

บทที่ 5

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

5.1 สรุปผลการวิจัย

การทดลองเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่มีผลตอบคือ เปอร์เซ็นต์จำนวนการตายของเชื้อแบคทีเรีย โดยเลือกใช้กระบวนการทำปาสจากเชื้อด้วยเทคนิคพลาสมาแบบไดอิเล็กทริกแบริเออร์ดิสชาร์จ เลือกเชื้อตัวแทนที่ทำการศึกษาก่อนเพื่อเป็นตัวแทนของเชื้อแบคทีเรียก่อโรคที่พบได้โดยปกติทั่วไป ได้แก่ เชื้อ *Escherichia coli* เป็นตัวแทนของแบคทีเรียแกรมลบ และ *Staphylococcus Aureus* เป็นตัวแทนของแบคทีเรียแกรมบวก ทำการทดลองโดยแบ่งการทดลองแบ่ง 2 การทดลอง ออกแบบการทดลอง โดยใช้หลักแฟคทอเรียลแบบเต็มจำนวนสำหรับการทดลอง ที่มีทั้งหมด 5 ปัจจัย ทำการทดลอง ทั้งหมด 2 ชั่วโมง พบว่า ประสิทธิภาพในระหว่างการทำทดลอง เนื่องจากระยะเวลาของการทดลองที่มากเกินไปส่งผลต่อการแปรผลของผลตอบ คือ เชื้อแบคทีเรียมีจำนวนลดลงอย่างรวดเร็วภายหลังจาก ระยะเวลา 4 ชั่วโมง ส่งผลกระทบให้ผลตอบมีความคลาดเคลื่อน เพราะผลตอบของเปอร์เซ็นต์จำนวน การตายของเชื้อแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิดที่ได้อาจไม่ใช่มาจากกระบวนการพลาสมาเพียงเท่านั้นด้วยเหตุ จากความแปรปรวนที่เกิดขึ้น การนำเทคนิคการออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียลเชิงเศษส่วนจึง ได้นำมาใช้สำหรับการทดลองในงานวิจัยนี้ ทำให้จำนวนการทดลองทั้งหมดเป็น 2^{5-2} เงื่อนไข และมี ตัวเลขคุณสมบัติเป็น III โดยทำการทดลองทั้งหมด 2 ชั่วโมง แต่การแปรผลการทดลองพบว่าไม่สามารถที่ จะประมาณค่าผลกระทบหลักและผลกระทบร่วมระหว่าง 2 ปัจจัยได้อย่างอิสระ จึงออกแบบการ ทดลองเพิ่มเติมโดยมีการทดลองแบบกลับเงื่อนไขทั้งหมด พบว่าตัวเลขแสดงคุณสมบัติการทดลอง ใหม่ที่ได้เป็น IV การแปรผลการทดลองสามารถประมาณค่าผลกระทบหลักได้อย่างเป็นอิสระ แต่ สำหรับผลกระทบร่วมระหว่าง 2 ปัจจัยบางเทอมยังคงปนกัน ซึ่งสามารถสรุปผลของปัจจัยที่มีผล สำหรับกระบวนการทำปาสจากเชื้อ *Escherichia coli* และ *Staphylococcus Aureus* ด้วย DBD พลาสมา ได้ดังตารางที่ 5.1 โดยสถานการณ์ปลอดเชื้อที่ได้จากพลาสมามีค่าความพึงพอใจรวมสำหรับ ผลตอบจากสมการการทำนายของเชื้อ *Escherichia coli* เท่ากับ 1.00000 และเชื้อ *Staphylococcus Aureus* เท่ากับ 1.00000 และมีผลตอบที่ได้จากการทำนายเท่ากับ 100

ตารางที่ 5.1 ตารางแสดงพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดสำหรับการทดลองทำปราคาจากเชื้อด้วยพลาสมาไดอิเล็กทริกแบริเออร์ดิสชาร์จกับเชื้อแบคทีเรีย

ปัจจัยที่ศึกษา	เชื้อแบคทีเรีย	
	<i>Escherichia coli</i>	<i>Staphylococcus Aureus</i>
1) ระยะระหว่างขั้วแอโนดของการเกิดพลาสมา กับผลิตภัณฑ์ (มิลลิเมตร)	4.937618	4.8906632
2) ระยะเวลาในกระบวนการ (นาทีก)	8.542635	10
3) กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	97.57825	180
4) ชนิดของก๊าซที่เลือกใช้	Ar	Ar/O ₂
5) อัตราการไหลของก๊าซอาร์กอน (ลิตรต่อนาที)	22	20.194516

ผลตอบของกระบวนการทำปราคาจากเชื้อที่ได้เกิดจากการวิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้ระยะเวลาในกระบวนการเป็นปัจจัยระดับสูง แต่ทั้งนี้ก็ยังใช้ระยะเวลาน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการทำปราคาจากเชื้อด้วยพลาสมา DBD ชนิดเดียวกันซึ่งใช้ระยะเวลามากถึง 20 นาที (Kostov et al., 2010) โดยที่พลาสมาชนิดนี้ส่งผลให้เกิดความเสียหายทั้งทางเคมีและกายภาพกับเชื้อแบคทีเรีย เป็นผลให้เกิดการปราศจากเชื้อ (Choi et al., 2006) ทั้งนี้ค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดที่กำหนดนี้ประสิทธิภาพของพลาสมาที่ได้จะส่งผลกับเชื้อ *Escherichia coli* ได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเงื่อนไขของระยะเวลาที่สั้นกว่า กำลังไฟฟ้าที่ต่ำกว่าและชนิดของก๊าซที่ใช้เฉพาะก๊าซ Ar เนื่องมาจากเชื้อแบคทีเรีย แกรมลบจะมีชั้นของเพปทิโดไกลแคนบางกว่าแบคทีเรียแกรมบวกมากถึง 1 ใน 10 และมีพันธะเพปไทด์ที่เชื่อมระหว่างเส้นเพปทิโดไกลแคนที่น้อยกว่า รวมทั้งไม่มีพันธะของ teichoic acid ที่เพิ่มความแข็งแรงจึงส่งผลให้ชั้นของผนังเซลล์ของจุลินทรีย์แกรมลบนั้นแข็งแรงน้อยกว่า (Sharma et al., 2016) โดยที่ก๊าซพลาสมาหรือออกซิเจนอิสระจะเข้าไปทำปฏิกิริยาที่ผนังเซลล์ทำให้เกิดการยับยั้งการเจริญด้วยการทำลายของรังสียูวี ทำให้กระทบต่อความสมดุลของโครงสร้างที่สำคัญสำหรับเพปทิโดไกลแคน (Guo et al., 2015) (Duday et al., 2013) ส่งผลให้เชื้อแบคทีเรียเกิดความเสียหายในระดับเซลล์และตายในที่สุด

ทั้งนี้การสร้างพลาสมาด้วยเทคนิคแบริเออร์ดิสชาร์จให้มีประสิทธิภาพที่ส่งผลได้ดีที่สุด และยังสามารถประหยัดทรัพยากรด้วยนั้น อาจเนื่องจากชนิดของแบคทีเรียที่ใช้ทำการทดสอบ รวมไปถึง

ปัจจัยรบกวนซึ่งอาจเกิดขึ้นได้ในสภาวะพลาสมาที่กำเนิดภายในความดันบรรยากาศ ฉะนั้นหากจะพิจารณาถึงการนำไปใช้จริง อาจต้องทำการตรวจสอบผลิตภัณฑ์เป้าหมายเพื่อดูแนวโน้มของเชื้อที่ระบุค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับเงื่อนไขที่ดีที่สุดได้

5.2 ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะของงานวิจัย

- 5.2.1 เครื่องกำเนิดพลาสมาไดอิเล็กทริกแบริเออร์ดิสชาร์จนี้มีพื้นที่ในการทดสอบกับวัสดุขนาดเล็ก ซึ่งระยะห่างที่กำหนดระหว่างขั้วการเกิดพลาสมากับผลิตภัณฑ์ ถ้าต้องการเพิ่มระยะที่มากขึ้นสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่ขึ้นอาจส่งผลกระทบต่อความยากในการดิสชาร์จและความทั่วถึงของพลาสมาบนพื้นผิวผลิตภัณฑ์ ทำให้พลาสมาที่ได้ไม่มีประสิทธิภาพมากพอซึ่งอาจเป็นข้อจำกัดกับผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่ขึ้น และจำนวนชิ้นทดสอบเพิ่มขึ้น
- 5.2.2 ผลการทดลองจริงตามเงื่อนไขที่ดีที่สุดที่คำนวณได้อาจเกิดความคลาดเคลื่อนได้ เนื่องจากข้อจำกัดจากความละเอียดของหน่วยวัดจากเครื่องมือวัด
- 5.2.3 โดยทั่วไปแล้วเชื้อแบคทีเรียอาจเกิดขึ้นบริเวณใดของด้ามมีดก็ได้ ข้อจำกัดของเครื่องกำเนิด คือ การทดสอบจะทำได้กับวัสดุที่ละด้าน ซึ่งอาจทำให้เพิ่มระยะเวลาในกระบวนการเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพในการทำให้ไร้เชื้อในผลิตภัณฑ์นั้นๆเพิ่มมากขึ้น
- 5.2.4 การทดลองเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่ได้เกิดจากการนำเชื้อแบคทีเรียใส่ลงบนด้ามมีดที่อยู่ในสภาวะไร้เชื้อมาก่อน จึงทำให้ค่าพารามิเตอร์ที่ได้อาจไม่ใช่ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดกับเชื้อแบคทีเรียทุกชนิด การทำการทดลองเพิ่มเติม
- 5.2.5 เนื่องจากพลาสมาแบบไดอิเล็กทริกแบริเออร์ดิสชาร์จเป็นระบบเปิด แก๊สที่ใช้สำหรับการดิสชาร์จอาจไม่ใช่แก๊สที่ศึกษาเพียงชนิดเดียว พลาสมาที่เกิดขึ้นจึงยังมีความไม่เสถียรภายใต้เงื่อนไขของการทดลองที่กำหนด การเพิ่มประสิทธิภาพของพลาสมาที่ได้ให้มีความเสถียรเพิ่มขึ้นในกระบวนการหากทำการทดลองในระบบปิดซึ่งจะทำให้ผลการทดลองที่ได้มีความแม่นยำเพิ่มขึ้น
- 5.2.6 เมื่อมีการใส่แก๊สออกซิเจนเข้าไปในกระบวนการ ประสิทธิภาพของเครื่องยังไม่มีประสิทธิภาพมากพอที่จะรองรับกำลังไฟฟ้าสูงสุดของเครื่อง โดยเกิดรอยสันดาปบริเวณขั้วแอโนดของพลาสมา ซึ่งอาจส่งผลเมื่อทำการทดลองในปริมาณมาก
- 5.2.7 การขนย้ายด้ามมีดจากอาคารเพาะเชื้อไปยังอาคารพลาสมาทำให้เกิดความแปรปรวนส่งผลให้ปริมาณเชื้อทดสอบเริ่มต้นมีความผันแปรของข้อมูล ซึ่งต้องทำการปรับปรุง

5.3 การนำผลวิจัยไปใช้ประโยชน์

จึงอาจกล่าวได้ว่าค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดคือ ระยะระหว่างขั้วแอโนดของการเกิดพลาสมา กับผลิตภัณฑ์ คือ 4.8906632 มิลลิเมตร ระยะเวลาในกระบวนการ คือ 10 นาที กำลังไฟฟ้า คือ 180 วัตต์ ใช้ก๊าซอาร์กอนผสมก๊าซออกซิเจน ที่อัตราการไหลของก๊าซอาร์กอน 20.194516 ลิตรต่อนาที เป็นค่าพารามิเตอร์สำหรับเชื้อ *Staphylococcus Aureus* เชื้อ *Escherichia coli* รวมทั้งอาจเป็นค่าเริ่มต้นสำหรับการทดลองกับเชื้ออื่นๆ ได้ซึ่งจะทำให้เห็นถึงแนวโน้มเพื่อการนำไปใช้ได้จริงสำหรับกระบวนการทำปราศจากเชื้อในโรงพยาบาลที่อาจพบเชื้อแบคทีเรียก่อโรคที่มีความรุนแรงและยังช่วยลดระยะเวลาในกระบวนการได้เนื่องจากสามารถทำการดิสซาร์จพลาสมาได้ต่อเนื่อง โดยไม่สูญเสียระยะเวลาสำหรับการทำให้พลาสมาเสถียรก่อนการทดสอบ

ตารางที่ 5.2 ผลการเปรียบเทียบประโยชน์จากกระบวนการทำปราศจากเชื้อสำหรับเครื่องกำเนิดพลาสมาไดอิเล็กทริกแบริเออร์ดิสซาร์จกับวิธีการทำปราศจากเชื้อแบบ Autoclave และการเปรียบเทียบกับการใช้สารละลายเอทิลีนออกไซด์(ETO) ในกระบวนการทำปราศจากเชื้อสำหรับอุปกรณ์ทางการแพทย์

	วิธีการทำปราศจากเชื้อ		
	Steam Autoclave	ETO	DBD
อุณหภูมิ(°C)	249-300 F	113-121F	122-392F
ระยะเวลาในกระบวนการรวม	ระยะเวลาฝนกระบวนการรวม 1 ชั่วโมง 15 นาที	ระยะเวลา 55 ถึง 70 นาที	10 นาที – 20 นาที
ผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม	วัสดุที่มีรู หรือความซับซ้อน	นิยมใช้กับอุปกรณ์ทางการแพทย์	ใช้กับผลิตภัณฑ์ได้หลากหลายเนื่องจากมีช่วงปรับของอุณหภูมิที่กว้าง แต่ไม่เหมาะกับผลิตภัณฑ์ที่มีความซับซ้อน

ตารางที่ 5.2 ผลการเปรียบเทียบประโยชน์จากกระบวนการทำปราศจากเชื้อสำหรับเครื่องกำเนิดพลาสมาไดอิเล็กทริกแบริเออร์ดิสชาร์จกับวิธีการทำปราศจากเชื้อแบบ Autoclave และการเปรียบเทียบกับการใช้สารละลายเอธิลีนออกไซด์(ETO) ในกระบวนการทำปราศจากเชื้อสำหรับอุปกรณ์ทางการแพทย์ (ต่อ)

	วิธีการทำปราศจากเชื้อ		
	Steam Autoclave	ETO	DBD
ระบบ	ต้องทำภายใต้ระบบปิด	ต้องทำภายใต้ระบบปิด	ระบบปิด/เปิด
ผลิตภัณฑ์หลังผ่านกระบวนการ	อาจมีการเปื่อยขึ้น ต้องทำการอบเพื่อ แห้งก่อนการจัดเก็บ	ต้องนำผลิตภัณฑ์ไป ผ่านกระบวนการ ระบายอากาศ	สามารถนำผลิตภัณฑ์ไป จัดเก็บหรือเตรียมใช้งานได้ ทันที

การแจกแจงตารางดังกล่าวเบื้องต้นเพียงเพื่อการพัฒนาการวิจัย ช่วยในการวิเคราะห์ความเหมาะสมของวัสดุหรืออุปกรณ์ที่ต้องการนำมาใช้สำหรับการทดสอบทำปราศจากเชื้อด้วยเทคนิคพลาสมาไดอิเล็กทริกแบริเออร์ดิสชาร์จเพื่อให้มีศักยภาพทางกระบวนการทำปราศจากเชื้อที่สูงที่สุด