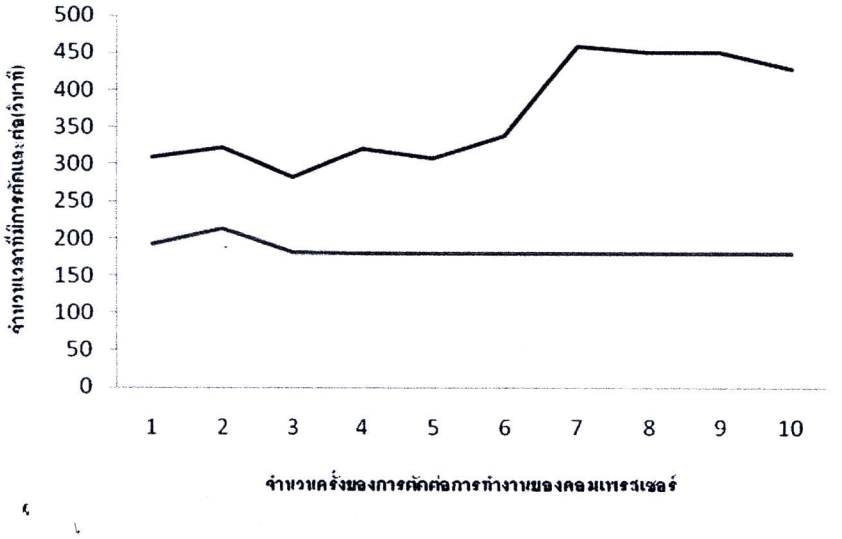
บทที่ 4
ผลการศึกษา และการวิเคราะห์

การทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถของเครื่องผลิตโอโซนในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา แบคทีเรีย และการกำจัดกลิ่น อีกทั้งยังวิเคราะห์อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า ที่เกิดขึ้นเมื่อใช้เครื่องผลิตโอโซน ร่วมกับเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก แบบแยกส่วนที่ขนาด 1 ตันหรือ 12,624 BTU และมีการเปรียบเทียบการทำงานในสภาพอากาศภายนอกที่แตกต่างกัน (ฤดูหนาว ฤดูฝน และฤดูร้อนทั้งตอนกลาง วันกลางคืน) การกำหนดระดับที่เหมาะสมของการทำงานของระบบเครื่องผลิตโอโซน ผลการทดลองและการทำการวิเคราะห์สามารถสรุปได้ดังนี้

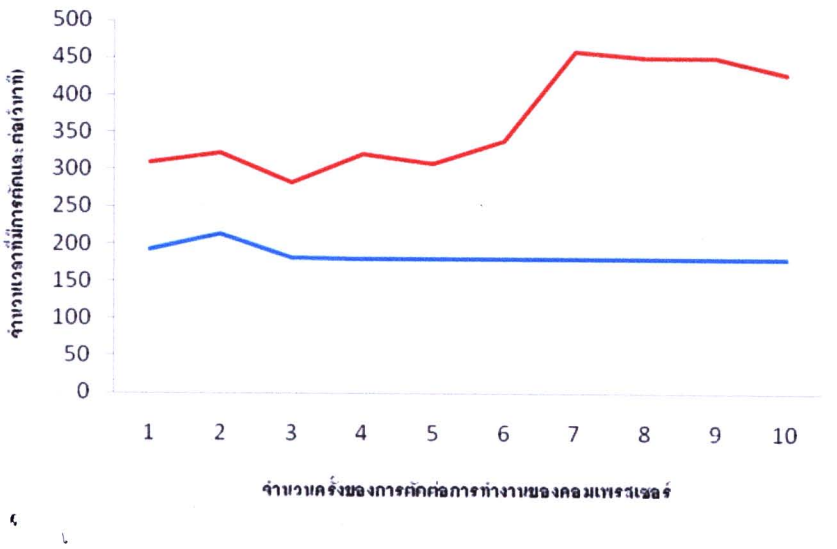
ในการทำการทดลองได้แบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนที่หนึ่งเพื่อศึกษาการวิเคราะห์การใช้พลังงานในระบบเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กเมื่อใช้ร่วมกับระบบเครื่องทำโอโซน ส่วนที่สองวิเคราะห์ความสะอาดของอากาศห้องที่ใช้เครื่องทำโอโซนร่วมกับเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก และส่วนที่สามวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเมื่อใช้เครื่องทำโอโซนร่วมกับเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

4.1 ในการตรวจวัดจำนวนครั้ง เวลาในการทำงานตัดและต่อของการทำงานของคอมเพรสเซอร์ ขณะที่ไม่มีโอโซนใน วันที่ 25 ธันวาคม พ.ศ. 2549 ช่วงเวลา 13.00-15.00 น. ขณะที่อุณหภูมิภายนอกห้องทดลอง 29.5°C และอุณหภูมิภายในห้องทดลองอยู่ที่ 25°C พบว่าการหยุดการทำงานของคอมเพรสเซอร์ค่อนข้างจะคงที่ประมาณ 179-190 วินาทีในแต่ละช่วงเวลา ขณะที่การเริ่มทำงานของคอมเพรสเซอร์ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นโดยอยู่ในช่วงแรก 1 ถึงช่วงที่ 6 จะมีการทำงานในช่วงเวลาสั้นๆ ประมาณ 179 วินาที การทำงานของคอมเพรสเซอร์จะใช้เวลาเพิ่มมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเจน ตั้งแต่ช่วงที่ 7 จะคงที่ไปจนถึงช่วงที่ 10 ประมาณ 270-280 วินาที ดังแสดงในรูปที่ 4.1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าช่วงเวลาที่เพิ่มมากขึ้นมีการทำงานของเครื่องคอมเพรสเซอร์ที่นานขึ้นด้วย ซึ่งอาจจะเกิดจากอุณหภูมิภายนอกมีการเปลี่ยนแปลง



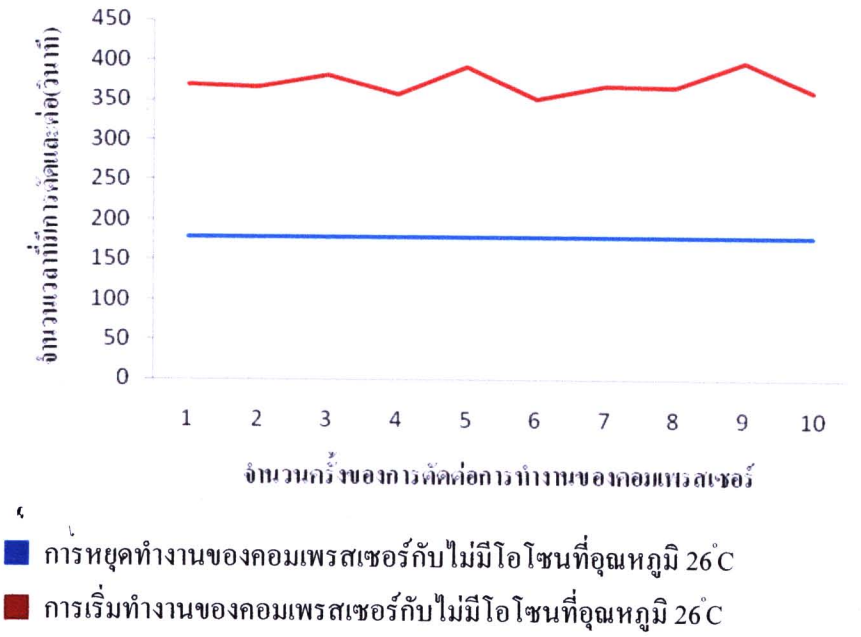
รูปที่ 4.1 การเปรียบเทียบการทำงานของคอมเพรสเซอร์เมื่อไม่มีโอโซนที่อุณหภูมิภายนอกห้องทดสอบ 29.5°C และอุณหภูมิภายในห้องทดสอบ 25°C ในช่วงเวลา13.00-15.00 น.

4.2 การตรวจวัดจำนวนครั้ง เวลาในการตัดและต่อของการทำงานของคอมเพรสเซอร์ขณะที่ไม่มีโอโซน วันที่ 2 เมษายน พ.ศ. 2550 ในช่วงเวลา 13.00-15.00 น. เมื่อมีอุณหภูมิภายนอกห้อง ทดลอง 39°C และอุณหภูมิภายในห้องทดลองมีอุณหภูมิอยู่ที่ 26°C พบว่าการเริ่มทำงานและหยุดการทำงานของคอมเพรสเซอร์ในแต่ละช่วงมีแนวโน้มคงที่ โดยจำนวนเวลาที่มีการตัดและต่อของการทำงานของคอมเพรสเซอร์ประมาณ 180-200 วินาที และจำนวนเวลาที่มีการตัดและต่อของการหยุดทำงานของคอมเพรสเซอร์ประมาณ 179 วินาที ดังแสดงในรูปที่ 4.2 และเมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองที่ 1 พบว่าในการทดลอง นี้มีการทำงานของเครื่องคอมเพรสเซอร์ที่นานขึ้นในช่วงเวลาแรก ซึ่งเนื่องมาจากความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายนอกและอุณหภูมิภายในห้องทดลองที่มากขึ้น เป็นผลทำให้เกิดการใช้พลังงานไฟฟ้ามากขึ้น ทำให้อัตราการใช้พลังงานมากขึ้นไปด้วย



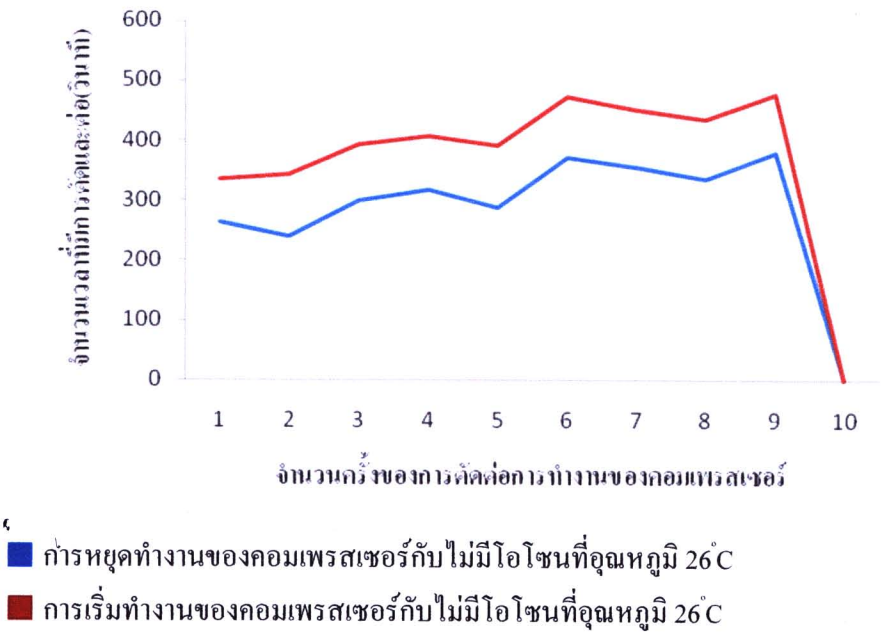
รูปที่ 4.1 การเปรียบเทียบการทำงานของคอมเพรสเซอร์เมื่อไม่มีโอโซนที่อุณหภูมิภายนอกห้องทดสอบ 29.5°C และอุณหภูมิภายในห้องทดสอบ 25°C ในช่วงเวลา13.00-15.00 น.

4.2 การตรวจวัดจำนวนครั้ง เวลาในการตัดและต่อของการทำงานของคอมเพรสเซอร์ขณะที่ไม่มีโอโซน วันที่ 2 เมษายน พ.ศ. 2550 ในช่วงเวลา 13.00-15.00 น. เมื่อมีอุณหภูมิภายนอกห้อง ทดลอง 39°C และอุณหภูมิภายในห้องทดลองมีอุณหภูมิอยู่ที่ 26°C พบว่าการเริ่มทำงานและหยุดการทำงานของคอมเพรสเซอร์ในแต่ละช่วงมีแนวโน้มคงที่ โดยจำนวนเวลาที่มีการตัดและต่อของการทำงานของคอมเพรสเซอร์ประมาณ 180-200 วินาที และจำนวนเวลาที่มีการตัดและต่อของการหยุดทำงานของคอมเพรสเซอร์ประมาณ 179 วินาที ดังแสดงในรูปที่ 4.2 และเมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองที่ 1 พบว่าในการทดลอง นี้มีการทำงานของเครื่องคอมเพรสเซอร์ที่นานขึ้นในช่วงเวลาแรก ซึ่งเนื่องมาจากความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายนอกและอุณหภูมิภายในห้องทดลองที่มากขึ้น เป็นผลทำให้เกิดการใช้พลังงานไฟฟ้ามากขึ้น ทำให้อัตราการใช้พลังงานมากขึ้นไปด้วย



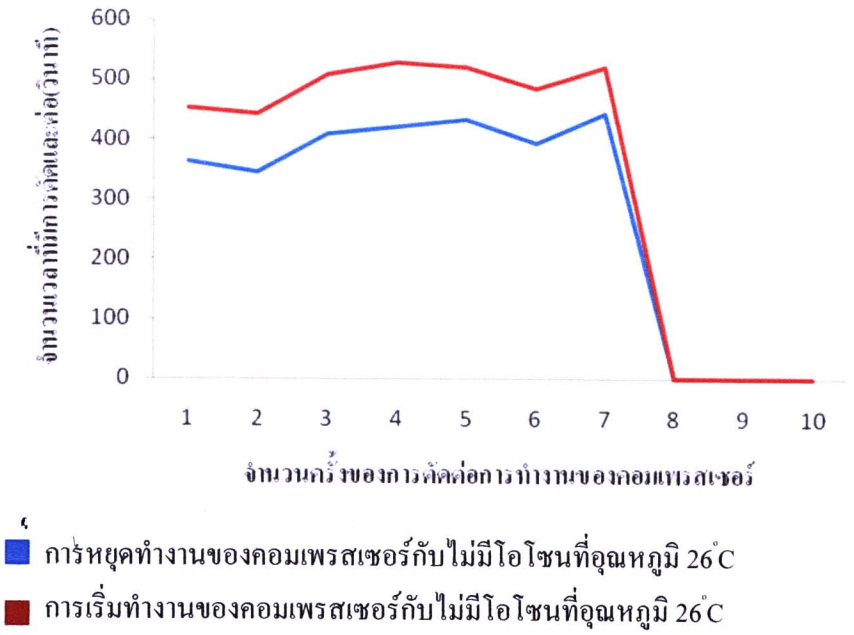
รูปที่ 4.2 การเปรียบเทียบการทำงานของคอมเพรสเซอร์เมื่อไม่มีโอโซนที่อุณหภูมิภายนอกห้องทดลอง 39°C และอุณหภูมิภายในห้องทดลอง 26°C ในช่วงเวลา 13.00-15.00

4.3 การตรวจวัดจำนวนครั้งเวลาในการตัดและต่อ ของการทำงานของคอมเพรสเซอร์ขณะที่ไม่มีโอโซน วันที่ 2 เมษายน พ.ศ. 2550 ในช่วงเวลา 14.00-15.00 น.เมื่ออุณหภูมิภายนอกห้องทดลอง ขณะที่กำลังฝนตก 32°C และอุณหภูมิภายในห้องทดลอง 26°C พบว่าจะมีการหยุดการทำงานของเครื่องคอมเพรสเซอร์ ก่อนการเริ่มทำงานอีกครั้งในแต่ละช่วงเวลาที่นานมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองที่ 1 และ 2 จากการทดลองนี้พบว่าเวลาเฉลี่ยในการหยุดทำงานของคอมเพรสเซอร์ประมาณ 240-280 วินาที ขณะที่เวลาเฉลี่ยในการทำงานของคอม เพรสเซอร์ประมาณ 70 -100 วินาที ดังแสดงในรูปที่ 4.3 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิภายนอกห้องทดลองที่ลดลงเนื่องจากฝนตกลงมา นั้นส่งผลต่อการทำงานของเครื่องคอมเพรสเซอร์ที่ลดน้อยลง ทำให้เป็นการประหยัดในการใช้ไฟฟ้าที่น้อยลงด้วย



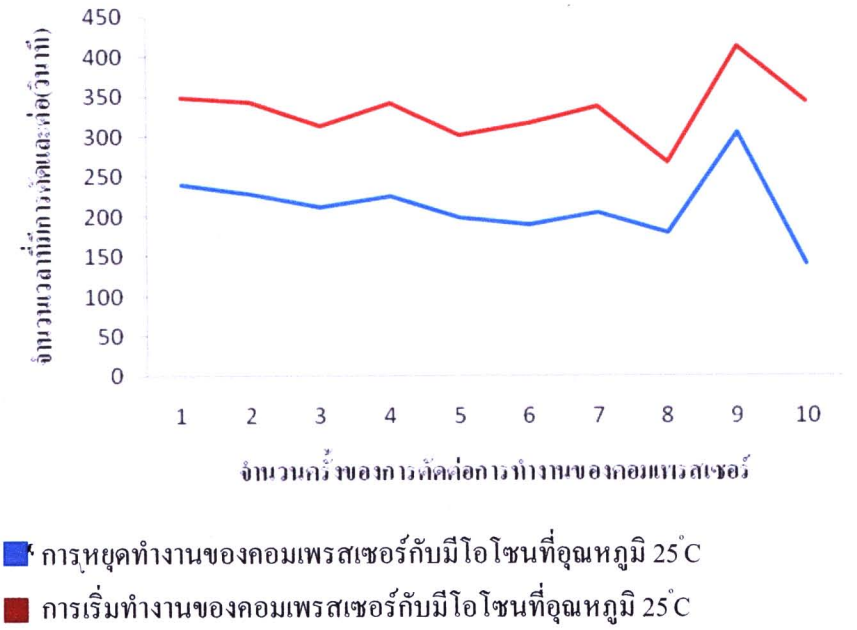
รูปที่ 4.3 การเปรียบเทียบการทำงานของคอมเพรสเซอร์เมื่อไม่มีโอโซนที่อุณหภูมิภายนอก 32°C และที่อุณหภูมิภาในห้อง 26°C ขณะที่ฝนตกลงมาในช่วงเวลา 14.00-15.00 น.

4.4 การตรวจวัดจำนวนครั้งเวลาในการตัดและต่อของการทำงานของคอมเพรสเซอร์ ขณะที่ไม่มีโอโซน วันที่ 4 เมษายน พ.ศ. 2550 ในช่วงเวลา 20.30-22.00 น. เมื่ออุณหภูมิภายนอกห้อง ทดลอง 28°C และอุณหภูมิภายในห้องทดลอง 26°C ตอนกลางคืนขณะที่ฝนกำลังตก พบว่ามี การหยุดการทำงานของเครื่องคอมเพรสเซอร์เฉลี่ยประมาณ 340-400 วินาที ขณะที่เครื่องคอมเพรสเซอร์ทำงานเฉลี่ยประมาณ 80-100 วินาที ดังที่แสดงในรูปที่ 4.4 ยังแสดงให้เห็นว่า ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายนอกห้องทดลอง และอุณหภูมิภายในห้องทดลองมีน้อยมากประมาณ 2 องศาเซลเซียส นั้นมีผลทำให้เครื่องคอมเพรสเซอร์ทำงานน้อยลง ทำให้ประหยัดพลังงานได้มากขึ้น ซึ่งเป็นไปในทางเดียวกับการทดลองที่ 3



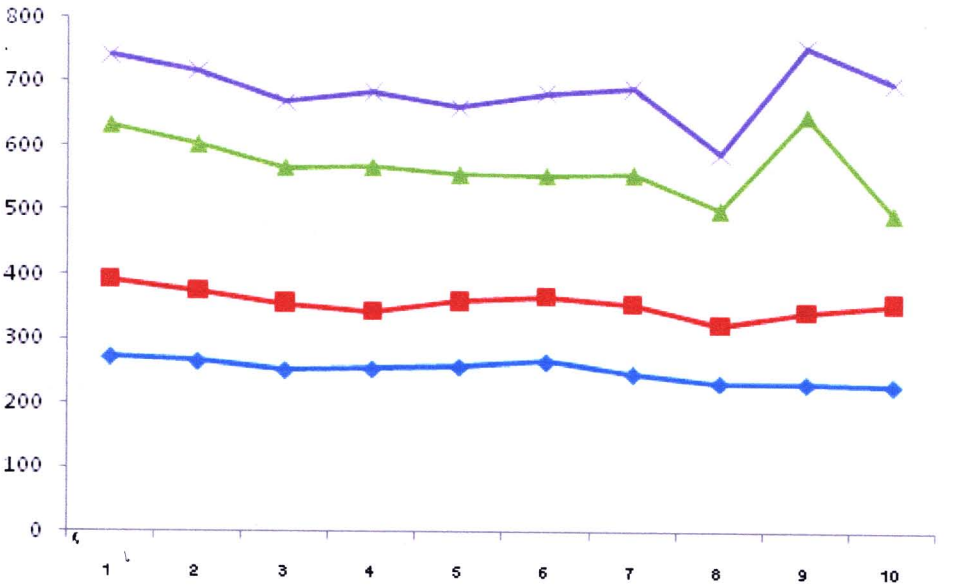
รูปที่ 4.4 การเปรียบเทียบการทำงานของคอมเพรสเซอร์เมื่อไม่มีโอโซนที่อุณหภูมิภายนอก 28°C และที่อุณหภูมิภายในห้องทดลองที่ 26°C ขณะที่ฝนตกลงมาในช่วงเวลา 20.30-22.00 น.

4.5 การตรวจวัดจำนวนครั้ง เวลาในการตัดและต่อของการทำงานของคอมเพรสเซอร์ ขณะที่มีการเปิดเครื่องผลิตโอโซน วันที่ 6 มีนาคม พ.ศ. 2550 ในช่วงเวลา 13.00-14.00 น. เมื่ออุณหภูมิภายนอกห้องทดลอง 28°C และ อุณหภูมิภายในห้องทดลอง 25°C ขณะที่ฝนกำลังตก พบว่ามี การหยุดการทำงานของเครื่องคอมเพรสเซอร์เฉลี่ยประมาณ 180-340 วินาที ขณะที่เครื่องคอมเพรสเซอร์ทำงานเฉลี่ยประมาณ 100-130 วินาที ดังที่แสดงในรูปที่ 4.5 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองที่ 1 ที่ไม่มีโอโซน และมีสภาวะภายนอกห้องทดลองใกล้เคียงกันนั้น จะเห็นว่าการทำงานของเครื่องคอมเพรสเซอร์ในการทดลองที่มีเครื่องผลิตโอโซนใช้เวลาน้อยกว่าการทดลองที่ 1 ซึ่งแตกต่างกันประมาณ 30-45 วินาทีดังแสดงในรูปที่ 4.6 ดังนั้นเครื่องผลิตโอโซนจึงมีผลต่อการต่อการทำงานของเครื่องคอมเพรสเซอร์ทำงานลดลง จึงเป็นอีกวิธีที่หนึ่งในการช่วยประหยัดพลังงาน



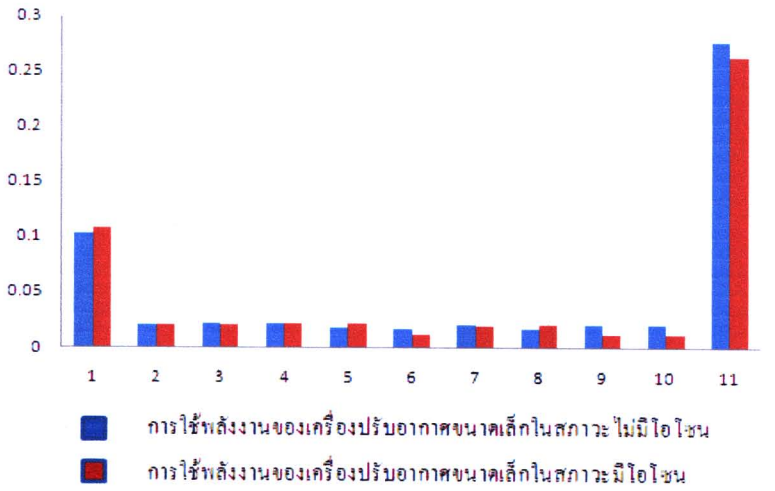
รูปที่ 4.5 การเปรียบเทียบการทำงานของคอมเพรสเซอร์เมื่อไม่มีโอโซนที่อุณหภูมิภายนอกห้องทดลอง 28°C และที่อุณหภูมิภาในห้องทดลองที่ 25°C ขณะที่ฝนตกลงมาในช่วงเวลา 13.00-14.00 น.

4.6 การเปรียบเทียบการทำงานคอมเพรสเซอร์สภาวะไม่มีโอโซนกับสภาวะมีโอโซนที่อุณหภูมิที่ต่างกัน จะเห็นได้ จากรูปที่ 4.6 พบว่าในสภาวะไม่มีโอโซนจะมีการใช้พลังงานมากกว่าสภาวะที่มีโอโซน และโดยภาพรวมแล้วจะเห็นได้ว่ามีการลดพลังงานได้น้อยมาก



รูปที่ 4.6 เป็นการเปรียบเทียบการทำงานของคอมเพรสเซอร์แบบไม่มีโอโซนกับที่มีโอโซนควบคู่ไปด้วย อยู่ที่ระหว่างอุณหภูมิ 25°C-26°C กราฟแท่งฟ้าที่สูงหมายถึงการหยุดการทำงานของคอมเพรสเซอร์

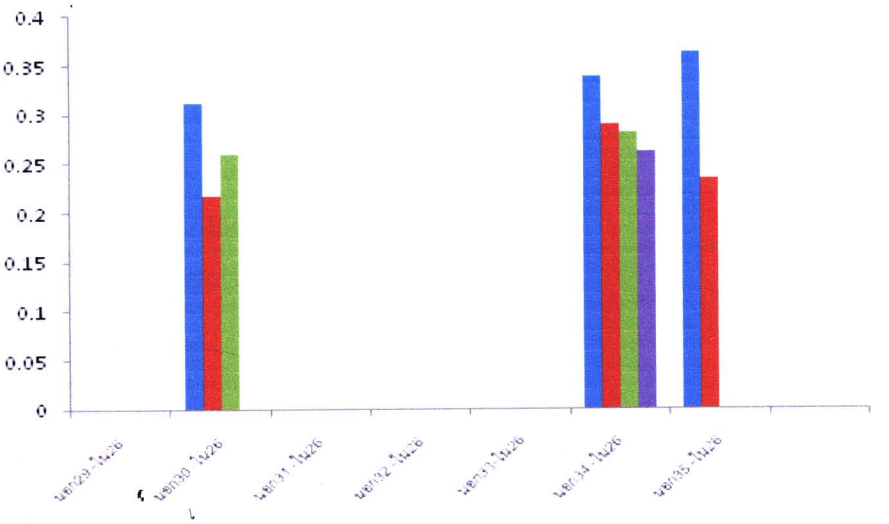
4.7 การเปรียบเทียบการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กร่วมกับเครื่องผลิตโอโซน ของแต่ละวันในช่วงเวลา 13.00-14.00 น. ที่อุณหภูมิภายนอก 34°C อุณหภูมิภายใน25°C การตรวจวัดการใช้พลังงานจำนวนครั้งจะเห็นได้ว่าขณะที่ในช่วงที่1 ถึงช่วงที่ 5 การใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กในสภาวะไม่มีโอโซนและมีโอโซนจะใกล้เคียงกันหลังจากเครื่องผลิตโอโซนทำงานมาระยะหนึ่งจะเห็นได้ว่าช่วงที่ 6 ถึงช่วงที่ 10 การใช้พลังงานลดลงไปจึงสรุปได้ว่าเครื่องผลิตโอโซนช่วยลดพลังงานได้แต่ไม่ได้มากนัก ส่วนในช่วงที่ 11 เป็นการเปรียบเทียบการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศสภาวะไม่มีโอโซนกับสภาวะมีโอโซนจะเห็นได้ว่าในสภาวะไม่มีโอโซนจะใช้พลังงานมากกว่าสภาวะที่มีโอโซนเล็กน้อย ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 การเปรียบเทียบการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กที่สภาวะไม่มีโอโซนกับสภาวะที่มีโอโซนในขณะที่อุณหภูมิ 25°C ใกล้เคียงกันในช่วงเวลา 13.00-14.00 น.

4.8 จากกราฟแสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงานในของแต่ละช่วงของอุณหภูมิที่ทำการทดลองขณะที่สภาวะไม่มีโอโซนกับสภาวะที่มีโอโซนโดยกราฟ ชุดแรกจะพบว่ามีอยู่ด้วยกัน3 แท่งด้วยกันได้ว่าแท่งที่สูงที่สุดอยู่ในสภาวะที่ไม่มีโอโซนส่วนที่เหลือนั้นเป็นสภาวะที่มีโอโซนที่อุณหภูมิภายนอก 30°C อุณหภูมิภายในห้อง 26°C ชุดที่สองได้ทดลองอีกหลายครั้งโดยมีการเปลี่ยนอุณหภูมิให้สูงขึ้น ที่อุณหภูมิภายนอก 34°C อุณหภูมิภายในห้อง 26°C ยังได้ผลออกมาคล้ายกับกราฟชุดแรกจึงสามารถบอกได้ว่าเครื่องผลิตโอโซนช่วยลดพลังงานได้แต่มีจำนวนน้อยมาก ดังรูปที่ 4.8

กราฟแสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงานในของแต่ละช่วงของอุณหภูมิ



แท่งสีฟ้าจะเป็นแบบไม่มีโอโซน
แท่งสีแดงแบบมีโอโซน
แท่งสีเขียวแบบมีโอโซน
แท่งสีม่วงแบบมีโอโซน

รูปที่ 4.8 การเปรียบเทียบการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กที่สภาวะไม่มีโอโซนกับสภาวะที่มีโอโซนในขณะที่อุณหภูมิภายนอกและภายในเท่ากัน 30-26°C ช่วง 34-26°C และช่วง 35- 26°C ใกล้เคียงกันในช่วงเวลา 13.00-14.00 น.

4.9 การศึกษาระดับการทำงานของที่เหมาะสมของเครื่องผลิตโอโซนโดยใช้เครื่องตรวจวัดปริมาณโอโซนในอากาศรุ่น Z–1200 พบว่าในสภาพปกติในห้องทดลองมีปริมาณของโอโซนอยู่เพียง 0.02 PPM. (หรือหนึ่งในล้านส่วน) และเมื่อมีการเปิดการทำงานของเครื่องผลิตโอโซนที่ตั้งการทำงานไว้ที่ระดับ LOW ที่ 10 มก. /ชม.พบว่าปริมาณโอโซนในห้องทดลอง 0.32 PPM. และถ้าต้องการตั้งระดับการทำงานของเครื่องผลิตโอโซนที่ระดับ HIGH ที่ระดับ 20 มก./ชม. พบว่าปริมาณโอโซนในห้องทดลองมีการเพิ่มขึ้นเป็น 0.45 PPM ดังแสดงในตารางที่ ดังนั้นในการใช้งานเครื่องผลิตโอโซนนั้น ในการพิจารณาว่าจะใช้ระดับโอโซนมากน้อยเพียงใดให้คำนึงถึงองค์ประกอบต่างๆ เช่น ขนาดของพื้นที่ของห้องที่ใช้ เพื่อให้ได้เหมาะสมกับปริมาณโอโซนที่ออกมาใช้งาน

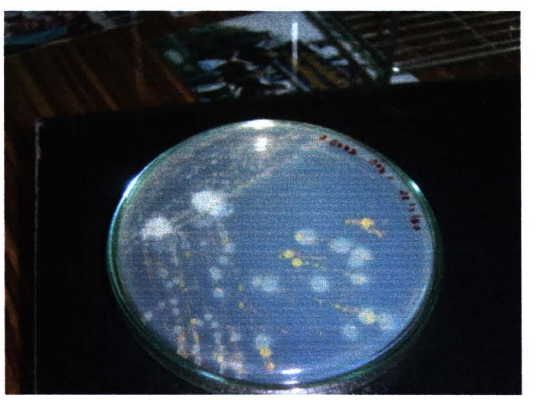
ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณโอโซน

รายงานผลการวิเคราะห์ปริมาณโอโซน

สภาวะของการทำงานของเครื่องผลิตโอโซน	ปริมาณโอโซน(PPM)
ระดับ Low ที่ 10 มก. /ชม.	0.32
ระดับ High ที่ 20 มก. /ชม.	0.45
ภายในห้องทดลอง	0.02

หมายเหตุ : พีพีเอ็ม = หนึ่งในล้านส่วน

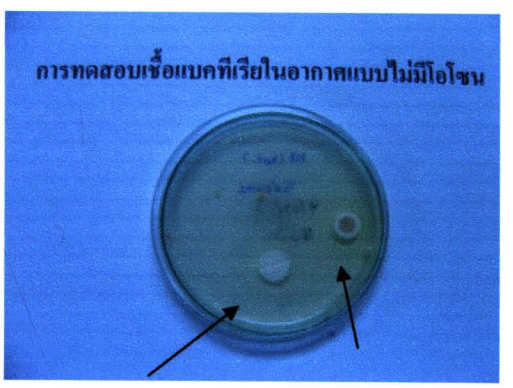
4.10 การเปรียบเทียบจำนวนจุลินทรีย์จากการทดลองของน้ำที่ได้จากถาดรองน้ำในเครื่องปรับอากาศในสภาวะไม่มีโอโซน กับสภาวะที่เปิดเครื่องผลิตโอโซน พบว่าจำนวนจุลินทรีย์ในสภาวะที่ไม่มีโอโซน ดังแสดงในรูปที่ 4.9 มีจำนวนจุลินทรีย์มากกว่าจำนวนแบคทีเรียจากการทดลองที่สภาวะที่เปิดเครื่องผลิตโอโซน ดังแสดงในรูปที่ 4.10 ซึ่งจะพบว่า ความหนาแน่นของการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์มีความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดเจน และสามารถสรุปได้ว่า เครื่องผลิตโอโซนสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในน้ำได้



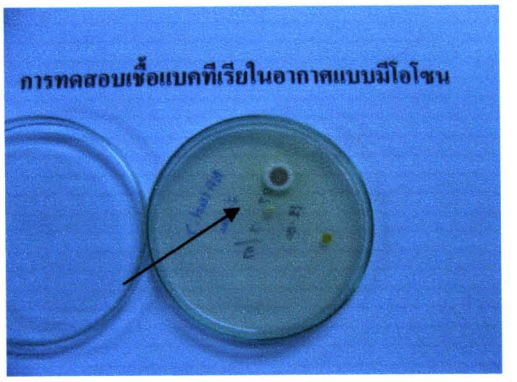
รูปที่ 4.9 จำนวนจุลินทรีย์จากถาดรองน้ำในเครื่องปรับอากาศในสภาวะไม่มีโอโซน

รูปที่ 4.10 จำนวนจุลินทรีย์จากถาดรองน้ำในเครื่องปรับอากาศในสภาวะที่เปิดเครื่องผลิตโอโซน

4.11 การศึกษาจำนวนของแบคทีเรียในอากาศในสภาวะที่ไม่มีโอโซน เปรียบเทียบกับสภาวะที่มีโอโซน ทำการเก็บตัวอย่างจำนวนของแบคทีเรียที่อยู่ในอากาศ ผ่านทางเครื่องเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศ รุ่น MICROFLOW 90 ใช้เวลาในการเก็บตัวอย่างนานประมาณ 1-2 ชั่วโมง แล้วนำจานเพาะเชื้อแบคทีเรียที่ได้ไปทำการบ่มเชื้อต่ออีก 2-3 วัน พบว่าจำนวนแบคทีเรียที่สภาวะไม่มีโอโซน ดังผลที่แสดงในรูปที่ 4.11 และจำนวนแบคทีเรียที่ในสภาวะที่มีโอโซน ดังผลที่แสดงในรูปที่ 4.12 ซึ่งพบว่าเมื่อมีการใช้เครื่องผลิตโอโซนจำนวนแบคทีเรียจะลดลง ดังนั้นการใช้เครื่องผลิตโอโซน จึงมีผลในการช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียในอากาศได้



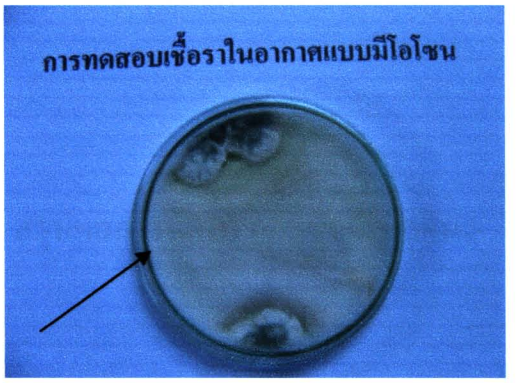
รูปที่ 4.11 จำนวนแบคทีเรียในอากาศในสภาวะที่ไม่มีโอโซน



รูปที่ 4.12 จำนวนแบคทีเรียในอากาศในสภาวะที่มีโอโซน

4.12 การศึกษาจำนวนเชื้อราในอากาศในสภาวะที่ไม่มีโอโซน เปรียบเทียบกับสภาวะที่มีโอโซน ทำการเก็บตัวอย่างเชื้อราผ่านทางเครื่องตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศ โดยใช้อุปกรณ์และวิธีการเช่นเดียวกันกับ การทดลองที่ 8 พบว่าจำนวนเชื้อราในอากาศในสภาวะที่ไม่มีโอโซนจะเกิดเชื้อราเต็มจานทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 4.13 ซึ่งมีจำนวนมากกว่า จำนวนเชื้อราในอากาศในสภาวะที่มีโอโซน ดังแสดงในรูปที่ 4.14 จะลดลงเป็นอย่างมาก ดังนั้นการใช้เครื่องผลิตโอโซนจึงมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราในอากาศได้เป็นอย่างดี

รูปที่ 4.13 จำนวนเชื้อราในอากาศในสภาวะที่ไม่มีโอโซน



รูปที่ 4.14 จำนวนเชื้อราในอากาศในสภาวะที่มีโอโซน

4.13 การศึกษาการกำจัดกลิ่นด้วยเครื่องผลิตโอโซนโดยใช้ตัวอย่างในการทดลองคือปลาร้า ดังแสดงในรูปที่ 4.15 ทำการทดลองโดยการนำตัวอย่างไปวางไว้ในห้องทดลองระยะเวลาประมาณ 20 นาที ขณะที่ยังไม่ได้ทำการเปิดเครื่องผลิตโอโซน ปรากฏว่ามีกลิ่นคลุ้งทั่วห้องทดลอง และหลังจากนั้นได้ทำการเปิดเครื่องผลิตโอโซนเป็นเวลาประมาณ 30 นาที ทดสอบกลิ่นโดยใช้ผู้นักศึกษาจำนวน 5 คน ทำการทดลองทั้งในสภาพที่ปิดการเดินเครื่องผลิตโอโซนและหลังจากทำการเปิดเครื่องผลิตโอโซนเป็นเวลา 30 นาทีแล้วพบว่า ผู้ทดสอบไม่สามารถรับกลิ่นของตัวอย่างที่นำมาทดลองดังกล่าวได้ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า เครื่องผลิตโอโซนมีประสิทธิภาพในการกำจัดกลิ่นได้ดี

รูปที่ 4.15 การทดสอบการกำจัดกลิ่นของเครื่องผลิตโอโซน

หมายเหตุ : ซีเอฟยู/ลูกบาศก์เมตร = โคโลนีฟอร์มมิ่งต่อลูกบาศก์เมตร