

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ฐ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย	1
1.2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.4. ขอบเขตวิธีการวิจัย	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง	4
2.1. หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1.1. การทำปราศจากเชื้อ (Sterilization)	4
2.1.2. ความหมายพลาสมา	5
2.1.3. กระบวนการเกิดพลาสมา	7
2.1.3.1. กระบวนการ Ionization	7
2.1.3.2. กระบวนการ Excitation	7
2.1.3.3. กระบวนการ Dissociation	7
2.1.4. พลาสมาอุณหภูมิต่ำ	8
2.1.4.1. เทคนิคพลาสมาไดอิเล็กทริกแบรีเออร์ดีสชาร์จ	8

	(Dielectric Barrier Discharge)	
2.1.4.2.	ปฏิกิริยาของพลาสมาต่อเซลล์แบคทีเรีย	9
2.1.5.	การวิเคราะห์พลาสมา	11
2.1.5.1.	วิเคราะห์ด้วยสเปกโทรสโกปีแบบเปล่งแสง	11
	(Optical Emission Spectroscopy; OES)	
2.1.6.	การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment; DOE)	14
2.1.6.1.	การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล	15
	(Factorial Experiment)	
2.1.6.2.	การวิเคราะห์ผลการทดลอง	19
2.1.7.	เชื้อจุลินทรีย์	20
2.1.7.1.	การตรวจนับเชื้อจุลินทรีย์ (Plate Count Agar)	20
2.1.7.2.	การนับจำนวนแบคทีเรียในงานเพาะเชื้อ	20
2.1.7.3.	การรายงานผล	22
2.1.7.4.	ชนิดของเชื้อแบคทีเรียที่ศึกษา	23
2.1.8.	เครื่องมือผ่าตัด	23
2.1.8.1	คุณสมบัติของสแตนเลส (Stainless)	24
2.1.8.1.1.	คุณสมบัติทางกายภาพของสแตนเลส	25
2.1.8.1.2.	ประเภทของสแตนเลส	25
2.1.8.2	สแตนเลสประเภท 316L	26
2.1.8.3	การกัดกร่อนของผิว	27
2.1.8.4	ความต้านทานการกัดกร่อน	29
2.2	เอกสารและการทบทวนวรรณกรรม	30
2.2.1.	การทำปราศจากเชื้อ	31
2.2.2	พลาสมา	31
2.2.2.1.	ประสิทธิภาพของพลาสมาในกระบวนการทำปราศจากเชื้อ	32
2.2.2.2.	เทคนิคพลาสมาแบบไดอิเล็กทริกแบริเออร์	33
	ดิสชาร์จ(Dielectric Barrier Discharge; DBD)	
2.2.2.2.1.	ก๊าซที่มีผลต่อการทำปราศจากเชื้อด้วย	34

	พลาสมาไดอิเล็กทริกแบรีเออร์	
	คิซซาร์จ	
	2.2.2.2. พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำปฏิกิริยา	35
	เชื่อกันว่าเทคนิคพลาสมาไดอิเล็กทริก	
	แบรีเออร์คิซซาร์จ	
	2.2.3 การประยุกต์ใช้เทคนิคพลาสมา	38
	2.2.3.1. การเปรียบเทียบเทคนิคพลาสมากับเทคนิคอื่น	38
	2.2.3.2. การประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์	38
	2.2.4 การออกแบบการทดลอง	40
	2.2.4.1. การศึกษาผลกระทบและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง	40
	2.2.4.2. วิธีการออกแบบการทดลอง	40
บทที่ 3	ระเบียบวิธีการวิจัย	42
3.1	การศึกษาทฤษฎีกระบวนการเกิดพลาสมาและวางแผนออกแบบการทดลอง	43
3.1.1	ศึกษาขั้นตอนการเกิดพลาสมา	43
3.1.2	ศึกษาขั้นตอนการวางแผนการออกแบบการทดลองและวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผล	44
3.2	กำหนดปัจจัยที่มีผลต่อการทดลองและเลือกการออกแบบการทดลองด้วยเทคนิคการทดลองแบบแฟคทอเรียล	45
3.2.1	การกำหนดปัจจัยที่มีผลต่อการทดลอง	45
3.2.2	เลือกการออกแบบการทดลองด้วยเทคนิคการทดลองแบบแฟคทอเรียล	42
3.3	การเตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับกระบวนการ	47
3.3.1	การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ	47
3.3.2	การเตรียมเชื้อแบคทีเรีย	48
3.3.3	การเตรียมด้ามมีดผ่าตัด	49
3.4	การทดลองตามเงื่อนไขที่กำหนดด้วยการออกแบบการทดลองด้วยโปรแกรม	49
3.4.1	กระบวนการทำปฏิกิริยาเชื่อบนด้ามมีดผ่าตัด	51

3.4.2	การทดลองตามเงื่อนไขที่ออกแบบด้วยโปรแกรม Minitab 16.0	50
3.5	การตรวจนับจำนวนเชื้อแบคทีเรียและการรายงานผล	53
3.6	สรุปผลการวิจัยและจัดทำรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์	53
บทที่ 4	ผลการดำเนินงานวิจัย	54
4.1	ผลการทดลองจากการใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง	54
4.1.1	ผลการทดลองทำปฏิกิริยาจากเชื้อด้วยเทคนิคพลาสมาไดอิเล็กทริกแบริเออร์ดิสชาร์จสำหรับเชื้อ <i>Escherichia coli</i> และ <i>Staphylococcus Aureus</i>	56
4.1.2	การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Model Adequacy Checking)	60
4.1.3	การตรวจสอบสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (Coefficient of Determination)	65
4.1.4	การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance)	69
4.2	การสร้างสมการทำนาย	74
4.3	การหาสถานะที่เหมาะสมสำหรับปัจจัยที่มีผลต่อผลตอบ	75
4.4	การทดลองเพื่อยืนยันผล	79
4.4.1	การทดลองผลตามค่าการทำนาย	79
4.4.2	การตรวจสอบคุณสมบัติพลาสมาด้วย OES	82
บทที่ 5	สรุปและอภิปรายผลการวิจัย	86
5.1	สรุปผลการวิจัย	86
5.2	ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะของงานวิจัย	88
5.3	การนำผลวิจัยไปใช้ประโยชน์	89
บรรณานุกรม		91
ภาคผนวก		99
ภาคผนวก ก	ตารางการออกแบบการทดลองกับผลตอบที่ได้	100

ภาคผนวก ข	ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม Minitab	105
ประวัติผู้เขียน		120



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1	แสดงคุณสมบัติทางเคมีของสแตนเลสประเภท 316L 26
2.2	แสดงคุณสมบัติทางกลของสแตนเลสประเภท 316L 26
2.3	ตารางแสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพที่ได้ระหว่างก๊าซบริสุทธิ์และก๊าซผสม 34
2.4	ตารางเปรียบเทียบการทำปฏิกิริยาจากเชื้อด้วยเทคนิคพลาสมาไดอิเล็กทริกแบริเออร์ ดิสชาร์จที่ระดับพลังงานต่างๆ 35
3.1	แสดงรายละเอียดของปัจจัยที่มีผลและการกำหนดระดับของปัจจัยที่มีผลต่อการ ทดลอง 45
3.2	การออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียลเชิงเศษส่วนด้วยโปรแกรม Minitab 51 16.0
4.1	แสดงรายละเอียดของปัจจัย ระดับขอบเขตของปัจจัย และสัญลักษณ์สำหรับการ ทำการทดลองปฏิกิริยาจากเชื้อ <i>Escherichia coli</i> และ <i>Staphylococcus Aureus</i> 55
4.2	ตารางผลการทดลองทำปฏิกิริยาจากเชื้อ <i>Escherichia coli</i> ด้วยการออกแบบการ ทดลองแบบแฟคทอเรียลเชิงเศษส่วน 57
4.3	ตารางผลการทดลองทำปฏิกิริยาจากเชื้อ <i>Staphylococcus Aureus</i> ด้วยการออกแบบ การทดลองแบบแฟคทอเรียลเชิงเศษส่วน 59
4.4	ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ (Coefficient) สำหรับผลของการทดลองทำ ปฏิกิริยาจากเชื้อ <i>Escherichia coli</i> ด้วยการออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล เชิงเศษส่วน 67
4.5	ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ (Coefficient) สำหรับผลของการทดลองทำ ปฏิกิริยาจากเชื้อ <i>Staphylococcus Aureus</i> ด้วยการออกแบบการทดลองแบบ แฟคทอเรียลเชิงเศษส่วน 68
4.6	ตารางวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance) ของจำนวนการตาย 71

	ของเชื้อ <i>Escherichia coli</i> ด้วยเทคนิคพลาสมาไดอิเล็กทริกแบรีเออร์ดิซาร์จ	
4.7	ตารางวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance) ของจำนวนการตายของเชื้อ <i>Staphylococcus Aureus</i> ด้วยเทคนิคพลาสมาไดอิเล็กทริกแบรีเออร์ดิซาร์จ	72
4.8	แสดงค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัยที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์จำนวนการตายของเชื้อ <i>Escherichia coli</i>	75
4.9	แสดงค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัยที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์จำนวนการตายของเชื้อ <i>Staphylococcus Aureus</i>	76
4.10	แสดงผลการทดสอบยืนยันผลในกระบวนการทำปราศจากเชื้อ <i>Escherichia coli</i> ด้วยเทคนิคพลาสมาไดอิเล็กทริกแบรีเออร์ดิซาร์จ	80
4.11	แสดงผลการทดสอบยืนยันผลในกระบวนการทำปราศจากเชื้อ <i>Staphylococcus Aureus</i> ด้วยเทคนิคพลาสมาไดอิเล็กทริกแบรีเออร์ดิซาร์จ	81
5.1	ตารางแสดงพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดสำหรับการทดลองทำปราศจากเชื้อด้วยพลาสมาไดอิเล็กทริกแบรีเออร์ดิซาร์จกับเชื้อจุลินทรีย์	87
5.2	ผลการเปรียบเทียบประโยชน์จากกระบวนการทำปราศจากเชื้อสำหรับเครื่องกำเนิดพลาสมาไดอิเล็กทริกแบรีเออร์ดิซาร์จกับวิธีการทำปราศจากเชื้อแบบ Autoclave และการเปรียบเทียบกับการใช้สารละลายเอทิลีนออกไซด์(ETO) ในกระบวนการทำปราศจากเชื้อสำหรับอุปกรณ์ทางการแพทย์	89
1ก	ผลการออกแบบการทดลองของเชื้อ <i>Escherichia coli</i> แบบแฟคทอเรียลเชิงเศษส่วนกับจำนวนเชื้อแบคทีเรีย (logCFU/mL)	101
2ก	ผลการออกแบบการทดลองของเชื้อ <i>Staphylococcus Aureus</i> แบบแฟคทอเรียลเชิงเศษส่วนกับเชื้อแบคทีเรีย (logCFU/mL)	103

สารบัญภาพ

รูป		หน้า
2.1	ความแตกต่างของสถานะแก๊ส (Gas) และพลาสมา (Plasma)	6
2.2	แบบจำลองไดอิเล็กทริกแบรีเออร์ดิซาร์จโดยใช้คลื่นความถี่วิทยุเป็นแรงดันไฟฟ้า	9
2.3	แบบจำลองไดอิเล็กทริกแบรีเออร์ดิซาร์จโดยใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC pulse)	9
2.4	แสดงแบบจำลองของการเหนี่ยวนำของสนามไฟฟ้าจากประจุอนุภาคบนเซลล์	11
2.5	ปัจจัยและพารามิเตอร์ของกระบวนการ	16
2.6	ตัวอย่างรูปการทดลอง 2^2 แฟคทอเรียล	17
2.7	แสดงพื้นผิวผลตอบแบบสามมิติ	19
2.8	การหยดอาหารลงบนจานเพาะเชื้อ	21
2.9	ตัวอย่างของด้ามมีดผ่าตัดเบอร์ 3 เบอร์ 7 และเบอร์ 4 ตามลำดับ	24
2.10	จำนวนเชื้อ <i>Escherichia coli</i> หลังการทำพลาสมาที่ระยะเวลา 0 2 5 10 15 และ 20 นาที	33
3.1	แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำวิจัย	42
3.2	แสดงผังโครงสร้างเครื่องพลาสมาแบบไดอิเล็กทริกแบรีเออร์ดิซาร์จ	44
3.3	แสดงขั้นตอนการใส่เชื้อจุลินทรีย์บนด้ามมีดภายในตู้ปลอดเชื้อ(ซ้ำ)และด้ามมีดผ่าตัดที่ผ่านกระบวนการใส่เชื้อแล้ว (ขวา)	59
4.1	กราฟแบบปกติของส่วนโค้งของผลเปอร์เซ็นต์จำนวนการตายของเชื้อ <i>Escherichia coli</i> ด้วยเทคนิคพลาสมาไดอิเล็กทริกแบรีเออร์ดิซาร์จ	61
4.2	กราฟแบบปกติของส่วนโค้งของผลเปอร์เซ็นต์จำนวนการตายของเชื้อ <i>Staphylococcus Aureus</i> ด้วยเทคนิคพลาสมาไดอิเล็กทริกแบรีเออร์ดิซาร์จ	62
4.3	กราฟส่วนโค้งกับค่าการทำนายผลการทดลองสำหรับเปอร์เซ็นต์จำนวนการตายของเชื้อ <i>Escherichia coli</i> ด้วยเทคนิคพลาสมาไดอิเล็กทริกแบรีเออร์ดิซาร์จ	63

4.4	กราฟส่วนโค้งกับค่าการทำนายผลการทดลองสำหรับเปอร์เซ็นต์จำนวนการตายของเชื้อ <i>Staphylococcus Aureus</i> ด้วยเทคนิคพลาสมาไดอิเล็กทริกแบรีเออร์คิสซาร์จ	63
4.5	กราฟส่วนโค้งกับลำดับผลการทดลองสำหรับเปอร์เซ็นต์จำนวนการตายของเชื้อ <i>Escherichia coli</i> ด้วยเทคนิคพลาสมาไดอิเล็กทริกแบรีเออร์คิสซาร์จ	64
4.6	กราฟส่วนโค้งกับลำดับผลการทดลองสำหรับเปอร์เซ็นต์จำนวนการตายของเชื้อ <i>Staphylococcus Aureus</i> ด้วยเทคนิคพลาสมาไดอิเล็กทริกแบรีเออร์คิสซาร์จ	65
4.7	กราฟปกติ(Normal Plot)ของผลการทดลองแสดงเปอร์เซ็นต์จำนวนการตายของเชื้อ <i>Escherichia coli</i> ด้วยเทคนิคพลาสมาไดอิเล็กทริกแบรีเออร์คิสซาร์จ	73
4.8	กราฟปกติ(Normal Plot)ของผลการทดลองแสดงเปอร์เซ็นต์จำนวนการตายของเชื้อ <i>Staphylococcus Aureus</i> ด้วยเทคนิคพลาสมาไดอิเล็กทริกแบรีเออร์คิสซาร์จ	73
4.9	กราฟการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการทำปฏิกิริยาจากเชื้อ <i>Escherichia coli</i> ด้วยชุดคำสั่ง Response Optimizer	78
4.10	กราฟการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการทำปฏิกิริยาจากเชื้อ <i>Staphylococcus Aureus</i> ด้วยชุดคำสั่ง Response Optimizer	78
4.11	กราฟแสดงผลเทคนิค OES สำหรับการคิสซาร์จพลาสมาที่เงื่อนไขเพื่อทำให้เกิดการปฏิกิริยาจากเชื้อ <i>Escherichia coli</i>	82
4.12	กราฟแสดงผลเทคนิค OES สำหรับการคิสซาร์จพลาสมาที่เงื่อนไขเพื่อทำให้เกิดการปฏิกิริยาจากเชื้อ <i>Staphylococcus aureus</i>	83
4.13	กระบวนการคิสซาร์จพลาสมาบนด้ามมีดผ่าตัด	84
4.14	ผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างด้ามมีดที่มีปริมาณเชื้อเริ่มต้นมีปริมาณเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณเชื้อ 3.0×10^8 (ก) กับด้ามมีดที่ผ่านการทำปฏิกิริยาจากเชื้อ <i>Escherichia coli</i> (ข) ด้วยด้วยเทคนิคพลาสมาไดอิเล็กทริกแบรีเออร์คิสซาร์จ	84
4.15	ผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างด้ามมีดที่มีปริมาณเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณเชื้อ 3.0×10^8 (ก) กับด้ามมีดที่ผ่านการทำปฏิกิริยาจากเชื้อ <i>Staphylococcus aureus</i> (ง) ด้วยด้วยเทคนิคพลาสมาไดอิเล็กทริกแบรีเออร์คิสซาร์จ	85