บทที่ 6
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการใช้หลักการออกแบบเชิงสถิติวิศวกรรม เพื่อศึกษาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการใช้ก๊าซโอโซนเพื่อทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ห้องเจาะเก็บโลหิตของศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย ได้สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะดังนี้

สรุปผลการวิจัย

เนื่องจากการทดลองนี้มีข้อจำกัดของการทดลองในเรื่องความเป็นพิษของก๊าซโอโซน ดังนั้นจึงต้องคำนึงถึงความปลอดภัยต่อเจ้าหน้าที่และผู้บริจาคโลหิตที่จะเข้ามาปฏิบัติงานในห้องนั้น จึงได้ทำออกแบบ Screening Design ซึ่งจะบอกให้ทราบถึง Treatment Combination ที่สามารถทำการทดลองได้และไม่สามารถทำการทดลองได้ แล้วทำการวิเคราะห์แบบ Factorial Design โดยแยกกลุ่มการวิเคราะห์ได้เป็น 5 กลุ่ม ซึ่งผลการวิเคราะห์ทั้ง 5 กลุ่มนั้น พบว่าปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อการทำลายเชื้อจุลินทรีย์โดยใช้ก๊าซโอโซนที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 คือ

1. อัตราการไหลของก๊าซออกซิเจน
2. เวลาในการป้อนก๊าซออกซิเจน

นั่นคือ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณในข้อ 1 หรือ 2 จะทำให้เปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อจุลินทรีย์แตกต่างกัน และอิทธิพลร่วมระหว่างอัตราการไหลของก๊าซออกซิเจนและเวลาที่ใช้ในการป้อนก๊าซออกซิเจนนั้นไม่มีนัยสำคัญ โดยที่ข้อมูลที่บันทึกนั้นมีความคลาดเคลื่อนตามรูปแบบ คือ มีการแจกแจงปกติ มีความเป็นอิสระ และมีความสม่ำเสมอของความคลาดเคลื่อน และสามารถตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลได้ประมาณ 64% - 74%

สมการทางคณิตศาสตร์

จากอิทธิพลหลักที่มีผลต่อการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ของก๊าซโอโซน นำมาแยกวิเคราะห์อิทธิพลของ Factorial โดยใช้หลักการของ Orthogonal Polynomial พบว่าอิทธิพลหลักของทั้งสองปัจจัยนั้นตอบสนองต่อ Linear เพียงอย่างเดียว นั่นคือเปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อจุลินทรีย์

นั้นจะเพิ่มตามอัตราการไหลของก๊าซออกซิเจนหรือเวลาที่ใช้ป้อนก๊าซออกซิเจนที่เพิ่มขึ้น และสามารถสร้างสมการคณิตศาสตร์ของการทดลองทั้ง 5 กลุ่ม ได้ดังนี้

1. สมการสำหรับการทดลองกลุ่มที่ 1 คือ

$$Y = 87.62 + 1.540 (x_1 - 20) + 4.150 (x_2 - 6)$$

2. สมการสำหรับการทดลองกลุ่มที่ 2 คือ

$$Y = 86.17 + 1.741 (x_1 - 14) + 3.176 (x_2 - 8.5)$$

3. สมการสำหรับการทดลองกลุ่มที่ 3 คือ

$$Y = 87.64 + 2.582 (x_1 - 10) + 2.512 (x_2 - 12)$$

4. สมการสำหรับการทดลองกลุ่มที่ 4 คือ

$$Y = 86.32 + 3.463(x_1 - 8) + 3.525 (x_2 - 15)$$

5. สมการสำหรับการทดลองกลุ่มที่ 5 คือ

$$Y = 88.52 + 2.111(x_1 - 7) + 2.328 (x_2 - 18.5)$$

โดยที่

x_1 = อัตราการไหลของก๊าซออกซิเจน (l./min.)

x_2 = เวลาที่ใช้ในการป้อนก๊าซออกซิเจน (min)

ซึ่งสมการที่สร้างมานี้จะใช้ได้ผลดีในช่วงระดับของปัจจัยที่กำหนดเท่านั้น หากระดับของปัจจัยทั้งสองไม่เป็นไปตามที่กำหนดก็จะทำให้ผลการทดลองไม่เป็นไปตามสมการ และเมื่อนำไปวิเคราะห์ด้วยกราฟทำให้สามารถหาเงื่อนไขที่เหมาะสม (มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดสูง) ได้ดังตารางที่ 6.1 ดังนี้

ตารางที่ 6.1 แสดงอัตราการไหลของก๊าซออกซิเจนและเวลาที่ป้อนก๊าซออกซิเจนที่ทำให้เปอร์เซ็นต์การทำลายเชื้อจุลินทรีย์สูงที่สุดในแต่ละชุดของการทดลอง

การทดลองกลุ่มที่	อัตราการไหลของ O_2 (l./min.)	เวลาในการป้อน O_2 (min.)	เปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อจุลินทรีย์
1	22	7	94.85 %
2	16	10	94.41 %
3	12	13	95.32 %
4	10	16	96.77 %
5	8	20	94.12 %

จากผลการทดลองในตารางที่ 6.1 สามารถนำค่าอัตราการไหลของก๊าซออกซิเจนและเวลาในการป้อนก๊าซออกซิเจนไปคำนวณหาความเข้มข้นของก๊าซโอโซนได้ดังตารางที่ 6.2 (ตามวิธีการคำนวณในภาคผนวก ฉ.) ดังนี้

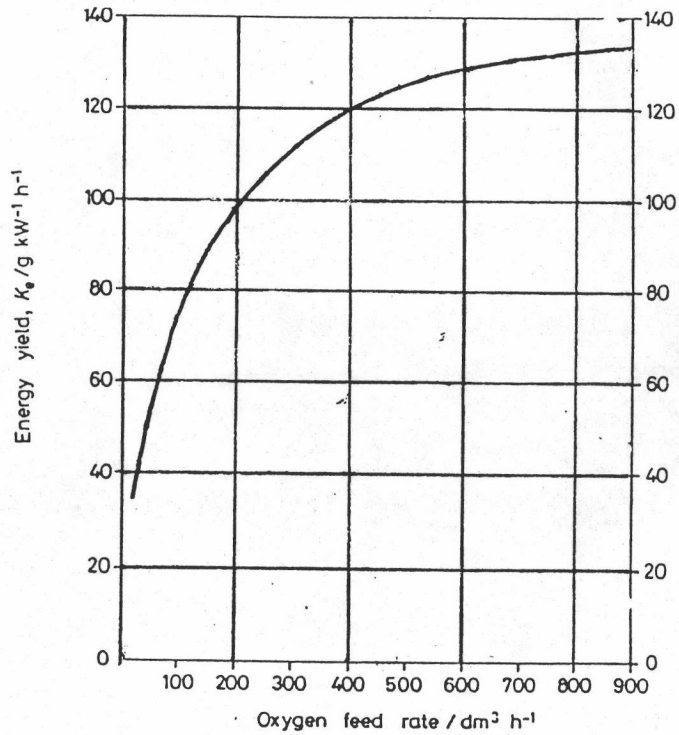
ตารางที่ 6.2 แสดงความเข้มข้นของก๊าซโอโซนที่ได้

การทดลองกลุ่มที่	อัตราการไหลของ O_2 (l./min.)	เวลาในการป้อน O_2 (min.)	ความเข้มข้นของก๊าซโอโซนที่ได้ตามทฤษฎี (ppm.)
1	22	7	0.1194
2	16	10	0.1241
3	12	13	0.1210
4	10	16	0.1241
5	8	20	0.1241

จากตารางที่ 6.1 และ 6.2 พบว่ากลุ่มการทดลองที่มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อจุลินทรีย์ที่สูงที่สุด คือกลุ่มการทดลองที่มีปริมาณของก๊าซออกซิเจน 160 l./ปริมาตรห้องได้แก่ กลุ่มการทดลองที่ 2, 4, 5 ซึ่งควรที่จะมีเปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อจุลินทรีย์เท่ากัน เนื่องจากความเข้มข้นของก๊าซโอโซนที่คำนวณได้ตามทฤษฎีเท่ากันแต่จากตารางจะเห็นว่าการทดลองทั้ง 3 กลุ่มมีเปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อจุลินทรีย์แตกต่างกันคือ 94.41%, 96.77% และ 94.12%ตามลำดับ ทั้งนี้เกิดจากความคลาดเคลื่อนในสมการที่ใช้คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อจุลินทรีย์และพารามิเตอร์บางค่าสำหรับการออกแบบสร้างเครื่องกำเนิดก๊าซโอโซนเครื่องนี้ที่ทำให้ได้ก๊าซโอโซนที่มีความเข้มข้นแตกต่างกันไป

ดังนั้นเงื่อนไขที่เหมาะสมในการใช้ก๊าซโอโซนทำลายเชื้อจุลินทรีย์ก็ควรที่จะเลือกใช้เงื่อนไขใดก็ได้ในการทดลอง 3 กลุ่มนั้นเพราะทำให้เปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อจุลินทรีย์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่จะพิจารณาเลือกใช้ที่เงื่อนไขของการทดลองในกลุ่มที่ 4 กล่าวคือ อัตราการไหลของก๊าซออกซิเจน 10 l./min. และเวลาในการป้อนก๊าซออกซิเจน 16 min.

ทั้งนี้เนื่องจากอัตราการไหลของก๊าซออกซิเจนซึ่งเป็นพารามิเตอร์ตัวสำคัญที่มีผลต่อ Energy Yield Coefficiency ที่แสดงถึงพลังงานที่ใช้พอดีกับการเกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนไปเป็นก๊าซโอโซน และสามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ดังกราฟรูปที่ 6.1 ดังนี้



รูปที่ 6.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของก๊าซออกซิเจนและEnergy Yield Coefficiency

ในกรณีนี้ Energy Yield Coefficiency จึงมีส่วนสำคัญในการพิจารณาตัดสินการเลือกใช้เงื่อนไขที่เหมาะสมในการใช้ก๊าซโอโซนทำลายเชื้อจุลินทรีย์ด้วย และสามารถแสดงค่า Energy Yield Coefficiency ที่แตกต่างกันสำหรับเงื่อนไขทั้งสามข้างต้นได้ดังตารางที่ 6.3 ดังนี้

ตารางที่ 6.3 แสดงค่า Energy Yield Coefficiency ของอัตราการไหลของก๊าซออกซิเจนที่ 8, 10, 16 l./min.(จาก Horvath , M. and Huttner , J. Ozone. Hungary : Akadamiai Kiado Publishing , 1985 หน้า 181)

อัตราการไหลของก๊าซออกซิเจน		Energy Yield Coefficiency
(l./min.)	(dm^3/h.)	($gkW^{-1}H^{-1}$)
8	480	123
10	600	130
16	960	Out of Effective Region

ซึ่งจากตารางที่ 6.3 และรูปที่ 6.1จะเห็นว่าที่อัตราการไหลของก๊าซออกซิเจน 10 l./min.จะเริ่มมีค่า Energy Yield Coefficiency สูงที่สุด ดังนั้นจึงควรเลือกเงื่อนไขในการใช้ก๊าซโอโซนที่มีอัตราการไหลของก๊าซออกซิเจน 10 l./min.

เพราะฉะนั้นเงื่อนไขที่เหมาะสมในการใช้ก๊าซโอโซนสำหรับทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงที่สุด (เปอร์เซ็นต์การกำจัดสูงที่สุด) คือ

อัตราการไหลของก๊าซออกซิเจน 10 l./min.

เวลาในการป้อนก๊าซออกซิเจน 16 min.

โดยจะต้องทำการฉีดพ่นตามข้อจำกัดของการใช้เงื่อนไขนี้ คือ

1. ทำการฉีดพ่นก๊าซโอโซนในห้องเจาะเก็บโลหิตซึ่งมีปริมาตร 1763.4 m^3
2. ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 65% - 80%
3. อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 20 °C - 25°C
4. ปริมาณคนเข้า-ออก 300 - 400 คนต่อวัน
5. เมื่อทำการฉีดพ่นก๊าซโอโซนด้วยระยะห่างวันเว้นวัน

และได้ทำการยืนยันผลการวิจัยโดยการเก็บข้อมูลจริงจากการทดลองฉีดพ่นก๊าซโอโซนตามเงื่อนไขที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองเปรียบเทียบกับผลการทดลองที่ได้จากการคำนวณใน

สมการสำหรับการทดลองในกลุ่มที่ 4 โดยใช้การทดสอบค่า T (ดังแสดงในตารางที่ ค.5) พบว่าเปอร์เซ็นต์การลดลงของจำนวนจุลินทรีย์ที่คำนวณได้จากสมการและที่ได้จากการทดลองภายหลังที่ปรับเข้าสู่ค่าที่เหมาะสมแล้ว แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (แสดงผลการทดลองในตารางที่ ก.11และ ก.12) ดังนั้นผลการวิจัยสามารถวิเคราะห์เงื่อนไขที่เหมาะสมในการใช้ก๊าซโอโซนทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้ดังนี้

อัตราการไหลของก๊าซออกซิเจน 10 l./min.

เวลาในการป้อนก๊าซออกซิเจน 16 min.

ข้อเสนอแนะ

1. ห้องเจาะเก็บโลหิตเป็นสถานที่ที่ควรคำนึงถึงความสะอาดมากแห่งหนึ่ง การใช้ก๊าซโอโซนเป็นวิธีการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่สะสมอยู่ในขณะที่ไม่มีการปฏิบัติงาน แต่เมื่อเปิดห้องสำหรับการทำงานตามปกติในแต่ละวันก็จะมีการสะสมเชื้อจุลินทรีย์ขึ้นมาอีก เนื่องจากมีบุคคลซึ่งมาจากสถานที่แตกต่างกันและประกอบอาชีพที่แตกต่างกันประมาณวันละ 300-400 คนเข้า- ออกสถานที่แห่งนี้เพื่อมาบริจาคโลหิต ซึ่งก็อาจจะนำพาเชื้อจุลินทรีย์มาสะสมที่ห้องเจาะเก็บโลหิตเป็นจำนวนมาก ดังนั้นวิธีการที่ควรใช้ควบคู่ไปกับการฉีดพ่นก๊าซโอโซนตอนกลางคืนก็คือ

- ควรจะให้ผู้บริจาคได้มีการสวมเสื้อคลุมที่ผ่านการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์มาแล้ว ทับเสื้อผ้าที่สวมใส่มาอีกชั้นหนึ่ง รวมทั้งเปลี่ยนรองเท้าก่อนที่จะเข้าไปบริจาคโลหิตเพื่อป้องกันการเพิ่มปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในสถานที่นั้น
- ห้องเจาะเก็บโลหิต เป็นสถานที่ที่ใช้เครื่องปรับอากาศซึ่งจะมีเชื้อโรคสะสมอยู่ตาม Air Filter เป็นจำนวนมาก ดังนั้น จึงควรที่มีการทำความสะอาดอยู่เป็นประจำ

2. สำหรับงานวิจัยต่อไปควรที่จะทำการออกแบบการทดลองเชิงสถิติที่เรียกว่าการออกแบบมั่นคง (Robust Design) เพื่อที่จะได้ผลการวิเคราะห์เงื่อนไขที่เหมาะสมของการใช้ก๊าซโอโซนในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์โดยที่มีอิทธิพลของปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้น้อยที่สุด