

664.95I.014 : 664.95I.039.64

НЕКОТОРЫЕ БИОХИМИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СВЕЖЕЙ РЫБЫ  
ПОД ДЕЙСТВИЕМ ГАММА-ОБЛУЧЕНИЯ

А.В.Кардашев, Н.Д.Бобровская,  
Л.Б.Кляшторин, Н.В.Масленникова

При радиационной обработке в пищевых продуктах происходят изменения, вызывающие необходимость комплексного биохимического исследования процессов, происходящих при облучении и последующем хранении облученной рыбы. Асептическое хранение свежей рыбы после облучения позволяет получить ценные данные о денатурационных изменениях белков (Liston, 1965), активности тканевых ферментов и других показателей, характеризующих изменение различных компонентов автолизующей ткани мышц рыбы.

Интересны также исследования изменений содержания тиоловых соединений мышечной ткани при облучении. Как известно, сульфгидрильные группы в белках могут значительно изменяться под воздействием ионизирующей радиации (Амирагова и др., 1964; Connell, 1960). Однако данных об изменении содержания тиоловых соединений непосредственно в автолизующей ткани при больших дозах облучения еще недостаточно. Исследование активности ферментных систем организма при облучении — до сих пор одна из главных проблем радиобиологии (Фриц-Нитгли, 1961; Гродзенский, 1966). Многочисленные опыты по воздействию ионизирующего излучения на растворы очищенных ферментов показали, что они различаются по радиационной устойчивости (Нортроп и др., 1950; Кузин, 1962;

Varren, 1949). Устойчивость ферментов повышалась в присутствии веществ, содержащих тиоловые группы (цистеина, глутатиона, SH-содержащих белков), за счет "перехвата" ими части окислительных радикалов. Именно из-за принципиальных различий в действии ионизирующих излучений на изолированные биохимические компоненты тканей, находящихся в растворе и в составе биологических тканей, так трудно использовать многочисленные данные радиобиологических и медицинских работ при исследовании влияния радиации на пищевые объекты (Vaz, 1966).

Сведения о радиационных изменениях ферментных систем в клетках суммированы в ряде монографий и обзоров (Бак, Александер, 1965).

В связи с разработкой методов консервирования продуктов при помощи ионизирующей радиации большой интерес представляет также исследование изменений аминокислотного состава облучаемого пищевого сырья и пищевых продуктов, так как аминокислотный состав является одним из показателей пищевой ценности продукта.

За последнее время обстоятельно изучены процессы радиолиза аминокислот в разбавленных водных растворах. Результаты этих исследований изложены в ряде фундаментальных работ (Бовей, 1959). Была установлена относительно большая радиочувствительность серусодержащих и циклических аминокислот и несколько меньшая радиолабильность алифатических аминокислот, исследованы основные типы радиационного распада аминокислот и состав возникающих при этом продуктов радиолиза (аммиак, сероводород, амины, меркаптаны).

Несмотря на большое количество исследований, посвященных радиационному превращению аминокислот в растворах, число работ, освещающих изменения аминокислотного состава пищевых продуктов, невелико (Павловский, Пальмин, 1963; Метлицкий и др., 1967; Метлицкий, 1962); они касаются главным образом изменений аминокислотного состава тканей теплокровных животных. Оказалось, что у свиного, говяжьего и птичьего мяса биохимические компоненты изменяются по-разному и что в структуре мяса наиболее устойчивы к облучению белки.

Относительно изменения различных аминокислот в суммарном белке тканей теплокровных животных среди исследователей нет пока единого мнения, хотя большинство считает, что белок при гамма-радиации до 2 Мрад распадается не в большей степени, чем при тепловой обработке продукта. Например, при облучении филе пикши дозами в 0,15 и 2,5 Мрад аминокислотный состав мышечных белков рыбы существенно не изменялся (Brook et al., 1964, 1966).

Как уже упоминалось, белки в составе биологических тканей обладают высокой радиационной устойчивостью. Дозы гамма-радиации порядка 0,1–0,6 Мрад не вызывают каких-либо существенных изменений картины электрофоретического распределения фракций саркоплазматических белков мышц. Однако согласно данным некоторых авторов (Оппель, 1959), облучение дозами около 0,1–0,4 Мрад вызывает некоторое увеличение радиационного распада белков. Поэтому в данной работе было уделено внимание исследованию электрофоретического распределения безбелковых фракций саркоплазматических белков.

Нами были исследованы аминокислотный состав мышц свежего сома и балтийской трески при разных дозах гамма-радиации и изменения активности каталсинов, растворимости белка и содержания сульфгидрильных групп мышечных белков свежего сома при облучении и последующем хранении.

Материал и метод. Объектом исследования служила свежая рыба (сом), а при исследовании аминокислотного состава также балтийская треска. Сом весом 1,8–2 кг обезглавливали, снимали кожу и отделенные от костей мышцы пропускали через мясорубку; фарш охлаждали до 2–4°C, тщательно перемешивали и укладывали по 50 г в пакеты из двухслойной полиэтилен-целлофановой пленки (Щ-2). Таким же образом подготавливали к облучению пробы балтийской трески, но в пакеты закладывали обезглавленную и выпотрошенную рыбу весом около 0,5 кг. Пакеты вакуумировали и герметизировали на установке "Негро". Пробы облучали на гамма-облучателе Богучаровского отделения ВНИИКОП, а затем транспортировали и хранили в термоизоляционных контейнерах при температуре плюс 2–6°C.

Для определения активности катепсинов навеску мышечной ткани в 25 г гомогенизировали со 100 мл дистиллированной воды в микроизмельчителе при охлаждении льдом в течение 1,5 мин. Гомогенат центрифугировали 10 мин в центрифуге с охлаждением при 3000 об./мин. Надосадочную жидкость фильтровали через бумажный фильтр. Часть фильтрата фиксировали трихлоруксусной кислотой (до конечной концентрации 3%), освобождая от выпавшего белка центрифугированием и фильтровали через бумажный фильтр. В совершенно прозрачных фильтратах определяли содержание азота аминокислот формальным титрованием (Петрунькина, 1961; Збарский и др., 1954).

Активность катепсинов определяли по методу Ансона (Anson, 1939) с лиофилизированным гемоглобином быка в качестве субстрата. Для анализа брали 1 мл водного экстракта мышц и добавляли 2 мл буферного раствора pH 3,7-3,9 (обычно использовали 0,2 М ацетатный буфер). Пробы инкубировали 4 ч при 37°C, фиксировали 0,5 мл 21%-ной трихлоруксусной кислотой и центрифугировали для отделения осадка. К 1 мл надосадочной жидкости прибавляли 2 мл 0,5 N NaOH и 0,5 мл 0,5 N реактива Фолина. Через 30 мин после окрашивания пробы колориметрировали на ФЭК-М с фильтром № 3 (максимум пропускания около 680 мкм). Предварительно строили калибровочную кривую окраски с реактивом Фолина на тирозин. Растворимость белка определяли по методу Дайера (Dyer et al., 1950) в модификации Хусайни и Алма (Husaini, Alm, 1955) 3 г фарша экстрагировали 1,5 мин в микроизмельчителе с 50 мл ледяной дистиллированной воды. Осадок после центрифугирования с охлаждением растворяли в 50 мл ледяного раствора NaCl в течение того же времени и процедуру осаждения повторяли. Надосадочную жидкость фильтровали. Содержание общего и растворимого белка определяли после сжигания проб по Кьельдалю прямым колориметрическим методом Ланга (Lang, 1958). Содержание сульфгидрильных групп в полученных экстрактах определяли амперометрическим титрованием по модифицированному методу Кольтгофа (Сонина, 1967; Renesch et al., 1955). Величину поглощения (в ультрафиолетовой области спектра) в водных безбелковых экстрактах мышц рыбы опре-



деляли на спектрофотометре СФ-4А в кварцевых кюветах с длиной хода луча 10 мм.

Протеолитические тканевые ферменты рыб входят в состав водорастворимых саркоплазматических белков мышц. Катепсины хорошо экстрагируются растворителями с различной ионной силой (Siebert, Smitt, 1965). Специальные исследования по экстракции катепсинов рыб (Dollar, Blackwood, 1962) и птиц (Vermann, 1967) показали, что тканевые протеиназы несколько лучше экстрагируются дистиллированной водой, чем солевыми растворами разной концентрации.

Свободные аминокислоты выделяли из мышц по модифицированному методу Вуда (Wood, 1958). Белок расщепляли до аминокислот 24-часовым солянокислым гидролизом при 110°C. Аминокислоты разделяли на ионообменных колонках при помощи автоматического анализатора аминокислот фирмы "Хитачи".

Растворимые белки экстрагировали из фарша мышц сома фосфатным буфером в соотношении 1:1 (рН 7,2, ионная сила 0,1) в течение 2 ч. Смесь центрифугировали при 6000 об./мин. в течение 25 мин. Белки надосадочной жидкости осаждали трихлоруксусной кислотой (конечная концентрация 5%). Осадок отфильтровывали и фильтрат наносили на середину бумажной полосы для электрофореза в количестве 0,04 мл. Электрофоретическое разделение проводили с использованием вернал-ацетатного буфера (рН 8,6, ионная сила 0,1). Продолжительность электрофореза - 2 ч, напряжение 200 в. Электрофореграммы окрашивали раствором нингидрина в ацетоне с последующим денситометрированием и взвешиванием участков денситограмм, соответствующих отдельным фракциям.

Результаты и их обсуждение. При облучении проб мышечной ткани сома, снижение активности катепсинов заметно уже при дозе 0,3 Мрад (рис.1). С увеличением дозы активность тканевых протеинов продолжает падать и при дозе 2 Мрад уменьшение активности составляет 23%. При дозе облучения 0,6 Мрад активность катепсинов мышц быка снижалась на 50% (Фрумкин и др., 1962; Doty, Wachter, 1955). Падение ферментативной активности при облучении связано с денатураци-

рующим действием высоких доз ионизирующей радиации на белки. Однако непосредственная причина угнетения активности катепсинов при облучении не вполне ясна. Предположением об окислении под действием гамма-радиации тиоловых групп катепсинов вряд ли можно удовлетвориться, поскольку тканевые протеиназы рыб, хотя и содержат SH-группы, но почти не теряют активность при их блокировании. Кроме того (по нашим данным), общее содержание тиоловых групп в водорастворимых белках мышц рыб после облучения остается неизменным.

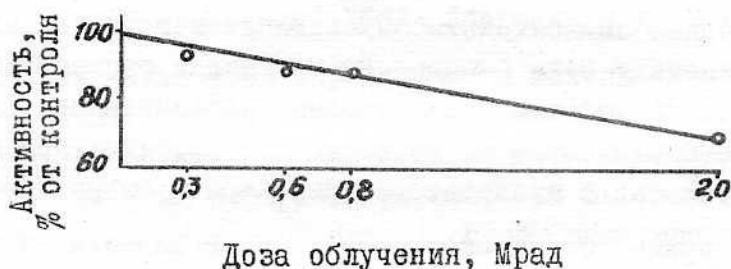


Рис. 1. Изменение активности катепсинов мышц сома в зависимости от дозы облучения.

В процессе хранения при 0–4<sup>0</sup>С как в облученных, так и контрольных пробах постепенно падала протеиназная активность (рис. 2). За 62 дня хранения активность в контрольной



Рис. 2. Изменение активности катепсинов мышц сома во время хранения.

пробе упала на 55%. В облученных пробах активность катепсинов уменьшилась на 48–53%. В литературе мы не обнаружили сведений об изменении активности тканевых протеолитических ферментов рыбы при длительном хранении. Данные об изменении активности катепсинов почек трески и морского окуня ограничиваются 14-дневным периодом хранения. При помощи облучения появляется возможность

хранить свежую рыбу (без замораживания) значительно дольше. Уменьшение активности катепсинов мышц быка, облученных

дозой 1,6 Мрад, отмечали после 150-дневного хранения при 37°C.

Сульфгидрильные соединения, являющиеся составной частью любой живой клетки, обладают высокой радиочувствительностью. При воздействии высоких доз ионизирующей радиации цистеин и метионин подвергаются радиационным превращениям, в результате которых образуются меркаптаны, диметилсульфид, метионал и ряд других серусодержащих соединений, придающих специфический запах облученному продукту. Радиационные превращения глутатиона и свободного цистеина в мясе рассматривают как один из наиболее чувствительных биохимических показателей влияния ионизирующей радиации на мышечную ткань. Как известно (Торчинский, 1962), тиоловые соединения по своей реакционной способности делятся на быстореагирующие (свободные низкомолекулярные тиоловые соединения типа цистеина или глутатиона), медленно реагирующие (сульфгидрильные группы белков) и замаскированные (тиоловые остатки, находящиеся глубоко внутри белковой цепи). Замаскированные сульфгидрильные группы можно определить только в присутствии денатурирующих соединений (гуанидина, мочевины или детергентов), которые разворачивают белковую цепь, благодаря чему ранее скрытые тиоловые группы становятся доступными для реагентов. Даже в водорастворимых белках плазмы крови или саркоплазматических белках имеются сульфгидрильные группы разной реакционной способности. Поэтому мы определяли общее содержание тиоловых групп в присутствии 4,5 М мочевины. Методика таких определений достаточно разработана (Riley, Leninger, 1964).

Как видно из рис.3, содержание сульфгидрильных групп в солерастворимой фракции мышц постепенно уменьшается с увеличением дозы облучения. Можно было предполагать, что содержание тиоловых групп в актомиозиновой фракции уменьшается за счет окисления или радиоллиза тиоловых остатков, однако, как показали измерения содержания белка (по содержанию азота), количество растворенного белка в этой фракции также уменьшается с увеличением дозы облучения. Удельное содержание сульфгидрильных групп, выраженное в микромолях на микромоль азота, в актомиозиновой фракции остае-

ся практически неизменным при всех использованных дозах облучения. Полученные данные подтверждаются ранее опубликованными (Пальмин, 1961) о стабильности тиоловых групп миозина из облученных мышц быка.

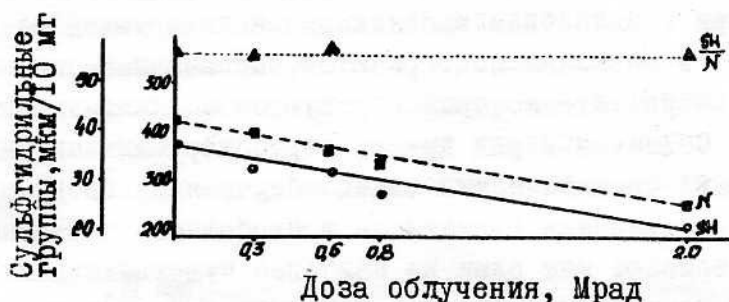


Рис. 3. Содержание сульфгидрильных групп азота в актомиозиновой фракции мышц сома при разных дозах облучения.

Заслуживает внимания также выявление денатурирующего действия гамма-радиации на белки актомиозинового комплекса, что выражается в уменьшении их растворимости в солевых растворах. Уменьшение растворимости мышечных белков широко используется как критерий степени их денатурированности. Как видно из рис. 3, степень денатурации актомиозиновой фракции белков мышц сома нарастает с увеличением дозы облучения. Известно, что при дозах ионизирующей радиации (Кузин, 1964) порядка сотен тысяч рад за счет возникновения "сшивок" между молекулами образуются агрегаты белка. Белковые молекулы при облучении укрупняются как за счет возникновения дисульфидных связей в процессе окисления сульфгидрильных групп, так и за счет появления дифенильных связей, которые образуются при радиационном окислении белковых цепей фенилаланина и тирозина. Следует упомянуть, что одновременно с агрегацией белков может происходить их радиационная деструкция. Интересно, что наблюдается главным образом разрыв углеродных цепей аминокислот, а пептидная связь затрагивается при этом в меньшей степени (Meritt, 1966).

Как было сказано выше, при хранении облученных проб мышц сома постепенно уменьшается растворимость актомиозиновой фракции мышц. С этим связано и дальнейшее уменьшение содержания тиоловых групп (рис. 4). Содержание сульфгидриль-



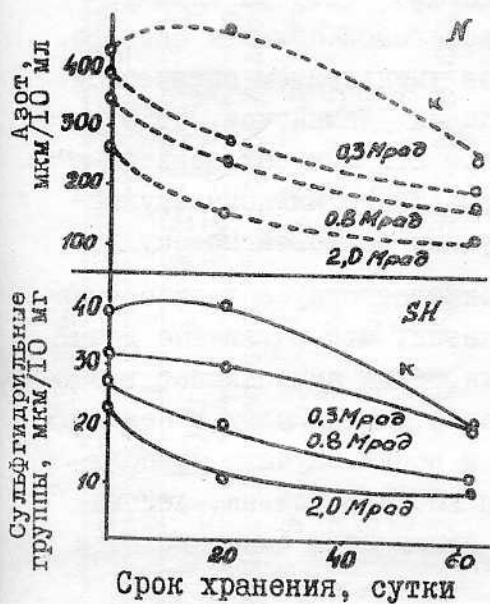


Рис. 4. Уменьшение содержания тиоловых групп и растворимости актомиозиновой фракции мышц сома во время хранения.

ных групп во фракции водорастворимых белков (белки саркоплазмы) слабо уменьшалось с увеличением дозы облучения и оставалось практически постоянным в течение 62-дневного хранения при 0-4°C. Содержание общего азота в этой фракции также почти не зависело от дозы и длительности хранения. Это позволяет исключить возможность падения содержания белка в актомиозиновой фракции за счет радиационной деполимеризации сократительных белков мышц и перехода значительной части азотосодержащих продуктов в водорастворимую фракцию белков мышц. Однако в водорастворимой фракции сома можно было отметить некоторые изменения, возникающие при действии облучения. На рис. 5 приведена зависимость между увеличением оптической плотности при 279 мкм в безбелковых фильтрах водного экстракта мышц и дозой облучения.

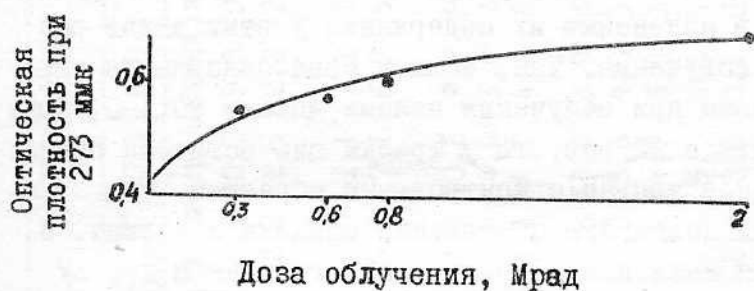


Рис. 5. Оптическая плотность безбелковых фильтратов мышц сома при разных дозах облучения.

Как известно, поглощение ультрафиолетового света в этом участке спектра обусловлено присутствием в растворе циклических аминокислот тирозина и триптофана. При облучении в результате радиационно-химической деструкции ти-

розина образуются продукты, обладающие более высокой поглощающей способностью в ультрафиолетовой области спектра. Радиоллиз триптофана сопровождается уменьшением оптической плотности при этих длинах волн (Хенох, Лапинская, 1958). Возможно, увеличение поглощения при 279 мкм обусловлено также накоплением в безбелковом фильтрате низкомолекулярных продуктов радиационной деструкции белковой молекулы.

Предварительный анализ аминокислотного состава суммарного белка мышц трески и сома показал, что различные дозы гамма-радиации не влияют на соотношение аминокислот в белке. Оказалось также, что соотношение аминокислот в белке мышц сома и трески очень сходно: в обоих случаях преобладают глутаминовая и аспарагиновая кислоты, лизин, лейцин — соответственно 15, 10, 9 и 8% от суммы всех аминокислот в белке (табл. I).

Данные о содержании свободных аминокислот показали, что их количество в мышцах сома и трески неодинаково. Если расположить все аминокислоты в порядке уменьшения их содержания, то в мышцах сома на первом месте окажется глицин, далее последуют триптофан, аланин, треонин и пролин. В мышцах трески на первом месте стоит лизин, далее аланин, глицин, гистидин и триптофан. Как видно из приведенных данных, в мышцах рыб обоих видов преобладают одни и те же свободные аминокислоты, но соотношение их различно. Возможно, в какой то мере именно этим и обуславливается несколько различная тенденция в изменении их содержания у этих видов рыб под действием облучения. Так, если у сома содержание глутаминовой кислоты при облучении малыми дозами (0,3–0,5Мрад) возрастает почти в 20 раз, то у трески оно остается приблизительно на одном уровне с контрольным образцом. Такое же изменение наблюдается и в содержании пролина и валина. В то же время для метионина, триптофана, глицина и других аминокислот наблюдается тенденция, общая для мышц сома и трески: при небольшой дозе гамма-радиации содержание таких аминокислот, как триптофан, серин, метионин, изолейцин, тирозин, уменьшается, а таких, как аланин и глицин, увеличивается. С увеличением дозы облучения (0,8–10Мрад) возрастает и содержание большинства свободных аминокислот.

Таблица I

АМИНОКИСЛОТЫ	Речной сом		Балтийская треска		Речной сом		Балтийская треска							
	КОНТ-РОЛЬ	0,3	0,8	2	КОНТ-РОЛЬ	0,5	1,0	КОНТ-РОЛЬ	0,5	1,0				
Лизин	8,8	10,0	9,8	9,6	11,9	9,8	8,6	8,3	9,3	9,3	9,2	54,9	36,5	39,3
Гистидин	2,8	2,5	2,2	2,2	2,4	2,0	1,7	5,1	5,5	6,1	4,9	24,9	47,5	31,0
Триптофан	-	-	-	-	-	-	-	20,4	12,7	18,0	16,3	15,6	12,0	15,5
Аммиак	1,0	1,1	1,1	1,1	Не определяли	Не определяли	Не определяли	1,5	1,0	1,2	1,1	2,1	1,3	1,8
Аргинин	5,5	7,1	6,7	5,8	6,1	Не опр.	6,2	3,5	3,7	4,8	4,0	Не определяли	Не определяли	Не определяли
Аспарагиновая кислота	9,4	10,1	9,7	9,4	11,0	11,9	10,3	8,2	3,6	3,6	5,9	0,2	1,0	2,5
Треонин	3,9	4,4	3,8	3,7	3,5	3,7	3,1	13,1	13,1	11,5	12,6	5,1	6,5	1,0
Серин	4,3	4,1	4,2	4,2	3,7	3,8	2,9	6,6	5,7	6,7	6,3	7,5	9,3	9,0
Глютаминовая кислота	13,8	13,8	13,9	13,9	16,0	16,5	13,7	0,4	8,6	6,0	4,9	7,8	8,3	11,0
Пролин	4,0	3,6	4,0	3,9	4,9	3,9	3,6	11,5	17,0	12,5	12,2	3,6	3,3	9,5
Глицин	4,1	4,7	3,9	3,9	3,9	4,4	4,0	28,7	30,2	31,1	29,7	29,4	57,0	6,0
Аланин	5,3	5,5	5,3	5,2	6,1	6,6	5,7	16,9	20,4	21,2	19,5	34,4	33,5	48,3
Цистин	1,0	0,6	0,1	0,9	Не определяли	Не определяли	Не определяли	1,9	4,5	2,7	2,3	Не определяли	Не определяли	Не определяли
Валин	4,7	4,4	4,4	4,2	5,0	5,4	5,1	6,1	7,7	7,0	6,8	4,4	Не опр.	4,5
Метионин	2,5	2,8	2,7	2,7	1,6	1,8	1,5	1,6	0,8	1,8	1,8	3,5	1,6	2,5
Изолейцин	4,6	4,9	4,8	4,7	6,0	5,8	5,4	5,3	4,8	6,2	5,9	3,2	1,8	4,5
Лейцин	7,7	8,1	8,1	8,0	10,2	10,2	8,8	9,4	8,7	10,4	10,2	4,8	3,2	7,6
Тирозин	3,4	3,2	2,8	2,6	2,1	2,5	1,0	4,6	1,5	5,2	4,3	2,9	2,1	3,4
Фенилаланин	3,9	4,2	4,2	4,1	4,9	4,8	4,2	4,5	2,0	4,8	4,7	2,4	4,3	3,4
Сумма аминокислот	90,7	95,1	92,5	90,0	98,6	93,4	85,0	157,7	169,4	170,1	162,6	208,6	229,5	241,8

Известно, что при воздействии на белковую молекулу больших доз гамма-радиации происходит радиационно-химическая деструкция белка, сопровождающаяся высвобождением из белковой молекулы аминокислот. Одновременно аминокислоты распадаются под действием радиации. Выявленное изменение может указывать на то, что под действием высоких доз облучения процесс деструкции белковой молекулы преобладает над разрушением самих аминокислот.

При электрофоретическом разделении безбелкового фильтра мышц необлученного сома обнаруживалось шесть, а у облученного - восемь фракций (табл.2). Фракции нумеровали в порядке их следования от точки нанесения: движущиеся к аноду - с индексом "+", к катоду - со значком "-".

Таблица 2

Дозы облучения, Мрад	Номера фракций							
	4 <sup>-</sup>	3 <sup>-</sup>	2 <sup>-</sup>	1 <sup>-</sup>	1 <sup>+</sup>	2 <sup>+</sup>	3 <sup>+</sup>	4 <sup>+</sup>
	Величины фракций до облучения (% от суммы всех фракций)							
	3,2	1,6	12,8	-	50,1	14,7	16,8	-
	Сразу после облучения							
Контроль	3,0	1,9	17,2	-	63,4	6,5	8,0	-
0,1	2,2	1,1	14,4	2,9	42,7	17,7	13,9	2,2
0,6	3,0	1,9	16,3	2,1	41,4	11,4	10,4	6,1
1,5	2,0	1,3	15,4	2,3	33,2	27,9	12,3	6,6
10,0	2,7	1,7	14,0	2,0	34,1	22,4	16,8	6,6
	20 дней хранения							
Контроль	1,2	0,6	8,5	-	68,3	18,3	1,7	-
0,1	-	-	14,1	-	66,1	-	17,4	-
0,6	-	-	13,1	-	69,9	-	17,3	-
1,5	-	-	6,3	-	76,4	-	18,0	-
10,0	-	-	7,7	-	79,9	-	11,6	-

Как следует из данных табл.2, в облученных образцах появляются фракции 1<sup>-</sup> и 4<sup>+</sup>. Фракции 1<sup>+</sup> уменьшаются, а фракции 2<sup>+</sup>, 3<sup>+</sup> и 4<sup>+</sup> относительно увеличиваются. После 20-дневного хранения как в облученных, так и контрольных пробах



(при температуре  $0,4^{\circ}\text{C}$ ) фракции  $1^{+}$  относительно увеличиваются, а почти все остальные — уменьшаются.

Появление новых фракций указывает на радиационное расщепление белков мышц и образование небольшого количества низкомолекулярных пептидов. Количество низкомолекулярных продуктов радиолиза белков возрастает с увеличением дозы облучения от 0,6 до 10 Мрад. Сходные результаты были получены Б.Ф.Сухомлиновым (1965) и Я.П.Чайкой (1965).

С повышением дозы облучения от 0,6 до 10 Мрад резко увеличиваются катодные фракции  $2^{+}$  и  $3^{+}$ ; это говорит о том, что высокие дозы проникающей радиации не только увеличивают содержание пептидных фрагментов, но и изменяют их качество. После 20-дневного хранения в безбелковых фильтрах опытных групп исчезают фракции щелочного ( $4^{-}$ ,  $3^{-}$  и  $1^{-}$ ) и кислого ( $2^{+}$  и  $4^{+}$ ) характера при всех дозах облучения, что является результатом автолитического распада образующихся пептидов под действием пептидаз мышечной ткани.

### В ы в о д ы

1. При облучении свежей рыбы (сома) активность катепсинов мышц снижается с увеличением дозы облучения. При дозе 2 Мрад уменьшение активности составило 23%.

2. С увеличением дозы облучения от 0,3 до 2 Мрад растворимость актомиозиновой фракции мышц сома снижается, что, по-видимому, обусловлено агрегацией сократительных белков мышц при облучении.

3. Содержание сульфгидрильных групп в белках актомиозиновой фракции в расчете на 1 мг белка под действием облучения не изменяется.

4. В водорастворимой фракции белков мышц рыбы как содержание сульфгидрильных групп, так и количество общего азота при облучении не изменяется.

5. Дозы гамма-радиации от 0,3 до 10 Мрад не изменяют соотношения аминокислот в белке.

6. Изменения содержания свободных аминокислот в мышцах облученной рыбы связаны со специфичностью действия радиации на скорость разрушения отдельных аминокислот и их отщепления от белковой молекулы.

7. На основании электрофоретических исследований можно сделать вывод об отщеплении от белка при облучении небольшого количества низкомолекулярных продуктов. Это подтверждается также увеличением оптической плотности безбелковых фильтратов мышц сома в ультрафиолетовой части спектра.

### Л и т е р а т у р а

- Амирагова М.И., Дуженкова Н.А., Савич А.В., Шальнов М.И. Первичные радиобиологические процессы. Атомиздат, 1964.
- Бак З., Александер П. Основы радиобиологии М., Изд-во "Мир", 1963.
- Бейли Дж. Методы химии белков. М., Изд-во "Мир", 1965.
- Бовой Ф. Действие ионизирующих излучений на природные и синтетические полимеры. М., Изд-во иностр. лит-ры, 1959.
- Гродзенский Д.Э. Радиобиология. М., Атомиздат, 1966.
- Збарский Б.И., Збарский И.Б., Солнцев А.И. Практикум по биологической химии. Медгиз, 1954.
- Кузин А.М. Радиационная биохимия. М., Изд. АН СССР, 1962.
- Кузин А.М. Радиационная химия биологически значимых веществ. Сб. "Основы радиационной биологии", М., Изд-во "Наука", 1964.
- Метлицкий Л.В. Биохимические аспекты радиационного метода хранения пищевых продуктов. Изв. АН СССР, биол.серия, 1962, № 6.
- Метлицкий Л.В., Рогачев В.И., Хрущев В.Г. Радиационная обработка пищевых продуктов. М., Изд-во "Экономика", 1967.
- Нортроп Д., Кунитц М., Херриот Р. Кристаллические ферменты. М., Изд-во иностр. лит-ры, 1950.
- Оппель В.В. Влияние гамма-лучей на растворы гемоглобина. Биохимия. Т.24, № 3, 1959.
- Павловский П.Е., Пальмин В.В. Биохимия мяса и мясопродуктов. М., Изд-во "Пищевая пром-сть", 1963.

Пальмин В.В. Изменение тиоловых соединений автолизирующей мышечной ткани при гамма-облучении  $Co^{60}$ . Междунар. биохим. конгресс, рефераты. М., изд. АН СССР, 1961.

Петрунькина А.М. Практическая биохимия. Л. Медгиз, 1961.

Сонгина О.А. Амперометрическое титрование. М., Изд-во "Химия", 1967.

Сухомлинов Б.Ф., Олейник Я.В. Влияние высоких доз гамма-излучения  $Co^{60}$  на аминокислотный состав и электрофоретическую характеристику растворимых белков мяса в процессе его хранения. Сб. "Биологич. действие радиации". Вып. 3, 1965.

Торчинский Ю.М. Сульфгидрильные и дисульфидные группы в ферментах. Сб. "Ферменты", Изд-во "Наука", 1962, № 2.

Фриц-Ниггли Х. Радиобиология, ее основы и достижения. Атомиздат, М., 1961.

Фрумкин М.Л., Павлов Г.Л., Дозорец Д.П. Автолитические изменения мяса при хранении. "Консервная и овощесушильная пром-сть", 1962, № 2.

Хенох М.А., Лапинская Е.М. Действие гамма-излучения  $Co^{60}$  на белок и аминокислоты. Тр. I Всесоюзн. совещ. по радиац. химии, 1958.

Чайка Я.П. Влияние рентгеновского облучения на интенсивность включения  $S^{35}$  метионина в растворимые белки тканей двенадцатиперстной кишки кролика. Сб. "Биологич. действие радиации". Вып. 3, 1965.

Anson, M.L. The estimation of pepsin, trypsin, papain and cathepsin with hemoglobin. "J. Gen. Physiol." 22, 1939.

Barron, G.S., Dickman, S. et al. Studies on the mechanism of action of ionizing radiation. I. Inhibition of enzymes by X-rays. "J. Gen. Physiol.", 32, 1949.

Benesch, R.E., Lardy, H.A. & Benesch, R. Sulphydryl groups of crystalline proteins. "J. Biol. Chem.", 216, 663, 1955.

Bermann, M.B. Catheptic activity of chicken muscle. Quantitative assay of haemoglobin splitting catheptic activity. "J. of Food Sci." 32 (5), 568, 1967.

- Brook, R.O., Ravesi, E.M., Gadbois, D.F., Steinberg, M.A. The effects of radiation pasteurization on amino acids and vitamins in haddock fillets. "Food Technol.", 1964, v.18, N 7; 1966, v.20, N 11.
- Connell, J.J. Changes in the adenosine triphosphatase activity and sulphhydryl groups of cod flesh during frozen storage. "J.Sci.Food Agric." 5, 1960.
- Dollar, A.M., C.M.Blackwood. Endogenous proteolytic enzymes and their action on water soluble fish tissue proteins. In "Fish in Nutrition". Fishing News, Lond., 1962.
- Doty, D.M. and J.M.Wachter. Influence of gamma-radiation on proteolytic enzymes activity of beef muscle. "J.Agr.Food. Chem.", 3, 1955.
- Dyer, W.I., H.V.French et al. Proteins in fish muscles. I.Extraction of protein fractions in fresh fish. "J.Fish.Res. Bd.Can.", 1(10), 585, 1950.
- Husaini, S.A. & Alm, F. Denaturation of proteins of egg white and of fish and its relation to the liberalisation of sulphhydryl groups during frozen storage. "Food.Res.", 20, 264, 1955.
- Lang, C.A. Simple microdetermination of Kjeldahl nitrogen in biological materials. "Analyt.Chem." 30(10), 1958.
- Liston, J. Bacteriological enzymes and their role in the deteriorative changes in fish. In "Technology of Fish Utilization". Fishing News, Lond., 1965.
- Meritt, C. Chemical changes induced by irradiation in meat and meat components. In "Food Irradiation", IAEA. Vienna, 1966.
- Riley, M.V. and A.L.Leninger. Changes in sulphhydryl groups of rat liver mitochondria during swelling and contraction. "J.Biol.Chem.", 239(6), 2083, 1964.
- Siebert, G. & A.Smitt. Fish tissue enzymes and their role in the deteriorative changes in fish. In "The Technology of Fish Utilization". Fishing News, Lond., 1965.
- Vas, K. Radiation resistance of enzymes in foods, irradiated against microbial damage. In "Food Irradiation", IAEA, Vienna, 1966.
- Wood, J.D. Biochemical studies on sockeye salmon during spawning migration. The non-protein nitrogenous constituents of the muscle. "Can.J.Bioch.Physiol.", v.36, N 8 1958.