

УДК 664.95.022.3

Поступила в редакцию 11.04.2024
Received 11.04.2024**Е. С. Красовская, И. М. Почицкая, К. С. Рябова***РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь***МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
РЫБНЫХ ПРОДУКТОВ, ОБОГАЩЕННЫХ МОРСКОЙ
ВОДОРОСЛЬЮ ФУКУС**

Аннотация. В работе представлены результаты исследования новых видов рыбных продуктов с морской водорослью фукус на функциональный статус организма экспериментальных животных в условиях нормы и при развитии антибиотик-ассоциированного дисбактериоза кишечника. Установлено, что введение в рацион крыс рыбных продуктов, обогащенных морской водорослью фукус сопровождалось увеличением массы тела экспериментальных особей за счет наращивания слоя мышечной ткани, при этом накопления подкожно-жировой клетчатки не выявлено. Исследование показателей липидного обмена у крыс, употреблявших рыбные продукты с морской водорослью фукус, показало достоверное снижение содержания общего холестерина, липопротеидов высокой плотности (ХС ЛПВП) и липопротеидов низкой плотности (ХС ЛПНП) на 27,65%, 28,82% и 48,45%, соответственно, в сравнении с контрольной группой. Отмечено уменьшение активности ферментов аспаратаминотрансферазы (АСТ) и аланинаминотрансферазы (АЛТ) в сыворотке крови, которые являются неспецифическими индикаторами функционального состояния сердца и печени, что может свидетельствовать о потенциальных кардио- и гепатопротекторных свойствах данных продуктов.

Ключевые слова: рыбные продукты, морская водоросль фукус, экспериментальные животные, дисбактериоз кишечника, холестерин

E. S. Krasovskaya, I. M. Pochitskaya, K. S. Ryabova*RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”,
Minsk, Republic of Belarus***MEDICAL AND BIOLOGICAL RESEARCH
OF FISH PRODUCTS ENRICHED IN FUCUS
SEA ALGAE**

Abstract. The paper presents the results of assessing the impact of developed fish products with fucus seaweed on the functional status of the body of experimental animals under normal conditions and with the development of antibiotic-associated intestinal dysbiosis. It was found that the introduction of fish products enriched with fucus seaweed into the diet of rats was accompanied by an increase in the body weight of experimental individuals due to the increase in the layer of muscle tissue, while the accumulation of subcutaneous fat was not detected. A study of lipid metabolism in rats that consumed fish products with fucus seaweed showed a significant decrease in the content of total cholesterol, high-density lipoproteins (HDL-C) and low-density lipoproteins (LDL-C) by 27.65%, 28.82% and 48.45%, respectively, compared to the control group. There was a decrease in the activity of the enzymes aspartate aminotransferase (AST) and alanine aminotransferase (ALT) in the blood serum, which are nonspecific indicators of the functional state of the heart and liver, which may indicate the potential cardio- and hepatoprotective properties of these products.

Keywords: fish products, fucus seaweed, experimental animals, intestinal dysbiosis, cholesterol.

Введение. Важное значение в питании человека принадлежит насыщению рациона продуктами, сбалансированным по основным питательным веществам, оказывающим положительное влияние на здоровье. К таким продуктам принадлежит рыба и продукты ее переработки. Регулярное употребление рыбы способствует предотвращению развития сердечно-сосудистых заболеваний [1, 2]. Имеются данные о снижении риска развития аутоиммунных заболеваний, в частности сахарного диабета 1 типа у детей и взрослых [3, 4], а также развития ревматоидного артрита и рассеянного склероза [5, 6].

Отмечается положительное влияние жирных кислот рыбьего жира на зрение, нервную систему, иммунные и воспалительные реакции [7-9]. Омега-3 жирные кислоты оказывают положительное влияние на развитие плода и снижают риск преждевременных родов, поэтому рекомендуется для питания беременных женщин [10]. Жирная рыба, такая как лосось и сельдь является источником витамина Д, который является стероидным гормоном и оказывает огромный спектр воздействия на многие функции в организме человека [11, 12].

Потребление рыбы способствует более медленному снижению когнитивных функций с возрастом, поэтому рекомендуется для питания пожилых людей [13, 14].

Среди морепродуктов перспективными для создания функциональных продуктов питания являются морские водоросли фукус, которые в своем составе содержат биологически активные вещества, такие как витамины, минералы, полисахариды, фукоиданы, альгиновую кислоту, маннит, пектины и др. [15-17].

В этой связи насыщение рынка продуктами на основе рыбного сырья, с применением в качестве функциональных ингредиентов морских водорослей является актуальным.

С целью исследования влияния разработанных рыбных продуктов с морской водорослью фукус на функциональный статус организма экспериментальных животных было проведено медико-биологическое исследование в условиях нормы и при развитии антибиотик-ассоциированного дисбактериоза кишечника крыс.

Материалы и методы исследований. Эксперименты проводились в ГНУ «Институт физиологии НАН Беларуси» на крысах-самцах линии *Wister*.

Объектами исследований являлись образцы разработанных продуктов из измельченного рыбного сырья под рабочими названиями «Паштет из пресноводной рыбы с фукусом» (рецептура 1), «Паштет из пресноводной и морской рыбы с фукусом» (рецептура 2). В образце рецептуры 2 содержание мышечной ткани пресноводной и морской рыбы было 50 на 50. Количество фукуса в каждом образце составляло 30%.

Проводилась оценка рыбных продуктов с водорослью фукус на функциональный статус организма в условиях нормы и при антибиотик — ассоциированного дисбактериоза кишечника. Систематическое кормление животных новыми продуктами, проводили в течение 3-х недель 1 раз в день за 1 час до приема основного рациона. Доступ животных к воде во всех группах был неограничен. Контроль массы тела животных проводили еженедельно на протяжении хронического эксперимента. После истечения времени хронического эксперимента все животные подвергались исследованиям. Выбор доз рационов кормления для исследования обусловлен требованиями нормативных документов и методическими рекомендациями из расчета 30 % от суточного потребления пищи исходя из рекомендованных доз для человека с пересчетом на животных [2].

Результаты исследований и их обсуждение. Проведены комплексные исследования, направленные на установление влияния новых рыбных продуктов, обогащенных водорослью фукус (рецептура 1, рецептура 2), на функциональный статус организма в условиях нормы и при развитии антибиотик-ассоциированного дисбактериоза кишечника и выявлены следующие положительные эффекты.

В процессе исследования изменений биометрических показателей животных, содержащихся на различных рационах кормления в условиях нормы установлено, что за период проведения хронического эксперимента, у контрольной группы животных (стандартный рацион питания) прирост массы тела составил 40,1 %, а у животных, получавших пищевые добавки (по рецептуре 1 и рецептуре 2) — 73,5% и 73,4 % соответственно.

Данные, представленные на рис. 1, позволяют констатировать, что у особей, получавших пищевые добавки, достоверное увеличение массы тела (по отношению к исходному весу) наблюдается уже по истечению 1-й недели кормления.

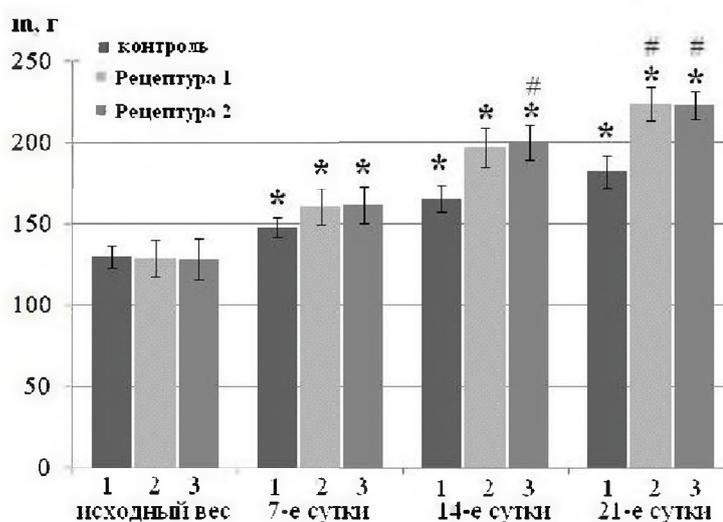


Рис. 1. График изменения массы тела крыс, содержащихся на различных рационах кормления: 1 — контроль (стандартный рацион); 2 — пищевая добавка (рецептура 1); 3 — пищевая добавка (рецептура 2). Примечание: * — $P < 0,05$ по отношению к исходному весу; # — достоверные изменения по отношению к контролю данной группы ($P < 0,05$). В каждой серии исследований $n = 10$

Fig 1. Graph of changes in body weight of rats kept on different feeding diets: 1 — control (standard diet); 2 — food additive (formulation 1); 3 — food additive (formulation 2).

Note: * — $P < 0.05$ relative to initial weight; # — significant changes in relation to the control of this group ($P < 0.05$). In each series of studies $n = 10$

Установлено, что длительное потребление новых пищевых продуктов приводит к достоверному увеличению веса животных не только по отношению к исходному весу особей, но и по отношению к контролю (крысы, получавшие стандартный рацион вивария на протяжении 21-го дня). Так у животных, потреблявших пищевой продукт, изготовленный по рецептуре 1 и 2, вес составил $223,7 \pm 10$ г и $225 \pm 8,7$ г соответственно против $181,8 \pm 10$ г контрольных животных (рисунок 1, 21-е сутки).

Проведенные исследования позволяют заключить, что введение в рацион животных новых пищевых продуктов, изготовленных по рецептуре 1 и рецептуре 2, сопровождается достоверным увеличением веса экспериментальных особей. При этом увеличение массы тела животных всех экспериментальных групп происходило за счет наращивания слоя мышечной ткани. Накопления подкожно-жировой клетчатки не выявлено.

Сравнительный анализ изменения массы тела контрольных (интактные особи) и экспериментальных животных (создание дисбиоза на фоне стандартного рациона) при развитии антибиотик - ассоциированного дисбактериоза кишечника на фоне потребления продуктов, обогащенных биологически ценными ингредиентами, показал, что за период хронического эксперимента в контроле прирост массы тела на 3-е и 7-е сутки составил 8,4 и 23,7 г, тогда как в эксперименте - 6,2 и 0,8 г соответственно. Достоверные изменения отмечены только на 11 сутки. Прирост веса в контроле составил 55,1 г, тогда как при развитии дисбиоза — 22,6 г по отношению к исходным показателям. Результаты, представленные на рис. 2, позволяют констатировать, что на 11 сутки эксперимента в условиях развития патологии вес крыс достоверно меньше на 16,1% по сравнению с контрольной группой животных.

Выявлено, что создание экспериментального дисбиоза на фоне предварительного кормления (две недели) экспериментальных особей продуктами, изготовленными по рецептуре 1 и 2, не вызывает замедления набора веса у животных. Данные, представленные на рисунке 3, позволяют констатировать, что при потреблении продукта №1 на 3-е, 7-е и 11-е сутки вес крыс увеличивается на 26,7, 30,7 и 35,9 г, а продукта №2 - на 23,2, 42 и 48,9 г соответственно по отношению к контрольному весу своей группы. Достоверные изменения наблюдаются уже на 3-й день развития патологии (рисунок 3, 3 сутки).

Сравнительный статистический анализ изменения массы тела экспериментальных животных в условиях дисбиоза, проведенный между группами, предварительно получавшими новые пищевые продукты (рис. 3) и находившимися на стандартном рационе (рис. 2), позволяет заключить, что исследуемые нутриенты оказывают положительное влияние на увеличение массы тела животных в условиях патологии.

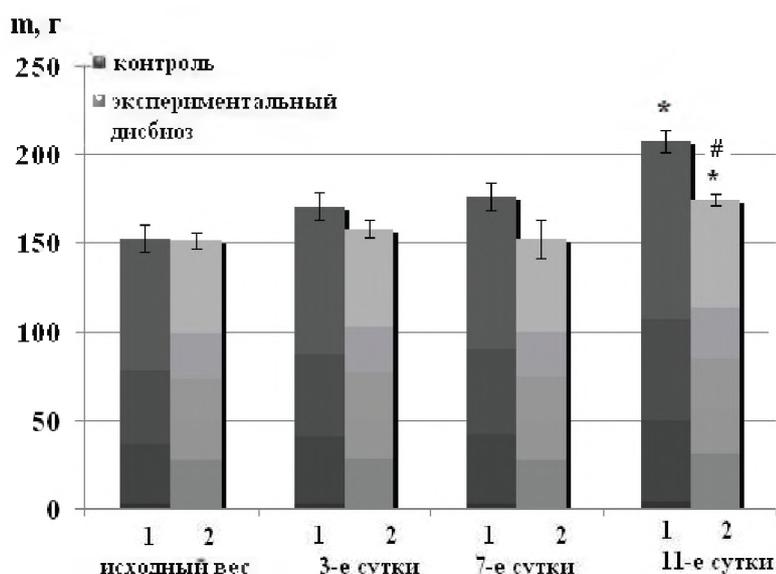


Рис. 2. Динамика массы тела контрольных животных (1) и на фоне дисбактериоза, вызванного антибиотиками (2): * — достоверные изменения по отношению к исходному весу (P<0,05); # — достоверные изменения по отношению к данной группе (P<0,05)

Fig. 2. Dynamics of body weight of control animals (1) and against the background of dysbiosis caused by antibiotics (2): * — significant changes in relation to the initial weight (P<0.05); # — significant changes in relation to this group (P<0.05)

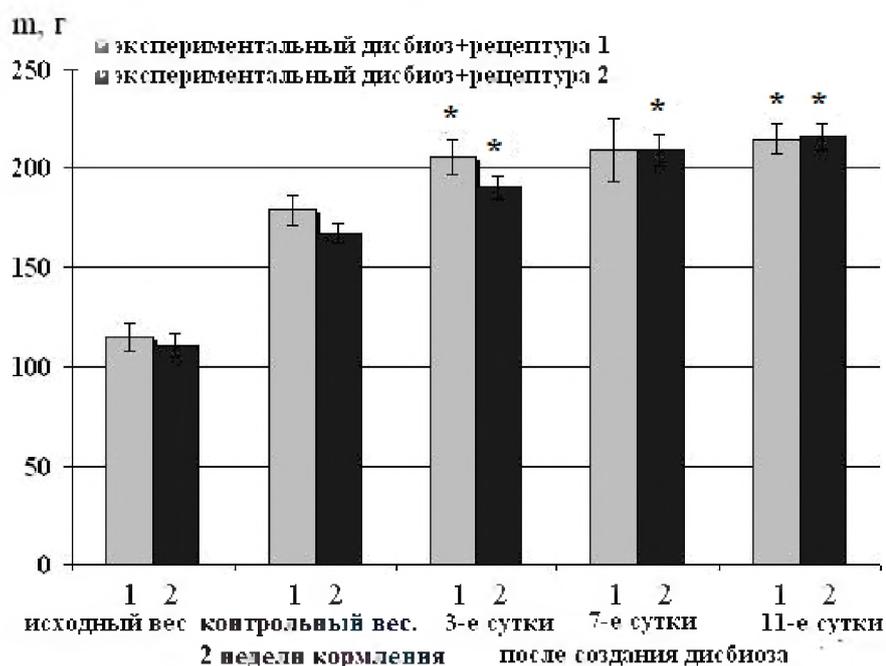


Рис. 3. Динамика массы тела животных в условиях моделирования дисбиоза после предварительного (2 недели) введения в рацион пищевых добавок:

1 — введение в рацион пищевой добавки, изготовлено и по рецептуре 1; 2 — по рецептуре 2; * — достоверные изменения по отношению к контрольному весу своей группы (P<0,05)

Fig. 3. Dynamics of animal body weight under conditions of modeling dysbiosis after preliminary (2 weeks) introduction of food additives into the diet: 1 — the introduction of a food additive into the diet is made according to recipe 1; 2 — according to recipe 2. * — significant changes in relation to the control weight of their group (P<0.05)

При дисбиозе, протекающем на фоне стандартного рациона, прирост веса на 11 день составляет 16%, тогда как после предварительного потребления продукта 1 вес крыс увеличился на 20%, а продукта 2 на 29% по отношению к контролю.

При определении биохимических параметров основных метаболитов и микроэлементов в сыворотке крови крыс после системного употребления пищевых нутриентов в условиях нормы установлено, что введение в рацион экспериментальных животных продуктов 1 и 2 не вызывало изменений содержания общего белка в сыворотке крови. Анализируемый показатель оставался в пределах физиологической нормы (таблица 1, общий белок).

Таблица 1. Концентрация основных метаболитов и микроэлементов в сыворотке крови крыс, находящихся на различных рационах кормления

Table 1. Concentration of main metabolites and trace elements in the blood serum of rats fed different diets

Показатели	Серия опытов		
	Контроль, Стандартный рацион	Введение в рацион пищевой добавки. Рецепт 1	Введение в рацион пищевой добавки. Рецепт 2
Общий белок (г/л)	58,078±1,16	58,93±1,04	59,38±1,87
Триглицериды (ммоль/л)	1,11±0,09	1,36±0,11	1,07±0,15
Кальций (ммоль/дм ³)	3,18±0,13	3,20±0,11	3,09±0,13
Железо (мкмоль/дм ³)	14,78±4,00199	9,26±0,99	9,43±1,09
Общий холестерин (ммоль/л)	2,13±0,10	1,54±0,19* ↓27,65%	1,67±0,13* ↓21,45%
ХС ЛПВП (ммоль/л)	0,25±0,01	0,18±0,01* ↓28,82%	0,19±0,01* ↓25,25%
ХС ЛПНП (ммоль/л)	1,37±0,12	0,69±0,13* ↓48,45%	0,93±0,08* ↓32,62%
АСТ (Е/л)	54,88±4,43	41,92±1,48* ↓23,61%	46,88±1,75* ↓14,57%
АЛТ (Е/л)	30,09±9,14	17,00±2,44	17,26±2,44
Глюкоза (ммоль/л)	6,53±0,14	7,78±0,23* ↑19,16%	6,96±0,17
Магний (ммоль/л)	1,12±0,03	1,06±0,003* ↓5,02%	1,07±0,009

примечание: * — достоверные отличия ($p < 0.05$) от контрольной группы.

При анализе изменений содержания глюкозы в сыворотке крови крыс, потреблявших продукт 1, было показано достоверное увеличение данного показателя на 19,16% (таблица 1, глюкоза), что может быть связано с повышенным содержанием углеводов в продукте из карпа. Исследование показателей липидного обмена у крыс, получавших аналогичный продукт, позволило установить, что содержание общего холестерина, ХС ЛПВП и ХС ЛПНП достоверно снижалось на 27,65%, 28,82% и 48,45% соответственно по сравнению с контрольной группой.

Включение в рацион продукта 2 также содействовало достоверному падению уровней общего холестерина, ХС ЛПВП и ХС ЛПНП на 21,45%, 25,25% и 32,62% ($p < 0,05$) по отношению к контролю (таблица 1, общий холестерин, ХС ЛПВП и ХС ЛПНП).

Содержание нейтральных жиров — триглицеридов в обоих случаях не отличалось от значений контрольной серии.

При изучении показателей минерального обмена зафиксировано незначительное, но достоверное снижение сывороточной концентрации магния (на 5,02%) при потреблении продукта 1.

Статистически значимых изменений концентрации железа и кальция, при потреблении продуктов 1 и 2 не выявлено.

Добавление в рацион крыс продуктов с фукусом приводило к достоверному уменьшению активности АСТ на 23,61% (рецептура 1) и 14,57% (рецептура 2), а активности АЛТ на 43

и 42,5% соответственно. Выявленные изменения хотя и не являлись достоверными, но носили во всех опытах однонаправленный характер (таблица 1, АСТ и АЛТ).

Проведенные исследования позволяют констатировать, что добавление в рацион питания новых пищевых рыбных продуктов, изготовленных по рецептуре 1 и 2, существенным образом не влияло на изучаемые показатели минерального обмена и концентрацию общего белка в сыворотке крови, но приводило к снижению сывороточной концентрации холестерина и его фракций, что может оказывать благотворное влияние на состояние сердечно-сосудистой системы.

Так как активности АСТ и АЛТ в сыворотке крови являются неспецифическими индикаторами функционального состояния сердца и печени, уменьшение их активности может свидетельствовать о потенциальных кардио- и гепатопротекторных свойствах данных продуктов.

Установлено, что продукт 2 способствует подавлению процесса перекисидации липидов и стимулирует антиоксидантную систему крови. Тогда как при потреблении продукта 1, активность СОД и каталазы не отличалась от контрольных значений.

Проведенные исследования позволяют заключить, что новые пищевые рыбные продукты, произведенные по рецептуре 1 и рецептуре 2, соответствуют требованиям, предъявляемым к биологически полноценным и безопасным продуктам питания для употребления в условиях нормы.

Заключение. В ходе исследований новых видов рыбных продуктов с морской водорослью фукус на функциональный статус организма экспериментальных животных в условиях нормы и при развитии антибиотик-ассоциированного дисбактериоза кишечника установлено, что введение в рацион крыс рыбных продуктов, обогащенных морской водорослью фукус, сопровождалось увеличением массы тела экспериментальных особей за счет наращивания слоя мышечной ткани, но при этом накопления подкожно-жировой клетчатки не выявлено.

Исследуемые рыбные продукты, обогащенные морской водорослью фукус способствовали улучшению липидного обмена у крыс и снижению содержания общего холестерина, липопротеидов высокой плотности (ХС ЛПВП) и липопротеидов низкой плотности (ХС ЛПНП) на 27,65%, 28,82% и 48,45%, соответственно, в сравнении с контрольной группой.

Рыбные продукты с добавлением морской водоросли фукус уменьшали активность ферментов аспартатаминотрансферазы (АСТ) и аланинаминотрансферазы (АЛТ) в сыворотке крови, являющихся неспецифическими индикаторами функционального состояния сердца и печени, что может свидетельствовать о потенциальных кардио- и гепатопротекторных свойствах данных продуктов.

Список использованной литературы.

1. Fish consumption, omega-3 fatty acids and risk of heart failure: a meta-analysis / Luc Djoussé, Akintunde O Akinkuolie, Jason H Y Wu, Eric L Ding, J Michael Gaziano // *Clin Nutr.* 2012 Dec; 31(6):846-53. doi: 10.1016/j.clnu.2012.05.010.
2. Singh, RB. High Exogenous Antioxidant, Restorative Treatment (Heart) for Prevention of the Six Stages of Heart Failure: The Heart Diet // RB Singh, J. Fedacko, D. Pella, G. Fatima, G. Elkilany, M. Moshiri, K. Hristova, P. Jakabcin, Vaňova // *N.Antioxidants (Basel)*. 2022 Jul 27;11 (8):1464. doi: 10.3390/antiox11081464.
3. Fatty fish consumption and risk of latent autoimmune diabetes in adults / J.E. Löfvenborg [et al.] // *Nutr Diabetes*. — 2014 Oct 20; 4(10):e139. doi: 10.1038/nutd.2014.36. PMID: 25329601; PMCID: PMC4216999.
4. Stene, L.C. Norwegian Childhood Diabetes Study Group. Use of cod liver oil during the first year of life is associated with lower risk of childhood-onset type 1 diabetes: a large, population-based, case-control study. / L.C. Stene, G. Joner // *Am J Clin Nutr.* — 2003 Dec;78(6):1128-34. doi: 10.1093/ajcn/78.6.1128. PMID: 14668274.
5. Bäärnhielm, M. Fatty fish intake is associated with decreased occurrence of multiple sclerosis. / M. Bäärnhielm, T. Olsson, L. Alfredsson // *Mult Scler.* — 2014 May. — 20(6). P.726-32. doi: 10.1177/1352458513509508. Epub 2013 Oct 24. PMID: 24158977.
6. Fish consumption and risk of rheumatoid arthritis: a dose-response meta-analysis / Di Giuseppe D. [et al.] // *Arthritis Res Ther.* — 2014. — №16 (5). — 446 p. doi: 10.1186/s13075-014-0446-8. PMID: 25267142; PMCID: PMC4201724.
7. Громова, О. А. Омега-3 полиненасыщенные жирные кислоты и когнитивное развитие детей / О.А. Громова, И.Ю. Торшин, Е. Ю. Егорова // *Вопросы современной педиатрии.* — 2011. — № 10(1). — С. 66-72.

8. Ших, Е. В. Длинноцепочечные полиненасыщенные жирные кислоты семейства ω -3 в профилактике заболеваний у взрослых и детей: взгляд клинического фармаколога / Е.В. Ших, А.А. Махова // Вопросы питания. — 2019. — Т. 88, №2. — С. 91–100. doi: 10.24411/0042-8833-2019-10022.
9. Ruxton, C. H. S. The health benefits of omega-3 polyunsaturated fatty acids: a review of the evidence / C. H. S. Ruxton, S. C. Reed, M. J. A. Simpson, K. J. Millington // Journal of Human Nutrition and Dietetics. — 2004. — V.17. — P. 449-459 <https://doi.org/10.1111/j.1365-277X.2004.00552.x>
10. World Association of Perinatal Medicine Dietary Guidelines Working Group. The roles of long-chain polyunsaturated fatty acids in pregnancy, lactation and infancy: review of current knowledge and consensus recommendations. / B. Koletzko [et al.] // J Perinat Med. — 2008. — №36(1). — P. 5-14. doi: 10.1515/JPM.2008.001. PMID: 18184094.
11. Efficacy of fish intake on vitamin D status: a meta-analysis of randomized controlled trials / U. Lehmann [et al.] // Am J Clin Nutr. — 2015. — № 102(4): 837-47. doi: 10.3945/ajcn.114.105395. Epub 2015 Sep 9.
12. Malesa-Ciećwierz, M. Vitamin D: can fish food-based solutions be used for reduction of vitamin D deficiency in Poland? / M. Malesa-Ciećwierz, Z. Usydus // Nutrition. — 2015 Jan;31(1):187-92. doi: 10.1016/j.nut.2014.07.003. Epub 2014 Jul 31. PMID: 25466665.
13. Food and Health Data: their use in nutritionpolicy-making. Editors: Becker, W. and Helsinge, E. WHO Regional Publications, European Series No. 34. 1991. ISBN 92 890 1125 4.
14. Regular fish consumption and age-related brain gray matter loss. / C.A. Raji [et al.] // Am J Prev Med. 2014 Oct;47(4):444-51. doi: 10.1016/j.amepre.2014.05.037. Epub 2014 Jul 29. PMID: 25084680; PMCID: PMC4171345.
15. Клиндух, М. П. Сравнительное исследование химического состава бурых водорослей *Fucus vesiculosus* и *Ascophyllum nodosum* / М.П. Клиндух, Е.Д. Облучинская // Вестник МГТУ. — 2013. — Т. 16, — №3. — С. 466–471.
16. Комплексное исследование химического состава бурых водорослей Белого моря / К.Г. Боголицин [и др.] // Химия растительного сырья. — 2012. — №4. — С. 153-160.
17. Особенности минерального состава бурых водорослей Белого и Баренцева морей / К.Г. Боголицин [и др.] // Химия растительного сырья. — 2014. — №1 — С. 243-250.

Информация об авторах

Красовская Елена Сергеевна, заведующий лабораторией физико-химических исследований Республиканского контрольно-испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: gagara.7878@mail.ru

Почицкая Ирина Михайловна, доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник — руководитель научно-исследовательской группы Республиканского контрольно-испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: pochitskaja@yandex.ru

Рябова Кристина Святославовна, кандидат технических наук, начальник Республиканского контрольно-испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: ryabova.ks@gmail.com

Information about the authors

Krasovskaya Elena Sergeevna, head of the laboratory of physical and chemical research of the Republican control and testing complex for the quality and safety of food products of the Republican Unitary Enterprise “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food” (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: gagara.7878@mail.ru

Pochitskaya Irina Mikhailovna, Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher - Head of the Research Group of the Republican Control and Testing Complex for the Quality and Safety of Food Products RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29, Kozlova str., 22037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: pochitskaja@yandex.ru

Ryabova Kristina Svyatoslavovna, PhD (Engineering), Head of the Republican Control and Testing Complex for Food Quality and Safety of the RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29, Kozlova str., 22037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: ryabova.ks@gmail.com