

Strahov Svyatoslav, 1-st year master of NCFU, Institute of Electric Power Engineering, Electronics and Nano-technologies. E-mail: strahov37@mail.ru

Jastrebov Sergey, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of Automatic Electrical Power Systems and Electric Power Supply systems, Institute of Electric Power Engineering, Electronics and Nano-technologies. E-mail: yass@ncstu.ru,

Lyhmanova Victoria, 4-th year student of the NCFU Institute of Mathematics and Natural Sciences. E-mail: pavel68693@mail.ru

Zakharova Elena, 1-st year master of NCFU, Institute of Electric Power Engineering, Electronics and Nano-technologies. E-mail: melomanka.26@mail.ru

Diachenko Anna, 1-st year master of NCFU, Institute of Electric Power Engineering, Electronics and Nano-technologies. E-mail: dyachenko_ann@list.ru

УДК 664.123.4.001.573

**Гладкова Мария Геннадьевна, Касьянов Геннадий Иванович,
Шипулин Валентин Иванович, Христюк Алексей Владимирович**

ФЕНОМЕН ЛЕГКОЙ ВОДЫ В ПРОДУКТАХ ГЕРОДИЕТИЧЕСКОГО ПИТАНИЯ

Вода относится к важнейшей субстанции всех живых организмов. Урбанизация общества способствовала значительному увеличению потребления питьевой и технической воды и возрастанию количества загрязненных сточных вод. В мировом океане значительно возросло содержание дейтерия после проведения атомных взрывов, что привело к увеличению его содержания в ряде акваторий почти на 30 %. В связи с вредным воздействием на живую клетку тяжелой воды, в ряде стран разработаны технологические приемы снижения содержания дейтерия в питьевой воде. Регулярный прием такой воды снижает утомляемость и омолаживает организм. Выполненное исследование основано на способе получения воды с модифицированным изотопным составом, с использованием разной температуры замораживания тяжелой и легкой воды.

Ключевые слова: дейтерий, протий, легкая вода, тяжелая вода, напитки, геронтология.

**Mariya Gladkova, Gennady Kasyanov, Valentin Shipulin, Alexei Hristyuk
PHENOMENON OF LIGHT WATER IN PRODUCTS FOR ELDER PEOPLE**

Water belongs to the most important substance of all living organisms. Urbanization of society contributed to a significant increase in consumption of drinking and technical water and an increase in the amount of contaminated wastewater. In the world's oceans, the content of deuterium increased significantly after the atomic explosions, which led to an increase in its content in a number of water areas by almost 30%. In connection with the harmful effect on the living cell of heavy water, in a number of countries, technological techniques have been developed to reduce the deuterium content in drinking water. Regular intake of such water reduces fatigue and rejuvenates the body. The study is based on a method for obtaining water with a modified isotopic composition, using different temperatures for freezing heavy and light water.

Key words: deuterium, protium, light water, heavy water, drinks, gerontology.

ВВЕДЕНИЕ

Вода занимает особое место в рационе людей разных возрастных групп, потому что человек на 75-80 % состоит из воды. Всем нам известно, что для нормальной жизнедеятельности и работы всех органов в организме необходим достаточный уровень жидкости в нем. С возрастом под влиянием различных факторов количество воды в организме уменьшается, что ведет к изменению свойств тканей и снижению их способности удерживать воду. Обычная питьевая вода на 99,3 % состоит из смеси

протия ^1H и кислорода ^{16}O . Но в природной воде встречаются изотопы водорода – дейтерий D^{20} и другие изотопы. Только глубинные подземные источники и талые воды ледников имеют пониженное содержание дейтерия. И не случайно, геронтологи отмечают наибольшее число долгожителей среди горцев, употребляющих талую воду высокогорных ледников. Содержание изотопов в воде обозначается как количество атомов дейтерия на 1 млн. частиц – (part per million) – ppm. Легкая природная вода, как и внутренняя влага организма человека, имеет ppm от 90 до 150. Соки фруктов и овощей имеют пониженное содержание дейтерия. Самым распространенным способом получения «легкой» воды считается паровая перегонка, использующая эффект разницы температур кипения легкой воды ($100\text{ }^\circ\text{C}$) и тяжелой воды ($103\text{ }^\circ\text{C}$). Однако, несмотря на простоту способа, он отличается высокими энергозатратами, что сдерживает получение легкой воды в промышленных масштабах. Более энергосберегающим, но сравнительно дорогостоящим, является электролизный способ получения легкой воды, основанный на выделении из молекулы воды протия, имеющего меньшую энергию ковалентной связи. Полученный водород очищается и участвует в синтезе воды из смеси кислорода и водорода в палладиевом реакторе. Наиболее перспективным считается мембранный способ очистки воды от дейтерия, находящийся в стадии разработки.

Мировое научное сообщество серьезно озабочено продолжающимся сокращением количества пригодной для питья воды и ухудшением ее качества. Социологи утверждают, что в недалеком будущем основные конфликты между странами и континентами будут возникать из-за недостатка экологически чистой пресной питьевой воды.

Многие регионы и даже страны в последние годы испытывают недостаток питьевой и технической пресной воды. Нехватку качественной питьевой воды ощущает каждый шестой житель планеты.

Качество воды во многом зависит от наличия тяжелых изотопов – дейтерия и трития в воде [4,5,7]. Достоверно установлено, что если в XIX веке содержание дейтерия в воде составляло 120 ppm, то в настоящее время его количество возросло практически до 160 ppm. Существует международный стандарт среднеокеанической воды SMOW, регламентирующий отношение содержания изотопов водорода (дейтерия к протию) как $\text{D}/^1\text{H} = 155,76 \times 10^{-6}$ и изотопов кислорода как $^{18}\text{O}/^{16}\text{O} = 2005,20 \times 10^{-6}$.

Тяжелая вода, используемая в ядерных установках, после использования закачивалась в подземные пустоты, из которых со временем диффундировала в окружающую среду [6].

Многочисленными исследованиями установлены свойства «легкой» воды с высоким содержанием протия и «тяжелой» воды с высоким содержанием дейтерия [9,12]. Разработаны способы изучения изотопного состава воды [2,4,7]. Способы получения легкой воды запатентованы [10,11]. Зарубежные авторы проанализировали изотопный состав океанических вод и биологический эффект истощения дейтерия [16-18].

Тяжелая вода имеет молекулярную массу 20,03, температуру плавления $3,81\text{ }^\circ\text{C}$, температуру кипения $101,43\text{ }^\circ\text{C}$ и плотность при $25\text{ }^\circ\text{C}$ – $1,1042\text{ г/см}^3$. Она вредна для живых организмов.

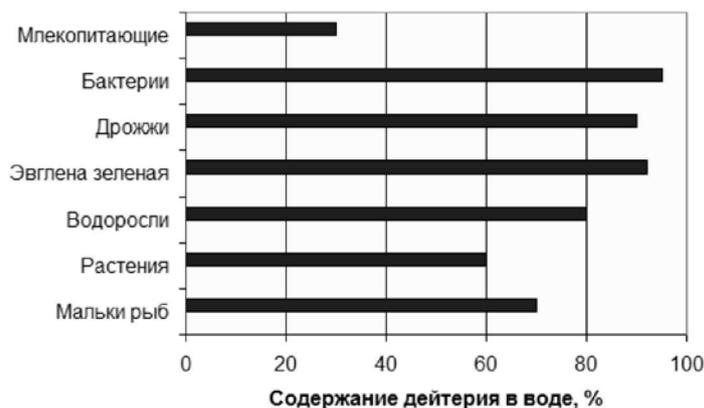


Рис. 1. Выживаемость различных организмов в воде с различными содержаниями дейтерия

Легкая вода имеет молекулярную массу 18,0, температуру плавления 0 °С, температуру кипения 100 °С, плотность при 25 °С – 0,9970 г/см³ и вязкость при 25 °С 1,0 спуз. Кластерная структура легкой воды положительно влияет на водный обмен, очищает организм от шлаков, повышает функциональные возможности организма. Даже неполное удаление из обычной питьевой воды дейтерия, делает её носителем иммуностимулирующих и омолаживающих свойств.

В Институте медико-биологических проблем РАН был проведен 240-суточный эксперимент по изучению изменений изотопного состава биогенных химических элементов в организме человека, в ходе которого установлено, что в условиях сильного стресса и неблагоприятных внешних воздействий организм, в первую очередь, выводит тяжелые изотопы D и ¹⁸O за счет реакций изотопного (H/D, ¹⁶O/¹⁸O-обмена). На рисунке 1 показана выживаемость различных организмов в воде с различными содержаниями дейтерия.

Поэтому для повышения жизненных сил организма в условиях неблагоприятных внешних воздействий, целесообразно потреблять свободную от тяжелых изотопов бездейтериевую (легкую) воду. На рисунке 2 показана зависимость плотности изотопов воды от температуры.

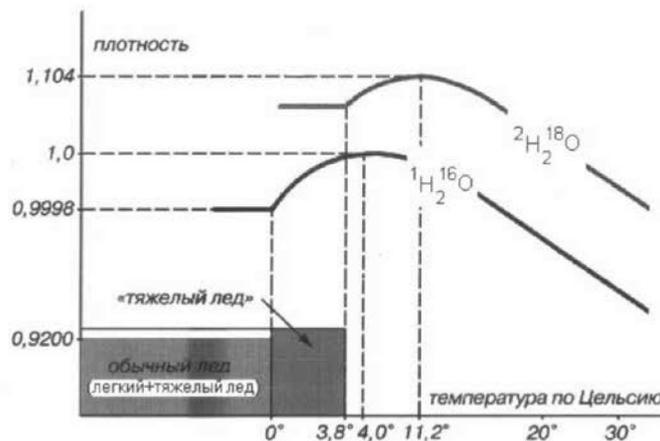


Рис. 2. Зависимость плотности изотопов воды от температуры

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Известно несколько способов разделения изотопов водорода. К ним относятся способ электромагнитного разделения, способ газовой и жидкостной диффузии, газовая и аэродинамическая сепарация, дистилляция и электролиз. Использование способа газовой диффузии основано на различии скоростей движения газов с разной массой (рисунок 3).

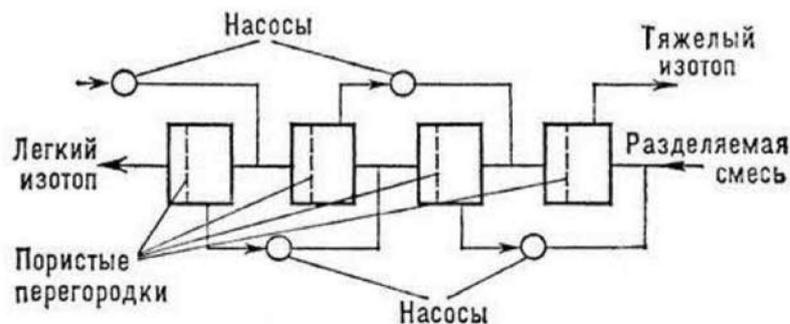


Рис. 3. Схема устройства для разделения изотопов методом газовой диффузии

Однако способ газовой диффузии приемлем только для смесей газов и не нашел широкого применения.

Наиболее востребованным способом оказался способ изотопного разделения воды на ректификационных колоннах (рисунок 4). В результате непрерывного массообмена между молекулами жидкой и паровой водяной фазы, жидкая фаза по высоте колонны обогащается более высококипящим компонентом, а паровая фаза – более низкокипящим – дейтерием и другими тяжёлыми изотопами – тритием (Т) и кислородом (^{18}O).

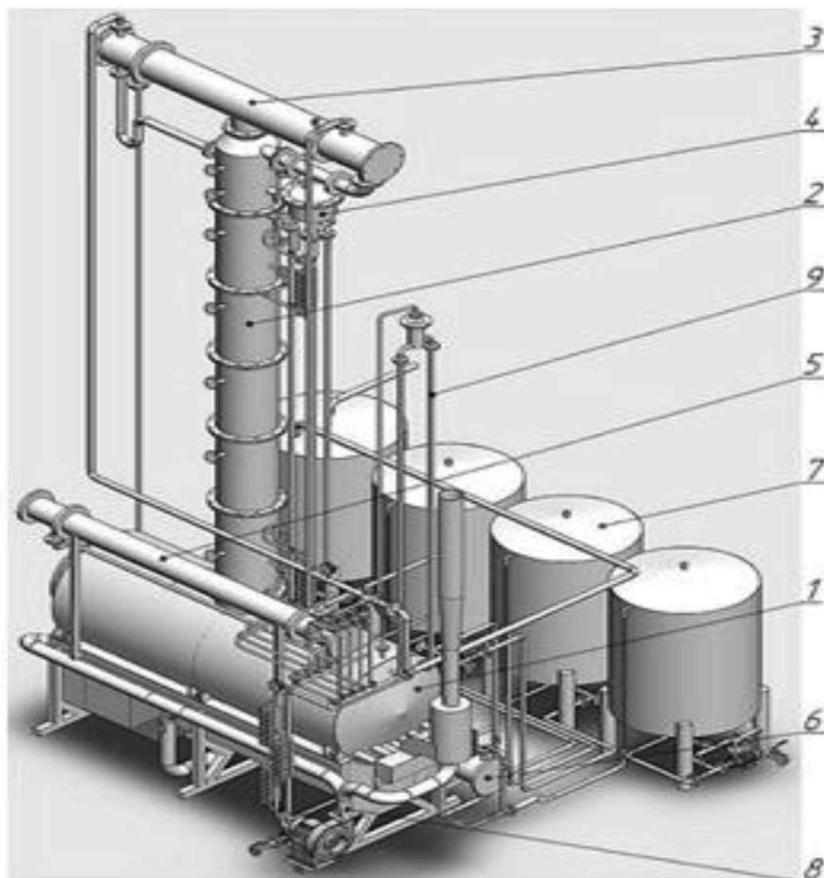


Рис. 4. Схема ректификационной колонны для получения легкой воды.

1 – конденсатор, 2 – делитель, 3 – колонна, 4 – система трубопровода, 5 – холодильник дистиллята, 6 – сборник, 7 – холодильник для остатка воды, 8 – корпус, 9 – система продувки

Способ изотопного разделения воды на ректификационных колоннах энергозатратный и требует использования крупногабаритного оборудования с высотой колонны до 10 м и диаметром 0,8 м.

Таким способом выпускалась в Санкт-Петербурге «легкая» вода под маркой «Лангвей», с отбором в колонне фракции воды, кипящей точно при 100 °С [8]. Более тяжелая вода кипит при повышенной температуре. Такая технология получения «легкой» воды имеет ряд недостатков: сложность выдерживания точных температурных режимов при перегреве воды, высокие энергозатраты на нагревание воды до кипения и в результате – высокая себестоимость «легкой» воды.

Сотрудниками Кубанского государственного университета под руководством профессора Барышева М. Г. усовершенствован способ получения «легкой» воды электролизом [1]. На рисунке 5 приведена схема установки для получения легкой воды электролизным способом.

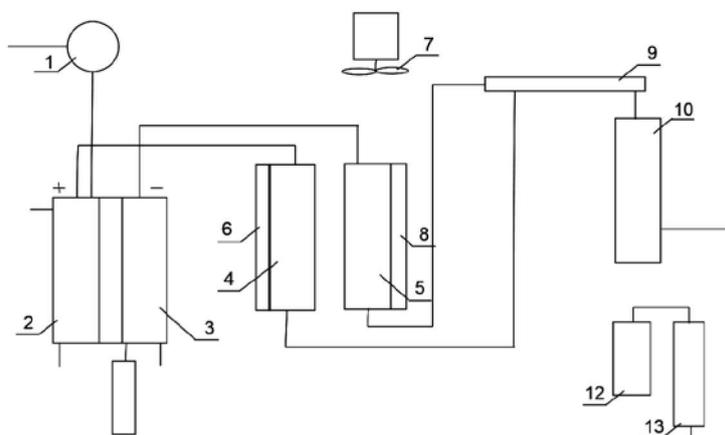


Рис. 5. Схема установки для получения легкой воды электролизным способом.
 1 – емкость для конденсата, 2 – анод, 3 – катод, 4 – осушитель O_2 , 5 – реактор для изотопного обмена;
 6, 8 – ионообменная мембрана, 7 – вентилятор, 9 – каталитическая горелка, 10 – конденсатор,
 11 – кондиционер; 12, 13 – сборники для легкой воды

Процесс получения легкой воды на установке КубГУ автоматизирован. Себестоимость готового продукта практически в 2 раза ниже по сравнению с ректификационным способом. Для оценки содержания дейтерия и тяжелого кислорода в воде используется спектрометр ЯМР марки JNM ECA 400, 400 МГц.

Варнавский И. Н. и др., из Института медико-биологических проблем РАН, разработали способ и устройство для получения воды с низким содержанием дейтерия за счет замораживания водяного пара и обработки талой воды УФ и ИК-облучением [3]. Сконденсированная влага поступает в камеру электролизера, имеющую твердый ионообменный электролит, для осуществления процесса электролиза при температуре 60–80 °С. Выделяющийся в результате электролиза кислород и водород, вместе с парами воды, подают на осушение кислорода и в реактор изотопного обмена, внешние боковые стенки которых состоят из ионообменных мембран.

На рисунке 6 приведена схема установки получения талой воды при неравномерном охлаждении.

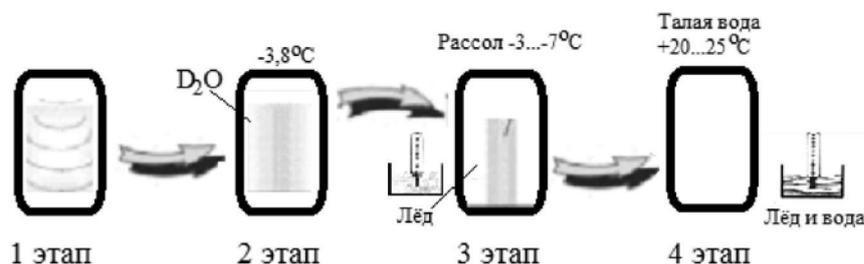


Рис. 6. Схема получения талой воды при неравномерном охлаждении

Сотрудники Института пищевой и перерабатывающей промышленности КубГТУ разработали газожидкостную установку для получения легкой воды, основанную на разных температурах замораживания «тяжелой» и «легкой» воды. На рисунке 7 приведена схема установки для получения легкой воды (патент РФ на изобретение № 2605123).

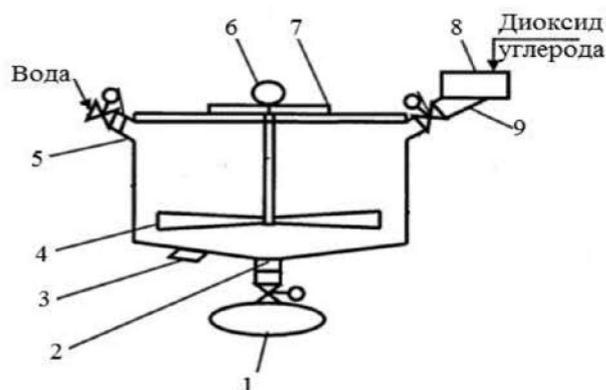


Рис. 7. Схема установки для получения легкой воды.

1 – емкость для легкой воды, 2 – выпускной патрубок с вентилем, 3 – патрубок для мелкодисперсного льда, 4 – мешалка, 5 – корпус установки, 6 – электропривод, 7 – люк, 8 – гранулятор, 9 – дозатор гранул

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В таблице показаны результаты измерений качества воды до и после удаления дейтерия.

В новой технологии предусмотрено использование гранулированного твердого диоксида углерода, ИК-, УФ- и СВЧ-обработки воды, использования наночистотной мембраны на основе целлюлозы и фторпроизводных олефинов с размером пор от 0,0001 мкм до 0,5 мкм и давлением до 3 МПа.

Таблица

Массовый состав воды до и после удаления дейтерия

Показатель	Ед. изм	Значения показателя		
		Исходная вода	Прототип	Новый способ
Водородный показатель	pH	6,5	7,2	7,8
Цвет	градусы	20	10	10
Мутность	мг/дм ³	1,5	0	0
Запах	балл	2,0	0	0
Привкус	балл	2,0	0	0
Жесткость	ммоль/дм ³	7,0	1,2	1,1
Дейтерий	мг/дм ³	150	78	72
Окислительно-восстановительный потенциал	мВ	+360	-88	-97

Расчетный экономический эффект от внедрения новой технологии получения легкой воды составляет 120 тысяч рублей на 1 т продукции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С возрастом организм человека подвергается дегидратации за счет уменьшения содержания воды в тканях практически в два раза. В преклонном и старческом возрасте снижается способность клеток связывать воду и структурировать её для обеспечения процесса обмена веществ. На это требуется дополнительная энергия. Наиболее приближена к биологической структуре структурированная легкая (талая) вода, которая сходна по составу и структуре с влагой человеческого организма и поэтому быстро усваивается и обладает максимальной пользой. Геропротекторные свойства легкой противовой воды способствуют омоложению и замедлению процесса старения организма.

Разработанная авторами технология получения воды с модифицированным изотопным составом, основана на разнице температур замораживания тяжелой и легкой воды. Отличием новой газожидкостной технологии является использование наномембран, гранулированного твердого диоксида углерода и ИК-, УФ- и СВЧ-обработки воды.

Подтверждены и дополнены ранее полученные результаты по положительному воздействию легкой воды на организм человека, животных и растений. В опытно-промышленных условиях апробирована целесообразность использования легкой воды в производстве безалкогольных напитков и целого ряда пищевых продуктов.

ЛИТЕРАТУРА И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ

1. Барышев М. Г. ЯМР и ЭПР исследование влияния воды с пониженным содержанием дейтерия на показатели прооксидантно-антиоксидантной системы у лабораторных животных // Экологический вестник научных центров ЧЭС. 2011. № 3. С. 16–20.
2. Бисикало А. Л. Количественная спектроскопия ЯМР 2H , 13C и 17O в изучении изотопного состава воды и её структурных особенностей в растворах // автореф. к.х.н. Иркутск, 2012. 24с.
3. Варнавский И. Н., Бердышев Г. Д., Прилипенко В. Д. Целебная реликтовая вода – открытие третьего тысячелетия // Вопросы химии и химической технологии, 2002, № 5. С. 168–174.
4. Гуров Ю. Б., Чернышев Б. А. Спектроскопия сверхтяжелых изотопов водорода. М.: НИЯУ МИФИ, 2010. 60 с.
5. Жданов В. М. Тайны разделения изотопов PDF. М.: НИЯУ МИФИ, 2011. 224 с.
6. Игнатов И. И., Мосин О. В. Изотопный состав воды и долголетие // Вода: Гигиена и экология. 2013. № 3–4 (1). С. 22–32.
7. Баранова В. Ю. Изотопы: свойства, получение, применение. М.: ИздАТ, 2000. 703 с.
8. Легкая вода «Лангвей 60» на V Всероссийском форуме «Здоровье нации - основа процветания России», г. Москва, 16 - 19 сентября, 2009г.
9. Мартынов А. К. Оценка биологической активности воды с пониженным содержанием дейтерия // Новые биокибернетические и телемедицинские технологии XXI века: Материалы конференции. Петрозаводск: Наука, 2003. С.57.
10. Патент 2438765 Российская Федерация, МПК В01D 59/40 (2006.01). Способ получения биологически активной питьевой воды с пониженным содержанием дейтерия / Фролов В. Ю., Барышев М. Г., Болотин С. Н., Джимаков С. С.; заявитель и патентообладатель Кубанский государственный университет» (RU). № 2010121324/05; заявл. 25.05.2010; опубл. 10.01.2012.
11. Патент РФ на изобретение № 2390491 Способ и установка для производства легкой воды /Соловьев С. П. Заявка № 2007117031, заявлено 20.11.2008, опубликовано 27.05.2019.
12. Пономарева А. Л. Изучение биологических эффектов воды с помощью методов биотестирования: автореферат дис. кандидата биологических наук: 03.02.08 Иркутск, 2012. 20 с.
13. Cioni P., Strambini G. B. Effect of Heavy Water on Protein Flexibility //Biophysical Journal, 82 (6), 3246-3253 (2002).
14. Lis G., L. I. Wassenaar, M. J. Hendry. High-Precision Laser Spectroscopy D/H and $18\text{O}/16\text{O}$ Measurements of Microliter Natural Water Samples // Analytical Chemistry, 80(1)/2008.
15. Pope E. C. Isotope composition and volume of Earth's early oceans /E. C. Pope, D. K. Bird, M. T. Rosing // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 2012. № 12. P. 43–71.
16. Somlyai G. The biological effect of deuterium depletion, Budapest, Akademiai Kiado, 2002.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Гладкова Мария Геннадьевна, соискатель, инженер II категории кафедры технологии продуктов питания животного происхождения ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет». E-mail: mariya.revenko@mail.ru

Касьянов Геннадий Иванович, доктор технических наук, профессор, профессор ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет». E-mail: g_kasjanov@mail.ru

Шипулин Валентин Иванович, доктор технических наук, профессор, проректор по учебной работе СКФУ. E-mail: vshipulin@ncfu.ru

Христюк Алексей Владимирович, докторант кафедры технологии продуктов питания животного происхождения ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет». E-mail: mariya.revenko@mail.ru

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Gladkova Mariya Gennadiyevna, applicant, engineer of the II category of the Department of Technology of Food of Animal Origin, Kuban State Technological University. E-mail: mariya.revenko@mail.ru

Kasyanov Gennady Ivanovich, Doctor of Engineering Science, Professor, Kuban State Technological University. E-mail: g_kasjanov@mail.ru

Shipulin Valentin Ivanovich, Doctor of Engineering Science, Professor, Vice-Rector for Academic Affairs, NCFU. E-mail: vshipulin@ncfu.ru

Khristyuk Aleksey Vladimirovich, doctoral candidate of the Department of Technology of Produce for Nutrition of Animal Origin, Kuban State Technological University. E-mail: mariya.revenko@mail.ru

УДК: 637.146.34

Лодыгин Алексей Дмитриевич, Мединцева Елена Владимировна,
Лодыгин Дмитрий Николаевич

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОЗЫ ВНЕСЕНИЯ ПРЕБИОТИЧЕСКОГО КОНЦЕНТРАТА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ СКВАШИВАНИЯ ОБЕЗЖИРЕННОГО МОЛОКА МОЛОЧНОКИСЛЫМИ МИКРООРГАНИЗМАМИ

*Рассмотрены современные тенденции развития технологии продуктов функционального питания. Обоснована актуальность производства кисломолочных напитков, обогащенных пребиотическим концентратом. Представлены состав, органолептические и микробиологические показатели пребиотического концентрата на основе пермеата обезжиренного молока. Исследованы органолептические характеристики сквашенного обезжиренного молока с добавлением пребиотического концентрата в сравнении с контрольными образцами. Изучено влияние дозы внесения пребиотического концентрата на эффективность кислотообразования заквасок *Lbc. bulgaricus*, *Str. thermophilus* и *Lbc. acidophilus*. Установлена оптимальная доза внесения пребиотического концентрата.*

Ключевые слова: обезжиренное молоко, лактулоза, пребиотический концентрат, пробиотики, функциональные кисломолочные продукты.

Aleksey Lodygin, Elena Medintseva, Dmitriy Lodygin STUDY OF THE PREBIOTIC CONCENTRATE DOSE INFLUENCE ON THE EFFICIENCY OF SKIM MILK FERMENTATION BY LACTIC ACID MICROORGANISMS

*Modern trends of functional foods technology development are observed. The relevance of fermented dairy products enriched with prebiotic concentrate production is grounded. Composition and organoleptic and microbiologic attributes of prebiotic concentrate on the base of skim milk permeate are presented. Organoleptic attributes of fermented skim milk with addition of prebiotic concentrate in comparison with control samples are tested. The influence of the prebiotic concentrate dose on lactic acid production efficiency by *Lbc. bulgaricus*, *Str. thermophilus* and *Lbc. acidophilus* starter cultures is studied. The optimal dose of prebiotic concentrate is established.*

Key words: skim milk, lactulose, prebiotic concentrate, probiotics, functional fermented dairy products.

ВВЕДЕНИЕ

Важнейшим направлением государственной политики Российской Федерации является сохранение и укрепление здоровья населения, профилактика заболеваний, обусловленных неполноценным и несбалансированным питанием. Эта задача может быть решена за счет развития отечественного