

УДК 637.5:621.3.029.426

UDC 637.5:621.3.029.426

**УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ
ОБРАБОТКИ МЯСНОГО СЫРЬЯ И
СТАРТОВЫХ КУЛЬТУР**

**DEVICE FOR ELECTROMAGNETIC
TREATMENT OF RAW MEAT AND STARTER
CULTURES**

Нестеренко Антон Алексеевич
старший преподаватель

Nesterenko Anton Alexeevich
senior lecturer

Акопян Кристина Валерьевна
студентка факультета перерабатывающих
технологий
*Кубанский государственный аграрный
университет, Краснодар, Россия*

Akopyan Christina Valeryevna
student of the Faculty of processing technologies
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

В работе представлены результаты разработки
устройства для электромагнитной обработки
мясного сырья и стартовых культур. Приведены
основные параметры устройства, обоснован
выбор параметров электромагнитной обработки
мясного сырья и стартовых культур

In the article we present the results of working out
the device for electromagnetic processing of meat
raw materials and starting cultures. The device's key
parameters are resulted; the choice of parameters of
electromagnetic processing of meat raw materials and
starting cultures is proved

Ключевые слова: ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ
ОБРАБОТКА, СТАРТОВЫЕ КУЛЬТУРЫ,
МЯСНОЕ СЫРЬЕ, КАТУШКА, ИЗЛУЧАТЕЛЬ

Keywords: ELECTROMAGNETIC PROCESSING,
STARTING CULTURES, MEAT RAW
MATERIALS, COIL, RADIATOR

В ходе производства сырокопченых колбас микробиологическая обсемененность мясного сырья может возрасти за счет попадания микрофлоры извне и не только. Это может существенно ухудшить качество мясного сырья и готовой продукции [1, 2].

Учеными Северо-Кавказского федерального университета разработан способ разрядно-импульсного воздействия на мясное сырье. Они установили, что при импульсном подводе энергии к продукту, возможно, уменьшить количество микрофлоры, при этом ускоряется процесс посола сырья. При гистологическом исследовании мясного сырья, подвергнутого разрядно-импульсному воздействию, ими отмечено утолщение диаметра мышечных волокон, при этом увеличивается ВСС мяса [3].

Учеными С.А. Дунаевым, А.А. Поповым из Кемеровского технологического института пищевой промышленности [4] предложен ряд способов для уменьшения микробиологической загрязненности мясного сырья. Одним из таких способов является обработка ультразвуком.

P. W. Vogel и J. H. Silliker [5] разработан способ обработки свежего мяса. Данный способ обеспечивает уменьшение количества поверхностных бактерий, таким образом, увеличивая срок хранения мяса. Данный способ заключается в следующем, мясо помещают в камеру с температурой 100°C, при этом подается пар в таком количестве и продолжительностью, которая позволяет снизить количество вегетативных бактерий. При этом необходимо следить за температурой и происходящей денатурацией на поверхности мяса. Разделку полутуш на отруба производят в неблагоприятных условиях для развития психрофильных бактерий [5].

Рядом ученых [6, 7, 8] предложен способ обработки мясного сырья электромагнитным полем низких частот (ЭМП НЧ). Их работы указывают на возможность применения ЭМП низких частот для снижения микробиологической обсемененности. В своей работе авторы приводят ряд частот, при действии которых происходит снижение активности микроорганизмов [9].

Российскими учеными Д.А. Максимовым, П.И. Пляшешниковым и другими был предложен способ применения ЭМП для пастеризации и получения коагулята из крови убойных животных [10].

Сокращение микробиологической обсемененности при обработке крови наблюдается при увеличении интенсивности обработки и специфичности микроорганизмов [11]. Восприимчивость микроорганизмов к ЭМП зависит от характеристики клеточных мембран и размеров клетки. Чем больше клетка, тем она более восприимчива к ЭМП. В ходе долгих экспериментов авторами [12, 13, 14] было сделано следующее заключение: грамм-отрицательные микроорганизмы более восприимчивы к ЭМП, чем грамм-положительные.

Целью данной работы является изучение и разработка устройства для обработки ЭМП НЧ стартовых культур и мясного сырья.

Первый этап: разработка и обоснование основных параметров электрической схемы источника питания, для электромагнитного излучателя.

Для обработки ЭМП НЧ на кафедре применения электрической энергии Кубанского государственного аграрного университета, была разработана электромагнитная установка, электрическая схема блока питания которого представлена на рисунке 1.

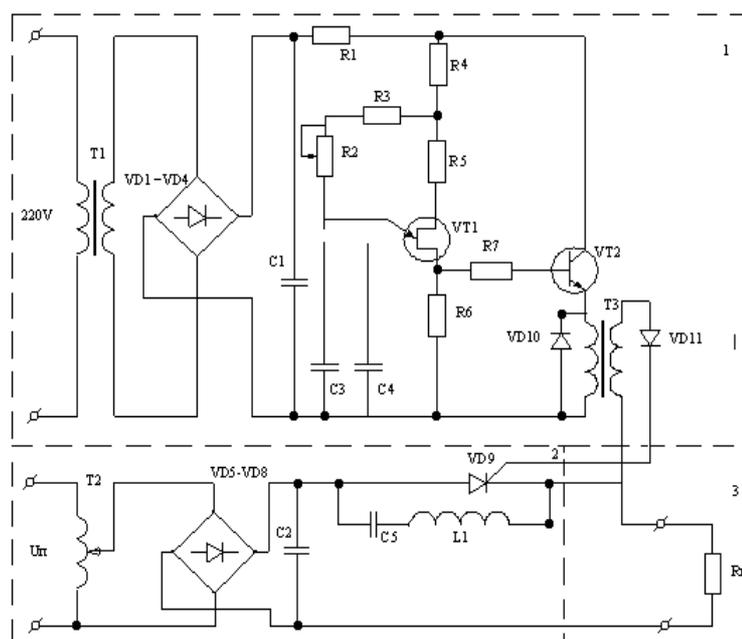


Рисунок 1. Электрическая схема блока питания электромагнитной установки

Устройство для обработки ЭМП НЧ состоит из генератора импульсов и цепи управления.

Цепь управления предназначена для управления тиристором VD10. Генератор импульсов состоит из источника низкочастотных электрических колебаний и излучателя электромагнитных импульсов в виде соленоида. В качестве источника излучений использован генератор униполярных треугольных импульсов, способных сгенерировать частоты в диапазоне 10-

200 Гц. Соленоид имеет ферритовый сердечник, что дает возможность сгенерировать частоты с энергией более 4,5 ккал/моль.

Для определения наиболее важных факторов [11, 14], влияющих на обрабатываемый образец, нами была произведена их экспертная оценка (в баллах) и построена диаграмма Парето (рис. 2). На основании экспертной оценки факторов выполненной квалифицированными экспертами им были присвоены следующие баллы: 10 – частота сигнала, Гц; 9 – время обработки, мин; 8 – форма сигнала; 6 – расстояние до обрабатываемого объекта, мм; 6 – размер излучателя; 5 – площадь обрабатываемого объекта; 7 – толщина слоя обрабатываемого объекта; 5 – форма излучателя; 4 – количество витков излучателя; 5 – другие причины.

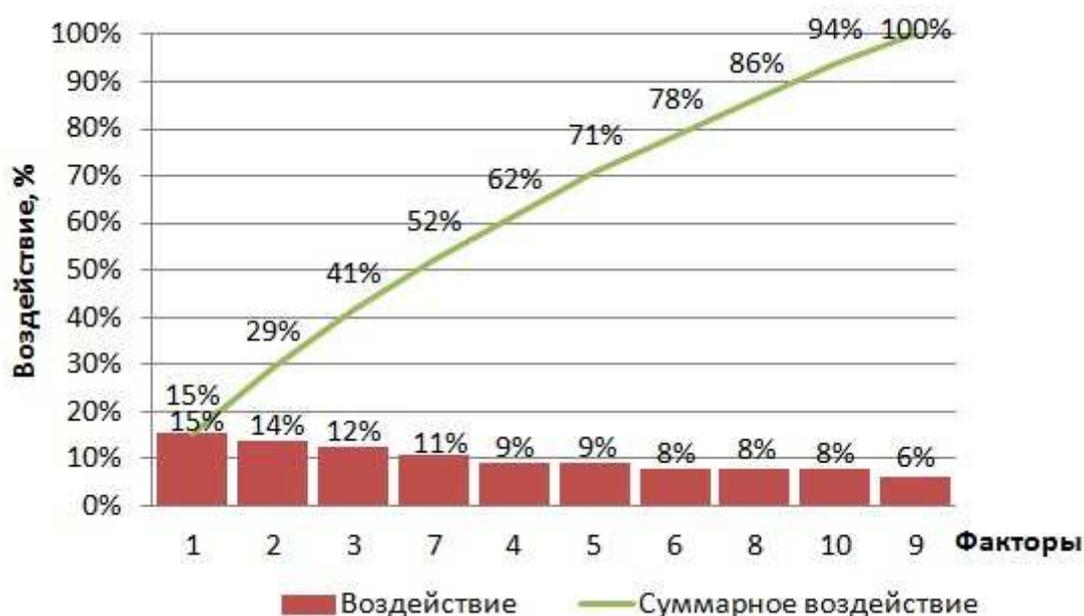


Рисунок 2. Диаграмма Парето

1 – частота сигнала, Гц; 2 – время обработки, мин; 3 – форма сигнала;
 4 – расстояние до обрабатываемого объекта; мм; 5 – размер излучателя,
 мм; 6 – площадь обрабатываемого объекта; 7 – толщина слоя
 обрабатываемого объекта; 8 – форма излучателя; 9 – количество витков
 излучателя; 10 – другие причины

На основании выполненного анализа можем сделать вывод, что наиболее существенными факторами являются частота сигнала и время обработки. Для более полного анализа нами были приведены исследования всех перечисленных факторов влияющих на степень обработки ЭМП НЧ мясного сырья и стартовых культур.

Для расчета магнитной индукции излучателя необходимо учитывать особенность материалов и форм катушки. Расчет магнитной индукции ведется по формуле:

$$B = \mu_0 \cdot H, \quad (1)$$

С учетом того, что $1 \text{ Э} = 79,5775 \text{ А/м}$, $H = 0,9 \text{ Э} = 71,61975 \text{ А/м}$,

$$B = 71,61975 \cdot 1,25663706 \cdot 10^{-6} = 90 \cdot 10^{-6}, [\text{Тл}].$$

Для эффективного использования электромагнитного облучения напряженность поля должна составлять от 60 до 100 В/м (при условии соблюдения частоты тока равной 50 Гц).

Зная величину магнитной индукции рабочего органа, мы можем рассчитать длину проводника, использованного в конструкции электромагнитного излучателя, которая находится по формуле:

$$l = 2\pi \cdot R \quad (2)$$

где R – радиус окружности катушки, м.

Катушка излучателя имеет сечение проводника $S=2,5 \text{ мм}^2$ и количество витков $N=37$. Схема используемой катушки приведена на рисунке 3.

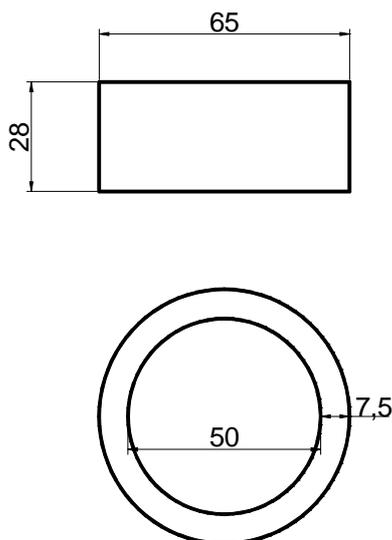


Рисунок 3. Схема катушки для экспериментальных исследований
а – вид сбоку; б – вид сверху

Найдем сопротивление данного проводника по формуле:

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (3)$$

где ρ – удельное сопротивление меди при 20°C – 0,0167, Ом·мм²/м;

l – длина проводника, м;

S – площадь сечения проводника, мм².

Реактивная составляющая находится по формуле:

$$x_L = L \cdot \omega \quad (4),$$

где L – индуктивность катушки,

Индуктивность катушки находится:

$$L = \mu_0 \frac{N^2 S}{l} \quad (5)$$

где μ_0 – проницаемость вакуума, $\mu_0 = 1,25663706 \cdot 10^{-6}$ Гн/м.

N – количество витков.

Основываясь на предыдущих формулах и расчетах по ним, найдем напряженность электрического поля, [В/м]:

$$E = \frac{U}{h} \quad (6)$$

где $U=I \times R$, следовательно:

$$E = \frac{I \cdot R}{h} \quad (7)$$

Учитывая, что у нас используется катушка, то R принимаем равное:

$$R = \sqrt{x_L^2 + r_L^2}, \quad (8)$$

Учитывая, что катушка – это индуктивное сопротивление, активным сопротивлением в данном случае можно пренебречь, и формула примет следующий вид:

$$E = \frac{I \cdot x_L}{h}, \quad (9)$$

Мы уже определили, что $x_L = L \cdot \omega$, а $L = \mu_0 \frac{N^2 S}{l}$, следовательно:

$$E = \frac{I \cdot \omega \cdot \mu_0 \frac{N^2 S}{l}}{h} \quad (10)$$

Также с учетом того, что $\omega = 2\pi \cdot f$, формула напряженности принимает следующий вид:

$$E = \frac{I \cdot 2\pi \cdot f \cdot \mu_0 \frac{N^2 S}{l}}{h} \quad (11)$$

где h – высота катушки индуктивности (рабочего органа), м;

f – частота действующего тока, А.

По приведенным формулам были произведены расчеты и получены следующие значения:

$l = 7,5$ м, $R = 0,05$ Ом, $E(10) = 12,103$ В/м, $E(40) = 93,101$ В/м, $E(70) = 202,029$ В/м, $E(100) = 325,854$ В/м.

Предварительные опыты показали, что при использовании синусоидальной и прямоугольной формы сигнала энергозатраты значительно увеличиваются.

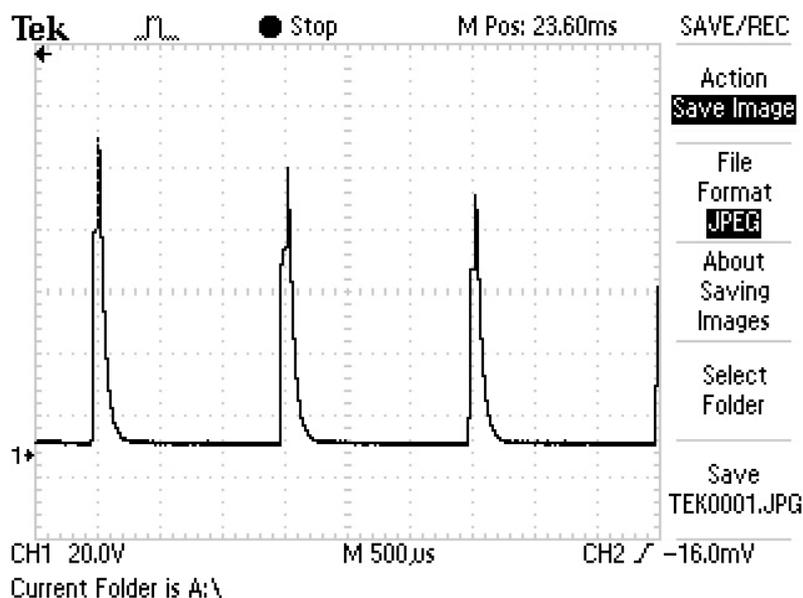


Рисунок 4. Осциллограмма формы напряжения сигнала

Из осциллограммы (рис. 4) видно, что при работе источника импульс напряжения равен 92 вольт, при исследуемом частотном диапазоне от 10 до 110 Гц, в данном диапазоне частот наиболее явно проявился резонанс воздействия на гистологию и биологию мясного продукта, а также на

микрофлору мясного сырья. На рисунке 5 представлена схема обработки мясного сырья электромагнитной установкой.

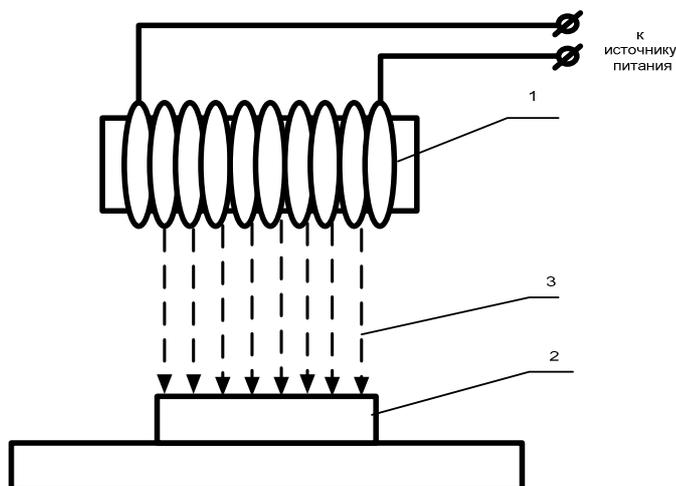


Рисунок 5. Схема обработки мясной продукции электромагнитно-импульсным сигналом

- 1 – электромагнитный излучатель, 2 – обрабатываемый объект,
3 – электромагнитно-импульсное излучение

Треугольная форма сигнала позволяет более эффективно и энергетически целесообразно проводить обработку образцов электромагнитным полем [8, 14].

Для изучения влияния ЭМП НЧ на развитие мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, дрожжей и плесневых грибов использовали говядину охлажденную высшего сорта и свинину охлажденную полужирную [15, 16]. При исследовании нами были исследованы частоты от 10 до 110 Гц. Исследуемые образцы мясного сырья помещали в экранированную камеру с вмонтированным излучателем МП. На мясо генерировали сигнал в виде треугольной формы в диапазонах 10–110 Гц в течение 15, 30, 45 и 60 минут.

Развитие микрофлоры усиливается при приближении частоты обработки к 35 Гц и снижается при обработке частотами свыше 50 Гц. Максимальный пик развития микрофлоры наступает при обработке ЭМП НЧ с частотой 45 Гц и продолжительностью 60 минут, мы получили

результат в $8,1 \times 10^7$ КОЕ/г, что существенно отличается от ближайшего максимума при обработке с частотой 40 Гц ($1,9 \times 10^6$ КОЕ/г) и 50 Гц ($2,3 \times 10^7$ КОЕ/г) продолжительностью 60 минут.

При дальнейшем увеличении частоты наблюдается значительное угнетение развития микрофлоры, которое наступает при обработке сырья с частотой 95 Гц и продолжительностью 60 минут. Спад угнетения развития наступает при обработке с частотой 105 Гц и продолжительностью 60 минут. Пиком угнетения развития микрофлоры является частота 100 Гц с продолжительностью 60 минут ($2,8 \times 10^2$ КОЕ/г).

При анализе полученных данных обработки говядины охлажденной и свинины охлажденной с частотой 100 Гц видно, что различия показателей КМАФАнМ между временем обработки, начиная от 30 минут и заканчивая 60 минутами, не являются существенными. В связи с этим и беря во внимание то, что длительная обработка мясного сырья может повлиять на скорость обработки, поточности производства и, в итоге, на экономические показатели производства готового продукта, на основании полученных данных нами предложено производить обработку мясного сырья с частотой 100 Гц и продолжительностью 30 минут.

Анализ цветной фотографии спектров (рис. б) фотонов, отражённых от продукта обработки, показывает, что при частоте обработки продукта, равной 45 Гц, эффект интенсификации роста микрофлоры максимален.

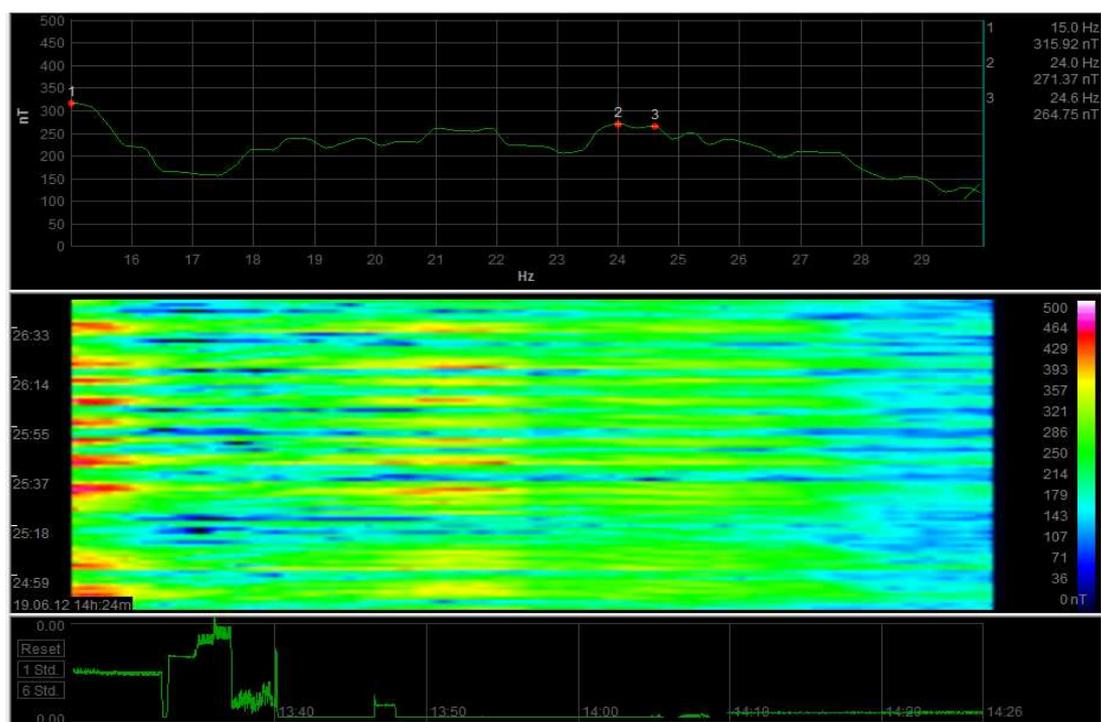


Рисунок 6. Спектры отраженных фотонов от обрабатываемого продукта при обработке частотой 45 Гц и продолжительностью 60 минут

Фото ярко зафиксировало цвета обработки от светло-фиолетовой до красной части спектра, который сформировали фотоны, излучённые электронами продукта обработки. В таблицах 1 и 2 представлены длины волн, частоты и энергии фотонов всего диапазона фотонных излучений.

Таблица 1 – Диапазоны шкалы электромагнитных (фотонных) излучений

Диапазоны	Радиусы (длины волн), $r = \lambda$, м	Частота колебаний, ν c^{-1}
1. Низкочастотный	$3 \cdot 10^6 \dots 3 \cdot 10^4$	$10^1 \dots 10^4$
2. Радио	$3 \cdot 10^4 \dots 3 \cdot 10^{-1}$	$10^4 \dots 10^9$
3. Микроволновый	$3 \cdot 10^{-1} \dots 3 \cdot 10^{-4}$	$10^9 \dots 10^{12}$
4. Реликтовый (макс)	$1 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{11}$
5. Инфракрасный	$3 \cdot 10^{-4} \dots 7,7 \cdot 10^{-7}$	$10^{12} \dots 3,9 \cdot 10^{14}$
6. Световой	$7,7 \cdot 10^{-7} \dots 3,8 \cdot 10^{-7}$	$3,9 \cdot 10^{14} \dots 7,9 \cdot 10^{14}$
7. Ультрафиолетовый	$3,8 \cdot 10^{-7} \dots 3 \cdot 10^{-9}$	$7,9 \cdot 10^{14} \dots 1 \cdot 10^{17}$
8. Рентгеновский	$3 \cdot 10^{-9} \dots 3 \cdot 10^{-12}$	$10^{17} \dots 10^{20}$
9. Гамма диапазон	$3 \cdot 10^{-12} \dots 3 \cdot 10^{-18}$	$10^{20} \dots 10^{24}$

Таблица 2 – Диапазоны изменения радиусов (длин волн) λ и энергий E фотонных излучений

Диапазоны	Радиусы (длины волн) $\lambda = r$, м	Энергии E , eV
1	2	3
1. Низкочастотный	$3 \cdot 10^6 \dots 3 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^{-15} \dots 4 \cdot 10^{-11}$
2. Радио	$3 \cdot 10^4 \dots 3 \cdot 10^{-1}$	$4 \cdot 10^{-11} \dots 4 \cdot 10^{-6}$
3. Микроволновый	$3 \cdot 10^{-1} \dots 3 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-6} \dots 4 \cdot 10^{-3}$
4. Реликтовый (макс)	$r = \lambda \approx 1 \cdot 10^{-3}$	$1,2 \cdot 10^{-3}$
5. Инфракрасный	$3 \cdot 10^{-4} \dots 7,7 \cdot 10^{-7}$	$4 \cdot 10^{-3} \dots 1,60$
6. Световой	$7,7 \cdot 10^{-7} \dots 3,8 \cdot 10^{-7}$	$1,60 \dots 3,27$
7. Ультрафиолетовый	$3,8 \cdot 10^{-7} \dots 3 \cdot 10^{-9}$	$3,27 \dots 4 \cdot 10^2$
8. Рентгеновский	$3 \cdot 10^{-9} \dots 3 \cdot 10^{-12}$	$4 \cdot 10^2 \dots 4 \cdot 10^5$
9. Гамма диапазон	$3 \cdot 10^{-12} \dots 3 \cdot 10^{-18}$	$4 \cdot 10^5 \dots 4 \cdot 10^{11}$

Действию электромагнитных лучей в первую очередь подвергаются мембраны, ограничивающие различные внутриклеточные компоненты. Функциональные и морфологические нарушения клеточных мембран проявляются практически сразу после обработки ЭМП НЧ. Происходящие изменения ионного состава способствуют появлению пролиферативных процессов. В ходе обработки ЭМП НЧ изменяется проницаемость биологических мембран, ускоряется транспорт катионов натрия [8, 17].

Некоторые ученые [18] считают, что отдельные структурные элементы имеют жидкокристаллическое строение. В связи с этим для них будет характерна анизотропия магнитных свойств. Полученные нами результаты позволяют считать, что жидкие кристаллы таких элементов ориентируются под влиянием магнитного поля, являясь ответственными за проницаемость мембраны, которая в свою очередь регулирует биохимические процессы, происходящие внутри клетки [8, 9, 19].

Помимо воздействия на кристаллическую структуру мембран, ЭМП НЧ оказывает влияние на некоторые физико-химические свойства воды,

такие как вязкость, поверхностное натяжение, поглощение света, диэлектрическая проницаемость, электропроводность. ЭМП НЧ, изменяя энергию слабых взаимодействий, способно оказать влияние на надмолекулярную организацию живых структур [20]. Это приводит к изменению количества химических реакций, некоторые из которых протекают с участием ферментов. В связи с этим, разные частоты могут вызывать разные эффекты. Некоторые из частот могут активизировать, а некоторые приостановить биологические процессы внутри клетки. Несмотря на разный эффект от действия ЭМП НЧ, в его основе лежит вращающееся электромагнитное поле.

Необходимо отметить, что электромагнитные поля, которые образуются вокруг ферромагнитных частиц, относятся к переменным и, в отличие от постоянных, их воздействие на биологические объекты может существенно отличаться.

В зависимости от различных факторов, движение ферромагнитных частиц может изменяться. К таким факторам относятся: масса, форма, интенсивность вращения и напряженность магнитного поля, размеры и вязкость среды и магнитных свойств частиц.

Различные движения, вращательные, колебательные, поступательные ферромагнитных частиц, а также вихревое движение, создаваемое ЭМП НЧ, стимулирует интенсивное перемешивание веществ, как в клетке, так и за ее пределами, как в микро- так и в макро объемах [21]. Такие условия создают возможность для протекания физических и химических процессов, которые не всегда протекают или невозможны в естественных условиях. Таким образом, действие ЭМП НЧ с частотой 45 Гц в течение 60 минут интенсифицирует физико-химические процессы, происходящие внутри клетки, что способствует ускорению роста микрофлоры.

Анализ фото спектров фотонов показаны на рисунке 7, отражённых от продукта обработки показывает, что при частоте сигнала, обрабатываемого продукта, равной 100Гц, обеззараживающий эффект максимален.

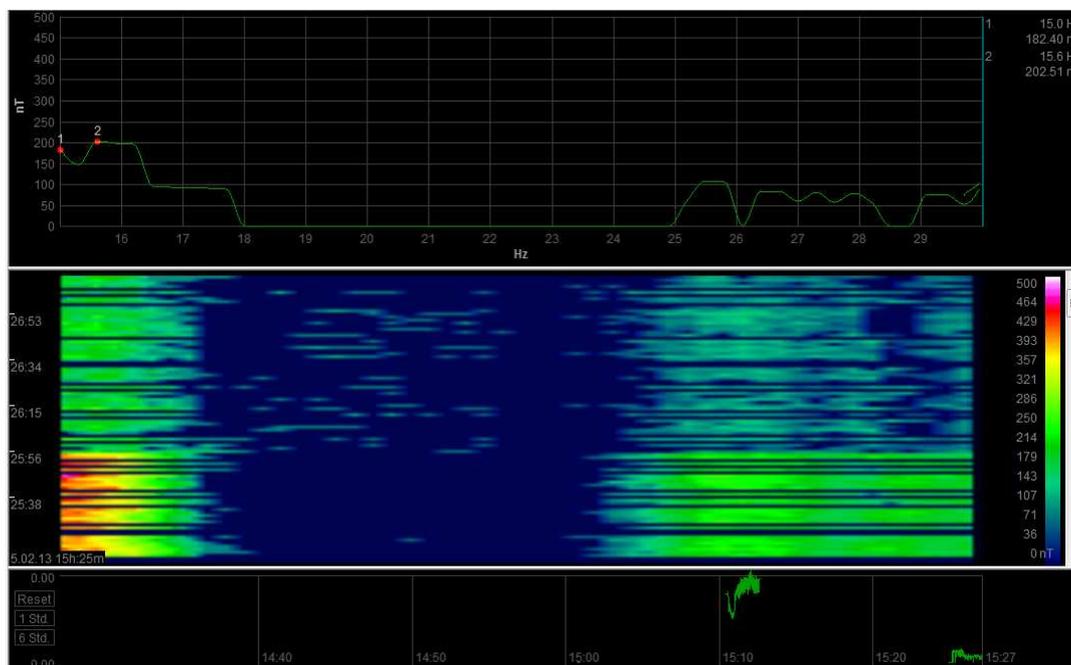


Рисунок 7. Спектры отраженных фотонов от обрабатываемого продукта при обработке частотой 100 Гц и продолжительностью 30 минут

На фото ярко зафиксирована фиолетовая часть спектра, который сформировали фотоны, излучённые электронами продукта обработки. В таблицах 2 и 3 представлены длины волн, частоты и энергии фотонов всего диапазона фотонных излучений.

Новые законы спектров атомов и ионов позволяют рассчитывать не только спектры всех электронов всех атомов, но и энергии, их связи с протонами ядер, соответствующие любым энергетическим уровням. Математическая модель для расчета спектров атомов имеет вид [22]:

$$E_f = E_i - \frac{E_1}{n^2}, \quad (12)$$

где $E_f = h\nu_f$ – энергия поглощенного или излученного фотона;

$E_i = h\nu_i$ – энергия ионизации, равная энергии такого фотона, после поглощения которого электрон теряет связь с ядром и становится свободным;

E_1 – энергия связи электрона с ядром атома, соответствующая первому энергетическому уровню, также равна энергии фотона.

Энергии связи E_b электронов с протонами ядер атомов рассчитываются по формуле [22]:

$$E_b = \frac{E_1}{n^2} = \frac{h\nu_1}{n^2} \quad (13)$$

где $n = 1, 2, 3, \dots$ – номер энергетического уровня электрона в атоме, главное квантовое число.

Подставим в формулы (12) и (13) $E_1 = 13,60$ и $n = 2, 3, 4, \dots$. В результате получим теоретические значения E_f (теор.) энергий фотонов, поглощаемых или излучаемых электроном при его энергетических переходах в атоме водорода, которые практически полностью совпадают с экспериментальными E_f (эксп.) значениями этих энергий, и -энергии E_b связей этого электрона с ядром атома (табл. 3).

Таблица 3 – Спектры атомов водорода и углерода

Значения	n	2	3	4	5	6
E_f (эксп)	eV	10,20	12,09	12,75	13,05	13,22
E_f (теор)	eV	10,198	12,087	12,748	13,054	13,220
E_b (теор)	eV	3,40	1,51	0,85	0,54	0,38

На рисунке 8 представлены атомы водорода и углерода.

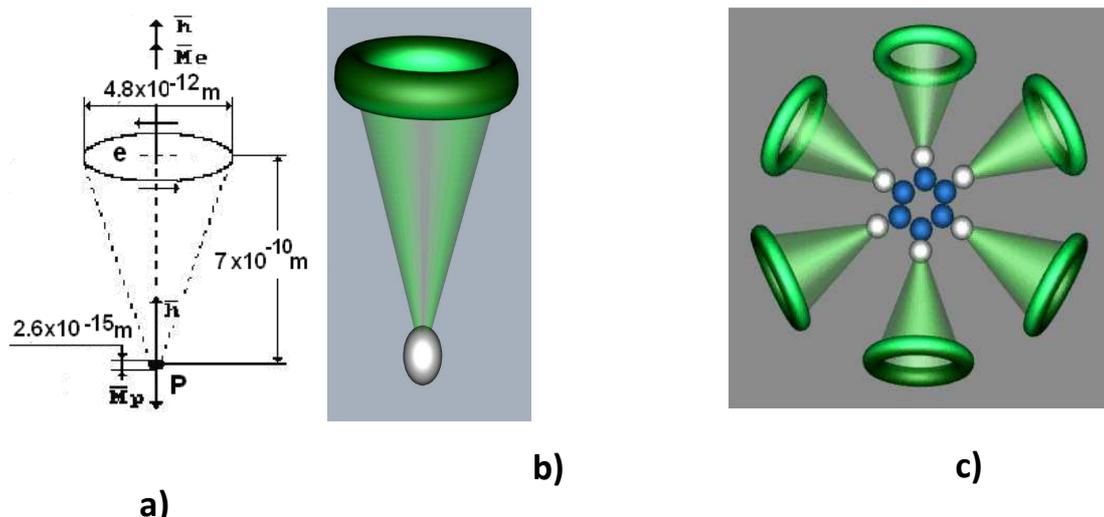


Рисунок 8. Изображение атома водорода и углерода

а) и б) – атом водорода; с) – атом углерода

Углерод (рис. 8, с) является главным атомом всех органических соединений. Он имеет шесть электронов. Самым активным валентным электроном является его электрон, имеющий наименьшую энергию ионизации $E_i = 11,256 eV$ [22]. Фиктивная энергия связи этого электрона с ядром атома, соответствующая первому энергетическому уровню, будет такой $E_1 = 14,24 eV$. Подставляя $E_i = 11,256 eV$ и $E_1 = 14,24 eV$ в формулы 12 и 13, найдем (табл. 4).

Таблица 4 – Спектр первого электрона атома углерода

Значения	n	2	3	4	5	6
E_f (эксп.)	eV	7,68	9,67	10,37	10,69	10,86
E_f (теор.)	eV	7,70	9,68	10,38	10,71	10,88
E_b (теор.)	eV	3,58	1,58	0,89	0,57	0,39

На рисунке 9 представлен кластер из 10 атомов углерода.

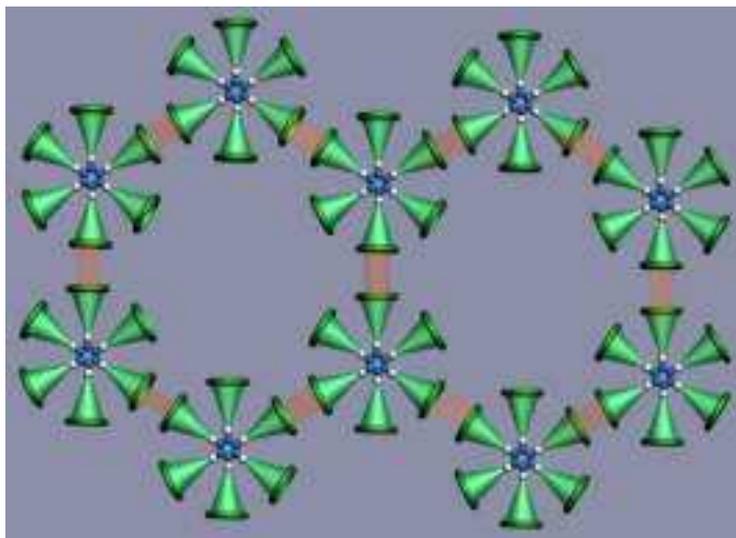


Рисунок 9. Теоретический кластер углерода из 10-ти атомов углерода

Цель обеззараживания продукта путём облучения – убить микрофлору и не удалить ни одного электрона из атомов и молекул углерода, так как освободившийся при этом протон в ядре может соединиться со свободным нейтроном и сразу сформируется структура для роста онкологических опухолей. Частота фотонов середины светового диапазона:

$$C = \lambda \cdot \nu \Rightarrow \nu = C / \lambda = 2,989 \cdot 10^8 / 5,0 \cdot 10^{-7} = 5,978 \cdot 10^{14} (\text{Гц}) \quad (14)$$

Частота экспериментальных импульсов 100 Гц. Если учесть, что резонанс наступает при совпадении амплитуд колебаний, то это возможно при кратном соотношении собственных частот колебаний электронов и частот внешнего воздействия, поэтому частота излучаемых фотонов должна быть целым числом. Поскольку цвет отраженного сигнала от обрабатываемого объекта (мяса), соответствующий самому эффективному режиму, голубой, то это значит, что длины волн, излучаемых фотонами, равны целым числам. Исходя из этого есть основания полагать (табл. 3), что частоты фотонов, излучаемые электронами обрабатываемого

материала, изменяются в интервале $(6,0 \cdot 10^{14} \dots 7,0 \cdot 10^{14})$ Гц. Это – фотоны фиолетовой области световой зоны спектра.

Далее возникает необходимость проверить возможность появления в продукте дейтерия и трития – источников онкологических заболеваний. Их появление возможно, если основные атомы продукта – атомы углерода будут подвергаться воздействию, при котором из атома могут удаляться электроны. Это может произойти, если в результате обработки продукта будут появляться фотоны с энергиями больше энергии ионизации первого электрона атома углерода. Энергия ионизации первого электрона атома углерода равна $E_i = 11,256 \text{ eV}$. Анализ цветных спектров показывает, что они имеют цвет от голубого до красного, которые формируются фотонами с энергиями $(3,00 \dots 8,27) \text{ eV}$. Энергии этих фотонов в $(11,26/8,30) = 1,4$ раза меньше энергий тех фотонов, после поглощения, которых электрон атома углерода потеряет связь с протоном ядра и у протона ядра появляется возможность соединиться со свободным нейтроном – источником формирования онкологических опухолей. Следовательно, обработка с частотами 45 и 100 Гц с продолжительностью 60 и 30 минут не приведет к мутации микрофлоры и не вызовет заболеваний.

При воздействии на мясное сырье с частотой 45 Гц и продолжительностью 60 мин наблюдается ускоренное развитие микрофлоры.

Из полученных данных следует, что при воздействии частотой 100 Гц и продолжительностью 30 минут происходит резонанс внешних частот ЭМП НЧ и внутренних частот. Это утверждение объясняет снижение активности микрофлоры при данной обработке. В связи с наступлением резонанса внутренних колебаний микрофлоры мы предполагаем, что такой же резонанс происходит в клетках мясного сырья, что, в свою очередь, может привести к сильному или частичному разрушению клеточной структуры мясного сырья.

Список литературы

1. Нестеренко, А. А. Технология ферментированных колбас с использованием электромагнитного воздействия на мясное сырье и стартовые культуры [Текст] / А. А. Нестеренко // Научный журнал «Новые технологии». – Майкоп: МГТУ, – 2013. – № 1 – С. 36–39.
2. Нестеренко, А. А. Влияние электромагнитного поля на развитие стартовых культур в технологии производства сырокопченых колбас [Текст] / А. А. Нестеренко // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – Мичуринск, – 2013. – № 2 – С. 75–80.
3. Оботурова, Н. П. Разрядно-импульсное воздействие для интенсификации посола мяса [Текст] / Н. П. Оботурова, О. Н. Кожевникова, Л. И. Барыбина, А. А. Нагдалян // Мясная индустрия. – 2012. – №12. – С. 32–35.
4. Дунаев, С.А. Способы интенсификации технологических процессов в мясной отрасли: конспект лекций [Текст] / С. А. Дунаев, А. А. Попов. – Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2006. – 64 с.
5. Pat.US 3705813 A Meat processing/Silliker John H, Vogel Paul W; Initial patent holder Meat Technology Inc. Itisdeclared 12 may. 1970; published 12 des 1972. – 8 p.
6. Нестеренко, А. А. Электромагнитная обработка мясного сырья в технологии производства сырокопченной колбасы // Наука Кубани. – 2013. – № 1. – С. 41-44.
7. Зайцева, Ю. А. Новый подход к производству ветчины [Текст] / Ю. А. Зайцева, А. А. Нестеренко // Молодой ученый. – 2014. – №4. – С. 167-170.
8. Нестеренко, А. А. Изучение действия электромагнитного поля низких частот на мясное сырье [Текст] / А. А. Нестеренко, К. В. Акопян // Молодой ученый. – 2014. – №4. – С. 224–227.
9. Нестеренко, А. А. Использование электромагнитной обработки в технологии производства сырокопченых колбас / А. А. Нестеренко, А. В. Пономаренко // Вестник Нижегородского государственного инженерно-экономического института. – 2013. – № 6 (25). – С. 74–83.
10. Максимов, Д.А. Электрофизические методы обработки крови убойных животных [Текст] / Д. А. Максимов, П. И. Пляшешник, А. В. Теуважев, В. В. Панков // Мясная индустрия. – 2013. – №4. – С. 40–43.
11. Nowak, B. Blood cell concentrates for food products: Hygiene, composition, and preservation/B. Nowak, T. Mueffling // Journal of Food Protection. – 2006. – № 69 (9). – P. 2183-2192.
12. Кислинг, М. Щадящая обработка продуктов, чувствительных к термическому воздействию [Текст] / М. Кислинг, Ш. Тёпфль // Мясная индустрия. – 2013. – №4. – С. 44-48.
13. Нестеренко, А. А. Применение стартовых культур в технологии производства ветчины / А. А. Нестеренко, Ю. А. Зайцева // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 1(31) – С. 65-68.
14. Нестеренко, А. А. Влияние активированных электромагнитным полем низких частот стартовых культур на мясное сырье / Нестеренко А. А., Горина Е. Г. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – №05(099).– С. 786-802. – IDA [article ID]: 0991405053. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/05/pdf/53.pdf>, 1,063 у.п.л.
15. Патиева, А. М. Обоснование использования мясного сырья свиней датской селекции для повышения пищевой и биологической ценности мясных изделий / А. М.

Патиева, С. В. Патиева, В. А. Величко, А. А. Нестеренко // Труды Кубанского государственного аграрного университета, Краснодар: КубГАУ, – 2012. – Т. 1. – № 35 – С. 392-405.

16. Потрясов, Н. В. Изучение свойств готовой продукции функционального направления с использованием консорциумов микроорганизмов [Текст] / Н. В. Потрясов, Е. А. Редькина, А. М. Патиева // Молодой ученый. – 2014. – №7. – С. 174-177.

17. Нестеренко, А. А. Биологическая ценность и безопасность сырокопченых колбас с предварительной обработкой электромагнитным полем низких частот стартовых культур и мясного сырья / Нестеренко А. А., Акопян К. В. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – №05(099). – С. 772 – 785. – IDA [article ID]: 0991405052. – Режим доступа:<http://ej.kubagro.ru/2014/05/pdf/52.pdf>, 0,875 у.п.л.

18. Беляева, М. А. Влияние ИК- и СВЧ-нагрева на жиры говяжьего мяса / М. А. Беляева // Хранение и переработка сельскохозяйственного сырья. – 2004. – №5. – С. 36-37.

19. Канарев, Ф. М. Глобальная энергия и микромир [Текст] /Ф. М. Канарев // Новая энергетика. – 2004. – № 5 (14). – С. 46 – 48.

20. Потрясов, Н. В. Разработка условий получения функциональных продуктов с использованием консорциумов микроорганизмов [Текст] / Н. В. Потрясов, Е. А. Редькина, А. М. Патиева // Молодой ученый. – 2014. – №7. – С. 171-174.

21. Нестеренко, А. А. Посол мяса и мясопродуктов / А. А. Нестеренко, А. С. Каяцкая // Вестник НГИЭИ. – 2012. – №8. – С. 46-54.

22. Канарев, Ф.М. Начало физхимии микромира [Текст] / Ф. М. Канарев. – Краснодар: КубГАУ, 2005. – 500 с.

References

1. Nesterenko, A. A. Tehnologija fermentirovannyh kolbas s ispol'zovaniem jelektromagnitnogo vozdejstvija na mjasnoe syr'e i startovye kul'tury [Tekst] / A. A. Nesterenko // Nauchnyj zhurnal «Novye tehnologii». – Majkop: MGTU, – 2013. – № 1 – S. 36–39.

2. Nesterenko, A. A. Vlijanie jelektromagnitnogo polja na razvitie startovyh kul'tur v tehnologii proizvodstva syrokopchenyh kolbas [Tekst] / A. A. Nesterenko // Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Michurinsk, – 2013. – № 2 – S. 75–80.

3. Oboturova, N. P. Razrjadno-impul'snoe vozdejstvie dlja intensivifikacii posola mjasa [Tekst] / N. P. Oboturova, O. N. Kozhevnikova, L. I. Barybina, A. A. Nagdaljan // Mjasnaja industrija. – 2012. – №12. – S. 32–35.

4. Dunaev, S.A. Sposoby intensivifikacii tehnologicheskix processov v mjasnoj otrasli: konspekt lekcij [Tekst] / S. A. Dunaev, A. A. Popov. – Kemerovo: Kemerovskij tehnologicheskij institut pishhevoj promyshlennosti, 2006. – 64 s.

5. Pat.US 3705813 A Meat processing/Silliker John H, Vogel Paul W; Initial patent holder Meat Technology Inc. Itisdeclared 12 may. 1970; published 12 des 1972. – 8 r.

6. Nesterenko, A. A. Jelektromagnitnaja obrabotka mjasnogo syr'ja v tehnologii proizvodstva syrokopchenoj kolbasy // Nauka Kubani. – 2013. – № 1. – S. 41-44.

7. Zajceva, Ju. A. Novyj podhod k proizvodstvu vetchiny [Tekst] / Ju. A. Zajceva, A. A. Nesterenko // Molodoj uchenyj. – 2014. – №4. – S. 167-170.

8. Nesterenko, A. A. Izuchenie dejstvija jelektromagnitnogo polja nizkix chastot na

mjasnoe syr'e [Tekst] / A. A. Nesterenko, K. V. Akopjan // Molodoj uchenyj. – 2014. – №4. – S. 224–227.

9. Nesterenko, A. A. Ispol'zovanie jelektromagnitnoj obrabotki v tehnologii proizvodstva syropkopenyh kolbas / A. A. Nesterenko, A. V. Ponomarenko // Vestnik Nizhegorodskogo gosudarstvennogo inzhenerno-jekonomicheskogo instituta. – 2013. – № 6 (25). – S. 74–83.

10. Maksimov, D.A. Jelektrofizicheskie metody obrabotki krovi ubojnyh zhivotnyh [Tekst] / D. A. Maksimov, P. I. Pljasheshnik, A. V. Teuvazhev, V. V. Pankov // Mjasnaja industrija. – 2013. – №4. – S. 40–43.

11. Nowak, B. Blood cell concentrates for food products: Hygiene, composition, and preservation/B. Nowak, T. Mueffling // Journal of Food Protection. – 2006. – № 69 (9). – P. 2183-2192.

12. Kisling, M. Shhadjashhaja obrabotka produktov, chuvstvitel'nyh k termicheskomu vozdeystviyu [Tekst] / M. Kisling, Sh. Tjopfl' // Mjasnaja industrija. – 2013. – №4. – S. 44-48.

13. Nesterenko, A. A. Primenenie startovyh kul'tur v tehnologii proizvodstva vetchiny / A. A. Nesterenko, Ju. A. Zajceva // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2014. – № 1(31) – S. 65-68.

14. Nesterenko, A. A. Vlijanie aktivirovannyh jelektromagnitnym polem nizkih chastot startovyh kul'tur na mjasnoe syr'e / Nesterenko A. A., Gorina E. G. // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2014. – №05(099).– S. 786-802. – IDA [article ID]: 0991405053. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2014/05/pdf/53.pdf>, 1,063 u.p.l.

15. Patieva, A. M. Obosnovanie ispol'zovanija mjasnogo syr'ja svinej datskoj selekcii dlja povyshenija pishhevoj i biologicheskoj cennosti mjasnyh izdelij / A. M. Patieva, S. V. Patieva, V. A. Velichko, A. A. Nesterenko // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, Krasnodar: KubGAU, – 2012. – T. 1. – № 35 – S. 392-405.

16. Potrjasov, N. V. Izuchenie svojstv gotovoj produkcii funkcional'nogo napravlenija s ispol'zovaniem konsorciumov mikroorganizmov [Tekst] / N. V. Potrjasov, E. A. Red'kina, A. M. Patieva // Molodoj uchenyj. – 2014. – №7. – S. 174-177.

17. Nesterenko, A. A. Biologicheskaja cennost' i bezopasnost' syropkopenyh kolbas s predvaritel'noj obrabotkoj jelektromagnitnym polem nizkih chastot startovyh kul'tur i mjasnogo syr'ja / Nesterenko A. A., Akopjan K. V. // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2014. – №05(099). – S. 772 – 785. – IDA [article ID]: 0991405052. – Rezhim dostupa:<http://ej.kubagro.ru/2014/05/pdf/52.pdf>, 0,875 u.p.l.

18. Beljaeva, M. A. Vlijanie IK- i SVCh-nagreva na zhiry govjazh'ego mjasa / M. A. Beljaeva // Hranenie i pererabotka sel'skohozjajstvennogo syr'ja. – 2004. – №5. – S. 36-37.

19. Kanarev, F. M. Global'naja jenergija i mikromir [Tekst] /F. M. Kanarev // Novaja jenergetika. – 2004. – № 5 (14). – S. 46 – 48.

20. Potrjasov, N. V. Razrabotka uslovij poluchenija funkcional'nyh produktov s ispol'zovaniem konsorciumov mikroorganizmov [Tekst] / N. V. Potrjasov, E. A. Red'kina, A. M. Patieva // Molodoj uchenyj. – 2014. – №7. – S. 171-174.

21. Nesterenko, A. A. Posol mjasa i mjasoproduktov / A. A. Nesterenko, A. S. Kajackaja // Vestnik NGIJeI. – 2012. – №8. – S. 46-54.

22. Kanarev, F.M. Nachalo fizhimii mikromira [Tekst] / F. M. Kanarev. – Krasnodar: KubGAU, 2005. – 500 s.