

ผลการศึกษาและสร้างเครื่องกำเนิดโอโซนแบบทรงกระบอกซ้อนแกนร่วม เพื่อใช้ในการควบคุมเชื้อจุลินทรีย์บนพื้นผิว

The Study and Construction of Ozone Generator using Coaxial Cylindrical Electrodes for Surface treatment on Microbes

ศอาวุธ กาญจนเลขา (Katavut Kanjanalekha)¹

อำนาจ สุขศรี (Amnart Suksri)²

กิตติพงษ์ ตันมิตร (Kittipong Tonmitra)³

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการศึกษาและการสร้างเครื่องผลิตก๊าซโอโซนแบบทรงกระบอกซ้อนแกนร่วมเพื่อใช้ในการควบคุมเชื้อจุลินทรีย์บนพื้นผิวโดยอาศัยหลักการ ของการเกิดปรากฏการณ์โคโรนา ดิสชาร์จ โดยใช้แรงดันไฟฟ้า 6 kV 50 Hz. จากการทดลองพบว่าเครื่องผลิตก๊าซโอโซนแบบทรงกระบอกซ้อนแกนร่วมที่สร้างขึ้นนั้นมีประสิทธิภาพในการควบคุม และฆ่าเชื้อจุลินทรีย์บนพื้นผิวได้อย่างรวดเร็ว จากการใช้ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซโอโซนที่ผลิตได้ 561 ppm.เวลาในการให้โอโซนจาก 0-10 นาที พบว่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์จากทั้ง 5 เชื้อ ลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 2 นาทีแรก หลังจากนั้นจะค่อย ๆ ลดลงอย่างต่อเนื่อง และพบว่าที่เวลา 8 นาที ในการให้ก๊าซโอโซนกับเชื้อจุลินทรีย์ จะมีเชื้อ *klebsiella bacillus* และ Spore ของ *bacillus* ถูกฆ่าตายจนหมด และพบว่าเชื้อ *Escherichia coli* ถูกฆ่าตายหมดที่เวลาครบ 10 นาที ส่วนเชื้อยีสต์นั้นจะมีจำนวนเซลล์ที่รอดชีวิตอยู่มีจำนวนน้อยมากโดยสังเกตจากจำนวนโคโลนีที่เกิดขึ้น

Abstract

This research is the study and construction of ozone generator using coaxial cylindrical electrodes type. Main purpose is to apply ozone gas to control microbes on surfaces via the use of corona discharge principle. The Electric field used for generating corona discharge is at 6 kV 50 Hz. The results obtained revealed that the constructed ozone generator based on the principle of corona discharge via the use of coaxial cylindrical electrodes was able to control and terminate microbes effectively. It is found that the amount of ozone used with the concentration of 561 ppm and contact duration of 0-10 minutes was able to rapidly reduce the amount of microbes from 5 species within first 2 minutes and slowly decrease the number of colonies eventually. The contact time on *klebsiella bacillus* and including the spore of *bacillus* were found to be at 8 minutes in order to terminate all of the colonies. The *Escherichia coli* were also found that the contact time lasted for 10 minutes in order to terminate completely. Other microbe were also observed, including yeast, and was found to hardly survived due to the rapid reduction of number of its own colonies.

คำสำคัญ: โอโซน อิเลคโตรดทรงกระบอกซ้อนแกนร่วม โคโรนาดิสชาร์จ

Keywords: Ozone, Coaxial Cylindrical Electrodes, Corona Discharge

¹นักศึกษานิเทศศาสตร์ หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

²ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

³รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทนำ

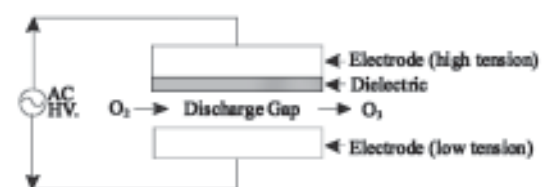
การควบคุมเชื้อจุลินทรีย์เป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับงานทางด้านต่างๆ เช่น ในอุตสาหกรรมอาหาร น้ำดื่มที่ปลอดภัย และในงานสุขาภิบาลเป็นต้นวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันการแพร่กระจายของโรคและเชื้อก่อโรคป้องกันการปนเปื้อนหรือการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการ และป้องกันการเน่าเสียของอาหารหรือผลิตภัณฑ์ต่างๆที่เกิดจากจุลินทรีย์ วิธีการควบคุมเชื้อจุลินทรีย์ทำได้โดย วิธีทางกายภาพ (Physical method) เช่น การใช้ความร้อน การกรอง การใช้รังสี เป็นต้น ส่วนวิธีทางเคมี (Chemical method) จะใช้สารเคมี เช่น ฟีนอล (phenol) Chloroxylenol หรือ Dettol ไอโอดีน คลอรีน Heavy metal และ แอลกอฮอล์ เป็นต้น ในการใช้สารเคมีนั้นจะมีสารเคมีเพียงไม่กี่ชนิดที่สามารถกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ การควบคุมเชื้อจุลินทรีย์นั้นขึ้นอยู่กับสถานะต่างๆ เช่น ปริมาณประเภทของเชื้อจุลินทรีย์ อุณหภูมิ รวมถึงปริมาณในการใช้สารเคมีและระยะเวลาในการควบคุมเชื้อจุลินทรีย์ เป็นต้น จากวิธีการควบคุมเชื้อจุลินทรีย์ที่กล่าวมาแล้วนั้นแต่ละวิธีจำเป็นต้องใช้เวลานานในการฆ่าเชื้อ เช่นการใช้สารเคมี หรือ การใช้ความร้อนเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์แต่ละชนิดจะมีความสามารถในการทนต่อสารเคมี หรือ ความร้อนได้แตกต่างกันไป(นงลักษณ์และปรีชา,2541) สำหรับการฆ่าเชื้อในงานบางอย่างไม่สามารถใช้ความร้อนได้ และการใช้สารเคมีนั้นจะเกิดผลเสียคือเกิดสารตกค้างที่ก่อให้เกิดโรคมะเร็งและยังเป็นผลเสียต่อสภาพแวดล้อมรวมถึงความยุ่งยากและค่าใช้จ่ายที่สูงจากการศึกษาถึงคุณสมบัติของก๊าซโอโซนซึ่งเป็นตัวออกซิไดซ์ที่รุนแรงมี ความสามารถในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ได้รวดเร็วกว่าคลอรีน และในปัจจุบันได้ถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในงานด้านต่างๆเช่นใช้ในกระบวนการล้าง การผลิตอาหารและน้ำดื่ม ตลอดจนใช้ในการบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น (พร้อมศักดิ์ และคณะ, 2523) และยังมีการศึกษาเครื่องกำเนิดก๊าซโอโซนด้วยการกระจายสนามไฟฟ้าบนผิวน้ำเพื่อลดปริมาณการใช้สารเคมีในการบำบัด (ศุภวุฒิ และประภาส, 2547) ซึ่งลักษณะของ

อิเล็กโทรดที่ใช้มีลักษณะเป็นแบบสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอสำหรับงานวิจัยนี้มีความสนใจที่จะศึกษาและสร้างเครื่องผลิตก๊าซโอโซนที่มีลักษณะของอิเล็กโทรดแบบทรงกระบอกซ้อนกันแนวนอนที่มีสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอสูงเพื่อใช้ในการควบคุมเชื้อจุลินทรีย์บนพื้นผิวและนำไปใช้ประโยชน์ในงานด้านต่างๆเช่น การฆ่าเชื้อในเครื่องมือทางการแพทย์ ในห้องในผู้ป่วยโรคติดต่อเพื่อป้องกันโรคระบาดในอุตสาหกรรมต่างๆ หรือ ใช้กับผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรเพื่อลดการเน่าเสียของผักและผลไม้ที่เกิดจากการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ และเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนานำไปใช้ในระบบที่ใหญ่ขึ้น

หลักการ

ก๊าซโอโซนสามารถผลิตได้จาก 3 เทคนิค คือ (1) จากการใช้แสง ultraviolet (UV) กับ oxygen (2) electrolysis ของ perchloric acid และ (3) จากปรากฏการณ์ โคโรนา ดิสชาร์จ (corona discharge) (Suarasan,2002) สำหรับเครื่องผลิตก๊าซโอ

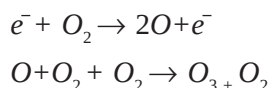
โซนที่ทำการออกแบบและสร้างขึ้นมานี้สร้างโดยใช้หลักการของการเกิดปรากฏการณ์ โคโรนา ดิสชาร์จ (corona discharge) สามารถอธิบายได้ดังนี้ (Boonseng, 2000)



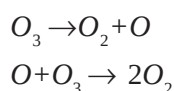
รูปที่ 1 Schematic diagram of ozone generation by corona discharge method

จากรูปที่ 1 เมื่อทำการป้อนแรงดันไฟฟ้าแรงสูงให้กับอิเล็กโทรดจนกระทั่งค่าของสนามไฟฟ้ามีค่ามากกว่าสนามไฟฟ้าวิกฤตแล้วจะทำให้เกิดปรากฏการณ์โคโรนาเกิดขึ้น เมื่อมีการส่งผ่านออกซิเจนเข้าสู่ Dis-

charge gap จะทำให้โมเลกุลของออกซิเจนเกิดการแตกตัวเป็นอะตอมเดี่ยว แล้วเกิดการรวมกันเป็นโมเลกุลของโอโซนซึ่งประกอบด้วย อะตอมของออกซิเจนจำนวน 3 อะตอม สามารถแสดงได้จากสมการดังนี้ (Zeynep, 2004)



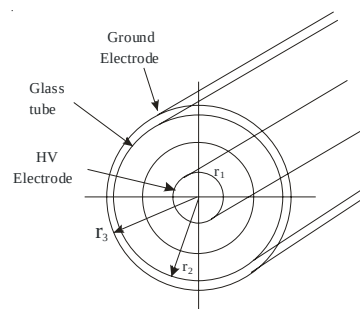
เมื่อกระบวนการผลิตก๊าซโอโซนมาถึงจุดที่ดีที่สุดแล้ว ความร้อนจะเกิดขึ้นภายในบริเวณ Discharge gap ซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญและส่งผลกระทบต่อปริมาณความเข้มข้นของก๊าซโอโซนที่ผลิตได้ โดยความร้อนที่เกิดขึ้นจะทำให้เกิดการแตกตัวของก๊าซโอโซน แสดงได้ดังนี้



ดังนั้นในการออกแบบและสร้างเครื่องกำเนิดโอโซนที่ดีควรมีการนำเอาความร้อนออกจากระบบให้มากที่สุดเพื่อให้เครื่องกำเนิดโอโซนมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

อุปกรณ์และวิธีวิจัย

เครื่องผลิตก๊าซโอโซนที่ทำการออกแบบและสร้างขึ้นมานี้ สร้างโดยใช้หลักการของการเกิดปรากฏการณ์ โคโรน่า ดิสชาร์จ (corona discharge) มีลักษณะของอิเล็กโทรดเป็นแบบทรงกระบอกซ้อนกันร่วมโดยเครื่องผลิตก๊าซโอโซนมีลักษณะดังรูปที่ 2 (Suksri, 2006)



รูปที่ 2 concentric cylindrical

จากรูปที่ 2 เป็นลักษณะอิเล็กโทรดแบบทรงกระบอกซ้อนกันร่วมจะประกอบด้วยสองส่วนหลัก ๆ คือ High voltage อิเล็กโทรด และ Ground อิเล็กโทรดที่ทำมาจากแผ่น Aluminium หนา 6 mm โดยมีหลอดแก้วทำหน้าที่เป็น dielectric คั่นอยู่ระหว่างอิเล็กโทรดทั้งสอง การเลือกใช้ขนาดของ High voltage อิเล็กโทรดจะถูกกำหนดจากขนาดของหลอดแก้วและขนาดของเครื่องมือที่ใช้สร้างอิเล็กโทรด ซึ่งจากขนาดของหลอดแก้วที่ถูกนำมาใช้มีรัศมีด้านนอก 7.5 mm (r_2) ดังนั้นนำมาคำนวณเพื่อหาค่าความสม่ำเสมอของสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นหรือที่เรียกว่า Field Utilization Factor (η^*) โดยค่าที่ต้องการคือค่าที่น้อยกว่า 30 % จะทำให้เกิด Corona discharge ได้ง่าย หากมากกว่านั้นสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะเป็นแบบสม่ำเสมอ ซึ่งค่า Field Utilization Factor (η^*) สามารถหาได้ดังต่อไปนี้ (สำรว, 2004)

$$h^* = \frac{r_1}{(r_2 - r_1)} \ln \frac{r_2}{r_1} \quad (1)$$

เมื่อ r_1 คือ รัศมีของ High voltage อิเล็กโทรด (mm)

r_2 คือ รัศมีด้านนอกของหลอดแก้ว (mm)

จากรัศมีด้านนอกของหลอดแก้ว $r_2 = 7.5$ mm

นำมาแก้สมการหาขนาดของ High voltage อิเล็กโทรด (r_1) ที่มีค่า Field Utilization Factor (η^*) ไม่เกิน 30% จากสมการที่ (1) โดยใช้โปรแกรม Maple7 จะได้รัศมี $r_1 = 0.951$ mm ดังนั้นในการเลือกใช้ High voltage อิเล็กโทรดควรมีรัศมีไม่เกิน 0.951 mm แต่เนื่องจากค่าของ Field Utilization Factor (η^*) ที่ต่างกันจะส่งผลให้ได้ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซโอโซนที่แตกต่างกันที่ระดับแรงดันไฟฟ้าในการผลิตเท่ากันโดยที่ค่าของ Field Utilization Factor (η^*) ต่ำนั้นจะให้ปริมาณความเข้มข้นก๊าซโอโซนที่เป็นเชิงเส้นกับแรงดันไฟฟ้า (Suksri, 2006)

ดังนั้นในการวิจัยจึงใช้ High voltage อิเล็กโทรดที่มีรัศมี 0.16 mm ทำมาจากทั้งสแตนเลสและเมื่อนำมาคำนวณตามสมการที่ (1) ได้ดังนี้

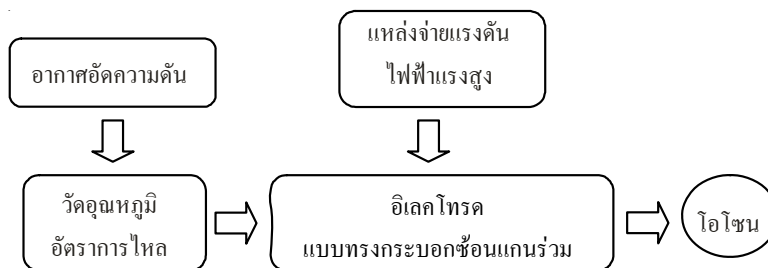
$$h^* = \frac{0.16}{(7.5 - 0.16)} \ln \frac{7.5}{0.16} \times 100\% = 8.38\%$$

จากอิเล็กโทรดทรงกระบอกซ้อนกันแนวนอนดังกล่าวนำมาประกอบขึ้นเป็นชุดอิเล็กโทรดที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นการรวมชุดของทรงกระบอกซ้อนกันแนวนอนจำนวน 17 ชุด บรรจุอยู่ในท่อ PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10.5 cm ยาว 65 cm เพื่อให้ได้ปริมาณความเข้มข้นที่สูงขึ้น โดยมีรูปแบบของอิเล็กโทรดดังรูปที่ 3

จากรูปที่ 4 gas Supply ที่เป็นอากาศอัดจะถูกควบคุมและทำการวัดอัตราการไหลโดย flow meter ในการทดลองใช้อัตราการไหล 1 ลิตร/นาที่ เพื่อส่งผ่านไปยังอิเล็กโทรดที่ทำการป้อนแรงดันไฟฟ้าแรงสูงกระแสสลับ 6 kV 50 Hz. ที่ได้จากหม้อแปลงไฟฟ้าแรงสูงซึ่งเป็นตัวทำให้เกิดก๊าซโอโซนขึ้นจากปรากฏการณ์โคโรนา ดิสชาร์จ ก๊าซโอโซนที่ผลิตได้จะถูกส่งไปยังภาชนะสำหรับการควบคุมเชื้อจุลินทรีย์ต่อไป

ก๊าซโอโซนที่ผลิตได้ทำการวัดโดยเครื่องวัดปริมาณความเข้มข้นก๊าซโอโซน (Teledyne Instruments Ozone Monitor Model 450M) โดยแสดงผลในหน่วยของ ppm (Part per million)

รูปที่ 3 Configuration of discharge electrodes

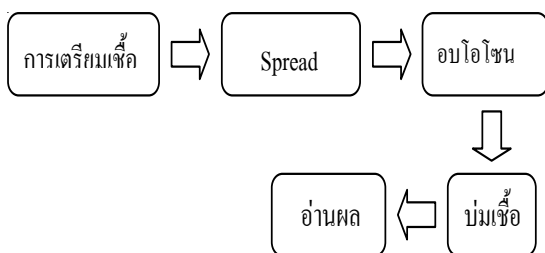


รูปที่ 4 ไตอะแกรมการทำงานของเครื่องผลิตก๊าซโอโซน

การใช้ก๊าซโอโซนในการควบคุมเชื้อจุลินทรีย์

การผลิตก๊าซโอโซนโดยใช้ อิเล็กโทรด แบบทรงกระบอกซ้อนกันร่วมที่ทำการออกแบบและสร้างขึ้นมานั้น จากปริมาณความเข้มข้นก๊าซโอโซนที่ผลิตได้ นำมาใช้ในการควบคุมเชื้อจุลินทรีย์บนพื้นผิวเพื่อศึกษาระยะเวลาที่ใช้ก๊าซโอโซนต่อปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ลดลง สำหรับเป็นแนวทางในการนำก๊าซโอโซนไปใช้งานในการควบคุมเชื้อจุลินทรีย์ และเพื่อปรับปรุงพัฒนาเครื่องผลิตก๊าซโอโซนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

เชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดลอง จะมีทั้งที่เป็นแบคทีเรีย แกรมลบ ได้แก่ *Escherichia coli* และ *Klebsiella* แบคทีเรียแกรมบวก ได้แก่ เชื้อ *Bacillus* รา ได้แก่ *Yeast* และ *spore* ของเชื้อ *bacillus* ทำการทดลองโดยใช้เทคนิคการ Spread plate เพื่อให้เชื้อจุลินทรีย์อยู่บริเวณผิวหน้าของอาหารแข็งที่บรรจุอยู่ในจานเพาะเชื้อ (plate count Agar) เป็นการเลียนแบบการมีอยู่ของจุลินทรีย์บนพื้นผิวที่มีอยู่ทั่วไป เพื่อใช้สำหรับการทดลอง โดยทำการทดลองที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งมีขั้นตอนการทดลองดังนี้



รูปที่ 5 ขั้นตอนการทดลอง

จานเพาะเชื้อในแต่ละเชื้อที่ผ่านเทคนิคการ Spread plate เพื่อให้เชื้อจุลินทรีย์อยู่บริเวณพื้นผิวแล้ว จะถูกนำมาวางเรียงกันในภาชนะที่เตรียมไว้สำหรับการควบคุมเชื้อจุลินทรีย์โดยการต่อเข้ากับอิเล็กโทรดจากนั้นทำการป้อนแรงดันไฟฟ้า 6 kV ความถี่ 50 Hz ให้กับชุดอิเล็กโทรดเพื่อทำการผลิตก๊าซโอโซน ทำการวัดปริมาณความเข้มข้นได้ 561 ppm ที่อัตราการไหล 1

ลิตร/นาที่ เข้าสู่ภาชนะที่บรรจุจานเพาะเชื้อไว้ เวลาที่ใช้ในการให้โอโซนจาก 0-10 นาที โดยนำจานเพาะเชื้อออกเมื่อใช้เวลาครบทุก 2 นาที จนครบ 10 นาที และจานเพาะเชื้อที่ผ่านการอบโอโซนแล้วจะถูกนำไปบ่มเชื้อในตู้บ่มที่อุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์นั้น โดยเชื้อ *Escherichia coli* *Klebsiella* *Bacillus* และ *spore* ของเชื้อ *bacillus* จะถูกบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ส่วน *Yeast* จะถูกนำไปบ่มที่ 30 องศาเซลเซียส และสำหรับระยะเวลาในการบ่มขึ้นอยู่กับจุลินทรีย์แต่ละชนิดเพื่อให้เซลล์ที่รอดชีวิตเจริญเติบโตจนมองเห็นเป็นโคโลนี สามารถนับจำนวนได้ ซึ่งโดยปกติแล้วจะใช้เวลาประมาณ 24-72 ชั่วโมง

ผลการศึกษา

1. ผลการทดสอบเครื่องผลิตก๊าซโอโซน

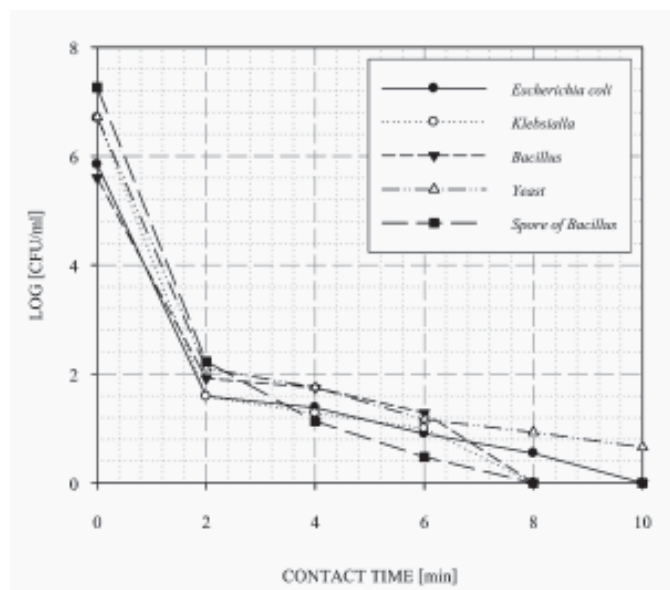
ผลการทดสอบเครื่องผลิตก๊าซโอโซนแบบทรงกระบอกซ้อนกันร่วมที่ออกแบบและสร้างขึ้นกับการนำไปใช้ในการควบคุมเชื้อจุลินทรีย์ แสดงในตารางที่ 1 โดยทำการทดลองที่แรงดันไฟฟ้า 6 kV ความถี่ 50 Hz.

อุปกรณ์ในการวัดค่า

- High voltage Probe Fluke Model 80k-4
- Digital Power Meter Yokogawa Model 2534
- Mass flow meter model 4100 Series (TSI)

2. ผลการทดสอบการใช้โอโซนควบคุมเชื้อจุลินทรีย์

จากการทดลองการใช้ก๊าซโอโซนควบคุมเชื้อจุลินทรีย์บนพื้นผิว ผลจากเซลล์ของเชื้อจุลินทรีย์ที่รอดชีวิตเจริญเติบโตเป็นโคโลนีจนสามารถมองเห็นได้ และจากจำนวนเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นที่ใช้ในการทดลองนำมาทำการพล็อตกราฟ จำนวนเชื้อจุลินทรีย์โดยเฉลี่ยซึ่งแสดงผลเป็น LOG(CFU/ml) เพื่อเปรียบเทียบกับเวลาที่สัมผัสกับโอโซน (CONTACT TIME) จะได้ผลการทดลองของเชื้อจุลินทรีย์แต่ละเชื้อดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 กราฟการตาย (death curve) ของเชื้อจุลินทรีย์ เมื่อสัมผัสกับโอโซน

ตารางที่ 1 แสดงค่าตัวแปรที่ได้จากการทดสอบของเครื่องผลิตก๊าซโอโซน

เชื้อจุลินทรีย์	Temp (°C)	Current (A)	Pressure (kPa)	Power Factor	deg	P (w)	S (VA)	Q (VAR)
<i>E.coli</i>	33.7	0.5	97	0.97	13.7	60	60	14.9
<i>Klebsiella</i>	34	0.54	97	0.97	14	63.9	66	16.4
Yeast	33.2	0.48	97.8	0.951	18.01	80.7	85.2	26.7
<i>Bacillus</i>	32	0.53	98	0.967	14.6	64.8	66.8	17.5
Spore	33	0.7	98	0.948	18.3	86.6	91.7	29.1

สรุปและอภิปรายผล

จากผลการทดลองการใช้โอโซนควบคุมเชื้อจุลินทรีย์บนอาหารเลี้ยงเชื้อโดยเทคนิคการ Spread plate ทั้ง 5 เชื้อที่ทำการทดลอง คือ *Escherichia coli*, *Klebsiella*, *Bacillus*, yeast และ Spore ของ *Bacillus* ใช้ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในการทดลองแต่ละเชื้อจะมีปริมาณที่แตกต่างกัน โดยปริมาณเชื้อที่ใช้อยู่ในช่วงที่

พบจุลินทรีย์ในสภาวะแวดล้อมโดยทั่วไป จากการทดลองพบว่าเมื่อเชื้อมีความเข้มข้น 561 ppm จะมีอัตราการตายเป็นแบบ exponential rate โดยปริมาณเชื้อจุลินทรีย์จะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 2 นาทีแรก และเมื่อถึง 8 นาทีในการให้โอโซนจะมีเชื้อจุลินทรีย์ที่ถูกฆ่าตายหมดคือ เชื้อ *Klebsiella*, *Bacillus* และ Spore ของ *Bacillus* และเมื่อเวลาครบ 10 นาที เชื้อ *Escherichia coli* จะถูกฆ่า

ตายหมดในเวลาต่อมา ส่วนเชื้อ *yeast* นั้นจะเหลือเซลล์ที่รอดชีวิตอยู่น้อยมาก และเมื่อทำการเปรียบเทียบกับการใช้ความร้อนในการฆ่า spore ของแบคทีเรียพบว่าเมื่อใช้ความร้อนขึ้นจะใช้เวลาในการทำลาย 2-15 นาทีที่ 100 องศาเซลเซียส และสำหรับความร้อนแห้งจะใช้เวลา 1-2 ชั่วโมงในการฆ่าสปอร์ (นงลักษณ์ และ ปรีชา, 2541) ซึ่งจะใช้เวลาที่ยาวนานและยุ่งยากกว่าการใช้โอโซน ซึ่งจะใช้เวลารวดเร็วกว่าหากมีการใช้โอโซนที่มีปริมาณความเข้มข้นสูงในการควบคุมเชื้อจุลินทรีย์

สำหรับเครื่องผลิตก๊าซโอโซนแบบทรงกระบอกซ้อนกันร่วมที่ได้ทำการออกแบบและทดลองนั้นมีการใช้พลังงานไฟฟ้าระหว่าง 60-86.6 วัตต์ Power factor 0.948-0.97 และกระแสไฟฟ้า 0.48-0.7 A.

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้สามารถที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในงานด้านต่างๆ ได้ เช่น ใช้ในระบบสุขาภิบาล อุตสาหกรรมอาหาร โดยเฉพาะนำไปใช้ในงานที่ไม่ต้องการการใช้ความร้อน ใช้ในการล้างเนื้อสด ผักและผลไม้ก่อนนำมาประกอบอาหารหรือก่อนการนำไปแช่แข็ง และยังสามารที่จะนำไปใช้กับผลิตผลทางการเกษตรเพื่อยืดอายุในการเก็บรักษาและลดการเน่าเสียที่เกิดจากเชื้อจุลินทรีย์ได้ ซึ่งจะเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรอีกทางหนึ่ง โดยปริมาณความเข้มข้นของก๊าซโอโซนที่ใช้จะต้องทำการศึกษาเพื่อให้พอเพียงและเหมาะสมกับการนำไปใช้งานแต่ละประเภท เพื่อให้เกิดประโยชน์และประสิทธิภาพมากที่สุด สำหรับการใช้งาน ควรทำการออกแบบให้มีระบบการป้องกันที่ดี และใช้ในระบบปิดเพื่อป้องกันผลกระทบที่เกิดจากก๊าซโอโซน และความปลอดภัยในการใช้งาน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ บริษัทมิตรผลวิจัยพัฒนาอ้อยและน้ำตาล จำกัด ที่ให้ทุนสนับสนุนการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- นงลักษณ์ และ ปรีชา สุวรรณพินิจ. 2541. จุลชีววิทยาทั่วไป. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สำรวย สังข์สะอาด. 2549. วิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง. พิมพ์ครั้งที่ 3 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พร้อมศักดิ์ อภิตกุลและคณะ. 2543. เครื่องกำเนิดก๊าซโอโซนเพื่อการบำบัดน้ำเสีย. การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 23 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ศุภวุฒิ คัมภีรนนท์ และ ประภาส ไพรสุวรรณ. 2547. การศึกษาเครื่องกำเนิดโอโซนด้วยการกระจายสนามไฟฟ้าบนผิวน้ำ. การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 27 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- Suksri, A., Tonmitra, K., and Karnchanalekha, K. 2006. The Correlation between Electrode Sizes and Ozone Generate by Corona Discharges Phenomena. ECTI-CON, Ubonratchatani Thailand : 405-408.
- Zeynep, B. et al. 2004. Use of ozone in food industry. Lebensmittel Wissenschaft und Technologie. Vol.37(4) : 453-460.
- Boonseng, C., Kinnares, V., Apriratikul, V. 2000. Harmonic Analysis of Corona Discharge Ozone Generator Using Brush Electode Configuraton. IEEE Power Engineer ring. Vol.1 : 453-460.
- Suarasan, I., Ghizdavu, L., Ghizdavu, I., Budu S., and Dascalescu L. 2002. Experimental characterization of multi-point corona discharge devices for direct ozonization of liquids. Journal of Electrostatics. Vol.54(2): 207-214.