

УДК 663.8:579

Поступила в редакцию 12.02.2019
Received 12.02.2019**Д.А.Зайченко, К.С.Рябова***РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»,
г. Минск, Республика Беларусь*

ВОДОПОДГОТОВКА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ БЕЗАЛКОГОЛЬНЫХ ИЗОТОНИЧЕСКИХ НАПИТКОВ

Аннотация: Наиболее важными характеристиками воды при производстве безалкогольных напитков являются жесткость, щелочность, содержание нитратов, хлоридов и сульфатов, т.к. они оказывают существенное влияние на вкусовые качества напитков. Изготовление изотонических напитков дополнительно требует удаления из состава воды осмотически активных частиц. При этом общее количество растворенных солей обуславливает не только вкус напитков, но и их химическую стабильность, внешний вид, осмоляльность. В статье представлена схема подготовки воды для изготовления изотонических безалкогольных напитков. Подобрана концентрация раствора гипохлорита натрия и его количество, необходимые для перевода растворимой формы железа в нерастворимую. Исследована эффективность удаления солей жесткости из исходной воды методом ионного обмена. Разработана мембранная установка обратного осмоса, приведены технические характеристики применяемого мембранного элемента. В комплексе предложенная схема подготовки воды обеспечивает требуемые вкусовые качества готового продукта и осмоляльность в допустимом диапазоне 270–300 мОсмоль/кг.

Ключевые слова: изотонические безалкогольные напитки, гипохлорит натрия, осмоляльность, катионирование, обратный осмос

D.A. Zaichenko, K.S. Ryabova*RUE “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food”, Minsk,
Republic of Belarus*

WATER PREPARATION IN THE PRODUCTION OF NON-ALCOHOLIC ISOTONIC DRINKS

Abstract: The most important substances are: hardness, alkalinity, the content of nitrates, chlorides and sulfates, since they have a significant impact on the taste of beverages. Making isotonic drinks additionally requires the removal of osmotically active particles from the composition of the water. At the same time, the total amount of dissolved salts is not only the taste, but also their chemical stability, appearance, and osmolality. The article presents a scheme for the preparation of water for the production of isotonic soft drinks. The content of a soluble solution of sodium hypochlorite and its amount is necessary for the conversion of soluble forms of iron to insoluble. The efficiency of the removal of hardness salts from the source water by ion exchange was studied. The membrane installation of reverse osmosis has been developed. The complex proposed a water treatment scheme that provides the desired taste of the finished product and osmolality in the allowable range of 270–300 mOsmol/kg.

Keywords: isotonic soft drinks, sodium hypochlorite, osmolality, cationization, reverse osmosis

Введение. Современные системы водоподготовки проектируют и изготавливают с учетом химического состава исходной воды, технологических требований к очищенной воде. В процессе разработки схемы водоподготовки определяется перечень параметров, контроль которых необходим для характеристик водоочистного оборудования и качества подготовки воды. Любая схема подготовки воды для пищевого производства строится по принципу создания основного блока (обеспечивающего качество технологической воды в соответствии с отраслевыми требованиями и рецептурой выпускаемой продукции) и блоков предварительной водоподготовки, необходимых для эффективной работы основного блока согласно эксплуатационной документации [1].

Для производства безалкогольных напитков используют умягченную воду, лишенную подавляющего количества основных ионов. Такая вода позволяет максимально растворить используемые рецептурные компоненты и сохранить их вкусоароматические свойства [2, 3, 4]. Изотоническими считают безалкогольные напитки, в которых количество осмотически активных частиц составляет 270–300 мОсм/кг, что соответствует осмоляльности плазмы крови [5, 6]. Важной задачей при подготовке воды для производства изотонических напитков является освобождение ее от осмотически активных частиц (натрий, калий, магний, кальций и др.), которые могут повлиять на изотоничность конечного продукта. Необходимо отметить, что в действующих нормативных документах Республики Беларусь [7, 8] отсутствуют требования по содержанию в воде калия, магния и кальция. Критерий жесткости косвенно указывает на содержание кальция и магния в питьевой воде, однако на его величину в меньшей степени также влияет содержание ионов щелочноземельных металлов стронция и бария. Натрий регламентируется в количестве до 200 мг/дм³. Данная величина увеличивает осмоляльность готового напитка на 15,5 мОсм/кг, что может привести к выпуску продукции не соответствующей показателю изотоничности.

В пищевой промышленности отсутствуют жестко регламентированные способы и состав систем водоподготовки, поскольку не существует единой технологии для достижения оптимального состава воды при производстве пищевых продуктов. В этой связи актуальным является осуществление специальной водоподготовки, которая обеспечит производство изотонических безалкогольных напитков водой с соответствующими критериями качества.

Целью работы являлась разработка системы водоподготовки, отвечающей критериям производства безалкогольных изотонических напитков.

Результаты исследований. Для изготовления изотонических безалкогольных напитков разработана двухблочная схема подготовки воды, включающая следующие этапы:

1. Блок предварительной водоподготовки:

1.1. Предочистка воды (состоит из грубой очистки, обезжелезивания с использованием 12,5 % раствора гипохлорита натрия, обработка с использованием угольного фильтра);

1.2. Умягчение воды с использованием катионообменных смол;

2. Основной блок водоподготовки:

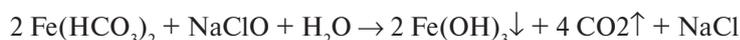
2.1. Умягчение воды с использованием мембраны обратного осмоса;

2.2. Дезинфекция воды с использованием УФ-лучей.

На первом этапе предложенной схемы водоподготовки осуществляется предочистка воды, состоящая из трех стадий. Данный этап необходим для рационального построения схемы водоподготовки.

Первая стадия этапа предочистки – это грубая очистка воды через микронные фильтры с целью отделения механических частиц. В случае последовательного фильтрования действует принцип убывания размера фильтруемой примеси с каждой последовательной ступенью. В предлагаемой нами схеме водоподготовки используется двухступенчатая система грубой очистки, состоящая из стальной сетки для удаления песка, посторонних крупных частиц диаметром более 100 микрон (первая ступень) и из фильтра для удаления частиц более 25 микрон (вторая ступень).

На второй стадии предочистки с учетом производительности установки приведенной ниже, осуществляется хлорирование воды раствором гипохлорита натрия (концентрация 12,5 %) в количестве 0,1 л/ч с целью перевода растворимой формы железа в нерастворимую форму, а также для удаления органических веществ из воды. Реакция протекает по формуле:



После обработки гипохлоритом натрия вода направляется на фильтр обезжелезивания, где нерастворимые соединения железа задерживаются специальным кварцевым песком. Для эффективной работы гравийных фильтровальных установок определена степень однородности зерен фильтрующей загрузки и фракционный состав. С коэффициентом однородности 1,4–1,6 размер зерен составляет: первой фракции – 2,0–3,15 мм; второй фракции – 1,0–2,0 мм; третьей фракции – 0,75–1,25 мм. Установка гравийного фильтра состоит из двух параллельно установленных фильтровальных емкостей, работающих поочередно. Когда первый фильтр находится в режиме работы, второй фильтр промывается или находится в режиме ожидания. Высота рабочего слоя кварцевого песка 60–90 см. Регенерация фильтра обезжелезивания проводится путем обратной промывки, совмещенной с обратной продувкой фильтра очищенным воздухом.

Третьей стадией в комплексе предочистки воды является обработка с использованием угольного фильтра. Данный этап предназначен для удаления токсичных соединений, которые образуются в ре-

зультате обеззараживания воды. С этой целью выбран специальный высокопроизводительный активированный уголь с зернистостью до 1 мм, обладающий механической прочностью и химической стойкостью по отношению к фильтруемой воде. Для предотвращения размножения в фильтр-материале микроорганизмов предусматривается санитарная обработка (пропарка) активированного угля при помощи горячего пара с температурой 95 °С в нижней части фильтра.

На втором этапе предварительной осуществляется умягчение воды с использованием катионообменных смол методом ионного обмена. Ионообменные смолы представляют собой твердые нерастворимые высокомолекулярные соединения с функциональными группами, способными к диссоциации и эквивалентному обмену своих ионов на ионы раствора. Процесс обработки воды методом ионного обмена основан на катионировании. С целью подбора катионита была исследована эффективность удаления солей жесткости из исходной воды с использованием следующих марок катионообменных смол:

1. Монофункциональные:

- ♦ КУ-2-8 в Н⁺ – форме (ООО «Токем», Россия);
- ♦ Dowex Marathon C в Na⁺ – форме (компания DowChemical, США);
- ♦ Purolite C 104 E в Н⁺ – форме (компания Purolite, Великобритания);

2. Полифункциональная:

- ♦ Purolite MB 400 (компания Purolite, Великобритания) – смесь 40 % катионита и 60 % анионита.

При проведении исследований в сменный картридж засыпали 100 мл смолы, после чего его закрывали крышкой и устанавливали в фильтр-кувшин. В приемную воронку фильтра заливали исходную воду с заранее установленным химическим составом. В качестве критериев выступали показатели жесткости и рН. Данный выбор обосновывается протекающим типом реакции. В результате Н⁺ -катионирования соли карбонатной жесткости разрушаются с выделением свободного диоксида углерода, а вместо солей некарбонатной жесткости образуются соответствующие анионам солей кислоты и повышается кислотность умягченной воды. При умягчении Na⁺-катионированием в воде накапливаются гидрокарбонаты, сульфаты или хлориды натрия, из-за чего возрастает щелочность воды. Проходя через фильтрующую загрузку картриджа, вода умягчалась, фильтрат (умягченная вода) подвергался повторному химическому анализу.

Результаты исследований представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1. Характеристики исходной воды и воды после умягчения
Table 1. Characteristics of the source water and water after softening

Наименование показателя	ПДК, СанПиН 10-124	Исходная вода	Вода после умягчения			
			Катионит КУ-2-8	Катионит Dowex Marathon C	Катионит Purolite C 104 E	Катионит Purolite MB 400
Жесткость, моль/дм ³	не более 7,0	8,3	1,0	4,0	2,8	2,0
рН	6-9	7,6	3,7	8,2	6,8	7,3

Как видно из данных приведенных в табл. 1, наименьшие значения жесткости и рН получены в воде, умягченной с использованием катионообменной смолы марки КУ-2-8. Однако необходимо отметить, что значение рН = 3,7 меньше нижней границы диапазона (от 6 до 9) установленного в [7, 8]. Вода, умягченная с использованием катионита Dowex Marathon C, имеет самое высокое значение жесткости (4,0 моль/дм³), которое в 2 раза меньше значения жесткости исходной воды (8,3 моль/дм³). Данные табл. 1 позволяют выделить катионообменные смолы Purolite C 104 E в Н⁺ – форме и Purolite MB 400 в Н⁺/ОН⁻ – форме. Более экономически целесообразным является применение катионообменной смолы Purolite C 104 E, стоимость которой в 1,8 раза ниже стоимости смолы Purolite MB 400.

Необходимо отметить, что ионный обмен не эффективен для удаления трехвалентного железа, соединений кремния, бора, фтора, нитратов, нитритов, аммиака, нефтепродуктов в воде [6]. Поэтому для производства изотонических безалкогольных напитков был применен еще один этап подготовки воды.

К основному блоку подготовки воды было добавлено умягчение с использованием мембраны обратного осмоса, которое устраняет недостатки катионирования.

На данном этапе вода после ионного обмена поступает в смесительно-расходный сборник, откуда с помощью насоса высокого давления подается в мембранный контур. Проходя через обратноосмотические мембраны, размер пор которых сопоставим с размерами ионов солей, вода очищается,

тем самым уменьшается жесткость воды и ее общее солесодержание. При этом вода, обессоленная таким образом, называется пермеатом, а поток, проходящий над поверхностью мембраны – концентратом. Часть концентрата сливается в канализацию, часть направляется на смешивание с пермеатом на выходе из мембранного контура и часть направляется в смесительно-расходный сборник. Этот прием позволяет улучшить органолептические показатели воды по отношению к показателям воды после ионного обмена.

В табл. 2 приведены технические характеристики применяемого мембранного элемента (ESPA 1-4040).

Т а б л и ц а 2. Технические характеристики мембранного элемента (ESPA 1-4040)
Table 2. Technical characteristics of the membrane element (ESPA 1-4040)

Наименование параметра	Единица измерения	Значение параметра
Давление рабочее максимальное	МПа	4,16
Конверсия	%	15
Максимальный расход через мембранный элемент	л/ч	3600
Производительность	л/ч	400
Селективность	%	99,0
Макс. раб. температура	°С	45
Рабочий диапазон рН	–	2 – 10
Стойкость к свободному хлору, не более	мкг/л	0,1

Внешний вид разработанной и примененной мембранной установки обратного осмоса представлен на рис. 1. Система эксплуатируется в автоматическом режиме. Регенерация мембранного модуля осуществляется с помощью прямой циркуляционной промывки 1 %-ым раствором лимонной кислоты.

Система мембранной очистки позволила получить воду с заданными свойствами и минимальной микробиологической нагрузкой.



Рис. 1. Внешний вид обратноосмотической установки, установленной на опытно-технологическом участке, г. Марьяна Горка

Fig. 1. Appearance of the reverse osmosis plant installed at the experimental and technological site, Maryina Gorka

На последней стадии водоподготовки вода из контура мембранной установки направляется в бактерицидный фильтр, где происходит обеззараживание воды с помощью УФ-излучения. Метод ультрафиолетового облучения основан на способности лучей длиной волн 205–315 нм уничтожать

грибы, бактерии, простейшие микроорганизмы и вирусы. Очищенная таким образом вода направляется в накопительный сборник.

Предложенная схема водоподготовки внедрена на опытно-технологическом участке РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию» (г. Марьина Горка). Технические характеристики установки по очистке воды приведены в табл. 3.

Т а б л и ц а 3. Основные технические характеристики предложенной установки для подготовки воды при изготовлении изотонических безалкогольных напитков
Table 3. The main technical characteristics of the proposed installation for the preparation of water in the manufacture of isotonic soft drinks

Наименование показателя	Единица измерения	Значение
Производительность по очищенной воде, до	м ³ /ч	1,2
Установленная мощность	кВт	5,5
Занимаемая площадь	м ²	5,1
Габаритные размеры:		
длина	мм	4460
ширина		1140
высота		1580
Масса (сухая)	кг	720
Масса (рабочая)	кг	1500
Электропитание	В/Гц	380/50

Результаты проведенных исследований исходной воды и подготовленной с использованием предложенной схемы водоподготовки представлены в табл. 4.

Т а б л и ц а 4. Характеристики исходной и подготовленной воды
Table 4. Characteristics of the source and prepared water

Наименование показателей	ПДК, СанПиН 10-124, не более	Результат измерения	
		исходная вода	подготовленная вода
Запах в баллах при 20°С	2	1	0
Привкус в баллах	2	1	0
Цветность в градусах	20	3,68	2,01
Мутность, мг/дм ³	1,5	1,33	0,16
Хлориды, мг/дм ³	350	23	<10
Железо, мг/дм ³	0,3	0,28	<0,05
Натрий, мг/дм ³	200	32	10
Калий, мг/дм ³	-	2	0,1
Жесткость, моль/дм ³	7,0	3,6	<0,1
Водородный показатель, рН	6-9	7,5	7,0
Осмоляльность, мОсм/кг	-	8	0

Как видно из данных, представленных в табл. 4, величины органолептических показателей, содержания осмотически активных частиц, жесткости и рН уменьшаются.

Образцы изотонического напитка, изготовленного с использованием воды, подготовленной по предложенному способу, имеют осмоляльность 289 мОсмоль/кг при допустимом диапазоне 270–300 мОсмоль/кг.

С использованием воды, подготовленной данным способом, изготовлены изотонические безалкогольные напитки «ИзоАктивФито Лайм», «ИзоАктивФито Лиомон», «ИзоАктивФито Бодрость» и представлены на экспертную сенсорную оценку с использованием дескриптивных тестов [9, 10, 11]. Полученные результаты представлены на рис. 2.

Данные, представленные на рис. 2, свидетельствуют о соответствии разработанных напитков по сенсорным характеристикам эталонному продукту, определенному в результате серий потребительских и экспертных дегустаций. Вода, подготовленная предложенным способом, не оказывает влияния на дескрипторы изотонических безалкогольных напитков.



Рис. 2. Оценка влияния воды, подготовленной предложенным способом, на сенсорные характеристики изотонических безалкогольных напитков

Fig. 2. Evaluation of the influence of water prepared by the proposed method on the sensory characteristics of isotonic soft drinks

Заключение. Таким образом, разработана система водоподготовки, отвечающая критериям производства безалкогольных изотонических напитков, которая состоит из трехстадийной предочистки воды, умягчения с использованием катионообменной смолы с последующим использованием мембраны обратного осмоса, дезинфекции воды с использованием УФ-лучей. Данная система водоподготовки позволяет полностью обеспечить нужды производства по изготовлению изотонических напитков в воде требуемого качества, облегчить и упростить саму эксплуатацию системы, а также обеспечить максимальный эксплуатационный ресурс при обеспечении стабильного качества очистки воды. Предложенная технология водоподготовки позволяет удалять осмотически активные частицы (ионы натрия, кальция, магния, калия), оптимизировать органолептические показатели (цветность, мутность, запах).

Список использованных источников

1. Краснова, Т.А. Экспертиза питьевой воды. Качество и безопасность: учеб.пособие / Т.А. Краснова, В.П. Юстратов, В.М. Позняковский. – М. : ДеЛипринт, 2011. – 278 с.
2. Beverageosmolalityasamarkerformaintainingappropriatebodyhydration / B. Sadowska [etal.] // Roczn. Panstwowego Zakl. Higieny. – 2017. – Vol. 68, № 2. – P. 167–173.
3. Орловецкая, Н.Ф. Изотонические и физиологические растворы. Растворы для инъекций с термолabile веществами. Суспензии для инъекций : лекция для студентов / Н.Ф. Орловецкая ; М-во здравоохранения Украины, Нац. фармацевт.ун-т. – [Б. м. : б. и., б. г.]. – 34 с.
4. Дюжев, А.В. Влияние минерального состава воды на вкусовые достоинства напитков / А.В. Дюжев, Т.Ф. Киселева, М.В. Кардашева // Техника и технология пищевых пр-в. – 2013. – № 3. – С. 106–109.
5. Пакен, П. Функциональные напитки и напитки специального назначения / П. Пакен; пер. с англ. И.С. Горожанкиной. – СПб. : Профессия, 2010. – 508 с.
6. Борисов, Б.А. Водоподготовка в производстве пищевых продуктов и напитков / Б.А.Борисов, Е.Ю.Егорова, Р.А. Зайнуллин. – СПб. : Профессия, 2014. – 398с.
7. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества : СанПиН 10-124 РБ 99. – Введ. 01.01.2000. – Минск : Белгосстандарт, 1999. – 112 с.
8. Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества: СТБ 1188-99. – Введ. 01.07.00. – Минск: Беларус.гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2006. – 19 с.
9. Sensory analysis. Methodology. Ranking: ISO 8587:2006. – 2th ed. – Geneva: ISO, 2006. – 21 p.
10. Органолептический анализ. Методология. Методы профильного анализа флейвора: СТБ ИСО 6564-2007. – Введ. 01.07.07. – Минск: Беларус.гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2007. – 12 с.

11. Бережной, И. Г. Роль современных методов сенсорного анализа при разработке и продвижении новых продуктов на рынке / И. Г. Бережной // Молоч. пром-сть. – 2005. – № 1. – С. 45–48.

References

1. Krasnova T.A., Yustratov V.P., Poznyakovskiy V.M. Ekspertiza pit'yevoy vody. Kachestvo i bezopasnost' [Examination of drinking water. Quality and safety]. Moscow, DeLi print, 2011, 278 p. (in Russian).
2. Sadowska B. [et al.] Beverage osmolality as a marker for maintaining appropriate body hydration. Roczn. Panstwowego Zakl. Higieny, 2017, Vol. 68, no 2, pp. 167–173 (in English).
3. Orlovetskaya N.F. Izotonicheskiye i fiziologicheskiye rastvory. Rastvory dlya in»yektsiy s termolabil'nymi veshchestvami. Suspensii dlya in»yektsiy : lektsiya dlya studentov / N.F. Orlovetskaya ; M-vo zdravookhraneniya Ukrainy, Nats. farmatsevt. un-t. – [B. m. : b. i., b. g.]. – 34 p. (in Russian).
4. Dyuzhev A.V., Kiseleva T.F., Kardasheva M.V. Vliyaniye mineral'nogo sostava vody na vkusovyye dostoinstva napitkov [Influence of the mineral composition of water on the taste of beverages]. Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh pr-v., 2013, no.3, pp. 106–109 (in Russian).
5. Paken P., Gorozhankinoy I.S. Funktsional'nyye napitki i napitki spetsial'nogo naznacheniya [Functional drinks and special purpose drinks]. Saint Petersburg, Professiya, 2010, 508 p. (in Russian).
6. Borisov B.A., Yegorova Ye.YU., Zaynullin R.A. Vodopodgotovka v proizvodstve pishchevykh produktov i napitkov [Water treatment in food and beverage production]. Saint Petersburg, Professiya, 2014, 398p. (in Russian).
7. SanPiN 10-124 RB 99. Pit'yevaya voda. Gigiyenicheskiye trebovaniya k kachestvu vody tsentralizovannykh sistem pit'yevogo vodosnabzheniya. Kontrol' kachestva [Drinking water. Hygienic requirements to water quality of centralized drinking water supply systems. Quality control]. Minsk : Belgosstandart, 1999, 112 p. (in Russian).
8. STB 1188-99. Voda pit'yevaya. Obshchiye trebovaniya k organizatsii i metodam kontrolya kachestva [Drinking water. General requirements for the organization and methods of quality control]. Minsk: Belorus. gos. in-t standartizatsii i sertifikatsii, 2006, 19 p. (in Russian).
9. ISO 8587:2006. Sensory analysis. Methodology. Geneva: ISO, 2006, 21 p. (in English).
10. STB ISO 6564-2007. Organolepticheskiy analiz. Metodologiya. Metody profil'nogo analiza fleyvora [Organoleptic analysis. Methodology. Methods of profile analysis of flavor]. Minsk: Belorus. gos. in-t standartizatsii i sertifikatsii, 2007, 12 p. (in Russian).
11. Berezhnoy I. G. Rol' sovremennykh metodov sensorного анализа pri razrabotke i prodvizhenii novykh produktov na rynke [The role of modern methods of sensory analysis in the development and promotion of new products on the market]. Moloch. prom-st', 2005, no 1, pp. 45–48 (in Russian).

Информация об авторах

Зайченко Дмитрий Александрович – кандидат технических наук, заместитель генерального директора по инновационной работе, производству и идеологии. РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: info@belproduct.com

Рябова Кристина Святославна – кандидат технических наук, старший научный сотрудник-руководитель группы по радиологии лаборатории токсикологических исследований Республиканского контрольно-испытательного центра 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 authors

Zaichenko Dmitry A. – Ph.D. (Engineering), Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus on Food (29 Kozlova st., Minsk 220037, Republic of Belarus). E-mail: info@belproduct.com

Ryabova Kristina S. – Ph.D. (Engineering), Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus on Food (29 Kozlova st., Minsk 220037, Republic of Belarus). E-mail: ryabova.ks@gmail.com