

УДК 543.3

А. А. ПИВОВАРОВ, А. П. ТИЩЕНКО, С. В. ТРЕЩУК

ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ РАЗБАВЛЕНИЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ДИСТИЛЛЯТОМ НА pH ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИ ОБРАБОТАННЫХ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ

ГВУЗ „Украинский государственный химико-технологический университет”, г. Днепропетровск

В данной статье приведены данные влияния примесей в питьевой воде на изменение водородного показателя среды в результате действия контактной неравновесной плазмы. Показано, что полное замещение питьевой воды дистиллированной смещает значение pH в кислую область до значений pH 3, 0–2, 5.

Новые современные методы обработки воды позволяют получать водные среды с прогнозируемыми заданными свойствами. В электрохимических процессах получение водных сред связано с различными значениями водородного показателя, характеризующихся как анолит и католит [1]. Применение электро-разрядных процессов способствует накоплению в водных средах активных частиц, радикалов и вследствие рекомбинационных процессов стабилизации молекул пероксида водорода и других компонентов с окислительно-восстановительными свойствами.

В плазмохимической лаборатории УГХТУ проводятся исследования, связанные с обработкой воды и водных растворов контактной неравновесной плазмой (КНП). Суть процесса заключается в том, что в такой системе один электрод находится в жидкой фазе, а другой вынесен за ее пределы. При создании энергетических условий между поверхностью жидкости и электродом, находящимся

© А.А. Пивоваров, А.П. Тищенко, С.В. Трещук, 2012

в газовой фазе, образуется плазменный разряд, действие которого приводит к изменению свойств водных растворов, которые могут найти качественно новые применения в различных отраслях промышленности и технологий. В работе [2] приведены данные, свидетельствующие о том, что состав исходной водной среды существенным образом влияет на процесс изменения параметров водного раствора под действием КНП. Очевидным является тот факт, что при плазменной обработке водного раствора в жидкой фазе накапливаются перекисные и надперекисные соединения, которые могут взаимодействовать с компонентами водной среды, изменяя pH раствора [3]. Такие химические процессы сопровождаются, в первую очередь, в водных средах, имеющих естественное происхождение, например, питьевой воде или воде, взятой из природных водоемов или подземных вод. Несколько иной характер имеют процессы, связанные с обработкой искусственно приготовленных водных сред, таких как, дистиллированная вода (практически не

содержащая примесей и посторонних включений) или вода, подверженная дополнительной очистке в фильтрах с активными сорбентами.

Согласно имеющимся данным, в результате плазмохимической обработки питьевой воды наблюдается рост водородного показателя в щелочную область путем прохождения экстремума в области значений рН 10,0–10,5 и последующим переходом в область, характерную для кислых сред. В случае использования дистиллированной воды значение рН понижается и после достижения определенного времени обработки асимптотически приближается к некоторому характерному значению в интервале между рН 3,0–2,5. В этой связи, остается невыясненным вопрос, касающийся влияния примесей естественного происхождения, содержащихся в водной среде на значение рН водного раствора.

Целью данной работы является исследование влияния таких примесей на изменение водородного показателя среды в результате действия КНП, так как отдельные технологические процессы в пищевой и других областях промышленности требуют определенных характеристик водородного показателя, применяемых в технологических процессах водных сред. Убедительным примером могут быть данные работ, посвященные производству пивного солода или полуфабрикатов для производства хлебобулочных изделий [4, 5].

В качестве объекта исследований была выбрана водопроводная вода, состав которой регламентирован государственным стандартом Украины «Вода питьевая». Характеристика состава такой воды представлена в работе [6]. Другим объектом исследований являлась вода дистиллированная. Эксперименты проводились с использованием лабораторной экспериментальной плазмохимической установки в однодуговом плазменном реакторе дискретного типа с объемом, равным 0,1 дм³. Аналитический контроль осуществлялся с помощью рН метра РНТ–028, концентрация перекисных и надперекисных соединений определялась Peroxide–Test полосками с интервалом определения от 100–1000 мг/л. Объем пробы был равен 70 мл. Анализ проб в ходе экспериментальных исследований осуществляли с интервалом в 5 мин в 3-х кратной повторности. Численные зна-

чения рН и концентрацию перекисных и надперекисных соединений определяли как среднее арифметическое между полученными данными. Статистическую обработку экспериментальных данных осуществляли с использованием метода наименьших квадратов

С целью установления влияния примесей в исходных водных растворах на изменение рН в процессе их плазменной обработки разработана технологическая карта проведения экспериментов, суть которых заключается в последовательном разбавлении магистральной питьевой воды дистиллированной по маршруту: вода питьевая – замещенный водный раствор – вода дистиллированная. Такой маршрут позволил методом исключения установить влияние наиболее значимых компонентов питьевой воды трех анионов (гидрокарбонат HCO_3^- , хлорид Cl^- и сульфат SO_4^-) и четырех катионов (кальций Ca^{2+} , магний Mg^{2+} , натрий Na^+ и калий K^+) и, тем самым, определить квазинейтральное состояния обработанной смеси, отвечающей стандартным значениям для питьевой воды (таблица). Кроме того, представляют интерес данные накопления перекисных и надперекисных соединений в обработанных растворах.

Степень разбавления определяем по формуле:

$$n = \frac{V_0 - V}{V_0},$$

где, V_0 – исходный объем водопроводной воды; V – текущее значение объема водопроводной воды после разбавления дистиллятом.

Приведенные на рис. 1 данные свидетельствуют о том, что в процессе обработки дистиллированной воды ($n=1$) величина водородного показателя не выходит за пределы щелочной области (рис. 1, кривая б), однако наблюдается тенденция к переходу рН характерных для нейтральной водной среды. В результате обработки водного раствора ($n=0,2$) в течение 40 мин имеет место прохождение экстремума и приближение рН к условиям нейтральности (рис. 1, кривая 2). Из рисунка следует, что для первых двух вариантов (кривая 1, 2) наличие в питьевой воде указанных компонентов влияет на значение водородного показателя водного раствора в процессе его обработки, которые не выходят за пределы щелочной

Характеристика состава водопроводной воды при различной кратности разбавления n и времени обработки $\tau=10$ мин

| Название показателя | Результат измерения | Степень разбавления, n | | | | |
|---|---------------------|--------------------------|--------|--------|--------|-------|
| | | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1 |
| Водородный показатель, ед. рН | 7,96 | 10,2 | 10,05 | 9,64 | 9,22 | 3,04 |
| Бикарбонаты (HCO_3^-), мг/дм ³ | 110,98 | 88,784 | 66,588 | 43,392 | 22,192 | 1,102 |
| Кальций (Ca^{2+}), мг/дм ³ | 49,20 | 39,36 | 29,52 | 19,68 | 9,84 | 0,492 |
| Магний (Mg^{2+}), мг/дм ³ | 6,01 | 4,808 | 3,606 | 2,404 | 1,202 | 0,06 |
| Натрий калий (Na^+ и K^+), мг/дм ³ | 12,2 | 9,76 | 7,32 | 4,88 | 2,44 | 0,12 |
| Хлориды (Cl^-), мг/дм ³ | 33,5 | 26,8 | 20,1 | 13,4 | 6,7 | 0,335 |
| Сульфаты (SO_4^{2-}), мг/дм ³ | 29,7 | 23,76 | 17,82 | 11,88 | 5,94 | 0,297 |

области. Установлено, что при последующем разбавлении водопроводной воды ($n=0,8$, $n=0,4$, $n=0,6$) рН водного раствора переходит в кислую область и при соответствующих временных характеристиках обработки возможно достижения условий квазинейтральности ($n=0,8$, $\tau=15$ мин; $n=0,6$, $\tau=25$ мин; $n=0,4$, $\tau=35$ мин).

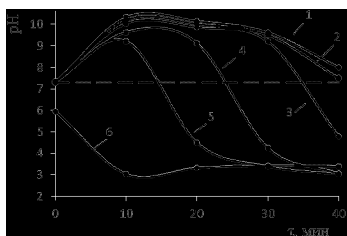


Рис. 1. Изменение водородного показателя водного раствора в зависимости от времени обработки раствора КНП при различной степени разбавления (n): 1 — 0; 2 — 0,2; 3 — 0,4; 4 — 0,6; 5 — 0,8; 6 — 1

Вследствие сложных химических превращений наблюдается отсутствие влияния компонентов водопроводной воды на рН таких растворов, что является позитивным фактом в случае подготовки плазмохимически активированных водных сред с водородным показателем близким к значению их квазинейтральности. Установленный факт интересен тем, что в этом случае появляется возможность регулирования рН среды для различных технологических процессов, а также для применения исследованных водных растворов в пищевых технологиях. Например, с целью обеспечения антибактериальной активности среды в процессах консервации пищевых продуктов или санитарной обработки технологического оборудования в условиях его обсемененности различного типа болезнетворными микроорганизмами.

Следует предположить, что в процессе обработки воды контактной неравновесной плазмой происходит образование анионов, которые замещают гидроксил-анионы, а появление катионов, замещающих ионы гидроксония, приводит к возрастанию щелочности раствора. Следовательно, на начальном этапе обработки питьевой имеет место образование катионов, замещающих ионы гидроксония. Как было отмечено выше, в результате действия контактной неравновесной плазмы в водном растворе образуется пероксид водорода. Из этого следует, что при длительной обработке водного раствора контактной неравновесной плазмой в нем накапливается определенное количество H_2O_2 который, в свою очередь, влияет на рН раствора. Количество образующихся пероксидных соединений в течение 25–40 мин обработки воды и водных растворов КНП находится в пределах ~500–600 мг/л. В этой связи установлено также, что пошаговая замена питьевой воды дистиллированной не оказывает особого влияния на накопление

пероксида водорода, о чем свидетельствуют данные, приведенные на рис. 2.

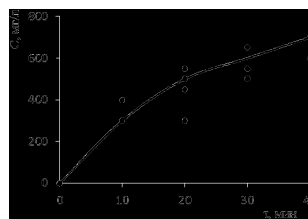


Рис. 2. Изменение концентрации пероксида водорода в водном растворе в зависимости от времени обработки его КНП при различной степени разбавления

Выводы

1. Установлено, что присутствие химических компонентов в питьевой воде оказывает влияние на величину водородного показателя при контактном действии неравновесной плазмы на водную среду.
2. Пошаговое замещение питьевой воды химически чистой (дистиллятом) приводит к изменению рН раствора и при определенных временных интервалах обработки таких растворов КНП возможно достижение значения рН, отвечающих квазинейтральному состоянию водной среды.
3. Полное замещение питьевой воды дистиллированной смещает значение рН в кислую область до значений рН 3,0–2,5.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прикладная электрохимия. Учеб. для вузов. / Ред. А.П. Томилова. — М.:Химия,1984.520 с.
2. Пивоваров А.А., Сергеева О.В. Кинетическая модель химических превращений в дистиллированной воде под действием контактной низкотемпературной плазмы тлеющего разряда // Вопр. химии и хим. технологии. — 2001. — № 5. — С.74-78.
3. Пивоваров А.А, Тищенко А.П. Неравновесная плазма: процессы активации воды и водных растворов. — Днепропетровск: DSPrint, 2006. — 225 с.
4. Пивоваров О.А., Ковальова О.С., Чурсінов Ю.О. Виробництво солоду з використанням активованих під дією нерівноважної плазми водних розчинів // Вісник Дніпропетровського держ. аграрного ун-ту. — 2009. — № 2. — С.194-197.
5. Пивоваров О.А., Миколенко С.Ю. Особливості безпартного приготування хлібобулочних виробів з використанням плазмохімічно активованих водних розчинів // Доц. нац. ун-т економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського. — 2011. — Вип. 27. — С.140-147.
6. Пивоваров О.А., Трещук С.В. Адсорбційне кондиціонування біологічно забруднених водних середовищ після їх плазмохімічного знезаражування // Вопр. химии и хим. технологии. — 2011. — № 3. — С.124-127.

Поступила в редакцию 16.01.2012