	–	–	–	–	–	–	–
ТР	3	карп	–	–	–	–	–	–	–	–
		окунь	0,00	0,00	–	–	–	–	–	–
		форель	0,00	–	–	–	–	–	–	–
	15	карп	–	–	–	–	–	–	–	–
		окунь	–	–	–	–	–	–	–	–
		форель	–	–	–	–	–	–	–	–
СПД	3	карп	–	–	–	–	–	–	–	–
		окунь	2,35	0,35	–	–	–	–	–	–
		форель	15,5	–	–	–	–	–	–	–
	15	карп	–	–	–	–	–	–	–	–
		окунь	–	–	–	–	–	–	–	–
		форель	–	–	–	–	–	–	–	–
СПМ	3	карп	–	–	–	–	–	–	–	–
		окунь	4,26	4,13	–	–	–	–	–	–
		форель	5,14	–	–	–	–	–	–	–
	15	карп	–	–	–	–	–	–	–	–
		окунь	–	–	–	–	–	–	–	–
		форель	–	–	–	–	–	–	–	–
ГИС	3	карп	–	–	–	–	–	–	–	–
		окунь	0,00	0,00	–	–	–	–	–	–
		форель	0,00	–	–	–	–	–	–	–
	15	карп	–	–	–	–	–	–	–	–
		окунь	–	–	–	–	–	–	–	–
		форель	–	–	–	–	–	–	–	–
ТИР	3	карп	–	–	–	–	–	–	–	–
		окунь	0,59	0,39	–	–	–	–	–	–
		форель	0,47	–	–	–	–	–	–	–
	15	карп	–	–	–	–	–	–	–	–
		окунь	–	–	–	–	–	–	–	–
		форель	–	–	–	–	–	–	–	–
О	3	карп	4	4	4	4	4	4	4	4
		окунь	3	3	4	4	4	4	4	4
		форель	3	3	4	4	4	4	4	4
	15	карп	4	4	4	4	4	4	4	4
		окунь	4	4	4	4	4	4	4	4
		форель	4	4	4	4	4	4	4	4

Примечание – БА – биогенные амины; Т – температура хранения (°С); ПУТ – путресцин; КАД – кадаверин; ТР – триптамин; СПД – спермидин; СПМ – спермин; ГИС – гистамин; ТИР – тирамин; О – органолептическая оценка

Статистически не удалось выявить степень влияния температурного режима хранения, срока хранения, способа обработки и вида рыбы на динамику изменения концентрации триптамина, спермина и спермидина в образцах. Значения концентраций триптамина в исследуемых группах проб имели относительно выраженную динамику лишь в пробах филе форели и фарша карпа при температуре хранения 15 °С. Даже при хранении мяса рыбы в температурном режиме 15 °С доля триптамина на 8 сутки эксперимента составила лишь 1 % от общей концентрации биогенных аминов.

Необходимо отметить, что доля спермина и спермидина от общей концентрации изучаемых биогенных аминов при хранении фарша в температурном режиме 3 °С составили 11 % и 25 % соответственно, что на первый взгляд является довольно большими процентными долями. Однако, если учесть то, что в большинстве литературных источников [1–3] приводится долговременная динамика изменения концентраций спермина и спермидина как колебательная, либо убывающая и, учитывая процентные доли этих биогенных аминов для группы проб фарша при температуре хранения 15 °С, можно предположить, что при увеличении временного интервала эксперимента доля спермина и спермидина уменьшится, а доля кадаверина, тирамина и гистамина увеличится. Описанная выше тенденция справедлива и для филе. Данные результаты сопоставимы с результатами, полученными Крижком (2002, 2004) [5,6].

Таблица 5 – Влияние исследуемых факторов на динамику изменения концентраций биогенных аминов и органолептической оценки

Параметр	Факторы											
	Вид рыбы			Способ обработки			Температура хранения			Срок хранения		
	B	t <sub>st</sub>	p	B	t <sub>st</sub>	p	B	t <sub>st</sub>	p	B	t <sub>st</sub>	p
О	-0,011	-0,782	0,436	0,041	3,325	0,001	0,192	15,062	0,000	0,437	6,285	0,000
Путресцин	-0,253	-0,219	0,827	2,354	2,358	0,020	10,155	9,819	0,000	30,497	5,405	0,000
Кадаверин	0,937	0,438	0,662	5,240	2,832	0,005	14,791	7,716	0,000	45,153	4,318	0,000
Триптамин	0,016	0,529	0,598	-0,011	-0,408	0,684	0,088	3,251	0,001	0,341	2,299	0,023
Спермидин	-0,184	-1,335	0,184	0,267	2,242	0,027	-0,538	-4,366	0,000	-1,725	-2,565	0,012
Спермин	0,224	6,181	0,000	-0,002	-0,059	0,953	-0,079	-2,446	0,016	0,184	1,037	0,302
Гистамин	0,335	1,081	0,282	0,783	2,925	0,004	2,291	8,260	0,000	8,140	5,380	0,000
Тирамин	-0,146	-0,395	0,693	0,328	1,025	0,307	2,295	6,921	0,000	9,129	5,046	0,000
БАИ1	0,114	0,191	0,849	1,374	2,664	0,009	3,784	7,081	0,000	12,155	4,169	0,000
БАИ2	0,685	0,215	0,830	7,594	2,761	0,007	24,946	8,754	0,000	75,651	4,866	0,000

Примечание – О – органолептическая оценка; B – стандартизированный коэффициент регрессии; t<sub>st</sub> – критерий Стьюдента; БАИ1 – первый индекс биогенных аминов ((путресцин + кадаверин + гистамин)/(1+спермин+спермидин)); БАИ2 – второй индекс биогенных аминов (путресцин + кадаверин)

Динамика изменения концентрации гистамина при температуре хранения мяса 3 °С имела незначительную колебательную тенденцию – от 0 до 0,55 мг/кг, доля же концентрации гистамина от общего объема биогенных аминов в последний день исследований составила 0 %. При температуре хранения мяса 15 °С динамика изменения концентрации гистамина имела возрастающую тенденцию, и доля данного биогенного амина на 8 сутки эксперимента в филе и фарше составила 8 % и 7 % соответственно. В результате проведенных исследований установлено, что максимальные концентрации гистамина в пробах при режиме хранения 3 °С находятся ниже допустимых значений, превышение которых представляет опасность для здоровья человека. В температурном режиме 15 °С значения максимальной концентрации гистамина на 6 сутки опытов превысило допустимые значения содержания в мясе рыбы, принятых в таких странах как Канада и США, и составили для фарша окуня и форели 63,3 мг/кг, и на 8 сутки в фарше окуня значение этого биогенного амина достигло величины 110,33 мг/кг, что превысило допустимые значения согласно СанПиН 42–123–4083–86.

Динамика изменения концентрации тирамина при температуре хранения филе и фарша 3 °С имеет подобную тенденцию, как и у гистамина, и достигает незначительной максимальной

ной величины 4,9 мг/кг. В температурном режиме хранения 15 °С концентрации тирамина имеют возрастающую тенденцию как в фарше, так и в филе. Хотелось бы также отметить, что температурный режим хранения имеет значительное влияние на скорость увеличения концентраций тирамина. Так, при температуре хранения филе 3 °С данный биогенный амин на восьмой день эксперимента составлял от общей доли концентрации биогенных аминов 1 %, а в температурном режиме хранения 15 °С его доля уже составила 17 %, для фарша увеличение составило от 1 % до 8 %.

В результате проведенных исследований были установлены достоверные изменения ряда концентраций биогенных аминов в зависимости от срока хранения фарша и филе исследуемых видов рыб. Достоверная корреляция с динамикой изменения концентрации путресцина вне зависимости от способа обработки, температурного режима хранения и вида рыбы составила для кадаверина ( $r=0,911$ ,  $P<0,05$ ), триптамина ( $r=0,37$ ,  $P<0,05$ ), спермидина ( $r=-0,4$ ,  $P<0,05$ ), спермина ( $r=-0,21$ ,  $P<0,05$ ), гистамина ( $r=0,89$ ,  $P<0,05$ ), тирамина ( $r=0,86$ ,  $P<0,05$ ). Нами установлено, что, в целом, с увеличением срока хранения филе и фарша концентрации путресцина, кадаверина, триптамина, гистамина и тирамина увеличиваются, а концентрации спермина и спермидина уменьшаются.

Статистический анализ полученных данных показал достоверную зависимость органолептического показателя от температурного режима и срока хранения, а также способа обработки. Выявлено, что степень влияния данных факторов уменьшается в следующем порядке: срок хранения, температурный режим хранения и способ обработки мяса. Фактор «вид рыбы» не оказал достоверного влияния на изменения органолептического показателя (таблицы 1–2).

Таблица 6 – Корреляционная зависимость динамики изменения органолептической оценки и динамик изменения концентраций путресцина, кадаверина, гистамина, тирамина, триптамина, БАИ 1 и БАИ2

Образец	Температура хранения	Вид рыбы	БАИ 1	БАИ 2	ПУТ	КАД	ТИР	ТРИП	ГИС
Филе	3 °С	каarp	<b>0,921*</b>	<b>0,936</b>	<b>0,926</b>	<b>0,944</b>	-0,071	0,088	-0,163
		окунь	<b>0,900</b>	<b>0,934</b>	<b>0,937</b>	<b>0,925</b>	-0,130	-0,250	0,393
		форель	<b>0,926</b>	<b>0,966</b>	<b>0,978</b>	<b>0,942</b>	0,388	0,287	<b>0,736</b>
	15 °С	каarp	0,552	<b>0,818</b>	<b>0,781</b>	<b>0,849</b>	0,559	-0,037	0,529
		окунь	<b>0,831</b>	<b>0,863</b>	<b>0,866</b>	<b>0,851</b>	<b>0,735</b>	0,246	<b>0,787</b>
		форель	<b>0,902</b>	<b>0,942</b>	<b>0,954</b>	<b>0,893</b>	<b>0,816</b>	0,663	<b>0,912</b>
Фарш	3 °С	каarp	<b>0,961</b>	<b>0,945</b>	<b>0,914</b>	<b>0,990</b>	0,518	0,301	<b>0,850</b>
		окунь	<b>0,830</b>	<b>0,892</b>	<b>0,877</b>	<b>0,866</b>	0,122	-0,231	-0,267
		форель	<b>0,945</b>	<b>0,967</b>	<b>0,971</b>	<b>0,720</b>	0,660	0,126	0,086
	15 °С	каarp	0,635	0,664	<b>0,724</b>	0,628	0,694	0,572	<b>0,826</b>
		окунь	0,650	<b>0,703</b>	<b>0,723</b>	0,686	0,500	<b>-0,780</b>	0,640
		форель	0,667	0,685	<b>0,711</b>	0,674	0,640	-0,227	<b>0,903</b>

Примечание – \*полужирным шрифтом обозначены значения  $r$ , достоверные при  $p<0,05$ ; БАИ1 – первый индекс биогенных аминов ((путресцин + кадаверин + гистамин)/(1+спермин+спермидин)); БАИ2 – второй индекс биогенных аминов (путресцин + кадаверин)

Проведенные ранее эксперименты на мясе карпа [5,6] показали, что концентрация путресцина, соотношение (путресцина+кадаверин+гистамин)/(1+спермидин+спермин) (далее БАИ1) либо сумму концентраций путресцина и кадаверина (далее БАИ2) возможно использовать как индикаторы качества мяса карпа и они сопоставимы с органолептической оценкой качества мяса. В работе чешских ученых приводится следующая примерная схема соотношения органолептического показателя и концентрации путресцина для мяса карпа (значение органолептического показателя – концентрация путресцина (мг/кг)): 1 – <10 мг/кг; 2 – (10–20 мг/кг); 3 – >20 мг/кг, где органолептической оценке 1 соответствовало хорошее качество образца, 2 – удовлетворительное качество и 3 – неудовлетворительное качество. Полученные



нами данные показали, что для мяса карпа, радужной форели и окуня при хранении в температурном режиме 3 °С концентрации путресцина, кадаверина, БАИ1 и БАИ2 могут являться индикаторами качества и сопоставимы с высокой достоверностью с органолептической оценкой.

Результаты наших исследований показали, что данную схему можно применять не только для оценки мяса карпа, но и мяса окуня и форели. В связи с тем, что применяемая нами органолептическая методика имела 4 градации, полученные нами результаты можно интерпретировать следующим образом: 1 – <10 мг/кг; 2 – (10–20 мг/кг); 3 – (20–60 мг/кг); 4 – >60 мг/кг.

### **Заключение**

Выявлено, что наибольшее влияние на скорость повышения концентраций путресцина, кадаверина, гистамина и тирамина и изменение органолептической оценки в мясе карпа, радужной форели и речного окуня оказывает срок хранения, затем температурный режим хранения и наименьшее – способ обработки мяса; влияние же фактора «вид рыб» не является статистически значимым. Показано, что при удовлетворительной свежести мяса карпа, форели и окуня концентрация гистамина не превосходит допустимые значения содержания его в мясе рыбы. Установлено, что путресцин является сигнальным веществом, определяющим качество мяса карпа, окуня и форели: содержание путресцина для 1 группы (отличное качество мяса) <10 мг/кг, для 2 группы (хорошее качество мяса) – (10–20 мг/кг), для 3 группы (среднее качество мяса) – (20–60 мг/кг), для 4 группы (мясо испорчено) – >60 мг/кг.

### **Литература**

- 1 Leo, M.L. Handbook of seafood products analysis / M.L. Leo, I. Nollet, F. Toldrá // Taylor & Francis Group. – 2010. – P. 910.
- 2 Halász, A. Biogenic amines and their production by microorganisms in food / A. Halász // Trends Food Sci. Tech. – 1994. – Vol. 5 – P. 42.
- 3 Морозов, А.А. Определение биогенных аминов в водных биоресурсах и продукция из них / А.А. Морозов, Н.Л. Чернышева, Л.П. Бахолдина, В. В. Шендерюк // Известия Калининградского государственного технического университета. – 2010. – № 17. – С. 79–83; 2 табл. – Библиогр.: с. 83.
- 4 Křížek, M. Determination of seven biogenic amines in foods by micellar electrokinetic capillary chromatography / M. Křížek, T. Pelikánová // Journal of Chromatography A. – 1998. – Vol. 815. – P. 243–250.
- 5 Křížek, M. Formation of selected biogenic amines in carp meat. / M. Křížek, T. Pavlíček, F. Vácha // Journal of the Science of Food and Agriculture. – 2002. – 82(9). – P. 1088–1093.
- 6 Křížek, M. Biogenic amines in vacuum-packed and non-vacuum-packed flesh of carp (*Cyprinus carpio*) stored at different temperatures / M. Křížek, L. Vorlová, F. Vácha // Food Chemistry. – 2004. – Vol. 88. – P. 185–191.

*Поступила в редакцию 12.12.2012*