

ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ СВЕЖЕЙ РЫБЫ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ГАММА-ЛУЧЕЙ

Канд. техн. наук А. В. КАРДАШЕВ,
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 — эквивалент 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 возникает некоторые реакции. Большое влияние на ход процесса радиолитической воды, кроме кислорода, оказывает рН среды, а также наличие веществ с восстановительными и окислительными свойствами.

Кроме косвенного действия через продукты радиолитической 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.

Облученные образцы сохраняли при комнатной температуре (15—18°С) и на холоде при температуре от 0 до +5°С. Сразу после облучения и в процессе последующего хранения рыбу исследовали¹, пользуясь при этом стандартными и некоторыми специальными методами [3, 4, 10, 14, 24].

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕРИЛИЗУЮЩИХ ДОЗ

Для свежей рыбы величина стерилизующей дозы зависит не только от начального общего содержания в ней микрофлоры, но и от состава ее [28].

В литературе имеются указания, что между величиной дозы облучения и количеством выживающих микроорганизмов существует определенная зависимость, подчиняющаяся экспоненциальному закону: логарифм числа микроорганизмов ($\lg n$) обратно пропорционален величине дозы [11, 20, 28]. Полученные нами данные подтверждают указанную закономерность (рис. 1).

Как видно из рис. 1, при содержании в 1 г мяса (филе) свежей рыбы 0,1—10 млн. микробных клеток после воздействия дозой 1,5 млн. р количество их снижается до единиц или десятков, иногда они вообще не обнаруживаются. В процессе хранения облученной рыбы количество микробных клеток в ней, независимо от температуры и дозы облучения, вначале возрастает, а затем опять резко снижается. Содержание микробных клеток в облученном филе сазана во время хранения² показано в табл. 1.

Количество остаточной микрофлоры в продукте при лучевой стерилизации, также как и при термической, зависит от первоначального обсеменения продукта. Однако по морфологическим признакам остаточная микрофлора в продуктах, подвергавшихся лучевой стерилизации, резко отличается от типичной остаточной микрофлоры обычных баночных консервов. Под действием облучения кокки теряют способность окрашиваться по Граму [17].

При хранении рыбы, облученной нестерилизующими дозами (до 1,5 млн. р), свойственная ей ранее микрофлора, угнетенная воздействием ионизирующего излучения (бактериостатический эффект), имеет тенденцию к восстановлению [28]. Наблюдения А. Н. Куликова (ВНИРО) и других исследователей показывают, что наиболее стойкими к облучению являются микрококки, а наименее стойкими — протеолитические микробы [11, 12, 17].

Таблица 1

Доза облучения в млн. р	Продолжительность хранения в сутках	Количество микробных клеток, обнаруженное в 1 г мяса рыбы во время хранения	
		при 0, +5°С	при 15—18°С
0,6	12	$3,8 \times 10^3$	—
	99	$6,1 \times 10^6$	—
	135	$7,0 \times 10^1$	—
1,5	15	Не обнаружены	Не обнаружены
	31	$4,3 \times 10^1$	$6,0 \times 10^1$
	99	$8,7 \times 10^3$	$4,4 \times 10^3$
	135	Не обнаружены	Не обнаружены

Микробиологические анализы рыбы до и после облучения, а также опыт продолжительного хранения облученной свежей рыбы (более 3 лет) показали, что для получения практически стерильного продукта достаточна доза облучения в 1,5 млн. р.

ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ РЫБЫ

Облучение вызывает изменение консистенции, вкуса, запаха и цвета рыбы, однако, степень изменения этих признаков у разных видов свежей рыбы неодинакова и зависит от дозы облучения. У свежей рыбы после облучения естественный

¹ В работе участвовала лаборант А. Т. Карнет.

² Микробиологические анализы выполнены А. Н. Куликовым.

вкус и аромат обычно сохранялся, но вместе с тем появлялся легкий посторонний оттенок в запахе и вкусе, который можно определить как «металлический». Этот оттенок у разных видов рыбы был выражен в разной степени. Иногда мясо свежих морских рыб после облучения приобретает также легкий запах креветок или крабов, а мяса пресноводных рыб — легкий запах подгоревшей рыбы.

Объясняется это явление образованием в рыбе небольших количеств летучих веществ в результате распада некоторой части аминокислот, аминов, амидов, жирных кислот и глицерина под действием облучения. К таким летучим веществам относятся сероводород, меркаптаны, аммиак, триметиламин и другие, которые образуются в количествах, не уловимых обычными микрометодами.

Посторонний привкус и запах, возникающий у некоторых видов рыб при облучении, во время последующего хранения и при термической обработке исчезал.

Консистенция рыбы после облучения становилась более плотной и даже сухой (треска, пикша), причем из рыбы выделялся сок. С повышением дозы облучения изменение консистенции усиливалось. Во время хранения облученной рыбы выделение сока из нее продолжалось, причем это явление было связано с автолизом. Особенно сильное выделение сока наблюдалось у сельди, сома, карпа и сазана.

Мясо рыбы с светлой окраской (треска, пикша, судак) при облучении обычно несколько темнело и приобретало оранжево-красный оттенок; в этом случае и сок, вытекающий из рыбы, был с красноватым оттенком. Цвет мяса сома, карпа, сазана, упакованного под вакуумом, после облучения становился пунцево-красным (также и сок); а цвет мяса, не подвергавшегося вакуумированию, — коричнево-красным, особенно на поверхности. Изменение цвета мяса при облучении обусловлено изменением гематиновых пигментов и находится в зависимости от дозы облучения и величины частичного давления кислорода в банке с упакованными образцами рыбы [15].

Хотя свежая рыба после облучения дозами 1,5–2,0 млн. р является практически стерильной, длительность хранения ее ограничена, так как протеолитические тканевые ферменты при таких дозах не инактивируются. Поэтому возможные сроки хранения разных видов облученной свежей рыбы зависят от активности содержащихся в ней ферментов и температурного режима хранения.

Наблюдения показали, что у облученной рыбы при хранении в результате автолиза может произойти полная деструкция тканей. Это явление наблюдалось у всех исследованных видов рыбы, но наступало в разные сроки в зависимости от вида рыбы и температуры ее хранения. Особенно сильно проявлялся автолиз при хранении облученной рыбы (треска, пикша), упакованной в банки, заполненные углекислым газом, который способствовал понижению рН рыбы.

В процессе хранения рыбы приобретенная ею при облучении окраска сохранялась.

При осмотрах облученной рыбы после длительного хранения (1–2 года) установлено, что рыба, обладающая активной ферментативной системой (карп, сазан, сельдь, салака) подвергалась типичной автолитической порче (произошла деструкция тканей и появился неприятный специфический запах — прелой листвы) у сельдевых рыб (сельди и салаки), кроме того, уже через полгода жир значительно окислился.

Данные органолептических испытаний позволяют заключить, что свежая нежирная рыба, подвергавшаяся облучению стерилизующими дозами, может храниться без значительного ухудшения качества при комнатной температуре (15–18°С) от 10 дней до 1 месяца, а при температуре 0, +5°С — от 1 до 6 месяцев в зависимости от вида рыбы.

ХИМИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ РЫБЫ

При исследовании азотистых веществ мяса рыбы установлено (табл. 2), что при облучении происходит уменьшение количества растворимых в воде белков и увеличение содержания небелкового азота (аминного азота, азота летучих оснований).

Уменьшение растворимости белков объясняется денатурирующим действием излучения. Пасынский [13] показал, что количество денатурированного серумальбумина при повышении дозы радиации от 0,3 до 2,5 млн. р увеличивается с 4,5 до 72,0%, т. е. почти пропорционально величине дозы. Установлено также, что с увеличением дозы возрастает количество свободных аминокислот и летучих оснований. Так, при облучении трески дозами 0,25; 0,5 и 1,0 млн. рад наблюдали [28] увеличение содержания летучих азотистых оснований соответственно на 140, 172 и 166% по сравнению с их исходным содержанием до облучения.

Проведенные нами определения свободных сульфгидрильных групп по методу, описанному Кольтгоффом и Харрисом [24], подтверждают наличие процесса денатурации белков в рыбе при облучении (табл. 3).

Как известно, по содержанию свободных сульфгидрильных групп (ССГ) можно судить о денатурационных процессах в белках. Из табл. 3 видно, что в резуль-

тате облучения свежей рыбы (только что убитой) количество ССГ увеличилось. Такой результат может быть получен только в том случае, если анализ рыбы проводили сразу после облучения, так как во время хранения облученной свежей

Таблица 2

Вид рыбы	Доза облучения в млн. р	Содержание различных форм азота в мясе свежей рыбы в % от общего азота			
		азот водорастворимых белков	азот небелковый	азот аминокислотный	азот летучих оснований
Треска	Контроль	13,6	11,7	1,0	1,9
	0,6	10,8	12,5	2,1	2,7
	1,5	9,6	13,3	2,4	2,7
Карп	Контроль	11,2	13,2	—	—
	1,3	4,5	25,0	—	—

рыбы содержание ССГ в ней уменьшается. Так, например, в облученном свежем карпе наблюдалось уменьшение количества ССГ через 4 и 15 дней, 4 месяца, 14 месяцев и 2 года соответственно с 38,0 мг % до 37,2; 28,3; 20,5; 10,6 и 7,3 мг %.

Таблица 3

Объект исследования	Содержание свободных сульфгидрильных групп в мг на 100 г мяса рыбы		Прирост (+) или убыль (-) в % от исходного содержания
	до облучения	после облучения	
Свежая рыба:			
сом	33,0	39,8	+20
сом	36,4	39,8	+10
карп	36,4*	39,8	+10
Дефростированная рыба:			
сом	224	205	-9
карп	262	218	-16
карп	318	224	-18
сазан	232	208	-10
Фарш свежей рыбы в смеси с водой:			
сом	43,0	33,0	-15
сом	46,2	36,4	-21
карп	43,0	33,0	-23
карп	46,2	36,4	-21
Водная вытяжка из мяса сазана .	66,0	59,5	-14
Фарш дефростированной рыбы в смеси с водой:			
сом	248	158	-36
сом	228	185	-19
карп	274	218	-19
сазан	244	165	-22
сазан	215	172	-20
Фарш дефростированной рыбы в смеси с водой, вакуумированный:			
сом	228	216	-4
сазан	218	198	-9

* Величина содержания свободных сульфгидрильных групп того же порядка, что и в работе Тцукуда [19].

У дефростированной рыбы и в смеси фарша рыбы с водой содержание ССГ после облучения резко уменьшалось. Продолжительное вакуумирование (до остаточного давления 10—20 мм рт. ст.) фарша с водой перед облучением снижает

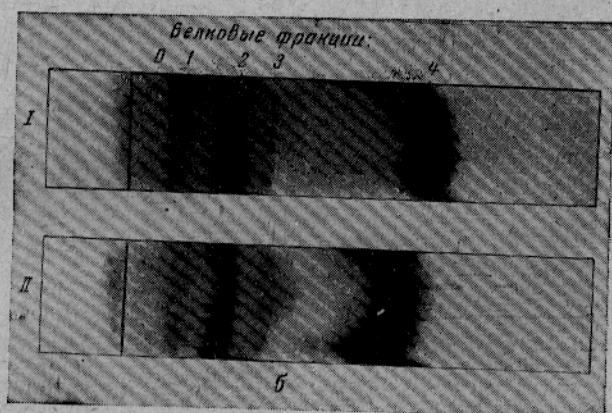


Рис. 2. Электрофореграммы водных вытяжек из мяса мороженой щуки:
а — облучению подвергали фарш, б — облучению подвергали смесь фарша с водой (1:1). I — до облучения, II — после облучения (доза — 1,34 млн. р).

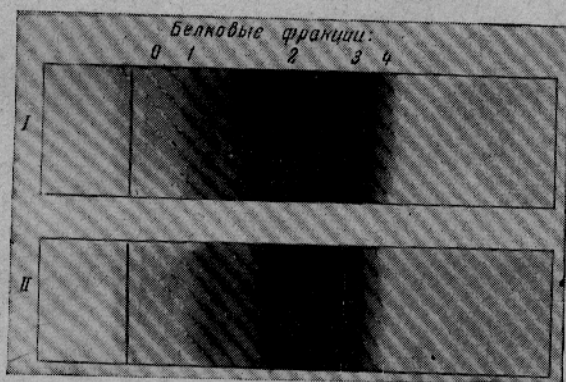


Рис. 3. Электрофореграмма водных вытяжек из мяса мороженого карпа:
I — до облучения, II — после облучения (доза — 1,05 млн. р).

потери ССГ. Эти данные подтверждают имеющиеся в литературе сведения [7, 16, 17] об отрицательном воздействии облучения на продукт при избытке кислорода. По-видимому, образующиеся при радиоллизе воды активные радикалы (например, HO_2) воздействуют на ССГ, окисляя их в каком-то количестве до разнообразных сернистых соединений. Таким образом, при облучении могут происходить одновременно два процесса: образование ССГ и распад вновь образовавшихся и ранее имевшихся ССГ.

Для выяснения денатурационного действия облучения на отдельные фракции растворимых белковых веществ был применен метод электрофореза¹. Принцип метода электрофореза состоит в следующем. Молекулы белка содержат основные и кислые поляризующиеся группы и обычно имеют определенный электрический заряд. Величина этого заряда зависит от первоначальных свойств и вида белка, а также pH среды, в которой белок растворен. В щелочной среде (мы применяли вероналовый буферный раствор с pH 8,6) белковые вещества заряжаются отрицательно. Если поместить некоторое количество исследуемого белкового раствора на хроматографическую бумагу, пропитанную щелочным буферным раствором, и затем пропустить через бумагу постоянный электрический ток, то отрицательно заряженные молекулы белка будут перемещаться к аноду. При этом скорость перемещения заряженных молекул, т. е. расстояние, на которое они продвинутся за определенное время, будет тем больше, чем больше величина их заряда и меньше размер частиц. В результате на бумаге получается ряд полос, которые проявляют специальными красящими растворами [4, 6]. Проявленные (окрашенные) электрофореграммы (рис. 2, 3, 4) могут быть расшифрованы на денситометре для получения данных о количественном содержании отдельных фракций белка (рис. 5).

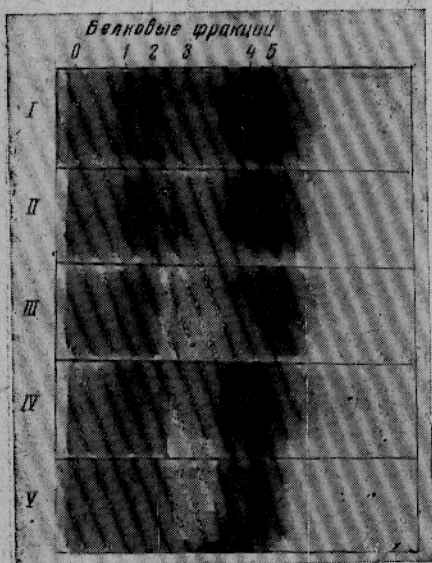


Рис. 4. Электрофореграммы водных вытяжек из мяса мороженой норвежской сельди:

I — до облучения, II — после облучения дозой 0,6 млн. p, III — после облучения дозой 1,0 млн. p, IV — после облучения дозой 1,5 млн. p, V — после облучения дозой 2,0 млн. p.

ни происходило явное изменение белковых веществ в результате их нагревания на бумаге, вследствие электролиза буферного раствора.

Из рис. 2, 3 и 4 видно, что количество белковых фракций, выделенных из водной вытяжки мяса разных рыб, было неодинаковым. Так, у щуки и карпа было выделено 4 фракции, а у сельди — 5 фракций. С повышением дозы облучения интенсивность окраски фракций 1, 2 и 3 уменьшалась, а у сельди фракции 1, 2 даже сливалась. Величина нулевой, наименее подвижной фракции обусловливается вероятно условиями центрифугирования водной вытяжки при отделении ее от фарша, но возможно также, что она зависит от агрегации белков в комплексы, не имеющие заряда, или мало подвижные из-за большой величины частиц.

Расшифровка электрофореграмм на денситометре и дальнейший подсчет площадей, ограниченных отдельными пиками (см. рис. 5), позволяет рассчитать относительное содержание отдельных белковых фракций (табл. 4).

Из данных табл. 4 видно, что наименьшие изменения в процессе облучения претерпевают наиболее подвижные фракции, близкие альбумину (фракции 4 и 5). Только в опыте облучения фарша щуки в смеси с водой наблюдалось некоторое относительное уменьшение содержания фракций, близких к альбумину, в остальных случаях наблюдалось даже небольшое увеличение их. Менее подвижные фракции (1, 2 и 3) белковых веществ типа глобулинов, видимо, наиболее чувствительны к облучению и относительное содержание их после облучения, как правило, уменьшается. Это особенно заметно, если учесть абсолютное уменьшение содержания белков в водной вытяжке из рыбы в результате облучения (см. последнюю графу табл. 4).

Кроме изменения содержания белковых и небелковых азотистых веществ в рыбе, в результате облучения также наблюдались изменения жира. Результаты

¹ Использовали аппарат типа ЭФА-1.

определения некоторых показателей жира мяса норвежской сельди: до и после облучения¹, а также во время хранения облученной сельди (при температуре от 0 до 5°С) и контрольной мороженой сельди (при температуре минус 10—12°С), представлены на рис. 6 и 7.

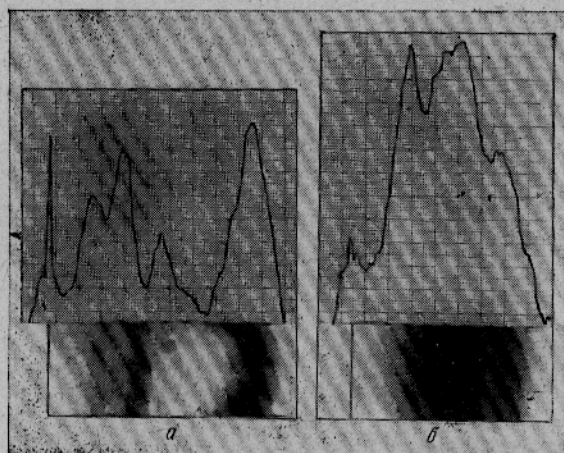


Рис. 5. Диаграммы, полученные при расшифровке электрофореграмм на денситометре. Распределение оптической плотности окрашенных отдельных фракций белка по длине электрофореграммы:

а — вытяжка из мяса щуки, б — вытяжка из мяса карпа.

Таблица 4

Доза облучения в млн. р	Содержание различных белковых фракций в водной вытяжке из мяса рыбы в % к общему количеству белковых веществ водной вытяжки ¹						Содержание растворимых белков в % к контролю
	0	1	2	3	4	5	
Щука мороженная							
Контроль	8	19,5	23	7	42,5	0	100
1,3	9	20,0	18	9	44,0	0	91,5
Щука мороженная (фарш в смеси с водой)							
Контроль	7	13,0	25,5	8,5	46,0	0	100
1,3	5	16,5	24,0	9,0	45,5	0	81
Карп мороженный							
Контроль	12	39	22,0	15	12,0	0	100
2,2	8	74,5			17,5	0	82
Карп свежий (литературные данные [21])							
Контроль	12	40	20	23	6	0	—
Сельдь норвежская мороженная ²							
Контроль	14	18	13	11,5	11	32,5	100
0,6	9	27,5		17,5	13,5	32,5	98
1,0	11,5	25		11	20	32,5	95
1,5	9	24		13	19	35,0	91
2,0	19,5	20		9	9	33,5	89

¹ Нулевая фракция — малоподвижная; 1, 2 и 3 фракции — белковые вещества, близкие к глобулинам; 4 и 5 фракции — белковые вещества, близкие к альбуминам.

² Облученную сельдь (дефростированную) исследовали после хранения в течение 60 дней при 0, +5°С; контролем служила мороженная сельдь.

¹ Для опыта была взята мороженная сельдь.

Из рис. 6 видно, что перекисное число жира, выделенного из сельди сразу после облучения, вне зависимости от дозы облучения было значительно меньше, чем у исходной мороженой сельди. В процессе хранения облученной сельди при температуре от 0 до +5°С перекисные числа жира также имели тенденцию к уменьшению. Напротив, у мороженой сельди во время хранения (при отсутствии герметической упаковки) перекисные числа резко возрастали.

Кислотное число жира сельди (рис. 7) после облучения и в процессе хранения в течение 60 дней возрастало. При дальнейшем хранении у мороженой сельди кислотное число продолжало увеличиваться, а у облученной — обнаружило тенденцию к уменьшению.

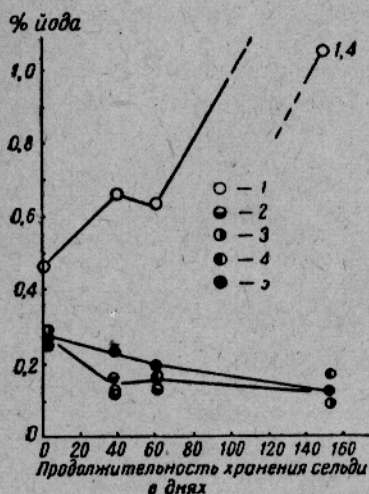


Рис. 6. Изменение перекисного числа жира в мясе мороженой сельди при ее облучении и дальнейшем хранении:

1 — до облучения, 2 — после облучения дозой 0,6 млн. р, 3 — после облучения дозой 1,0 млн. р, 4 — после облучения дозой 1,5 млн. р, 5 — после облучения дозой 2,0 млн. р.

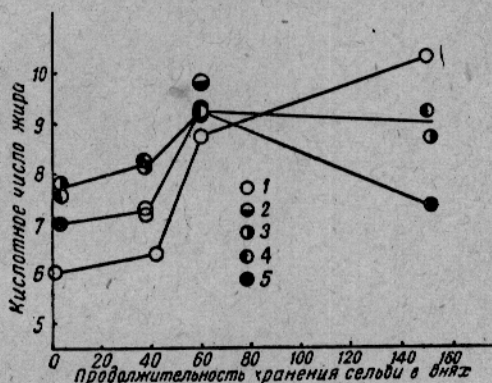


Рис. 7. Изменение кислотного числа жира в мясе мороженой сельди при ее облучении и дальнейшем хранении:

1 — до облучения, 2 — после облучения дозой 0,6 млн. р, 3 — после облучения дозой 1,0 млн. р, 4 — после облучения дозой 1,5 млн. р, 5 — после облучения дозой 2,0 млн. р.

Наряду с исследованиями изменений азотистых веществ и жира определяли рН и гидрофильность мяса рыбы, а также потери им сока и жира в результате облучения.

Под действием облучения обнаружилось значительное изменение концентрации водородных ионов мяса рыбы (табл. 5).

Таблица 5

Объект исследования	Доза облучения в млн. р	рН мяса рыбы			
		после облучения	после хранения при 0, + 5°С в течение		
			38 дней	60 дней	
Сом свежий	Контроль	6,85	—	—	
	1,0	6,65	—	—	
	1,5	6,50	—	—	
	2,0	6,20	—	—	
Шука мороженная	Контроль	6,32	—	—	
	1,3	6,45	—	—	
Сельдь норвежская вареная	Контроль	6,45	—	—	
	1,1	6,52	—	—	
Сельдь норвежская мороженная	Контроль	6,48	—	—	
	0,6	6,48	6,45	6,18	
	1,0	6,55	6,48	6,55	
	1,5	6,62	6,58	6,58	
	2,0	6,65	6,62	6,55	

У мороженой рыбы (сельдь и щука), а также у вареной сельди после облучения величина pH мяса увеличивалась, а у свежего сома, напротив, уменьшалась. Объяснить это различие пока не представляется возможным.

Во всяком случае изменение концентрации водородных ионов в мясе рыбы после облучения свидетельствует, что воздействие гамма-лучей способствует образованию каких-то новых соединений, природа которых еще не ясна.

При определении гидрофильности мяса модифицированным методом Думанского по растворяющей массе [3] установлено, что с повышением дозы облучения количество условно связанной воды уменьшается (табл. 6).

Таблица 6

Доза облучения в млн. p	Содержание связанной воды в % на сухое вещество			
	сельдь ¹		сом	
	после облучения	после хранения при 0, +5°C в течение 38 суток	после облучения	после хранения при 0, +5°C в течение 210 суток
Контроль	136	—	102*	—
1,0	130	95	192	—
1,5	122	95	175	167
2,0	117	120	132	189

¹ Сельдь норвежская мороженная.

* Исследовали только что убитую рыбу.

Вместе с тем в опыте с сомом обнаружилось, что при хранении облученной рыбы, когда проявляется значительное автолитическое действие ферментов, гидрофильность резко увеличивается. Это вызывается возрастанием количества частиц белковых фрагментов, в том числе растворимых в воде.

Опыты по выделению сока и жира из мяса необлученной и облученной мороженой сельди путем центрифугирования (рис. 8) показали, что ионизирующие излучения значительно изменяют физико-коллоидные свойства мяса рыбы. С повышением дозы облучения выделение сока и жира из рыбы увеличивалось. Это, так же как и изменение гидрофильности мяса, свидетельствует о том, что облучение сопровождается денатурацией мышечных белков. Внешним проявлением этого процесса является изменение консистенции мяса рыбы: с повышением дозы облучения мышечная ткань как бы сжималась (сокращалась) и становилась более упругой.

Во время хранения облученной сельди общее количество выделяющейся из нее жидкости (сока и жира) увеличивалось. При этом выделение сока во всех случаях было одинаковым независимо от дозы облучения, а выделение жира возрастало с повышением дозы облучения. Увеличение выделения сока и жира из облученной рыбы в процессе хранения было вызвано, по-видимому, автолитическим процессом, поскольку мясо сельди заметно размягчилось.

Для установления полноценности облученной рыбы проводятся ее физиологические испытания на животных. Проведенные до настоящего времени опыты не обнаружили наличия в облученных продуктах токсичных и канцерогенных веществ; не обнаружено также различий в усвояемости облученных и необлученных продуктов [20, 22, 25, 26].

Необходимости в исследовании на радиоактивность нет, так как теоретические предпосылки и экспериментальные данные [20] показывают невозможность образования наведенной радиоактивности у химических элементов пищевых продуктов при облучении их гамма-лучами кобальта-60.

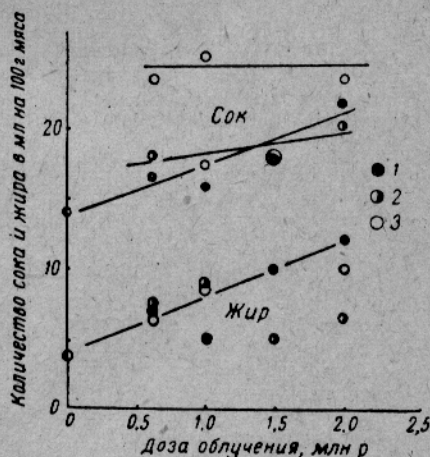


Рис. 8. Выделение сока и жира из мяса мороженой сельди после облучения и при последующем хранении:

1 — сразу после облучения, 2 — через 35 суток хранения, 3 — через 60 суток хранения.

ВЫВОДЫ

1. Ионизирующая радиация инактивирует микроорганизмы и при дозах облучения 1,5—2,0 млн. *p* свежая рыба становится практически стерильной.

2. Ионизирующие излучения при дозах 1,5—2,0 млн. *p* практически не инактивируют ферменты, поэтому в облученной рыбе при хранении протекают автолитические процессы. Кроме того, во время хранения происходят процессы коллоидного старения белковых тканей и изменения жира. В связи с этим срок хранения облученной свежей рыбы ограничивается в пределах от 2 недель до 2 месяцев в зависимости от вида рыбы и температуры.

3. Органолептические свойства рыбы при облучении несколько изменяются: появляется посторонний привкус и запахи, которые исчезают при кулинарной обработке облученной рыбы, кроме того, происходит некоторое уплотнение мяса и изменение его цвета.

4. Облучение сопровождается изменением некоторых химических, физико-химических и коллоидных свойств мяса рыбы. Степень этих изменений, так же как и органолептических показателей рыбы, зависит от многих факторов: режима облучения (величины и мощности дозы), вида рыбы и ее жирности, способа упаковки рыбы перед облучением и пр.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Биденко М. С. Использование гамма-лучей для консервирования рыбных продуктов. «Рыбное хозяйство», 1958, № 5.
2. Биденко М. С. Некоторые изменения, происходящие в мясе трески под действием гамма-излучений. Информационный сборник ВНИРО, 1960, № 6.
3. Вечер А. С. О формах и содержании воды в пластидах. Биохимия, Т. 15, Вып. 1. Изд-во АН СССР, 1950.
4. Гурвич А. Е. Электрофорез сыворотки крови на бумаге. Методические письма. Вып. 4. Изд. Института биологической и медицинской химии, АМН СССР, 1959.
5. Гусев Н. Г. и др. Гамма-излучение радиоактивных изотопов и продуктов деления. М., Изд-во физико-математической литературы, 1958.
6. Инструкция по эксплуатации аппарата для электрофореза на бумаге типа ЭФА-1. г. Фрунзе, 1959.
7. Кардашев А. В. Использование ионизирующих излучений для консервирования рыбы и рыбных продуктов. Сборник «Научно-техническая информация». Изд. ВНИРО, 1959, № 12.
8. Кузин А. М. Биохимические основы биологического действия ионизирующей радиации. Очерки по радиобиологии. Изд-во АН СССР, 1956.
9. Лагунов Л. Л., Кардашев Л. В. и др. Применение радиоактивных излучений для консервирования рыбы и рыбных продуктов. Информационный сборник ВНИРО, 1958, № 4.
10. Лазаревский А. А. Технохимический контроль в рыбообрабатывающей промышленности. Пищепромиздат, 1955.
11. Мейсель М. Н. и др. Об особенностях инактивации микроорганизмов при лучевой стерилизации. Серия АН СССР по мирному использованию атомной энергии. Изд-во АН СССР, 1955.
12. Мейсель М. Н. О биологическом действии ионизирующих излучений на микроорганизмы. Материалы Международной конференции по мирному использованию атомной энергии. Т. 2. Медгиз, 1958.
13. Пасынский А. Г., Действие ионизирующей радиации на растворы белков и белковых комплексов. Сессия АН СССР по мирному использованию атомной энергии. Изд-во АН СССР, 1955.
14. Пиульская В. И. Экспресс-метод экстрагирования жира из жировой ткани. «Мясная индустрия», 1958, № 1.
15. Регенерация и стабилизация оксигемоглобина в мясе при облучении гамма-лучами. Экспресс-информация АН СССР. Серия Пищевая промышленность. Вып. 13 (№ 49—50), апрель, 1957.
16. Сагезинский Н. Н. и Эмануэль Н. М. Метастабильное состояние белка и нуклеиновой кислоты, возникающее под действием излучения. Доклады АН СССР, Т. 31. 1960, № 5.
17. Сокурова Е. Н. О некоторых закономерностях действия ионизирующих излучений на микроорганизмы. Изв. АН СССР, Серия биологическая, 1956, № 6.
18. Тарусов Б. Н. Физико-химические механизмы биологического действия излучений. Успехи современной биологии. Т. 44, Вып. 2(5), 1957.
19. Тцукуда Н. и Ногучи Э. Исследование содержания SH-групп в мясе карпа в зависимости от свежести рыбы. Сборник «Научно-техническая информация». Изд. ВНИРО, 1959, № 9.
20. Хеннан Р. С. Научные и технологические проблемы применения ионизирующих излучений для консервирования пищевых продуктов. Пищепромиздат, 1957.
21. Эпштейн Я. И. и др. Биохимические сдвиги в организме карпа, вызванные введением антигенов. Биохимия. Т. 25. Вып. 3. 1960.

22. Becker R. R. et al., Nutritional and biochemical effects of irradiation. Food Technology, v. 10, N. 2, 1956.
 23. Cawer J. H., Steinberg M. A., Effect of radiation pasteurization in the storage life and acceptability of some North Atlantic fish. *Commerc. Fish. Rev.*, v. 21, N 10, 1959.
 24. Kolthoff M. and Harris W. E., Amperometric Titration of Mercaptans with Silver Nitrate., *Ind. Eng. Chem. Anal.*, v. 161, N. 18, 1946.
 25. Megary V., Shipman M. E., Acceptability of irradiated foods. *J. of the Americ. Dietetic Assoc.*, v. 32, N. 11, 1956.
 26. Megary V. et al., Acceptability of irradiated foods. *J. of the Americ. Dietetic Assoc.*, v. 32, N. 2, 1956.
 27. Mijauri D. T., Irradiation Preservation of Pacific North West Fish. 1 Cod Fillets. *Food Technology*, v. 14, N. 8, 1960.
 28. Shewan L. M, and Liston J., Experiments on the irradiation of fish with 4 Mev Cathode Rays and Cobalt 60 Gamma Rays. *Aconf. 15 (p) 66 United Kingdom*, 3 june 1958. Second United Nations International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy.
-