

การวิเคราะห์เงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับการใช้ก๊าซไอโซนในการฆ่าเชื้อโรคที่  
ศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย



นางสาวศิริรักษ์ เนตรรัตน์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2539

ISBN 974-633-831-5

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 16894674

ANALYSIS OF SUITABLE CONDITION FOR UTILIZING OZONE GAS IN FUMIGATION  
AT THE BLOOD CENTER OF THE THAI REDCROSS SOCIETY

Miss Sirirak Nettratana

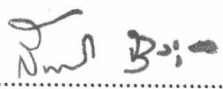
---

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Engineering  
Department of Industrial Engineering  
Graduate School  
Chulalongkorn University  
1996  
ISBN 974-633-831-5

---


หัวข้อวิทยานิพนธ์      การวิเคราะห์เงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับการใช้ก๊าซไอโซนในการฆ่า  
เชื้อโรคที่ศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย  
โดย                              นางสาวศิริรักษ์ เนตรรัตน์  
ภาควิชา                        วิศวกรรมอุตสาหการ  
อาจารย์ที่ปรึกษา            ศาสตราจารย์ อัมพิกา ไกรฤทธิ  
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม      นาวาตรี ชลัช ขวกุล , รน.

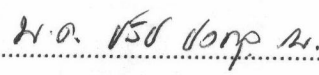
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วน  
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

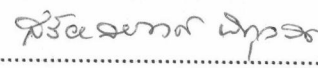
  
..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
(รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ อุงสุวรรณ)

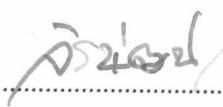
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
..... ประธานกรรมการ  
(ศาสตราจารย์ ดร. ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ)

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(ศาสตราจารย์ อัมพิกา ไกรฤทธิ)

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม  
(นาวาตรี ชลัช ขวกุล , รน.)

  
..... กรรมการ  
(พญ. สร้อยสอางค์ พิกุลสด)

  
..... กรรมการ  
(อาจารย์ จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว



นางสาวศิริรักษ์ เนตรรัตน์ : การวิเคราะห์เงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับการใช้ก๊าซโอโซนในการฆ่าเชื้อโรคที่ศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย (ANALYSIS OF SUITABLE CONDITION FOR UTILIZING OZONE GAS IN FUMIGATION AT THE BLOOD CENTER OF THE THAI REDCROSS SOCIETY) อาจารย์ที่ปรึกษา : ศาสตราจารย์ อัมพิกา ไกรฤทธิ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม : นาวาตรี ชลัช ชวกุล ,รณ. 218 หน้า ISBN 974-633-831-5

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นการออกแบบและวิเคราะห์การทดลองของการใช้ก๊าซโอโซนทำลายเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศของห้องเจาะเก็บโลหิต ศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทยและหาเงื่อนไขที่เหมาะสมของการศึกษานี้ โดยจะนำปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ของก๊าซโอโซนที่สามารถควบคุมได้มาทำการออกแบบการทดลองซึ่งจากการศึกษาพบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลดังกล่าวนี้ได้แก่ อัตราการไหลของก๊าซออกซิเจนและเวลาในการป้อนก๊าซออกซิเจนเข้าสู่เครื่องกำเนิดก๊าซโอโซน แต่เนื่องจากการทดลองมีข้อจำกัดในเรื่องพิชตภัณฑ์ของก๊าซโอโซนจะต้องอยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ จึงได้ทำการทดลองตาม Screening Design ซึ่งเป็นแผนการทดลองแบบแฟคโทเรียลชนิดไม่สมบูรณ์โดยที่ใช้ระดับความปลอดภัยของพิชตภัณฑ์ของก๊าซโอโซนมาเป็นเกณฑ์ในการออกแบบด้วย แล้วแยกการวิเคราะห์การทดลองออกเป็น 5 กลุ่มตามหลักการของ Factorial design ซึ่งพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการทดลองประกอบด้วยปัจจัยหลักทั้งสิ้น 2 ปัจจัย คือ อัตราการไหลของก๊าซออกซิเจนและเวลาในการป้อนก๊าซออกซิเจนเข้าสู่เครื่องกำเนิดก๊าซโอโซน

หลังจากนั้นจึงได้ทำการสร้างสมการคณิตศาสตร์โดยอาศัยหลักการของ Orthogonal Polynomial และหาค่าที่เหมาะสมในการทดลองโดยพิจารณาจากสมการและข้อกำหนดในการออกแบบของเครื่องกำเนิดก๊าซโอโซนเครื่องนี้ ซึ่งพบว่าเงื่อนไขที่เหมาะสมดังกล่าวคือ อัตราการไหลของก๊าซออกซิเจน 10 ลิตร/นาที และเวลาในการป้อนก๊าซออกซิเจน 16 นาที

ภาควิชา ..... วิศวกรรมอุตสาหการ  
สาขาวิชา ..... วิศวกรรมอุตสาหการ  
ปีการศึกษา ..... 2538

ลายมือชื่อนิสิต ..... *ศิริรักษ์ เนตรรัตน์*  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ..... *อัมพิกา ไกรฤทธิ*  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ..... *น.อ. ชลัช ชวกุล*

#C616303 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEY WORD: : FACTORIAL DESIGN / FUMIGATION / NATIONAL BLOOD CENTER OF THE THAI REDCROSS SOCIETY / ORTHOGONAL POLYNOMIAL / OZONE GAS  
MISS SIRIRAK NETRRATANA : ANALYSIS OF SUITABLE CONDITION FOR UTILIZING OZONE GAS IN FUMIGATION AT THE BLOOD CENTER OF THE THAI RED CROSS SOCIETY. THESIS ADVISOR : PROFESSOR AMPIKA KRAIRIT THESIS CO-ADVISOR : LT. COMMANDER CHALAT CHAVAKUL.RTN.  
218 pp. ISBN 974-633-831-5

This thesis addresses the design and analysis of experiment utilizing ozone gas in fumigation at National Blood Center Thai Redcross Society and searches the suitable condition for this research by studying factors that effect it.

The factors are flow rate of oxygen gas and feeding time of oxygen gas to ozone generator. Because of toxicity of residual ozone gas, the full factorial, a technique of statistic design is applied to screening design which is uncomplete factorial design. Grouping the experiment into 5 groups and analyzing them by principle of factorial design. It is found that two significant factors affecting the percentage of reduced micro-organism are main factors type. The main factors are flow rate of oxygen gas and feeding time of oxygen gas to ozone generator.

Using the principle of orthogonal polynomial for setting the mathematical equations from the results and searching the suitable values from these equations and limitation of the design of this ozone generator. It is found that the suitable values are 10 litres per minite of flow rate of oxygen gas and 16 minites of feeding time of oxygen gas.

ภาควิชา..... วิศวกรรมอุตสาหกรรม.....

ลายมือชื่อนิติ..... *Ami Pr.*.....

สาขาวิชา..... วิศวกรรมอุตสาหกรรม.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... *Ami Pr.*.....

ปีการศึกษา..... 2538.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม..... *ท.อ. วัชรพงษ์ น.*.....



## กิตติกรรมประกาศ

ในการทำงานวิจัยครั้งนี้ ผู้ทำวิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อศาสตราจารย์ อัมพิกา ไกรฤทธิ อาจารย์ที่ปรึกษา ตลอดจน ศาสตราจารย์ ดร. ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ ประธานกรรมการ พญ. สร้อยสอางค์ พิกุลสด และ อาจารย์จิรพัฒน์ เงามประเสริฐวงศ์ กรรมการ สอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาสละเวลาอันมีค่าในการช่วยเหลือ ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆของการวิจัย จนกระทั่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

นอกจากนี้ผู้ทำวิจัยขอกราบขอบพระคุณ นาวาตรี ชลัช ชวกุล อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม และที่ปรึกษาด้านวิศวกรรม ศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ และคำปรึกษา รวมทั้งให้การสนับสนุนและความสะดวกในการทำงานวิจัยครั้งนี้ ตลอดจน คุณสมคิด เพชรรัตน์ หัวหน้าช่าง และเจ้าหน้าที่แผนกเตรียมน้ำยาและแอนตี้ซีรัม และหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องที่ได้กรุณาให้ความร่วมมือทำให้วิจัยในครั้งนี้สำเร็จไปด้วยดี และขอกราบขอบพระคุณอาจารย์กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และอาจารย์ทุกท่านที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและคำปรึกษาในระหว่างการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณบิดา-มารดา สมาชิกในครอบครัว คุณธนิษณ์ สถฤษภุฒผล รวมทั้งเพื่อนนิสิตปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม และท่านที่มีได้กล่าวมาไว้ ณ. ที่นี้ ที่ได้กรุณาให้ความร่วมมือ ความช่วยเหลือ และให้กำลังใจแก่ผู้ทำวิจัยด้วยดีมาโดยตลอดจนสำเร็จการศึกษา

นางสาวศิริรักษ์ เนตรรัตน์



## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ .....	ฉ
สารบัญตาราง .....	ช
สารบัญรูป .....	ฐ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำศัพท์ .....	ด
บทที่ 1 บทนำ.....	1
บทที่ 2 การสำรวจงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง .....	6
บทที่ 3 การออกแบบการทดลอง .....	51
บทที่ 4 การดำเนินการทดลอง .....	83
บทที่ 5 การวิเคราะห์ผลการทดลอง .....	104
บทที่ 6 สรุปผลและข้อเสนอแนะ .....	129
รายการอ้างอิง .....	135
ภาคผนวก .....	139
ภาคผนวก ก. ผลการทดลอง.....	140
ภาคผนวก ข. ผลการตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบ.....	164
ภาคผนวก ค. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลอง.....	192
ภาคผนวก ง. กราฟแสดงอิทธิพลของปัจจัยที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อ จุลินทรีย์ของการทดลองในแต่ละกลุ่ม .....	196
ภาคผนวก จ. ตารางแสดงค่าสัมประสิทธิ์ของ Orthogonal Polynomial .....	201
ภาคผนวก ฉ. การคำนวณหาปริมาตร ความเข้มข้นของก๊าซไอโซนและค่าใช้จ่ายใน การฉีดพ่นก๊าซไอโซน .....	203
ภาคผนวก ช. แผนภูมิ Psychrometric Chart .....	207
ภาคผนวก ซ. รูปภาพประกอบ .....	209
ประวัติผู้เขียน .....	218

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ชั้นของความสะอาดของห้อง (Air Cleanliness Classes) .....	11
2.2	แสดงขอบเขตของชั้นสำหรับอนุภาคที่มีอยู่ต่อปริมาตรหนึ่งลบ.ฟุต ของอนุภาคที่มีขนาดต่างๆ .....	14
2.3	ประเภทของอุตสาหกรรมต่างๆ ที่ต้องการใช้ห้องสะอาด .....	16
2.4	ประเภทของอุตสาหกรรมต่างๆ ทางด้านชีววิทยาที่ต้องการใช้ห้องสะอาด.....	17
2.5	แสดงมาตรฐานของนาซ่า (NASA Standard, NHB 5340, 2 1967 08) .....	19
2.6	สารเคมีและกลไกที่ใช้ในการฆ่าเชื้อโรคด้วยสารเคมี (Agent And Mechanisms For Chemical Disinfection) .....	26
2.7	ผลของสารฆ่าเชื้อชนิดต่างๆ ที่มีต่อจุลชีพที่ก่อให้เกิดโรคและสปอร์ของแบคทีเรีย .....	27
2.8	แสดงการเปรียบเทียบค่ากำลัง Oxidation ของตัวออกซิไดซ์ต่าง ๆ .....	29
2.9	คุณสมบัติทางกายภาพของก๊าซไอโซน .....	30
2.10	การตัดสินใจในการทดสอบสมมติฐาน .....	47
2.11	แสดงตัวอย่างของการหาค่าตัวแปรสุ่ม F จากตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน .....	50
3.1	แสดงมาตรฐานสำหรับระดับความสะอาด (Cleanliness Class) ในแต่ละห้อง/สถานที่ .....	61
3.2	ผลการทดลองของการเลือกระดับของปริมาณก๊าซออกซิเจนในการเลือกครั้งที่ 1 .....	63
3.3	ผลการทดลองของการเลือกระดับของปริมาณก๊าซออกซิเจนในการเลือกครั้งที่ 2 .....	63
3.4	ผลการทดลองของการเลือกระดับของปริมาณก๊าซออกซิเจนในการเลือกครั้งที่ 3 .....	64
3.5	ผลการทดลองของการเลือกระดับของปริมาณก๊าซออกซิเจนในการเลือกครั้งที่ 4 .....	64
3.6	ผลการทดลองการหาระยะห่างในการฉีดพ่นก๊าซไอโซนในแต่ละครั้ง .....	67



## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
3.7	แสดงตาราง Screening Design ของการวิจัย .....	70
3.8	แสดงแผนการออกแบบการทดลอง .....	75
3.9	แสดงเมตริกการออกแบบการทดลองพร้อมทั้งการทำแบบสุ่ม ลำดับที่จะทำการทดลองของการทดลองใน Screening Design .....	78
3.10	แสดงเมตริกการออกแบบของการทดลองในกลุ่มที่ 1 .....	80
3.11	แสดงเมตริกการออกแบบของการทดลองในกลุ่มที่ 2 .....	80
3.12	แสดงเมตริกการออกแบบของการทดลองในกลุ่มที่ 3 .....	81
3.13	แสดงเมตริกการออกแบบของการทดลองในกลุ่มที่ 4 .....	81
3.14	แสดงเมตริกการออกแบบของการทดลองในกลุ่มที่ 5 .....	82
4.1	แสดงองค์ประกอบต่าง ๆ ที่ได้จากการผลิตก๊าซไอโซนด้วย Silent Spark ...	90
4.2	แสดงการปรับปริมาณของก๊าซออกซิเจนที่ใช้ในการผลิตก๊าซไอโซนตาม แบบแผนการทดลองของ Screening Design .....	96
5.1	แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงของจำนวน จุลินทรีย์โดยใช้อัตราการไหลของก๊าซออกซิเจน(Flow Rate) และเวลาใน การป้อนก๊าซออกซิเจน (time) ที่แตกต่างกันตามการทดลองกลุ่มที่ 1 .....	109
5.2	แสดงค่า Coefficient of Determination, $R^2$ ของทดลองในกลุ่มที่ 2, 3, 4 และ 5 .....	113
5.3	แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยพิจารณาถึง Polynomial Effect ของการทดลองในกลุ่มที่ 1 .....	114
5.4	แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยพิจารณาถึง Polynomial Effect ของการทดลองในกลุ่มที่ 2 .....	117
5.5	แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยพิจารณาถึง Polynomial Effect ของการทดลองในกลุ่มที่ 3 .....	118
5.6	แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยพิจารณาถึง Polynomial Effect ของการทดลองในกลุ่มที่ 4 .....	119

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
5.7	แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยพิจารณาถึง Polynomial Effect ของการทดลองในกลุ่มที่ 5 .....	120
6.1	แสดงอัตราการไหลของก๊าซออกซิเจนและเวลาที่ใช้ในการป้อนก๊าซออกซิเจนที่ทำให้เปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อจุลินทรีย์สูงที่สุดในแต่ละชุดของการทดลอง	131
6.2	แสดงความเข้มข้นของก๊าซไอโซนที่ได้ .....	131
6.3	แสดงค่า Energy Yield Coefficiency ของอัตราการไหลของก๊าซออกซิเจนที่ 8,10, 16 l./min. ....	133
ก.1	แสดงผลการทดลองในการเลือกระดับของปัจจัยที่ทำการศึกษา .....	141
ก.2	แสดงผลการทดลองในการหาระยะห่างในการฉีดพ่นก๊าซไอโซนหลังจากทำการฉีดพ่นเป็นเวลา 24 Hrs. ....	142
ก.3	แสดงผลการทดลองในการหาระยะห่างในการฉีดพ่นก๊าซไอโซนหลังจากทำการฉีดพ่นเป็นเวลา 48 Hrs. ....	143
ก.4	แสดงผลการทดลองสำหรับการใช้ก๊าซไอโซนในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ .....	144
ก.5	แสดงผลการทดลองของเปอร์เซ็นต์การลดลงของจำนวนจุลินทรีย์ .....	151
ก.6	แสดงผลการทดลองของการทดลองในกลุ่มที่ 1 .....	159
ก.7	แสดงผลการทดลองของการทดลองในกลุ่มที่ 2 .....	159
ก.8	แสดงผลการทดลองของการทดลองในกลุ่มที่ 3 .....	160
ก.9	แสดงผลการทดลองของการทดลองในกลุ่มที่ 4 .....	160
ก.10	แสดงผลการทดลองของการทดลองในกลุ่มที่ 5 .....	161
ก.11	แสดงผลการทดลองฉีดพ่นก๊าซไอโซนโดยใช้อัตราการไหลของก๊าซออกซิเจน 10 l./min.และเวลาในการป้อนก๊าซออกซิเจน 16 min. ....	162
ก.12	แสดงผลเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงของจำนวนจุลินทรีย์หลังจากฉีดพ่นโดยใช้อัตราการไหลของก๊าซออกซิเจน 10 l./min.และเวลาในการป้อนก๊าซออกซิเจน 16 min. ....	163
ข.1	แสดงค่า Residuals กับค่า Probability ของการทดลองในกลุ่มที่ 1 .....	165
ข.2	แสดงค่าของ Residuals กับลำดับการทดลองของการทดลองในกลุ่มที่ 1 .....	166
ข.3	แสดงค่าของ Residuals กับค่าประมาณของข้อมูลในการทดลองกลุ่มที่ 1 .....	167

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ข.4	แสดงค่า Residuals กับค่า Probability ของการทดลองในกลุ่มที่ 2	168
ข.5	แสดงค่าของ Residuals กับลำดับการทดลองของการทดลองในกลุ่มที่ 2	170
ข.6	แสดงค่าของ Residuals กับค่าประมาณของข้อมูลในการทดลองกลุ่มที่ 2 .....	172
ข.7	แสดงค่า Residuals กับค่า Probability ของการทดลองในกลุ่มที่ 3	174
ข.8	แสดงค่าของ Residuals กับลำดับการทดลองของการทดลองในกลุ่มที่ 3	176
ข.9	แสดงค่าของ Residuals กับค่าประมาณของข้อมูลในการทดลองกลุ่มที่ 3 .....	178
ข.10	แสดงค่า Residuals กับค่า Probability ของการทดลองในกลุ่มที่ 4 ..	180
ข.11	แสดงค่าของ Residuals กับลำดับการทดลองของการทดลองในกลุ่มที่ 4	182
ข.12	แสดงค่าของ Residuals กับค่าประมาณของข้อมูลในการทดลองกลุ่มที่ 4 .....	184
ข.13	แสดงค่า Residuals กับค่า Probability ของการทดลองในกลุ่มที่ 5	186
ข.14	แสดงค่าของ Residuals กับลำดับการทดลองของการทดลองในกลุ่มที่ 5	188
ข.15	แสดงค่าของ Residuals กับค่าประมาณของข้อมูลในการทดลองกลุ่มที่ 5 .....	190
ค.1	แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงของจำนวนจุลินทรีย์โดยใช้อัตราการใช้ของก๊าซออกซิเจนและเวลาในการป้อนก๊าซออกซิเจนที่แตกต่างกันตามการทดลองในกลุ่มที่ 2 .....	193
ค.2	แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงของจำนวนจุลินทรีย์โดยใช้อัตราการใช้ของก๊าซออกซิเจนและเวลาในการป้อนก๊าซออกซิเจนที่แตกต่างกันตามการทดลองในกลุ่มที่ 3 .....	193
ค.3	แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงของจำนวนจุลินทรีย์โดยใช้อัตราการใช้ของก๊าซออกซิเจนและเวลาในการป้อนก๊าซออกซิเจนที่แตกต่างกันตามการทดลองในกลุ่มที่ 4 .....	194

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ค.4	แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงของจำนวนจุลินทรีย์โดยใช้อัตราการใช้ของก๊าซออกซิเจนและเวลาในการป้อนก๊าซออกซิเจนที่แตกต่างกันตามการทดลองในกลุ่มที่ 5 .....	194
ค.5	แสดงผลการวิเคราะห์ T - Test เปรียบเทียบระหว่างเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงของจำนวนจุลินทรีย์ที่ได้จากการคำนวณและที่ได้จากการทดลองจริง	195
จ.1	แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของ Orthogonal Polynomial .....	202

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงขนาดของอนุภาคต่างๆ (Praticle Size Distribution Curve) .....	12
2.2 แสดงมาตรฐานกำหนดเป็นทางการของ 209b (F.S. 209b) โดยเพิ่มชั้น (Class) ของห้องสะอาดออกไปอีกเป็นชั้นที่ 1 (Class 1) และชั้นที่ 10 (Class 10) .....	14
2.3 กราฟแสดงการลดลงของเชื้อจุลินทรีย์เป็นแบบ Logarithmic Order เมื่อผ่านกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อ .....	20
2.4 แสดงวิธีการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ของสารเคมีต่างๆ	
(ก) แสดงการเข้าทำลายที่ผนังเซลล์ (Cell Wall) .....	23
(ข) แสดงการเข้าทำลายที่เยื่อหุ้มเซลล์ (Cell Membrane) .....	24
2.5 แสดงความเป็นพิษของก๊าซไอโซน .....	33
2.6 แสดงปัจจัยและพารามิเตอร์ของกระบวนการ .....	38
3.1 แสดงปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการทำลายจุลินทรีย์ของสารเคมี ดังต่อไปนี้ .....	52
(a) ระยะเวลาที่ใช้ในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งจะเห็นได้ว่าจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่ได้ตายในทันทีที่ได้รับสารเคมี และจุดที่แทบจะไม่มีจุลินทรีย์เหลืออยู่เลย เรียกว่า Sterilization	
(b) จำนวนของเชื้อจุลินทรีย์	
(c) ชนิดของเชื้อจุลินทรีย์	
(d) ชนิดของสารเคมี	
3.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อ <i>E.Coli</i> ของสารละลาย Phenol ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆกัน ณ อุณหภูมิ 35 °C .....	53
3.3 แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อ <i>E.Coli</i> ของสารละลาย Phenol ที่ระดับอุณหภูมิต่างๆกัน .....	54

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.4 แสดงสเกลของอัตราการไหลของก๊าซออกซิเจนของเครื่องกำเนิดก๊าซไอโซนที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ .....	58
3.5 ระดับความเข้มข้นต่างๆของก๊าซไอโซนที่จะทำให้เกิดอันตรายต่อร่างกาย .....	60
3.6 แสดงขั้นตอนการตัดสินใจในการเลือกช่วงที่จะศึกษาของปริมาณก๊าซออกซิเจน	65
4.1 แสดงตัวอย่างของอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมได้จาก	
ก. ชับไบรอด เดกซ์โตรส อาการ์ (สีเหลืองอ่อน) .....	87
ข. บลัด อาการ์ (สีแดงสด) .....	87
4.2 แสดงตำแหน่งต่างๆในการวางจานเพาะเชื้อ ในห้องเจาะโลหิต .....	89
4.3 แสดงเครื่องผลิตก๊าซไอโซนที่สร้างโดยหลักการของ Corona Type .....	91
4.4 แสดงส่วนต่างๆของเครื่องผลิตก๊าซไอโซนที่ใช้ทำการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ .....	92
5.1 กราฟแสดงการตรวจสอบการกระจายแบบปกติในการทดลองกลุ่มที่ 1 .....	106
5.2 กราฟแสดงการกระจายของข้อมูลในการทดลองกลุ่มที่ 1 .....	107
5.3 กราฟแสดงความสม่ำเสมอของความคลาดเคลื่อนของข้อมูลการทดลองในกลุ่มที่ 1 .....	108
5.4 กราฟแสดงอิทธิพลของอัตราการไหลของก๊าซออกซิเจนที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การลดลงของจำนวนจุลินทรีย์สำหรับการทดลองในกลุ่มที่ 1 .....	115
5.5 กราฟแสดงอิทธิพลของเวลาในการป้อนก๊าซออกซิเจนที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การลดลงของจำนวนจุลินทรีย์สำหรับการทดลองในกลุ่มที่ 1 .....	116
5.6 กราฟแสดงผลของอัตราการไหลของก๊าซออกซิเจนที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การลดลงของจำนวนจุลินทรีย์ตามความสัมพันธ์จากสมการ 5.2 (การทดลองในกลุ่มที่ 1)..	123
5.7 กราฟแสดงผลของเวลาในการป้อนก๊าซออกซิเจนที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การลดลงของจำนวนจุลินทรีย์ตามความสัมพันธ์จากสมการ 5.2 (การทดลองในกลุ่มที่ 1) .....	123
5.8 กราฟแสดงผลของอัตราการไหลของก๊าซออกซิเจนที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การลดลงของจำนวนจุลินทรีย์ตามความสัมพันธ์จากสมการ 5.3 (การทดลองในกลุ่มที่ 2)	124

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
5.9	กราฟแสดงผลของเวลาในการบ่อน้ำชอกซีเจนที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การลดลงของจำนวนจุลินทรีย์ตามความสัมพันธ์จากสมการ 5.3 (การทดลองในกลุ่มที่ 2) .....	124
5.10	กราฟแสดงผลของอัตราการไหลของน้ำชอกซีเจนที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การลดลงของจำนวนจุลินทรีย์ตามความสัมพันธ์จากสมการ 5.4 (การทดลองในกลุ่มที่ 3) ..	125
5.11	กราฟแสดงผลของเวลาในการบ่อน้ำชอกซีเจนที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การลดลงของจำนวนจุลินทรีย์ตามความสัมพันธ์จากสมการ 5.4 (การทดลองในกลุ่มที่ 3) .....	125
5.12	กราฟแสดงผลของอัตราการไหลของน้ำชอกซีเจนที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การลดลงของจำนวนจุลินทรีย์ตามความสัมพันธ์จากสมการ 5.5 (การทดลองในกลุ่มที่ 4) ..	126
5.13	กราฟแสดงผลของเวลาในการบ่อน้ำชอกซีเจนที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การลดลงของจำนวนจุลินทรีย์ตามความสัมพันธ์จากสมการ 5.5 (การทดลองในกลุ่มที่ 4) .....	126
5.14	กราฟแสดงผลของอัตราการไหลของน้ำชอกซีเจนที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การลดลงของจำนวนจุลินทรีย์ตามความสัมพันธ์จากสมการ 5.6 (การทดลองในกลุ่มที่ 5) ..	127
5.15	กราฟแสดงผลของเวลาในการบ่อน้ำชอกซีเจนที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การลดลงของจำนวนจุลินทรีย์ตามความสัมพันธ์จากสมการ 5.6 (การทดลองในกลุ่มที่ 5) .....	128
6.1	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำชอกซีเจนและ Energy Yield Efficiency .....	132
ข.1	กราฟแสดงการตรวจสอบการกระจายแบบปกติในการทดลองกลุ่มที่ 2 .....	169
ข.2	กราฟแสดงการกระจายของข้อมูลของการทดลองในกลุ่มที่ 2 .....	171
ข.3	กราฟแสดงความสม่ำเสมอของความคลาดเคลื่อนของการทดลองในกลุ่มที่ 2 .....	173
ข.4	กราฟแสดงการตรวจสอบการกระจายแบบปกติในการทดลองกลุ่มที่ 3 .....	175
ข.5	กราฟแสดงการกระจายของข้อมูลของการทดลองในกลุ่มที่ 3 .....	177
ข.6	กราฟแสดงความสม่ำเสมอของความคลาดเคลื่อนของการทดลองในกลุ่มที่ 3 .....	179
ข.7	กราฟแสดงการตรวจสอบการกระจายแบบปกติในการทดลองกลุ่มที่ 4 .....	181
ข.8	กราฟแสดงการกระจายของข้อมูลของการทดลองในกลุ่มที่ 4 .....	183
ข.9	กราฟแสดงความสม่ำเสมอของความคลาดเคลื่อนของการทดลองในกลุ่มที่ 4 .....	185
ข.10	กราฟแสดงการตรวจสอบการกระจายแบบปกติในการทดลองกลุ่มที่ 5 .....	187

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
ข.11	กราฟแสดงการกระจายของข้อมูลของการทดลองในกลุ่มที่ 5 .....	189
ข.12	กราฟแสดงความสม่ำเสมอของความคลาดเคลื่อนของการทดลองในกลุ่มที่ 5 .....	191
ง.1	กราฟแสดงอิทธิพลของอัตราการไหลของก๊าซออกซิเจนที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อจุลินทรีย์สำหรับการทดลองในกลุ่มที่ 2 .....	197
ง.2	กราฟแสดงอิทธิพลของเวลาในการป้อนก๊าซออกซิเจนที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อจุลินทรีย์สำหรับการทดลองในกลุ่มที่ 2 .....	197
ง.3	กราฟแสดงอิทธิพลของอัตราการไหลของก๊าซออกซิเจนที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อจุลินทรีย์สำหรับการทดลองในกลุ่มที่ 3 .....	198
ง.4	กราฟแสดงอิทธิพลของเวลาในการป้อนก๊าซออกซิเจนที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อจุลินทรีย์สำหรับการทดลองในกลุ่มที่ 3 .....	198
ง.5	กราฟแสดงอิทธิพลของอัตราการไหลของก๊าซออกซิเจนที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อจุลินทรีย์สำหรับการทดลองในกลุ่มที่ 4 .....	199
ง.6	กราฟแสดงอิทธิพลของเวลาในการป้อนก๊าซออกซิเจนที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อจุลินทรีย์สำหรับการทดลองในกลุ่มที่ 4 .....	199
ง.7	กราฟแสดงอิทธิพลของอัตราการไหลของก๊าซออกซิเจนที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อจุลินทรีย์สำหรับการทดลองในกลุ่มที่ 5 .....	200
ง.8	กราฟแสดงอิทธิพลของเวลาในการป้อนก๊าซออกซิเจนที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อจุลินทรีย์สำหรับการทดลองในกลุ่มที่ 5 .....	200
ข.1	แสดงแผนภาพ Psychrometric Chart .....	208
ข.1	แสดงรูปของจานเลี้ยงเชื้อ .....	210
ข.2	แสดงรูปของจานเลี้ยงเชื้อที่ถูกห่อหุ้มด้วยกระดาษสีน้ำตาลก่อนที่จะส่งเข้าเครื่อง Sterile .....	210
ข.3	แสดง ชับไบรรอด เดกซ์โตรส อาการ์ .....	211
ข.4	แสดง บลัด อาการ์ (สีแดงสด).....	211
ข.5	แสดงรูปของขวดเตรียมสำหรับเก็บอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผ่านการ Sterile แล้ว .....	212



## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
ข.6	แสดงรูปของเครื่องชั่ง .....	212
ข.7	แสดงรูปอ่างน้ำร้อน .....	213
ข.8	แสดงรูปของตู้ปลอดเชื้อที่ใช้สำหรับเท Agar ลงในงานเลี้ยงเชื้อ .....	213
ข.9	แสดงรูปของตู้เย็นสำหรับเก็บอาหารเลี้ยงเชื้อ .....	214
ข.10	แสดงรูปของตู้อบที่ใช้ในการบ่มเชื้อ .....	215
ข.11	แสดงเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียกและกระเปาะแห้ง .....	216
ข.12	แสดงอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับตรวจวัดปริมาณของก๊าซไอโซน .....	217

## คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

$\alpha$	ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1
$\beta$	ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 2
$\epsilon$	ความคลาดเคลื่อน
$\tau$	อิทธิพลที่เกิดจากปัจจัย
$\beta$ (ในสมการ)	อิทธิพลที่เกิดจากปัจจัย
$\nu$	ชั้นของความอิสระ
$O_3$	ก๊าซโอโซน
$O_2$	ก๊าซออกซิเจน
ANOVA	การวิเคราะห์ความแปรปรวน
CF.	Correcting Factor
df.	ชั้นของความอิสระ
$ft^2$	ลูกบาศก์ฟุต (หน่วยของพื้นที่)
l.	ลิตร (หน่วยความจุ)
min.	วินาที (หน่วยของเวลา)
MS	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง
NID	รูปแบบของการกระจายแบบแจกแจงปกติที่เป็นอิสระ
No. of Colony	จำนวนของโคโลนี
ppm.	หน่วยความเข้มข้นหนึ่งในล้านส่วน
SS	ผลรวมกำลังสอง