

Заключение. Микроэлементный статус организма высокопродуктивных коров в период с 5-го по 7-й месяцы лактации характеризовался дефицитом селена. Концентрация в крови данного микроэлемента составляла всего 26%-53% от минимальной нормы. Содержание витамина Е в сыворотке, в тот же период, не выходило за пределы нормативных значений, однако можно отметить снижение уровня этого показателя более чем в 2 раза. При морфологическом исследовании щитовидных желез были выявлены признаки гипопункции, аутоиммунно-го тиреоидита, гиперплазии эпителия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бомаш, Н.Ю. Морфологическая диагностика заболеваний щитовидной железы/ Н.Ю. Бомаш.— М., 1981. — С. 11-12.
2. Зайчик, А.Ш. Основы патохимии/ А.Ш. Зайчик, Л.П. Чурилов. — СПб., 2000. — С. 523-526.
3. Кондрахин, И.П. Эндокринные, аллергические и аутоиммунные болезни животных: справочник. — М., 2007. — С. 21-24.
4. Кондрахин, И.П. Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики/ И.П. Кондрахин, [и др.]. — М., 2004. — С. 32-34.
5. Пинский, С. Б. Диагностика заболеваний щитовидной железы/ С. Пинский, [и др.]. — М., 2005.— С.141-144.
6. Левченко, В.І. Внутрішні хвороби високопродуктивних корів (етіологія, діагностика, лікування і профілактика): Методичні рекомендації / В.І. Левченко, І.П. Кондрахін, В.В.Сахнюк та ін. — К., 2007. — С. 39-42.

УДК 639.371.52:546.49(438)

ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СОДЕРЖАНИЕ РТУТИ В МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ ВЫРАЩИВАЕМЫХ КАРПОВ (CYPRINUS CARPIO L.) В АСПЕКТЕ ТОКСИКОЛОГИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ В АГРОТУРИСТИКЕ

Т. Жарский¹, Н. Жарская¹, О. Янушко¹, В. Янушко¹, Е.А. Добрук²

¹УО «Варшавский сельскохозяйственный университет»

г. Варшава, Республика Польша

²УО «Гродненский государственный аграрный университет»

г. Гродно, Республика Беларусь

Аннотация. Целью проведения данного исследования было определение, в какой степени термическая обработка влияет на величину остатков содержания ртути в мышечной ткани. Всего было исследовано 33 карпа, средней живой массой 1060 г и длиной тела 36 см. Опыт был проведён в экспериментальной рыбачьей станции „Якторово”. Содержание ртути определяли методом спектрометрии атомной абсорбции (АSА). Содержание ртути в сырой мышечной ткани находилось в широких пределах от 29,6 до 70,9г и в среднем составило 43,2 мкг·кг⁻¹. В общем количество ртути в мышечной ткани после

варки осталось неизменным, а увеличение её содержания явилось причиной потери массы, вызванной термической обработкой либо расщеплением части растворимых веществ в процессе варки.

Summary The aim of this study was to determine the influence of boiling on the mercury concentration in the muscle of carps. The examinations were carried out on 33 carps at the mean body weight 1060 g and 36 cm body length. Mercury concentration in the samples of fish muscles was determined with AAS method, before and after one hour cooking in boiling water. The mean total mercury content in raw fish meat was $43,2 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ and oscillated between 29,6 and $70,9 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ Mercury concentration was increased after boiling to $55,4 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ and ranged from 40,5 to $87,2 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ It was 22 percent higher than in the raw fish meat and paralleled with the decrease of meat weight (22,2%) after cooking.

Введение. Человечеством используется огромное количество химических веществ. Не все они представляют опасность для здоровья. По существу, жизнь — это химия. Химические вещества синтезируются в наших организмах, используются и разрушаются. Однако сейчас создается также очень много веществ, опасных для окружающей среды и жизни человека. Потенциальная опасность любого вещества определяется в большей степени его устойчивостью в окружающей среде. Если разрушение вещества (химическое или биологическое) происходит очень медленно, то оно будет задерживаться в природе на длительное время и сможет распространиться далеко от источника. В соединениях ртути основным действующим компонентом является сама ртуть. При попадании в окружающую среду ртуть может за счет химических реакций переходить из одного состояния в другое, из микрокапелек жидкой ртути могут образоваться пары ртути, может адсорбироваться в строительных материалах.

Определить попадание ртути в организм человека вместе с пищей очень тяжело в связи с неравномерным содержанием данного элемента в разнообразных продуктах питания, а также в связи с существенными различиями в способе питания людей. Установлено, что главным источником ртути, а именно её метиловых соединений, для человека является рыба. В зависимости от возраста и массы рыбы количество ртути в ней увеличивается. Особенно велико содержание ртути у хищных рыб, так как они находятся на вершине пищевой пирамиды [3]. Некоторые специалисты-диетологи считают, что употребление в пищу рыбы может нанести вред здоровью, так как в определенных видах рыб содержится много ртути. Однако их оппоненты придерживаются мнения, что польза от рыбы перевешивает возможный вред. Большое содержание ртути отмечается также в грибах [9]. В связи с наличием ртути в рыбах и других морских организмах значительные количества обнаружены в диких птицах, особенно в тех, что питаются морскими ор-

ганизмами. У некоторых перелетных птиц обнаружено от 6 до 97 мкг/кг ртути, однако подобные концентрации не опасны. Формы, в которых ртуть накапливается в организмах птиц, разнообразны и зависят от вида, органа и места обитания.

На протяжении последних лет было проведено ряд исследований для определения величины ртути, попадаемой в организм человека в целом. Все исследования бесспорно доказали, что данная величина находится в тесной зависимости от количества употребляемой рыбы. Szpremier-Juszkiewicz отмечает, что житель Финляндии потребляет вместе с рыбой около 60% ртути. В Польше ситуация выглядит наоборот, большая половина ртути попадает в организм человека с продуктами растительного происхождения (около 64%), что объясняется низким уровнем потребления рыб в РП (около 20 г/день на человека) [5]. Нельзя, однако, не вспомнить, что у определённых групп людей – таких как рыбаки и их семьи, удильщики, владельцы агротуристических хозяйств, имеющих в собственности искусственные водоёмы, уровень потреблённой ртути гораздо выше. При поступлении ртути в организм человека в повышенных концентрациях она способна накапливаться во внутренних органах – печени, почках, сердце и головном мозге.

Одними из первых публикаций об содержании ртути в пресноводных рыбах были результаты исследований Stocka и др. [4] в 1934 году, а также Reedera и соавторов [2] в 1949 году, где данные находились в границах от 30 до 180 $\mu\text{г}\cdot\text{кг}^{-1}$ Hg в свежей ткани. Исследования правдоподобно были проведены на рыбах, обитающих в незагрязнённых водах. В 1973 году Всемирная Организация Здравоохранения установила, что уровень ртути в рыбах, обитающих в загрязнённых водах, может быть от 200 до 500 $\mu\text{г}\cdot\text{кг}^{-1}$, а в сильнозагрязнённых водах даже достигнуть до 20 000 $\mu\text{г}\cdot\text{кг}^{-1}$ [2].

Проведённые в этом же направлении исследования Zimaka и др. [6] показали, что содержание ртути в пресноводных рыбах с Варшавского рынка колебалось в пределах от 20 до 70 $\mu\text{г}\cdot\text{кг}^{-1}$ в зависимости от вида рыбы. Наименьшее содержание данного элемента было отмечено в мышечной ткани карпов (20 $\mu\text{г}\cdot\text{кг}^{-1}$), а наивысшее – в плотве (70 $\mu\text{г}\cdot\text{кг}^{-1}$).

В собственных исследованиях, проведённых на рыбах, обитающих в центральном течении Вислы, в 1993 году, был отмечен высокий уровень ртути, а именно у планктоноядных рыб 102 $\mu\text{г}\cdot\text{кг}^{-1}$ Hg, а у хищных 197 $\mu\text{г}\cdot\text{кг}^{-1}$ Hg в свежей ткани [8]. Наибольшее содержание данного элемента у обоих видов рыб составляло соответственно 272 и 408 $\mu\text{г}\cdot\text{кг}^{-1}$.

Ртуть в рыбе выступает в 90-100% в виде метиловых соединений, поэтому Агентство по охране окружающей среды (EPA) в США в свя-

зи с высокой стоимостью анализа содержания метилртути рекомендует исследования полного количества ртути в рыбах считать как равносильные [1]. Алкилртутные соединения, в особенности метилртуть (CH_3Hg^+), проявляют сильные свойства накопления в организме человека (биоаккумуляции). Метилированная форма ртути из-за большей растворимости в жирах быстро проходит через биологические мембраны, легко проникает через плаценту, в результате чего воздействует на развивающийся эмбрион и плод. Также установлено, что метилртутные соединения легко усваиваются из пищеварительного тракта в количестве свыше 90% принятой дозы с пищей. Из тела человека ртутные соединения выводятся очень медленно. Когда люди потребляют зараженную рыбу, метилртуть задерживается в их организме на довольно продолжительное время. Если они едят рыбу достаточно часто, метилртуть поступает в организм быстрее, чем успевает выходить из него. В результате она накапливается в их тканях и при достижении определенного уровня начинает проявлять токсическое действие.

Растворившись в воде, метилртуть может быть в такой низкой концентрации, что ее трудно определить самыми современными аналитическими методами, однако концентрация ртути на каждом уровне пищевой цепи возрастает. По сравнению с содержанием метилртути в воде, в рыбе ее концентрация увеличивается в 1000-10000 раз в зависимости от вида рыбы. Замыкает же пищевую цепочку человек, питаясь рыбой, которая и становится главным источником его отравления метилртутью [1].

Целью проведения данного исследования было определение, в какой степени термическая обработка влияет на величину остатков содержания ртути в мышечной ткани. Теоретически, принимая во внимание лёгкость перехода ртути в состояние пара, было принято, что этот метод значительно уменьшит уровень данного элемента в мышечной ткани карпов.

Материал и методика исследований. Опыт был проведён весной в экспериментальной рыбацкой станции „Якторово” зооинженерного факультета Варшавского сельскохозяйственного университета. Всего было исследовано 33 карпа, средней живой массой 1060 г и длиной тела 36 см. Образцом для анализа явилась мышечная ткань большой боковой мышцы, взятой в надосевой части средней массой около 20 гр. В образцах мышечной ткани было определено содержание ртути перед варкой и после часовой варки в воде. А также была определена масса образца перед и после варки, предварительно осушив его на пергаментной бумаге. Измерения массы образцов было проведено с точностью в 1 мг.

Содержание ртути определяли методом спектрометрии атомной абсорбции (АSА) при использовании автоматического анализатора следов ртути АМА-254. Все процессы анализатора были выполнены автоматически под контролем компьютерной программы АМА – фирмы Altec Чешской Республики. Точность метода составляет $0,01 \text{ нг} \cdot \text{г}^{-1}$.

Полученные результаты обработали статистически, используя программу Statgraphics 6+. Была рассчитана средняя арифметическая, среднее квадратическое отклонение, минимальные и максимальные величины исследуемых образцов.

Результаты исследований и их обсуждение. Результаты исследования представлены в таблице.

Таблица – Влияние термической обработки на содержание ртути в мышечной ткани карпов (*Cyprinus carpio*)

Показатель	Средняя величина \bar{x}	Квадратическое отклонение s	Min	Max
Масса пробы до варки (г)	20,390	4,406	14,701	25,334
Масса пробы после варки (г)	15,866	3,349	11,244	19,031
Убыток массы после варки (г)	4,524	1,218	3,457	6,303
Убыток массы после варки в %	22,2	2,5	17,9	30,9
Содержание ртути в мышечной ткани в сыром виде $\mu\text{г} \cdot \text{кг}^{-1}$	43,2	8,8	29,6	70,9
Содержание ртути в мышечной ткани после варки $\mu\text{г} \cdot \text{кг}^{-1}$	55,4	11,5	40,5	87,2
Рост содержания ртути в мышечной ткани после варки $\mu\text{г} \cdot \text{кг}^{-1}$	12,2	2,7	10,9	16,3
Рост содержания ртути в мышечной ткани после варки в %	22,0	2,4	18,7	26,9

Из данных таблицы следует, что средняя масса образца мышечной ткани составляла 20,390 г, колеблясь в пределах от 14,701 до 25,334 г. Варка уменьшила среднюю массу образца на 4,524 г, что составило около 22,2% массы мышечной ткани в сыром виде.

Содержание ртути в сырой мышечной ткани находилось в широких пределах от 29,6 до 70,9 г и в среднем составило $43,2 \mu\text{г} \cdot \text{кг}^{-1}$. Полученные результаты были сравнительно схожи на результаты опыта Zimaka и др. [6], в котором исследовалось содержание ртути в карпах, купленных на Варшавском рынке.

Сравнивая полученные данные с результатами собственных исследований, проведёнными в 1996 году [7] в этой же экспериментальной станции, видно, что содержание ртути в карпах увеличилось двукратно. После термической обработки уровень ртути в мышечной ткани увеличился до $55,4 \mu\text{г} \cdot \text{кг}^{-1}$, колеблясь в границах от $40,5 \mu\text{г} \cdot \text{кг}^{-1}$ до $87,2 \mu\text{г} \cdot \text{кг}^{-1}$, что по отношению к содержанию ртути в мышечной тка-

ни в сыром виде возросло на $12,2 \text{ мкг}\cdot\text{кг}^{-1}$. После варки содержание ртути возросло в среднем на $22,0\%$ по отношению к содержанию данного элемента в сырой мышечной ткани (таблица).

В общем количество ртути в мышечной ткани после варки осталось неизменным, а увеличение её содержания явилось причиной потери массы, вызванной термической обработкой либо расщеплением части растворимых веществ в процессе варки.

Ртуть, связанная с белками мышечной ткани создаёт на столько устойчивые соединения, что рост температуры до 100°C не вызывает их разложения и диффузии с испаряющейся водой в процессе варки. Полученные результаты подтверждают данные исследований других авторов, что чистка, филетирование и варка не изменяют содержания ртути в рыбах, а исключительно её релятивный рост пропорционален к потере воды при увеличении температуры во время термической обработки [1].

Заключение. На основании полученных данных были сформулированы следующие выводы:

1. Термическая обработка, а именно варка, не уменьшает общего содержания количества ртути в мышечной ткани карпов.
2. Относительный рост содержания ртути в мышечной ткани после варки пропорционален к потере массы, вызванной этой процедурой.
3. Анализируемые данные содержания ртути в мышечной ткани до и после термической обработки не представляют опасности для потребителя в агротуристических хозяйствах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Mercury update: Impact on fish advisories. EPA-823-F-01-011, June 2001
2. Report of the Joint FAO/WHO Expert Committee of Food Additives Meeting 1974. WHO Technical Report Series. No.555, WHO Geneva, s.29
3. Reader M.G., Snekvik E.: Mercury- relation between exposure and effects. Klg. Norske Videnskab. Selskabs Forandl, 21, 169, 1949.
4. Stock A., Cucuel F.: Nebenwirkungen von Quecksilberverbindungen auf Mensch und Tier. Naturwissenschaften. 22, 319, 1934.
5. Szprengier-Juszkiewicz T.: Pobranie rtęci z żywnością zwierzęcego pochodzenia w Polsce. Medycyna Wet. 52, 234, 1996.
6. Zimak J., Cwiertniewska E.: Rteć w rybach na rynku warszawskim. Roczniki PZH, 27, 19, 1973.
7. Żarski T.P., Żarska H.: Wpływ terminu odłowu na odkładanie rtęci w tkankach karpia. Sprawozdanie z grantu KBN 2644/95, Warszawa, 1996.
8. Żarski T.P., Żarska H.: The level of mercury contamination of various species of fishes caught in the middle course of Vistula River. Ann. Warsaw Agricult., Univ.-SGGW. Anim. Sci. 32, 65, 1996.
9. Żarski T.P., Żarska H., Arkuszewska E., Valka J., Sokol J., Beseda I.: The bioindicative role of mushrooms in the evaluation of environmental contamination with mercury compounds. Ekologia (Bratislava) 18, 223, 1999.