

Khả năng khử khuẩn và phân hủy các chất bảo vệ thực vật của ozon

Nguyễn Hoàng Nghị^{1*}, Trần Vĩnh Diệu¹, Đoàn Thị Yến Oanh²

¹Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

²Nhà xuất bản Khoa học tự nhiên và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

Đến Toà soạn 14-12-2016; Chấp nhận đăng 6-02-2017

Abstract

Pesticides are used widely in agriculture that is a potential risk to cause pollution of water resource. Residual pesticide in vegetables and fruits during spraying process of plant protection chemicals is big problem in many countries. Right uses of pesticides (dosage, concentration of pesticide, period of spraying, moments of harvests...) provide conditions for their degradation under natural factors such as rain, UV radiation, time and so on. On other hands it is necessary to apply different methods for degradation and removal of residual pesticide in water, in vegetables and fruits (uncooked food) especially for family scale of uses. Besides problem of pesticide degradation, disinfection of drinking water and uncooked food also is a pressing requirement particularly for rural areas. According to FDA Federal Register Vol. 66, N.123 (2001), the Food and Drug Administration (FDA US) is amending the food additive regulations to provide for the safe use of ozone in gaseous and aqueous phases as an antimicrobial agent on food, including meat and poultry. As such the immersion and washing of uncooked food including meats in ozonated water is considered to be an effective method to remove residual pesticide in food. In last decades wide research on this topic in the world is recognized. In this work, we show the series of visual experiments on ability of ozone to degrade and remove pesticide in aqueous phase as well as microorganism like algae and fungi. Based on disinfection Chick-Watson law the pesticide degradation levels in water with and without ozonation is estimated in an animal testing by observing lifetime of small loach-fish. Removal of algae in water and fungi in food by ozone is observed by optical microphotography. The standard test on *Coliform* and *E. coli* in ozone treated stagnant water has been carried out by Quatest 1.

Keywords. Pesticide, residual, uncooked food, degradation, removal, ozone, ozonated water, disinfection Chick-Watson law, loach-fish, algae, fungi, *Coliform*, Quatest 1.

1. MỞ ĐẦU

Các loại chất bảo vệ thực vật được sử dụng rất nhiều trong tất cả các quốc gia. Chỉ riêng ở Mỹ, năm 2001 người ta đã sử dụng khoảng 2 triệu tấn các loại chất diệt khuẩn và chất bảo vệ thực vật (~76 % dành cho bảo vệ thực vật), tính ra mỗi người Mỹ dùng khoảng 1,8 kg mỗi năm (số liệu của EPA, Mỹ). Chất bảo vệ thực vật bao gồm rất nhiều chủng loại dùng cho các đối tượng khác nhau như: diệt khuẩn, diệt vi nấm, tảo, diệt sâu bọ, diệt ruồi muỗi côn trùng, chuột, mối mọt... Chất bảo vệ thực vật là các hợp chất hữu cơ (phần lớn), các chế phẩm sinh học và các hợp chất vô cơ. Chất bảo vệ thực vật hữu cơ gồm: hợp chất hữu cơ chứa photpho (Ophatox), hợp chất hữu cơ chứa clo (Fastax); cacbamat; pyrethroid

Mặc dầu các chất bảo vệ thực vật có thể tự phân hủy theo thời gian, nhưng chúng đều gây ô nhiễm nguồn nước và rau quả nhất là khi lạm dụng hoặc sử dụng chúng không đúng cách. Hàng năm ở Mỹ người ta phải bỏ ra 10 tỷ USD để khôi phục môi

trường do ô nhiễm các chất bảo vệ thực vật, đồng thời chất bảo vệ thực vật đem lại lợi ích khoảng 40 tỷ USD nhờ tăng năng suất cây trồng.

Ozon là chất oxi hóa mạnh [1], được ứng dụng như là chất diệt khuẩn từ cuối thế kỷ 19 tại Châu Âu và sau đó là tại Châu Á và Bắc Mỹ. Trong hơn 100 năm qua, chưa ghi nhận sự cố nghiêm trọng nào trong việc sử dụng ozon có lẽ vì, khác với clo, ozon tự hủy trong nước và không khí trong thời gian ngắn. Vì vậy ozon là chất oxi hóa được sử dụng tức thời (*in-situ*), không đóng chai được. Hiện nay ozon đang dần thay cho clo trong việc khử khuẩn tại các nhà máy nước công suất lớn trên khắp thế giới. Máy phát ozon cũng được dùng rộng rãi trong gia đình, có thể tìm mua các máy ozon sản xuất tại Châu Âu, Hàn Quốc, Trung Quốc, Nhật Bản, Australia và Mỹ... Ở những nước nhiệt đới, đang phát triển như Ấn Độ, Trung Quốc và ở các vùng hẻo lánh xa các thành phố lớn, ozon đang được dùng trong qui mô gia đình như một phương pháp diệt khuẩn hiệu quả. Hiện nay rất nhiều các công ty và hãng trong lĩnh vực môi trường đang thiết kế, sản xuất các thiết bị

ozon và ứng dụng ozon để khử khuẩn nước và không khí, có thể liệt kê các hãng nổi tiếng như ozon Solutions (Hoa Kỳ), Lenntech (Hà Lan), Trotec GmbH (Đức), Ozonia (Thụy Sĩ), Primozone (Thụy Điển), Metawater (Nhật Bản)... Cơ quan quản lý thực phẩm và thuốc Mỹ FDA (Food and Drug Administration) coi ozon là chất oxi hóa dùng trong khử khuẩn. Sổ ghi Federal Register Vol. 66, No. 123 (2001) kiến nghị coi ozon là chất khử khuẩn đối với hoa quả và thịt [2]. Rất nhiều các nghiên cứu đã được công bố về ứng dụng ozon để khử khuẩn khử mùi, khử màu, vô hiệu hóa dư lượng thuốc trừ sâu trong nước và không khí. Trong môi trường nước, ozon tạo ra gốc tự do *OH cũng là chất oxi hóa mạnh. Tất cả thông tin đó đều cho thấy ozon phản ứng mạnh đặc biệt với các chất hữu cơ (khuẩn, vi sinh vật, thuốc trừ sâu hữu cơ, chất hữu cơ dễ bay hơi (chất tạo mùi)) và ozon mạnh hơn so với clor và cloramín. Vì vậy liều lượng sử dụng ozon rất nhỏ, một vài mg/lít (ppm) trong một vài phút (ppm-phút), thậm chí thời gian diệt khuẩn chỉ tính bằng giây và điều quan trọng hơn, ozon không dư đọng lâu, nhất là trong nước (15 phút, 25 °C). Với hai đặc tính đó ozon được coi là chất diệt khuẩn và khử độc thân thiện với môi trường. Mặt khác là chất oxi hóa mạnh nên dùng ozon nồng độ cao và kéo dài làm hại phổi. Tuy nhiên như vừa nêu, liều lượng cần để diệt khuẩn là rất nhỏ (nồng độ nhỏ, thời gian ngắn) nên dùng ozon trong gia đình không hoặc rất ít khi gây hại (ở Mỹ, cho phép liều lượng ozon trong không khí là 0,1 ppm-8 giờ; 0,3 ppm-mười lăm phút/2 lần trong ngày). Rất nghiên cứu về dùng ozon khử dư lượng thuốc trừ sâu trong rau quả (dùng nước ozon hóa) và cả trong mật ong (dùng khí ozon) đã được công bố và đều ghi nhận rằng trong nước liều lượng ozon (nồng độ nhân với thời gian) cần để khử độc là không cao, chỉ một vài ppm-phút [3-5].

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Khả năng của ozon trong việc loại bỏ vi sinh vật (*Coliform*, tảo, nấm mốc) trong nước và trong không khí được xác định bằng cách quan sát trên hiển vi

quang học và bằng phương pháp thử chuyên dụng theo TCVN 6187-2:1996. Mức độ phân hủy một số chất bảo vệ thực vật trong nước ozon được xác định bằng cách quan sát thời gian sống của động vật thử và áp dụng định luật khử khuẩn Chick-Watson.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Nghiên cứu độ suy giảm hàm lượng thuốc trừ sâu trong nước bằng cách quan sát thời gian sống của cá chạch và áp dụng định luật khử khuẩn Chick-Watson

Đã tiến hành nghiên cứu ảnh hưởng của hai chất bảo vệ thực vật hữu cơ chứa phospho là Ophatox (hoạt chất: Fenitrothion $C_9H_{12}NO_5PS$) và hợp chất hữu cơ chứa clor Fastax, Motox, Cyperkill... (hoạt chất: Cypermethrin $C_{22}H_{19}Cl_2NO$) lên thời gian sống của động vật thí nghiệm là cá chạch.

Ophatox và Fastax được pha trong nước với nồng độ 56, 28, 14 và 4 ppm (thể tích) nhằm tìm nồng độ thích hợp nhất cho các thí nghiệm. Sinh vật thí nghiệm là cá chạch, khối lượng ~ 8-10 g, dài ~ 8-10 cm. Thời gian sống của các con chạch trong các dung dịch trên là từ 7-8 phút đến khoảng 120 phút (hai giờ). Đã chọn nồng độ 4 ppm để thí nghiệm. Mỗi lần thí nghiệm dùng ít nhất hai con để loại các yếu tố ngẫu nhiên. Để đối chứng, đã chuẩn bị hai bình dung tích ~4 lít, nồng độ ophatox 4 ppm; một bình sục khí ozon trong thời gian 40 phút và một bình không sục khí ozon. Khí ozon tạo ra từ máy phát ozon công suất khoảng 300 mg O_3/h . Khí đầu vào là không khí. Để hòa tan ozon vào nước, đã sử dụng một đầu venturi (giảm áp suất) để hút hỗn hợp không khí và ozon vào nước. Ngoài ra, để so sánh đã nghiên cứu cách loại bỏ thuốc trừ sâu bằng cách đun sôi (100 °C) dung dịch chứa chúng.

Kết quả thí nghiệm đối với nước pha ophatox không xử lý và xử lý bằng ozon và bằng cách đun sôi được thống kê trong bảng 1. Có thể thấy rằng với dung dịch 4 ppm cá chết trong thời gian ~ hai giờ rưỡi, với dung dịch cùng nồng độ đó và được xử lý ozon trong 40 phút, cá sống được trong 14 ngày

Bảng 1: Thời gian sống của cá chạch trong nước chứa 4 ppm thuốc trừ sâu ophatox được xử lý bằng ozon, bằng cách đun sôi nước và không xử lý

Nồng độ ophatox (ppm)		4	Thời gian sống tăng gấp > 336 lần.
Thời gian sống của cá chạch	Không xử lý ozon	2,5 giờ (150 phút)	
	Xử lý ozon	Trên 14 ngày > 336 giờ hay > 20.000 phút)	
	Đun sôi (100 °C)		
Kết quả đối với fastax gần tương tự			

(336 giờ) (và còn sống tiếp), tức là thời gian sống tăng ít nhất 134 lần. Đối với phương pháp đun sôi và trường hợp thuốc trừ sâu fastax, kết quả là gần tương tự.

Tính nồng độ thuốc trừ sâu dựa theo định luật khử khuẩn Chick-Watson. Định luật Chick-Watson (1907) cho biết động học quá trình suy giảm số lượng của các vi sinh vật và các chất hữu cơ dưới tác động của các tác nhân khử khuẩn. Như vậy định luật Chick-Watson nối các tác nhân vật lý-hóa học với cơ thể sống.

Định luật này có dạng:

$$N(t) = N_0 e^{-kCt} \text{ hoặc } \ln \frac{N(t)}{N_0} = -kCt$$

Trong đó N_0 : số lượng vi sinh vật ban đầu, $N(t)$: số lượng vi sinh tại thời điểm t , k : hệ số thực nghiệm (tùy loại khuẩn và chất diệt khuẩn), C : nồng độ chất diệt khuẩn (ppm, mg/lit), t : thời gian tương tác. Đại lượng $D=Ct$ là tích số giữa nồng độ C và thời gian t (tích $C \times t$), đơn vị là mg/lit-phút. Tích $D=Ct$ chính là liều lượng tác nhân khử khuẩn, vi sinh. Tác nhân khử vi sinh vật C là các tác nhân vật lý-hóa học như nồng độ hóa chất, cũng có thể là cường độ tia X hay tia UV và cũng có thể là dòng điện, nhiệt độ.... Liều lượng $D = Ct$ luôn gắn với một yêu cầu hay một kết quả cụ thể, thí dụ liều lượng tia X (tích của cường độ với thời gian) cần đủ để chụp ảnh X quang nhưng không gây hại cho người bệnh.

Trong thí nghiệm của chúng tôi, liều lượng thuốc trừ sâu $D=Ct$ được hiểu là liều gây chết sinh vật thử và vì vậy được coi là không đổi $D \sim \text{const}$.

Trong nước có nồng độ 4 ppm chất trừ sâu, các con cá chạch chết sau 2,5 giờ (150 phút), tức là liều lượng gây chết là $D = 4 \times 2,5 = 10 \text{ ppm-giờ}$.

Nước nồng độ 4 ppm được xử lý ozon 40 phút, cá chạch sống 14 ngày (336 giờ) (vào thời điểm dừng thí nghiệm, tức là cá thí nghiệm được coi là đã chết, tuy nhiên thực tế cá vẫn sống tiếp).

Vì liều lượng làm cho cá chết là cố định, tức là tích $D=Ct$ không đổi vậy có thể viết:

$4 \text{ (ppm)} \times 2,5 \text{ (giờ)} = C \text{ (ppm)} \times 336 \text{ giờ}$. Trong đó $C(\text{ppm})$ là nồng độ thuốc trừ sâu sau xử lý ozon, từ đó có:

$$C = 4 \text{ (ppm)} \times 2,5 / 336 \sim 0,03 \text{ ppm}$$

Nồng độ $C = 0,03 \text{ ppm}$ là nồng độ thuốc trừ sâu trong nước sau khi được xử lý ozon 40 phút, tức là ozon đã làm giảm nồng độ thuốc trừ sâu 134 lần. Nói cách khác sau khi sục ozon, nồng độ thuốc trừ sâu bị loại bỏ là $4 \text{ (ppm)} - 0,03 \text{ (ppm)} = 3,97 \text{ (ppm)}$ và tính theo phần trăm là: $3,97 / 4 = 0,9925 \sim 99 \%$ (độ suy giảm hai log).

Trong phép phân tích trên chúng tôi đã dùng định luật Chick-Watson ở dạng đơn giản nhất, coi các hệ số bằng 1. Nồng độ thuốc trừ sâu và thời gian

được chọn sao cho tránh các giá trị cực trị (0 và ∞) để có thể áp dụng tốt nhất định luật Chick-Watson. Thí nghiệm đối với nước chứa 4 ppm (fastax) và xử lý bằng cách đun sôi cho kết quả tương tự.

3.2. Ozon loại bỏ vi sinh vật trong nước và trong không khí

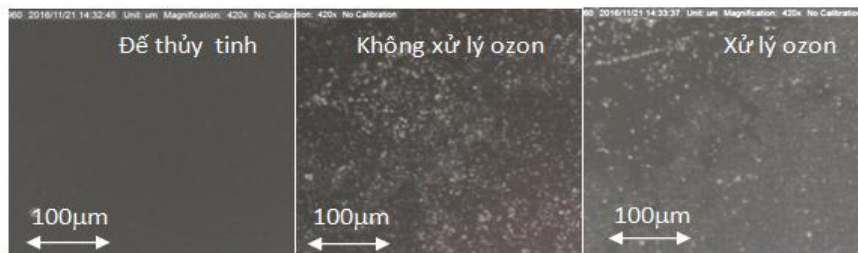
Vi tảo là các loại tảo nhỏ mức hiển vi, đơn hoặc đa bào, sống và phát triển mạnh trong nước ngọt và nước mặn. Vi tảo là vi sinh vật nhân chuẩn, tự dưỡng, có các sắc tố quang hợp. Có nhiều loại vi tảo, kích thước của chúng từ vài cho đến đến cả trăm μm .

3.2.1. Thí nghiệm và kết quả quan sát hiển vi quang học đối với các mẫu nước trước và sau xử lý ozon

Nước ao được lấy tại Đình Làng Hậu Ái, xã Vân Canh, Hoài Đức, Hà Nội. Nước có màu xanh rêu nhẹ. Nước ao là nước bề mặt điển hình với đặc điểm là chứa nhiều vi sinh vật (vi tảo/micro-algae) và có ít chất khoáng, ngoài ra trong nước ao có nhiều chất rắn lơ lửng (suspended solids-SS). Một bình nước được sục ozon thời gian 40 phút. Ngay sau khi sục, nước ngả từ màu xanh lục nhẹ sang màu trắng đục nhẹ. Đó là dấu hiệu cho thấy ozon đã phân hủy các loại tảo xanh thường có trong nước ao. Chi tiết hơn, hai mẫu nước (trước và sau khi sục ozon) được nhỏ lên các tấm kính đã tiệt trùng và cho khô tự nhiên (~ 4 giờ). Sau đó các mẫu được quan sát trên kính hiển vi quang học số Dino-Lite AM-7013MZT4 (Mỹ) theo phương pháp phản xạ với độ phóng đại X420. Dễ dàng nhận thấy các chi tiết (gọi là "hạt") có kích thước vài chục micromet màu sáng phân bố trên nền để thủy tinh (đen). Nhiều khả năng phần lớn các "hạt" đó là các đám tích tụ của các vi tảo xanh trong nước ao, ngoài ra chất rắn lơ lửng trong nước cũng tạo thành một số hình thể (cặn) lẫn với các "hạt" tảo xanh. Điều quan trọng là mật độ của các "hạt" rất khác nhau trong hai mẫu: mẫu không xử lý ozon (hình 1, giữa) có mật độ các "hạt" cao hơn hàng vài chục lần so với mẫu qua xử lý ozon (hình 1, phải). Sự thay đổi đáng kể mật độ các "hạt" trong hai mẫu khẳng định vai trò của ozon trong việc loại bỏ các vi tảo có sẵn trong nước. Một số hình thể còn lại trong mẫu đã xử lý ozon có thể do các hạt chất rắn lơ lửng (SS) tạo ra. Hình 1 (trái) là bề mặt để thủy tinh (không có mẫu nước), trên bề mặt thủy tinh không thấy các chi tiết nào, điều đó chứng tỏ mọi chi tiết xuất hiện trên ảnh giữa và ảnh bên phải liên quan đến tảo và chất rắn lơ lửng có trong nước. Sử dụng hiển vi điện tử quét SEM và các kỹ thuật hiển vi chuyên dụng (thí dụ nhuộm màu) sẽ cho các chi tiết hơn như các loại tảo nào và các hạt chất rắn

lơ lửng gì... Song với mục tiêu nghiên cứu khả năng phá hủy các chất hữu cơ trong đó có vi tảo của

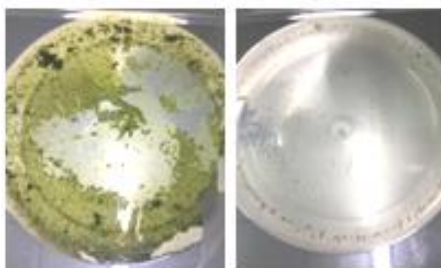
ozon thì kết quả thí nghiệm trên đây là rõ và đủ.



Hình 1: Ảnh hiển vi quang học (theo chế độ phản xạ, độ phóng đại X420) của các mẫu nước chứa tảo vi xanh. Để thủy tinh (trái); mẫu không qua xử lý ozon, mật độ các chi tiết lớn (giữa) và mẫu qua xử lý ozon, mật độ các chi tiết giảm hàng chục lần (phải)

3.2.2. Ozon ngăn chặn sự phát triển của vi tảo

Vi tảo là tế bào tự dưỡng có khả năng quang hợp và vì vậy chúng có thể phát triển nhanh trong các điều kiện thuận lợi trước hết là đủ ánh sáng và oxi. Hai bình nước ao đã sục và không sục ozon được để ở chỗ thoáng có ánh sáng mặt trời trong 7 ngày. Trong bình không sục ozon, sau 2-3 ngày “phơi” nắng, bằng mắt thường có thể thấy sự bắt đầu của quá trình phát triển các vi tảo, tạo thành các sinh khối và bám lên thành bình và đáy bình với màu xanh lục đặc trưng của tảo (hình 2, trái). Trong bình đã sục ozon, qua 7 ngày không quan sát thấy sự phát triển của tảo (không thấy mọi dấu vết có màu xanh lục), ngoại trừ một số cặn (chất rắn lơ lửng SS) lắng xuống đáy bình (hình 2, phải). Như vậy ozon hòa tan trong nước cùng gốc tự do $\cdot(OH)$ đã phá hủy các vi tảo bằng cơ chế oxi hóa. Điều đặc biệt là nước qua xử lý ozon sau 7 ngày (và tới 20 ngày) các sinh khối với màu xanh lục đặc trưng vẫn không quan sát thấy, điều đó chứng tỏ ozon đã loại bỏ hầu như toàn bộ vi tảo có trong nước ao tức là diệt hết các mầm phát triển của tảo.



Hình 2: Tảo xanh trong bình nước ao phát triển mạnh, tạo ra các màng khối màu xanh lục sau khi bình nước được phơi nắng 7 ngày (trái). Không thấy dấu hiệu sống của tảo trong nước ao đã được xử lý ozon (phải). Điều kiện thí nghiệm như nhau. Ảnh được chụp từ đáy bình chứa bằng máy ảnh thông thường

3.3. Khí ozon loại bỏ vi nấm mốc trên bánh mì và cà chua

Vi nấm (mould) là vi sinh vật đơn hoặc đa bào, có nhân chuẩn. Có hai dạng chính là nấm men (yeast) và nấm mốc (nấm sợi). Trên rau quả hay bánh mì nấm mốc (nấm sợi) là có hại. Cần lưu ý, để làm bánh mì cần có nấm men, nấm này tạo phản ứng với cacbua hydrat tạo ra khí cacbonic làm nở bánh mì. Một thí nghiệm trực quan và đơn giản chứng minh khả năng diệt nấm trong không khí của ozon như sau: đặt lát bánh mì, các loại quả (có vỏ) trong môi trường không khí chứa ozon và không có ozon. Cần lau khô bề mặt mẫu (quả cà chua, cà tím) để ozon tiếp xúc được với mẫu. Bánh mì giữ ở trạng thái bình thường (không cần sấy khô).



Hình 3: Thí nghiệm về tác dụng khử nấm mốc của ozon trong không khí. Lát bánh mì và các loại quả (được lau khô) đặt trong buồng dung tích khoảng 8 lít. Khí ozon được phun vào bình hai lần cách nhau 1 ngày, mỗi lần 30 phút. Các mẫu được xử lý ozon không có dấu hiệu mốc sau một tuần (1,3). Các mẫu đối chứng (không xử lý ozon) đều bị mốc (2,4), riêng bánh mì bị mốc nặng (2). Sử dụng máy ozon gia dụng sẵn có trên thị trường

Bánh mì và cà chua, cà tím được xử lý ozon hai lần, mỗi lần 30 phút bằng một máy ozon gia dụng có bán tại thị trường. Các loại thực phẩm này không bị nấm mốc sau 7 ngày thí nghiệm (hình 3, 1 và 3). Các mẫu đối chứng (để trong không khí không xử lý ozon) đều bị mốc, bánh mì bị mốc nặng (hình 3, 2 và 4). Các vi nấm mốc có trong không khí đã gây nên mốc trên bề mặt mẫu thử (không xử lý ozon).

3.4. Khử *Coliform* và *E. coli* bằng ozon

Coliform tổng và *E. coli* là khuẩn đường ruột có

trong hệ tiêu hóa của động vật máu nóng. Chỉ một số loại *E. coli* là có hại. Tuy nhiên sự có mặt của chúng là dấu hiệu cho biết nguồn nước bị ô nhiễm (vì vậy chúng được coi là khuẩn chỉ thị). Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước sinh hoạt QCVN 02:2009/BYT quy định hàm lượng *E. coli* là 0 vi khuẩn/100 ml và *Coliform* tổng số trong nước sạch được cho phép 50 vi khuẩn/100 ml. Chúng tôi đã xử lý nước ao đình làng Hậu Ái (Vân Canh, Hoài Đức, Hà Nội) chỉ bằng cách sục ozon (không qua công đoạn lọc). Kết quả thử nghiệm do Quatest 1 cung cấp được trình bày trong bảng 2.

Bảng 2: Kết quả thử nghiệm tìm *Coliform* tổng và *E. coli* trong nước ao đình làng Hậu Ái, Vân Canh, Hoài Đức, Hà Nội trước và sau xử lý ozon

	<i>Coliform</i> (MPN/100 ml)	<i>E. coli</i> (MPN/100 ml)	Phương pháp thử
Nước chưa xử lý ozon	$4,6 \times 10^3$	$2,4 \times 10^3$	TCVN 6187-2:1996
Nước đã xử lý ozon (sục ozon 40 phút)	$4,3 \times 10^1$	Không thấy	
Độ suy giảm (hiệu quả η)	99 %	~100 %	

Ghi chú: 1. Hồ sơ thử nghiệm: Quatest 1, No 2016/4320/TN8/01/02. Ngày nhận kết quả 22/11/2016 tại Hà Nội; 2. Mẫu nước được chuẩn bị ngày 16/11/2016, thời gian thử nghiệm tại Quatest 1 từ 16 đến 21/11/2016; 3. Độ suy giảm (hiệu quả khử khuẩn): Lấy số khuẩn ban đầu (trước khi xử lý) No trừ đi số khuẩn còn lại sau khi xử lý N rồi chia cho số khuẩn ban đầu: $\eta = (No-N)/No, \%$; 4. MPN: Most Probable Number (con số có xác suất cao nhất).

4. KẾT LUẬN

1. Nước ozon hóa đã loại bỏ đáng kể thuốc trừ sâu Ophatox (photpho) và Fastax (clo) nồng độ 4 ppm trong nước, nhờ đó mà động vật thử nghiệm (cá chạch) có thể tăng thời gian sống trong môi trường này từ 2,5 giờ lên trên 336 giờ (trên 134 lần). Áp dụng định luật khử khuẩn Chick-Watson cho thấy trong trường hợp này xử lý ozon loại bỏ được 99 % dư lượng thuốc trừ sâu: từ 4 ppm xuống 0,03 ppm.

2. Quan sát ảnh hiển vi quang học cho thấy ozon loại bỏ mạnh vi tảo xanh sống trong nước ao. Ozon hóa ngăn chặn sự phát triển của vi tảo: trong nước ao chưa xử lý ozon, vi tảo phát triển mạnh tạo thành các sinh khối màu xanh lục sau bảy ngày trong điều kiện đủ ánh sáng và oxi, trong khi đó trong mẫu đối chứng (nước đã xử lý ozon) sinh khối chứa vi tảo hoàn toàn không xuất hiện. Điều đó chứng tỏ ozon đã loại bỏ các “mầm” vi tảo trong nước.

3. Khí ozon nồng độ thấp (~0,3 ppm) loại bỏ được nấm mốc (nấm sợi) trên bề mặt bánh mì, quả cà chua và quả cà tím và ngăn sự phát triển của chúng ít nhất trong 7 ngày thí nghiệm. Lớp nước bám lên rau quả có bề mặt ướt (rau muống, hành lá...) ngăn khí ozon tiếp xúc với rau nên làm giảm hiệu quả chống mốc của khí ozon.

4. Kết quả thử nghiệm *Coliform* và *E. coli* các mẫu nước ao đình làng Hậu Ái (Hoài Đức) trước và

sau xử lý ozon cho thấy ozon đã loại bỏ được 100 % *E. coli* và 99 % *Coliform* tổng trong nước ao tù thuộc ngoại thành Hà Nội. Phép thử được tiến hành tại Quatest 1 (Hà Nội) tháng 11/2016.

5. Các thí nghiệm trong nghiên cứu này là rất trực quan và rất rõ vì vậy đáng tin cậy. Hơn nữa điều kiện thí nghiệm đơn giản cho nên mọi gia đình có thể tự tiến hành.

Lời cảm ơn. Các tác giả chân thành cảm ơn TS. Đặng Việt Hưng, Trung tâm Nghiên cứu Vật liệu polyme, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội đã thực hiện kỹ thuật hiển vi số.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. EPA (US), *Guidance Alternative Manual Disinfectants and Oxidants Federal Register*, June, 2001, FDA (US).
2. R. James, J. Ellis, A. Duehl et al. *The Potential for Using Ozone to Decrease Pesticide Residues in Honey Bee Comb*, *Agricultural Science*, **1(1)**, 1-16 (2013).
3. Bozena Lozowicka, Magdalena Jankowska, Izabela Hrynko and Piotr Kaczynski. *Removal of 16 pesticide residues from strawberries by washing with tap and ozone water, ultrasonic cleaning and boiling*, *Environ. Monit Assess, Environmental Monitoring and Assessment*, Springer (2016).

4. Masahiko Tamaki and Hiromi Ikeura. *Removal of Residual Pesticides in Vegetables Using Ozone Microbubbles*, Chapter 6, Book: *Pesticides-Recent Trends in Pesticide Residue Assay* Harriette Chick, *An Investigation of the law of Disinfection*, The Journal of Hygiene, **8(1)**, 92-158 (2012).
5. Ikeura H., Kobayashi F., Tamaki M. *Removal of residual pesticides in vegetables using ozone microbubbles*, *J. Hazard Mater.*, **186(1)**, 956-9 (2011).

Liên hệ: **Nguyễn Hoàng Nghị**

Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

Số 1, Đại Cồ Việt, Quận Hai Bà Trưng, Hà Nội

E-mail: nghi.bachkhoa@gmail.com.