

**THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO HỆ THỐNG XỬ LÝ
NƯỚC UỐNG ĐÓNG CHAI CÔNG SUẤT 07 M³/NGÀY
BẰNG CÔNG NGHỆ LỌC TRAO ĐỔI ION VÀ PLASMA**
DESIGNING AND MANUFACTURING BOTTLED DRINKING WATER
TREATMENT SYSTEM WITH CAPACITY 07 M³/DAY
BY ION EXCHANGE FILTER AND PLASMA TECHNOLOGY

Trần Ngọc Đảm, Lê Mạnh Hùng
Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM

Ngày tòa soạn nhận bài 23/3/2015, ngày phản biện đánh giá 6/4/2015, ngày chấp nhận đăng 10/4/2015

TÓM TẮT

Hiện nay, do nhu cầu tiện lợi nên việc sử dụng nước uống đóng chai ngày càng phổ biến. Tuy nhiên, việc xử lý nước uống đóng chai bằng các công nghệ truyền thống như phương pháp sử dụng hóa chất (clo), phương pháp tinh lọc bằng thẩm thấu ngược RO, công nghệ lọc nước Nano... thường có nhược điểm là hệ thống phức tạp, chiếm nhiều diện tích, hiệu suất thấp, không đảm bảo sức khỏe (vì lấy đi hàm lượng khoáng cần thiết cho cơ thể)... Trong bài báo này, hệ thống xử lý nước uống đóng chai bằng công nghệ lọc, trao đổi ion kết hợp Plasma ở nhiệt độ thấp, áp suất khí quyển, được thiết kế và chế tạo nhằm giải quyết các nhược điểm trên. Nước thủy cục sau khi được xử lý với các chỉ tiêu hóa lý, vi sinh được xét nghiệm tại Trung Tâm Kỹ Thuật Tiêu Chuẩn Đo Lường Chất Lượng 3 (Quatest 3), Viện Pasteur Tp.HCM và Trung Tâm Y Tế dự Phòng tỉnh Đồng Nai cho kết quả đạt tiêu chuẩn QCVN 6-1:2010/BYT. Sự ảnh hưởng của điện áp, dòng điện và thời gian xử lý đến hiệu suất xử lý được khảo sát và đánh giá. Với lưu lượng 0.7l/phút/module, điện áp 20 kV, dòng 2A thì vi khuẩn bị tiêu diệt hoàn toàn.

Từ khóa: công nghệ Plasma, nước uống đóng chai, phương pháp RO, công nghệ Nano

ABSTRACT

Nowadays, because of the convenience, bottled drinking water is becoming very popular. However, there have been a lot of disadvantages in dealing with bottled drinking water by using traditional technology such as using chemical (chlorine) treatment, the reverse osmosis technology (RO) or nanofiltration technology... that are system complexity, occupying a large area, low efficiency, no health insurance (filtered out needed mineral for the body),... In this study, the bottled drinking water treatment system using carbon filtering, ion exchange and plasma technology at low temperature and at atmospheric pressure was designed and developed to solve the above disadvantages. The physical, chemical, and microbial indicators in treated tap water were tested in Quality Assurance and Testing Center 3 (QUATEST 3), Pasteur Institute of Ho Chi Minh City and Dong Nai province's Preventive Medicine Center all satisfied QCVN 6-1:2010/BYT standard. The effects of voltage, current and time to processing performance were examined and evaluated. With input flow rate 0.7l/min/module, voltage 20 kV, current 2A, the bacteria were killed completely.

Keywords: Plasma technology, bottled drinking water, the reverse osmosis technology (RO), nanofiltration technology.

1. GIỚI THIỆU

Theo số liệu thống kê của Liên Hiệp Quốc, năm 2013 có hơn 2,6 triệu người trên toàn cầu không được tiếp xúc với điều kiện vệ sinh cơ bản và gần một tỷ người không được dùng nước sạch. Một báo cáo gần đây của Ngân hàng Thế giới ước tính, tới năm 2030, nhu cầu về nguồn nước của con người sẽ vượt lượng cung tới 40%.

Tại Việt Nam, trong những năm gần đây, do ảnh hưởng của quá trình biến đổi khí hậu và quá trình công nghiệp hóa, dẫn đến nguồn nước sạch ở nhiều khu dân cư, đô thị, khu công nghiệp, làng nghề... bị cạn kiệt và ô nhiễm, ảnh hưởng nghiêm trọng đến sinh hoạt và sức khỏe của người dân. Từ đó nước uống đóng chai ra đời, được người tiêu dùng ưa chuộng vì tính tiện lợi và an toàn trong sử dụng của sản phẩm này.

Những năm qua để đáp ứng nhu cầu của người tiêu dùng, hàng loạt các nhà máy, cơ sở sản xuất nước uống đóng chai ra đời cung cấp cho thị trường nhiều sản phẩm nước uống đóng chai đa dạng về chủng loại, phong phú về mẫu mã. Tuy nhiên, một số cơ sở sản xuất vì chạy theo lợi nhuận đã không tuân thủ quy trình, các công đoạn đảm bảo an toàn thực phẩm cho nên tình trạng ô nhiễm vi sinh vật trong nước uống đóng chai còn khá cao.

Như chúng ta cũng đã biết trên thị trường hiện nay phổ biến nhất vẫn là phương pháp tinh lọc bằng thẩm thấu ngược (*Reverse Osmosis - RO*) và phương pháp lọc nước Nano. Tuy nhiên các phương pháp này có hiệu quả kinh tế thấp, kinh phí duy trì lớn, hiệu suất thấp và được cho rằng không có lợi cho sức khỏe.

Trong bài báo này, công nghệ lọc trao đổi ion kết hợp công nghệ Plasma ở nhiệt độ thấp, áp suất khí quyển [5] được ứng dụng trong

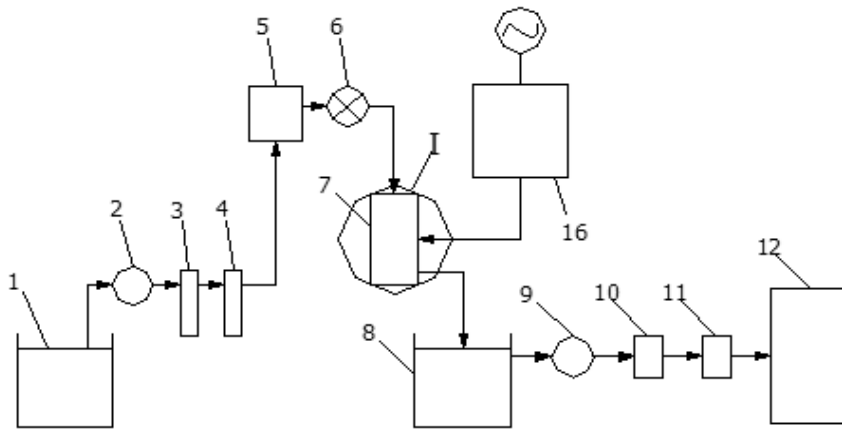
quá trình xử lý nước uống đóng chai. Đây là một phương pháp xử lý mới, xanh sạch, chỉ sử dụng điện năng mà không sử dụng bất kỳ một loại hóa chất nào nên rất thân thiện với môi trường và sức khỏe của con người. Đặc biệt phương pháp xử lý này có các ưu điểm vượt trội so với các phương pháp xử lý truyền thống như :

- Thân thiện với môi trường.
- Không chiếm diện tích.
- Vận hành công nghệ dễ dàng.
- Chi phí duy trì và bảo dưỡng thấp.
- Dễ dàng điều chỉnh lưu lượng.
- Khả năng xử lý ở nhiệt độ thấp ($30^{\circ} - 40^{\circ}\text{C}$).
- Có tính kinh tế cao.
- Có lợi cho sức khỏe.

Nguyên lý xử lý của công nghệ lọc, trao đổi ion và Plasma là: lọc, trao đổi ion có nhiệm vụ hấp thụ mạnh các loại chất nhờn, mùi và chất hữu cơ hòa tan, làm mềm nước, lọc những ion dương (Cation): Mg^{2+} , Ca^{2+} , Fe^{3+} , Fe^{2+} , ... và những ion âm (Anion) như: Cl^{-} , NO_3^{-} , NO_2^{-} [2,3]... còn công nghệ Plasma dựa vào nguyên lý động lực học electrons và nguyên lý oxy hóa bậc cao. Các gốc oxy hoá rất mạnh như HO^* , O^* , H^* , O_3 , H_2O_2 và tia UV có trong Plasma làm phá vỡ các liên kết ion, liên kết cộng hóa trị của chất hữu cơ, vô cơ độc hại và tiêu diệt các vi khuẩn có trong nước [4]. Hơn thế nữa, khi nước qua vùng Plasma, các chất sẽ tồn tại dưới dạng ion nên rất dễ hấp thu vào cơ thể.

Với các ưu điểm trên, xử lý nước uống đóng chai bằng công nghệ lọc, trao đổi ion kết hợp Plasma hứa hẹn sẽ là một trong những phương pháp xử lý phát triển trong thời gian tới.

2. HỆ THỐNG XỬ LÝ NƯỚC UỐNG ĐÓNG CHAI BẰNG CÔNG NGHỆ LỌC, TRAO ĐỔI ION VÀ PLASMA



Chú thích:

- (1) (8) Bồn chứa
- (2) (9) Máy bơm
- (3) Lọc than hoạt tính
- (4) Hệ thống làm mềm và trao đổi ion
- (5) Buồng điều áp
- (6) Van tiết lưu
- (7) Buồng Plasma
- (10) Tia cực tím
- (11) Bộ phận lọc tinh
- (12) Phân chiết rót
- (16) Mạch điều khiển dòng Plasma

Hình 1: Quy trình xử lý nước uống đóng chai bằng công nghệ lọc, trao đổi ion và Plasma

Hình 1 mô tả quy trình xử lý nước uống đóng chai bằng công nghệ lọc trao đổi ion kết hợp Plasma. Trong đó, nước thủy cục đưa vào được bơm liên tục nhờ máy bơm (2) qua lọc than hoạt tính (3) với mục đích hấp thụ mạnh các loại chất nhờn, mùi và hữu cơ hòa tan. Than hoạt tính còn chứng tỏ được hiệu quả trong việc xử lý chất phóng xạ, asen và amoni. Nước sau khi được xử lý qua than hoạt tính sẽ tiếp tục được xử lý tiếp qua hệ thống làm mềm và trao đổi ion (4). Sau khi nước được làm mềm và trao đổi ion sẽ được đưa lên buồng điều áp (5) sau đó được điều chỉnh và ổn định lưu lượng nhờ đi qua van tiết lưu (6) trước khi đi vào buồng Plasma (7). Plasma được tạo ra trong buồng nhờ nối với điện áp cao 10 - 40KV và tần số cao 20 - 65KHz từ mạch điều khiển dòng Plasma (16) gồm bộ nguồn Plasma và hệ thống điều khiển dòng Plasma. Sau khi xử lý Plasma xong, nước được đưa vào bồn chứa (8). Trước khi qua phân chiết rót (12) nước sẽ qua buồng xử lý bằng tia cực tím (10) (UV - Ultra-violet light) với mục đích chống nhiễm khuẩn sau xử lý, sau đó nước sẽ qua bộ phận lọc tinh (11) 0,2 μm để loại bỏ xác vi khuẩn (nếu có). Với định hướng thiết kế hệ thống xử lý nước uống đóng chai cho cơ sở

sản xuất nhỏ lẻ nên hệ thống được thiết kế với các thông số như bảng 1. Hệ thống xử lý hoàn thiện với lưu lượng 07 m³/ngày.

Bảng 1: Thông số của hệ thống xử lý nước uống đóng chai

Lưu lượng xử lý: 01 - 07 m ³ /ngày	Công suất: P = 4.5 KW/h
Nhiệt độ: 30 ^o C - 40 ^o C	Điện áp sử dụng: 220 V
Kích thước: 4.0 x 2.0 x 2.5 m	Vật liệu: INOX
Khối lượng: 200 Kg	

Để kiểm tra hiệu quả xử lý của hệ thống, thành phần vi sinh được khảo sát. Nước được bơm lên buồng xử lý Plasma với lưu lượng 0.7 l/phút/ông, kích hoạt mạch tạo dòng Plasma, điện áp đầu vào thay đổi 110 ÷ 220 V, thay đổi dòng điện từ 01 ÷ 04 A, thay đổi điện áp đầu ra từ 10 ÷ 40 kV và thay đổi thời gian xử lý. Các mẫu được lấy 2 mẫu/lần và được bảo quản trước khi đưa đi phân tích bởi viện Pasteur, trung tâm Kỹ Thuật Tiêu Chuẩn Đo Lường Chất Lượng 3 (Quatest 3) và trung tâm Y tế dự phòng tỉnh Đồng Nai theo tiêu chuẩn QCVN 6:1-2010/BYT [1].



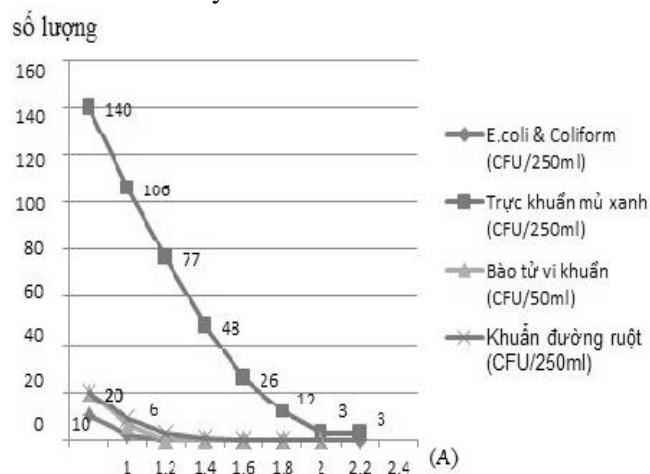
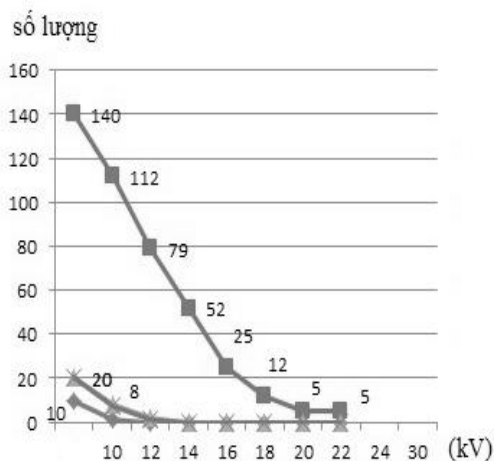
Hình 2: Hệ thống xử lý nước uống đóng chai

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Ảnh hưởng của điện áp đầu ra và dòng điện đến kết quả xử lý

Hình 3 thể hiện sự ảnh hưởng của điện áp đầu ra và dòng điện đến kết quả xử lý E.coli & Coliforms tổng số, trực khuẩn mủ xanh, bào tử vi khuẩn và khuẩn đường ruột với lưu lượng xử lý là 0.7l/phút/ống, dòng điện 2A. Khi bắt đầu phóng tia Plasma lúc này điện áp đang là 10 kV tương ứng với dòng 1A, số lượng vi khuẩn E.coli & Coliforms tổng số, bào tử vi khuẩn, khuẩn đường ruột giảm nhanh, tuy nhiên với vi khuẩn mủ xanh thì số lượng giảm

chưa đáng kể. Nhưng khi tăng điện áp từ 10 – 20 kV và dòng từ 1 – 2 A thì vi khuẩn mủ xanh giảm tương ứng từ 140 → 5 và 140 → 3. Tiếp tục tăng điện áp lên 22 kV, dòng 2.2A thì nhận thấy số lượng vi khuẩn mủ xanh không đổi, kết thúc thí nghiệm. Tuy nhiên với kết quả như vậy vẫn chưa đạt theo tiêu chuẩn QCVN 6:1-2010/BYT. Từ kết quả trên ta có thể thấy rằng điện áp đầu ra và dòng điện ảnh hưởng rất lớn đến quá trình xử lý, vì khi điện áp tăng, quá trình oxy hóa xảy ra mạnh hơn do điện trường lớn kéo theo nồng độ các chất oxy hóa trong môi trường nước lớn hơn kết quả là quá trình xử lý nhanh hơn.

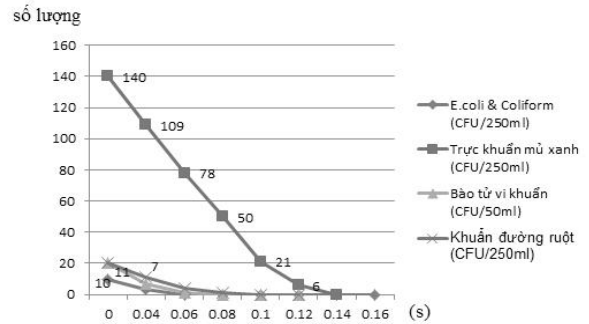


Hình 3: Ảnh hưởng của điện áp đầu ra và dòng điện đến kết quả xử lý

3.2 Ảnh hưởng của thời gian xử lý đến kết quả xử lý

Hình 4 là ảnh hưởng của thời gian xử lý đến kết quả xử lý E.coli & Coliforms tổng số, trực khuẩn mủ xanh, bào tử vi khuẩn và khuẩn đường ruột. Ứng với thời gian xử lý là 0,04s thì số lượng vi khuẩn E.coli & Coliforms, bào tử vi khuẩn, khuẩn đường ruột giảm nhanh tuy nhiên vi khuẩn mủ xanh số lượng giảm chưa đáng kể nhưng khi kéo dài thời gian xử lý lên 0,14s thì tất cả vi khuẩn bị tiêu diệt hoàn toàn. Từ đó ta thấy, ngoài sự ảnh hưởng của điện áp và dòng điện thì thời gian xử lý cũng là một

yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến kết quả xử lý. Tương ứng với cùng mức năng lượng xử lý, thời gian xử lý càng lâu thì kết quả xử lý càng tốt.



Hình 4: Ảnh hưởng của thời gian xử lý đến kết quả xử lý

3.3 Đánh giá kết quả sau xử lý

PHIẾU KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM TEST REPORT		TRUNG TÂM KỸ THUẬT TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG 3 QUALITY ASSURANCE & TESTING CENTER 3	
KT3 - 02716MT4		06/05/2014 Ngày 02/03	
Tên chỉ tiêu	Phương pháp thử	(A)	Giới hạn phát hiện
7.1 Hàm lượng nitrit (NO ₂ ⁻)	mg/L, SMEWW ⁽¹⁾ 2012 (4110 B)	3,0	2,1
7.2 Hàm lượng nitrat (NO ₃ ⁻)	mg/L, SMEWW ⁽¹⁾ 2012 (4110 B)	50	7,3
7.3 Hàm lượng clo dư (Cl ₂)	mg/L, HACH Method 8167	5,0	0,05
7.4 Hàm lượng florua (F ⁻)	mg/L, SMEWW ⁽¹⁾ 2012 (4110 B)	1,5	0,2
7.5 Hàm lượng cyanua (CN ⁻)	mg/L, HACH Method 8027	0,07	0,05
7.6 Hàm lượng bo (B)	mg/L, SMEWW ⁽¹⁾ 2012 (3120 B)	0,5	0,05
7.7 Hàm lượng bari (Ba)	mg/L, SMEWW ⁽¹⁾ 2012 (3120 B)	0,7	0,05
7.8 Hàm lượng mangan (Mn)	mg/L, SMEWW ⁽¹⁾ 2012 (3120 B)	0,4	0,01
7.9 Hàm lượng đồng (Cu)	mg/L, SMEWW ⁽¹⁾ 2012 (3120 B)	2,0	0,01
7.10 Hàm lượng cadimi (Cd)	mg/L, SMEWW ⁽¹⁾ 2012 (3120 B)	0,003	0,002
7.11 Hàm lượng niken (Ni)	mg/L, SMEWW ⁽¹⁾ 2012 (3120 B)	0,07	0,02
7.12 Hàm lượng chì (Pb)	mg/L, SMEWW ⁽¹⁾ 2012 (3120 B)	0,01	0,01
7.13 Hàm lượng crom (Cr)	mg/L, SMEWW ⁽¹⁾ 2012 (3120 B)	0,05	0,01
7.14 Hàm lượng selen (Se)	mg/L, SMEWW ⁽¹⁾ 2012 (3114 C)	0,01	0,003
7.15 Hàm lượng molybden (Mo)	mg/L, SMEWW ⁽¹⁾ 2012 (3120 B)	0,07	0,02
7.16 Hàm lượng antimon (Sb)	mg/L, SMEWW ⁽¹⁾ 2012 (3114 C)	0,02	0,003
7.17 Hàm lượng thủy ngân (Hg)	mg/L, SMEWW ⁽¹⁾ 2012 (3112 B)	0,006	0,001
7.18 Hàm lượng asen (As)	mg/L, SMEWW ⁽¹⁾ 2012 (3114 C)	0,01	0,001
7.19 Hàm lượng bromat (BrO ₃ ⁻)	µg/L, Tk. SMEWW ⁽¹⁾ 2012 (4110 D)	10	2,0
7.20 Hàm lượng clorat (ClO ₃ ⁻)	µg/L, Tk. SMEWW ⁽¹⁾ 2012 (4110 D)	700	10
7.21 Hàm lượng clorit (ClO ₂ ⁻)	µg/L, Tk. SMEWW ⁽¹⁾ 2012 (4110 D)	700	10

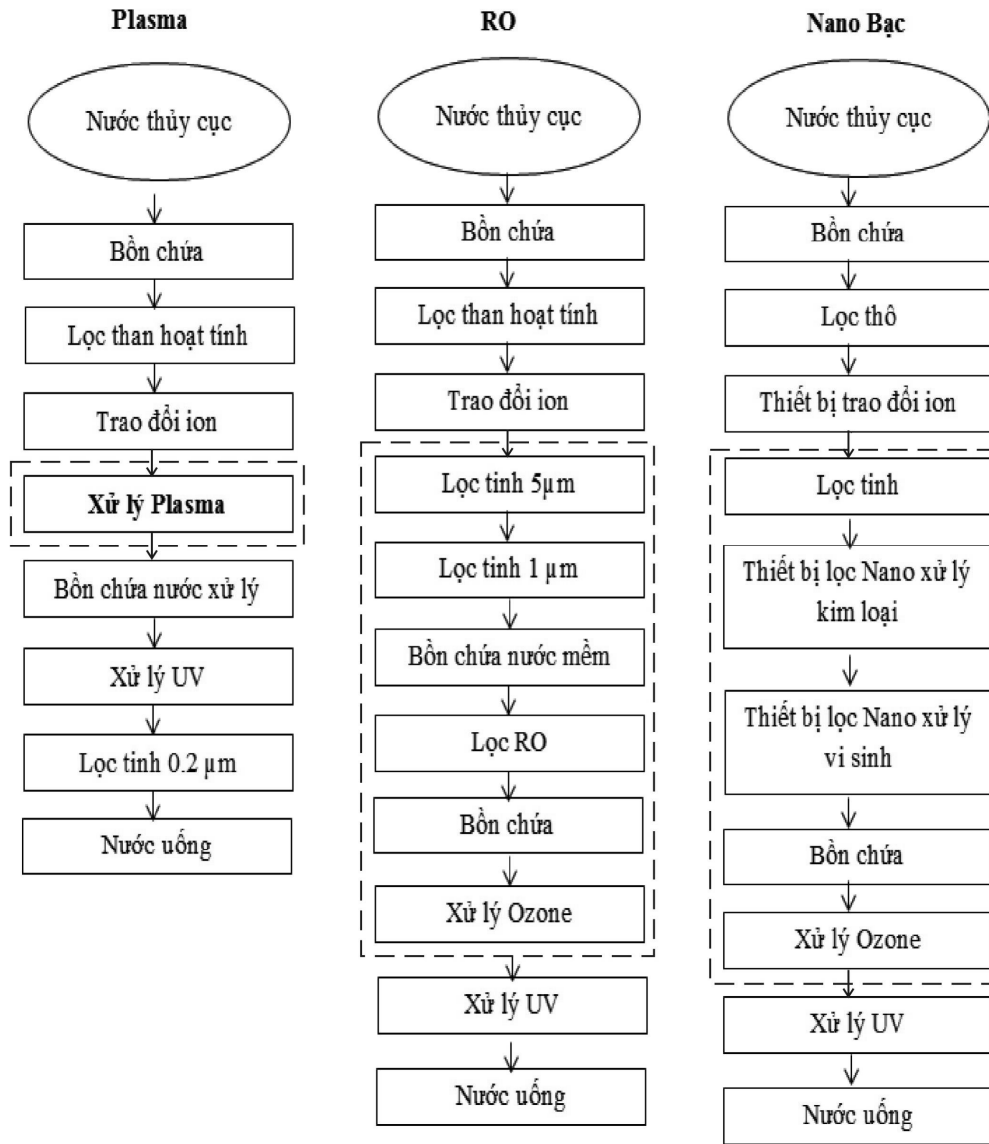
Hình 5: Kết quả xét nghiệm hóa lý tại trung tâm Kỹ Thuật Tiêu Chuẩn Đo Lường Chất Lượng 3

PHIẾU KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM TEST REPORT		TRUNG TÂM KỸ THUẬT TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG 3 QUALITY ASSURANCE & TESTING CENTER 3	
KT3 - 02716MT4		06/05/2014 Ngày 03/03	
Tên chỉ tiêu	Phương pháp thử	(A)	Giới hạn phát hiện
7.22 Coliform tổng số	CFU/ 250 mL TCVN 6187-1: 2009	(B)	-
7.23 Escherichia coli	CFU/ 250 mL TCVN 6187-1: 2009	(C)	-
7.24 Khuẩn đường ruột, Streptococci faecal	CFU/ 250 mL TCVN 6189-2: 2009	(B)	-
7.25 Bào tử vi khuẩn kỵ khí khử sunfit (Clostridia)	CFU/ 50 mL TCVN 6191-2: 1996	(B)	-
7.26 Pseudomonas aeruginosa	CFU/ 250 mL ISO 16266 : 2006	(B)	-

Ghi chú: Tk.: Tham khảo SMEWW⁽¹⁾: Standard Methods for the Examination of Water and Waste water.
 (**): Kết quả được biểu thị nhỏ hơn 1 CFU/ 250 mL hoặc 1 CFU/ 50mL khi không có khuẩn lạc mọc trên đĩa.
 (A): Mức giới hạn tối đa cho phép theo QCVN 06-1:2010/BYT quy định các chỉ tiêu hóa học của nước uống đóng chai liên quan đến an toàn thực phẩm - Phụ lục II và quy định các chỉ tiêu vi sinh của nước uống đóng chai - Phụ lục III.
 (B): Nếu số vi khuẩn (bào tử) ≥ 1 và ≤ 2 thì tiến hành kiểm tra lần thứ hai. Nếu số vi khuẩn (bào tử) > 2 thì loại bỏ.
 (C): Không phát hiện được trong bất kỳ mẫu nào.

Hình 6: Kết quả xét nghiệm vi sinh tại trung tâm Kỹ Thuật Tiêu Chuẩn Đo Lường Chất Lượng 3

3.4 So sánh hệ thống xử lý bằng công nghệ Plasma với hai hệ thống phổ biến nhất hiện nay



Hình 7: So sánh giữa hệ thống Plasma với 2 hệ thống phổ biến RO và Nano Bạc

5. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, tác giả đã thành công trong việc thiết kế, chế tạo và kiểm tra hệ thống xử lý nước uống đóng chai 07 m³/ngày bằng công nghệ lọc trao đổi ion và Plasma. Với công nghệ Plasma, hệ thống xử lý nhỏ gọn, không sử dụng hóa chất, vận hành đơn giản, chi phí thấp và đặc biệt là hiệu suất cao. Riêng đối với thiết bị trong nghiên cứu này,

nguồn Plasma ở điện áp 20KV, dòng điện 2A và thời gian xử lý 0.14s nước sau xử lý đạt tiêu chuẩn QCVN 6:1-2010/BYT.

LỜI CẢM ƠN

Xin chân thành cảm ơn thầy, cô Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM đã hỗ trợ trong suốt thời gian hoàn thành nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Các chỉ tiêu hóa học và vi sinh của nước uống đóng chai liên quan đến an toàn thực phẩm [QCVN 6-1:2010/BYT].
- [2] Lê Văn Cát, Hấp phụ và trao đổi ion trong xử lý nước và nước thải – NXB Thống Kê Hà Nội – 2002.
- [3] Trần Văn Nhân , Ngô Thị Nga. Giáo trình công nghệ xử lý nước thải – NXB Khoa học và kỹ thuật – 2006.
- [4] Dr. Philip D. Rack, Plasma Physics, Department of Microelectronic Engineering, Rochester Institute of Technology, United State.
- [5] Vijay Nehra¹, Ashok Kumar² and H K Dwivedi³, Atmospheric Non-Thermal Plasma Sources, ¹Deptt of Electronics & Communication Guru Jambheshwar University of Science & Technology Hisar-125001, India; ²YMCA Institute of Engineering & Technology Faridabad-121006, India; ³R & D Head (PDP) Samtel Color Limited Ghaziabad-201001, UP, India.