

บทที่ 4

ผลการดำเนินงานวิจัย

การออกแบบการทดลองเพื่อวิเคราะห์หาสภาวะของปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการทำปฏิกิริยาจากเชื้อแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิด คือ *Escherichia coli* ซึ่งเป็นตัวแทนของแบคทีเรียแกรมลบและ *Staphylococcus Aureus* ซึ่งเป็นตัวแทนของแบคทีเรียแกรมบวก โดยนำผลการทดลองที่ได้ไปเปรียบเทียบกับวิธีการทำปฏิกิริยาจากเชื้อในโรงพยาบาล คือ การใช้สารเคมีและการอบฆ่าเชื้อด้วยความร้อน ซึ่งต้องใช้ระยะเวลาในกระบวนการรวม 1 ชั่วโมง 15 นาที ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ในขณะที่งานวิจัยส่วนใหญ่ที่ศึกษาเกี่ยวกับพลาสมาเพื่อกระบวนการทำปฏิกิริยาจากเชื้อนั้น ใช้ระยะเวลาที่ต่ำกว่า โดยมีการดำเนินงานวิจัยตามกรอบการออกแบบการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้ดังต่อไปนี้

4.1 ผลการทดลองจากการใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง

การออกแบบการทดลองได้ทำการทดลองแบบครึ่งจำนวนซึ่งมีจำนวนเงื่อนไขสำหรับการออกแบบการทดลองเป็น 8 เงื่อนไข (2^3) เป็นการทดลองแฟกทอเรียลเชิงเศษส่วนแบบ $\frac{1}{4}$ (The- One quarter fractional of the 2^k design) ซึ่งเหมาะสมสำหรับการออกแบบการทดลองที่มีข้อจำกัดในด้านทรัพยากรสำหรับกระบวนการ จากผลการทดสอบ พบว่า การทำการทดลองนี้มีตัวเลขแสดงคุณสมบัติของตารางการออกแบบการทดลอง คือ Resolution III ส่งผลต่อการวิเคราะห์ที่มีการปนกันของผลกระทบหลักกับผลกระทบร่วมระหว่างสองปัจจัยและผลกระทบร่วมอันดับสูง ส่วนผลกระทบร่วมระหว่างสองปัจจัยจะปนกับผลกระทบร่วมระหว่างสองปัจจัยและผลกระทบร่วมอันดับสูง ทำให้การแปลผลสมการโครงสร้างแฝงเพื่อพิจารณาว่าผลกระทบใดบ้างมีนัยสำคัญทำได้ซับซ้อนมากขึ้น

การวิเคราะห์ผลสำหรับตัวเลขแสดงคุณสมบัติของตารางระดับ III มีผลทำให้การแปลผลของผลตอบที่ได้เกิดความคลาดเคลื่อน การเพิ่มเติมการออกแบบการทดลองโดยการกลับเงื่อนไขของปัจจัยทั้งหมดจากชุดที่ 1 และนำข้อมูลทั้ง 2 (Full Fold over) ชุดมาวิเคราะห์ร่วมกันจะทำให้การแปล

ผลการทดลองง่ายขึ้น พิจารณาได้จากกราฟที่ตัวเลขคุณสมบัติของการออกแบบการทดลองเพิ่มขึ้นเป็น Resolution IV

จากการวางแผนการดำเนินงานวิจัยตามบทที่ 3 ที่ได้กล่าวไว้ และทำการกำหนดระดับปัจจัยตามเงื่อนไขของการออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียลเชิงเศษส่วน โดยแบ่งการทดลองเป็นแต่ละเชื้อ คือ *Escherichia coli* และ *Staphylococcus Aureus* แล้วทำการวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพในกระบวนการทำปราศจากเชื้อด้วยพลาสมา ซึ่งได้ทำการออกแบบการทดลองเป็น 2 ระดับ คือ ระดับสูง (+) และระดับต่ำ (-) จะได้เป็น 2^{5-2} ทำการคัดกรองปัจจัยที่มีผลเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการทำปราศจากเชื้อบนด้ามมีดผ่าตัด และรายงานผลจากจำนวนของเชื้อแบคทีเรียที่เจริญคือเป็น $\log_{10}$ เปรียบเทียบกับปริมาณเชื้อที่ความเข้มข้นเริ่มต้นแล้วคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย เพื่อให้ได้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อโดยมีปริมาณของเชื้อแบคทีเรียที่ยอมรับ 0 CFU โดยกำหนดปัจจัยหลักที่เกี่ยวข้อง 5 ปัจจัย และมีผลตอบ คือ เปอร์เซ็นต์ การรอดชีวิตของเชื้อแบคทีเรีย ซึ่งการกำหนดระดับของปัจจัยนี้ดังที่กล่าวไว้แล้วในบทที่ 3 ทั้งนี้ผู้วิจัยขอนำตารางดังกล่าวมาอ้างอิงอีกครั้งเพื่อให้เป็นที่เข้าใจ ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงรายละเอียดของปัจจัย ระดับขอบเขตของปัจจัย และสัญลักษณ์สำหรับการทำการทดลองปราศจากเชื้อ *Escherichia coli* และ *Staphylococcus Aureus*

ปัจจัยที่ศึกษา	ระดับของปัจจัย		สัญลักษณ์
	ต่ำ (-1)	สูง (+1)	
1) ระยะห่างระหว่างขั้วแอโนดของการเกิดพลาสมา กับ ผลิตภัณฑ์ (มิลลิเมตร)	3.8	5.0	A
2) ระยะเวลาในกระบวนการ (นาทีก)	5	10	B
3) กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	80	180	C
4) ชนิดของก๊าซที่เลือกใช้	Ar	Ar/O ₂	D
5) อัตราการไหลของก๊าซอาร์กอน (ลิตรต่อนาที)	10	22	E

จากการกำหนดขอบเขตของปัจจัยสำหรับการศึกษา และทำการออกแบบการทดลอง โดยทำการทดลองพื้นฐานเบื้องต้นเพื่อการทำปราศจากเชื้อโดยตรวจสอบว่าปริมาณของเชื้อแบคทีเรียที่ความเข้มข้นที่เหมาะสมสำหรับการทดลองระหว่าง 0.5 McFarland กับ 1 McFarland โดยจากการทดลอง

เบื้องต้นพบว่าที่ปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่เหมาะสมสำหรับการตรวจนับและรายงานผล คือ 1 McFarland หรือมีจำนวนแบคทีเรียประมาณ 3.0×10^8 CFU/mL ทำให้จำนวนของแบคทีเรียที่ระดับความเข้มข้น 0.5 McFarland เมื่อผ่านกระบวนการทำพลาสมาแล้วตามเงื่อนไขขอบเขตของปัจจัยที่กำหนดไม่พบการเจริญบนอาหารแข็งจึงไม่เหมาะต่อการตรวจนับและรายงานผล และหากกำหนดปัจจัยที่ระดับต่ำลงสำหรับเครื่องกำเนิดพลาสมาไดอิเล็กทริกแบริเออร์ดิสชาร์จ์นี้จะไม่สามารถให้กำเนิดพลาสมาที่เสถียรได้ จึงทำการทดลองเพิ่มระดับความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรียเพื่อให้เหมาะสมต่อการตรวจนับเชื้อแบคทีเรียบนอาหารเลี้ยงเชื้อ

4.1.1 ผลการทดลองทำปราศจากเชื้อด้วยเทคนิคพลาสมาไดอิเล็กทริกแบริเออร์ดิสชาร์จ์สำหรับเชื้อ *Escherichia coli* และ *Staphylococcus Aureus*

กระบวนการทำปราศจากเชื้อได้อธิบายขั้นตอนไว้ตามบทที่ 3 โดยมีผลของการทดลองตามขั้นตอนการออกแบบการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.2 และ 4.3 ต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.2 ตารางผลการทดลองทำปราคาจากเชื้อ *Escherichia coli* ด้วยการออกแบบการทดลองแบบ แฟกทอเรียลเชิงเศษส่วน

Std Order	Run Order	CenterPt	Blocks	A	B	C	D	E	y
31	1	1	1	1	-1	-1	1	1	100.00
15	2	1	1	1	-1	-1	1	1	100.00
8	3	1	1	1	1	1	1	1	100.00
6	4	1	1	1	-1	1	-1	1	66.13
30	5	1	1	-1	1	-1	1	-1	100.00
22	6	1	1	1	-1	1	-1	1	50.56
5	7	1	1	-1	-1	1	1	-1	42.12
32	8	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	31.68
23	9	1	1	-1	1	1	-1	-1	81.93
27	10	1	1	1	-1	1	1	-1	30.76
19	11	1	1	-1	1	-1	-1	1	100.00
14	12	1	1	-1	1	-1	1	-1	100.00
34	13	0	1	0	0	0	1	0	35.86
28	14	1	1	-1	-1	1	-1	1	62.67
11	15	1	1	1	-1	1	1	-1	35.68
20	16	1	1	1	1	-1	1	-1	41.42
1	17	1	1	-1	-1	-1	1	1	42.88
29	18	1	1	1	1	-1	-1	1	100.00
12	19	1	1	-1	-1	1	-1	1	56.17
13	20	1	1	1	1	-1	-1	1	100.00
24	21	1	1	1	1	1	1	1	100.00
3	22	1	1	-1	1	-1	-1	1	100.00

ตารางที่ 4.2 (ต่อ) ตารางผลการทดลองทำปฏิกิริยาจากเชื้อ *Escherichia coli* ด้วยการออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียลเชิงเศษส่วน

Std Order	Run Order	CenterPt	Blocks	A	B	C	D	E	y
26	23	1	1	-1	1	1	1	1	100.00
10	24	1	1	-1	1	1	1	1	100.00
33	25	0	1	0	0	0	-1	0	100.00
16	26	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	44.37
17	27	1	1	-1	-1	-1	1	1	20.18
18	28	1	1	1	-1	-1	-1	-1	100.00
9	29	1	1	1	1	1	-1	-1	61.51
7	30	1	1	-1	1	1	-1	-1	88.93
21	31	1	1	-1	-1	1	1	-1	48.79
35	32	0	1	0	0	0	-1	0	100.00
25	33	1	1	1	1	1	-1	-1	77.51
36	34	0	1	0	0	0	1	0	46.13
4	35	1	1	1	1	-1	1	-1	52.31
2	36	1	1	1	-1	-1	-1	-1	100.00

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.3 ตารางผลการทดลองทำปฏิกิริยาจากเชื้อ *Staphylococcus Aureus* ด้วยการออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียลเชิงเศษส่วน

Std Order	Run Order	Center Pt	Blocks	A	B	C	D	E	y
31	1	1	1	1	-1	-1	1	1	100.00
15	2	1	1	1	-1	-1	1	1	100.00
8	3	1	1	1	1	1	1	1	100.00
6	4	1	1	1	-1	1	-1	1	65.07
30	5	1	1	-1	1	-1	1	-1	100.00
22	6	1	1	1	-1	1	-1	1	67.98
5	7	1	1	-1	-1	1	1	-1	100.00
32	8	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	52.52
23	9	1	1	-1	1	1	-1	-1	76.01
27	10	1	1	1	-1	1	1	-1	38.31
19	11	1	1	-1	1	-1	-1	1	100.00
14	12	1	1	-1	1	-1	1	-1	100.00
34	13	0	1	0	0	0	1	0	50.36
28	14	1	1	-1	-1	1	-1	1	39.07
11	15	1	1	1	-1	1	1	-1	31.68
20	16	1	1	1	1	-1	1	-1	75.82
1	17	1	1	-1	-1	-1	1	1	44.68
29	18	1	1	1	1	-1	-1	1	31.47
12	19	1	1	-1	-1	1	-1	1	45.07
13	20	1	1	1	1	-1	-1	1	20.09
24	21	1	1	1	1	1	1	1	100.00
3	22	1	1	-1	1	-1	-1	1	100.00

ตารางที่ 4.3 (ต่อ) ตารางผลการทดลองทำปราชจากเชื้อ *Staphylococcus Aureus* ด้วยการออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียลเชิงเศษส่วน

Std Order	Run Order	Center Pt	Blocks	A	B	C	D	E	y
26	23	1	1	-1	1	1	1	1	100.00
10	24	1	1	-1	1	1	1	1	100.00
33	25	0	1	0	0	0	-1	0	100.00
16	26	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	53.88
17	27	1	1	-1	-1	-1	1	1	48.12
18	28	1	1	1	-1	-1	-1	-1	67.90
9	29	1	1	1	1	1	-1	-1	78.31
7	30	1	1	-1	1	1	-1	-1	86.74
21	31	1	1	-1	-1	1	1	-1	100.00
35	32	0	1	0	0	0	-1	0	100.00
25	33	1	1	1	1	1	-1	-1	63.84
36	34	0	1	0	0	0	1	0	50.36
4	35	1	1	1	1	-1	1	-1	75.82
2	36	1	1	1	-1	-1	-1	-1	70.99

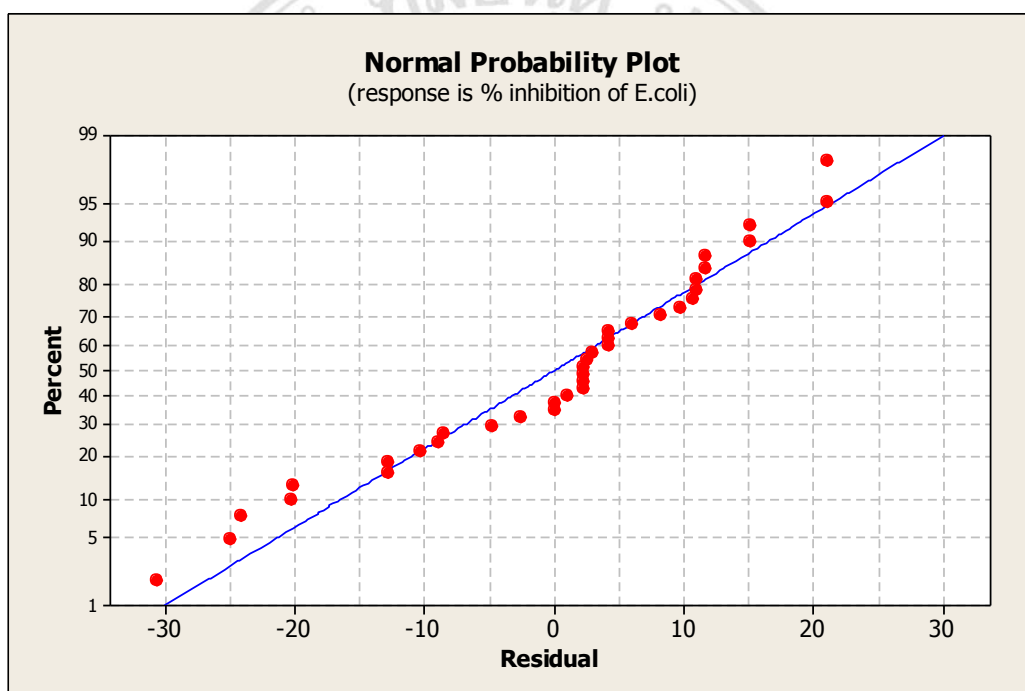
จากข้อมูลผลการทดลองตามตารางที่ 4.2 จนถึงตารางที่ 4.3 ผลการทดลองทำปราชจากเชื้อ *Escherichia coli* และ *Staphylococcus Aureus* ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม Minitab16

4.1.2 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Model Adequacy Checking)

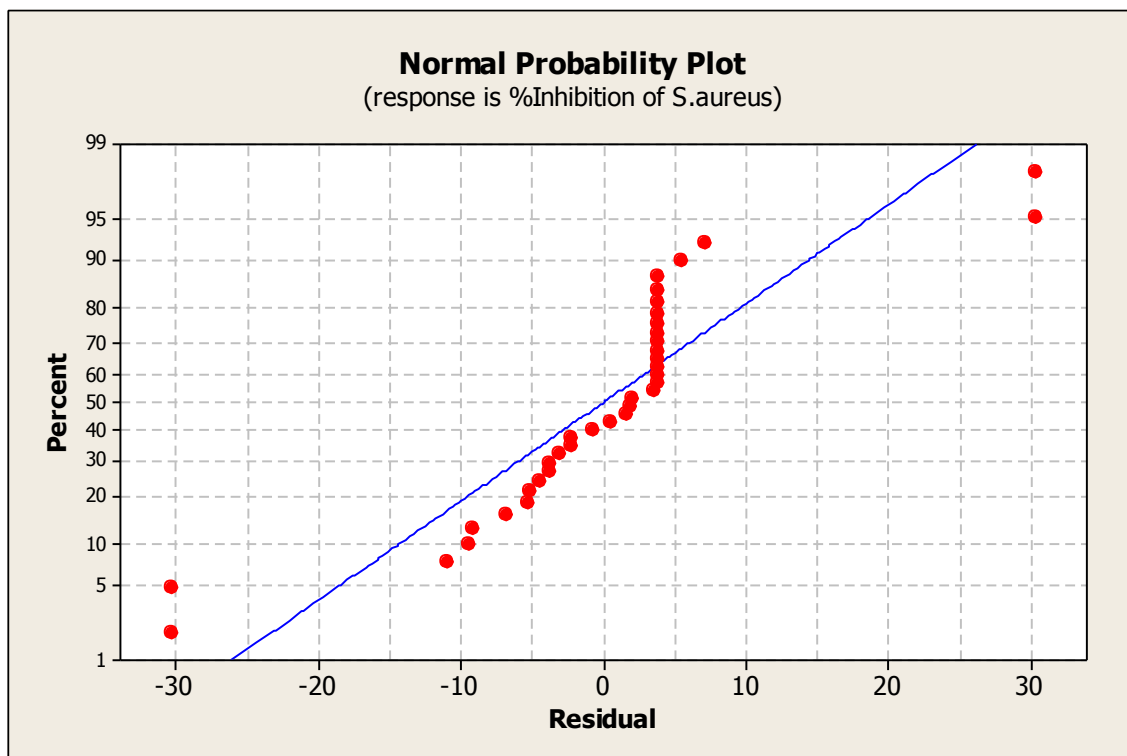
การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองที่มีผลการทดลองเป็นเปอร์เซ็นต์จำนวนการตายของเชื้อแบคทีเรียทั้งสองชนิด ตรวจสอบโดยวิเคราะห์คุณภาพของข้อมูลผลการทดลองที่ได้ว่ามีความเหมาะสมสอดคล้องกันของข้อมูลกับข้อกำหนดเบื้องต้น โดยทำการตรวจสอบคุณภาพของข้อมูลตามวิธีการของ D.C.Montgomery ดังนี้

- 1) พิจารณาจากการกระจายตัวของแบบปกติ (Normal Distribution) ของส่วนค้าง (Residual) เพื่อดูลักษณะของข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติหรือไม่ จากรูปที่ 4.1

พบว่าการกระจายตัวของข้อมูล คือ เปอร์เซ็นต์ ของการตายของเชื้อจากการทดลองทำปราศจากเชื้อ *Escherichia coli* คือ ข้อมูลมีแนวโน้มเป็นเส้นตรง ไม่เบี่ยงเบนไปจากเส้นตรงดังกล่าวอย่างเด่นชัด และไม่มีรูปแบบใดๆ แสดงว่าข้อมูลมีแนวโน้มของการกระจายตัวแบบปกติ ส่วนผลการทดลองทำปราศจากเชื้อ *Staphylococcus Aureus* มีเปอร์เซ็นต์ การตายของจำนวนเชื้อที่มีแนวโน้มการกระจายตัวของข้อมูลอยู่บนเส้นตรง คือมีส่วนค้ำหรือค่าความผิดพลาดส่วนใหญ่ตกอยู่ในแนวของเส้นตรงที่ลากผ่าน แสดงว่าข้อมูลที่ได้มีการกระจายตัวของข้อมูลแบบปกติ ดังแสดงในรูปที่ 4.2

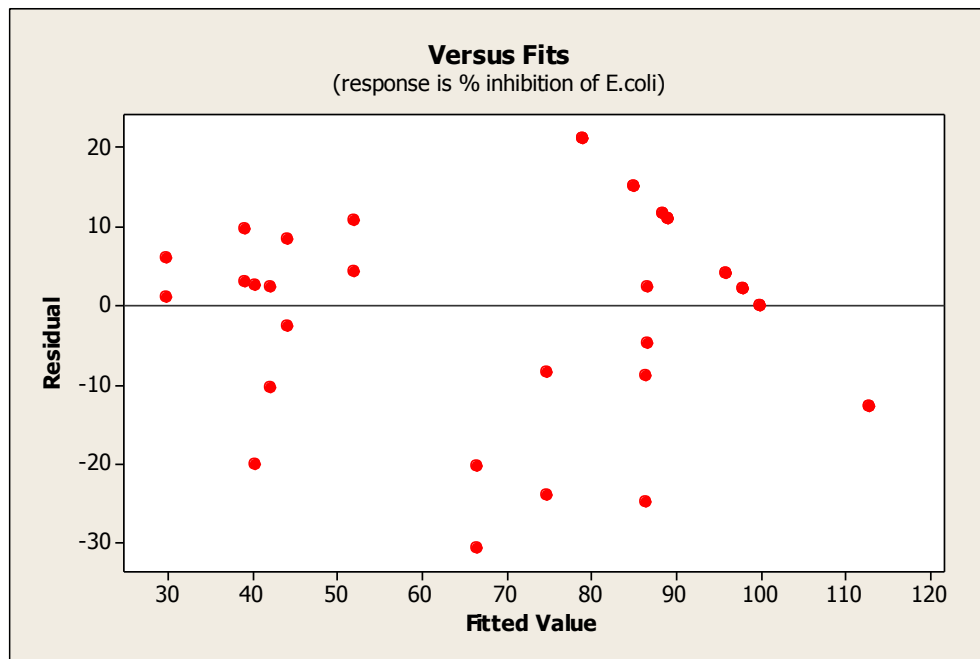


รูปที่ 4.1 กราฟแบบปกติของส่วนค้ำของผลเปอร์เซ็นต์จำนวนการตายของเชื้อ *Escherichia coli* ด้วยเทคนิคพลาสมาไดอิเล็กทริกแบรีเออร์ดิซซาร์จ

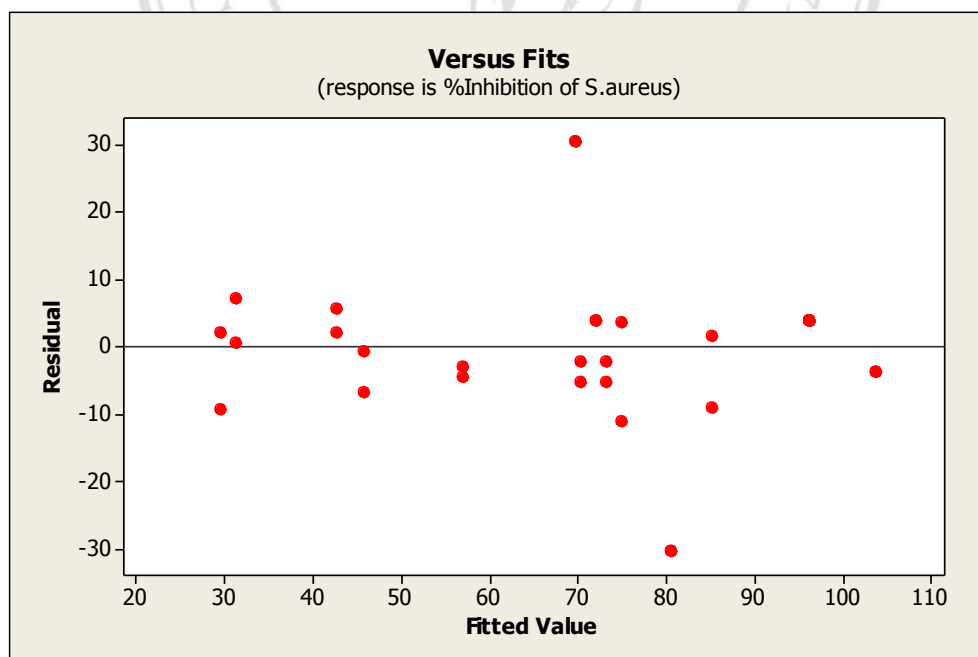


รูปที่ 4.2 กราฟแบบปกติของส่วนค้างของผลเปอร์เซ็นต์จำนวนการตายของเชื้อ *Staphylococcus Aureus* ด้วยเทคนิคพลาสมาไดอิเล็กทริกแบรีเออร์ดิซาร์จ

2) การพิจารณาจากความเสถียรของความแปรปรวน (Variance Stability) โดยแสดงได้จากกราฟรูปที่ 4.3 และรูปที่ 4.4 เป็นกราฟการกระจายตัวของความคลาดเคลื่อน (Residual) ของส่วนค้างกับค่าที่ได้จากการทดลอง (Fitted Values) จากแบบจำลองจำนวนการตายของเชื้อ *Escherichia coli* และเชื้อ *Staphylococcus Aureus* ด้วยเทคนิคพลาสมาไดอิเล็กทริกแบรีเออร์ดิซาร์จ พบว่า ผลของข้อมูลที่ได้ไม่มีรูปแบบของการกระจายตัว มีการกระจายทั้งบวกและลบ แสดงว่าข้อมูลมีความแปรปรวนคงที่ (Constant Variance Assumption) ไม่เปลี่ยนแปลงตามลำดับของปัจจัย หรือขึ้นอยู่กับค่าพยากรณ์ของผลตอบ



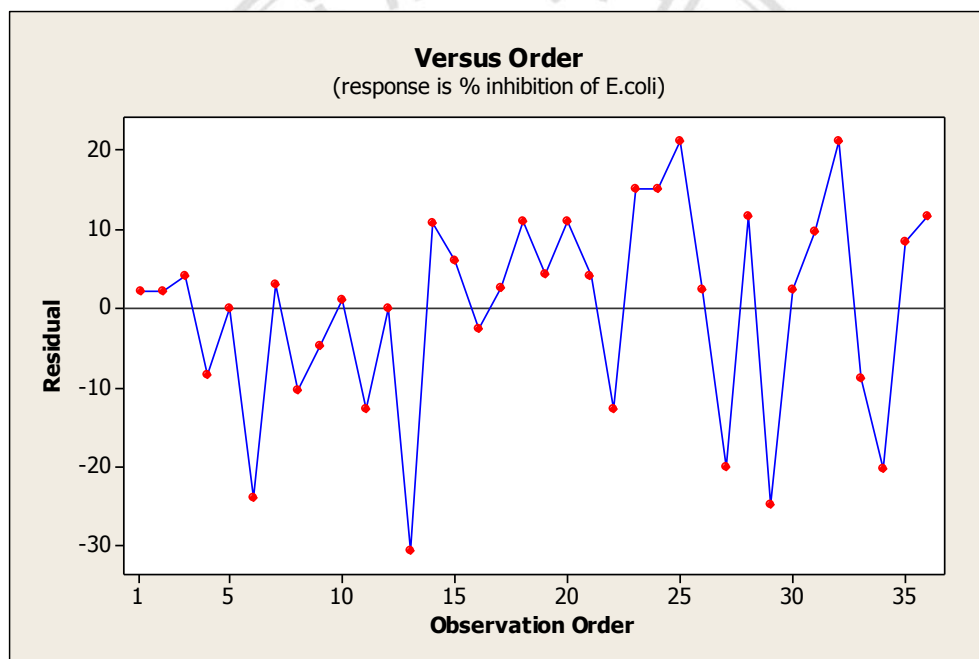
รูปที่ 4.3 กราฟส่วนค้างกับค่าการทำนายผลการทดลองสำหรับเปอร์เซ็นต์จำนวนการตายของเชื้อ *Escherichia coli* ด้วยเทคนิคพลาสมาไดอิเล็กทริกแบรีเออร์ดิสชาร์จ



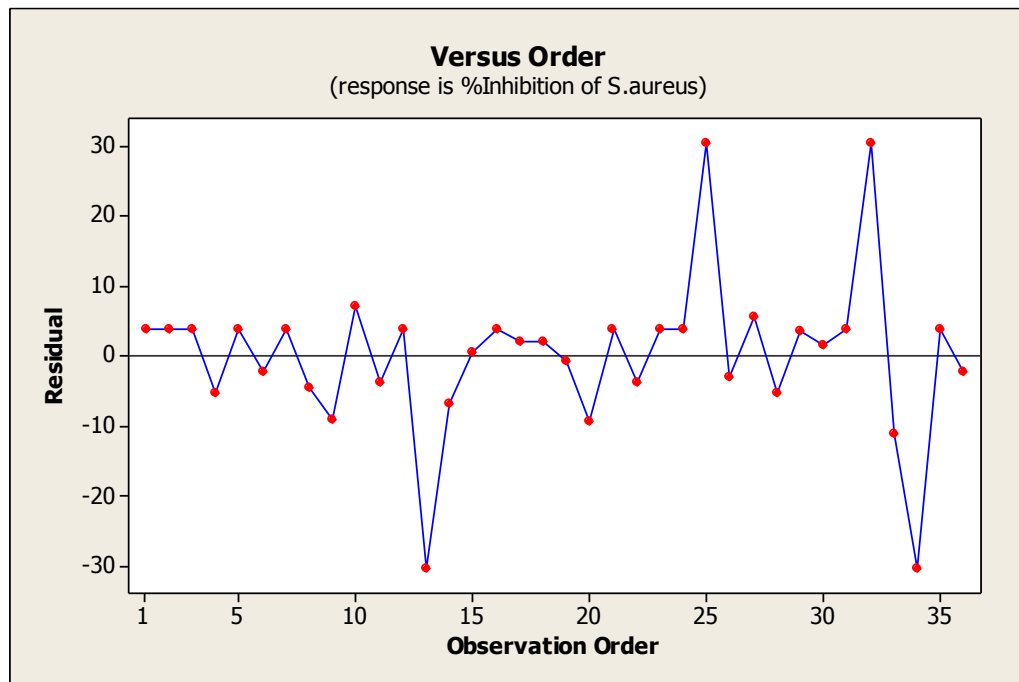
รูปที่ 4.4 กราฟส่วนค้างกับค่าการทำนายผลการทดลองสำหรับเปอร์เซ็นต์จำนวนการตายของเชื้อ *Staphylococcus Aureus* ด้วยเทคนิคพลาสมาไดอิเล็กทริกแบรีเออร์ดิสชาร์จ

3) การตรวจสอบค่าความอิสระของส่วนตกค้าง (Independence Assumption)

เป็นกราฟการกระจาย (Scatter Plot) ระหว่างส่วนตกค้างกับลำดับในการทดลอง (Observation Order) เพื่อพิจารณาความสัมพันธ์หรือมีแนวโน้มหรือไม่ ถ้าส่วนค้างมีการกระจายตัวแบบสุ่มหรือการไม่มีรูปแบบของความสัมพันธ์ที่ชัดเจน แสดงถึงความ เป็นอิสระต่อกันของข้อมูล ดังรูปกราฟที่ 4.5 และ 4.6 กราฟแสดงส่วนตกค้างกับลำดับการทดลองทำปราชจากเชื้อของ *Escherichia coli* และ *Staphylococcus Aureus* ด้วยเทคนิค พลาสมาไดอิเล็กทริกแบรีเออร์ดิซาร์จ



รูปที่ 4.5 กราฟส่วนค้างกับลำดับผลการทดลองสำหรับเปอร์เซ็นต์จำนวนการตายของเชื้อ *Escherichia coli* ด้วยเทคนิคพลาสมาไดอิเล็กทริกแบรีเออร์ดิซาร์จ



รูปที่ 4.6 กราฟส่วนค้างกับลำดับผลการทดลองสำหรับเปอร์เซ็นต์จำนวนการตายของเชื้อ *Staphylococcus Aureus* ด้วยเทคนิคพลาสมาไดอิเล็กทริกแบรีเออร์ดิสซาร์จ

จากการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองคือการตรวจสอบส่วนตกค้างของข้อมูลจากการทดลอง สามารถสรุปได้ว่า ข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ มีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์ มีความแปรปรวนคงที่ และมีการกระจายตัวเป็นอิสระ สามารถอนุมานได้ว่าข้อมูลนี้นำไปใช้วิเคราะห์ผลกระทบของปัจจัยตามขั้นตอนต่อไป

4.1.3 การตรวจสอบสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (Coefficient of Determination)

วิเคราะห์จากค่า R^2 (R-Square) ซึ่งเป็นค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ บ่งบอกถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระว่ามีความสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใดนำไปสู่การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง อธิบายจากสมการถดถอยของความสัมพันธ์แสดงถึงความสามารถในการผันผวน (Variation) ของตัวแปรระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระว่ามากน้อยเพียงใดในแบบจำลอง โดยที่ค่า R^2 มีค่าตั้งแต่ 0 – 1 หรือ 0 – 100% หากว่าค่า R^2 มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่า สมการที่ได้มีประสิทธิภาพสูง ถ้าเข้าใกล้ 0 แสดงว่า สมการที่ได้มีประสิทธิภาพต่ำ และไม่

น่าเชื่อถือ ในการศึกษาความสัมพันธ์จึงต้องการให้ ค่า R^2 เข้าใกล้ 1 แสดงว่าแบบจำลองนั้นมีความพอเพียงในการฟิตข้อมูลและเป็นแบบจำลองที่ดี

สำหรับการทดลองทำปฏิกิริยาจากเชื้อบนด้ามมีดฆ่าด้วยเชื้อแบคทีเรียทั้ง 2 แสดง ค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ หรือ ค่า R^2 ที่มีผลตอบเป็นเปอร์เซ็นต์ของจำนวนแบคทีเรียที่ตาย โดยค่า R-Square ของกระบวนการทำปฏิกิริยาจากเชื้อ *Escherichia coli* เท่ากับ 88.35% และ R-Square ของกระบวนการทำปฏิกิริยาจากเชื้อ *Staphylococcus Aureus* เท่ากับ 81.05% ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.6 และ 4.7 ซึ่งจากการพิจารณาค่า R-Square ดังกล่าวนี้เป็นค่าสัมประสิทธิ์ที่น่าพึงพอใจ แสดงว่าแบบจำลองมีความพอเพียงในการฟิตข้อมูล และแบบจำลองมีความเหมาะสมสามารถนำไปสร้างสมการการทำนายผลต่อไปได้



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ (Coefficient) สำหรับผลของการทดลองทำปฏิกิริยาจากเชื้อ *Escherichia coli* ด้วยการออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียลเชิงเศษส่วน

Term	Effect	Coefficients	SE Coefficients	T	P
Constant		72.99	2.298	31.76	0.000
A	6.01	3.00	2.298	1.31	0.207
B	29.48	14.74	2.298	6.41	0.000
C	-8.13	-4.06	2.298	-1.77	0.093
D	-12.52	-6.26	2.166	-2.89	0.009
E	16.35	8.17	2.298	3.56	0.002
AB	-23.27	-11.64	2.298	-5.06	0.000
AC	-13.32	-6.66	2.298	-2.90	0.009
AD	-5.23	-2.62	2.298	-1.14	0.269
AE	10.84	5.42	2.298	2.36	0.029
BC	10.15	5.07	2.298	2.21	0.040
BD	4.69	2.34	2.298	1.02	0.321
BE	8.20	4.10	2.298	1.78	0.090
ABC	22.62	11.31	2.298	4.92	0.000
ABD	-4.07	-2.04	2.298	-0.89	0.387
ABE	6.43	3.21	2.298	1.40	0.178
Ct Pt		-2.49	6.893	-0.36	0.722
R-Sq = 88.35%			R-Sq (adj) = 78.54%		

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ (Coefficient) สำหรับผลของการทดลองทำปฏิกิริยาจากเชื้อ *Staphylococcus Aureus* ด้วยการออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียลเชิงเศษส่วน

Term	Effect	Coefficients	SE Coefficients	T	P
Constant		72.92	2.692	27.09	0.000
A	-9.93	-4.96	2.692	-1.84	0.081
B	17.68	8.84	2.692	3.28	0.004
C	3.17	1.59	2.692	0.59	0.563
D	10.90	5.45	2.538	2.15	0.045
E	-0.64	-0.32	2.692	-0.12	0.906
AB	-17.25	-8.62	2.692	-3.20	0.005
AC	-2.79	-1.39	2.692	-0.52	0.611
AD	1.03	0.51	2.692	0.19	0.850
AE	10.88	5.44	2.692	2.02	0.058
BC	9.54	4.77	2.692	1.77	0.092
BD	5.93	2.96	2.692	1.10	0.285
BE	0.02	0.01	2.692	0.00	0.997
ABC	24.81	12.41	2.692	4.61	0.000
ABD	14.05	7.03	2.692	2.61	0.017
ABE	-20.82	-10.41	2.692	-3.87	0.001
Ct Pt		4.96	8.076	0.28	0.782
R-Sq = 81.05%			R-Sq (adj) = 65.08%		

4.1.4 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance)

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อคัดกรองปัจจัยที่มีนัยสำคัญ สามารถพิจารณาจากค่าพี (P-Value) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ หรือค่าที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ ถ้าปัจจัยที่มีนัยสำคัญต่อผลตอบมีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 แสดงว่าไม่ปฏิเสธสมมติฐานหลัก นั่นคือ ยอมรับ H_0 กล่าวคือ ผลกระทบดังกล่าวมีผลต่อผลตอบอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าหากปัจจัยไม่มีนัยสำคัญต่อผลตอบมีค่า P-Value มากกว่า 0.05 แสดงว่าปฏิเสธสมมติฐานหลัก นั่นคือ ยอมรับ H_1 แสดงว่า ผลกระทบดังกล่าวไม่มีผลต่อผลตอบอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ข้อมูลจากตารางที่ 4.4 ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ ปัจจัยหลัก (Main effect) ที่ส่งผลกระทบได้แก่ B คือ ระยะเวลาในกระบวนการ D คือ ชนิดของก๊าซที่เลือกใช้ในกระบวนการ และ E คือ อัตราการไหลของก๊าซอาร์กอน เนื่องจากมีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 แสดงว่าปัจจัยหลักทั้งสองมีผลกระทบต่อกระบวนการทำปฏิกิริยาจากเชื้อ *Escherichia coli* ด้วยเทคนิคพลาสมาไดอิเล็กทริกแบริเออร์ดิสชาร์จ สำหรับผลกระทบของอันตรกิริยา (Interaction Term) ได้แก่ A*B A*E B*C B*E และ A*B*C ซึ่งสอดคล้องกับรูปที่ 4.7 ซึ่งเป็นกราฟปกติของผลกระทบ (Normal Plot) พิจารณาจากผลกระทบใดบ้างที่มีนัยสำคัญ โดยนำผลกระทบทุกเทอมมาพล็อตร่วมกัน พบว่า จากผลกระทบเทอมที่ไม่มีนัยสำคัญและมีค่าเฉลี่ยที่ศูนย์จะตกอยู่บนเส้นตรงตามรูปที่ 4.7 และ 4.8 หรือพื้นที่ใกล้เคียงและเส้นดังกล่าวจะลากผ่านผลกระทบส่วนใหญ่ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลกระทบนั้นไม่มีนัยสำคัญแต่ผลกระทบดังกล่าวเกิดจากความผันแปรจากตัวแปรสุ่มแบบปกติ และถ้าผลกระทบใดอยู่ในตำแหน่งห่างจากเส้นตรงนี้ออกไป กล่าวคือยิ่งระยะห่างมากยิ่งมีนัยสำคัญมากขึ้นเท่านั้น และมีค่าเฉลี่ยของผลกระทบนั้นๆ ไม่เท่ากับศูนย์

การพิจารณาถึงรูปแบบของแบบจำลองถดถอยว่ามีความเป็น Quadratic Curvature หรือไม่ กรณีที่มีจะต้องทำการเพิ่มเทอมกำลังสองลงในสมการ นั่นคือมีแบบจำลองอันดับที่สองในสมการ เนื่องจากสมการอันดับหนึ่งไม่เหมาะสม โดยมีวิธีการตรวจสอบแบบจำลองมีความสัมพันธ์เป็นเส้นโค้งได้จากการออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล 2 ระดับ มีข้อกำหนดเบื้องต้นว่าแบบจำลองมีความสัมพันธ์เชิงเส้น โค้งประกอบด้วยผลกระทบหลักและผลกระทบร่วม โดยปกติทั่วไปแล้วผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยอันดับต่ำเท่านั้นที่มักส่งผลกระทบต่อกระบวนการอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งแม้เทอมเหล่านั้นจะส่งผลให้ระนาบพื้นผิวมีความเป็นเส้นโค้ง (Curvature) แต่ก็ใกล้เคียงเส้นตรง ส่วนผลกระทบร่วมระหว่างหลายปัจจัยที่มีอันดับสูงขึ้น (มากกว่า 3 ปัจจัย) จะส่งผลให้ระนาบมีความเป็นเส้นโค้งมากขึ้นแต่เทอมเหล่านั้นมักไม่มีผลกระทบต่อกระบวนการอย่างมีนัยสำคัญ การทดลองซ้ำเพิ่มเติมที่จุดกึ่งกลางจะสามารถตรวจสอบความเป็นเส้นโค้งของแบบจำลองได้ โดยวิเคราะห์ที่ค่า P-

Value ของ Curvature ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ จากตารางที่ 4.4 ค่า P-Value เท่ากับ 0.7220 แสดงว่าไม่ปฏิเสธสมมติฐานหลัก นั่นคือ ขอมรับ H_0 แสดงว่า ผลรวมของสัมประสิทธิ์ของควอดราติกเทอมเท่ากับศูนย์ ถ้าสมมติฐานหลักดังกล่าวเป็นจริงแสดงว่าไม่จำเป็นต้องเพิ่มควอดราติกเทอมในแบบจำลอง นั่นคือ แบบจำลองเชิงเส้นรวมผลกระทบรวมเหมาะสมแล้วและไม่ต้องการทดลองเพิ่มเติม

ข้อมูลจากตารางที่ 4.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนจากเปอร์เซ็นต์ จำนวนการตายของเชื้อ *Staphylococcus Aureus* ด้วยเทคนิคพลาสมาไดออกไซด์ทริกแบรีเออร์ดิซซาร์จ พิจารณาค่า P-Value ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ หรือค่าที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ ปัจจัยหลักที่มีนัยสำคัญต่อผลตอบมีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 ได้แก่ ปัจจัย B คือ ระยะเวลาในกระบวนการ และปัจจัย D คือ ชนิดของก๊าซที่เลือกใช้ในกระบวนการ แสดงว่าไม่ปฏิเสธสมมติฐานหลัก นั่นคือ ขอมรับ H_0 กล่าวคือ ผลกระทบดังกล่าวมีผลต่อผลตอบอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ สำหรับผลกระทบรวมอื่นที่มีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 ได้แก่ A*B*C A*B*D และ A*B*E สอดคล้องกับรูปที่ 4.8 แสดงกราฟปกติของผลกระทบที่มีนัยสำคัญ แต่ทั่วไปคาดว่าผลกระทบรวมอันดับสูงไม่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการอย่างมีนัยสำคัญ ร่วมกับการวิเคราะห์ที่ค่า P-Value ของ Curvature ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ จากตารางที่ 4.5 ค่า P-Value เท่ากับ 0.7820 แสดงว่าไม่ปฏิเสธสมมติฐานหลัก นั่นคือ ขอมรับ H_0 แสดงว่า ผลรวมของสัมประสิทธิ์ของควอดราติกเทอมเท่ากับศูนย์ ถ้าสมมติฐานหลักดังกล่าวเป็นจริงแสดงว่าไม่จำเป็นต้องเพิ่มควอดราติกเทอมในแบบจำลอง นั่นคือ แบบจำลองเชิงเส้นรวมผลกระทบรวมเหมาะสมแล้วและไม่ต้องการทดลองเพิ่มเติม

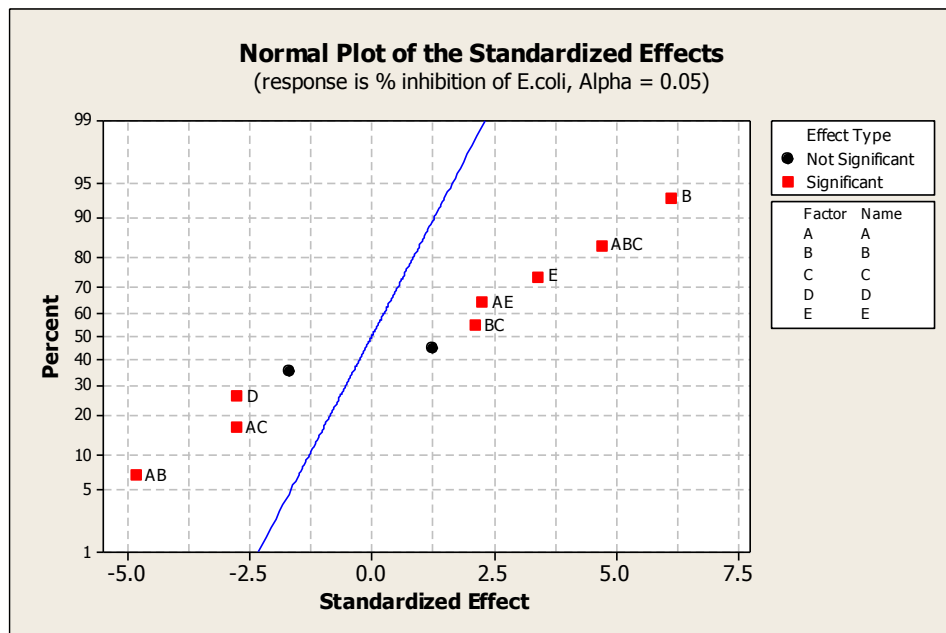
ดังนั้นจากการตรวจสอบความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์จำนวนการตายของเชื้อแบคทีเรีย *Escherichia coli* และ *Staphylococcus Aureus* พบว่า รูปแบบของแบบจำลองการถดถอยเป็นแบบจำลองอันดับหนึ่ง (First-Order Model) โดยการนำปัจจัยที่มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญเพื่อการสร้างแบบจำลองต่อไป ดังแสดงตัวแปรที่มีนัยสำคัญตามรูปที่ 4.7 และ 4.8

ตารางที่ 4.6 ตารางวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance) ของจำนวนการตายของเชื้อ *Escherichia coli* ด้วยเทคนิคพลาสมาไดอิเล็กทริกแบรีเออร์ดิสชาร์จ

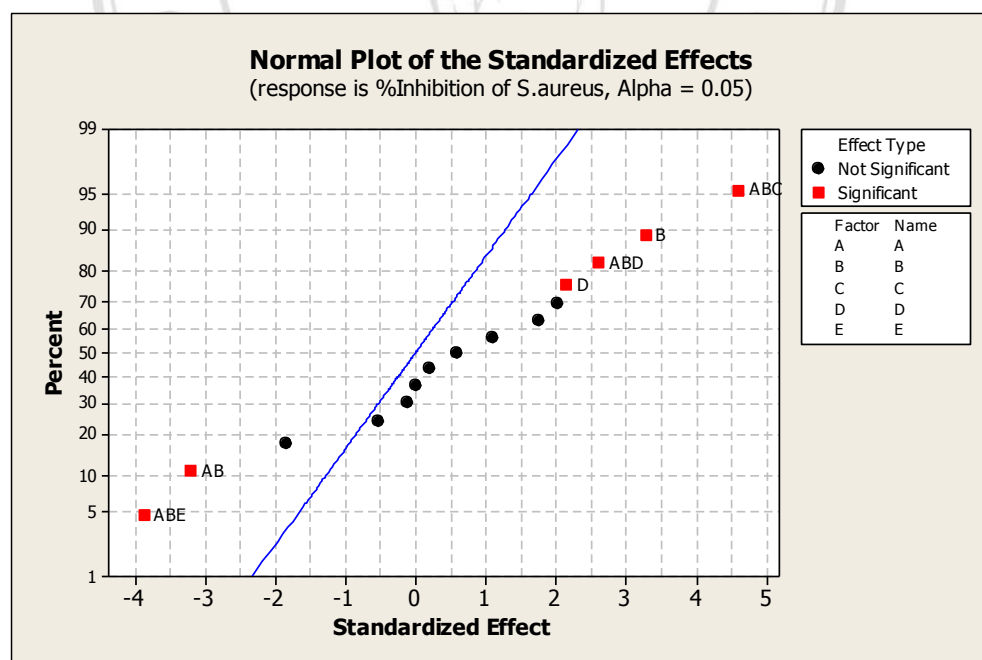
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	5	11317.20	11317.00	2263.44	13.40	0.0000
A	1	288.90	288.90	288.95	1.71	0.2070
B	1	6950.90	6950.90	6950.93	41.14	0.0000
C	1	528.50	528.50	528.51	3.13	0.0930
D	1	1410.70	1410.70	1410.66	8.35	0.0090
E	1	2138.10	2138.10	2138.15	12.65	0.0020
2-Way Interactions	7	8448.70	8448.70	1206.96	7.14	0.0000
A*B	1	4333.50	4333.50	4333.48	25.65	0.0000
A*C	1	1418.90	1418.90	1418.88	8.40	0.0090
A*D	1	219.10	219.10	219.15	1.30	0.2690
A*E	1	939.60	939.60	939.62	5.56	0.0290
B*C	1	824.00	824.00	824.01	4.88	0.0400
B*D	1	175.80	175.80	175.81	1.04	0.3210
B*E	1	537.80	537.80	537.77	3.18	0.0900
3-Way Interactions	3	4556.90	4556.90	1518.95	8.99	0.0010
A*B*C	1	4093.90	4093.90	4093.92	24.23	0.0000
A*B*D	1	132.50	132.50	132.53	0.78	0.3870
A*B*E	1	330.40	330.40	330.42	1.96	0.1780
Curvature	1	22.10	22.10	22.06	0.13	0.7220
Residual Error	19	3210.20	3210.20	168.96		
Lack of Fit	1	2431.00	2431.00	2431.00	56.16	0.0000
Pure Error	18	779.20	779.20	43.29		
Total	35	27555.00				

ตารางที่ 4.7 ตารางวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance) ของจำนวนการตายของเชื้อ *Staphylococcus Aureus* ด้วยเทคนิคพลาสมาไดอิเล็กทริกแบริเออร์ดีสชาร์จ

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	5	4441.10	4441.14	888.23	3.83	0.0140
A	1	788.30	788.27	788.27	3.40	0.0810
B	1	2499.40	2499.43	2499.43	10.78	0.0040
C	1	80.60	80.55	80.55	0.35	0.5630
D	1	1069.60	1069.60	1069.60	4.61	0.0450
E	1	3.30	3.29	3.29	0.01	0.9060
2-Way Interactions	7	4407.60	4407.60	629.66	2.72	0.0390
A*B	1	2380.20	2380.16	2380.16	10.26	0.0050
A*C	1	62.10	62.05	62.05	0.27	0.6110
A*D	1	8.50	8.47	8.47	0.04	0.8500
A*E	1	947.80	947.75	947.75	4.09	0.0580
B*C	1	728.00	727.97	727.97	3.14	0.0920
B*D	1	281.20	281.20	281.20	1.21	0.2850
B*E	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.9970
3-Way Interactions	3	9972.70	9972.74	3324.25	14.34	0.0000
A*B*C	1	4924.90	4924.87	4924.87	21.24	0.0000
A*B*D	1	1580.30	1580.32	1580.32	6.81	0.0170
A*B*E	1	3467.50	3467.54	3467.54	14.95	0.0010
Curvature	1	18.20	18.22	18.22	0.08	0.7820
Residual Error	19	4405.90	4405.95	231.89		
Lack of Fit	1	4123.20	4123.16	4123.16	262.45	0.0000
Pure Error	18	282.80	282.78	15.71		
Total	35	23245.60				



รูปที่ 4.7 กราฟปกติ (Normal Plot) ของผลการทดลองแสดงเปอร์เซ็นต์จำนวนการตายของเชื้อ *Escherichia coli* ด้วยเทคนิคพลาสมาไดอิเล็กทริกแบรีเออร์ดิซาร์จ



รูปที่ 4.8 กราฟปกติ (Normal Plot) ของผลการทดลองแสดงเปอร์เซ็นต์จำนวนการตายของเชื้อ *Staphylococcus Aureus* ด้วยเทคนิคพลาสมาไดอิเล็กทริกแบรีเออร์ดิซาร์จ

4.2 การสร้างสมการทำนาย

การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์สำหรับเปอร์เซ็นต์ของจำนวนการตายของเชื้อแบคทีเรียทั้งสองด้วยเทคนิคพลาสมาแบบไดอิเล็กทริกแบรีเออร์ดิซซาร์จ โดยการนำค่าสัมประสิทธิ์ของปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์ที่มีผลตอบมาทำการเขียนสมการสำหรับทำนายค่าผลตอบ โดยใช้ข้อมูลที่คำนวณมาจากโปรแกรม Minitab ตามตารางที่ 4.6 สามารถสร้างสมการทำนายผลสำหรับเปอร์เซ็นต์จำนวนการตายของเชื้อแบคทีเรีย *Escherichia coli* ด้วยเทคนิคพลาสมาไดอิเล็กทริกแบรีเออร์ดิซซาร์จดังสมการที่ 4.1

$$Y = (6.01)A + (29.48)B + (-8.13)C + (-12.52)D + (16.35)E + (-23.27)AB + (-13.32)AC + (10.84)AE + (10.15)BC + (22.62)ABC \quad (4.1)$$

โดยที่ A คือ ระยะห่างระหว่างขั้วแอโนดของการเกิดพลาสมา กับผลิตภัณฑ์ (มิลลิเมตร)
B คือ ระยะเวลาในกระบวนการ (นาทีก)
C คือ กำลังไฟฟ้า (วัตต์)
D คือ ชนิดของก๊าซที่ใช้
E คือ อัตราการไหลของก๊าซอาร์กอน (ลิตรต่อนาที)
Y คือ ผลตอบเท่ากับเปอร์เซ็นต์ จำนวนการตายของเชื้อแบคทีเรีย

สำหรับสมการทำนาย ผลเปอร์เซ็นต์ จำนวนการตายของเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus Aureus* ด้วยเทคนิคพลาสมาไดอิเล็กทริกแบรีเออร์ดิซซาร์จ วิเคราะห์จากตารางที่ 4.7 สามารถสร้างรูปแบบของสมการดังสมการที่ 4.2

$$Y = (-9.93)A + (17.68)B + (3.17)C + (10.90)D + (-0.64)E + (-17.25)AB + (24.81)ABC + (14.05)ABD + (-20.82)ABE \quad (4.2)$$

4.3 การหาสถานะที่เหมาะสมสำหรับปัจจัยที่มีผลต่อผลตอบ

เมื่อได้สมการการทำนายเปอร์เซ็นต์จำนวนเชื้อแบคทีเรียที่ตายด้วยเทคนิคพลาสมาไดอิเล็กทริกแบรีเออร์ดิซชาร์จ แล้ว ทำการวิเคราะห์เพื่อหาสถานะของปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดต่อผลตอบด้วยโปรแกรม Minitab16.0 ด้วยฟังก์ชัน Response Optimizer ซึ่งอยู่ในชุดคำสั่ง DOE ซึ่งได้จุดที่ดีที่สุดสำหรับการทดลองเพื่อหาเปอร์เซ็นต์จำนวนการตายของเชื้อแบคทีเรีย โดยกำหนดขอบเขตของผลตอบ ได้แก่ ค่าในระดับต่ำสุด (Lower) ค่าเป้าหมาย (Target) และค่าในระดับสูงสุด (Upper) รวมทั้งค่าถ่วงน้ำหนักผลตอบ (Weight) และค่าความสำคัญของผลตอบ (Importance) ซึ่งทั้งสองค่าดังกล่าวมีค่าอยู่ระหว่าง 0.1-1.0 สำหรับงานวิจัยนี้ใช้น้ำหนักและความสำคัญของผลตอบ เท่ากับ 1 เพื่อให้การวิเคราะห์ค่าที่ได้ตรงตามค่าเป้าหมายมากที่สุด อีกทั้งยังมีความน่าเชื่อถือที่มีค่าตั้งแต่ 0 -1 แสดงด้วยระดับของความพึงพอใจรวม (Composite Desirability) ดังตารางที่ 4.8 สำหรับเชื้อ *Escherichia coli* และเชื้อ *Staphylococcus Aureus* ตามตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัยที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์จำนวนการตายของเชื้อ *Escherichia coli*

Response Optimization						
Parameters	Goal	Lower	Target	Upper	Weight	Import
% inhibition <i>Escherichia coli</i>	Target	99.9	100	100.1	1	1
Global Solution						
A	0.896030					
B	0.417054					
C	-0.951565					
D	1					
E	1					
Predicted Responses						
%Inhibition		= 100				
desirability		= 1.000000				
Composite Desirability		= 1.000000				

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัยที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์จำนวนการตายของเชื้อ *Staphylococcus Aureus*

Response Optimization						
Parameters	Goal	Lower	Target	Upper	Weight	Import
%inhibition <i>Staphylococcus Aureus</i>	Target	99.9	100.0	100.1	1	1
Global Solution						
A	0.817772					
B	1					
C	1					
D	1					
E	-0.699086					
Predicted Responses						
%Inhibition	= 100					
desirability	= 1.000000					
Composite Desirability	= 1.000000					

จากตารางที่ 4.8 การหาค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัจจัย เพื่อให้เปอร์เซ็นต์จำนวนการตายของเชื้อ *Escherichia coli* ด้วยพลาสมา DBD มีประสิทธิภาพสูงนั้น ผู้วิจัยได้ทำการกำหนดค่าเป้าหมายคือ 100 กล่าวคือ ไม่ปรากฏจำนวนเชื้อบนด้ามมีด เมื่อทำการวิเคราะห์ค่าของผลตอบที่ได้จากการกำหนดปัจจัย A (ระยะห่างระหว่างขั้วแอโนดของการเกิดพลาสมา กับด้ามมีดผ่าตัด) ปัจจัย B (ระยะเวลาในกระบวนการ) ปัจจัย C (กำลังไฟฟ้า) ปัจจัย D (ชนิดของก๊าซที่เลือกใช้ดีสชาร์จ) และปัจจัย E (อัตราการไหลของก๊าซอาร์กอน) พบว่า เงื่อนไขที่ทำให้เกิดการปราศจากเชื้อตามค่าเป้าหมายที่ 100 เปอร์เซ็นต์ได้ดีที่สุด เมื่อปัจจัย A= 0.896030 B= 0.417054 C= -0.951565 D= -1 และ E= 1 เมื่อทำการแปลงค่าที่ได้เพื่อนำไปสู่ค่าจริงโดยการแปลงค่าจากค่าที่คำนวณได้กลับไปสู่ค่าจริง จากตัวอย่างของสมการดังต่อไปนี้

ยกตัวอย่างการแปลงค่าจากค่าคำนวณเป็นค่าที่ใช้ในการทำลองจริง

เมื่อปัจจัย A มีค่าการคำนวณจากการวิเคราะห์ 0.896030

โดยมี ค่าที่สมมติ +1 เท่ากับ 5.0 มิลลิเมตร

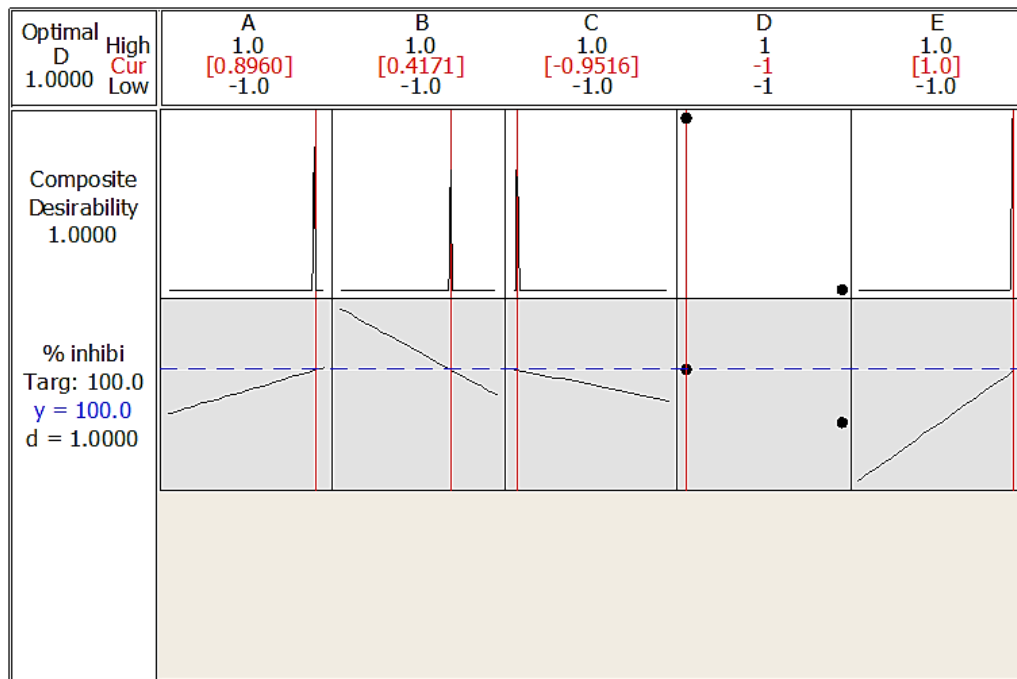
โดยห่างจากค่ากลาง เท่ากับ 0.6 หน่วย

$$\begin{aligned}\text{ดังนั้น ปัจจัย A จะมีค่าจริง} &= 0.6 \times 0.896030 \\ &= (0.6 \times 0.896030) + 4.4 \\ &= 4.937618 \text{ มิลลิเมตร}\end{aligned}$$

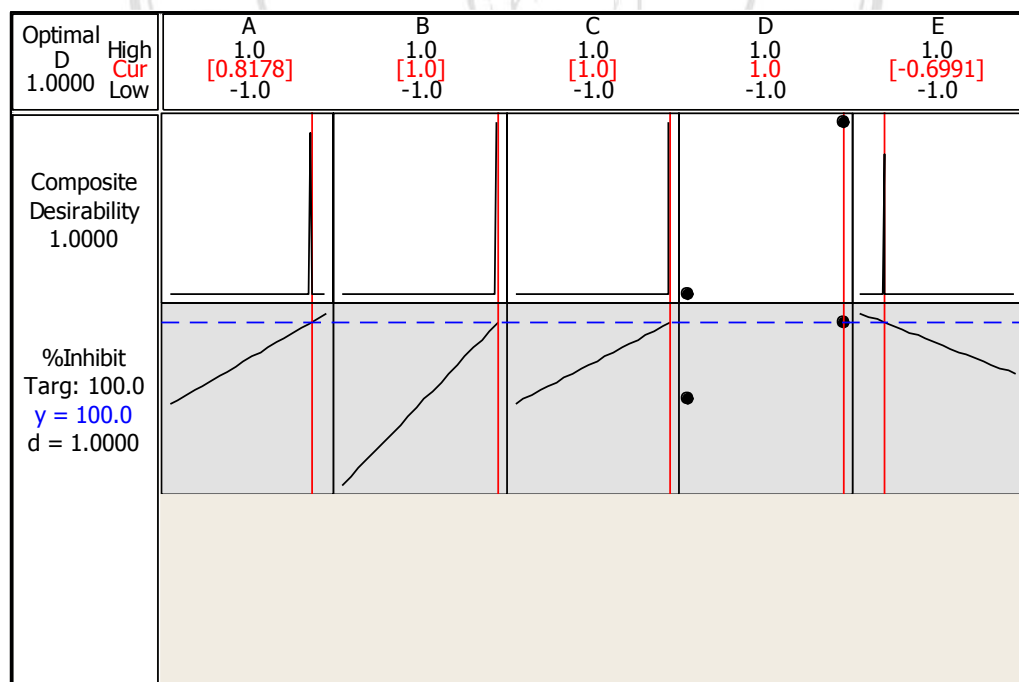
เมื่อแปลงค่าที่ใช้คำนวณเป็นค่าจริงสำหรับการทดลองจะได้ค่ากำหนดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมเป็น A= 4.937618 มิลลิเมตร B= 8.542635 นาที่ C= 97.57825 วัตต์ D= Ar และ E= 22 ลิตร ต่อนาที สอดคล้องกับรูปที่ 4.9 พิจารณาจากผลค่าการทำนาย (Predicted Responses) เท่ากับ 100 และ มีค่าความพึงพอใจเป็น 1.000000 ซึ่งถือเป็นกระบวนการทำปราชจากเชื้อที่มีปริมาณเชื้อเป็น O CFU หรือคิดเป็นเปอร์เซ็นต์จำนวนการตายของเชื้อ คือ 100 เปอร์เซ็นต์

สำหรับผลตอบเปอร์เซ็นต์จำนวนการตายของเชื้อ *Staphylococcus Aureus* ด้วยพลาสมา DBD ที่เหมาะสมที่สุดด้วยการวิเคราะห์ค่าปัจจัยที่เหมาะสมจากตารางที่ 4.9 พบว่า เงื่อนไขที่ทำให้เกิดการปราชจากเชื้อตามค่าเป้าหมายที่ 100 เปอร์เซ็นต์ได้ดีที่สุด และให้ค่าความพึงพอใจเท่ากับ 1.000000 เมื่อปัจจัย A= 0.817772 B= 1 C= 1 D= 1 และ E= -0.699086 เมื่อทำการแปลงค่าที่ได้เพื่อนำไปสู่ค่าจริงดังตัวอย่างการคำนวณดังกล่าวเบื้องต้นเพื่อนำไปสู่การกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจะได้เป็น A= 4.8906632 มิลลิเมตร B= 10 นาที่ C= 180 วัตต์ D= Ar/O₂ และ E= 20.194516 ลิตรต่อนาที สอดคล้องกับรูปที่ 4.9 พิจารณาจากผลค่าการทำนาย (Predicted Responses) เท่ากับ 100 ซึ่งถือเป็นกระบวนการทำปราชจากเชื้อที่มีปริมาณเชื้อเป็น O CFU หรือคิดเป็นเปอร์เซ็นต์จำนวนการตายของเชื้อคือ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยแนวโน้มที่ประสิทธิภาพของพลาสมาสามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้ภายใต้สถานะของปัจจัยดังกล่าวข้างต้นนั้นจะสอดคล้องกันกับผลกราฟรูปที่ 4.10

แม้ว่าการวิเคราะห์ผลด้วย Response Optimizer จากโปรแกรม Minitab จะทำให้การหาค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดของแต่ละเชื้อที่ทำการทดสอบมีความง่ายและให้ข้อมูลตรงตามเป้าหมาย สำหรับเป็นค่าการทำนายให้ได้มาซึ่งสมการเพื่อกระบวนการทำปราชจากเชื้อบนด้ามมีด แต่ผลสรุปนี้ยังเป็นเพียงผลการทำนายของพารามิเตอร์เพื่อพิจารณาถึงแนวโน้ม จึงต้องมีการทดสอบเพื่อยืนยันผลจากการทดลองจริงร่วมด้วย



รูปที่ 4.9 กราฟการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการทำปฏิกิริยาจากเชื้อ *Escherichia coli*
ด้วยชุดคำสั่ง Response Optimizer



รูปที่ 4.10 กราฟการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการทำปฏิกิริยาจากเชื้อ *Staphylococcus Aureus*
ด้วยชุดคำสั่ง Response Optimizer

4.4 การทดลองเพื่อยืนยันผล

4.4.1 การทดลองผลตามค่าการทำนาย

การยืนยันผลการทดลองที่ได้จะทำการทดลองบนค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัจจัยจากการวิเคราะห์ผลของการทดลองทำการกำหนดปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อเปอร์เซ็นต์ จำนวนการตายของเชื้อแบคทีเรียได้ดีที่สุด ภายหลังจากได้ค่าปัจจัยที่เหมาะสมจากสมการทำนาย ขั้นตอนต่อไปคือการทดลองโดยแทนค่าของปัจจัยที่ได้จากการแปลงค่าตามปัจจัย ดังต่อไปนี้

- ปัจจัย A = ระยะห่างระหว่างขั้วแอโนดของการเกิดพลาสมา กับผลิตภัณฑ์ (มิลลิเมตร)
ปัจจัย B = ระยะเวลาในกระบวนการ (นาที่)
ปัจจัย C = กำลังไฟฟ้า (วัตต์)
ปัจจัย D = ชนิดของก๊าซที่เลือกใช้
ปัจจัย E = อัตราการไหลของก๊าซอาร์กอน (ลิตรต่อนาที)

แต่การทำการทดลองตามเงื่อนไขที่ดีที่สุดนั้น มีข้อจำกัดในการทดลองแม้ว่าจะมีการจำกัดปัจจัยรบกวนต่างๆ แต่สำหรับข้อจำกัดในประสิทธิภาพของเครื่องจึงทำให้ต้องปรับเปลี่ยนปัจจัยให้เหมาะสม และทำการทดลองซ้ำทั้งหมด 10 ซ้ำ และโดยแสดงผลเปอร์เซ็นต์จำนวนการตายของเชื้อ *Escherichia coli* ด้วยพลาสมา ดังตารางแสดงผลการทดลองตารางที่ 4.10 และตารางที่ 4.11 สำหรับเชื้อ *Staphylococcus Aureus* โดยมีค่าเป้าหมายเป็น 100 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.10 แสดงผลการทดสอบยืนยันผลในกระบวนการทำปฏิกิริยาจากเชื้อ *Escherichia coli* ด้วยเทคนิคพลาสมาไดอิเล็กทริกแบรีเออร์ดิซฮาร์จ

โดยทำการทดลองที่เงื่อนไข A= 4.937618 มิลลิเมตร B = 8.542635 นาฬิกา C= 97.57825 วัตต์ D= Ar และ E= 22 ลิตรต่อนาที

ลำดับการทดลอง	ปัจจัย					เปอร์เซ็นต์จำนวนการตายของเชื้อ <i>Escherichia coli</i>
	A	B	C	D	E	
1	4.937618	8.542635	97.57825	Ar	22	100.00
2	4.937618	8.542635	97.57825	Ar	22	100.00
3	4.937618	8.542635	97.57825	Ar	22	100.00
4	4.937618	8.542635	97.57825	Ar	22	100.00
5	4.937618	8.542635	97.57825	Ar	22	100.00
6	4.937618	8.542635	97.57825	Ar	22	100.00
7	4.937618	8.542635	97.57825	Ar	22	100.00
8	4.937618	8.542635	97.57825	Ar	22	100.00
9	4.937618	8.542635	97.57825	Ar	22	100.00
10	4.937618	8.542635	97.57825	Ar	22	100.00

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.11 แสดงผลการทดสอบยืนยันผลในกระบวนการทำปราศจากเชื้อ *Staphylococcus Aureus* ด้วยเทคนิคพลาสมาไดออกไซด์ทริกแบรีเออร์ดิซาร์จ

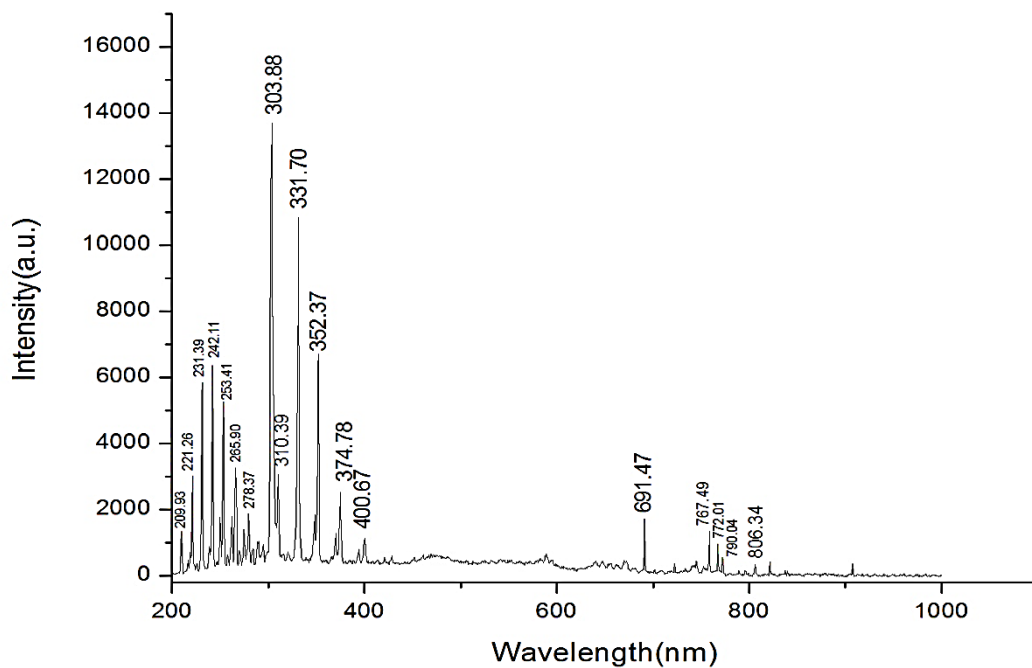
โดยทำการทดลองที่เงื่อนไข A= 4.8906632 มิลลิเมตร B = 10 นาที่ C= 180 วัตต์ D= Ar/O₂ และ E= 20.194516 ลิตรต่อนาที

ลำดับการทดลอง	ปัจจัย					เปอร์เซ็นต์จำนวนการตายของเชื้อ <i>Staphylococcus Aureus</i>
	A	B	C	D	E	
1	4.8906632	10	180	Ar/O ₂	20.194516	100.00
2	4.8906632	10	180	Ar/O ₂	20.194516	100.00
3	4.8906632	10	180	Ar/O ₂	20.194516	100.00
4	4.8906632	10	180	Ar/O ₂	20.194516	100.00
5	4.8906632	10	180	Ar/O ₂	20.194516	100.00
6	4.8906632	10	180	Ar/O ₂	20.194516	100.00
7	4.8906632	10	180	Ar/O ₂	20.194516	100.00
8	4.8906632	10	180	Ar/O ₂	20.194516	100.00
9	4.8906632	10	180	Ar/O ₂	20.194516	100.00
10	4.8906632	10	180	Ar/O ₂	20.194516	100.00

ถ้ารับผลการทดลองเมื่อทำการทดลองซ้ำทั้งหมด 10 ครั้ง นำผลการทดลองที่ได้จากการทดลองกับค่าเป้าหมายที่ได้จากสมการการทำนายมาทดสอบและประมาณค่าผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากร ด้วยเครื่องมือ 1 Sample Test ในโปรแกรม Minitab 16.0 พิจารณาค่า P-Value พบว่าในช่วงความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์หรือระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ ค่า P-Value ของเชื้อ *Staphylococcus Aureus* มีค่ามากกว่า 0.05 แสดงว่า ผลตอบจากสมการการทำนายและผลตอบจากการทดลองจริงไม่มีความต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ สำหรับเชื้อ *Escherichia coli* มีเปอร์เซ็นต์จำนวนการตายของเชื้อแบคทีเรียเป็น 100 ทั้งหมด ซึ่งแสดงว่าผลการทดลองจริงกับค่าทำนายไม่มีความต่างกัน ดังนั้น จากการทดลองเพื่อทดสอบผลของสมการที่ได้โดยมีผลตอบ คือ เปอร์เซนต์ จำนวนการตายของเชื้อเป็น 100 เปอร์เซนต์ เป็นไปตามเป้าหมายและสามารถนำสมการไปใช้ได้จริง

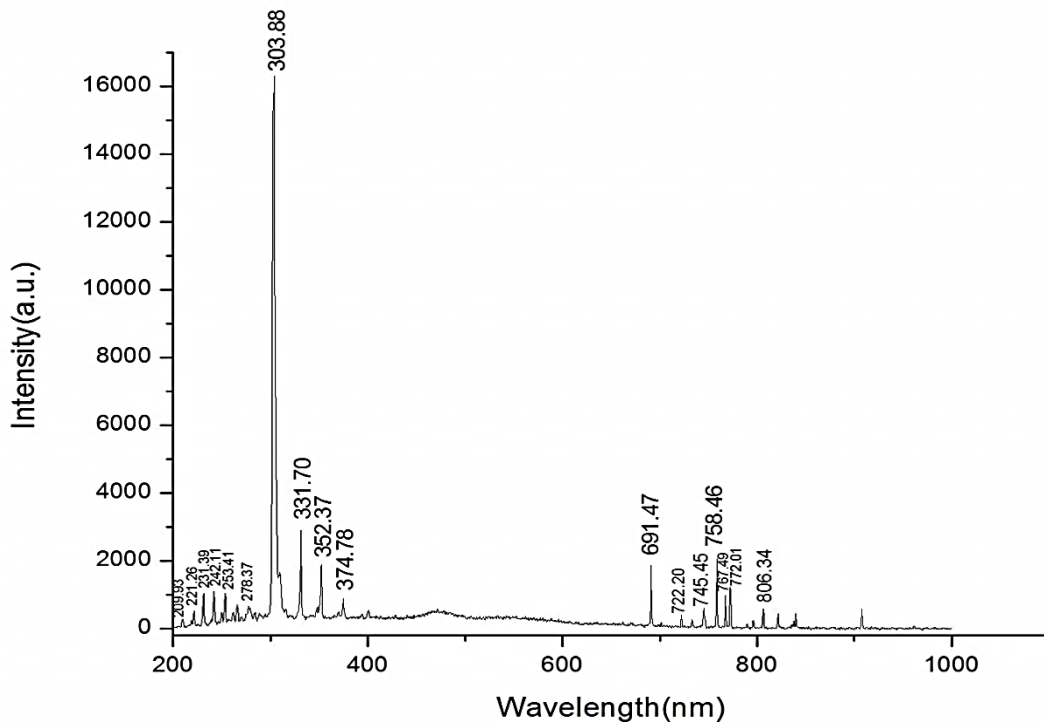
4.4.2 การตรวจสอบคุณสมบัติพลาสมาด้วย OES

การยืนยันผลของก๊าซที่ใช้สำหรับการดิสชาร์จพลาสมาที่ได้ด้วยเทคนิค OES เป็นการวัดสมบัติของแสงของก๊าซพลาสมาจากการทดลอง นอกเหนือจากการตรวจนับปริมาณของเชื้อเท่านั้น แสดงผลตามรูปที่ 4.11



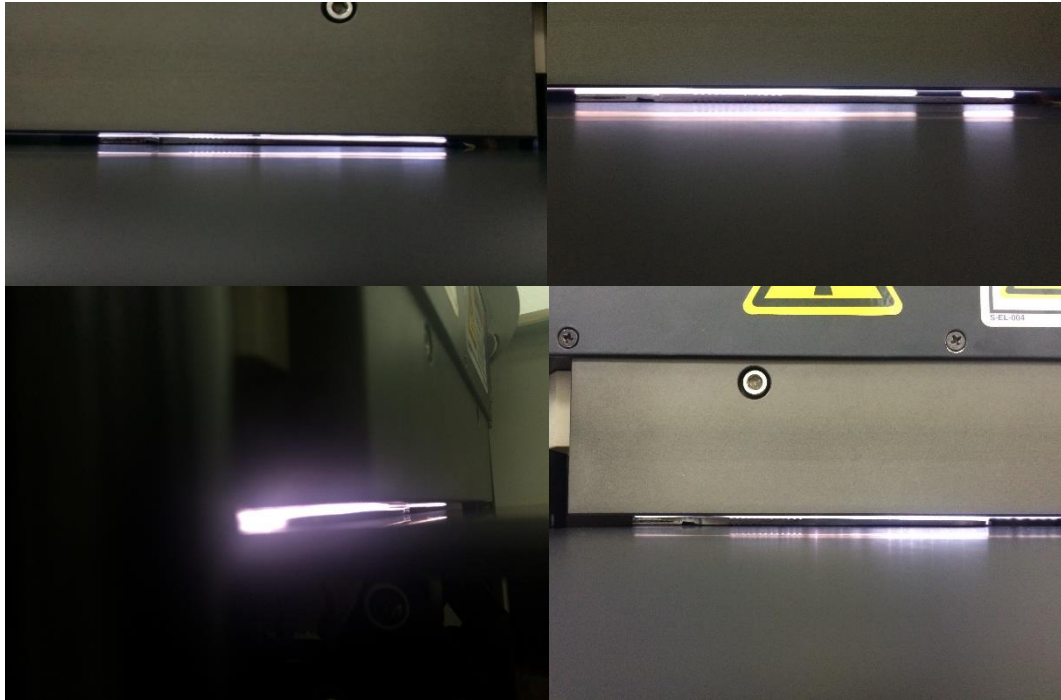
รูปที่ 4.11 กราฟแสดงผลเทคนิค OES สำหรับการดิสชาร์จพลาสมาที่เงื่อนไขเพื่อทำให้เกิดการ
ปราศจากเชื้อ *Escherichia coli*

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงผลเทคนิค OES สำหรับการดิสชาร์จพลาสมาที่เงื่อนไขเพื่อให้เกิดการปราศจากเชื้อ *Staphylococcus aureus*

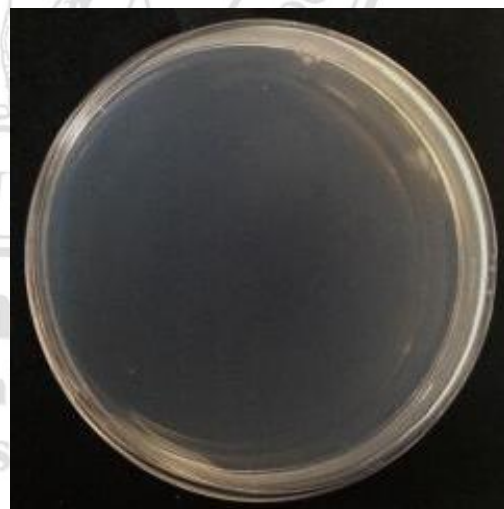
จากการตรวจสอบด้วยเทคนิค OES โดยเป็นกราฟที่พล็อตระหว่างค่าความยาวคลื่น (Wavelength) ของแสง กับค่าความเข้มของแสง (Intensity) ในกระบวนการดิสชาร์จพลาสมา ตามรูปที่ 4.11 และ 4.12 ในการทดสอบของเชื้อ *Escherichia coli* และการทดสอบของเชื้อ *Staphylococcus aureus* บนด้ามมีดผ่าตัด แสดงค่าความยาวคลื่นที่ 303.88 นาโนเมตรที่กำลังไฟฟ้า 80 วัตต์ ด้วยอัตราการไหล 22 ลิตรต่อนาที และ ค่าความยาวคลื่น 303.88 331.70 และ 374.78 นาโนเมตรที่กำลังไฟฟ้า 180 วัตต์ ด้วยอัตราการไหล 10 ลิตรต่อนาที เป็นค่าของกลุ่ม OH ที่เกิดจากกระบวนการดิสชาร์จจากกลุ่มของก๊าซ ArI และ ArII เมื่อเทียบกับกราฟมาตรฐาน (Payling & Larkins, 2000) และ (J. E. Sansonetti, 2005) ในขณะที่รูป 4.12 จะแสดงช่วงความยาวคลื่นที่ 691.47 และ 806.34 นาโนเมตร โดยอยู่ในช่วงความยาวคลื่นของออกซิเจนซึ่งมีผลกระทบต่ออัตราการเจริญของเซลล์แบคทีเรียดังกล่าวตามการทบทวนวรรณกรรมในบทที่ 2 และยังปรากฏเป็นแสงสีม่วงในระหว่างการทดลองซึ่งอนุมานได้ว่าเป็นอนุภาคของก๊าซอาร์กอนเกิดขึ้นดังแสดงในรูปที่ 4.13 แสดงผลจากการดิสชาร์จพลาสมา และยังเปรียบเทียบผลของการทำปราศจากเชื้อทั้งสองมีจำนวนของเชื้อลดลงดังรูปที่ รูป 4.14 และ 4.15 ภายใต้เงื่อนไขที่ดีที่สุดของเชื้อแบคทีเรียที่ทำการทดสอบทั้งสองชนิด



รูปที่ 4.13 กระบวนการดิสชาร์จพลาสมาบนด้ามมีดผ่าตัด

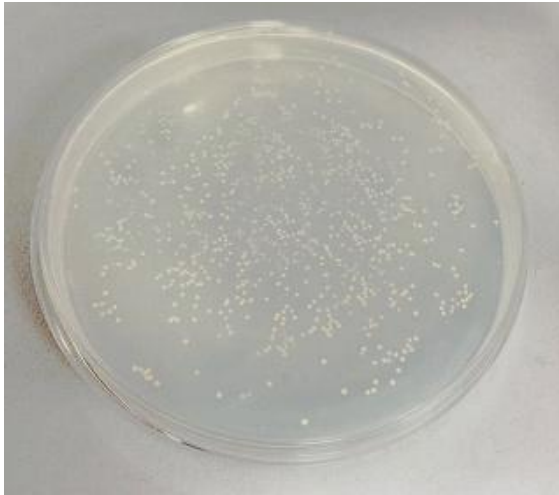


ก



ข

รูป 4.14 ผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างด้ามมีดที่มีปริมาณเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณเชื้อ 3.0×10^8 (ก) กับด้ามมีดที่ผ่านการทำปฏิกิริยาจากเชื้อ *Escherichia coli* (ข) ด้วยด้วยเทคนิคพลาสมาไดอิเล็กทริกแบริเออร์ดิสชาร์จ



ก



ง

รูป 4.15 ผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างด้ามมีดที่มีปริมาณเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณเชื้อ 3.0×10^8 (ก) กับด้ามมีดที่ผ่านการทำปราศจากเชื้อ *Staphylococcus aureus* (ง) ด้วยเทคนิค พลาสมาไดออกไซด์เทรคแบรีเออร์ดิซซาร์จ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved