

ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ УДАЛЕНИЯ ВОДОРАСТВОРИМЫХ РАДИОАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ ПРОМЫВКОЙ

А.Ф. Мирончик, к.т.н., доцент (ГУВПО «Белорусско-Российский университет»)

Памяти Анатолия Максимовича Дмитриева

Продолжающееся в настоящее время радиационное воздействие на жителей республики, более чем на 90 % обусловленное долгоживущими радионуклидами цезия, формирует разные по величине и вкладу дозы внешнего и внутреннего облучения в зависимости от радиологических условий и уровней загрязнения территорий. Зачастую основным является внутреннее облучение организма, обусловленное потреблением загрязненных продуктов питания, основными из которых являются молоко и молочные продукты, картофель, мясные продукты, хлеб, а также овощи и фрукты. Помимо них, определенная часть населения традиционно использует в пищу продукцию лесов и водоемов – грибы, ягоды, мясо диких животных, рыбу.

Накопленные в начальный период после чернобыльской катастрофы на холодильниках мясокомбинатов и Госрезерва тысячи тонн радиоактивно загрязненного мяса привели к необходимости разработки технологий, позволяющих использовать подобное сырье для производства качественных продуктов питания. Предложенный в первые месяцы после катастрофы на ЧАЭС учеными России метод разбавления загрязненного сырья условно чистым не приводил к снижению коллективной дозы облучения населения. Поэтому по заданию СМ БССР в БелНИКТИ мясной и молочной промышленности были разработаны метод и полупромышленная линия по очистке мяса от радиоактивных веществ, которая была внедрена на Жлобинском мясокомбинате.

Так как мышечная ткань представляет собой сложную многофазную физико-химическую систему, характеризующуюся неравномерным распределением радионуклидов и питательных веществ, то особый интерес вызвало направленное воздействие различных параметров обработки на характер перераспределения радионуклидов при технологической переработке загрязненного мяса.

Исследования проводили с жилованным охлажденным и дефростированным продуктом (говядиной I и II сорта), загрязненным радионуклидами цезия до 33,3 кБк/кг. Мясо измельчали вручную или на мясорубке (в зависимости

от требуемых размеров). Для каждого опыта использовали от 0,6 до 2 кг продукта. Необходимое соотношение разбавления (Т:Ж) достигали добавлением промывающего раствора в перемешивающую емкость. Конструкция узла лабораторной установки позволяла варьировать скоростью перемешивания – 0, 1, 2 и 3 с⁻¹. Продолжительность перемешивания фиксировали секундомером, температуру сырья, воды и раствора – термометрами со шкалой деления 0,1°C. Лабораторный эксперимент включал в себя 4–5 этапов очистки образца и 2–3-кратную повторяемость измерений. Если после перемешивания по условиям эксперимента предусматривался отжим, то его осуществляли через лавсановую ткань с постоянным по времени усилием в 49 или 98 Н. В экспериментах без отжима промывной раствор сливали самотеком. Для всех опытов, а иногда и для каждого этапа проводили анализы на содержание белков и сухих веществ в исходном и конечном продуктах, по итогам серий опытов определяли содержание жиров, микро- и макроэлементов, аминокислотный состав.

После отжима промывной раствор направляли на отделение белков, которое проводили коагулированием или ультрафильтрацией, с дальнейшим их возвратом в отжатое после промывки мясо для непосредственного производства продукции.

Удельную активность образцов измеряли на программном управляемом комплексе технических средств контроля загрязнения внешней среды с детектором БДЭГ–13П (предел чувствительности 18,5 Бк/кг при массе пробы 0,5 кг, ошибка измерения не более 10 %), при промышленных испытаниях – на спектрометре «Robotron–20050» со стинцилляционным детектором 27000 и на многоканальном анализаторе импульсов АИ 1024–95–17.

Статистическая обработка результатов экспериментов проведена проверкой нулевой гипотезы (критерий Фишера).

В ходе лабораторных исследований было проверено влияние на снижение концентрации радиоактивных веществ в мышечной ткани с одновременным контро-

лем качества конечного продукта следующих факторов:

Химический состав раствора. Для определения состава наиболее действенного раствора для снижения концентрации радиоактивных веществ в мясе был использован ряд добавок, использование которых в ограниченном количестве не снижает пищевой ценности мясной продукции. Опыты проводились с 1-, 2,5-, 3- и 12 %-ными растворами NaCl, 3 %-ными растворами $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \times 5,5\text{H}_2\text{O}$, CaCl_2 , NaHCO_3 и 0,0125 %-ным раствором KMnO_4 .

Несмотря на различие химического состава промывающего раствора (рис. 1), существенного преимущества в количестве удаленных радионуклидов из мяса при прочих равных условиях ни одна из проверенных добавок по сравнению с водой не дала. Это, на наш взгляд, подтверждает факт нахождения нуклидов цезия в мышечной ткани преимущественно в несвязанной ионной форме, химически неактивной по отношению к использованным добавкам.

При промывке мяса растворами NaCl, $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \times 5,5\text{H}_2\text{O}$, CaCl_2 и NaHCO_3 значительно возрастает его влагосвязывающая способность, что затрудняет отжим смеси после перемешивания. Факторами, обуславливающими способность мяса поглощать и связывать воду, являются высокий pH мяса (6,4–6,8), мелкое измельчение, низкая температура в процессе измельчения, введение в измельченное мясо раствора с добавками низкой концентрации, а также высокое содержание в мясе соединительной ткани.

Биохимические исследования показали, что, наряду с проникновением химических добавок в мясо, из последнего диффузионно переходит в раствор значительно большее количество витаминов, белковых, экстрактивных и минеральных веществ по сравнению с применением только воды. Например, количество потерь белков зависит от концентрации NaCl в растворе, продолжительности контакта и температуры мяса. Совокупность этих факторов увеличивает общие потери питательных веществ на 10–12 % от их содержания в исходном сырье. Величина потерь обусловлена переходом в раствор белков, заполняющих кровеносную систему, и белков из разрушенных в результате механического воздействия или биохимических процессов клеточек (рис. 2).

По результатам исследований можно утверждать, что при невысокой концентрации соли в растворе (1–3 %) наблюдаются потери белков мяса, превышающие на 2–9 % их потери при его промывках водой. Растворы соли концентрацией до 20 % способствуют растворению белков саркоплазмы, так как при таких концентрациях соли белки не осаждаются. Помимо белков заметно уменьшается содержание ряда минеральных элементов и витаминов. Так, например, потери калия и фосфорных соединений составляют 30–50 % от их начального содержания, количество витамина B_1 уменьшается на 15–25 %, фолицина – на 30–35 %, пантотеновой кислоты – на 10–12 %. Изменений в углеводной системе, в частности в количестве накапливающейся

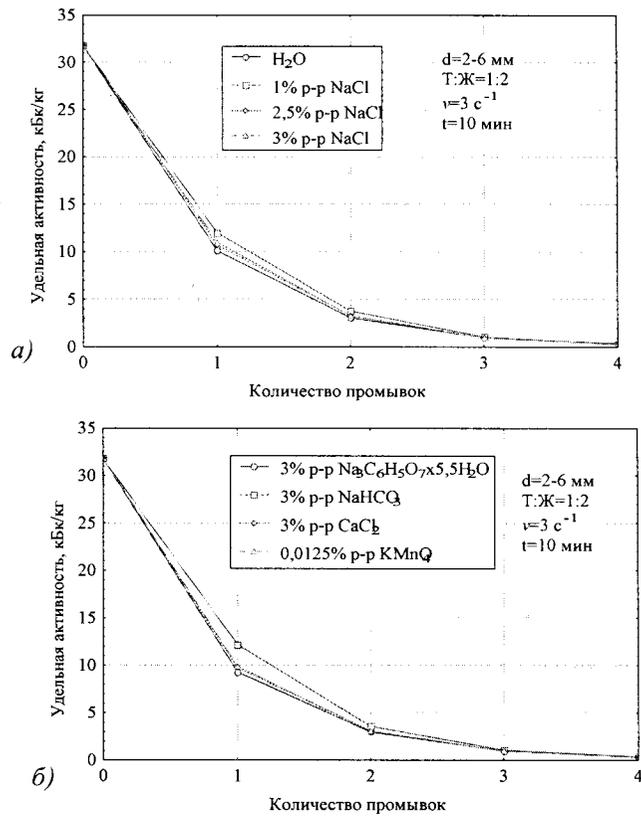


Рис. 1. Зависимость выведения $^{134+137}\text{Cs}$ из мяса от химического состава промывающего раствора

молочной кислоты, практически не происходит.

Следовательно, с точки зрения изложенного материала, использование для удаления $^{134+137}\text{Cs}$ из мяса проверенных химических добавок нецелесообразно, так как это противоречит одной из поставленных задач, а именно, задаче максимально возможного сохранения качества мяса после очистки.

Измельчение мяса и его разбавление промывающим раствором. За две промывки кусочков мяса размерами $20 \times 20 \times 60$ мм при разбавлении Т:Ж = 1:2 удаляется только 65–70 % $^{134+137}\text{Cs}$, а при измельчении 2–6 мм (фарш) – 85–90 %. При указанных выше условиях процент выведения изотопов цезия при отношении Т:Ж = 1:2 и измельчении 16–25 мм (шрот) составил 70–75 %, а при Т:Ж = 1:3 – 85–90 %.

В результате пяти перемешиваний продолжительностью 10 минут каждая со скоростью вращения мешалки 2 c^{-1} и соотношением Т:Ж = 1:2 в промывной раствор при измельчении 2–6 мм переходит до 28 % белков, а при измельчении 16–25 мм при прочих одинаковых условиях – до 26 %. Причем усматривается закономерность, характерная и для удаления $^{134+137}\text{Cs}$: на первых этапах обработки мяса разница в вымывании белков большая; с ростом количества промывок она заметно уменьшается. Эта разница составляет 6 %, 4 %, 2,5 %, 2,2 % и 2 % соответственно после 1, 2, 3, 4 и 5 этапа промывки.

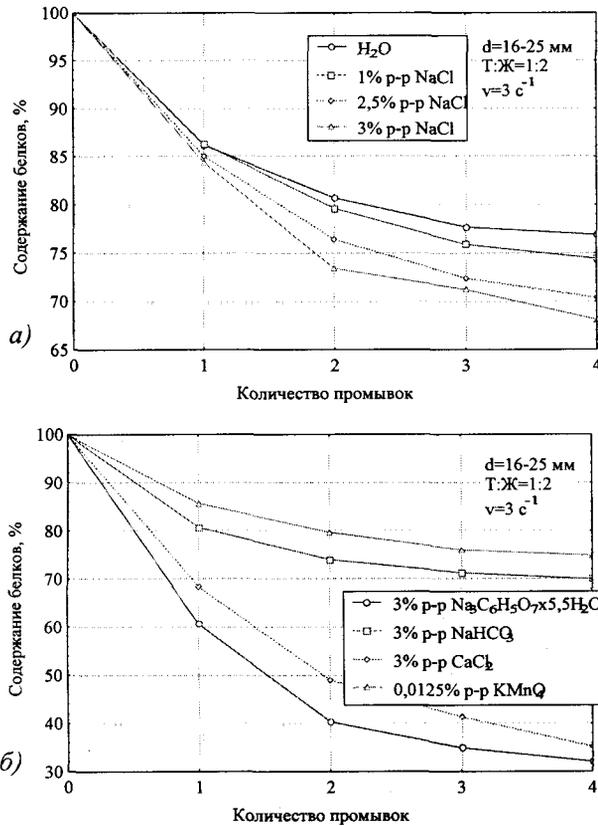


Рис. 2. Влияние химического состава промывающего раствора на вымывание белков из мышечной ткани

Продолжительность и скорость перемешивания. Механическое воздействие (перемешивание) из-за возникающих микроразрывов в ткани позволяет достичь более интенсивного снижения концентрации $^{134+137}\text{Cs}$ в мышечной ткани из-за возникновения фильтрационно-диффузионного массообмена (в период покоя происходит только диффузионный обмен).

Из анализа экспериментальных данных следует, что две промывки по 2,5 мин. измельченного до размеров 16–25 мм мяса при скорости перемешивания 1 c^{-1} позволяют удалить лишь 60–65 % радиоактивных веществ, две 10-минутные промывки снижают их концентрацию на 80–84 %, а две 20-минутные – на 86–88 %, в то время как при скорости 3 c^{-1} и прочих одинаковых условиях 70–72 %, 83–90 % и 87–95 % соответственно.

Увеличение эффективности очистки мяса от нуклидов цезия при росте скорости перемешивания позволяет уменьшить продолжительность промывок. Необходимо, однако, учитывать возрастающее разрушение структуры мышечной ткани, и, следовательно, потерю питательных веществ при увеличении скорости перемешивания. Например, за одну 10-минутную промывку со скоростью 2 c^{-1} мясо теряет 12–14 % белков от общего количества. В то же время за те же 10 минут перемешивания, но со сменой воды через 5 минут – 15–18 % белков.

Температура промывающего раствора и отжим. Область изменения температуры промывающего раствора

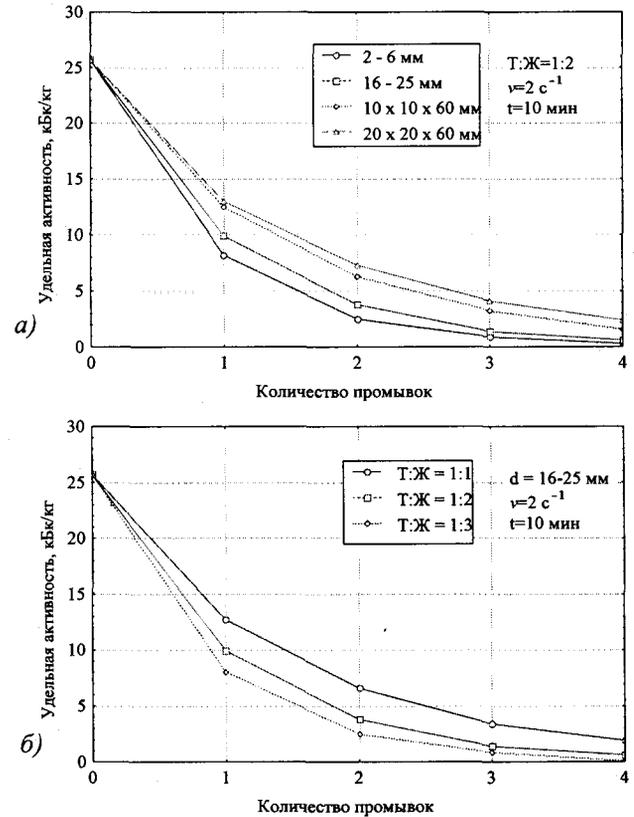


Рис. 3. Зависимость удаления радиоактивных веществ от измельчения и разбавления мяса

ограничена с одной стороны температурой водопроводной воды 8–10°C, а с другой стороны – термолабильностью белков мышечной ткани (40°C). При повышении температуры в мясе происходят специфические физико-химические изменения, глубина которых зависит от продолжительности теплового воздействия. Проведенная серия экспериментов в указанном диапазоне температур позволяет сделать вывод о незначительном влиянии температуры промывающего раствора на уровень выведения $^{134+137}\text{Cs}$ из измельченной мышечной ткани.

Замораживание мяса и сроки его хранения. Результаты экспериментов однозначно указывают на положительное влияние замораживания мяса на эффективность промывок и, следовательно, на снижение концентрации $^{134+137}\text{Cs}$ в мышечной ткани. После двух 5-минутных промывок из охлажденного мяса при прочих одинаковых условиях выводится до 65 % радионуклидов, из однофазно быстро замороженного – 70 %, а при двух 10-минутных промывках – до 76 % и 78 % соответственно.

Анализ материала (рис. 3) показывает заметное влияние способа замораживания мяса на степень удаления $^{134+137}\text{Cs}$ и потерю его массы. Причем более значительно это сказывается на первых этапах промывки. Причина такого различия видится во времени изменения состояния и форм нахождения воды в мышечной ткани. По мере вымораживания свободной воды растет концентрация солей в незамерзшем межклеточном растворе, что

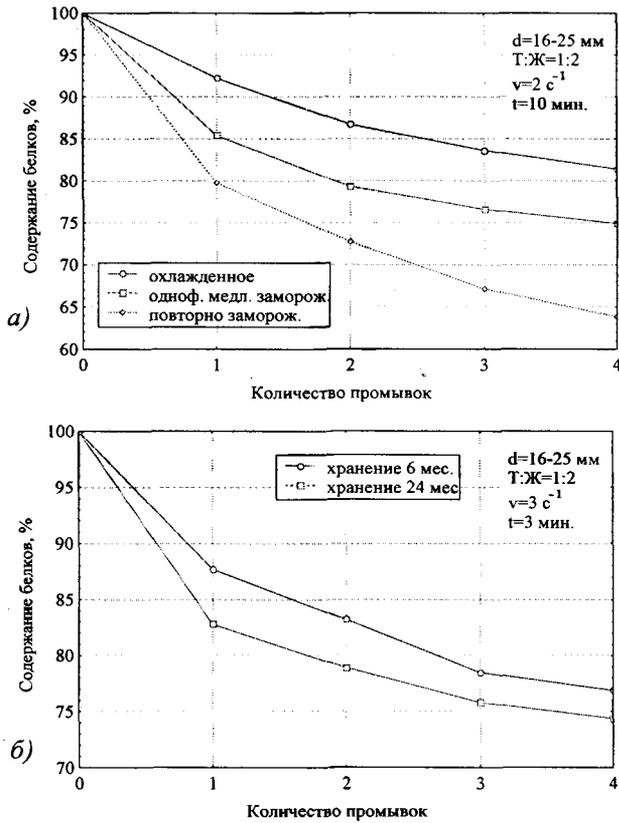


Рис. 4. Зависимость изменения содержания белков от степени измельчения и разбавления мяса

приводит к смещению его криоскопической температуры в область более низких температур. Поскольку замораживание ведется при постоянной температуре охлаждающей среды, то с ростом толщины замороженного слоя скорость замораживания его глубинных слоев уменьшается. Изменение скорости замораживания по толщине продукта не вызывает пропорционального изменения скорости диффузионных процессов, поэтому состав и структура льда на разной глубине замороженного сырья значительно отличаются друг от друга. Быстрое снижение температуры мышечной ткани предотвращает значительное диффузное перераспределение влаги в ней и способствует образованию мелких, равномерно распределенных кристаллов льда. При замораживании мяса в жидком азоте на его поверхности отмечается возникновение множества микротрещин.

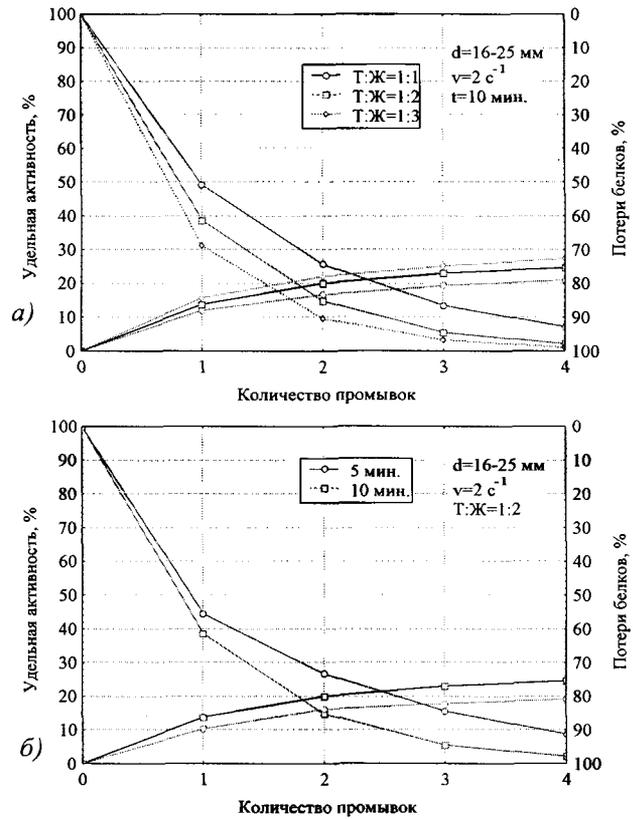


Рис. 6. Определение рациональных параметров обработки мяса

В результате проведенных исследований по степени удаления $^{134+137}\text{Cs}$ из мышечной ткани, подвергшейся замораживанию и длительному хранению, обнаружено незначительное влияние сроков хранения мяса (вымывание $^{134+137}\text{Cs}$ при увеличении срока хранения с четырех месяцев до двадцати четырех максимально возросло на 8 % после двух 5-минутных промывок в соотношении $T:Ж = 1:2$) (рис. 3,б). Это объясняется некоторым изменением со временем размеров и количества кристаллов льда, движущей силой чего является разность давлений водяных паров на поверхности мелких и крупных кристаллов льда.

Проведенные биохимические исследования мяса подтверждают факт изменений, происходящих в углеводной системе при замораживании и хранении мяса, ко-

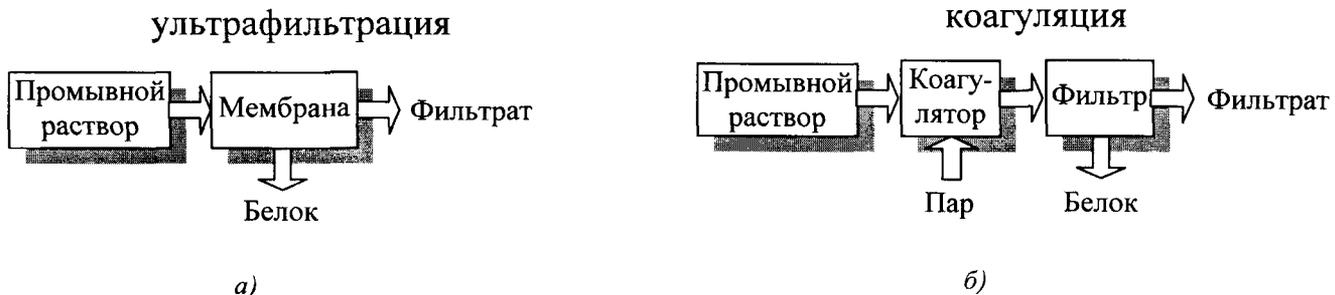


Рис. 5. Блок-схемы лабораторных установок по извлечению питательных веществ из промывного раствора: а) - методом ультрафильтрации; б) - методом коагуляции

1. Снижение поступления $^{134+137}\text{Cs}$ в организм человека

Продукт	Потребление, кг/год		Снижение содержания $^{134+137}\text{Cs}$ в организме, %
	минимум	максимум	
Говядина	17	41,3	78-82
Колбаса	3,3	10,5	84-92*
Дичь	0,3	40	78-82
Примечание: * – в зависимости от рецептуры колбасы			

2. Рекомендуемые области использования мяса, содержащего радиоцезий больше

Степень измельчения, мм	Предельно допустимый уровень	Превышение РДУ, раз	Необходимое количество промывок	Область предполагаемого использования
2-6	РДУ	1,1-5,6	1	колбасные изделия (1), суповые концентраты (2)
		5,7-11,3	2	2
		11,4-15,0	3	мясокостная мука (3), в зверохозейства (4)
16-25	РДУ	1,1-2,5	1	1, 2
		2,6-5,6	2	1, 2
		5,7-10,0	3	2, 3
		10,1-15,0	4	3, 4

торые приводят к уменьшению количества гликогена и молочной кислоты. Причем, при быстром замораживании процесс их накопления протекает продолжительнее, чем при медленном замораживании.

В процессе замораживания и хранения мяса довольно длительный период не наблюдается значительного накопления аминного и аммиачного азота, что свидетельствует об отсутствии протеолитического расщепления белковых веществ. В однофазно медленно замороженном сырье со сроком хранения 24 месяца содержание аминного азота составило 35–50 мг%, а аммиака – 8–12 мг% что соответствует их содержанию в свежем мясе крупного рогатого скота. При замораживании наблюдается только перемещение растворимых белков из клеток в межклеточную среду, в основном, вследствие механического повреждения кристаллами льда клеточных оболочек. Этим объясняется значительно большие потери мясного сока (0,5–3,5 % от массы сырья), и, следовательно, массы сырья, растворимых белков (рис. 4,а), минеральных и экстрактивных веществ, витаминов из оттаявшего сырья при его измельчении и перемешивании, чем из мяса, не подвергавшегося замораживанию. В процессе длительного хранения мяса эта зависимость сохраняется, но влагоудерживающая способность уменьшается в 1,4–1,8 раза.

Предлагаемый способ очистки мяса от нуклидов цезия позволяет устранить или уменьшить ряд недостатков,

свойственных другим методам, однако потеря качества сырья и здесь играет существенную роль. Например, за две 5-минутные промывки из мяса в первый промывной раствор переходит 15–20 % белков от их исходного содержания при потере массы сырья 7–15 %, во второй – 0,88 % белка.

Для устранения этого недостатка в предлагаемом методе была исследована возможность извлечения питательных веществ из промывного раствора с последующим возвратом их в очищенное от радиоактивных веществ мясо различными методами, наиболее перспективными из которых являются ультрафильтрация и коагуляция. Блок-схемы установок для реализации этих методов представлены на рис. 5.

Для ультрафильтрации была использована полупромышленная установка, созданная специалистами БГУ им. В.И. Ленина, производительностью 20 л/ч с использованием мембранных фильтров типа «Мифил», разработанных в Институте физико-органической химии НАНБ, с размером пор $0,8 \div 1,5 \times 10^{-9}$ м. Принцип действия установки состоит в разделении полупроницаемой мембраной низко- и высокомолекулярных соединений раствора под влиянием избыточного давления.

После ультрафильтрации промывного раствора, позволяющей отделить фильтрат в соотношении 2:1, в концентрате увеличивается примерно в 2,5 раза содержание

общего белка и общих липидов, а сумма свободных аминокислот и глюкозы содержится на уровне промывной воды. В фильтрате по сравнению с промывным раствором содержание белка уменьшается примерно в 25 раз, отсутствуют общие липиды. Сумма аминокислот уменьшается на 8%, а глюкозы на 11%. Содержание белков в концентрате составляет 7,26%, а в фильтрате 0,48% от общей массы промывного раствора. Учитывая потерю питательных веществ на каждом этапе очистки мяса, измельченного до размеров фарша, и ошибку эксперимента, общие потери белка в конечном продукте составляют до 4,7%.

Проведенное сопоставление результатов снижения удельной активности образцов и потерь белков при промывках мяса позволило определить рациональные параметры процесса (измельчение 16–25 мм, разбавление Т:Ж = 1:2) и рекомендовать в условиях производства две 10-минутные промывки, при которых возможно удаление примерно 85% $^{134+137}\text{Cs}$ при 20% потере белков. Увеличение кратности обработки мышечной ткани до четырех приводит к потере 27–30% белков при вымывании до 98% $^{134+137}\text{Cs}$ (рис. 6).

Очистка сырья при соблюдении предлагаемых рациональных параметров протекания процесса позволяет снизить содержание $^{134+137}\text{Cs}$ в мышечной ткани примерно в 5,6 раза, или на 78–82%. С учетом потребления мясных продуктов питания после технологической переработки сырья снижение поступления $^{134+137}\text{Cs}$ в организм составит в среднем 79–84% (табл. 1).

Учитывая рекомендации экспертов МАГАТЭ, ВОЗ, нормативы, действовавшие на территории бывшего СССР на первых этапах после катастрофы на Чернобыльской АЭС, а также нынешние РДУ-99, дополнительно разработаны рекомендации по использованию мяса в зависимости от содержания в нем нуклидов цезия (табл. 2), а также технологическая схема производства непрерывным способом сухого фарша для выпуска суповых концентратов.

Реализацию предложенного метода очистки мяса от радионуклидов проводили согласно разработанной «Временной технологической инструкции по дезактивации мясного сырья на экспериментальной установке» на Жлобинском мясокомбинате, где произведен ряд выработок колбасных изделий с добавлением очищенного подобным образом мяса. Так как качественные показатели загрязненного радионуклидами мяса после очистки хуже исходных, то добавление его при производстве колбас должно быть частичным, но не выше 50% от необходимого по рецептуре количества (более приемлемо – до 25%). Естественно, что это будет определяться на каждом временном этапе преодоления катастрофы количеством загрязненного сырья.

Производство колбасных изделий проводили по разработанной «Технологической инструкции по выработке колбас вареных первого сорта с использованием очищенного мяса». В колбасу «Диетическая»

было добавлено 25% очищенного мяса от общего содержания говядины по рецептуре. Биологическая ценность опытных образцов колбасы «Диетическая» в сравнении с контрольными образцами, по заключению специалистов БелНИСГИ, составила 78%. Выработки, проведенные впоследствии по отработанной технологии, повысили биологическую ценность этого сорта колбасы до 88,1%. Общая выработка составила 800 кг.

Более поздние исследования позволили рекомендовать при промышленном производстве обогащение мясных продуктов веществами, повышающими резистентность организма к воздействию ионизирующего излучения, а также добавками, стимулирующими выведение радионуклидов из организма.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мирончик А.Ф. Снижение дозы внутреннего облучения населения посредством использования разработанных технологий переработки мясного и молочного сырья, содержащего радиоактивные вещества: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 29.01.01/Ин-т радиационной безопасности. – Мн., 2000. – 20 с.
2. Справочник по качеству продуктов животноводства/А.Т.Мысик, С.М.Белова, Ю.П.Фомичев и др.; Сост. А.Т.Мысик, С.М.Белова. – М.: Агропромиздат, 1986. – 239 с.
3. Технология мяса и мясопродуктов: Учебное пособие для вузов/Л.Т.Алехина, А.С.Большаков, В.Г.Боресков и др./Под ред. И.А.Рогова. – М.: ВО «Агропромиздат», 1988. – 576 с.
4. Тышкевич С. Исследование физических свойств мяса. – М.: Пищевая промышленность, 1972. – 96 с.
5. Журавлев Н.К. Исследование и контроль качества мяса и мясопродуктов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 215 с.
6. Щедушнов Д.Е. Применение мембранной фильтрации в молочной промышленности. – М.: АгроНИИТЭИ. – 1992, № 16. – 58 с.
7. Пятнов Ю.Н., Цуранков Э.Н., Аверин В.С. Поведение ^{90}Sr в трофических цепочках южных районов Гомельской области//Итоги научных исследований в области радиэкологии окружающей среды./Под ред. С.К. Фирсаковой. – Гомель, 1996. – С. 99–103.
8. Молчанов Г.И., Сучков И.Ф., Лукьянчиков М.С. Радиация: Питание и фитотерапия. – М.: СП Парамедикал, 1992. – 80 с.
9. Совместный научный проект JSP-5: Анализ путей переноса и дозовое распределение/Под ред. П. Якоба и И. Лихтарева. – Брюссель. – 1995. – 129 с.
10. Нестеренко В.Б. Радиологическая защита населения. – Мн.: Право и экономика, 1997. – 172 с.
11. Мирончик А.Ф. Влияние технологической переработки мясного и молочного сырья на снижение дозы внутреннего облучения населения//Тезисы Междунар. конф. "Европа – наш общий дом: Экологические аспекты"/Научный совет при Исполнительном Комитете Союза Беларуси и России, НАН Б, РАН. – Мн., 1999. – С. 268.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

1. Журнал «Агропанорама» помещает достоверные и обоснованные материалы, которые имеют научное и практическое значение, отличаются актуальностью и новизной, способствуют повышению экономической эффективности агропромышленного производства, носят законченный характер и отвечают следующим рубрикам:

- совершенствование техники и технологии агропромышленного комплекса (АПК);

- механизация, электрификация и автоматизация в растениеводстве, животноводстве, переработке;

- эффективность использования электрооборудования в АПК;

- рефераты, рецензии, изобретения, иностранная информация;

- практические советы;

- история техники Беларуси;

- реклама и объявления.

2. Рукопись статьи, передаваемая в издательство, должна удовлетворять основным требованиям современной компьютерной верстки. К набору текста и формул предъявляется ряд простых требований:

1) рукопись, подготовленная в электронном виде, должна быть набрана в текстовом редакторе Word версии 6.0 или более поздней. Файл сохраняется в формате «doc». Имя файлу дается по фамилии первого автора;

2) текст следует сформатировать без переносов и выравнивания правого края текста, для набора использовать один из самых распространенных шрифтов типа Times (например, Times New Roman Cyr, Times ET);

3) знаки препинания (.,!?:;...) не отделяются пробелом от слова, за которым следуют, но после них пробел обязателен. Кавычки и скобки не отделяются пробелом от слова или выражения внутри них. Следует различать дефис « - » и длинное тире « – ». Длинное тире набирается в редакторе Word комбинацией клавиш: Ctrl+Shift+«-». От соседних участков текста оно отделяется единичными пробелами. Исключение: длинное тире не отделяется пробелами между цифрами или числами: 1991–1996;

4) слово или выражение, которое требуется выделить курсивом, выделяется средствами Word;

5) при наборе формул необходимо следовать общепринятым правилам:

а) формулы набираются только в редакторе формул Microsoft Equation. Размер шрифта 12. При длине формулы более 8,5 см желательно продолжение перенести на следующую строчку;

б) буквы латинского алфавита, обозначающие: переменные, постоянные, коэффициенты, индексы и т.д., набираются курсивом;

в) элементы, обозначаемые буквами греческого и русского алфавитов, набираются шрифтом прямого начертания;

г) цифры набираются шрифтом прямого начертания;

д) аббревиатуры функций набираются прямо;

е) специальные символы и элементы, обозначаемые буквами греческого алфавита, используемые при наборе формул, вставляются в текст только в редакторе формул Microsoft Equation.

ж) пронумерованные формулы пишутся в

отдельной от текста строке, а номер формулы ставится у правого края. Нумеруются лишь те формулы, на которые имеются ссылки в тексте.

з) допускаются авторские указания на полях рукописи в помощь верстальщику.

3. Фотографии должны иметь контрастное изображение и быть отпечатаны на глянцевої бумаге размером не менее 9x12 см. На обороте фотографии необходимо указать фамилию автора, название статьи и номер фотографии. Фотографии в электронном виде представляются отдельно в файлах формата «tif» с разрешением 300 dpi.

4. Рисунки, графики, диаграммы необходимо выполнять с использованием электронных редакторов и вставлять в файл документа Word. Изображение должно быть четким, толщина линий более 0,5 пт, размер рисунка по ширине: 5,6 см, 11,5 см, 17,5 см и 8,5 см.

5. Цифровой материал должен оформляться в виде таблиц. Каждая таблица должна иметь заголовок и номер (если таблиц несколько). Рекомендуется установить толщину линии не менее 1 пт.

6. Авторы должны указать индекс по Универсальной десятичной классификации (УДК). При необходимости помощь в этом окажут сотрудники редакции.

7. Литература должна быть представлена общим списком в конце статьи. Библиографические записи располагаются в алфавитном порядке на языке оригинала или в порядке цитирования. Ссылки в тексте обозначаются порядковой цифрой в квадратных скобках. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

8. Статьи из научно-исследовательских или высших учебных заведений направляются вместе с сопроводительным письмом, подписанным директором и приложенной экспертной справкой по установленной форме.

9. Объем статьи не должен превышать 8 страниц машинописного текста (размер шрифта 14 пт, одинарный интервал), включая таблицы, список литературы и рисунки (не более трех). Не допускается повторения одних и тех же данных в тексте, таблицах, графиках. Текст необходимо структурировать по логическим принципам (например, по разделам, выделять выводы, отдельно размещать подрисовочные подписи и т.д.). В оформлении не следует применять выделение цветом, заливку фона в таблицах и графиках, в черно-белом виде это не даст должного эффекта.

Статьи принимаются в электронном виде с распечаткой в одном экземпляре. Распечатанный текст статьи должен быть подписан всеми авторами. В конце статьи необходимо указать полное название учреждения, организации, предприятия, колхоза и т.д., ученую степень и ученое звание (если есть), а также полный почтовый адрес и номер телефона (служебный или домашний) каждого автора.

Авторские материалы для публикации в журнале «Агропанорама» направляются в редакцию по адресу:

220023 Минск, пр. Ф.Скорины, 99,
корп.1, к.411. -БГАУ.