

NGHIÊN CỨU ĐÈN UVLED BỨC XẠ 365nm KHỬ VI KHUẨN

A STUDY OF LAMP WITH 365nm RADIATION UVLED FOR THE STERILIZATION OF BACTERIA

Nguyễn Văn Hiếu

*ĐH Khoa học Tự Nhiên, ĐHQG TP.HCM;
Đại học Ritsumeikan, Shiga, Nhật bản;*

Vũ Thế Đăng

ĐH Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM

TÓM TẮT

Chúng tôi thiết kế đèn sử dụng các LED bước sóng cực tím 365nm cho ứng dụng diệt vi khuẩn E.Coli. Phương pháp điều chế độ rộng xung được sử dụng để điều khiển cường độ phát xạ của các UVLED qua lập trình vi xử lý. Chúng tôi khảo sát khả năng diệt khuẩn E. coli với thời gian và cường độ phát xạ khác nhau. Các xét nghiệm vi sinh cho thấy vi khuẩn đã bị khử ở các mức độ khác nhau. Đây là thiết bị khử vi khuẩn tiềm năng trong tương lai cho nước sinh hoạt và các ứng dụng khác.

Từ khoá: UVLEDs, PWM, cường độ phát xạ, thiết bị khử trùng.

ABSTRACT

We studied and designed the lamp of LED with 365nm of ultraviolet wavelength for e.coli bacteria sterilization. The pulse width modulation (PWM) was used to control the radiation intensity of UVLEDs with micro controller. We studied the possibility of sterilization of E.coli bacteria with the change of time and intensity radiation. The microorganism tests revealed that E.coli bacteria was killed with different levels. This device will be useful to sterilize the bacteria in water and others in next time.

Key words: UVLEDs, PWM, radiation intensity, sterilizing device.

1. GIỚI THIỆU

Tình hình ô nhiễm nguồn nước và mất an toàn vệ sinh thực phẩm [1-3] hiện nay đã trở nên báo động ở Việt Nam và nhiều nước trên thế giới. Hàng năm, trên thế giới, hơn 14 ngàn người bệnh và chết vì uống phải nước nhiễm bẩn [4-5]. Hàng trăm ngàn người phải nhập viện vì ngộ độc thực phẩm và nhiễm khuẩn trong thức ăn,... là những con số nói lên vấn nạn toàn cầu.

Các công nghệ xử lý nước và khử vi khuẩn trong nước đã có nhiều cải tiến. Tuy nhiên, chúng vẫn có những hạn chế như: dùng hoá chất thì làm thay đổi mùi vị và để lại dư lượng hoá chất [7]. Nếu dùng nhiệt thì làm thay đổi tính chất của vật khử và dùng ozone hiệu quả khử không cao,

giá thành cao. Riêng việc dùng bức xạ cực tím với đèn thủy ngân áp suất thấp thì nguy hại cho người [8] khi bị tia UV chiếu vào và phải xử lý thủy ngân khi đèn hỏng,...

Nắm bắt được nhu cầu của thực tiễn, nhóm tác giả đã thực hiện nghiên cứu đèn LED bước sóng cực tím [9,10] cho khử vi khuẩn E.coli [11]. Dựa trên những đặc tính nổi trội của của loại linh kiện này so với đèn thủy ngân như: tuổi thọ cao; tiêu thụ công suất thấp, không gây nguy hiểm cho người, không chứa các chất thủy ngân, hay chì. Cấu trúc của UVLED và bước sóng phát xạ được khảo sát từ một công trình trước đó [12].

Trong đề tài này, nhóm tác giả sẽ thực hiện

ngiên cứu các nội dung như: thiết kế mạch điều khiển công suất sử dụng phương pháp điều chế độ rộng xung, nghiên cứu phương án sắp xếp UVLED tối ưu để khả năng khử vi khuẩn cao nhất [13]. Ngoài ra để kiểm nghiệm khả năng diệt khuẩn của thiết bị nhóm tác giả đã tiến hành chiếu thử và thực hiện các kiểm nghiệm vi sinh với các thông số như đầu vào như: Thay đổi thời gian chiếu xạ; thay đổi công suất chiếu; thay đổi mật độ vi khuẩn,... Các kết quả kiểm nghiệm đã chứng tỏ khả năng khử vi khuẩn của thiết bị mà nhóm tác giả đã thực hiện với các mức độ khác nhau ở thời gian, công suất, mật độ vi khuẩn

khác nhau. Việc kiểm tra thông số UVLED được tiến hành ở Nhật bản. Các kết quả khảo sát và xét nghiệm vi khuẩn được tiến hành tại PTN. Công nghệ Môi trường [14], Trường Đại học Sư phạm kỹ thuật Tp.HCM.

2. THỰC NGHIỆM

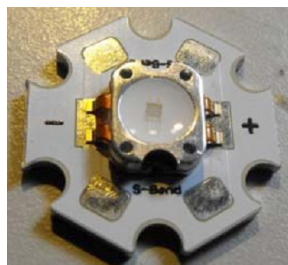
2.1. Thiết bị thực hiện thử nghiệm

Chúng tôi đã thực hiện các thử nghiệm khử vi khuẩn với nguồn phát tia UVA từ UVLED (SB1100UV-365, của Công ty Sband, Đài Loan) để chế tạo thiết bị.

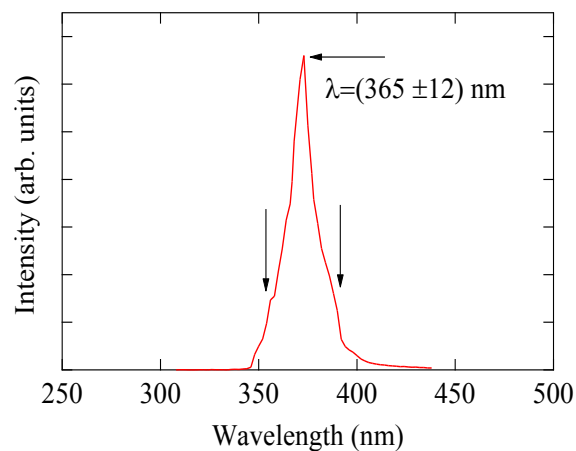
Bảng 1. Thông số quang và điện của UVLED SB1100UV-365 [9,10].

Parameters	Values	Units
Radiation power	200	mWatt
Peak wavelength	365	nm
Full width at half maximum	10	nm
Maximum current	700	mA
Minimum current	350	mA
Forward voltage at maximum current	3.6	Volt
Forward voltage at minimum current	4.0	Volt
Radiation angle	160	Degree

Các thông số điện và quang của UVLED SB1100UV được thể hiện qua bảng 1. Khi cung cấp giá trị dòng điện lớn nhất 700mA thì công suất phát xạ của UVLED sẽ là lớn nhất 200mW. Hình dạng của UVLED và phổ bước sóng đã được kiểm tra lại như trong hình 2.b.



(a)



(b)

Hình 1. (a) Hình dạng bên ngoài và (b) phổ bước sóng phát ra từ UVLED SB1100UV-365.

Các công thức sử dụng:

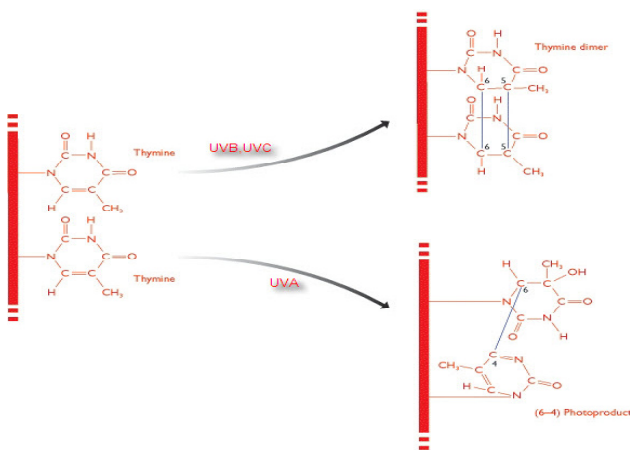
Mật độ công suất trên đơn vị diện tích:

$$P_{S1m} = \frac{P_{max}}{S_{Led}} = \frac{P_{max}}{\pi R^2} \quad [1]$$

Trong đó: P_{S1m} : mật độ công suất trên 1 cm^2 tại mặt UVLED(mW/Cm^2); P_{max} : Công suất cực đại của UVLED(mW); S_{Led} : Tiết diện mặt của UVLED(cm); R : bán kính mặt phát xạ UVLED(cm).

Tại bề mặt vật chiếu xa, ta có khái niệm mật độ công suất, P_{sv} , của UVLED được tính bằng mật độ công suất trên $1cm^2$ tại mặt UVLED chia cho bình phương khoảng cách d (từ UVLED đến bề mặt vật chiếu, cm) như công thức [2]:

$$P_s = \frac{P_{S1m}}{d^2} \quad [2]$$



Hình 2. So sánh cơ chế khử vi khuẩn của tia cực tím vùng A, B và C [11].

2.2. Cơ chế khử vi khuẩn của tia UVA

Bức xạ UVA bước sóng 325-400nm sẽ cắt nhỏ các tryptophan, hay gọi là sản phẩm bị ánh sáng phân hủy độc hại. Những sản phẩm này, tác dụng đồng thời với các bức xạ gần tử ngoại làm phá vỡ cơ chế hoạt động của các dimmer, tức là không cho quá trình nhân các ADN. Cơ chế cụ thể của tác dụng này hơi khác với cơ chế tác dụng của UV với bước sóng 260nm như so sánh trong hình 2. Cuối cùng, ADN không được phát triển, tức là vi khuẩn đã không được phát triển bằng cách nhân số lượng, đồng nghĩa với bị khử.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Thiết kế phần cứng cho đèn:

Chúng tôi đã nghiên cứu những tính năng, yêu cầu của thiết bị và chế tạo thiết bị như sơ đồ khối hình 3 (a) với các khối như:

- . Khối giao tiếp điều khiển công suất, thực hiện điều khiển công suất chiếu xạ cho UVLED

- . Cảm biến nhiệt thực hiện chức năng giám sát nhiệt độ của UVLED để khối Vi xử lý tắt hệ thống khi UVLED quá nhiệt.

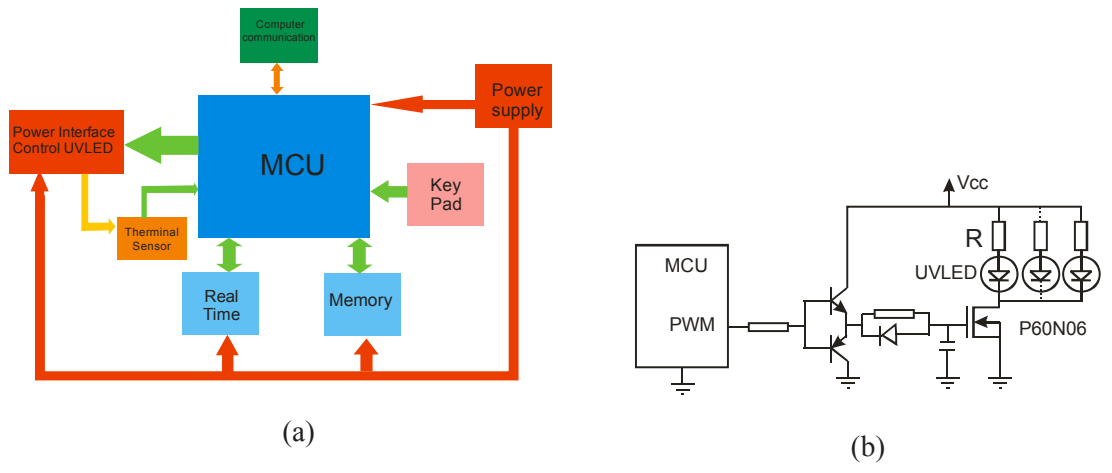
- . Khối thời gian thực cung cấp xung đồng hồ đếm thời gian chiếu xạ và cung cấp thời gian thực hiện thị trên màn hình Graphic LCD.

- . IC nhớ thực hiện chức năng lưu trữ lịch sử chiếu xạ của UVLED phục vụ cho việc thống kê quá trình chiếu sau này.

- . Bàn phím giúp cho người dùng trực tiếp điều khiển hoạt động thiết bị và nhập thông số cho chiếu xạ.

- . Bộ phận giao tiếp máy tính giúp cho người dùng có thể điều khiển và giám sát thiết bị trực tiếp từ máy tính, cập nhật lịch sử chiếu xạ lên máy tính xuất ra file excel để thống kê.

- . Nguồn công suất cung cấp nguồn cho toàn bộ hệ thống gồm MCU và UVLED.



Hình 3. (a), Sơ đồ khối mạch điều khiển thiết bị khử vi khuẩn và (b), mạch điều khiển công suất [13].

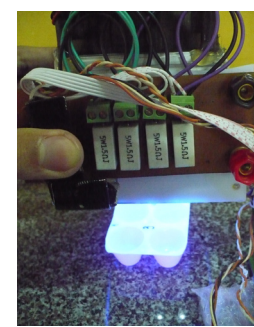
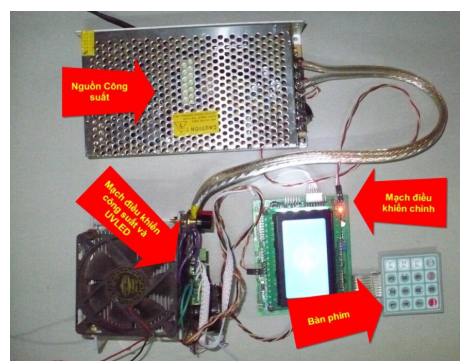
Để điều khiển công suất phát xạ cho UVLED ta phải điều khiển dòng điện qua UVLED, việc điều khiển này chúng tôi được thực hiện bằng phương pháp điều chế độ rộng xung (PWM) dòng điện trung bình qua UVLED được tính bằng công thức [3]. Trước tiên UVLED được cố định dòng điện lớn nhất là 700mA. Việc điều chỉnh dòng sẽ được thực hiện thông qua việc thay đổi thời gian T_{on} và T_{off} của Mostfet làm nhiệm vụ đóng ngắt dòng qua UVLED.

$$I_b = \frac{T_a}{T_a + T_{off}} I_c \quad [3]$$

Tiếp theo, chúng tôi nghiên cứu việc bố trí UVLED để cường độ chiếu xạ khi đến bề mặt của vật cần chiếu xạ là tương đối đồng đều trên

mặt cần chiếu và làm cho hiệu quả chiếu xạ là tối ưu. Cơ sở để tác giả đưa ra được cách bố trí UVLED dựa vào các tính chất của quang học và thông số kỹ thuật về góc phát, độ suy hao cường độ theo góc phát của dữ liệu linh kiện (datasheet) do nhà sản xuất cung cấp. Để ổn định dòng và bảo vệ LED, chúng tôi sử dụng điện trở riêng cho từng LED, MOSFET được dùng để điều khiển đóng cắt dòng cho các UVLED như hình 3.b. Điều khiển đóng cắt dòng được thực hiện bởi mạch điều khiển trung tâm với phương pháp điều chế độ rộng xung như đã nêu.

Chúng tôi đã thực hiện mạch điều khiển công suất phát xạ và thời gian chiếu xạ cho UVLED như hình 4. a và tiến hành chiếu xạ các mẫu nước để xác định số lượng vi khuẩn trước và sau chiếu xạ (xem hình 4.b).



Hình 4. Đèn khử vi khuẩn đã thực hiện (a) toàn bộ các modul của thiết bị (b) thiết bị đang chiếu xạ [13].

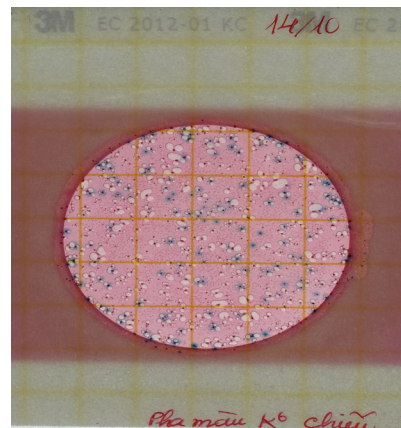
Với việc sử dụng phương pháp điều khiển độ rộng xung nhiệt độ của UVLED và Mosfet nhỏ do trong quá trình hoạt động sẽ có khoảng thời gian T_{off} . Mặt khác, do biên độ tức thời của dòng điện tại một thời điểm nhất định hoặc là lớn nhất hoặc là bằng 0 như vậy khả năng đâm xuyên vào môi trường là cao nhất như vậy khả năng diệt khuẩn sẽ là tối ưu.

Các xét nghiệm thực hiện trên 2 mẫu nước gồm: thay đổi thời gian chiếu, thay đổi mật độ vi khuẩn, thay đổi cường độ chiếu, độ đậm của màu nước,...

Các mẫu được đưa vào chiếu xạ và kiểm nghiệm lượng vi khuẩn trước sau chiếu tại phòng thí nghiệm Công nghệ Môi trường thuộc trung tâm CEET [14]. Chúng tôi sử dụng phương pháp nuôi cấy đếm khuẩn lạc trên đĩa petrifilm 3M dành cho E.coli và Coliform.

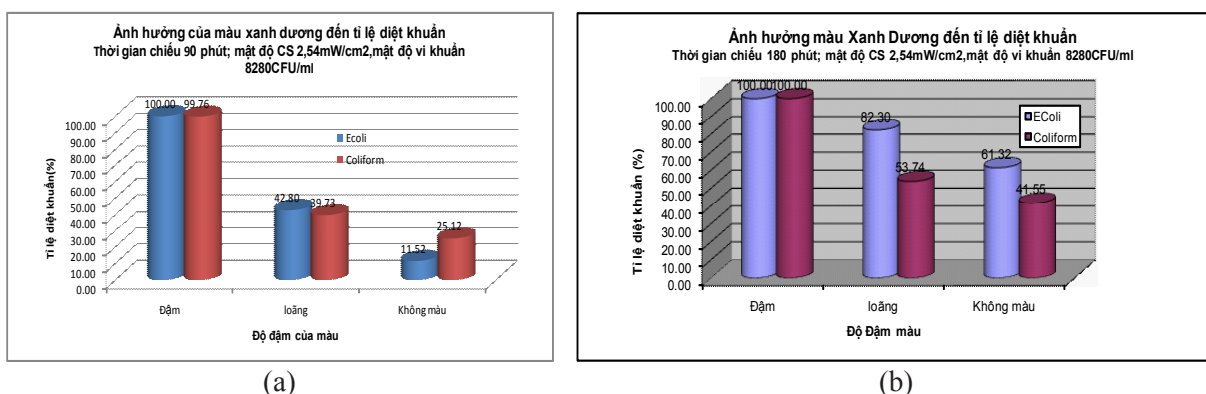
3.2. Thử nghiệm khả năng diệt khuẩn của thiết bị

Để kiểm nghiệm khả năng diệt khuẩn của thiết bị, chúng tôi đã thực hiện lấy hai nguồn nước mẫu khác nhau là nước mưa đọng tại các vùng đất trũng, nước thải sinh hoạt có chứa phân động vật. Các mẫu này được qua lọc thô để loại bỏ cặn, lắng đọng, làm trong và lọc tinh để loại bỏ một phần các cặn và các gốc kim loại chứa trong mẫu.



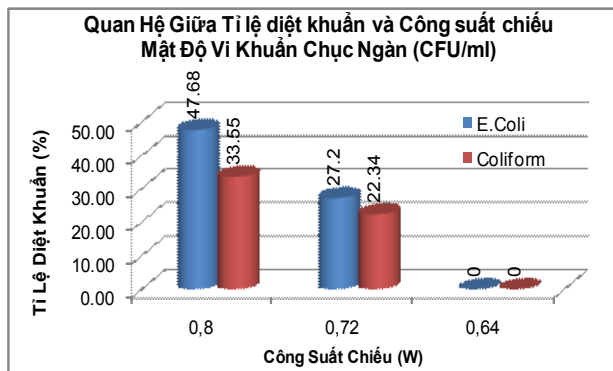
Hình 5. Đĩa petrifilm 3M dùng để đếm khuẩn lạc đối với E.coli và Coliform.

Các mẫu được nuôi cấy trong điều kiện 37°C trong thời gian từ 18-24 giờ sẽ cho ra kết quả là các đốm (khuẩn lạc) đỏ và xanh dương biểu thị cho lượng E.Coli và Coliform như hình 6. Kết quả xét nghiệm của quá trình thí nghiệm được trình bày qua các biểu đồ sau:

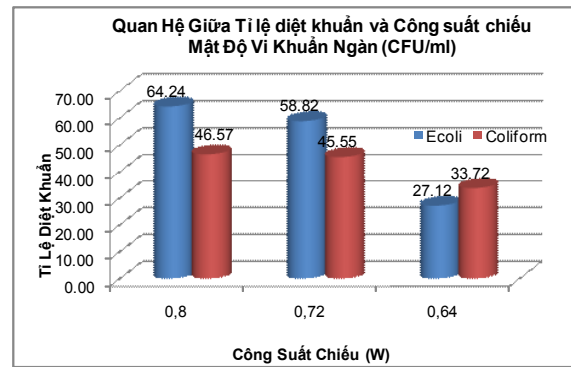


Hình 6. (a) Quan hệ tỉ lệ diệt khuẩn và độ đậm của màu xanh dương trong 90 phút và (b) quan hệ tỉ lệ diệt khuẩn và độ đậm của màu xanh dương trong 180 phút [13].

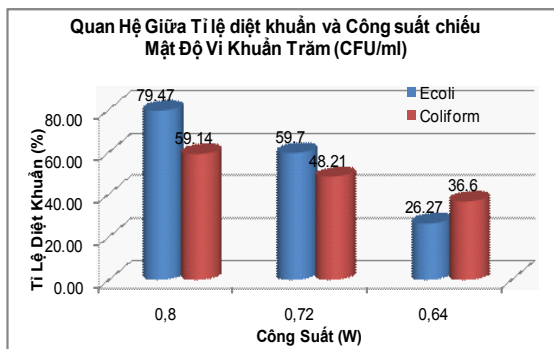
Để đảm bảo việc pha màu không làm ảnh hưởng đến vi khuẩn, tác giả đã cấy thử một mẫu pha màu không chiếu UV kết quả sau nuôi cấy vi khuẩn vẫn phát triển như khi chưa pha.



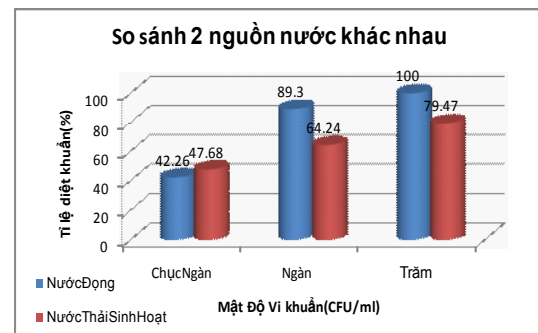
(a)



(b)



(c)

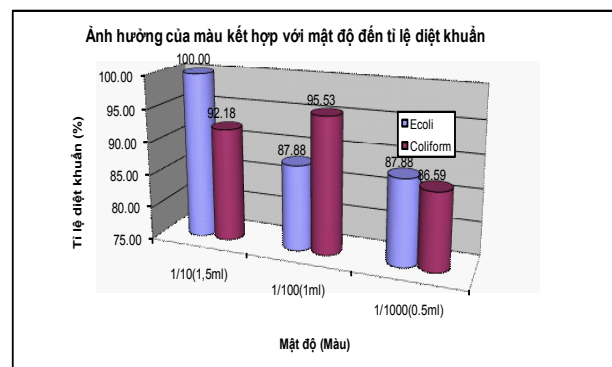


(d)

Hình 7. Quan hệ tỉ lệ diệt khuẩn và công suất chiếu với mật độ vi khuẩn: (a) chục ngàn, (b) hàng ngàn và (c) hàng trăm CFU/ml. (d) So sánh tỉ lệ diệt Coliform với 2 mẫu nước lấy từ 2 nguồn khác nhau [13].

Theo hình 7 (a,b,c) ta thấy rằng công suất chiếu càng cao thì tỉ lệ diệt khuẩn càng tăng. Điều này là tất yếu do khi công suất càng cao thì khả năng phá vỡ cấu trúc ADN của vi khuẩn sẽ mạnh hơn và khả năng xuyên vào môi trường sẽ tốt nhất.

Kết quả hình 7 (d) ta thấy tỉ lệ diệt khuẩn coliform với mẫu nước lấy từ vũng nước mưa đọng cao hơn so với mẫu lấy từ nguồn nước thải sinh hoạt có chứa phân động vật. Điều này có thể giải thích dựa trên yếu tố ảnh hưởng bởi nồng độ tạp chất của nguồn nước, với mẫu nước thải sinh hoạt độ đục, độ cặn và các gốc kim loại cao, các tạp chất và gốc kim loại này sẽ hấp thụ mạnh tia UV làm giảm hiệu quả diệt khuẩn, trong khi đó mẫu nước mưa đọng lại thì ít tạp chất hơn.



Hình 8. Ảnh hưởng của mật độ vi khuẩn kết hợp với độ pha màu đến tỉ lệ diệt khuẩn [13].

4. KẾT LUẬN

Chúng tôi đã thiết kế và chế tạo thiết bị khử vi khuẩn dùng LED có bước sóng cực tím [13]. Các xét nghiệm mẫu chiếu xạ cho thấy vi khuẩn đã bị diệt với tỉ lệ khá cao tùy theo nồng độ, màu

sắc, thời gian và cường độ chiếu xạ. Phương pháp điều khiển dòng qua UVLED bằng điều rộng xung PWM đã chứng minh là hiệu quả trong giải nhiệt UVLED. Các nội dung khác, nhóm sẽ tiếp tục nghiên cứu và công bố trong các công trình khác. Do điều kiện về số lượng UVLED gắn vào thiết bị chưa nhiều (hiện tại 11 bóng led giá thành 50USD/1 bóng), chúng tôi chưa thể kiểm tra mẫu với lượng nước nhiều, diện tích bề mặt lớn.

Bên cạnh đó, do giá thành của UVLED khá cao nên số lượng UVLED và công suất UVLED còn thấp (0.08W/ 1 bóng) nên thời gian chiếu xạ còn dài. Nếu sử dụng bóng UVLED có công suất 0.12W thì thời gian chiếu xạ giảm xuống dưới 45 phút cho 1 mẫu xét nghiệm. Hiện tại, giá thành các bóng LED còn cao. Tuy nhiên, trong vài năm tới, với thị trường LED đang cạnh tranh sôi nổi, thì việc triển khai sản phẩm thương mại là rất khả thi và hiệu quả

5. GHI NHẬN VÀ CẢM ƠN

Đề tài này được sự hỗ trợ từ chương trình nghiên cứu cơ bản của TP. HCM (86/HĐ-SKHCN) và đề tài nghiên cứu khoa học cấp ĐHQG TP. HCM 2011. Nhóm nghiên cứu xin cảm ơn trung tâm CEET (Trường Đại học SPKT TP. HCM) và các PTN khác vì đã phối hợp xét nghiệm mẫu nước. Cảm ơn nhóm nghiên cứu của Đại học Ritsumeikan (Nhật bản) đã tư vấn về kỹ thuật. Trân trọng gửi đến các giáo sư phản biện và đóng góp ý kiến hữu ích nhằm hoàn chỉnh bài báo cáo này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Muraca P, Stout JE, Yu VL, Appl Environ Microbiol **53** (1987), 447.
- [2]. Chang HCJ, Ossoff SF, Lobe DC, Dorfman MH, Dumais CM, Qualls RG, Johnson JD, Microorganisms **49** (1985), 1361.
- [3]. Lee JH, Kang M, Choung SJ, Ogino K, Miyata S, Kim MS, Park JY, Kim JB, Water Res **38** (2004), 713.
- [4]. Oppenheimer JA, Jacangelo JG, Laine JM, Hoagland JE., Water Environ Res **69** (1997), 14.
- [5]. Oguma K, Katayama H, Ohgaki S., Water Res **38** (2004) 2757.
- [6]. Ridgeway FH, Olson BH., Appl Environ Microbiol **44** (1982), 972.
- [7]. Soloshenko IA, Bazhenov VY, Khomich VA, Tsiolko VV, Potapchenko NG. IEEE Trans. Pasma. Sci. **34** (2006), 1365.
- [8]. Yu L, *Ultraviolet radiation*. Free Radic Biol. Msd. **77** (2006), 222.
- [9]. Nichia Corporation, *Specifications for nichia chip type UV LED model*. (2005), NCSU033A(T), no. STSE-CC6130A, Cat. No. 061218. <http://www.nichia.co.jp/product/led-lamp-uv.html>
- [10]. S-Bend Technology Ltd. Taiwan, website: S-bend@s-bend.com
- [11]. Barbara A. Hamkalo and P. A. Swenson, Journal of Bacteriology **99** (1969), 815.
- [12]. Nguyen Van Hieu, Bui Van Quang, M. Takeuchi and Y. Aoyagi, *The study of structure and fabrication for Ultraviolet LED with AlGaIn/GaN multi quantum wells by MOVCD*. The 5th International Workshop on advanced Materials Science and Nanotechnology (Nov., 2010), MPE2-05.
- [13]. Nguyen Van Hieu and Vu The Dang, *The lamp with 365nm UVLED for the sterilization of bacteria in water*. The 5th International Workshop on advanced Materials Science and Nanotechnology, (Nov., 2010), NLE-6-P.
- [14]. Website of CEET, <http://www.hcmute.edu.vn/khoahhttp/TrangChu.aspx#>