

УДК 637.072+574.2+504.054

**ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ОБЩЕГО ХРОМА В
РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ МЯСНОЙ ПРОДУКЦИИ**

Афонькина С.Р.

к.х.н., старший научный сотрудник,

*Федеральное бюджетное учреждение науки «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека»,
Уфа, Россия*

Мусабиров Д.Э.

младший научный сотрудник,

*Федеральное бюджетное учреждение науки «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека»,
Уфа, Россия*

Зеленковская Е.Е.

младший научный сотрудник,

*Федеральное бюджетное учреждение науки «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека»,
Уфа, Россия*

Аухадиева Э.А.

младший научный сотрудник,

*Федеральное бюджетное учреждение науки «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека»,
Уфа, Россия*

Аннотация

В работе представлены результаты определения массовой доли общего хрома в четырёх группах мясных продуктов: белое мясо (n=15), красное мясо (n=15), субпродукты (n=12) и колбасные изделия (n=13). Наибольшие средние концентрации зафиксированы в красном мясе ($0,14 \pm 0,05$ мг/кг), наименьшие – в белом мясе ($0,011 \pm 0,003$ мг/кг). Субпродукты и колбасные изделия занимали промежуточное положение ($0,012 \pm 0,007$ мг/кг и $0,069 \pm 0,025$ мг/кг соответственно). Максимальное зарегистрированное значение ($0,74$ мг/кг) обнаружено в единичной пробе красного мяса и превышает гигиенический норматив, установленный для мясной продукции ($0,5$ мг/кг). Средние концентрации элемента во всех группах, а также все проанализированные образцы белого мяса, субпродуктов и колбас соответствовали требованиям безопасности. С гигиенических позиций красное мясо может рассматриваться как умеренный пищевой источник хрома, однако наличие проб с превышением допустимого уровня содержания общего хрома требуют дальнейшего мониторинга в рамках социально-гигиенического надзора.

Ключевые слова: хром, мясная продукция, гигиеническая оценка, безопасность пищевых продуктов, микроэлементы, максимально допустимый уровень, алиментарное поступление.

***HYGIENIC ASSESSMENT OF TOTAL CHROMIUM CONTENT IN VARIOUS
TYPES OF MEAT PRODUCTS***

Afonkina S.R.

PhD, Senior Researcher,

*Federal Budgetary Institution "Ufa Research Institute of Occupational Health and
Human Ecology",*

Ufa, Russia

Musabirov D.E.*Junior Researcher,**Federal Budgetary Institution "Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology",**Ufa, Russia****Zelenkovskaya E.E.****Junior Researcher,**Federal Budgetary Institution "Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology",**Ufa, Russia****Aukhadieva E.A.****Junior Researcher,**Federal Budgetary Institution "Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology",**Ufa, Russia***Abstract**

The paper presents the results of determining the mass fraction of total chromium in four groups of meat products: white meat (n=15), red meat (n=15), offal (n=12), and sausages (n=13). The highest average concentrations were recorded in red meat (0.14 ± 0.05 mg/kg), and the lowest in white meat (0.011 ± 0.003 mg/kg). Offal and sausages occupied an intermediate position (0.012 ± 0.007 mg/kg and 0.069 ± 0.025 mg/kg, respectively). The maximum recorded value (0.74 mg/kg) was found in a single sample of red meat and exceeds the hygienic standard established for meat products (0.5 mg/kg). Average concentrations of the element in all groups, as well as all analyzed samples of white meat, offal, and sausages, complied with safety

requirements. From a hygiene perspective, red meat can be considered a moderate dietary source of chromium; however, samples containing total chromium levels exceeding the permissible limit require further monitoring as part of social and hygiene surveillance.

Keywords: chromium, meat products, hygiene assessment, food safety, trace elements, maximum permissible level, dietary intake.

Хром (Cr) относится к эссенциальным микроэлементам, участвующим в регуляции углеводного и липидного обмена, потенцировании действия инсулина и поддержании гомеостаза глюкозы [1]. Физиологическая потребность взрослого человека в хrome, согласно МР 2.3.1.0253-21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации», составляет 50–200 мкг/сут. Алиментарный дефицит элемента ассоциирован с развитием инсулинорезистентности и нарушениями толерантности к глюкозе [2]. В то же время избыточное поступление соединений хрома, особенно в форме Cr(VI), способно проявлять общетоксическое, аллергизирующее и канцерогенное действие [3].

Мясо и мясопродукты традиционно рассматриваются как источники высокоусвояемого белка, витаминов группы В и ряда микроэлементов. Однако количественные данные о содержании хрома в различных категориях мясной продукции остаются ограниченными, что затрудняет гигиеническую оценку их вклада в суммарное поступление элемента с рационом. Целью настоящего исследования явилось определение массовой доли общего хрома в белом и красном мясе, субпродуктах и колбасных изделиях, а также гигиеническая оценка полученных результатов на соответствие действующим санитарно-эпидемиологическим требованиям.

ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ДНЕВНИК НАУКИ»

Исследованию подвергнуты пробы мясной продукции, приобретённые в организациях розничной торговли. Общий объём выборки составил 55 проб, сгруппированных по четырём категориям: белое мясо (филе кур, индеек) – 15 проб, красное мясо (говядина, свинина, баранина) – 15 проб, субпродукты (печень, почки, сердце, язык) – 12 проб, колбасные изделия (варёные, полукопчёные, сырокопчёные колбасы) – 13 проб. Отбор и подготовку проб к анализу осуществляли в соответствии с ГОСТ Р 51447-99 (ИСО 3100-1-91).

Определение массовой доли общего хрома выполняли методом атомно-абсорбционной спектроскопии с электротермической атомизацией после кислотной минерализации концентрированной азотной кислотой с добавлением пероксида водорода.

Статистический анализ проводили с использованием программы Statistica 21. Для каждой группы вычисляли среднее арифметическое значение (M), стандартную ошибку среднего (SEM), минимальное и максимальное значения. Сравнение групп по содержанию хрома выполняли с помощью критерия Краскела-Уоллиса. Критический уровень значимости принимали равным 0,05.

Гигиеническую оценку результатов проводили путём сопоставления измеренных концентраций с максимально допустимым уровнем (МДУ) хрома, регламентированным Приложением 3 к Техническому регламенту Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», который для мяса и мясопродуктов составляет 0,5 мг/кг.

Все исследованные образцы содержали хром в концентрациях, доступных инструментальному измерению, однако в ряде проб уровень элемента находился ниже предела обнаружения. Средние массовые доли общего хрома, значения ошибки среднего, минимальные и максимальные величины представлены в таблице.

Таблица 1 – Содержание общего хрома в мясной продукции различных видов

Вид мясной продукции	n	M±SEM, мг/кг	Min, мг/кг	Max, мг/кг
Белое мясо	15	0,011±0,003	0	0,042

ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ДНЕВНИК НАУКИ»

Красное мясо	15	0,144±0,052	0	0,740
Субпродукты	12	0,012±0,007	0	0,080
Колбасные изделия	13	0,069±0,025	0	0,240

Анализ межгрупповых различий выявил статистически значимую гетерогенность выборок ($N=19,4$, $p=0,0002$). Попарные сравнения показали, что среднее содержание хрома в красном мясе достоверно выше, чем в белом мясе ($p<0,001$) и субпродуктах ($p<0,001$). Содержание хрома в белом мясе и субпродуктах между собой не различались ($p=0,29$), равно как содержание хрома в колбасных изделиях не отличалось значимо от количества хрома в белом мясе ($p=0,12$) и субпродуктах ($p=0,11$). Полученные результаты согласуются с данными литературы: мышечная ткань крупного рогатого скота и свиней обычно аккумулирует более высокие количества хрома по сравнению с мясом птицы, что может быть связано с видовыми особенностями обмена микроэлемента и составом кормов [4-5]. Низкие концентрации хрома в субпродуктах, отмеченные в настоящей работе, также находят подтверждение в ряде публикаций, указывающих на то, что печень и почки не являются преимущественными депо этого элемента в организме млекопитающих [6].

С гигиенических позиций ключевое значение имеет оценка соответствия исследованных проб установленным нормативам безопасности. Средние концентрации хрома во всех четырёх группах значительно ниже МДУ (0,5 мг/кг), что свидетельствует об общей благополучной санитарно-гигиенической характеристике мясной продукции, представленной в розничной сети. Абсолютное большинство индивидуальных проб (54 из 55) также продемонстрировало содержание хрома в пределах допустимых величин. Исключением является единственный образец красного мяса с концентрацией хрома 0,74 мг/кг, что в 1,48 раза превышает регламентированный уровень. Данный факт заслуживает особого внимания в рамках государственного санитарно-эпидемиологического надзора и может указывать на локальное

загрязнение кормов, использование неразрешённых кормовых добавок либо контаминацию на этапе технологической обработки. Вместе с тем единичное превышение МДУ не формирует системного риска для здоровья населения, однако требует выяснения источника поступления элемента в указанную партию сырья.

Следует подчеркнуть, что минимальные значения массовой доли хрома во всех группах оказались равными нулю, то есть концентрация элемента находилась за пределами чувствительности использованного метода. Это указывает на значительную вариабельность содержания хрома даже в продукции одного вида и подтверждает необходимость продолжения выборочного мониторинга для получения статистически устойчивых оценок.

При оценке вклада мясной продукции в суммарное алиментарное поступление хрома необходимо исходить из средних концентраций. Исходя из полученных данных, при потреблении 100 г красного мяса в организм поступает около 14,4 мкг хрома, что составляет от 7,2 до 28,8% суточной физиологической потребности. Колбасные изделия вносят примерно 6,9 мкг на 100 г продукта (3,5–13,8% потребности), тогда как белое мясо и субпродукты обеспечивают не более 1,2 мкг на 100 г (менее 2,5% потребности). Таким образом, красное мясо и колбасные изделия (при условии их регулярного употребления) могут играть заметную роль в обеспечении организма хромом, тогда как белое мясо и субпродукты вносят минимальный вклад.

Необходимо отметить, что химическая форма хрома, присутствующая в пищевой матрице, определяет его биодоступность. Хром, поступающий с мясными продуктами, вероятно, находится преимущественно в трёхвалентной форме, которая обладает низкой токсичностью и умеренной всасываемостью (0,4–2,5%) [7]. Тем не менее, даже при столь ограниченной абсорбции регулярное поступление элемента с мясом может способствовать поддержанию хромового статуса организма. С другой стороны, превышение МДУ в

ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ДНЕВНИК НАУКИ»

отдельных пробах повышает вероятность поступления в организм неорганических соединений хрома, потенциально обладающих неблагоприятным биологическим действием, что усиливает необходимость строгого соблюдения агротехнических и технологических регламентов на всех этапах производства мясного сырья и готовой продукции.

Содержание общего хрома в мясной продукции различных видов характеризуется значительной вариабельностью: средние концентрации убывают в ряду красное мясо (0,144 мг/кг) > колбасные изделия (0,069 мг/кг) > субпродукты (0,012 мг/кг) \approx белое мясо (0,011 мг/кг).

Средние значения массовой доли хрома во всех исследованных группах соответствуют гигиеническому нормативу 0,5 мг/кг, установленному ТР ТС 021/2011. В 98,2% проб превышения МДУ не зафиксировано, что свидетельствует о благоприятной санитарно-гигиенической ситуации.

В одном образце красного мяса выявлено превышение допустимого уровня (0,74 мг/кг), что указывает на необходимость усиления контроля за содержанием хрома в мясном сырье в рамках производственного и государственного санитарно-эпидемиологического надзора.

С позиций физиологической потребности человека в хrome красное мясо может рассматриваться как значимый алиментарный источник микроэлемента, в то время как белое мясо и субпродукты вносят минимальный вклад в общее поступление элемента с рационом.

Полученные данные целесообразно использовать при формировании региональных баз данных химического состава пищевых продуктов и при расчёте алиментарной нагрузки хромом в ходе социально-гигиенического мониторинга.

Библиографический список:

1. Vincent J.B. The biochemistry of chromium / J.B. Vincent // J. Nutr. – 2000. – Vol. 130. – № 4. – P. 715-718.
2. Anderson R.A. Chromium, glucose intolerance and diabetes / R.A. Anderson // J. Am. Coll. Nutr. – 1998. – Vol. 17. – № 6. – P. 548-555.
3. Dayan A.D. Mechanisms of chromium toxicity, carcinogenicity and allergenicity: Review of the literature from 1985 to 2000 / A.D. Dayan, A.J. Paine // Human & Experimental Toxicology. – 2001. – Vol. 20. – № 9. – P. 439–451.
4. Николаева Н.Ю. К вопросу об экологической безопасности мясной продукции / Н.Ю. Николаева // Научные основы развития АПК: Сборник научных трудов по материалам XXII Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, Томск, 15 мая – 15 2020 года. – Томск: Издательский центр "Золотой колос", 2020. – С. 39-42.
5. Иванищева А.П. Макро- и микроэлементы в питании животных: многообразие веществ и форм / А.П. Иванищева, Е.А. Сизова, А.М. Камирова, Л.Л. Мусабаева, М.В. Соловьёв // Животноводство и кормопроизводство. – 2023. – №2. – С.85-111.
6. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). Scientific Opinion on the risks to public health related to the presence of chromium in food and drinking water // EFSA Journal. – 2014. – Vol. 12. – № 3. – P. 3595.
7. СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов» (с изменениями и дополнениями). – М.: Минздрав России, 2002. (Актуализация в части МДУ хрома учтена ТР ТС 021/2011.)