

Таблица 1 – Данные об энергии молекулярного докинга для упомянутого лиганда и водородной связи

Protein	Bonded residues	№ of hydrogen bond	Bond distance (Å)	Estimated Inhibition Constant (μm)	Binding energy (kcal/mol)	Intermolecular energy (kcal/mol)	Reference RMSD (Å)
2019-nCoV	Asn 142	1	1.5	6.53	-9.94	-8.57	83.15
2019-nCoV	Asn 142	1	1.6	4.39	-8.50	-8.66	87.35

### Заключение

Таким образом, в результате проведенного исследования было обнаружено, что между Триазавирином и Коронавирусом 2019-nCoV происходит сильное взаимодействие, что приводит к разрушению структуры белка.

Образовалось две сильные водородные связи между Asn 142 протеазы коронавируса и Триазавирином. А также между His 172, Glu 166, Gly 138 и Phe 140 белка и молекулой Триазавирина возникают восемь стерических взаимодействий.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Rusinov, V. L. Nucleophilic substitution of nitro group in nitrotriazolotriazines as a model of potential interaction with cysteine-containing proteins // Rusinov VL, Sapozhnikova IM, Ulomskii EN, Medvedeva NR, Egorov VV, Kiselev OI, Deeva EG, Vasin AV, Chupakhin ON. // Chemistry of Heterocyclic Compounds. – 2015. – № 51. – p. 275–280.
2. Chupakhin, O. N. 2-Methylthio-6-nitro-1,2,4-triazolo[5,1-c]-1,2,4-triazine-7(4H)-one sodium salt dehydrate possessing antiviral activity // Chupakhin ON, Rusinov V L, Ulomskij EN, Charushin VN, Petrov AV, Kiselev ON. // 2007. – Patent RU2294936 C1.
3. Loginova, S. I. Therapeutic efficacy of triazavirin, a novel Russian chemotherapeutic, against influenza virus A (H5N1) // Loginova S I, Borisevich SN, Maksimov VA, Bondarev V P, Kotovskaya SK, Rusinov V L, Charushkin VN, Chupakhin ON. // Antibiot Khimioter. – 2011. – № 56. – p. 10–12.
4. Loginova, S. I. Triazaverin prophylactic efficacy against influenza virus A (H5N1) // Loginova SI, Borisevich SN, Maksimov VA, Bondarev VP, Kotovskaya SK, Rusinov VL, Charushkin VN, Chupakhin ON. // Antibiot Khimioter. – 2010. – № 55. – p. 25–28.
5. Loginova, S.I. Investigation of Triazavirin antiviral activity against tick-borne encephalitis pathogen in cell culture // Loginova SI, Borisevich SN, Maksimov AV, Bondarev VP, Kotovskaya SK, Rusinov VL, Charushkin VN, Chupakhin ON // Antibiot Khimioter. – 2014. – № 59. – p. 3–5.

## ИССЛЕДОВАНИЕ УДЕЛЬНЫХ АКТИВНОСТЕЙ СТРОНЦИЯ-90 И ЦЕЗИЯ-137 В ОТДЕЛЬНЫХ ПРОДУКТАХ ДЕТСКОГО ПИТАНИЯ

### STUDY OF SPECIFIC ACTIVITIES OF STRONTIUM-90 AND CESIUM-137 IN SEPARATE BABY FOOD PRODUCTS

**А. В. Якименко, А. Н. Батян, В. А. Кравченко**

**A. V. Yakimenko, A. N. Batian V. A. Kravchenko**

Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А.Д. Сахарова БГУ,

г. Минск, Республика Беларусь

kravchenko.v.anat@gmail.com

Belarusian State University, ISEU BSU, Minsk, Republic of Belarus

Проанализированы некоторые виды детского питания, удельные активности которых по цезию-137 варьировались от 1,2 Бк/кг до 7,0 Бк/кг, а по стронцию-90 от 1 Бк/кг до 1,85 Бк/кг. Радиологические показатели проанализированных продуктов детского питания находятся в допустимых пределах республиканского нормативного акта ГН 10-117-99, а также норматива ЕАЭС ТР ТС 021/2011.

Some types of baby food were analyzed, the specific activity of which for caesium-137 varied from 1.2 Bq/kg to 7.0 Bq/kg, and for strontium-90 from 1 Bq/kg to 1.85 Bq/kg. The radiological indicators of the analyzed baby food products are within the permissible limits of the republican normative act GN 10-117-99, as well as the EAEU standard of TR CU 021/2011.

**Ключевые слова:** радиологическая безопасность, цезий-137, стронций-90, детское питание.

**Keywords:** radiological safety, cesium-137, strontium-90, baby food.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2021-1-374-377>

Радиационный контроль продуктов питания в Республике Беларусь осуществляется в целях минимизации последствий облучения населения. Измеряемым параметром объектов радиационного контроля является характеристика факторов внутреннего радиационного воздействия на человека: удельная активность радионуклидов в продуктах питания [1–4].

Объектом исследования явилась консервная овощная, фруктовая, мясная, рыбная, соковая и мясорастительная продукция торговых знаков «Маленькое счастье» и «Аленка любит» производства ООО «Белфуд Продакшн» за период 02.11.2017–04.01.2020 гг.:

Как видно из таблицы 1 удельная активность цезия-137 в образце «Пюре из хека» от 23.02.2019 г. выросла на 7,27% по сравнению с образцом от 23.08.2018 г., а в образце от 22.06.2019 г. снизилась на 57,63%, относительно образца от 23.02.2019 г.

По рыбным консервам вида «Пюре из сёмги» дисперсия для значений удельной активности Cs-137 равна 4,41, коэффициент вариации равен 75%. Дисперсия для значений удельной активности Sr-90 равна 0,003, коэффициент вариации равен 3,69%.

Как видно из таблицы 2, удельная активность цезия-137 в образце «Пюре из говядины» от 23.05.2019 г. снизилась на 38,24% по сравнению с образцом за 06.02.2019 г. В образце за 11.11.2019 г. удельная активность ниже на 42,86%, чем в образце за 23.05.2019 г. Образец от 21.11.2019 г. обладал удельной активностью на 16,67% выше относительно предыдущей пробы от 11.11.2019 г.

*Таблица 1 – Удельная активность цезия-137 и стронция-90 в рыбных консервах*

Наименование продукта	Дата производства	Цезий-137, Бк/кг	Требования ТНПА	Стронций-90, Бк/кг	Требования ТНПА
«Пюре из хека»	23.08.2018 г.	5,5	<40* <37**	1,7	<40* <37**
	23.02.2019 г.	5,9		1,3	
	22.06.2019 г.	2,5		1,8	
Среднее значение по виду		4,63 ± 1,86		1,60 ± 0,26	
«Пюре из сёмги»	16.01.2019 г.	5,2	<40* <37**	1,6	<25* <1,85**
	26.08.2019 г.	1,3		1,6	
	17.09.2019 г.	1,9		1,5	
Среднее значение по виду		2,80 ± 2,10		1,57 ± 0,06	

Примечание: \* – согласно ТР ТС 021/2011, \*\* – согласно ГН 10-117-99.

*Таблица 2 – Удельная активность цезия-137 и стронция-90 в мясных консервах*

Наименование продукта	Дата производства	Цезий-137, Бк/кг	Требования ТНПА	Стронций-90, Бк/кг	Требования ТНПА
«Пюре из говядины»	06.02.2019 г.	3,4	<40* <37**	1,4	<25* <1,85**
	23.05.2019 г.	2,1		1,7	
	11.11.2019 г.	1,2		1,78	
	21.11.2019 г.	1,4		1,76	
Среднее значение по виду		2,03±0,99		1,66±0,18	
«Пюре из индейки»	19.02.2019 г.	2,7	<40* <37**	1,2	<25* <1,87**
	24.05.2019 г.	1,8		1,7	
	05.11.2019 г.	3,0		1,7	
Среднее значение по виду		2,5±0,62		1,53±0,29	
«Пюре из цыплят»	14.11.2018 г.	6,8	<40* <37**	1,6	<25* <1,87**
	07.02.2019 г.	5,5		1,2	
	09.07.2019 г.	4,1		1,4	
Среднее значение по виду		5,47±1,35		1,40±0,20	

Примечание: \* – согласно ТР ТС 021/2011, \*\* – согласно ГН 10-117-99.

Удельная активность стронция-90 в образце от 23.05.2019 г. повысилась на 21,43%, в сравнении с образцом от 06.02.2019 г., а в образце от 11.11.2019 г. она повысилась на 4,71% относительно образца от 23.05.2019 г. Образец от 21.11.2019 г. имел удельную активность цезия ниже на 1,12% относительно предыдущей пробы от 11.11.2019 г.

По мясным консервам вида «Пюре из говядины» дисперсия для значений удельной активности Cs-137 равна 0,99, коэффициент вариации равен 49,11%. Дисперсия для значений удельной активности Sr-90 равна 0,03, коэффициент вариации равен 10,64%.

Согласно таблице 2 удельная активность цезия-137 в образце «Пюре из индейки» от 24.05.2019 г. снизилась на 33,33% по сравнению с образом за 19.02.2019 г., а в образце от 05.11.2019 г. повысилась на 66,67% относительно образца от 24.05.2019 г. Удельная активность стронция-90 в образце от 24.05.2019 г. повысилась на 41,67% относительно образца от 19.02.2019 г., а в образце от 05.11.2019 г. значение оказалось равно предыдущему.

По консервам из мяса птицы вида «Пюре из индейки» дисперсия для значений удельной активности Cs-137 равна 0,39, коэффициент вариации равен 24,98%. Дисперсия для значений удельной активности Sr-90 равна 0,08, коэффициент вариации равен 18,83%.

Согласно таблице 2 удельная активность цезия-137 в образце «Пюре из цыплят» от 07.02.2019 г. снизилась на 19,12% в сравнении с образцом от 14.11.2018 г. Образец от 09.07.2019 г. имел удельную активность ниже на 25,45%, чем в образце от 07.02.2019 г. Удельная активность стронция-90 в образце от 07.02.2019 г. снизилась на 25% относительно образца от 14.11.2018 г., а в образце от 09.07.2019 г. значение удельной активности выше, чем в образце от 07.02.2019 г. на 16,67%.

По консервам из мяса птицы вида «Пюре из мяса цыплят» дисперсия для значений удельной активности Cs-137 равна 1,82, коэффициент вариации равен 24,70%. Дисперсия для значений удельной активности Sr-90 равна 0,04, коэффициент вариации равен 14,29%.

Как видно из таблицы 3, удельная активность цезия-137 в образце «Морса из черники и голубики «Лесные ягоды» от 16.09.2019 г. повысилась на 20,00% по сравнению с образцом за 14.12.2017 г., удельная активность продукта за 04.01.2020 равна предыдущему измерению продукции за 16.09.2019 г.

*Таблица 3 – Удельная активность цезия-137 и стронция-90 в консервированном морсе и соке*

Наименование продукта	Дата производства	Цезий-137, Бк/л	Требования ТНПА	Стронций-90, Бк/л	Требования ТНПА
Морс из черники и голубики «Лесные ягоды»	14.12.2017 г.	1,5	< 40* <37**	1,6	<25* <1,85**
	16.09.2019 г.	1,8		1,2	
	04.01.2020 г.	1,8		1,1	
Среднее значение по виду		1,70±0,17		1,30±0,26	
Сок яблочно-шиповниковый	05.12.2017 г.	2,2	<40* <37**	1,85	<25* <1,85**
	21.01.2020 г.	1,7		1,8	
	10.09.2018 г.	5,4		1,5	
Среднее значение по виду		3,10 ± 2,00		1,72 ± 0,19	

Примечание: \* – согласно ТР ТС 021/2011, \*\* – согласно ГН 10-117-99.

Удельная активность стронция-90 в образце от 16.09.2019 г. снизилась на 25% относительно образца от 14.12.2017 г., в образце от 04.01.2020 г. она снизилась на 8,33% по сравнению с образцом от 16.09.2019 г.

По виду морса «Лесные ягоды» дисперсия для значений удельной активности Cs-137 равна 0,03, коэффициент вариации равен 10,19%. Дисперсия для значений удельной активности Sr-90 равна 0,07, коэффициент вариации равен 20,35%.

Согласно таблице 3 удельная активность цезия-137 в образце «Сока яблочно-шиповникового» от 10.09.2018 г. выросла на 145,46% в сравнении с образцом от 05.12.2017 г., а в образце от 21.01.2020 г. снизилась на 68,52% относительно образца от 10.09.2018 г.

Удельная активность стронция-90 в образце от 10.09.2018 г. снизилась на 1,85% по сравнению с образцом от 05.12.2017 г., а в образце от 21.01.2020 г. повысилась на 20% по сравнению с образцом от 10.09.2018 г.

По виду сока яблочно-шиповникового дисперсия для значений удельной активности Cs-137 равна 4,03, коэффициент вариации равен 64,76%. Дисперсия для значений удельной активности Sr-90 равна 0,04, коэффициент вариации равен 11,03%.

Согласно таблице 4 удельная активность цезия-137 в образце «Пюре из персиков» от 06.03.2019 г. выросла на 12,19% по сравнению с образцом от 07.06.2018 г., этот же показатель в образце от 19.06.2019 г. вырос на 52,17% по сравнению с предыдущим измерением от 06.03.2019 г.

Удельная активность стронция-90 в образце от 06.03.2019 г. равна удельной активности в образце от 17.06.2018 г., а в образце от 19.06.2019 г. повысилась на 9,09% относительно образца за 06.03.2019 г.

По виду пюре из персиков дисперсия для значений удельной активности Cs-137 равна 2,40, коэффициент вариации равен 26,62%. Дисперсия для значений удельной активности Sr-90 равна 0,003, коэффициент вариации равен 5,09%. Согласно таблице 4 удельная активность цезия-137 в образце «Пюре из яблок и персиков» от 03.01.2018 г. выше на 67,57%, чем в образце за 02.11.2017 г., значения в образцах от 04.02.2018 г. и 03.01.2018 г. равны. По виду пюре из яблок и персиков дисперсия для значений удельной активности Cs-137 равна 2,08, коэффициент вариации равен 26,90%.

Анализ таблицы 4 показал, что удельная активность цезия-137 в образце «Пюре из чернослива» от 03.08.2019 г. снизилась на 54,05% относительно пробы за 18.10.2018 г., а в образце от 06.10.2019 г. повысилась на 5,88% относительно предыдущей пробы от 03.08.2019 г. Удельная активность стронция-90 в образце от 03.08.2019 г. также снизилась на 41,18% в сравнении с предыдущим образцом от 18.10.2018 г., в пробе от 06.10.2019 г. удельная

активность выросла на 10% относительно предыдущего измерения 03.08.2019 г. По виду пюре из чернослива дисперсия для значений удельной активности Cs-137 равна 1,27, коэффициент вариации равен 49,96%. Дисперсия для значений удельной активности Sr-90 равна 0,14, коэффициент вариации равен 29,89%.

*Таблица 4 – Удельная активность цезия-137 и стронция-90 в консервированном фруктовом пюре*

Наименование продукта	Дата производства	Цезий-137, Бк/кг	Требования ТНПА	Стронций-90, Бк/кг	Требования ТНПА
«Пюре из персиков»	19.06.2019 г.	7,0	<40* <37**	1,2	<25* <1,85**
	07.06.2018 г.	4,1		1,1	
	06.03.2019 г.	4,6		1,1	
Среднее значение по виду		5,23±1,55		1,13±0,06	
«Пюре из яблок и персиков»	03.01.2018 г.	6,2	<40* <37**	–	<25* <1,85**
	04.02.2018 г.	6,2		–	
	02.11.2017 г.	3,7		–	
Среднее значение по виду		5,37±1,44		–	
«Пюре из чернослива»	03.08.2019 г.	1,7	<40* <37**	1,0	<25* <1,85**
	18.10.2018 г.	3,7		1,7	
	06.10.2019 г.	1,8		1,1	
Среднее значение по виду		2,40±1,13		1,27±0,38	
«Пюре из яблок и банана»	11.10.2018 г.	3,7	<40* <37**	1,7	<25* <1,85**
	04.11.2017 г.	3,7		1,6	
	13.05.2019 г.	3,5		1,6	
Среднее значение по виду		3,63±0,12		1,63±0,06	

*Примечание: \* – согласно ТР ТС 021/2011, \*\* – согласно ГН 10-117-99.*

Из таблицы 4 видно, что удельные активности цезия-137 в образцах «Пюре из яблок и банана» от 11.10.2018 г. и 04.11.2017 г. имеют идентичные значения, в образце от 13.05.2019 г. выявлено снижение на 5,40% относительно предыдущего образца от 11.10.2018 г. Удельная активность стронция-90 в образце от 11.10.2018 г. повысилась на 6,25% в сравнении с предыдущим образцом от 04.11.2017 г., в пробе от 13.05.2019 г. удельная активность снизилась на 5,88% относительно предыдущего измерения 11.10.2018 г.

По виду пюре из чернослива дисперсия для значений удельной активности Cs-137 равна 0,01, коэффициент вариации равен 3,18%. Дисперсия для значений удельной активности Sr-90 равна 0,003, коэффициент вариации равен 3,54%. Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

1. Проанализированная продукция детского питания, произведенная в ООО «Белфуд Продакшн» (рыбные консервы, мясные консервы, консервированный морс и сок, консервированное фруктовое пюре, консервированное фруктово-молочное пюре) соответствует республиканскому нормативному акту ГН 10-117-99, а также нормативу ЕАЭС ТР ТС 021/2011 по уровню удельных активностей изотопов Цезия-137 и Стронция-90.

2. Наибольшая удельная активность Цезия-137 – 7 Бк/кг – отмечена в виде «Пюре из персиков». Наименьшая удельная активность Цезия-137 – 1,2 Бк/кг – зарегистрирована в следующих наименованиях: «Пюре из банана и клубники со сливками», «Пюре из говядины».

3. Наименьшая удельная активность Стронция-90 (1 Бк/кг) наблюдалась в видах «Пюре из чернослива», «Пюре из банана и клубники со сливками» и «Пюре из яблок и банана с творогом «Фруктово-творожный десерт», а наибольшая (1,85 Бк/кг) в виде «Сок яблочно-шиповниковый».

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. О безопасности пищевой продукции: Технический регламент Таможенного союза (ТР ТС) 021/2011 : принят 09.12.2011 г., вступил в силу 01.07.2013 г., Комиссия Таможенного союза, 2011 (с изменениями на 08.08.2019).

2. Бученков, И. Э., Батян, А. Н., Зиматкина, Т. И. [и др.]. Радиобиология: вчера, сегодня, завтра : курс лекций / МГЭИ им. А.Д. Сахарова БГУ; Гродненский государственный медицинский университет. – Минск : ИВЦ Минфина, 2018. – 203 с.

3. Маскевич, С. А., Батян, А. Н., Зиматкина, Т. И. [и др.]. Радиобиология: медико-экологические проблемы: монография / МГЭИ им. А.Д. Сахарова БГУ; Гродненский государственный медицинский университет; под ред. С.А. Маскевича. – Минск: ИВЦ Минфина, 2019. – 256 с.