

УДК 663.64.057

Поступила в редакцию 29.08.2019

**С.И. Корзан; З.В. Ловкис, заслуженный деятель науки Республики Беларусь,
член-корр. НАН Беларуси, доктор технических наук, профессор,
генеральный директор**

*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продоволь-
ствию», г. Минск, Республика Беларусь*

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ ВОДЫ ПИТЬЕВОЙ КИСЛОРОДОМ

Аннотация. Разработка новых продуктов питания для детей и взрослых является актуальной областью исследования и совершенствования пищевых технологий. В статье приведены результаты анализа влияния воды питьевой, обогащенной кислородом на организм человека. На основании анализа литературных данных и действующих технических решений по реализации процесса обогащения, разработана технологическая схема производства воды питьевой, обогащенной кислородом. По разработанной технологии выпущена опытная партия воды, обогащенной кислородом, проведены лабораторные исследования по показателям качества и безопасности. Проведены исследования влияния воды питьевой, обогащенной кислородом на физическую выносливость крыс.

Ключевые слова: вода, кислород, обогащение, технология, разработка, оборудование, качество, безопасность, доклинические исследования, выносливость

**S.I. Korzan; Z.V. Lovkis, honored scientist of the Republic of Belarus, member-
Corr. NAS of Belarus, doctor of technical Sciences, Professor, General Director**

*RUE «Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National
Academy of Sciences of Belarus», Minsk, Republic of Belarus*

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY OF ENRICHMENT OF WATER BY DRINKING OXYGEN

Abstract. The development of new food products for children and adults is an actual area of research and improvement of food technology. The article presents the results of an analysis of the effect of drinking water enriched with oxygen on the human body. Based on the analysis of literature data and current technical solutions for the implementation of the enrichment process, a technological scheme for the production of oxygen-enriched drinking water has been developed. According to the developed technology, an experimental batch of oxygen-enriched water was produced, laboratory studies were conducted on quality and safety indicators. Investigations were made of the effect of drinking water enriched with oxygen on the physical endurance of rats.

Keywords: water, oxygen, enrichment, technology, development, equipment, quality, safety, preclinical studies, endurance

Тренд здорового образа жизни остается одним из основных факторов, стимулирующих развитие белорусского рынка безалкогольных напитков. Быстро растущий средний класс потребителей тратит все больше и больше средств на более полезные для здоровья продукты. Во всех сегментах растет популярность низкокалорийных и диетических безалкогольных напитков в связи с обострением проблемы лишнего веса в Республике Беларусь. Газированные напитки, воспринимаемые как вредные для здоровья из-за высокого содержания сахара и калорийности, первыми «попадают под удар» тренда здорового образа жизни.

В последнее время большое внимание уделяется продуктам, оказывающие благотворное влияние на здоровье. Сегодня массовым явлением становится недостаточное снабжение органов и тканей тела человека кислородом — гипоксия, которая сводит на нет многие усилия по поддержанию высокого жизненного тонуса. Преждевременно стареют клетки организма, в теле собираются шлаки и свободные радикалы, накапливается усталость.

Недостаток кислорода в организме можно восполнить самим кислородом. Все большее применение в косметологии и курортном лечении получают кислородные маски, появились и кислородные коктейли. Однако единственным способом, которым можно доставить кислород без особых дополнительных условий в организм человека, является оксигенация, то есть насыщение кислородом воды питьевой. Преимуществом этой воды перед обычной заключается том, что она быстро передает клеткам кислород, не вызывая при этом резкой активации свободного радикального окисления. Организм человека чрезвычайно чувствителен к содержанию в нем кислорода, снижение содержания кислорода в крови всего на несколько процентов довольно быстро приводит к гибели вначале нервных, а затем и других клеток организма.

Воду, обогащенную кислородом, рекомендуется употреблять авиаперевозчикам, жителям больших мегаполисов, спортсменам, пожилым людям, а также людям, проживающим в зонах постоянного кислородного голодания.

Дополнительный кислород оказывает благоприятное влияние на организм человека — не раздражает слизистую оболочку желудка, не вызывает аллергических реакций, предотвращает гипоксию, способствует снижению веса, улучшает обмен веществ, замедляет процессы старения, является отличным антиоксидантным средством, связывая свободные радикалы, повышает выносливость, предотвращает снижение глюкозы в крови, положительно влияет на кровеносную систему, способствует очищению и восстановлению кожи, вследствие ускоренной регенерации.

Социологические исследования показывают, что регулярное употребление оксигенированной воды способствует повышению жизненного тонуса, улучшению работы головного мозга, стимулирует восстановительные процессы после тяжелых физических и умственных нагрузок, снижает воздействие частых стрессовых ситуаций. Благодаря кислороду нормализуются содержание сахара в крови, сердечная деятельность и уровень артериального давления. Исходя из полученных данных, развитие рынка кислородосодержащей воды рассматривается специалистами как наиболее перспективное. Наиболее известные производители — Oxy-Water, OxygenWater, ActiveO₂, AquaRush [1].

Однако при этом остаются нерешенными проблемы эффективного насыщения кислородом воды в производственных условиях, из-за отсутствия технических решений для реализации данной проблемы.

Известные установки и комплексы оборудования для насыщения воды кислородом обладают в основном главными недостатками: высокая энергоёмкость и металлоёмкость оборудования, низкая эффективность насыщения.

Для снижения энергетических затрат на процесс производства питьевой воды, обогащенной кислородом и повышения эффективности процесса насыщения путем рациональной организации процесса с получением стабильного продукта и высокой надежности работы, существует необходимость в разработке технологии, обеспечивающей устранение данных недостатков.

Растворенный кислород находится в природной воде в виде молекул O_2 . На его содержание в воде влияют две группы противоположно направленных процессов: одни увеличивают концентрацию кислорода, другие уменьшают ее. К числу первых относятся поглощение кислорода из атмосферы, выделение кислорода водной растительностью в процессе фотосинтеза и поступление в водоемы с дождевыми и снеговыми водами, которые обычно пересыщены кислородом. В артезианских водах все эти факторы практически не действуют и поэтому кислород в таких водах отсутствует.

Относительное содержание кислорода в воде, выраженное в процентах его нормального содержания, и называется степенью насыщения кислородом. Этот параметр зависит от температуры воды, атмосферного давления и уровня минерализации.

Растворимость кислорода воды зависит от ее температуры. Растворимость кислорода растет с понижением температуры и минерализации, и повышением давления [2].

Растворимость кислорода в воде при разной температуре указана в табл. 1.

Таблица 1. Растворимость кислорода в воде

Температура воды, °С	0	10	20	30	40	50	60	80	100
Растворимость мг O_2 /дм ³	14,6	11,3	9,1	7,5	6,5	5,6	4,8	2,9	0,0

Концентрация кислорода определяет величину окислительно-восстановительного потенциала и в значительной мере направление и скорость процессов химического и биохимического окисления органических и неорганических соединений [3].

В соответствии с гигиеническим нормативом № 123 от 15.12.15 г. [4] и ТР ЕАЭС 044/2017 [5] в воде питьевой содержание растворенного кислорода не нормируется. Ранее содержание кислорода в воде питьевой было установлено в зависимости от категории воды: для воды, расфасованной в емкости первой категории 5 мг/л, для воды, расфасованной в емкости высшей категории 9 мг/л (насыщение близкое к оптимальному при температуре 20–22 °С).

Технологический процесс производства воды, обогащенной кислородом сотрудниками РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», отработан на опытно-технологическом участке РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» в г. Марьине Горке. Технологический процесс включает в себя следующие операции: водоподготовка, подготовка кислорода, обогащение воды кислородом, повторная тонкая очистка, розлив, укупорка, этикетировка, маркировка и групповая упаковка бутылок в термоусадочную пленку.

Технологическая схема производства воды, обогащенной кислородом, приведена на рис. 1.

При производстве воды питьевой, обогащенной кислородом используется природная питьевая вода из артезианской скважины. Поднятая вода из скважины проходит водоподготовку, включающую в себя следующие технологические стадии: грубая механическая очистка, обезжелезивание, умягчение, улучшение органолептических показателей, тонкая механическая очистка, обеззараживание.

Для насыщения воды используется медицинский кислород с чистотой 99,5 %. Баллон с медицинским кислородом установлен в отдельном помещении. Кислород из баллона 1 через газовый редуктор 2 проходит фильтр угольный УФ-40 3 для очистки от микропримесей органического характера, удаления посторонних запахов и фильтр воздушный «DonaldsonUltrafilterP-EG 0006» 4 для окончательной очистки и поступает в сатуратор С-2 5.

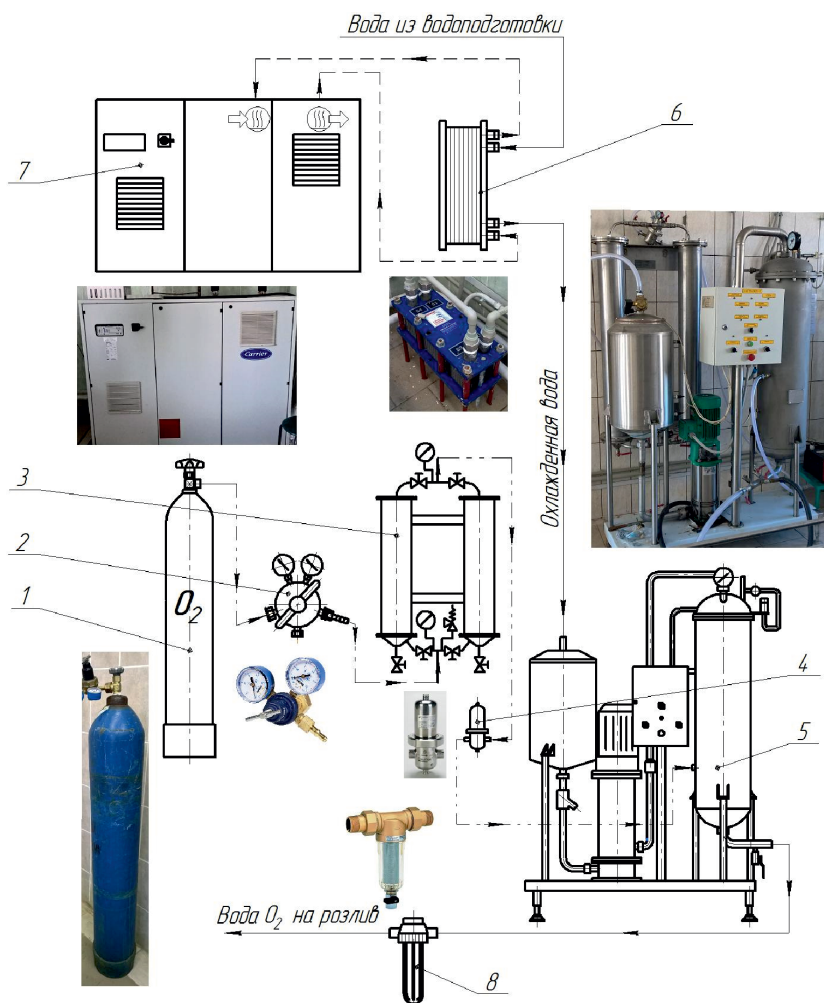


Рис. 1. Технологическая схема производства воды, обогащенной кислородом

Подготовленная питьевая вода охлаждается до температуры 5 ± 1 °С в теплообменнике 6, подключенном к охлаждающему контуру холодильной установки «Carrier 30RWA090» 7.

Охлажденная питьевая вода под давлением 0,15–0,4 МПа через электромагнитный клапан подается в накопительную емкость сатуратора. Откуда через защитный фильтр забирается насосом и через обратный клапан подается в эжектор, в который одновременно из колонки сатуратора поступает медицинский кислород. После эжектора предварительно насыщенная вода поступает в расположенный внутри колонки сатуратора распределитель воды, где происходит окончательное насыщение воды кислородом.

Вода питьевая, обогащенная кислородом из сатуратора С-2 5 проходит повторную тонкую очистку в механическом фильтре 8 для контрольной очистки воды от активированного угля и других включений и поступает на линию розлива, укупорки. Затем осуществляется этикетировка, маркировка и групповая упаковка.

Сотрудниками РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» по разработанной технологии выпущена опытная партия воды, обогащенной кислородом, и проведены лабораторные исследования по показателям качества и безопасности в Республиканском контрольно-испытательном комплексе по качеству и безопасности продуктов питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию». Определены органолептические показатели (запах, вкус, цветность, водородный показатель и др.), показатели солевого и газового состава (кальций, магний, минерализация общая, сульфаты, хлориды и др.), токсикологические показатели (токсичные металлы и неметаллические элементы, галогены), показатели органического загрязнения (бенз(а)пирен, гексахлорбензол, 2,4 Д-кислота и др.), микробиологические показатели (общее микробное число, споры, синегнойная палочка и др.) на соответствие требованиям Технического Регламента Евразийского Экономического Союза «О безопасности упакованной питьевой воды, включая природную минеральную воду» [5].

Проведены так же на базе ГНУ «Институт физиологии НАН Беларуси» исследования влияния воды питьевой, обогащенной кислородом на физическую выносливость крыс линии Вистар обоего пола массой 200–220 г без признаков патологии. По результатам проведенных доклинических исследований, установлено:

Введение воды, обогащенной кислородом в течение 28 сут. позитивно влияет на выносливость лабораторных животных обоего пола в тесте принудительного плавания.

Время плавания самок на протяжении курсового применения воды с концентрацией кислорода 15 ± 1 мг/л росло непрерывно с 14 по 28-е сут. и максимального показателя достигло на 28-й день эксперимента. Максимальное время плавания составило 57,36 мин, что в 2,2 раза превысило собственные фоновые значения и было в 1,8 раз выше показателей контрольной группы в аналогичный период. При курсовом применении воды, обогащенной кислородом с концентрацией кислорода 40 мг/л также отмечен рост показателя выносливости самок.

Достоверные изменения времени плавания самцов после курсового применения воды с концентрацией кислорода 15 ± 1 мг/л отмечены на протяжении всего периода наблюдения как по отношению к исходным данным, так и по сравнению с контролем. Максимальное значение времени плавания самцов отмечено на 21-е

сут. эксперимента (64,77 мин). Длительность пребывания самцов в воде сохранилась и на 28-е сут. (64,33 мин), что свидетельствует о кумулятивном эффекте.

Достоверные изменения физической выносливости самцов по отношению к контролю после курсового применения воды с концентрацией кислорода 40 мг/л отмечены на 7 и 21-е сут. в 3 и 3,3 раза соответственно.

Влияние приема воды, обогащенной кислородом (не зависимо от тестируемых концентраций) на продолжительность плавания у крыс характеризовалось гендерной зависимостью. У самцов изменения были более выражены и в большинстве случаев являлись статически значимыми.

Негативных эффектов обогащенной кислородом воды, независимо от его концентрации, выявлено не было.

По результатам исследований установлено, что по показателям качества и безопасности вода, обогащенная кислородом, соответствует требованиям ТР ЕАЭС 044/2017 по микробиологическим показателям, массовой концентрации токсичных элементов. Обладает эффектом повышения физической выносливости и жизнедеятельности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Марков, А.А. Разработка и научное обеспечение системы процессов насыщения воды кислородом : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.12 / А.А. Марков. — Воронеж, 2013. — 192 л.
2. Аристова, Н.А. Физические методы получения экологически чистой активированной воды / Н.А. Аристова, И.М. Пискарев, В.А. Ушканов. — М. : МГУ им. М.В. Ломоносова, 2009. — 86 с. — (Препринт / НИИЯФ МГУ № 2009-12/856).
3. Учебное пособие для студентов заочного отделения факультета водоснабжение и водоотведение : учеб. пособие / под ред. Ю.В. Воронова [и др.]. — М. : Ассоциации строительных вузов, 2008. — 488 с.
4. Об утверждении Санитарных норм и правил «Требования к питьевой воде, расфасованной в емкости», Гигиенического норматива «Требования к безопасности питьевой воды, расфасованной в емкости» и признании утратившим силу постановления Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 29 июня 2007 г. № 59: постановления Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 15 декабря 2015 г. № 123.
5. О безопасности упакованной питьевой воды, включая природную минеральную воду : ТР ЕАЭС 044/2017 : принят 23.06.2017 : вступ. в силу 01.01.2019 / Евраз. экон. комис. — Минск : БелГИСС, 2017. — 28 с.