



การศึกษาปัจจัยของการกำจัดเชื้อแบคทีเรียด้วยพลาสมาระบบไดอิเล็กทริกแบริเออร์ดีสชาร์จบนกรรไกรผ่าตัด

เพ็ญพิมล ใจอารีย์ รุ่งทิวา อีสสระชีพสกุล และ ชูพล พรหมสุทธิรักษ์*

ภาควิชาเทคโนโลยีสุขภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสุขภาพ มหาวิทยาลัยนวมินทราธิราช

ปรัชญา ตั้งจิตสมบูรณ์

ภาควิชาการศึกษาทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสุขภาพ มหาวิทยาลัยนวมินทราธิราช

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 08 7974 0727 อีเมล: choopol@nmu.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2023.03.004

รับเมื่อ 31 มกราคม 2565 แก้ไขเมื่อ 18 มีนาคม 2565 ตอบรับเมื่อ 29 มีนาคม 2565 เผยแพร่ออนไลน์ 10 มีนาคม 2566

© 2023 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

บทคัดย่อ

การปนเปื้อนเชื้อโรคบนพื้นผิวของอุปกรณ์ทางการแพทย์ส่งผลต่อการติดเชื้อในระหว่างการทำหัตถการ ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยทำการวิจัยกำจัดเชื้อบนพื้นผิวเครื่องมือแพทย์โดยใช้พลาสมาที่มาจากระบบไดอิเล็กทริกแบริเออร์ดีสชาร์จ (Dielectric Barrier Discharge Plasma; DBD Plasma) บนพื้นผิวเครื่องมือแพทย์ตัวอย่างนั้นคือ กรรไกรผ่าตัดขนาดเล็ก งานวิจัยนี้ศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อการกำจัดเชื้อ ได้แก่ ศักย์ไฟฟ้าที่ให้แก่ระบบซึ่งเพิ่มขึ้นทีละ 1 กิโลโวลต์ โดยทำการทดสอบทั้งหมด 3 ค่า ได้แก่ 6 กิโลโวลต์ 7 กิโลโวลต์ และ 8 กิโลโวลต์ ตามลำดับ และเวลาที่พื้นผิววัสดุสัมผัสพลาสมา ได้แก่ เวลา 1 นาที 3 นาที และ 5 นาที ตามลำดับ ในการทดลองกำหนดให้ระยะห่างระหว่างผิววัสดุกับขั้วไฟฟ้ามีค่าคงที่ งานวิจัยนี้เชื้อที่นำมาทดสอบคือ เชื้อบนฝ่ามือที่ได้รับการเพาะเชื้อบนจานเพาะเชื้อ เชื้อดังกล่าวที่ถูกทดสอบในแต่ละเงื่อนไข หลังจากการทดลองเชื้อดังกล่าวถูกเพาะและทิ้งไว้เป็นเวลา 3 วัน หลังจากนั้นจึง สังเกตผล จากผลการทดลองพบว่า ศักย์ไฟฟ้าที่สูงขึ้นและเวลาที่พลาสมาสัมผัสผิวของวัสดุที่มากขึ้นส่งผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อของพลาสมาที่มากขึ้นเช่นกัน

คำสำคัญ: พลาสมาระบบไดอิเล็กทริกแบริเออร์ดีสชาร์จ พลาสมา การกำจัดเชื้อ

การอ้างอิงบทความ: เพ็ญพิมล ใจอารีย์, รุ่งทิวา อีสสระชีพสกุล, ชูพล พรหมสุทธิรักษ์ และ ปรัชญา ตั้งจิตสมบูรณ์, “การศึกษาปัจจัยของการกำจัดเชื้อแบคทีเรียด้วยพลาสมาระบบไดอิเล็กทริกแบริเออร์ดีสชาร์จบนกรรไกรผ่าตัด,” วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, ปีที่ 34, ฉบับที่ 1, หน้า 1-9, เลขที่บทความ 241-245776, ม.ค.-มี.ค. 2567.



Studied Parameters of Bacterial Disinfection by Using Dielectric Barrier Discharge Plasma System on Surface of Surgical Scissors

Penpimon Jaiaree, Rungtiwa Itssaracheepsakul and Choopol Phromsuthirak*

Department of Health Technology, Faculty of Science and Health Technology, Navamindradhiraj University, Bangkok, Thailand

Prajya Tangjitsomboon

Department of General Education, Faculty of Science and Health Technology, Navamindradhiraj University, Bangkok, Thailand

* Corresponding Author, Tel. 08 7974 0727, E-mail: choopol@nmu.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2023.03.004

Received 31 January 2022; Revised 18 March 2022; Accepted 29 March 2022; Published online: 10 March 2023

© 2023 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

Abstract

Bacterial contamination on medical equipment surfaces can lead to surgical-site and postoperative infections. In this study, the investigation focuses on surface disinfection of a pair of small medical surgical scissors using plasma generated from Dielectric Barrio Discharge (DBD). DBD plasma operating parameters comprise plasma power (operating voltage) and plasma treatment duration on the surface. The test voltages were set at 1 kV, 3- equal step increments ranging from 6 kV, 7 kV and 8 kV, with the plasma treatment duration of 1 min, 3 min and 5 min respectively. The distance between the electrodes and the surface of surgical scissors remained constant. Hand surface bacteria that had been cultured in the cultured dish were observed after three days. As results, decontamination efficacy of DBD plasma can be enhanced with increases of voltage amplitude and treatment duration.

Keywords: Dielectric Barrier Discharge Plasma, Plasma, Disinfection

Please cite this article as: P. Jaiaree, R. Itssaracheepsakul, C. Phromsuthirak, and P. Tangjitsomboon, "Studied parameters of bacterial disinfection by using dielectric barrier discharge plasma system on surface of surgical scissors," *The Journal of KMUTNB*, vol. 34, no. 1, pp. 1-9, ID. 241-245776, Jan.-Mar. 2024 (in Thai).

1. บทนำ

ปัญหาการติดเชื้อในโรงพยาบาลเป็นสิ่งที่สำคัญต่อสุขภาพของผู้ป่วยและบุคลากรทางการแพทย์อย่างมาก เนื่องจากผู้ป่วยที่มีภาวะติดเชื้อมีโอกาสเสียชีวิตสูง อีกทั้งทำให้เกิดการแพร่ระบาดของเชื้อโรคในโรงพยาบาลได้ หนึ่งในสาเหตุของการติดเชื้อเกิดจากการใช้อุปกรณ์ หรือเครื่องมือทางการแพทย์ที่นำกลับมาใช้ซ้ำแต่ผ่านการกำจัดเชื้อ (Disinfection) ที่มีประสิทธิภาพไม่มากพอ

การกำจัดเชื้อ คือ กระบวนการในการทำลายหรือขจัดเชื้อจุลินทรีย์ทุกชนิด รวมถึงสปอร์ของเชื้อแบคทีเรีย โดยอุปกรณ์ หรือเครื่องมือทางการแพทย์ที่มีการใช้งานสัมผัสกับตัวของผู้ป่วย หรือมีการใช้งานผ่านเข้าสู่ร่างกายของผู้ป่วยมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องทำให้อุปกรณ์หรือเครื่องมือดังกล่าว ปราศจากเชื้อ โดยวิธีการในการกำจัดเชื้อแบ่งออกเป็น 2 วิธีที่นิยม ดังนี้ [1]

1) การกำจัดเชื้อโดยวิธีการทางเคมี (Chemical Method) เช่น การใช้แก๊สเอทิลีนออกไซด์ (Ethylene Oxide Gas) การใช้สารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen Peroxide) เป็นต้น

2) การกำจัดเชื้อโดยวิธีการทางกายภาพ (Physical Method) เช่น การใช้รังสี (Ionizing Radiation) การใช้ความร้อน (Thermal or Heat Sterilization) เป็นต้น

การเลือกวิธีการกำจัดเชื้อขึ้นอยู่กับลักษณะ และประเภทของอุปกรณ์ที่ต้องการกำจัดเชื้อ [1] เนื่องจากวิธีการกำจัดเชื้อแต่ละวิธีมีข้อจำกัด เช่น การใช้แก๊สเอทิลีนออกไซด์ทำให้เกิดสารพิษตกค้าง การใช้ความร้อนไม่สามารถใช้ได้กับอุปกรณ์ที่ไม่สามารถทนความร้อน และความชื้นได้ [1]

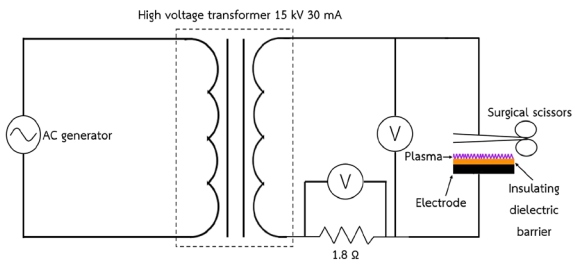
จากข้อจำกัดของวิธีการกำจัดเชื้อดังกล่าว ในปัจจุบันจึงมีการประยุกต์นำเทคโนโลยีพลาสมาต่างๆ ประยุกต์ใช้กับการทำความสะอาดอุปกรณ์ หรือเครื่องมือทางการแพทย์ เช่น การสร้างระบบฆ่าเชื้อเครื่องมือแพทย์ด้วยพลาสมา [2] ซึ่งสร้างพลาสมาที่เกิดจากกระบวนการการปล่อยประจุแบบโคโรนา (Corona Discharge) และหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของการสร้างน้ำกระตุ้นด้วยพลาสมา (Plasma Activated Water) เพื่อยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย

E. coli ด้วยเทคนิคการออกแบบการทดลองแบบบล็อกซ์-เบห์นเคน [3] ซึ่งการศึกษาหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ด้วยเทคนิคน้ำกระตุ้นด้วยพลาสมา และมีการศึกษาผลของการใช้พลาสมาเย็น (Cold Plasma) ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียแกรมบวก และเชื้อแบคทีเรียแกรมลบ [4] รวมถึงมีการศึกษาการใช้แปรงพลาสมา (Plasma Brush) และพลาสมาเจ็ต (Plasma Jet) ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่อยู่บนพื้นผิวแผ่นลามิเนต [5] อีกทั้งมีการนำเทคโนโลยีพลาสมาประยุกต์ใช้ในทางการแพทย์ในวัสดุประสงค์ต่างๆ หลากหลาย [6], [7]

อุปกรณ์ทางการแพทย์ที่นำมาศึกษาในที่นี้ คือ กรรไกรผ่าตัด (Surgical scissors) เนื่องจากเป็นอุปกรณ์พื้นฐานที่ถูกใช้บ่อยในการทำหัตถการ และการผ่าตัดกับผู้ป่วย และกรรไกรผ่าตัดเป็นเครื่องมือที่มีการสัมผัสกับเนื้อเยื่อของผู้ป่วยโดยตรง จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องผ่านการกำจัดเชื้ออย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อไม่ให้เกิดการติดเชื้อกับผู้ป่วย

วิธีการกำจัดเชื้อบนกรรไกรผ่าตัดที่เป็นที่นิยมในปัจจุบันคือ การนึ่งด้วยไอน้ำร้อนแรงดันสูง (Autoclaving) โดยความร้อนจากที่สูง และความดันที่มากเกินไปของเครื่องมือแพทย์ จะส่งผลเสียต่ออุปกรณ์ที่ทำจากโลหะ ซึ่งทำให้น้ำหนักโลหะมีสมบัติเปลี่ยนไป มีอายุการใช้งานสั้นลง และทำให้ผิวโลหะเป็นสนิมและสึกกร่อน [8], [9] แต่การใช้พลาสมาในการกำจัดเชื้อจะไม่ทำให้อุปกรณ์ดั้งเดิมของผิววัสดุเปลี่ยนไป และมีข้อจำกัดในการกำจัดเชื้อที่น้อยกว่า [10]-[13]

การใช้พลาสมาในการกำจัดเชื้อ จึงเป็นวิธีการกำจัดเชื้อที่ทำให้ตัวกรรไกรผ่าตัดที่ทำจากโลหะที่ไม่ส่งผลกระทบต่อพื้นผิววัสดุ ใช้เวลาในการกำจัดเชื้อไม่นาน และไม่เกิดสารตกค้าง ส่งผลดีต่อการนำไปใช้กับตัวผู้ป่วย ดังนั้น ทางคณะผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาปัจจัยของการกำจัดเชื้อด้วยพลาสมาที่ผลิตจากระบบไดอิเล็กทริกแบริเออร์ดีสชาร์จ (Dielectric Barrier Discharge Plasma System) กับอุปกรณ์ทางการแพทย์ โดยพลาสมาที่ผลิตจากระบบนี้ เป็นพลาสมาที่ได้จากการแตกตัวของอากาศที่อยู่ระหว่างขั้วอิเล็กโทรดแผ่นเหล็กวงกลมกับอุปกรณ์ที่นำมากำจัดเชื้อ โดยแผ่นเหล็กวงกลมมีขนาดครอบคลุมอุปกรณ์ส่วนที่ต้องการกำจัดเชื้อ และมี



รูปที่ 1 ระบบพลาสมาแบบไดอิเล็กทริกแบริเออร์ดีสชาร์จที่ใช้ในงานวิจัย

ระยะห่างของขั้วไฟฟ้ากับผิววัสดุกรรไกรผ่าตัดขนาดเล็ก 2 มิลลิเมตร ซึ่งแตกต่างจากเครื่องอบฆ่าเชื้อเครื่องมือแพทย์ด้วยพลาสมาที่ใช้พลาสมาที่ผลิตจากแก๊สไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์หรือแก๊สเอทิลีนออกไซด์ [14] ที่มีข้อเสียคือภายหลังจากการกำจัดเชื้ออาจมีสารตกค้างอยู่บนเครื่องมือแพทย์นั้นได้

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 ระบบกำจัดเชื้อโดยใช้พลาสมาแบบไดอิเล็กทริกแบริเออร์ดีสชาร์จ (Dielectric Barrier Discharge; DBD)

ระบบพลาสมาแบบไดอิเล็กทริกแบริเออร์ดีสชาร์จ ในงานวิจัยนี้ ผลิตพลาสมาจากอากาศโดยการให้ความต่างศักย์ไฟฟ้ากระแสสลับแรงดันสูงระหว่างขั้วอิเล็กโทรดที่มีวัสดุไดอิเล็กทริกกันกับตัวอุปกรณ์ทางการแพทย์ตัวอย่าง คือ กรรไกรผ่าตัด การให้ความต่างศักย์ไฟฟ้า ส่งผลให้อากาศซึ่งเป็นแก๊สตัวกลางที่อยู่ระหว่างขั้วทั้งสอง เกิดการแตกตัวกลายเป็นพลาสมา แสดงดังภาพตัวอย่างในรูปที่ 1

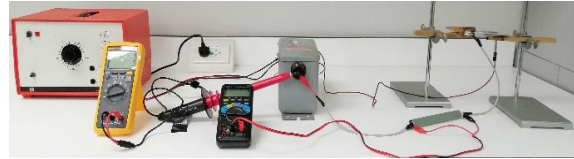
นอกจากพลาสมาที่ถูกสร้างแล้ว ระบบไดอิเล็กทริกแบริเออร์ดีสชาร์จผลิตสร้างไอออน [15] ที่มีส่วนในการกำจัดเชื้อ นอกเหนือจากอิเล็กตรอน ไอออน และรังสีต่างๆ ออกมา โดยอนุภาคเหล่านี้จะส่งผลในการกำจัดเชื้อดังนี้ [16], [17]

1) อนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า เช่น ไอออน และอิเล็กตรอน ทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรีย โดยอนุภาคไปสะสมบนผิวด้านนอกของเยื่อหุ้มเซลล์ และทำให้เกิดแรงไฟฟ้าสถิตทำให้เกิดการแตกของเยื่อหุ้มเซลล์ ส่งผลให้เกิดความเสียหายทางกายภาพต่อเยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรีย

2) แก๊สไอออนที่เกิดจากการแตกตัวของแก๊สออกซิเจน



(ก)



(ข)

รูปที่ 2 ระบบกำจัดเชื้อโดยใช้พลาสมาแบบไดอิเล็กทริกแบริเออร์ดีสชาร์จ (ก) กรรไกรผ่าตัดเมทเซนแบมปลายตรง ขนาด 4 นิ้ว (ข) ระบบพลาสมาแบบไดอิเล็กทริกแบริเออร์ดีสชาร์จ

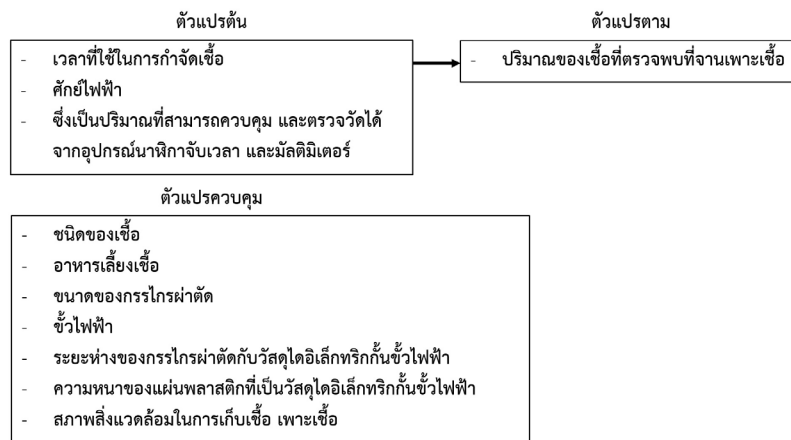
ในอากาศซึ่งมาจากพลาสมา โดยไอออนมีฤทธิ์ในการทำลายเชื้อจุลชีพ

2.2 วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการสร้างระบบกำจัดเชื้อโดยใช้พลาสมาแบบไดอิเล็กทริกแบริเออร์ดีสชาร์จ

- 1) กรรไกรผ่าตัดเมทเซนแบม (Metzenbaum) ปลายตรง ขนาด 4 นิ้ว
- 2) เครื่องปรับเปลี่ยนค่าศักย์ไฟฟ้า
- 3) หม้อแปลงไฟฟ้าแรงดันสูงที่สามารถแปลงแรงดันไฟฟ้าได้สูงสุด 15 กิโลโวลต์ ซึ่งให้กระแสไฟฟ้า 30 มิลลิแอมป์
- 4) สายไฟ
- 5) สายไฟชนิดปากหนีบ
- 6) ขั้วไฟฟ้า (แผ่นเหล็กวงกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 4.8 เซนติเมตร หนา 2 มิลลิเมตร)
- 7) ฉนวนไฟฟ้า (แผ่นพลาสติกใสหนา 0.15 มิลลิเมตร)
- 8) มัลติมิเตอร์
- 9) โพรบวัดศักย์ไฟฟ้าแรงดันสูง
- 10) ชุดขาตั้ง และแคลมป์จับ

ทำการประกอบเครื่องมือและอุปกรณ์เพื่อสร้างระบบกำจัดเชื้อโดยใช้พลาสมาแบบไดอิเล็กทริกแบริเออร์ดีสชาร์จ แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 3 กรอบแนวคิดการวิจัย

2.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเพาะเชื้อเพื่อเปรียบเทียบปริมาณเชื้อก่อนและหลังทำการทดลอง

- 1) จานเพาะเชื้อ
- 2) อาหารเลี้ยงเชื้อ (Sheep Blood Agar)
- 3) ปีกเกอร์ ขนาด 5 มิลลิลิตร
- 4) ไชริงค์ ขนาด 10 มิลลิลิตร
- 5) สำลีสัก้านปลอดเชื้อ
- 6) แ่งแก้วเกลี่ยเชื้อ
- 7) น้ำเกลือ Normal Saline 0.9% ขนาด 1000 มิลลิลิตร

2.2.3 วิธีการวิจัย

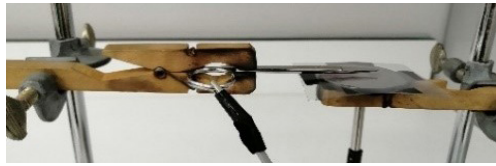
การวิจัยนี้ เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ที่ทำการศึกษาปัจจัยของการทำให้ปราศจากเชื้อด้วยพลาสมาจากระบบไดอิเล็กทริกแบริเออร์ดิสชาร์จบนกรรไกรผ่าตัดเมทเซนเบามป์ลายตรง โดยเชื้อที่นำมาทดลอง คือ เชื้อแบคทีเรียที่เก็บจากฝ่ามือ คณะผู้วิจัยดำเนินการทดลองโดยเก็บข้อมูลปริมาณเชื้อก่อน และหลังการกำจัดเชื้อด้วยพลาสมาจากระบบไดอิเล็กทริกแบริเออร์ดิสชาร์จ โดยมีสมมติฐานการวิจัย คือ พลาสมาจากระบบไดอิเล็กทริกแบริเออร์ดิสชาร์จสามารถกำจัดเชื้อได้ แสดงจากปริมาณเชื้อหลังการกำจัดเชื้อมีปริมาณน้อยลง และประสิทธิภาพของพลาสมาในการกำจัดเชื้อขึ้นอยู่กับเวลาที่ใช้ในการกำจัดเชื้อ และปริมาณศักย์ไฟฟ้า โดยการวิจัยนี้มีกรอบแนวคิดการวิจัย แสดงดังรูปที่ 3 และมีขั้นตอนในการทดลองดังนี้

1) เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองการกำจัดเชื้อด้วยพลาสมาจากระบบไดอิเล็กทริกแบริเออร์ดิสชาร์จ

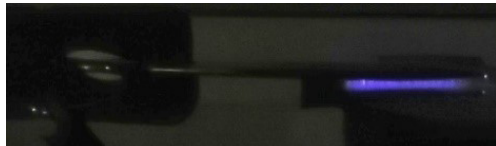
2) ทำการเก็บเชื้อที่ฝ่ามือโดยการนำสำลีสัก้านปลอดเชื้อ ป้ายเก็บเชื้อที่บริเวณฝ่ามือและนำไปเลี้ยงเชื้อเพื่อเพิ่มปริมาณเชื้อ

3) จัดเตรียมจานเพาะเชื้อ โดยแบ่งเป็นจานเพาะเชื้อควบคุม และจานเพาะเชื้อที่ถูกกำจัดเชื้อด้วยพลาสมา ซึ่งกำหนดให้ปริมาณเชื้อเริ่มต้นทั้งสองจานมีค่าเท่ากัน

4) นำเชื้อที่ได้ในข้อที่ 2 ป้ายลงบนผิวของกรรไกรผ่าตัดเพื่อให้เกิดการปนเปื้อน และติดตั้งกรรไกรผ่าตัดเข้ากับระบบพลาสมาในงานวิจัย ซึ่งกำหนดให้มีระยะห่างของกรรไกรผ่าตัดกับวัสดุไดอิเล็กทริกกันขั้วไฟฟ้าเท่ากับ 2 มิลลิเมตร และปฏิบัติการกำจัดเชื้อโดยปรับเปลี่ยนศักย์ไฟฟ้า โดยเริ่มจากค่าศักย์ไฟฟ้าเริ่มต้นที่ทำให้เกิดพลาสมาขึ้นที่กรรไกรอย่างสม่ำเสมอ จนถึงค่าศักย์ไฟฟ้าสุดท้ายก่อนที่จะเกิดการอาร์ค (ไหม้) ขึ้นที่ตัวกรรไกร ได้แก่ ค่าศักย์ไฟฟ้าที่ 6, 7 และ 8 กิโลโวลต์ ในส่วนของระยะเวลาการกำจัดเชื้อของแต่ละค่าศักย์ไฟฟ้านั้น กำหนดให้ใช้ระยะเวลากำจัดเชื้อที่ 1, 3 และ 5 นาที เนื่องจากเป็นระยะเวลากำจัดเชื้อที่น้อยกวาระยะเวลากำจัดเชื้อของเครื่องอบฆ่าเชื้อชนิดอื่นๆ ที่มีอยู่ทั่วไปในท้องตลาด จากนั้นป้ายสำลีสัก้านปลอดเชื้อลงบนผิวของกรรไกรผ่าตัด เพื่อนำเชื้อที่ใช้ในการทดลองไปเพาะเป็นระยะเวลา 3 วัน จากนั้นสังเกตและบันทึกผล



(ก)



(ข)

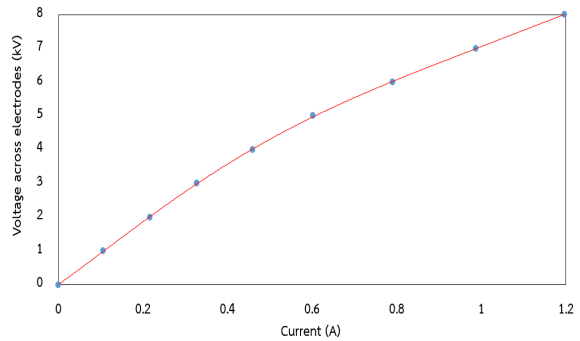
รูปที่ 4 พลาสมาที่เกิดบนผิวกรรไกรผ่าตัด (ก) ก่อนเกิดพลาสมา (ข) เกิดพลาสมา

5) ทำการทดลองซ้ำอีก 2 ครั้ง เพื่อยืนยันผลการกำจัดเชื้อ

3. ผลการทดลอง

การกำจัดเชื้อบนผิวกรรไกรผ่าตัดด้วยพลาสมาจากระบบไดอิเล็กทริกแบริเออร์ดิสชาร์จ ที่ศักย์ไฟฟ้าตามค่าที่กำหนดพบว่า เกิดพลาสมาอากาศบนผิวกรรไกรผ่าตัด ซึ่งพลาสมาดังกล่าวเกิดจากการแตกตัวโดยอิเล็กตรอนที่ผิววัสดุไดอิเล็กทริกวิ่งชนกับอากาศระหว่างขั้วไฟฟ้ากับกรรไกรผ่าตัดซึ่งพลาสมาที่เกิดขึ้นมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ และต่อเนื่องแสดงดังรูปที่ 4

โดยความสัมพันธ์ระหว่างกระแสแรงดันสูงที่ไหลผ่านขั้วอิเล็กโทรดกับศักย์ไฟฟ้า ที่ทำให้เกิดพลาสมาจากระบบไดอิเล็กทริกแบริเออร์ดิสชาร์จ ถูกแสดงดังกราฟในรูปที่ 5 พบว่า ช่วงที่แก๊สเกิดการแตกตัวเกิดเป็นพลาสมา อยู่ใน



รูปที่ 5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าผ่านขั้วอิเล็กโทรด (แอมแปร์) กับศักย์ไฟฟ้าตกคร่อมขั้วอิเล็กโทรด (กิโลโวลต์)

ช่วงระหว่าง 5–8 กิโลโวลต์ โดยเริ่มเกิดพลาสมาที่กรรไกรอย่างสม่ำเสมอที่ศักย์ไฟฟ้า 6 กิโลโวลต์ และเมื่อเพิ่มศักย์ไฟฟ้าทำให้ปริมาณกระแสเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณการแตกตัวของไอออนในพลาสมาของอากาศ

จากผลการทดลองที่ได้ซึ่งแสดงปริมาณเชื้ออยู่บนจานเพาะเชื้อที่ถูกควบคุมและเชื้อที่ถูกกำจัดด้วยพลาสมาจากระบบที่ใช้ในงานวิจัย ซึ่งเปรียบเทียบและแสดงดังรูปที่ 6 และแสดงปริมาณเชื้อเฉลี่ยที่อยู่บนจานเพาะเชื้อก่อนหลังการกำจัดเชื้อด้วยพลาสมาในตารางที่ 1

จากการทดลองพบว่า ที่ระยะเวลากำจัดเชื้อ 5 นาที พลาสมาที่เกิดจากศักย์ไฟฟ้า 6, 7 และ 8 กิโลโวลต์ สามารถทำการกำจัดเชื้อได้หมด (จำนวนโคโลนีเฉลี่ยเป็น 0) และที่ระยะเวลากำจัดเชื้อ 3 นาที ที่ศักย์ไฟฟ้า 6 กิโลโวลต์ และที่ระยะเวลากำจัดเชื้อ 1 นาที ที่ศักย์ไฟฟ้า 8 กิโลโวลต์ สามารถ

ตารางที่ 1 ปริมาณเชื้อเฉลี่ยที่อยู่บนจานเพาะเชื้อที่ถูกกำจัดเชื้อด้วยพลาสมาจากระบบไดอิเล็กทริกแบริเออร์ดิสชาร์จที่เวลาและศักย์ไฟฟ้าแต่ละเงื่อนไข

ศักย์ไฟฟ้า (kV) กระแสไฟฟ้า (A)	ปริมาณเชื้อเฉลี่ยหลังจากการกำจัดเชื้อ (จำนวนโคโลนีเฉลี่ย)											
	1 นาที				3 นาที				5 นาที			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
6, 0.79	0	1	1	0.66	0	0	0	0	0	0	0	0
7, 0.98	0	2	2	1.33	0	1	0	0.33	0	0	0	0
8, 1.19	0	0	0	0	0	0	2	0.66	0	0	0	0



(ก)



(ข)

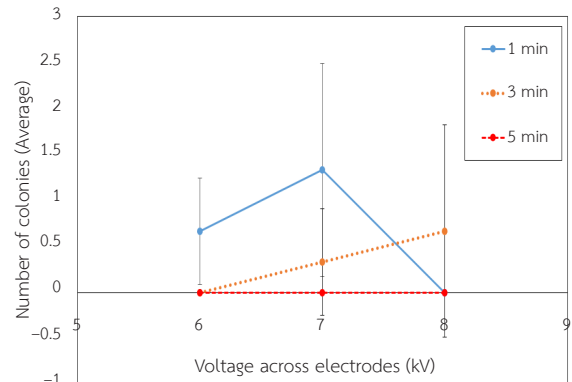
รูปที่ 6 งานเพาะเชื้อควบคุม และงานเพาะเชื้อที่เชื้อบนผิววัสดุถูกกำจัดด้วยพลาสมาระบบไดอิเล็กทริกแบริเออร์ดิสชาร์จ (ก) งานเพาะเชื้อควบคุม (ข) งานเพาะเชื้อที่ถูกกำจัดเชื้อด้วยพลาสมา

ทำการกำจัดเชื้อได้หมดเช่นเดียวกัน ขณะเดียวกันพบว่า ที่ระยะเวลากำจัดเชื้อ 3 นาที ที่ศักย์ไฟฟ้า 7 และ 8 กิโลโวลต์ ไม่สามารถทำการกำจัดเชื้อได้ทั้งหมดซึ่งพบจำนวนโคโลนีเฉลี่ยเป็น 0.33 และ 0.66 และที่ระยะเวลากำจัดเชื้อ 1 นาที ที่ศักย์ไฟฟ้า 6 และ 7 กิโลโวลต์ ไม่สามารถทำการกำจัดเชื้อได้ทั้งหมดซึ่งพบจำนวนโคโลนีเฉลี่ยเป็น 0.66 และ 1.33 โดยความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเชื้อเฉลี่ยหลังจากการกำจัดเชื้อกับศักย์ไฟฟ้าแสดงดังกราฟในรูปที่ 7

4. อภิปรายผลและสรุป

พลาสมาที่สร้างจากระบบไดอิเล็กทริกแบริเออร์ดิสชาร์จ สามารถกำจัดเชื้อได้โดยไม่ต้องอาศัยแก๊ส หรือสารตัวกลางอื่นๆ ในการสร้างพลาสมา เนื่องจากเป็นพลาสมาที่ได้จากการแตกตัวของอากาศที่อยู่ระหว่างขั้วอิเล็กโทรดกับอุปกรณ์ที่นำมากำจัดเชื้อ ส่งผลให้ไม่มีสารตกค้างอยู่บนอุปกรณ์ที่นำมากำจัดเชื้อ

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าศักย์ไฟฟ้า และระยะเวลากำจัดเชื้อมีปัจจัยสำคัญต่อการกำจัดเชื้อ โดยระยะเวลาและศักย์ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณเชื้อในงานเพาะเชื้อลดลง ที่ระยะเวลากำจัดเชื้อ 5 นาที ที่ศักย์ไฟฟ้า 6, 7 และ 8 กิโลโวลต์ ตามลำดับ พบปริมาณเชื้อเป็นศูนย์ เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างกราฟของกระแสไฟฟ้ากับความต่างศักย์ระหว่างขั้วในรูปที่ 5 กับเวลาที่ใช้ในการกำจัดเชื้อ พบว่า



รูปที่ 7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเชื้อเฉลี่ยหลังจากการกำจัดเชื้อกับศักย์ไฟฟ้า

พลังงานที่พื้นผิววัสดุที่สัมผัสพลาสมาได้รับ แปรผันตรงกับกำลังไฟฟ้าและเวลาที่สัมผัสพลาสมา ดังนั้น เมื่อเวลาที่สัมผัสพลาสมาเพิ่มขึ้น เชื้อแบคทีเรียที่ใช้ทดลองได้รับพลังงานจากไอออนเพิ่มขึ้นซึ่งส่งผลต่อปริมาณเชื้อที่ลดลง นอกจากนี้เชื้อแบคทีเรียได้รับปริมาณแก๊สไอออนที่เพิ่มขึ้น จึงทำให้ปริมาณเชื้อที่พบจากงานเพาะเชื้อจึงเป็นศูนย์ โดยที่ระยะเวลากำจัดเชื้อ และที่ศักย์ไฟฟ้าอื่นๆ ที่พบโคโลนีอยู่บนงานเพาะเชื้อ เนื่องจากได้รับปริมาณพลังงานของไอออนไม่เพียงพอ และมีการปนเปื้อนจากสิ่งแวดล้อมภายนอกซึ่งมาจากอากาศซึ่งการทดลองอยู่ในระบบเปิด

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการกำจัดเชื้อด้วยพลาสมาระบบไดอิเล็กทริกแบริเออร์ดิสชาร์จสามารถทำการกำจัดเชื้อได้ โดยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องคือ ระยะเวลากำจัดเชื้อ และปริมาณศักย์ไฟฟ้าระหว่างขั้ว

โดยการวิจัยครั้งต่อไป ทางคณะผู้วิจัยต้องการพัฒนาการกำจัดเชื้อด้วยพลาสมาระบบไดอิเล็กทริกแบริเออร์ดิสชาร์จ ให้สามารถประยุกต์ใช้กับการกำจัดเชื้อบนอุปกรณ์ หรือเครื่องมือแพทย์ชนิดอื่นๆ ตลอดจนทำการศึกษากำจัดเชื้อบนอุปกรณ์ทางการแพทย์ที่มีลักษณะมีมุมโค้ง หรือมีเหลี่ยม เนื่องจากสนามไฟฟ้าที่ทำให้เกิดพลาสมา สามารถวิ่งไปตามส่วนโค้ง หรือตามเหลี่ยมมุมของอุปกรณ์ได้ และทำการทดสอบในห้องที่มีการควบคุมเชื้อ เพื่อลดการเกิดการปนเปื้อนขณะที่ทำการกำจัดเชื้อ



5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ และ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่สนับสนุนอุปกรณ์ในการทำวิจัย คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยนวมินทราชินราชมงคลสุทธานราช สำหรับความช่วยเหลือด้านสถานที่ในการทำการวิจัย และอุปกรณ์ในการเพาะเชื้อ

เอกสารอ้างอิง

- [1] J. F. Gardner and M. M. Peel, *Introduction to sterilization, disinfection and infection control*, 2nd ed. Melbourne, Australia: Churchill Livingstone, 1991.
- [2] M. Somumchan, "Medical equipment sterilization using plasma system," M.S. thesis, Department of Electrical Technology Education, Faculty of Industrial Education and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 2012 (in Thai).
- [3] S. Janthima, C. Sawangrat, T. Boonyawan, S. Lumyong, J. Kumla, and N. Suwannarach, "Appropriate parameters of plasma activated water for growth inhibition of *E. coli* by Box-Behnken design," *Engineering Journal Chiang Mai University*, vol. 26, no. 2, pp. 179–189, 2019 (in Thai).
- [4] K. Kartaschew, S. Baldus, M. Mischo, E. Bründermann, P. Awakowicz, and M. Havenith, "Cold atmospheric-pressure plasma and bacteria: Understanding the mode of action using vibrational microspectroscopy," *Journal of Physics D: Applied Physics*, vol. 49, 2016.
- [5] J. U. Neuber, "Non-thermal atmospheric-pressure plasma for sterilization of surfaces and biofilms," M.S. thesis, Department of Electrical & Computer Engineering, Batten College of Engineering & Technology, Old Dominion University, 2016.
- [6] I. J. Moon and C. H. Won, "Review of the current state of medical plasma technology and its potential applications," *Medical Lasers*, vol. 7, no. 1, pp. 1–5, 2018.
- [7] N. Mastanaiah, "Dielectric Barrier Discharge (DBD) plasma sterilization: An in-depth study of the factors contributing to and enhancing the sterilization process," Ph.D. dissertation, University of Florida, 2013.
- [8] L. G. Holmlund, "Steam corrosion and steam corrosion inhibition in autoclave sterilization of dental and surgical steel materials," *Biotechnology and Bioengineering*, vol. 7, no. 1, pp. 177–198, 1965.
- [9] R. L. Bertolotti and V. Hurst, "Inhibition of corrosion during autoclave sterilization of carbon steel dental instruments," *The Journal of the American Dental Association*, vol. 97, no. 4, pp. 628–632, 1978.
- [10] W. Tian and M. J. Kushner, "Atmospheric pressure dielectric barrier discharges interacting with liquid covered tissue," *Journal of Physics D: Applied Physics*, vol. 47, no. 16, 2014.
- [11] M. Moreau, N. Orange, and M. G. J. Feuilleux, "Non-thermal plasma technologies: New tools for bio-decontamination," *Biotechnology Advances*, vol. 26, no. 6, pp. 610–617, 2008.
- [12] D. Butscher, H. V. Loon, A. Waskow, P. R. von Rohr, and M. Schuppler, "Plasma inactivation of microorganisms on sprout seeds in a dielectric barrier discharge," *International Journal of Food Microbiology*, vol. 238, pp. 222–232, 2016.



- [13] V. Štěpánová, P. Slaviček, J. Kelar, J. Prášil, M. Smékal, M. Stupavská, J. Jurmanová, and M. Černák, "Atmospheric pressure plasma treatment of agricultural seeds of cucumber (*Cucumis sativus* L.) and pepper (*Capsicum annuum* L.) with effect on reduction of diseases and germination improvement," *Plasma Processes and Polymers*, vol. 15, no. 2, 2018.
- [14] J. M. Boiano and A. L. Steege. (2015, Jan.). Ethylene Oxide and Hydrogen Peroxide Gas Plasma Sterilization: Precautionary Practices in U.S. Hospitals. *Zentralsterilisation (Wiesb)*. [Online]. 23(4), pp. 262–268. Available: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26594097/>
- [15] B. Choudhury, S. Portugal, N. Mastanaiah, J. A. Johnson, and S. Roy, "Inactivation of *Pseudomonas aeruginosa* and Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in an open water system with ozone generated by a compact, atmospheric DBD plasma reactor," *Scientific Reports*, vol. 8, no. 1, 2018.
- [16] H. Ghomi, S. Mohades, N. Navab Safa, and H. Dabiri. (2012, June). Surface Decontamination by Dielectric Barrier Discharge Plasma. *Journal of Biomedical Physics and Engineering*. [Online]. 2(2), Available: https://jbpe.sums.ac.ir/article_43034.html
- [17] A. Sakudo, Y. Yagyu, and T. Onodera, "Disinfection and sterilization using plasma technology: Fundamentals and future perspectives for biological applications," *International Journal of Molecular Sciences*, vol. 20, no. 20, 2019.

