

## ЭПР-спектроскопия пряностей

Роза Т. Тимакова	<sup>1</sup>	trt64@mail.ru
Сергей Л. Тихонов	<sup>2</sup>	tihonov75@bk.ru
Андрей Н. Тарарков	<sup>3</sup>	fic2000@mail.ru
Дмитрий О. Вахнин	<sup>4</sup>	dmitrii.vakhnin@gmail.com

<sup>1</sup> кафедра туристического бизнеса и гостеприимства, Уральский государственный экономический университет, ул. 8-е Марта/Народной воли, 62/45, г. Екатеринбург, 620144, Россия

<sup>2</sup> кафедра пищевой инженерии, Уральский государственный экономический университет, ул. 8-е Марта/Народной воли, 62/45, г. Екатеринбург, 620144, Россия

<sup>3</sup> ООО «Спектр», ул. Первомайская, 56-9, г. Екатеринбург, 620075, Россия

<sup>4</sup> кафедра экспериментальной физики, УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, ул. Мира, 19, г. Екатеринбург, 620002, Россия

**Реферат.** С 01 января 2017 года вводится Межгосударственный стандарт ГОСТ 33271-2015 «Пряности сухие, травы и приправы овощные. Руководство по облучению в целях борьбы с патогенными и другими микроорганизмами», в котором указано, что поглощенная доза излучения для пряностей должна составлять от 3 до 30 кГр. Проведенными исследованиями установлено, что и до введения разрешительной законодательной базы на потребительском рынке России присутствуют облученные пищевые продукты (чили жгучий молотый, чили острый молотый, перец черный молотый). Для контроля радиационной безопасности пищевых продуктов использован метод электронного парамагнитного резонанса (ЭПР), позволяющий оперативно и с высокой степенью достоверности установить факт облучения. Установлено, что все образцы пряностей, облученные дозой 12 кГр (технология радаппертизации) дали характерные спектры сигналов, установленные методом электронного парамагнитного резонанса на отечественном ЭПР-спектрометре, интенсивность, амплитуда пика и ширина ЭПР сигналов образцов пряностей с увеличением дозы облучения возрастает. Доказано, что повторное облучение не дает эффекта накопления. Интегрирование с 2017 года России в общемировую практику использования радиационных технологий обработки пищевых продуктов и продовольственного сырья с целью продления сроков годности подтверждает необходимость создания банка данных о радиационной чувствительности различных пищевых продуктов с целью определения оптимальных доз облучения и изучения влияния доз облучения на сроки хранения и качество продуктов.

**Ключевые слова:** пряности, ЭПР, спектрометр, ионизирующее облучение, микробиологическая обсемененность, амплитуда, g-фактор

## EPR spectroscopy of spices

Roza T. Timakova	<sup>1</sup>	trt64@mail.ru
Sergei L. Tikhonov	<sup>2</sup>	tihonov75@bk.ru
Andrei N. Tararkov	<sup>3</sup>	fic2000@mail.ru
Dmitrii O. Vakhnin	<sup>4</sup>	dmitrii.vakhnin@gmail.com

<sup>1</sup> tourism and hospitality department, Ural state economic university, 8 Marta/Narodnoy voli str., 62/45, Ekaterinburg, 620144, Russia

food engineering department, Ural state economic University, Marta/Narodnoy voli str., 62/45, Ekaterinburg, 620144, Russia

<sup>2</sup> JSC “Spektr”, Pervomayskaya str., 56-9, Ekaterinburg, 620075, Russia

<sup>3</sup> experimental physics department, Ural Federal University named after. the first President of Russia B. N. Yel, Mira St. 19,

<sup>4</sup> Ekaterinburg, 620002, Russia

**Summary.** From 01 January 2017 you enter the interstate standard GOST 33271-2015 “Dry Spices, herbs and vegetable seasonings. Manual exposure in order to combat pathogens and other microorganisms” which States that the absorbed dose of radiation to the spices should be from 3 to 30 kGy. The study found that before the introduction of permissive legislative framework in the consumer market of Russia there are irradiated food products (chili, ground chili, ground spicy chili, black pepper). For radiation monitoring of food safety, we used the method of electron paramagnetic resonance (EPR), which allows quickly and with a high degree of reliability to establish the fact of irradiation. It is established that all samples of spices irradiated with dose of 12 kGy (technology radappertization) gave typical spectra of the signals established by the method of electron paramagnetic resonance in the domestic EPR spectrometer, the intensity, amplitude and peak width of the EPR signal of samples of spices with the increase of irradiation dose increases. It is proven that repeated exposure no effect accumulation. Integration with 2017 Russia in the global practice of using radiation technologies of processing of food products and food raw materials with the purpose of extending shelf life confirms the need for a data Bank on the radiation sensitivity of various food products to determine the optimal doses and the effect of radiation doses on the shelf life and quality of products.

**Keywords:** spices, EPR, spectrometer, ionizing irradiation, microbiological contamination, amplitude, g-factor

Для цитирования

Тимакова Р. Т., Тихонов С. Л., Тарарков А. Н., Вахнин Д. О. ЭПР-спектроскопия пряностей // Вестник ВГУИТ. 2016. № 4. С. 187–193. doi:10.20914/2310-1202-2016-4-187-193

For citation

Timakova R. T., Tikhonov S. L., Tararkov A. N., Vakhnin D. O. EPR spectroscopy of spices. *Vestnik VSUET* [Proceedings of VSUET]. 2016. no. 4. pp. 187–193. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2016-4-187-193

### Введение

Основными поставщиками пряностей на отечественный потребительский рынок являются следующие страны: Китай, Индия, Вьетнам, Бангладеш, Турция и Грузия [1]. По данным Федеральной таможенной службы, за январь-июль 2016 года в Россию было ввезено 18,12 тыс т специй общей стоимостью на 51,12 млн долл., что больше, чем за аналогичный период прошлого года на 19% и 28%, соответственно. В январе-июле 2016 года импорт перца составил 8,475 тыс т, что выше аналогичного периода прошлого года на 17%. Количество имбиря, шафрана, куркумы, лаврового листа и других пряностей товарной позиции 0910 ТНВЭД ЕАЭС, ввозимого в нашу страну, в этом году составило 7,677 тыс. т, что на 16,5% больше, чем в прошлом году. Основным поставщиком пряностей является Китай, импортировавший в Россию 6,698 тыс. т пряностей, увеличив поставки на 31,8%. Рост демонстрируют и другие крупнейшие поставщики – Вьетнам (+42,3%), Индия (+52,3%), Грузия (+10,7%). Импорт пряностей из Узбекистана увеличился в четыре раза. По экспертным оценкам доля отечественных производителей на российском рынке пряностей составляет около 20–30%. Вместе с тем российские производители поставляют свою продукцию как на внутренний, так и внешний рынок, но ориентируются в основном на экспорт сырья, а не готовой продукции. По данным Федеральной таможенной службы, экспорт пряностей из России за семь месяцев 2016 года увеличился почти в три раза по стоимостному объему до 24,1 млн долл. и в 7,6 раз по физическому объему до 38,9 тыс. т [2].

Пряности подвержены воздействию микроорганизмов и насекомых, соответствующих их месту произрастания. К наиболее распространенным в пряностях микроорганизмам относятся спорообразующие бактерии (палочки *Bacillus Species*, *Clostridia*), вегетативные бактерии (сальмонелла, кишечная палочка *Escherichia coli*, молочнокислые бактерии) и плесневелые грибы рода *Penicillium*, *Rhizopus* и *Aspergillus*. Пряности, специи, сушеные овощи и травы содержат микроорганизмы, свойственные почве и среде, где эти пряности выращены. Как правило, количество и виды микроорганизмов, зависят от конкретного материала, его географического происхождения, климатических условий,

сбора, обработки (например, чистка, сушка), хранения, транспортировки и упаковки [3]. В пряностях могут находиться насекомые: табачный жук (*Lasioderma serricorne*), хрущак мучной малый (*Tribolium confusum*), точильщик хлебный (*Stegobium paniceum*), мучной клещ (*Tyrophagus putrescentiae*), амбарная моль (*Nemapogon granellus*), в перце черном и красном – притворяшка-вор (*Ptinus fur*).

Для увеличения срока годности пряностей и пищевых продуктов ФАО и ВОЗ одобрили применение ионизирующего излучения. Многие пряности проявляют антиоксидантные свойства, поскольку содержат такие вещества, как полифенолы, фенольные кислоты, флавоноиды, кверцетин и фитостеролы, а также токоферолы и каротиноиды [4]. Исследования антиоксидантной активности *in vitro* пряных трав, лука и сушеных пряностей показали, что данные группы объектов в модельных экспериментах *in vitro* обладают высокими противорадикальными, противоокислительными и восстанавливающими свойствами [5]. Однако при проведении облучения пряностей необходимо учитывать, что антиоксидантные свойства специй оказывают радиопротекторное действие на микроорганизмы.

В работе [6] отмечено, что существует различие по содержанию свободных радикалов даже для однотипных продуктов. В соответствии с решениями президиума Совета при Президенте России по модернизации экономики и инновационному развитию от 11 декабря 2014 года Россия с 2017 года будет интегрирована в общемировую практику воздействия ионизирующего излучения на пищевые продукты и продовольственное сырье с целью продления их сроков годности. Так, с 2017 года вводится Межгосударственный стандарт ГОСТ 33271–2015 «Пряности сухие, травы и приправы овощные. Руководство по облучению в целях борьбы с патогенными и другими микроорганизмами», устанавливающий диапазоны минимальных доз для 19 видов пряностей, в частности, для черного перца – от 6 до 12 кГр, паприки – от 3 до 8 кГр, красного перца – от 3 до 8 кГр, куркумы – от 3 до 8 кГр, имбиря – от 4 до 8 кГр, что соответствует рекомендуемым дозам облучения для пряностей по ASTM F1885–04 [7].

Установлено, что бактерии группы кишечной палочки полностью погибают при дозе облучения 4 кГр в перце черном и красном молотом, плесень и дрожжи соответственно

на 100 и 96%. В черном перце после облучения дозой 10 кГр сохранялось до  $1,1 \times 10^6$  КОЕ/г выживших спорообразующих бактерий (эффективность обработки составляет 94%), а при исследовании воздействия ионизирующего излучения на спорообразующие бактерии в красном перце эффективность составила всего 48%, что может быть связано с высокой резистентностью этой группы микроорганизмов [8]. Но вместе с тем производители и поставщики пряностей могут применять более высокие дозы облучения. В связи с этим выявление факта облучения и установление дозы облучения пищевых продуктов и пряностей является важным направлением научных исследований.

Одним из перспективных методов определения факта и дозы облучения пищевых продуктов является высокоточный метод электронного парамагнитного резонанса – метод ЭПР, что подтверждается результатами исследований [9, 10], установивших, что после облучения образцов пряностей разными дозами обнаружены различные спектры ЭПР. Важно осуществление контроля качества на всех уровнях. Обнаружение облученных пищевых продуктов базируется в основном на радиолизе липидов, модификации аминокислот, модификации ДНК, модификации углеводов, образовании свободных радикалов [11].

В связи с этим, целью исследований является выявление на потребительском рынке г. Екатеринбурга облученных пряностей и установление их доз облучения методом ЭПР.

#### Материалы и методы исследования

Исследования проводили с помощью портативного автоматизированного спектрометра ЭПР серии Labrador Expert X – диапазона (длина волны 3 см) (рисунок 1). Спектрометр разработан на предприятии ООО «Спектр» при содействии Института естественных наук УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина.

Общие технические характеристики спектрометра ЭПР приведены в таблице 1.



Рисунок 1. Внешний вид спектрометра

Figure 1. The appearance of the spectrometer

Таблица 1.

Общие технические характеристики спектрометра ЭПР

Table 1.

General technical characteristics of the EPR spectrometer

Технические характеристики   Technical parameters	Показатели   Indicators
Чувствительность, спин/0,1 мТл, не более The sensitivity of spins/0,1 MTL, no more	$1 \cdot 10^{11}$
Частота сигнального канала СВЧ, ГГц Frequency signal channel of the microwave, GHz	9,2
Максимальная мощность СВЧ, мВт The maximum power of the microwave, mW	50
Индукция постоянного магнитного поля, Тл Induction of a constant magnetic field, TL	$0,328 \pm 0,03$
Частота модуляции магнитного поля, Гц The modulation frequency of the magnetic field, Hz	2–12200
Амплитуда модуляции магнитного поля, мТл The amplitude modulation of the magnetic field, MTL	4,8–0,001
Абсолютная погрешность магнитного поля, мТл, не более The absolute error of the magnetic field, MTL, no more	0,05
Габариты (ДхШхВ), не более, мм Dimensions (LxWxH), mm	330 x 320 x 240

Облучение проводили в Центре радиационной стерилизации (ЦРС) Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина. Для облучения пряностей использовали линейный ускоритель электронов модели УЭЛР-10-10С2 с энергией до 10 МэВ. Определение поглощенной дозы после облучения проводили путем измерения оптической плотности облученной полимерной пленки на спектрофотометре при длине волны 512 нм относительно опорного образца ГСО.

Исследование образцов до и после радиационной обработки проводилось по амплитуде сигнала ЭПР и полуширине линии (рисунок 2).

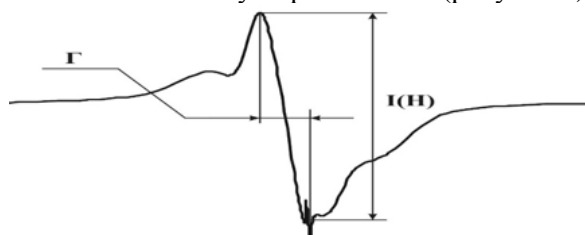


Рисунок 2.  $I(H)$  – амплитуда сигнала ЭПР,  $\Gamma$  – полуширина линии

Figure 2.  $I(H)$  is the amplitude of the EPR signal,  $\Gamma$  is the half – width of the line

Для сравнения сигналов использовали контрольный образец (высокостабильный эталон): мера КППЦ на основе оксида марганца. Исследования проводили десятикратно при частоте СВЧ, приближенной к 9200 МГц; в диапазоне магнитного поля от 3000 до 3500 Гс (с центром в 3280 Гс); с амплитудой модуляции 10,419 Гс, частотой модуляции 757 Гц, изменяющимися временем преобразования и накоплением. Мощность СВЧ устанавливали в диапазоне 4–15 дБм путем апробации для нормализации показателя – сигнал/шум.

### Полученные результаты и их обсуждение

Для эксперимента были отобраны 5 образцов пряностей импортного производства (объекты исследования), находящихся в розничной сети г. Екатеринбурга: перец черный молотый (производитель Вьетнам), перец белый молотый (производитель Швеция), куркума (производитель Индия), чили острый (производитель Таиланд), чили жгучий (производитель Индия), карри (производитель Индия). Эксперимент проводили по следующим направленностям: установка факта облучения / необлучения представленных (исходных) образцов и радиобиологический контроль образцов пряностей до и после проведенного облучения.

При исследовании исходных образцов перца белого молотого, приобретенного в торговой сети г. Екатеринбурга установлено, что он не подвергался ранее воздействию ионизирующего излучения, отсутствует характерный спектр, амплитуда пика равна  $9,23 \cdot 10^{-5}$ . Соотношение сигнал/шум – низкое (рисунок 3).

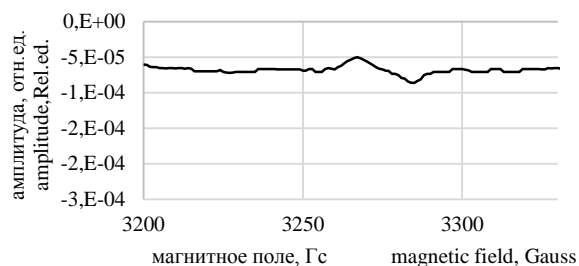


Рисунок 3. Спектр перца белого молотого до облучения

Figure 3. Range of ground white pepper before irradiation

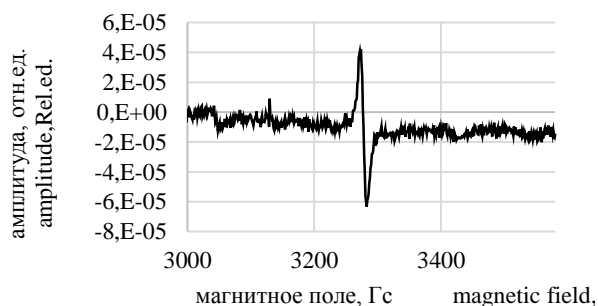


Рисунок 4. Спектр перца белого молотого после облучения

Figure 4. Range of white pepper ground after irradiation

После облучения дозой 12 кГр образцов перца белого молотого установлен ярко выраженный спектр на спектрометре ЭПР в отличие от необлученных образцов с амплитудой  $1,08 \cdot 10^{-4}$  (амплитуда пика увеличилась на 17%) и g-фактором 2,0050. Спектр сигнала узкий (до 12 Гс). Соотношение показателя сигнал/шум – низкое (19,5973) (рисунок 4).

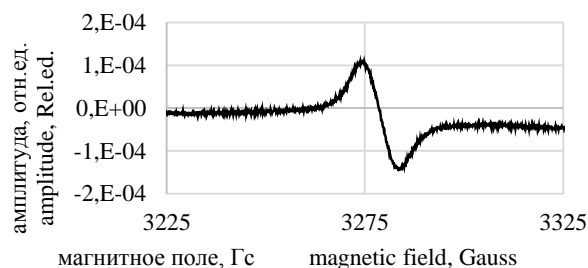


Рисунок 5. Спектр перца черного молотого до облучения

Figure 5. Facilities ground black pepper before irradiation

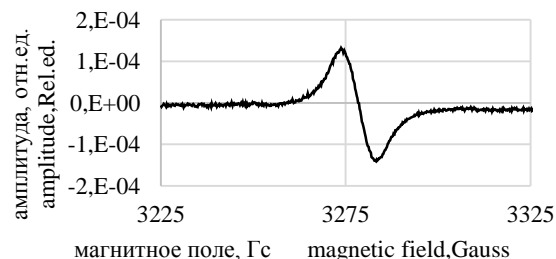


Рисунок 6. Спектр перца черного молотого после облучения

Figure 6. Range of black pepper ground after irradiation

В результате исследований образцов перца черного молотого (рисунок 5) установлено, что они были облучены дозой 10–11 кГр. Так, образцы перца черного молотого имели  $g$ -фактор 2,0040 и высокий пик  $2,49 \cdot 10^{-4}$  при ширине спектра сигнала до 14 Гс, соотношение сигнал/шум на уровне 45,6852 (рисунок 5). После облучения указанных образцов перца дозой 12 кГр амплитуда и ширина пика увеличились на 8% и 14,3% и составили  $2,69 \cdot 10^{-4}$  и 16 Гс соответственно. Отмечено изменение показателя сигнал/шум с 45,6852 до 47,9584, установлена тенденция к увеличению  $g$ -фактора с 2,0042 до 2,0050 (рисунок 6).

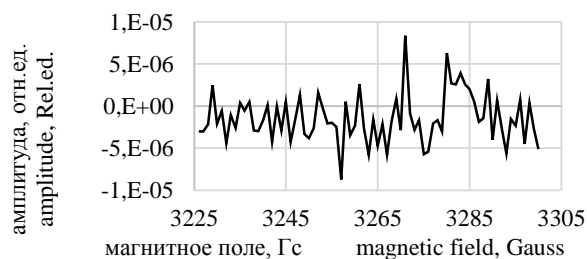


Рисунок 7. Спектр чили жгучего до облучения  
Figure 7. Range chili burning before irradiation

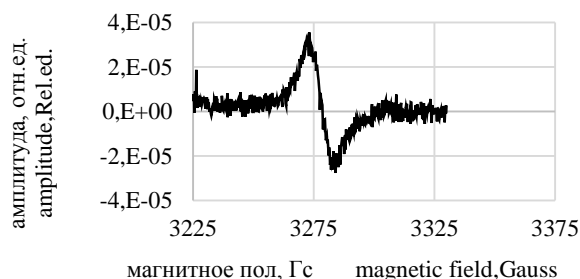


Рисунок 8. Спектр чили жгучего после облучения  
Figure 8. Range chili burning after irradiation

При исследовании образцов чили жгучего (рисунок 7) установлены при слабом сигнале типичные многокомпонентные спектры ЭПР – мультиплет, которые свидетельствуют о проведенной ранее обработке ионизирующим облучением. На графике видны в диапазоне магнитного поля 3270–3280 Гс один пик с амплитудой  $1,03 \cdot 10^{-5}$  с шириной 2 Гс и  $g$ -фактором равным 2,0053; появляются еще два сигнала с малой амплитудой:  $1,16 \cdot 10^{-6}$  и  $8,96 \cdot 10^{-6}$  при  $g^1 = 2,0027$  и  $g^2 = 2,0044$ . Соотношение сигнал/шум очень низкое и находится в диапазоне от 1,2236 до 2,3379.

После облучения указанных образцов чили жгучего дозой 12 кГр наблюдается возрастание ЭПР сигнала в 5,7 раз, при этом амплитуда пика достигает значения  $5,86 \cdot 10^{-5}$  и  $g$ -фактор становится равным 2,0051, ширина сигнала увеличивается в 10 раз до 20 Гс (рисунок 8). Отмечено незначительное улучшение показателя сигнал/шум до 8,8097.

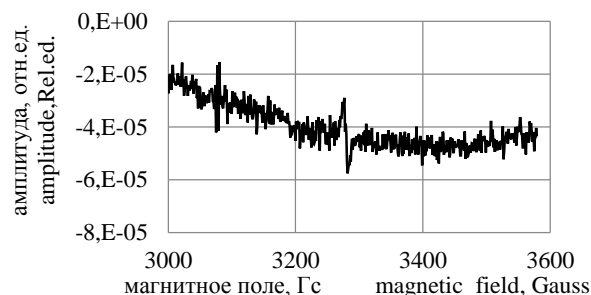


Рисунок 9. Спектр чили острого до облучения  
Figure 9. Range chili sharp before irradiation

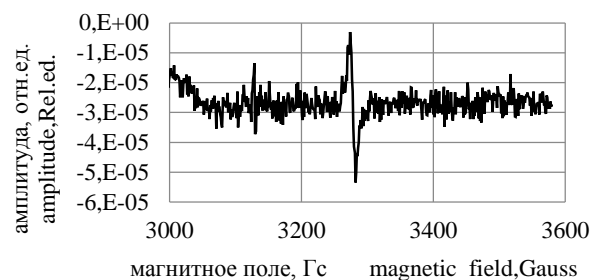


Рисунок 10. Спектр чили острого после облучения  
Figure 10. Range chili sharp after irradiation

Из рисунка 9 видно, что образцы чили острого были облучены дозой 4–6 кГр. Так,  $g$ -фактор составляет 2,0043, амплитуда пика  $3,03 \cdot 10^{-5}$ , соотношение показателя сигнал/шум низкое и равно 5,5491.

После облучения дозой 12 кГр амплитуда пика образцов увеличилась на 55,8% и составила  $4,72 \cdot 10^{-5}$ ,  $g$ -фактором изменился незначительно и составил 2,0042, ширина диапазона увеличилась на 20% до 10 Гс. соотношение показателя сигнал/шум улучшилось незначительно до 6,5217 (рисунок 10).

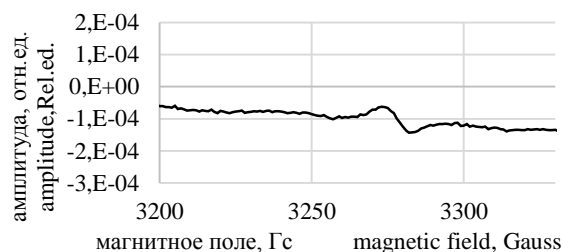


Рисунок 11. Спектр куркумы до облучения  
Figure 11. Range of turmeric before irradiation

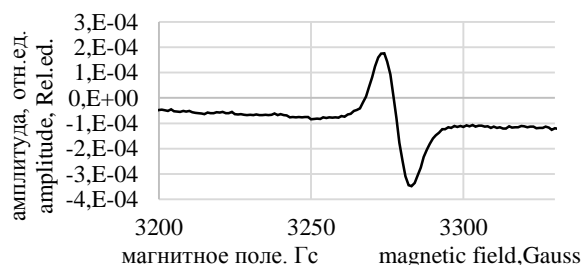


Рисунок 12. Спектр куркумы после облучения  
Figure 12. Range of turmeric after irradiation

При исследовании исходных образцов куркумы (рисунок 11) присутствует слабый сигнал спектра с амплитудой пика  $7,64 \times 10^{-5}$  и шириной до 10 Гс, g-фактор равен 2,0052, соотношение показателя сигнал/шум составляет 24,5444. Слабый сигнал свидетельствует о том, что куркума не была ранее облучена.

После облучения дозой 12 кГр амплитуда пика образцов (рисунок 12) увеличилась в 7 раз и составила  $5,31 \times 10^{-4}$ , ширина сигнала увеличилась на 12% и составила 12 Гс, g-фактор не изменился. Соотношение показателя сигнал/шум улучшилось в 3,2 раза и составляет 79,3445

### Выводы

Экспериментальные результаты о наличии на потребительском рынке г. Екатеринбурга облученных пряностей, в частности, перца черного молотого (доза облучения 10–11 кГр), чили жгучего молотого (доза облучения до 3 кГр) и чили

### ЛИТЕРАТУРА

1 Чимонина И.В., Перевощикова К.Н. Биохимический анализ пряностей и их роль в питании человека // Вестник науки и творчества. 2016. № 2. С. 124–130

2 Информационно-аналитическое сетевое издание «ПРОВЭД». URL: <https://провэд.рф> (дата обращения: 26.10.2016).

3 Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности. Под общ. ред. Козьмина Г.В., Гераськина С.А., Санжаровой Н.И. Обнинск: ВНИИРАЭ, 2015. 400 с.

4 Борисова А.В., Макарова Н.В. Специи как антиоксидантная добавка к пищевым продуктам // Пищевая промышленность. 2013. № 10. С. 82–83.

5 Борисова А.В., Макарова Н.В. Антиоксидантная активность *in vitro* пряностей, используемых в питании человека // Вопросы питания. 2016. № 3. С. 120–125.

6 Санжарова Н.И., Павлов А.Н., Пименов Е.П., Козьмин Г.В. и др. Радиационная обработка продуктов животного и растительного происхождения в целях микробиологической безопасности // Материалы научно-практической конференции «Радиационные технологии: достижения и перспективы развития», 21–23 октября 2014 г. Ялта. 2014. № 71. С. 65–72.

7 ASTM F1885–04. Standard Guide for Irradiation of Dried Spices, Herbs, and Vegetable Seasonings to Control Pathogens and Other Microorganisms // American Society for Testing and Materials. Philadelphia. 2004. Reapproved 2010. 5 p.

8 Пименов Е.П., Павлов А.Н., Козьмин Г.В., Спирин Е.В. и др. Исследование эффективности радиационной стерилизации растительного сырья с использованием установки гамма-излучения ГУР-120 // Радиация и риск. 2013. Т. 22. № 4. С. 37–42.

9 Kameya H., Todoriki S., Ukai M., Kikuchi M. et al. Relaxation behaviors of free radicals from  $\gamma$ -irradiated black pepper using pulsed EPR spectroscopy // Applied magnetic resonance. 2012. V. 42. № 1. P. 153–159.

острого молотого (4–6 кГр). Установлено, что все образцы пряностей, облученные дозой 12 кГр дали характерные спектры сигналов, установленные методом электронного парамагнитного резонанса на отечественном спектрометре ЭПР, интенсивность, амплитуда пика и ширина ЭПР сигналов образцов пряностей с увеличением дозы облучения возрастает. Доказано, что повторное облучение не дает эффекта накопления. Интегрирование с 2017 года России в общемировую практику использования радиационных технологий обработки пищевых продуктов и продовольственного сырья с целью продления срока годности подтверждает необходимость создания банка данных о радиационной чувствительности различных пищевых продуктов с целью определения оптимальных доз облучения и изучения влияния доз облучения на сроки хранения и качество продуктов.

10 Климова Е.В. Исследование изменений, происходящих в пряностях под воздействием стерилизации гамма-излучением, методом электронного парамагнитного резонанса // Пищевая и перерабатывающая промышленность. 2009. № 2. С. 521.

11 Kumari Chauhan S., Kumar R., Nadanasabapathy S., Bawa A.S. Detection Methods for Irradiated Foods // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. Institute of Food Technologists. 2009. V. 8. P. 4–16.

### REFERENCES

1 Chimonina I.V., Perevoshchikova K.N. Biochemical analysis of spices and their role in human nutrition. *Vestnik nauki i tvorchestva* [Journal of science and creativity] 2016. no. 2, pp. 124–130. (in Russian).

2 Informationsionno-analiticheskoe setevoe izdanie "PROVED". [Information-analytical network edition "PROVED"]. Available at: <https://proved.rf> (accessed 26.10.2016). (in Russian).

3 Koz'min G.V., Geras'kin S.A., Sanzharova N.I. Radiatsionnye tekhnologii v sel'skom khozyaistve i pishchevoi promyshlennosti [Radiation technology in agriculture and food industry] Obninsk, VNIIRAE, 2015, 400 p. (in Russian).

4 Borisova A.V., Makarova N.V. Spices as anti-oxidant additive to foods. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food industry] 2013. no 10, pp. 82–83. (in Russian)

5 Borisova A.V., Makarova N.V. Antioxidant activity *in vitro* of the spices used in human nutrition. *Voprosy pitaniya* [Nutrition] 2016, no 3, pp. 120–125. (in Russian).

6 Sanzharova N.I., Pavlov A.N., Pimenov E.P., Koz'min G.V. et al. Radiation processing of products of animal and vegetable origin for the purposes of microbiological safety. *Materialy nauchno-prakticheskoi konferentsii «Radiatsionnye tekhnologii: dostizheniya i perspektivy razvitiya»*, Yalta, 21–23 oktyabrya 2014 g. [Materials of scientific-practical conference «Radiation technologies: achievements and prospects of development», Yalta, October 21–23, 2014] 2014, vol. 71, pp. 65–72. (in Russian).

7 ASTM F1885–04. Standard Guide for Irradiation of Dried Spices, Herbs, and Vegetable Seasonings to Control Pathogens and Other Microorganisms. American Society for Testing and Materials. Philadelphia. 2004. Reapproved 2010. 5 p.

8 Pimenov E.P., Pavlov A.N., Koz'min G.V., Spirin E.V. et al. Study of the effectiveness of radiation sterilization of plant materials using gamma radiation Gur-120. *Radiatsiya i risk* [Radiation and risk] 2013, part 22, no 4, pp. 37–42. (in Russian).

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Роза Т. Тимакова** докторант, к. с-х. н., доцент, кафедра туристического бизнеса и гостеприимства, Уральский государственный экономический университет, ул. 8-е Марта/Народной воли, 62/45, г. Екатеринбург, 620144, Россия, trt64@mail.ru

**Сергей Л. Тихонов** заведующий кафедрой, д. т. н., доцент, кафедра пищевой инженерии, Уральский государственный экономический университет, ул. 8-е Марта/Народной воли, 62/45, г. Екатеринбург, 620144, Россия, tihonov75@bk.ru

**Андрей Н. Тарарков** директор, ООО «Спектр», ул. Первомайская, 56-9, г. Екатеринбург, 620075, Россия, fic2000@mail.ru

**Дмитрий О. Вахнин** лаборант, кафедра экспериментальной физики, УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, ул. Мира, 19, г. Екатеринбург, 620002, Россия, dmitrii.vakhnin@gmail.com

#### КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

**Роза Т. Тимакова** провела обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент, написала рукопись, корректировала ее до подачи в редакцию, несет ответственность за плагиат

**Сергей Л. Тихонов** предложил методику проведения эксперимента

**Андрей Н. Тарарков** организовал проведение испытаний

**Дмитрий О. Вахнин** выполнил обработку данных

#### КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 11.11.2016

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 09.12.2016

9 Kameya H., Todoriki S., Ukai M, Kikuchi M. et al. Relaxation behaviors of free radicals from  $\gamma$ -irradiated black pepper using pulsed EPR spectroscopy // *Applied magnetic resonance*, 2012, vol. 42, no. 1, pp. 153-159.

10 Klimova E. V. Study of changes in the spices under the influence of sterilization by gamma radiation, by electron paramagnetic resonance [Food and processing industry] 2009, no 2, pp. 521. (in Slovak).

11 Kumari Chauhan S., Kumar R., Nadanasabapathy S., Bawa A.S. Detection Methods for Irradiated Foods // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. Institute of Food Technologists, 2009, vol. 8, pp. 4–16.

#### INFORMATION ABOUT AUTHORS

**Roza T. Timakova** doctoral, candidate of agricultural sciences, docent, tourism and hospitality department, Ural state economic university, 8 Marta/Narodnoy voli str., 62/45, Ekaterinburg, 620144, Russia, trt64@mail.ru

**Sergei L. Tikhonov** head of department, doctor of technical sciences, docent, food engineering department, Ural state economic University, Marta/Narodnoy voli str., 62/45, Ekaterinburg, 620144, Russia, tihonov75@bk.ru

**Andrei N. Tararkov** director, JSC “Spektr”, Pervomayskaya str., 56-9, Ekaterinburg, 620075, Russia, fic2000@mail.ru

**Dmitrii O. Vakhnin** laboratory worker, experimental physics department, Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yel, Mira St. 19, Ekaterinburg, 620002, Russia, dmitrii.vakhnin@gmail.com

#### CONTRIBUTION

**Roza T. Timakova** has undertaken a review of the literature on an investigated problem, has carried out the experiment, wrote the manuscript, corrected it before submission to the editor responsible for the plagiarism

**Sergei L. Tikhonov** proposed a technique of carrying out experiment

**Andrei N. Tararkov** organized testing

**Dmitrii O. Vakhnin** performed data processing

#### CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 11.11.2016

ACCEPTED 12.9.2016