

บทที่ 1 บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

การพัฒนากระบวนการปรับปรุงคุณภาพอากาศในโรงเลี้ยงสุกรแบบปิด โดยใช้ระบบพลาสมาร่วมกับออกซิเจน เป็นการสร้างระบบและเครื่องต้นแบบสำหรับการปรับปรุงคุณภาพอากาศ ในโรงเลี้ยงสุกรแบบปิด ซึ่งจะ ใช้ระบบ พลาสมาร่วมกับระบบปรับสภาพอากาศเดิม ซึ่งระบบปรับปรุงคุณภาพอากาศแบบพลาสมานี้จะเพิ่ม ศักยภาพในการฆ่าเชื้อโรคที่เกิดจากไวรัสและจากเชื้อแบคทีเรีย ซึ่งระบบที่สร้างนี้จะสร้างหรือเพิ่มความ มั่นใจในการป้องกันโรคที่เกิดจากเชื้อไวรัสในสุกรได้ และเมื่อสร้างสำเร็จ ก็จะ สามารถขยายผลไปสู่ ฟาร์มหรือโรงเลี้ยงสุกรได้ นอกจากนี้ก็ยังสร้างผลผลิตไปสู่นานาชาติ โดยคาดว่าจะสามารถลดอัตราการ พักเสียน้ำหนักกว่าเดิมไม่น้อย 10 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มน้ำหนักของสุกร ไม่ต่ำกว่า 3-4 เปอร์เซ็นต์

1.2 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

การเลี้ยงสุกร ระบบปิด มีความสำคัญมากสำหรับ การควบคุมสภาวะแวดล้อมและป้องกันโรคระบาด ที่มาจากภายนอก ซึ่งปัจจุบันมีความสำคัญมากสำหรับโรคระบาดของหมู อันเนื่องมาจากไวรัส และ แบคทีเรียต่างๆ ซึ่งจะมีผลต่อการดำรงอยู่ของหมูและอาจแพร่เชื้อมาสู่มนุษย์ได้ ซึ่งระบบปิดก็สามารถ ควบคุมคุณภาพอากาศและสามารถฆ่าเชื้อโรคได้มีประสิทธิภาพได้ [1] ซึ่งปัจจุบัน เชื้อโรค หรือไวรัส ที่พบในโรงเลี้ยงสุกร ได้แก่ โรค PRRS ที่เกิดจากเชื้อไวรัส แบคทีเรีย สเต็ปโตค็อกคัสที่ทำให้เกิดปาก เท้าเปื่อย โรคโพรงจมูกอักเสบ เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย *Streptococcus suis* ในสกุล *Streptococcus* สำหรับ โรคไข้หวัดหมูที่กำลังแพร่ระบาดในประเทศเม็กซิโกและสหรัฐอเมริกา นั้น เกิดจากเชื้อไข้หวัดใหญ่ ชนิดเอ สายพันธุ์ เอช 1 เอ็น 1 (H1N1) ซึ่งเป็นไข้หวัดใหญ่สายพันธุ์ใหม่ของคน ซึ่งไม่เคยพบมาก่อน เนื่องจากเป็นการผสมกันของสารพันธุกรรมไข้หวัดใหญ่ในมนุษย์ โดยที่เชื้อโรคที่มีอยู่ในโรงเรือนต้องมึ การกำจัด เชื้อแบคทีเรียและเชื้อไวรัส ในการทำความสะอาดหรือฆ่าเชื้อโรค ปัจจุบันได้มีการใช้น้ำ ทำความสะอาด ใช้ผงซักฟอกทำความสะอาด ใช้การฉีดพ่นน้ำยาฆ่าเชื้อโรคและสุดท้ายก็ใช้ปูนขาวเพื่อ ทำความสะอาดในที่สุด ซึ่งมีขั้นตอนมากและยุ่งยากมากสำหรับการดำเนินการบำบัดอากาศ ขณะที่เลี้ยง สุกรและขณะพักแล้ว แต่ด้วยระบบปัจจุบัน มีการสร้างระบบพัฒนาคุณภาพอากาศ ด้วยระบบ Evaporator ขณะเดียวกัน ก็มีการฆ่าเชื้อโรคด้วยวิธีการเดิมด้วยการ ฉีดสเปรย์น้ำยาฆ่าเชื้อโรค ระบบสารเคมี และ ร่วมกับการใช้แสง UV ร่วม โดยสภาพปกติ มีการควบคุม ความชื้น อุณหภูมิ และอัตราการไหลของ อากาศให้เหมาะสมอีกทางหนึ่งด้วย ระบบพัดลมธรรมชาติ ซึ่งในทางปฏิบัติแล้วระดับของก๊าซ กลิ่น ที่ เกิดจากสิ่งปฏิกูลของสุกร นั้นไม่ได้ถูกบำบัดนั้นคือประเด็นแรกสำหรับการใช้ พลาสมา ในการจับหรือ

ดับกลิ่นอันเกิดจากการถ่ายเทประจุเพื่อ สร้างไอโซนสำหรับ ขจัดกลิ่นต่างๆ เพื่อปรับสภาพอากาศทั้ง ภายในและก่อนที่ส่งภายนอก ส่วนประเด็นที่สอง นั้นเนื่องจากพลาสติกที่มีความเข้มข้นนั้น มีความสามารถ ที่จะฆ่าเชื้อโรค แบคทีเรีย และไวรัส ที่เกิดในระบบเลี้ยงสุกรได้ ระบบพลาสติกมีประโยชน์สำหรับกระบวนการปรับสภาพแวดล้อม อากาศ ระบบเทคโนโลยีในปัจจุบันที่ใช้ พลาสติก นั้นเป็น เครื่องพ่นอนุภาคพลาสติกสเตรอร์ เทคโนโลยีพลาสติกสเตรอร์แบบเข้มข้น[2] สามารถฆ่าเชื้อโรคใน อากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพใหม่ รวมทั้งการฆ่าเชื้อโรคที่มีคุณสมบัติเป็นประจุบวก ที่เกิดขึ้นในโรง เลี้ยงสุกร ซึ่งสามารถที่จะลดระยะเวลาการพักเฝ้าสำหรับการฆ่าเชื้อโรค รวมทั้งเพิ่มคุณภาพอากาศใน ระหว่างการเลี้ยง และมีการฆ่าเชื้อโรคที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์และสัตว์ได้ [3]-[4] นอกจากนี้ใน โรงเรือนแก๊สซึ่งเป็นอันตรายแก่สุกรเช่น ก๊าซแอมโมเนีย ในโรงเรือนโดยทั่วไปมีค่า มากกว่า 120 ppm รวมทั้งมีผลต่อการดำรงชีพต่อมนุษย์ในด้านกลิ่น

ระบบที่จัดสร้างในปัจจุบัน จะกล่าวถึงในลักษณะของการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น และการระบาย อากาศเท่านั้น แต่มิได้คำนึงถึงระบบการฆ่าเชื้อโรคที่ผสมผสานกับการควบคุมระดับแสงสว่าง การจัด ช่วงเวลาของการให้อาหารและน้ำ รวมทั้งการสร้างระบบการฆ่าเชื้อโรคร่วมระหว่างแบบปกติกับใช้ เทคโนโลยีพลาสติกมาในการฆ่าเชื้อโรคทั้งนี้เพื่อเพิ่มผลผลิตโดยการลดเวลาการพักเฝ้าสุกรและลดการ สูญเสียอันเกิดจากการตายของสุกรที่เป็นผลมาจากอากาศสภาพแวดล้อมที่เป็นพิษ ซึ่งระบบการฆ่าเชื้อจะ ใช้ระบบการกำเนิดพลาสติกร่วมกับออกซิเจน เพื่อเพิ่มความเข้มข้น ไม่ต่ำกว่า 5 ppm ภายใต้ระบบปิดและ ไม่มีสิ่งมีชีวิต

ดังนั้นงานวิจัยนี้จะเป็นการออกแบบสร้างระบบพลาสติก เพื่อฆ่าเชื้อโรค แบคทีเรีย และไวรัส ที่เป็น สาเหตุของโรคไข้หวัดหมู โรคปากเปื่อยทั่วเปื่อย โรคโพรงจมูกอักเสบ ที่จะเกิดขึ้นกับสุกรรวมทั้ง มนุษย์ โดยถูกออกแบบให้ทำงานเข้ากับระบบเดิม ที่สามารถ สร้างสภาพแวดล้อมที่พึงประสงค์ ได้แก่ ระบบหมุนเวียนอากาศ ระบบกำจัดกลิ่น ระบบกำจัดของเสียจากการเลี้ยงสุกร และระบบพลาสติกนี้ใช้ ร่วมกับ ระบบกำเนิดออกซิเจน ทั้งนี้เพื่อสร้างสภาพแวดล้อมต่อสังคม และลดระยะเวลาการพักเฝ้า เป็นการเพิ่มมูลค่าและลดการสูญเสียจากการตายของสุกรได้ ซึ่งระบบที่สร้างขึ้นนี้มีราคาถูก และสามารถลดการนำเข้าเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับระบบปรับปรุงคุณภาพสำเร็จรูปจากต่างประเทศได้ ซึ่ง สามารถนำไปใช้กับเกษตรกรผู้เลี้ยงสุกร ที่มีระบบควบคุมและคู่มือในการปฏิบัติงาน ที่สามารถใช้ได้ จริง

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อสร้างระบบปรับปรุงคุณภาพอากาศและสภาพแวดล้อมให้กับโรงเลี้ยงสุกรแบบปิดโดย ใช้ระบบ พลาสติก

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

1. วิเคราะห์ธรรมชาติและความเป็นอยู่ของสุกร อุณหภูมิ ความชื้น แสงสว่าง ปริมาณอาหารกับ
ผู้ประกอบการ
2. วิเคราะห์สภาพแวดล้อมของโรงเลี้ยงสุกรในปัจจุบัน
3. วิเคราะห์คุณภาพอากาศในโรงเลี้ยงหมู
4. วิเคราะห์ความสามารถของพลาสติกต่อการฆ่าเชื้อโรคต่าง ๆ
5. สรุปตัวแปรที่มีผลต่อคุณภาพอากาศและมีผลกระทบต่ออาการเจริญเติบโตของหมู
6. ออกแบบและสร้างระบบควบคุม
7. ทดสอบระบบและประเมินผลระบบ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ต้นแบบระบบควบคุมคุณภาพอากาศ ด้วยพลาสติกแบบอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงสุกรที่
สามารถลดอัตราการพักเล้าสั้นกว่าเดิมไม่น้อย 10 เปอร์เซ็นต์
2. เพิ่มน้ำหนักของสุกร ไม่ต่ำกว่า 3-4 เปอร์เซ็นต์
3. สามารถฆ่าเชื้อโรคในโรงเรือนมากกว่าระบบเก่า 10-20 เปอร์เซ็นต์

1.6 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1. สร้างระบบควบคุมการปรับปรุงคุณภาพอากาศในโรงเลี้ยงสุกรแบบปิดเท่านั้น
2. ขนาดของโรงเรือนเลี้ยงสุกรขนาด 20 * 96 m สำหรับโรงเรือนแม่พันธุ์ 720 ตัว หรือ
ขนาดของโรงเรือนเลี้ยงสุกรขนาด 16 * 96 m สำหรับโรงเรือนเลี้ยงลูกสุกร 2000 ตัว
3. การเก็บข้อมูลนั้นจำนวน 46 ตำแหน่ง สำหรับการเก็บเชื้อโรคและปริมาณพลาสติกที่ต้องการ
ทดสอบ

บทที่ 2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 โอโซน

โอโซน คือ อะตอมของออกซิเจน 3 อะตอมรวมตัวกันเป็นหนึ่งโมเลกุลของโอโซน (O₃) ตามปกติ ออกซิเจนจะประกอบด้วย 2 อะตอมเป็นหนึ่งโมเลกุล (O₂) ซึ่งมีสมบัติต่างกันมากคือ O₂ จะสามารถคงสภาพได้หลายสถานะหรือกล่าวได้ว่ามีความเสถียร (Stable) แต่ก๊าซโอโซนจะไม่คงตัวหรือไม่เสถียร (unstable) เนื่องจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิ ความดัน และการสัมผัสกับสารที่มีพลังงานต่ำกว่าจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) อย่างรวดเร็ว ซึ่ง O₃ จะมีค่า oxidation potential สูงถึง 2.07 มิลลิโวลต์

2.1.1 สมบัติของโอโซน

- ไม่เสถียรที่อุณหภูมิห้องและความดันบรรยากาศ
- มีกลิ่นฉุนเฉพาะตัว เป็นก๊าซไม่มีสี
- สถานะก๊าซที่อุณหภูมิเฉพาะตัว เป็นก๊าซไม่มีสี
- สถานะก๊าซที่อุณหภูมิและความดันปกติ จุดเดือดที่ -111.9 องศาเซลเซียส มีจุดหลอมเหลวที่ -192.5 องศาเซลเซียส
- ถ้าอยู่ในรูปของเหลวมีสีน้ำเงินเข้ม
- ละลายได้ในตัวทำละลายอินทรีย์บางชนิดเช่น N-pentane, carbon tetrachloride และ dioxane
- ที่ 20 องศาเซลเซียส ละลายน้ำได้เล็กน้อย 0.57 ppm
- เป็นสารออกซิไดซ์ที่รุนแรงมาก สามารถเกิดระเบิดได้เมื่อได้รับความร้อนสูง
- สามารถดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเล็ตได้ดี
- สามารถฆ่าเชื้อโรค เชื้อรา ไวรัสและแบคทีเรียได้ดีกว่าคลอรีน 3,125 เท่า
- สามารถสลายโครงสร้างของโอระเหยจากสารอินทรีย์และอนินทรีย์ส่วนใหญ่ให้เป็นโมเลกุลที่ไม่มีกลิ่นและไม่มีพิษ
- สามารถสลายโครงสร้างของสารเคมี ยาฆ่าแมลง สีและสารพิษต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- ทำลายผนังเซลล์ของแบคทีเรีย ซึ่งเป็นต้นกำเนิดของไบโอฟิล์มและแหล่งสะสมตะกอน
- ครึ่งชีวิตของ โอโซนที่ 20.00 องศาเซลเซียส มีค่าประมาณ 40 นาที

2.1.2 ข้อจำกัดของก๊าซโอโซน

- มีความคงสภาพต่ำไม่สามารถเก็บไว้ใช้งานได้ ดังนั้นเมื่อผลิตขึ้นมาแล้วต้องรีบใช้
- ความสามารถในการละลายน้ำต่ำกว่าคลอรีน ดังนั้นการนำไปฆ่าเชื้อโรคในน้ำต้องออกแบบให้เหมาะสม ส่วนใหญ่จะเล็ดลอดสู่อากาศ โดยอาจจะใช้ปั๊มลมที่มีโอโซนอัดอากาศผ่านหัวทรายจะช่วยให้การทำงานดีขึ้น แต่ต้องมีระดับน้ำที่ลึกเพียงพอ
- ต้องใช้เงินลงทุนครั้งแรกสูง เหมาะกับการทำงานในระยะยาว

2.1.3 การประยุกต์ใช้งานโอโซน

1. ใช้ในการบำบัดน้ำ สามารถฟอกน้ำโดยขจัดกลิ่น สี รส รวมทั้งช่วยปรับความสมดุลของน้ำ ทำให้น้ำมีคุณภาพสม่ำเสมอ ดังนั้นจึงถือได้ว่าการใช้โอโซนเพียงชนิดเดียวก็เพียงพอสำหรับกระบวนการบำบัดน้ำดื่ม โดยโอโซนมีคุณสมบัติ ดังนี้คือ

- ขจัดโลหะหนัก เช่น เหล็ก แมงกานีส
- ขจัดสารที่ก่อให้เกิดกลิ่น สี รส
- ช่วยรวมสารแขวนลอยเล็ก ๆ ในน้ำให้มีขนาดใหญ่และสามารถกรองออกได้

2. ปรับปรุงคุณภาพน้ำในสระว่ายน้ำ โดยมีจุดมุ่งหมายคือ

- ขจัดสารอินทรีย์และรวบรวมตะกอนเล็ก ๆ ที่มีอยู่ในน้ำ
- ขจัดและฟอกยูเรีย (ที่มาจากปัสสาวะ) และรวมตัวกับคลอรีน
- ลดปัญหาเรื่องกลิ่นของสระว่ายน้ำในกรณีที่เป็นสระว่ายน้ำในร่ม
- ให้ความสบายกับผิวหนัง ไม่ก่อให้เกิดการระคายเคือง

3. ระบบบำบัดน้ำเสีย มีจุดประสงค์หลักคือ

- ขจัดสี กลิ่น และฆ่าเชื้อโรค
- ขจัดและฟอกสารอินทรีย์
- ขจัดโลหะหนัก
- ฟอกสารไนโตรเจนและซัลไฟด์
- ขจัดสารที่เป็นพิษ เช่น ไซยาไนต์

4. ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำโซดา

- เปลี่ยนรูปของแร่ธาตุเหล็กและแมงกานีสและกรองออกด้วยตัวกรองถ่าน
- ช่วยฆ่าเชื้อโรคและรักษาความปลอดภัยของขวด

5. การประมง

- ฆ่าเชื้อโรค ขจัดสารอินทรีย์และเพิ่มออกซิเจนให้กับน้ำ เช่น บ่อเลี้ยงกุ้ง ปลา

6. ใช้ล้างผัก ผลไม้ กำจัดกลิ่นคาวในเนื้อสัตว์ อาหารทะเล

- เพื่อฆ่าเชื้อโรค ฆ่าสารพิษ ขจัดสารเคมีและยาฆ่าแมลง

7. ใช้อบน้ำ ล้างหน้า สระผม
 - จะทำให้ผิวหนังเปลี่ยนแปลงปลั่งยิ่งขึ้น ลดการเป็นสิว
8. ทางกายแพทย์สามารถใช้ทำความเข้าใจความสะอาดอุปกรณ์ต่าง ๆ ล้างแผลสด แผลอักเสบ
 - เพื่อฆ่าเชื้อโรคและลดอาการอักเสบของแผล
9. ขจัดสารพิษในอากาศ เช่น กำจัดควันต่าง ๆ
 - เพื่อฆ่าเชื้อโรคในอากาศ ทำให้อากาศบริสุทธิ์

ตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของโอโซนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อโรค

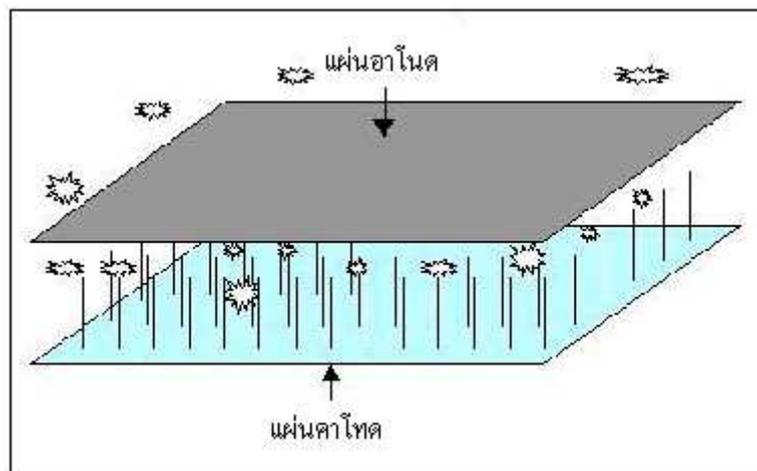
ข้อดี	ข้อเสีย
<ul style="list-style-type: none"> - มีกำลังในการออกซิไดซ์ที่รุนแรงและใช้เวลาในการเกิดปฏิกิริยาสั้น ซึ่งสามารถฆ่าเชื้อโรค จุลินทรีย์และไวรัสได้ภายใน 2-3 วินาที - โอโซนจะเปลี่ยนเป็นออกซิเจนหลังจากทำการฆ่าเชื้อโรคแล้ว - ปฏิกิริยาจะเกิดและสลายตัวไปอย่างรวดเร็วเมื่อกระทำกับสารพวกอินทรีย์ - โอโซนส่วนมากจะสลายตัวในน้ำอย่างรวดเร็วจึงไม่มีสารตกค้าง - โอโซนเป็นก๊าซที่ไม่มีสี 	<ul style="list-style-type: none"> - เป็นก๊าซที่มีพิษ - ราคาของกระบวนการผลิตโอโซนจะสูงกว่าเมื่อใช้คลอรีน - การติดตั้งค่อนข้างยุ่งยาก - อุปกรณ์ในส่วนที่เกิดปฏิกิริยาโอโซนจำเป็นต้องป้องกันก๊าซพิษและอันตรายจากไฟ - ละลายน้ำได้ยากกว่าคลอรีน จึงจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ในการผสมชนิดพิเศษ

2.2 ทฤษฎี HIGH VOLT

2.2.1 การสร้างอออนด้วยแรงดันไฟฟ้าสูง

ในการสร้างอออนด้วยแรงดันสูงสามารถสร้างได้โดยสร้างสนามไฟฟ้าความเข้มสูง สนามไฟฟ้าความเข้มสูงนี้จะทำให้เกิดเป็นอออนกระจายออกไปในอากาศและอออนนั้นก็ต้องสร้างให้เป็นประจุอออนลบด้วย ซึ่งสามารถสร้างได้จากการจากการจ่ายแรงดันไฟฟ้าสูงให้แก่ชุดอิเล็กโตรด ชุดอิเล็กโตรดจะปล่อยสนามไฟฟ้าความเข้มสูง (อออนลบ) ออกมาหากจะให้มันโนภาพเองก็จะมีแตกกระจายออกจากปลายอิเล็กโตรดในแบบของสปร์ย์อออน (แต่ในความจริงเรามองไม่เห็น) จึงทำให้เกิดฟุ้งกระจายออกไปในทุกทิศทางหลังจากนั้นในช่วงการเดินทางของประจุอออนลบในระยะทางที่สั้นมากๆ ก็เกิดการปะทะ

กันระหว่างไอออนกับโมเลกุลของอากาศจนกลายมาเป็นไอออนโดยจะกลายมาอยู่ในรูปโอโซน (OZONE: O₃) ซึ่งโอโซนนี้ก็คือออกซิเจนที่มีอะตอม 3 อะตอมหนึ่งที่อีกอย่างหนึ่งของเครื่องผลิตไอออนลบก็คือ อิเล็กตรอนที่ถูกขับออกไปไม่ได้มีแต่ไอออนในอากาศเท่านั้นแต่ในทำนองเดียวกันก็จะมีผลต่ออนุภาค ประจุไฟฟ้าของฝุ่นละอองด้วย เมื่อประจุไฟฟ้าลบเข้าทำปฏิกิริยากับฝุ่นละอองที่เป็นประจุบวก (IONIZE) ดังนั้นอนุภาคของประจุก็จะเกิดการสะสมอยู่บนไอออนในบริเวณใกล้เคียงอย่างจับพัวพันและนี่ ก็คือวิธีการขับไล่ฝุ่นละอองในอากาศให้มีน้ำหนักและตกสู่เบื้องล่างอย่างรวดเร็วซึ่งในโรงงาน อุตสาหกรรมต่างๆก็มีการประยุกต์ไปใช้งานในการเคลื่อนย้ายหรือจัดเก็บมาออกจากกลุ่มควันพิษต่างๆ ค่าย



รูปที่ 2.1 แสดงการเกิดไอออนลบจากอิเล็กโตรดแบบปลายเข็ม

2.2.2 ผลของสนามไฟฟ้าในการตกตะกอน

สนามไฟฟ้า (Electric field) มีบทบาทสำคัญ ในการตกตะกอนสนามไฟฟ้ามีผลทั้งต่อการไล่ประจุให้กับ อนุภาค และต่อแรงที่กระทำต่ออนุภาคที่ได้รับประจุแล้ว ในแง่ทฤษฎี ผลคูณระหว่างความแรงของ สนามไฟฟ้าในย่านที่เกิดการไล่ประจุของสนามไฟฟ้าใกล้ขั้วเก็บจะเป็นตัวกำหนดคุณภาพในการเก็บ อนุภาคแต่ละขนาดสนามไฟฟ้าในเครื่องตกตะกอนเกิดจากการไล่ไฟฟ้าแรงสูงให้กับขั้วของขั้วไฟฟ้าและจาก ผลกระทำโดยประจุในอากาศ (Space charge effect) ของไอออนและอนุภาคติดประจุที่อยู่ในย่านระหว่าง ขั้วไฟฟ้า ในกรณีที่ไม่มีการไหลของกระแสไฟฟ้า สนามไฟฟ้าจะประกอบด้วยองค์ประกอบ ที่เกิดจาก แรงดันไฟฟ้าที่ใส่ในรูปทรง (geometry) ของระบบเท่านั้นในกรณีของระบบขั้วแบบเส้นลวดและผนัง ทรงกระบอกที่มีแนวแกนกลางร่วมกันความแรงของสนามไฟฟ้าที่รัศมีใดๆ $E(r)$ สามารถคำนวณได้จาก สมการต่อไปนี้

$$E(r) = V/[r \ln(b/a) I] \dots\dots\dots (2.1)$$

- ในกรณีนี้
- a คือ รัศมีของเส้นลวดโคโรนา (m)
 - b คือ ระยะระหว่างขั้วโคโรนา และขั้วเก็บ (m)
 - r คือ ระยะรัศมี (m)
 - V คือ แรงดันไฟฟ้าที่ใส่ (V)
 - E(r) คือ ความแรงของสนามไฟฟ้า (V/m)

เมื่อใส่แรงดันไฟฟ้าเกินกว่าขีดเริ่มของโคโรนา (Corona threshold) สนามไฟฟ้าจะถูกแปรเปลี่ยนโดย อีออน ที่เกิดในย่านระหว่างขั้วไฟฟ้า เนื่องจากความว่องไว (mobility) ของอีออนก๊าซมีน้อยกว่าของ อิเล็กตรอนมากกว่าดังนั้นอีออนที่เกือบไม่เคลื่อนที่นี้ จะเป็นเหมือนประจุในอากาศ (space charge) เราสามารถนึกภาพอิทธิพลของประจุเชิงไอออนิกในอากาศได้ โดยคิดว่าเป็นประจุที่รวมจุดอยู่ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในย่านระหว่างขั้วไฟฟ้า อีออนและอนุภาคที่มีประจุเหมือนกันจะถูกเร่งเข้าหาขั้วเก็บโดยแรงขับไล่ซึ่งเกิดจากประจุในอากาศและสนามไฟฟ้า ผลก็คือ ทำให้สนามไฟฟ้าที่อยู่ใกล้ขั้วเก็บมีค่าสูงขึ้นในทางตรงกันข้าม อิเล็กตรอนและอีออนที่มีประจุเหมือนกันในบริเวณใกล้ขั้วโคโรนาจะถูกขับไล่กลับไปหาขั้วโคโรนา ทำให้ความแรงของสนามไฟฟ้าในบริเวณใกล้ขั้วโคโรนาลดลง สรุปแล้วผลการกระทำรวมของกระแสไฟฟ้าโคโรนาจะไปแปรสนามไฟฟ้า

2.2.3 การใส่ประจุให้อนุภาค

เงื่อนไขพื้นฐานข้อหนึ่งของกระบวนการตกตะกอนคือการใส่ประจุให้กับอนุภาคในจำนวนมากที่สุดที่สอดคล้องกับเงื่อนไขการเดินเครื่องนั้นๆ โดยปกติจะถือว่าการใส่ประจุเกิดขึ้นในย่านระหว่างขอบเขตของแสงเรืองโคโรนากับขั้วเก็บ ภายในย่านอนุภาคจะได้รับการชนจากท่าฝนของอีออนที่เกิดจากปรากฏการณ์โคโรนา

1. การใส่ประจุโดยสนามไฟฟ้า

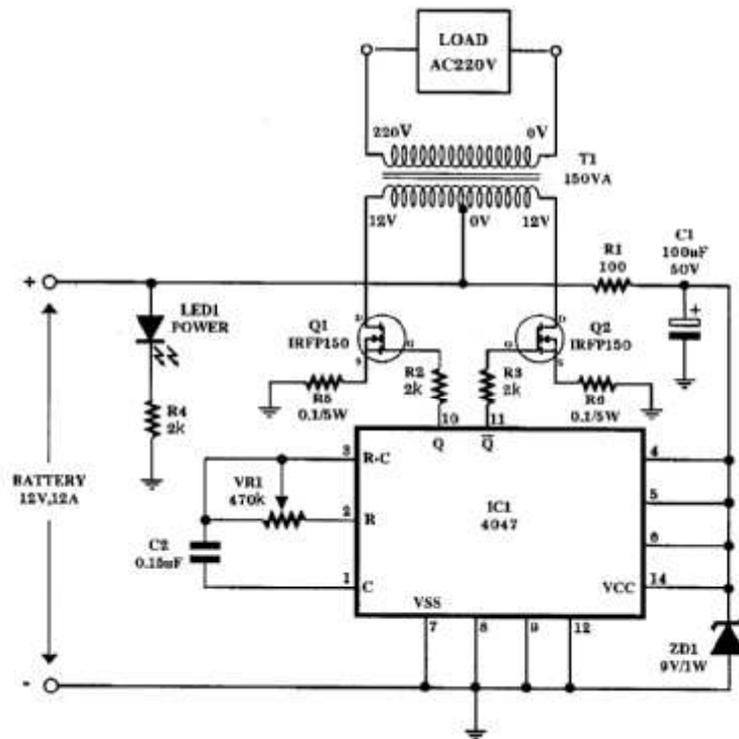
กลไกการใส่ประจุแบบใดจะมีความสำคัญเหนือกว่าย่อมขึ้นกับขนาดของอนุภาคที่รับประจุอนุภาคขนาดโต (เส้นผ่าศูนย์กลางโตกว่าประมาณ 0.5 ไมครอน) จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนรูปเฉพาะที่ (local deformation) ของสนามไฟฟ้าในลักษณะที่เส้นแรงไฟฟ้าจะวิ่งตัดกับอนุภาค อีออนวิ่งเคลื่อนที่ตามเส้นของสนามไฟฟ้าจะกระทบกับอนุภาค และถูกจับยึดโดยแรงของประจุจินตภาพ เมื่อจำนวนอีออน ที่กระทบกับอนุภาคมีเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ปริมาณประจุบนอนุภาคจะเพิ่มขึ้นจนกระทั่งสนามไฟฟ้าเฉพาะถิ่น ที่เกิดจากประจุบนอนุภาคก่อให้เกิดการเปลี่ยนรูปของเส้นแรงสนามไฟฟ้าเดิมจนเส้นเหล่านี้ไม่วิ่งตัดกับอนุภาคอีกต่อไป ทำให้อีออนไม่กระทบกับอนุภาคอีกและไม่มีการเพิ่มของประจุบนอนุภาคอีก เรียกกรณีนี้ว่า ประจุมัตัว (saturation charge) ค่าของประจุมัตัวจะขึ้นกับขนาดของอนุภาคและความแรง

ของสนามแม่เหล็ก เวลาที่อนุภาคใช้ในการรับประจุจนค่าอิมพัลส์แปรผันตามความเข้มข้นของไอออนในย่านที่เกิดการใส่ประจุ

2. การใส่ประจุแบบแพร่

นอกจากกระบวนการใส่ประจุโดยการกระทบจากไอออนที่วิ่งตามเส้นแรงสนามไฟฟ้าแล้วอนุภาคยังสามารถรับประจุจากการสั่นพืดและเกาะติดของไอออนซึ่งเกิดจากการเคลื่อนที่อย่างไม่มีกฎเกณฑ์ เช่น ความร้อน(Thermal random motion) อีกด้วย วิธีการใส่ประจุนี้เรียกว่าการใส่ประจุแบบแพร่ (diffusion charging) เป็นวิธีการใส่ประจุที่ใช้ในกรณีของเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่าประมาณ 0.2 ไมครอน การใส่ประจุแบบแพร่จะขึ้นอยู่กับความแรงของสนามไฟฟ้าด้วย เพราะการเคลื่อนไหวของ ไอออนย่อมขึ้นกับทั้งแรงเชิงไฟฟ้าสถิต และแรงของการแพร่

3. วงจรทวีคูณแรงดันไฟสูงโดยใช้หม้อแปลงไฟขึ้น



รูปที่ 2.2 แสดงวงจรทวีคูณแรงดันไฟสูงโดยใช้หม้อแปลงไฟขึ้น

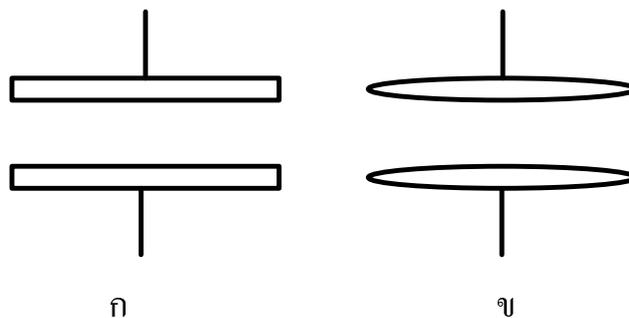
การใช้วงจรทวีคูณแรงดันจะเหมาะหรือคุ้มค่าที่สุดในการใช้งานก็ต่อเมื่ออัตราการทวีคูณแรงดันมีค่าไม่เกิน 6 เท่า ในกรณีที่ต้องการทวีคูณค่าแรงดันไฟมาก ๆ เช่นต้องการไฟตรงเอาท์พุทออกสูงเป็นหลายร้อยโวลต์ในขณะที่ต้องใช้แหล่งจ่ายไฟเพียง 6-12 โวลต์ เป็นต้น ในกรณีเช่นนี้ผู้ออกแบบ ส่วนใหญ่จะหันมาเลือกใช้วิธีการทวีคูณแรงดันไฟโดยใช้หม้อแปลงไฟขึ้น (step-up voltage transformer) แทน โดยการ

ใช้วงจรออสซิลเลเตอร์แรงดันต่ำหรือวงจรกำเนิดสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมมาทำหน้าที่ขับหม้อแปลงไฟทางด้านปฐมภูมิ ซึ่งจะทำให้หม้อแปลงกำเนิดแรงดันไฟสูงออกทางขด ทุติภูมิในรูปแบบของสัญญาณกระแสไฟสลับ หลังจากนั้นจึงนำสัญญาณกระแสไฟสลับไปทำการเรกติไฟเออร์เพื่อแปลงกลับให้เป็นแรงดันไฟตรงอีกครั้งดังแสดงวงจรทวิคูณแรงดันดังรูปที่ 2.8 จากวงจรในรูปที่ 2.8 เป็นวงจรที่ทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟตรงอินพุตที่มีค่าต่ำไปเป็นแรงดันไฟตรงเอาต์พุตที่มีค่าสูงขึ้น โดยใช้แรงดันไฟตรงอินพุต 12 โวลต์ให้แก่วงจร Inverter เป็นตัวสร้างสัญญาณ Oscillate จ่ายให้กับหม้อแปลง ที่มีขดปฐมภูมิเป็น 14V-0-14V และมีขดทางทุติภูมิเป็น 220 โวลต์ ขดลวดภายในหม้อแปลงทำหน้าที่เป็นตัวเหนี่ยวนำให้กับวงจรออสซิลเลเตอร์ จากวงจรนี้แรงดันไฟจากแหล่งจ่ายไฟตรงจะถูกเพิ่มค่าขึ้นไปเป็น 178 โวลต์ ฟิกที่ขดด้านทุติภูมิ และจะถูกเรกติไฟเออร์แบบเต็มคลื่น จะได้แรงดันไฟตรงไปจ่ายให้กับ Ignition coil โดยจะมีชุด Switching เป็นตัวควบคุม

2.2.4 รูปแบบของขั้วไฟฟ้า

1. ขั้วไฟฟ้าแบบแผ่นระนาบ

ตามรูปที่ 2.9(ก) บริเวณตรงกลางของขั้วไฟฟ้าจะเป็นสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ แต่ที่ขอบของขั้วไฟฟ้าจะมีความเข้มของสนามไฟฟ้าอยู่สูง ดังนั้น เมื่อมีแรงดันกระทำต่อขั้วไฟฟ้า จะเกิดโคโรนาขึ้นที่ขอบของขั้วไฟฟ้า จะเกิดการสปาร์คขึ้นระหว่างขอบของขั้วไฟฟ้าทั้งสอง แต่ถ้าให้ขอบของขั้วไฟฟ้ามีลักษณะโค้งดังรูปที่ 2.9(ข) การสปาร์คจะเกิดในบริเวณตรงกลางของขั้วไฟฟ้า

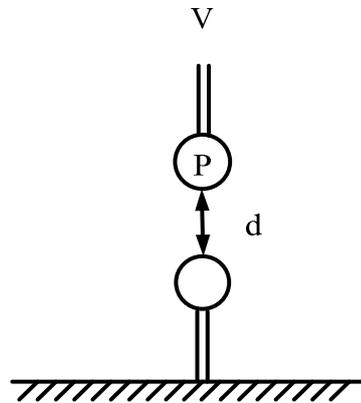


รูปที่ 2.3 ขั้วไฟฟ้าแบบแผ่นระนาบ

2. ขั้วไฟฟ้าแบบช่องว่างทรงกลม (Sphere gap)

รูปที่ 2.10 เป็นรูปขั้วไฟฟ้าแบบช่องว่างทรงกลม สนามไฟฟ้าไม่เป็นสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอเหมือนแบบแรก แต่ถ้าช่องว่าง (d) มีค่าน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นผ่าศูนย์กลางของทรงกลม (P) สนามไฟฟ้าตรงใจ

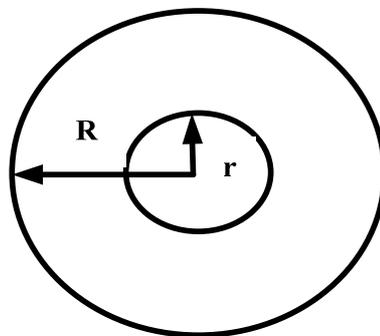
กลางของช่องว่าง (Gap) จะไม่แตกต่างกันจากสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอมากนัก จึงนิยมใช้กันมากในการวัดแรงดันทางไฟฟ้าแรงสูง



รูปที่ 2.4 ขั้วไฟฟ้าแบบช่องว่างทรงกลม

3. ขั้วไฟฟ้าทรงกระบอกแกนร่วม

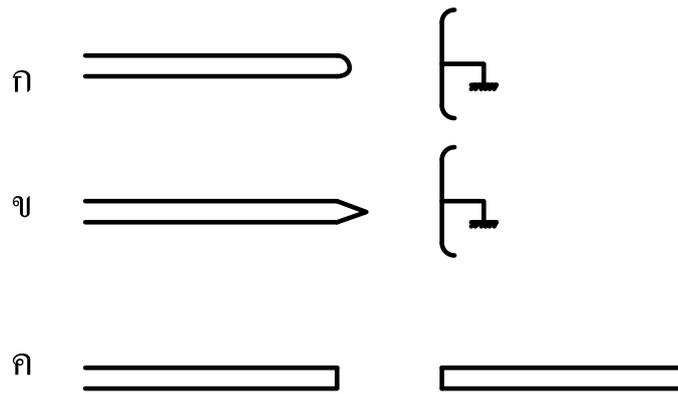
ขั้วไฟฟ้าชนิดนี้สามารถคำนวณหาค่าสนามไฟฟ้าได้ง่ายใช้กันมากในการค้นคว้าหาปรากฏการณ์โคโรนา และใช้ในการทำสายไฟฟ้าเคเบิล หรือบัสบาร์ที่ใช้ก๊าซ SF₆ เป็นฉนวน ขั้วไฟฟ้าด้านในรัศมี r และ ขั้วไฟฟ้าด้านนอกรัศมี R ตามรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.5 ขั้วไฟฟ้าทรงกระบอกแกนร่วม

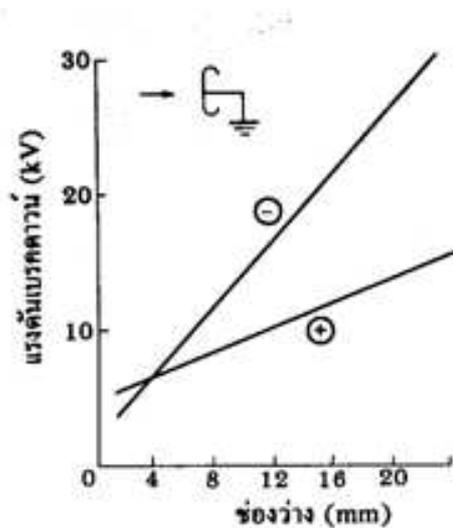
4. ขั้วไฟฟ้ารูปแท่งกลมและรูปเข็ม

มีรูปแบบต่าง ๆ กันตามรูปที่ 2.6 ขั้วไฟฟ้าชนิดนี้มีการกระจายความเข้มของสนามไฟฟ้าอย่างสม่ำเสมอ เมื่อให้แรงดันกระทำต่อขั้วไฟฟ้าจะเกิดโคโรนาที่มีลักษณะต่าง ๆ ขึ้น แรงดันเริ่มต้นที่ทำให้เกิดโคโรนาขึ้นนี้เราเรียกว่า Corona Inception Voltage หลังจากเกิดโคโรนาแล้ว ถ้าเราเพิ่มแรงดันให้สูงขึ้นอีก จะเกิดการเบรกดาวน์ในที่สุด



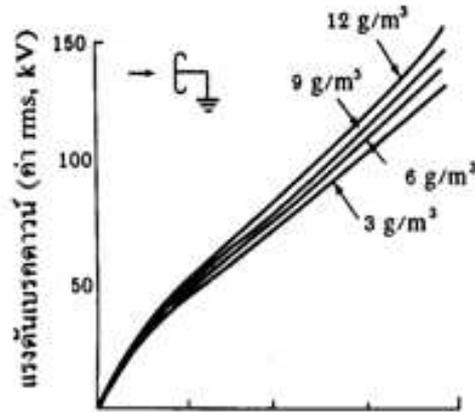
รูปที่ 2.6 ตัวอย่าง Rod-Gap และ Needle-Gap

ในกรณีของกระแสสลับนั้น แรงดันที่กระทำต่อขั้วไฟฟ้าจะเป็นแรงดันบวกและลบสลับกันไปทุกครึ่งไซเคิล ส่วนใหญ่การเบรคความถี่จะเกิดขึ้นในครึ่งบวกซึ่งมีค่าแรงดันเบรคความถี่ต่ำกว่าครึ่งลบ ดังรูปที่ 2.6 สามารถอธิบายได้ว่า เป็นเพราะโคโรนาบวกสามารถออกได้ง่ายกว่าโคโรนาลบแต่ในบริเวณที่ g_{ab} มีระยะห่างน้อยกว่า 4 mm โคโรนาบวกจะมีลักษณะเป็นแผ่นบางหุ้มขั้วไฟฟ้าทำให้ไม่สามารถงอกยาวออกไป



รูปที่ 2.7 แรงดันเบรคความถี่ของ Needle-Gap

จากรูปที่ 2.7 แสดงแรงดันเบรคความถี่ของขั้วไฟฟ้ารูปเข็มและแผ่นระนาบ จะเห็นว่าเมื่อแรงดันที่กระทำเป็นบวก แรงดันเบรคความถี่จะต่ำกว่าแรงดันเบรคความถี่เมื่อแรงดันที่กระทำเป็นลบอยู่เกือบครึ่งหนึ่ง



รูปที่ 2.8 ผลความชื้นต่อแรงดันเบรกดาวน์

รูปที่ 2.8 แสดงอิทธิพลของความชื้นที่มีต่อแรงดันเบรกดาวน์ แรงดันที่ใช้เป็นกระแสสลับ การสปาร์กจะเกิดขึ้นทางด้านบวกของแรงดัน จะเห็นได้ว่า เมื่อความชื้นสูง แรงดันเบรกดาวน์จะมากขึ้น ซึ่งจะอธิบายได้ว่า โครโนาบวกถูกละอองน้ำในอากาศขวางไว้ไม่ให้หยั่งลงยาวได้มากนัก ทั้งนี้เนื่องจากละอองน้ำจะจับอิเล็กตรอนเกิดเป็นไอออนลบขึ้นจากรูป 2.7 อาจกล่าวได้ว่าความเข้มของสนามไฟฟ้าที่ทำให้เกิดการเบรกดาวน์ในกรณีที่เป็นขั้วบวกมีค่าประมาณ 5 kV/cm ซึ่งน้อยกว่าในกรณีของสนามไฟฟ้าสมำเสมอซึ่งมีค่าเป็น 30 kV/cm

2.2.5 การปล่อยอิเล็กตรอนออกจากขั้วไฟฟ้า (Electron Emission)

ในการเกิดดิสชาร์จในก๊าซ นอกจากอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นจากการแตกตัวเป็นไอออนของโมเลกุลในก๊าซด้วยกระบวนการต่างๆ อิเล็กตรอนที่ถูกปล่อยออกมาจากขั้วไฟฟ้าก็มีส่วนสำคัญในการเกิดดิสชาร์จในก๊าซเช่นกัน ซึ่งกระบวนการปล่อยอิเล็กตรอนออกจากขั้วไฟฟ้าสามารถอธิบายได้ดังนี้คือ โลหะที่ใช้ทำขั้วไฟฟ้าจะมีอะตอมอยู่ใกล้กันมากจนกระทั่งวาเลนซ์อิเล็กตรอนของอะตอมหนึ่งอาจจะถือเป็นอิเล็กตรอนของอีกอะตอมหนึ่งได้ถ้าอิเล็กตรอนตัวใดตัวหนึ่งมีพลังงานสูงพอที่จะสามารถเคลื่อนที่ไปมาได้โดยอิสระภายในโลหะ เราเรียกอิเล็กตรอนเหล่านี้ว่า อิเล็กตรอนอิสระ อย่างไรก็ตามที่ผิวของโลหะจะมีกำแพงพลังงานศักย์ (Potential Energy Barrier) กั้นอยู่ อิเล็กตรอนจะไม่สามารถหลุดออกมาจากผิวของโลหะได้จนกว่าจะได้รับพลังงานเพิ่มเติมจากภายนอก เราอาจแบ่งประเภทของการปล่อยอิเล็กตรอนออกจากขั้วไฟฟ้าตามแหล่งพลังงานที่เพิ่มเติมเข้ามาจากภายนอกดังนี้

1. การปล่อยอิเล็กตรอนออกจากขั้วไฟฟ้าโดยใช้ความร้อน (Thermion Emission) คือ การที่อิเล็กตรอนหลุดออกจากผิวโลหะโดยได้รับพลังงานเพิ่มเติมในรูปของพลังงานความร้อนตัวอย่างเช่น การเผาขั้วคาโทดในหลอดสุญญากาศโดยให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ถ้าอุณหภูมิสูงพอจะทำให้อิเล็กตรอนบางตัวมีพลังงานสูงอยู่แล้วมีพลังงานมากขึ้นจนหลุดออกจากผิวโลหะได้

2. การปล่อยอิเล็กตรอนออกจากขั้วไฟฟ้าโดยใช้พลังแสง (Photo Emission) คือ การที่อิเล็กตรอนหลุดออกจากผิวโลหะโดยพลังงานที่ได้รับเพิ่มเติมเป็นพลังงานโฟตอนจากการแผ่รังสีแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น กรณียิงแสงเหนือม่วงตกกระทบขั้วคาโทดของหลอดดิสชาร์จเป็นต้น

3. การปล่อยอิเล็กตรอนออกจากขั้วไฟฟ้าโดยสนามไฟฟ้า (Field Emission) คือ การที่อิเล็กตรอนหลุดออกจากผิวโลหะได้โดยรับอิทธิพลจากสนามไฟฟ้าภายนอกผิวโลหะเมื่อมีสนามไฟฟ้าจากภายนอกเข้ามาเกี่ยวข้องกับกำแพงพลังงานศักย์จะลดลง ทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกมาจากขั้วไฟฟ้าด้วยพลังงานความร้อนได้ง่ายขึ้น แม้แต่อุณหภูมิห้องก็สามารถทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกมาได้ และในที่สนามไฟฟ้าสูงมากๆ ความหนาของกำแพงพลังงานศักย์จะแคบเข้า ทำให้อิเล็กตรอนบางตัวซึ่งถึงแม้ว่าจะมีพลังงานไม่สูงพอก็อาจจะทะลุผ่านกำแพงออกมาได้ซึ่งเรียกว่า ผลของอุโมงค์ (Tunnel Effect) และการที่อิเล็กตรอนหลุดออกมาจากผิวโลหะได้ด้วย วิธีการเช่นนี้เรียกว่า ฟิวด์อิมิชชัน (Field Emission)

4. การปล่อยอิเล็กตรอนออกจากขั้วไฟฟ้าโดยการชนของอนุภาค (Secondary Emission) คือ การที่อิเล็กตรอนหลุดออกจากผิวโลหะโดยได้รับพลังงานเพิ่มเติมจากการชนของอนุภาค เช่น อิเล็กตรอน หรือ ไอออนในกรณีการชนด้วยไอออน ประสิทธิภาพของการเกิดเซกันดารีอิมิชชันจะน้อยกว่าการชนกันด้วยอิเล็กตรอนมากอย่างไรก็ดี การเกิดเซกันดารีอิมิชชันโดยไอออนนั้นก็มีความสำคัญในกลไกการเกิดดิสชาร์จในก๊าซ

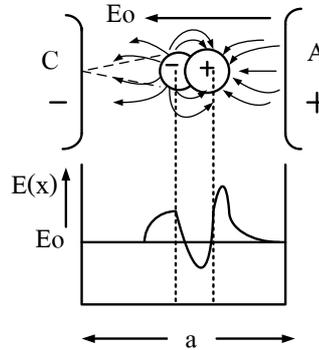
2.2.6 กลไกของการเกิดเบรกดาวน์ในก๊าซ

กลไกของการเกิดเบรกดาวน์ในก๊าซจะใช้ทฤษฎีในการวิเคราะห์ที่อยู่ 2 ทฤษฎีโดยพิจารณาที่ค่าของ Gap แคบๆ และที่ gap กว้างขึ้น ดังนี้กลไกของการเกิดเบรกดาวน์ของ Townsend ใช้อธิบายการพัฒนาของประจุจากอิเล็กตรอนจนเกิดเป็นกลุ่มก้อนประจุเคลื่อนที่จากขั้วอิเล็กโทรมิตซ์ขั้วหนึ่งไปยังอีกขั้วหนึ่งโดยจะใช้วิเคราะห์ในกรณีที่ gap มีค่าแคบๆ ($X \leq \frac{1}{2}D$) กลไกของการเกิดเบรกดาวน์ของ Streamer ใช้อธิบายการก่อรวมตัวของประจุที่เป็นกลุ่มและแผ่กระจายไปจนกระทั่งข้ามจากขั้วอิเล็กโทรมิตซ์หนึ่งไปยังอีกขั้วอิเล็กโทรมิตซ์โดยจะใช้วิเคราะห์ในกรณีที่ gap มีค่ากว้างๆ ($X \geq D$)

1. กลไกเบรกดาวน์ของ Streamer

เนื่องจากว่าในช่องว่าง gap ที่กว้างการอธิบายโดยใช้ทฤษฎีของ Townsend นั้นอธิบายได้ลำบาก Meek, Loeb และ Raether ได้เสนอทฤษฎีกลไกการเบรกดาวน์ขึ้นทฤษฎีของ Streamer เมื่อ ไอออนในเซกันจากขบวนการ alpha แล้วจะเกิดขบวนการโฟโต้ไอออนเซกันของโมเลกุล ก๊าซที่ หัวของ

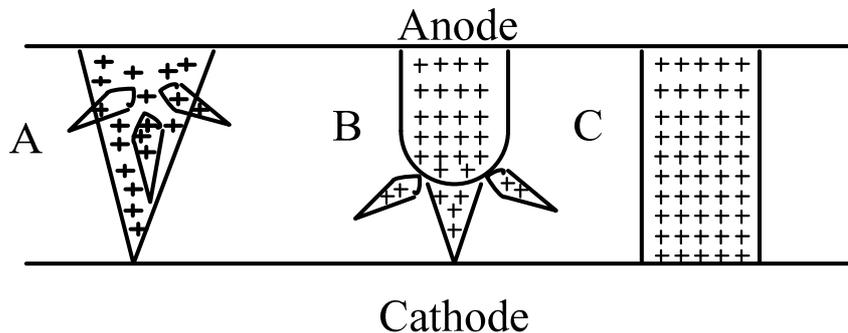
Streamer space charge ทำให้สนามไฟฟ้าที่หัวstreamer มีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้สนามไฟฟ้าใน gap เปลี่ยนไป ซึ่งทำให้สนามไฟฟ้าที่ปลายและบริเวณข้างของavalanche มีค่ามากสำหรับสนามไฟฟ้าระหว่าง อิเล็กตรอนและกลุ่ม avalanche มีค่าน้อยดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 แสดงสนามไฟฟ้าที่เกิดจาก space charge

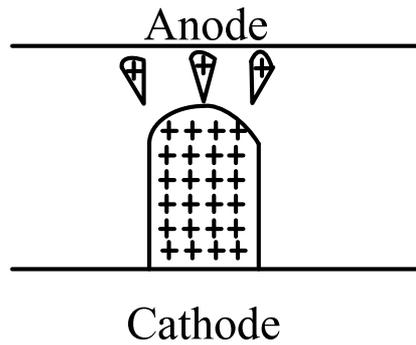
กลไกการเบรกดาวน์แบบ Streamer นี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. กลไกการเบรกดาวน์แบบ Streamer บวกพิจารณารูปที่ 2.10(a) เมื่อกลุ่ม avalanche ได้วิ่งข้าม gap อิเล็กตรอนได้วิ่งไปยัง Anode แล้วเหลือไอออนบวกไว้อยู่ภายใน gap จึงทำให้มีรูปร่างเป็นแบบ กรวย จึงไม่ทำให้เกิดการเบรกดาวน์ได้เพราะว่า สนามไฟฟ้าเนื่องจาก space charge จะมีค่าสูงเฉพาะ บริเวณที่ใกล้ Anode ทำให้สนามไฟฟ้าบริเวณอื่นมีความหนาแน่นต่ำแต่ photon ที่เกิดขึ้นในบริเวณที่มีความหนาแน่นของไอออนสูงจะทำให้ avalanche เล็ก ๆ เนื่องจากไอออนในเซชั่นมากขึ้นและเวลาต่อมา avalanche เล็ก ๆ นี้จะถูกปล่อยทิ้งไว้หลังจากเกิดไอออนเซชั่นมากขึ้น และไอออนบวกจะเรียงตัวกัน เป็นลำดับดังรูปที่ 2.10 (b) หลังจากนั้นจะเกิดการฟอร์มตัวกันเป็นลำของ Streamer ดังรูปที่ 2.16(c)และก็จะทำให้เกิดการเบรกดาวน์ระหว่าง gap ในที่สุด



รูปที่ 2.10 แสดงปรากฏการณ์ discharge ที่เกิด Streamer บวก

2. กลไกการเกิด Streamer ลบจาก Cathodeจะเกิดขึ้นเมื่อเกิด avalanche จนกระทั่งมีอิเล็กตรอน มากพอที่จะทำให้สนามไฟฟ้าเนื่องจาก space charge มีค่ามากพอกับสนามไฟฟ้าที่ใส่เข้าไประหว่าง gap

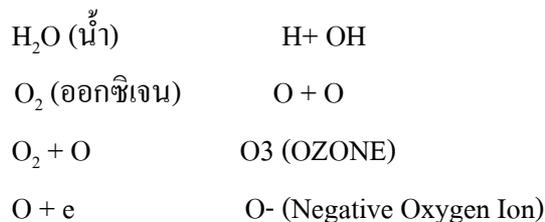


รูปที่ 2.11 แสดงปรากฏการณ์ discharge ที่เกิด Streamer ลบ

จากรูปที่ 2.11 avalanche ที่เกิดจากสนามไฟฟ้า supplied เข้าไปกับที่เกิดจาก space charge จะนำหน้า streamer ลบ และ avalanche ชุดนี้จะฟอร์มตัวจากอิเล็กตรอนจากโฟโตไอออไนเซชัน ค่า αx จาก $e^{\alpha x}$ นั้นค่า αx ที่จะทำให้เกิด avalanche ใน streamer ควรมีค่าประมาณ 108 การเบรกดาวน์แบบสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอ (non-uniform) สามารถใช้กลไกการเบรกดาวน์แบบ Streamer ใช้อธิบายได้ ส่วนการเบรกดาวน์แบบสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอนั้นจะใช้การเบรกดาวน์แบบ Townsend ในการอธิบาย

2.3 PLASMA

COLD PLASMA จึงเป็นเทคโนโลยีใหม่ในการทำให้อากาศบริสุทธิ์ โดยการผ่านกระแสไฟฟ้าสู่อากาศที่หมุนเวียนภายในห้องทำให้อะตอมของอากาศแตกตัว เป็นกลุ่มอนุภาคบวกและกลุ่มอนุภาคลบดังนี้



PLASMA เป็นสสารที่มีลักษณะคล้ายกลุ่มแก๊สฮีเลียม หรือสีน้ำเงินอ่อนเป็นอนุภาคเล็กๆ ที่ไม่ได้อยู่ในสภาพเป็นกลาง ประกอบด้วย

- กลุ่มประจุบวก (ion)
- กลุ่มประจุลบ (free electron)

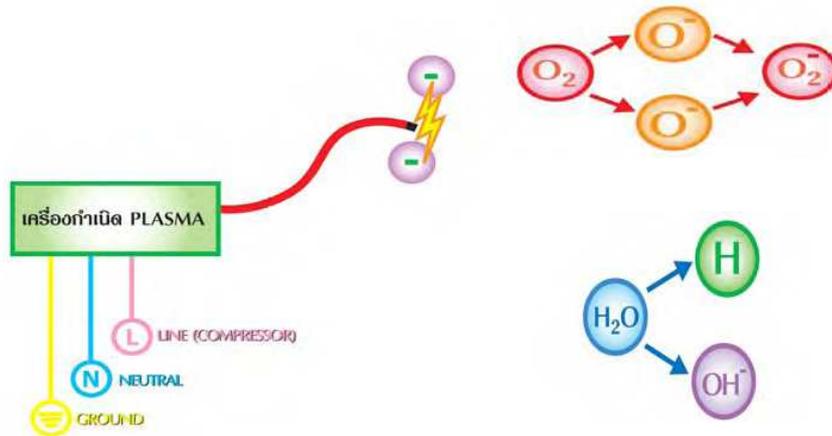
ซึ่งมีจำนวนน้อยมากในจำนวนสสารที่อยู่บนโลกมนุษย์

PLASMA สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ

1. HOT PLASMA
2. COLD PLASMA

การกำเนิดประจุไฟฟ้าบวกและลบ

เมื่อเครื่องกำเนิด **COLD PLASMA** ทำงานจะทำให้เกิดประจุไฟฟ้าลบ ในขณะที่เดียวกันอากาศโดยรอบมีความชื้น ทำให้โมเลกุลของน้ำในอากาศแตกตัว



รูปที่ 2.12 โมเลกุลของน้ำแตกตัว

หลังจากโมเลกุลของน้ำแตกตัว ประจุไฟฟ้าลบที่เกิดมาจากเครื่องกำเนิด **COLD PLASMA** จะถูกล้อมรอบด้วยโมเลกุลของน้ำภายในห้อง

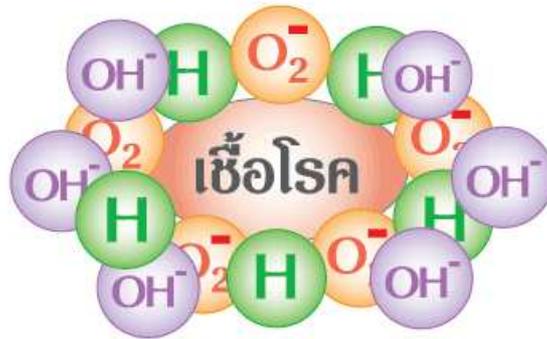


รูปที่ 2.13 โมเลกุลของน้ำที่มีในอากาศ

โมเลกุลของน้ำที่มีในอากาศจำนวนมากเหล่านี้ จะพาเอากลุ่มโมเลกุล O_2^- และ OH^- กระจายไปตามทุกซอกทุกมุมของห้อง โดยการเคลื่อนไหวของอากาศ

การฆ่าเชื้อโรค

เชื้อโรคในอากาศ เช่น เชื้อแบคทีเรีย, ไวรัส, ฯลฯ จะมีสารไฮโดรเจน เป็นส่วนประกอบ เมื่อสารที่มีประจุไฟฟ้าลบจาก **COLD PLASMA** ประกอบ ไปล้อมรอบเชื้อโรค



รูปที่ 2.14 การล้อมรอบเชื้อโรค

COLD PLASMA จึงมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคในอากาศโดยกลุ่มอนุภาคบวกและลบดังกล่าว เช่น เชื้อจุลินทรีย์, แบคทีเรีย, ไวรัส ฯลฯ และยังสามารถสลายกลิ่นอับชื้นและสารที่ก่อให้เกิดโรคภูมิแพ้, คิวบุนทรีย์

2.4 การกำจัดของเสียที่เป็นอันตราย

การดำเนินงานแต่ละกิจกรรมของเกิดของเสีย ซึ่งมีทั้งของเสียที่เป็นอันตราย และไม่เป็นอันตราย สำหรับของเสียที่เป็นอันตราย จำเป็นต้องได้รับการจัดการที่เหมาะสม โดยไม่เป็นอันตรายต่อผู้ที่ทำงานในหน้าที่ และหรือ ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้น การดำเนินงานดังกล่าว จำเป็นต้องมีแผนงาน โครงการบริหารจัดการของเสียที่เป็นอันตราย (Hazardous waste management plan) ของเสียที่เป็นอันตราย แบ่งออกเป็น

1. ของเสียที่ติดเชื้อ (Infectious wastes) ได้แก่ ของเสียที่รวมเอาคน สัตว์ ชีววัตถุใดที่ติดเชื้อ เช่น เลือด ปัสสาวะ เป็นต้น
2. ของเสียที่ไม่ติดเชื้อ (Non-infectious wastes) ได้แก่ ของเสียที่เกิดจากการใช้สารที่เป็นอันตราย ยาที่มีผลต่อเนื้อเยื่อ (Cytoplasmic drugs) สารกัมมันตรังสี สารฯ ไวไฟ และสารที่ก่อให้เกิดการระเบิด เป็นต้น

วิธีการบำบัด และกำจัดของเสีย (Waste treatment and disposal methods)

1. การทำให้ปราศจากเชื้อด้วยไอน้ำ (Steam sterilization)
2. การทำให้ปราศจากเชื้อ ด้วยสารเคมีที่เป็นก๊าซ (Gas sterilization)
3. การใช้สารเคมีฆ่าเชื้อ (Chemical disinfection)

4. การเผาโดยใช้อุณหภูมิสูง (Incineration)
5. การฉายแสง (Irradiation)
6. การใช้ความร้อน (Thermal inactivation)

การเลือกใช้วิธีใด ขึ้นอยู่กับประเภทของเสีย

1. **การทำให้ปราศจากเชื้อด้วยไอน้ำ (Steam sterilization)** เป็นวิธีการทำให้ปราศจากเชื้อ ด้วยไอน้ำ ภายใต้ความดันที่มีอุณหภูมิสูงพอ ที่จะทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้หมด วิธีนี้ได้ผลดีกับของเสียติดเชื้อ ที่มีความหนาแน่นต่ำ เช่น วัสดุที่ปนเปื้อนประเภทพลาสติก ส่วนของเสียที่ติดเชื้อที่มีความหนาแน่นสูง จะบำบัดโดยการเผาด้วยอุณหภูมิสูง ของเสียที่ติดเชื้อ เมื่อรวบรวมมาแล้ว ต้องบรรจุของเสียที่ติดเชื้อ ที่ให้ผลดีในการทำลายเชื้อด้วยวิธีนี้คือ ถุงพลาสติก ภาชนะที่เป็นโลหะ และแก้ว ส่วนพลาสติกที่มีความหนาแน่นสูง คือ polyethylene และ polypropylene plastic ไม่เหมาะที่จะนำมาบรรจุของเสียที่ติดเชื้อ เนื่องจากความร้อน ไอน้ำ ไม่สามารถ ที่จะซึมผ่านพลาสติกชนิดนี้ได้
2. **การทำให้ปราศจากเชื้อด้วยสารเคมีที่เป็นก๊าซ (Gas sterilization)** เป็นวิธีการทำให้ปราศจากเชื้อ ด้วยก๊าซภายใต้อุณหภูมิ และความดัน ก๊าซที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ คือ เอทิลีนออกไซด์ วัสดุที่ใช้ในการบรรจุของเสียที่ติดเชื้อ ควรเป็นพลาสติกชนิด polyethylene เนื่องจากก๊าซสามารถซึมผ่านเข้าไปภายในได้เป็นอย่างดี
3. **การใช้สารเคมีในการฆ่าเชื้อ (Chemical disinfection)** เป็นวิธีการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ โดยการใช้สารเคมีที่มีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อ วิธีนี้ใช้ได้ทั้งของเสียที่ติดเชื้อ ที่เป็นของเหลว และของแข็ง แต่มีปัจจัยที่ควรนำมาพิจารณา ในการใช้ เพื่อให้เกิดผลในการทำลายเชื้อ คือ
 1. ประเภทของเชื้อจุลินทรีย์
 2. ระดับการปนเปื้อน
 3. ชนิดของสารเคมีที่นำมาใช้ในการทำลายเชื้อ
 4. ระยะเวลาที่ให้สารเคมีสัมผัสเชื้อจุลินทรีย์
 5. ปัจจัยอื่นๆ เช่น อุณหภูมิ ความเป็นกรดด่าง การผสมสารเคมี
4. **การเผาโดยใช้อุณหภูมิสูง (Incineration)** เป็นวิธีการบำบัดของเสียที่เป็นอันตราย โดยการเผาที่อุณหภูมิสูง เพื่อเปลี่ยนสภาพของเสียให้อยู่ในรูปเถ้า (ash) ก๊าซที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเผาจะออกจากปล่อง เถ้าที่เกิดขึ้นจะถูกนำไปกำจัด โดยวิธีฝังกลบ เตาเผาอุณหภูมิสูงที่ออกแบบมาอย่างดี เหมาะสมกับการใช้งาน มีการบำรุงรักษา การใช้ที่ถูกต้อง จะให้ผลดีในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่อยู่ในของเสียที่ติดเชื้อ

5. การทำให้ปราศจากเชื้อโดยการฉายแสง (Sterilization by irradiation) เป็นวิธีการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ โดยการให้รังสีแตกตัว (Ionizing radiation)

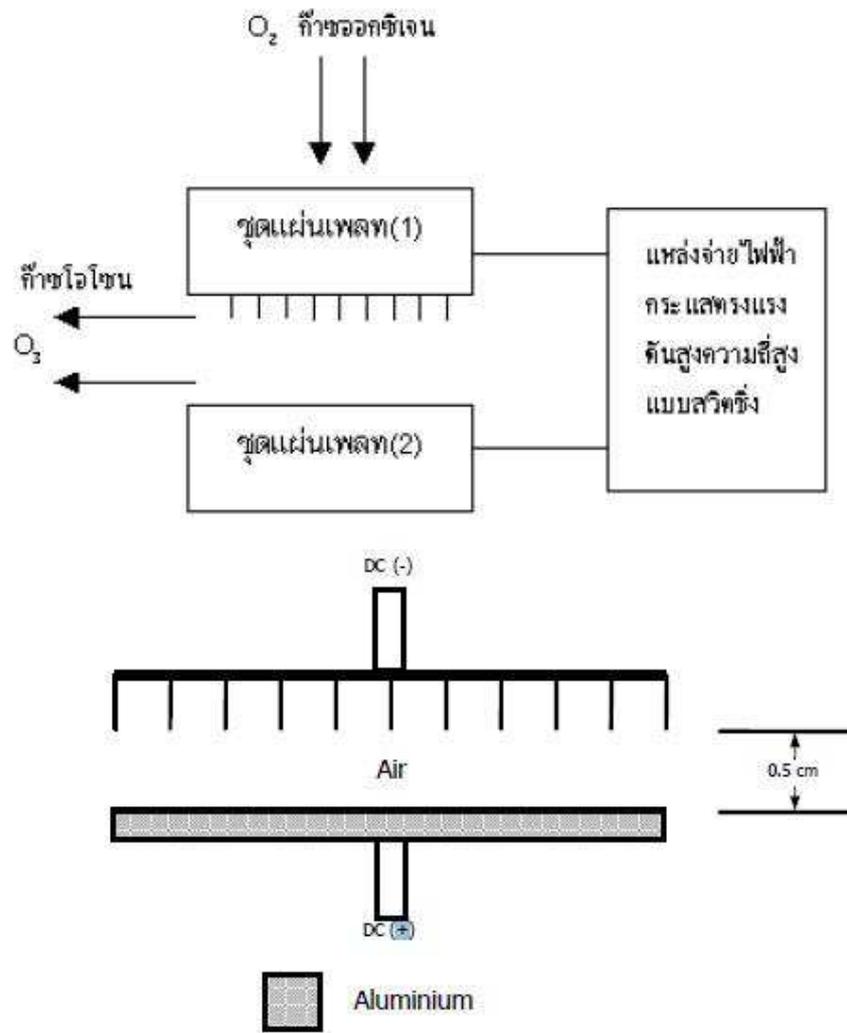
บทที่ 3. วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินงานวิจัย ผู้วิจัย ได้ดำเนินการ วิเคราะห์ธรรมชาติและความเป็นอยู่ของสุกร อุณหภูมิ ความชื้น แสงสว่าง ปริมาณอาหารกับ ผู้ประกอบการ รวมทั้งวิเคราะห์ สภาพแวดล้อมของโรง เลี้ยงสุกรในปัจจุบัน คุณภาพอากาศในและบริเวณรอบๆ โรงเลี้ยงหมู รวมทั้งกำหนดขอบเขต ปริมาณ พลาสมาต่อการฆ่าเชื้อโรคต่าง ๆ ตัวแปรที่มีผลต่อคุณภาพอากาศและมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของ หมู โดยทำการออกแบบและสร้างระบบควบคุม การกำเนิดพลาสมา และในขั้นตอนสุดท้ายทำการ ทดสอบระบบและประเมินผลระบบ เพื่อเก็บข้อมูล ของระบบพลาสมาที่สร้างขึ้นมา โดยพิจารณาใน ลักษณะของระบบที่มีผลต่อระยะเวลาในการพักแล้ว คุณภาพของอากาศ น้ำหนักของสุกรที่เปลี่ยนแปลง ในเชิงปริมาณ

3.1 การออกแบบระบบฆ่าเชื้อด้วยพลาสมา

1. การออกแบบแผ่นอิเล็กโทรดที่ใช้ในเครื่องผลิตโอโซน

ในการออกแบบได้เลือกใช้อิเล็กโทรดที่ไม่สม่ำเสมอสูงกับอิเล็กโทรดระนาบ ซึ่งวัสดุที่ใช้ทำ อิเล็กโทรดแบบไม่สม่ำเสมอสูงคือตระแกรงปรับให้เป็นปลายแหลม และวัสดุที่ใช้ทำอิเล็กโทรดระนาบ ได้แก่อลูมิเนียม ในการสร้างเครื่องผลิตโอโซน ข้อดีของอิเล็กโทรดแบบไม่สม่ำเสมอสูงคือ มีความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุดที่บริเวณปลายแหลม การจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับแรงดันสูงและความถี่สูง โดย ความถี่ถูกควบคุมโดยชุดวงจรควบคุมความถี่เอาต์พุตของหม้อแปลงความถี่สูงที่เป็นแรงดันสูง ถูกนำมา จ่ายให้แผ่นอิเล็กโทรดแบบไม่สม่ำเสมอสูงข้างหนึ่ง และอีกส่วนจะจ่ายให้กับแผ่นอิเล็กโทรดแบบ ระนาบ ซึ่งจะจ่ายแรงดันสูงแต่ไม่ทำให้เกิดการเบรคควาน์มีแต่ความเครียดของสนามไฟฟ้าสูง ดังนั้นใน ระบบจึงไม่ควรเกิดความร้อนขึ้นภายในเกินไปมากเกินไปเพราะจะทำให้ไม่เกิดโอโซน และจากการ เปรียบเทียบสนามไฟฟ้าของอิเล็กโทรดลักษณะต่างๆ พอจะสรุปได้ว่ารูปร่างอิเล็กโทรดที่เป็นแบบไม่ สม่ำเสมอสูง กับอิเล็กโทรดแบบระนาบให้ผลผลิตสูงสุด ดังนั้นจึงนำอิเล็กโทรดแบบไม่สม่ำเสมอสูง และอิเล็กโทรดแบบระนาบทำการออกแบบเครื่องผลิตโอโซนด้วยแหล่งจ่ายแรงดันสูงแบบสวิตซ์



รูปที่ 3.1 โครงสร้างทั่วไปของเครื่องผลิตโอโซน และลักษณะแผ่นอิเล็กโทรดที่เลือกใช้

2. พลังงานที่ใช้ของชุดอิเล็กโทรด

$$\begin{aligned}
 \text{ปริมาตรอากาศในแกป} &= \text{กว้าง} \times \text{ยาว} \times \text{สูง} \\
 &= (0.005\text{m} \times 0.13\text{m} \times 0.25\text{m}) \times 16 \text{ ชุด} \\
 &= 260 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \\
 &= 2600 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

ความต้องการพลังงาน / ปริมาตร คือ 1.172 kWh/m^3

$$\text{ที่ปริมาตร} = 2600 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned}
 \text{ความต้องการของพลังงานที่ต้องใช้} &= 1.172 \times 10^3 \times 260 \times 10^{-5} \\
 &= 3.0472 \text{ W-h}
 \end{aligned}$$

จนถึงย่านพลังงานที่ต้องการ/ ปริมาตร คือ 1.62 kWh/ m^3

$$\text{ที่ปริมาตร} = 2600 \text{ c m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{ความต้องการของพลังงานที่ต้องใช้} &= 1.62 \times 10^3 \times 260 \times 10^{-5} \\ &= 4.212 \text{ W-h โดยประมาณ} \end{aligned}$$

พลังงานในการผลิตเกิดเนื่องจากสนามไฟฟ้า E สามารถหาได้จาก

$$W = \frac{1}{2} \int \epsilon E^2 dv$$

$$E = \sqrt{\frac{2W}{\epsilon V}}$$

$$E = \sqrt{\frac{2(3.0472)}{(8.854 \times 10^{-12})(2600)}}$$

$$E = 16.27 \text{ kV / cm}$$

$$E = \sqrt{\frac{2(4.212)}{(8.854 \times 10^{-12})(2600)}}$$

$$E = 19.129 \text{ kV / cm}$$

กำหนดให้ $d = 0.5 \text{ cm}$, $\eta^* = 20\%$

$$V_i = E_i d \eta^*$$

$$\text{ที่ } E_{\max} = 16.27 \text{ kV/cm}$$

$$V_i = (16.27 \text{ kV})(0.5)(0.2)$$

$$V_i = 1.627 \text{ kV}$$

$$\text{ที่ } E_{\max} = 19.129 \text{ kV/cm}$$

$$V_i = (19.129 \text{ kV})(0.5)(0.2)$$

$$V_i = 1.927 \text{ kV}$$

ดังนั้นย่านแรงดันที่ทำให้เริ่มเกิดการโคโรนาในการผลิตคือ $1.627 - 1.927 \text{ kV}$ ย่านสนามไฟฟ้าที่ใช้คือ

$16.27 - 19.129 \text{ kV/cm}$. ย่านพลังงานคือ $3.0472 - 4.212 \text{ W-h}$

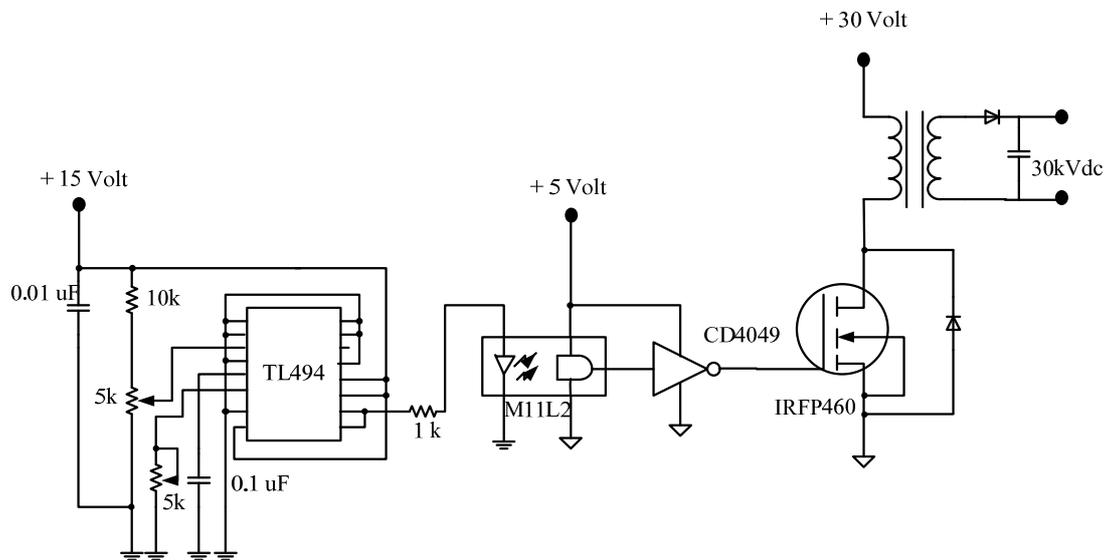
d = ระยะห่างระหว่างแกป

E_{max} = ความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุดในแกประหว่างอิเล็กโทรด

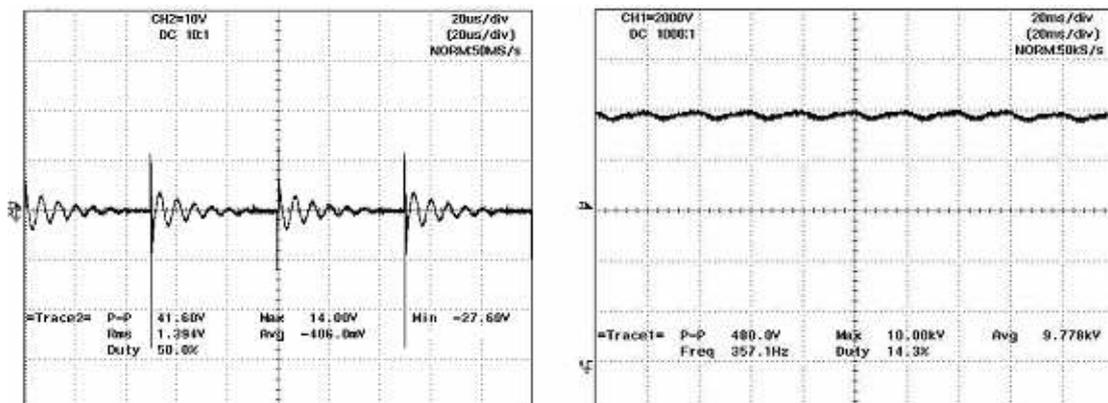
η^* = แฟกเตอร์ของสนามไฟฟ้า

3. การทดสอบแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงความถี่สูง

แหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูงแบบสวิตซิ่ง โดยใช้ไอซีเบอร์ TL494 เป็นตัวสร้างพัลส์วิดมอดูเลชัน เป็นวงจรควบคุมการสวิตซิ่ง ซึ่งใช้เพาเวอร์มอสเฟตเป็นอุปกรณ์ในการนำกระแสซึ่งมีความถี่ในการสวิตซิ่งคือ 10 – 30 กิโลเฮิร์ตซ์ สูดท้ายจะผ่านหม้อแปลงแรงดันสูงความถี่สูงเพื่อสร้างแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูง ขนาด 10 กิโลโวลท์ เพื่อจ่ายให้กับชุดผลิตก๊าซไอโซน



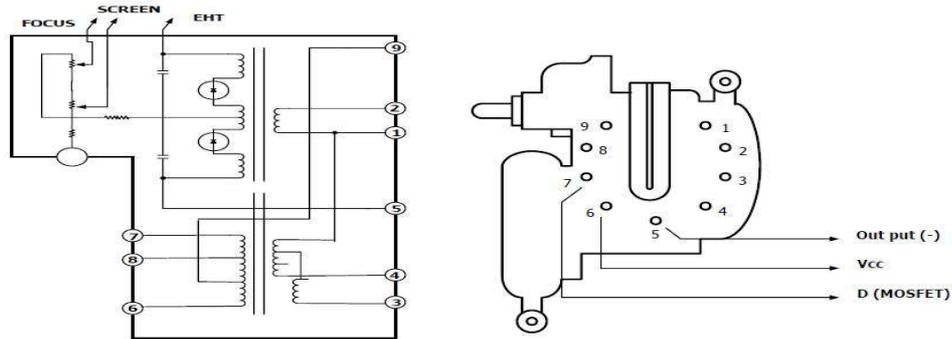
รูปที่ 3.2 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงความถี่สูง



รูปที่ 3.3 (ก) สัญญาณกระแสที่ขาเกตของเพาเวอร์มอสเฟต และ (ข) แรงดันเอาต์พุต 10 kVdc ของหม้อแปลงสวิตซิ่งแรงดันสูงความถี่สูง ขณะจ่ายไฟฟ้าที่ชุดอิเล็กทรอนิกส์

4. หม้อแปลงฟลายแบคที่นำมาใช้จ่ายแรงดันไฟฟ้าแรงสูงให้กับชุดอิเล็กทรอนิกส์

เนื่องจากใช้หม้อแปลงฟลายแบคสำเร็จรูปจึงไม่สามารถหาอัตราส่วนจำนวนรอบของหม้อแปลงได้จาก $(N1 / N2) = (V1 / V2)$ ทำให้สามารถประมาณอัตราส่วนของแรงดัน $(V1 / V2)$ ได้โดยจะใช้ค่าในผลการทดลอง ขณะ No – load คิดที่ Duty cycle 10% สามารถคำนวณอัตราส่วนแรงดัน $(V1 / V2)$ ได้เท่ากับ 1:325.19 V นั้นหมายความว่าจ่าย V_{in} เท่ากับ 1 V จะได้ V_{out} เท่ากับ 325.19 V ที่ (Duty cycle 10%) โดยหม้อแปลงฟลายแบคเบอร์ TLF 14690 จะมีลักษณะการต่อวงจร



รูปที่ 3.4 ลักษณะการต่อวงจรภายในและการนับขาของหม้อแปลงฟลายแบคเบอร์ TLF14690

โดยในการจัดสร้างชุดกำเนิดพลาสมา ซึ่งมีความถี่สูง แรงดันสูง ถือเป็นหัวใจสำคัญของการสร้างระบบปรับปรุงคุณภาพอากาศและการฆ่าเชื้อโรคในโรงเลี้ยงหมู โดยถ้าไม่สามารถ ทดสอบหรือยืนยันความมีเสถียรภาพ ความปลอดภัยและอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน ในด้านการระเบิดของวงจรที่มีความละเอียดอ่อน ต่อความเสียหาย ต่อจากนั้นถ้าปริมาณของไอโซนมาก ซึ่งมีอันตรายต่อคนปฏิบัติงานได้คั้งนั้น การออกแบบและทดสอบ มีความซับซ้อนอย่างมาก ทำให้ต้องมีการทดลองซ้ำหลาย ๆ ครั้ง ที่สิ้นเปลืองทรัพยากรในหลาย ๆ ด้าน

3.2 การทดลองหาปริมาณที่เครื่องกำเนิดพลาสมาผลิตก๊าซไอโซน

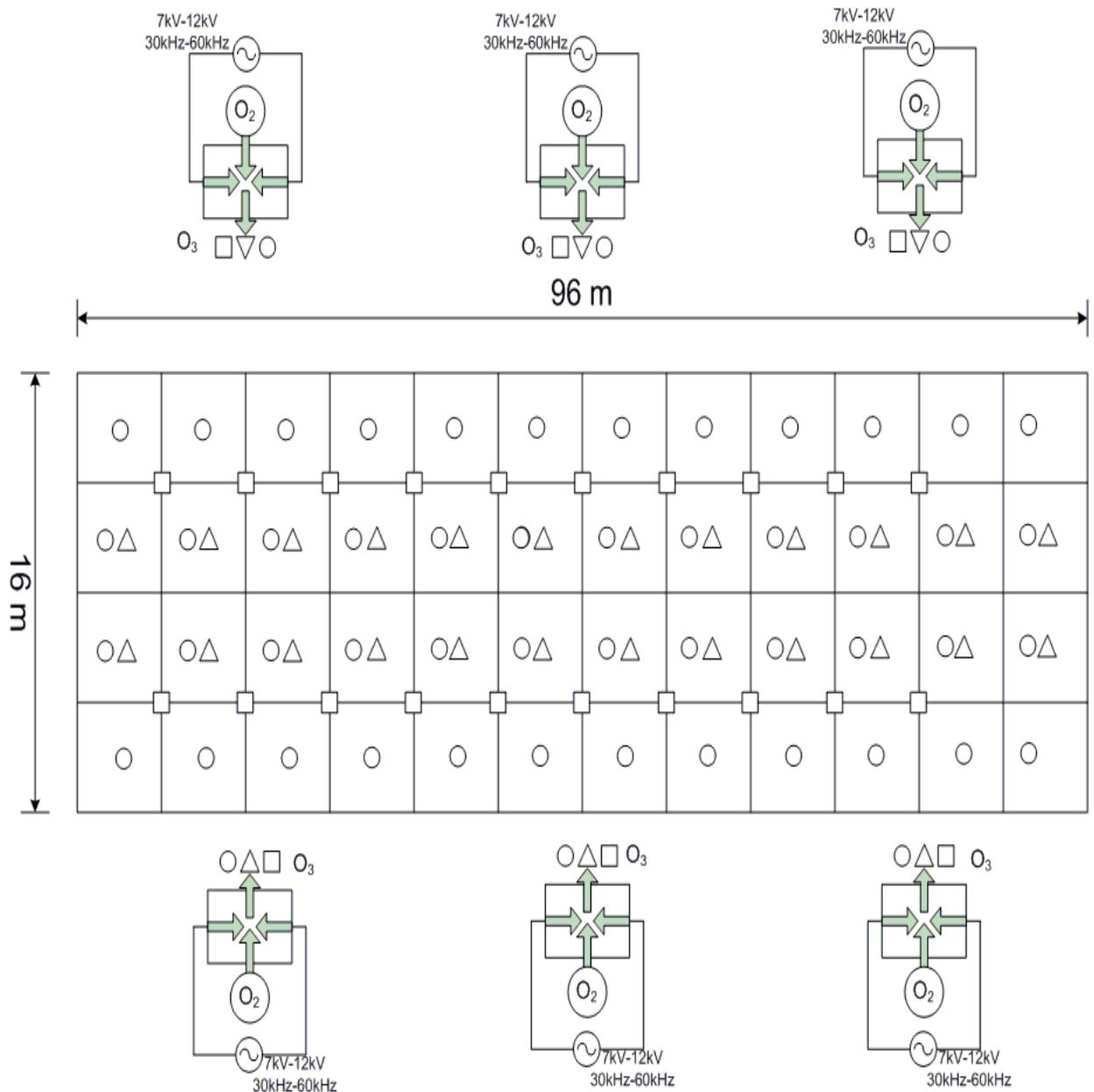
โดยกำหนดตัวแปร ที่เกี่ยวข้องกับอัตราการไหลของอากาศ ระดับความถี่ของชุดกำเนิดพลาสมา ปริมาณไอโซน ระดับแรงดันที่มีผลต่อระดับ ไอโซน เนื่องจากโรงเลี้ยงหมูมีขนาดใหญ่มาก ในการตรวจวัด ต้องมีความแม่นยำและเชื่อถือได้สูง

3.3 การตรวจปริมาณเชื้อโรค หลังจากพักแล้ว ก่อนทำความสะอาด หลังการฆ่าเชื้อที่ใช้ระบบพลาสมา

โดยเก็บตัวอย่างจาก หลายตำแหน่ง เช่นจากพื้น ผนัง เพดาน โดยเปรียบเทียบกับวิธีการล้างและฆ่าเชื้อแบบวิธีปกติที่ใช้กันในปัจจุบัน ทั้งนี้เพื่อยืนยัน ว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมา มีผลสัมฤทธิ์ตามที่โครงการวิจัยนี้ได้ตั้งวัตถุประสงค์ไว้ จึงต้องมีการเปรียบเทียบกับระบบปกติที่ดำเนินการอยู่โดยทั่วไป

3.4 การกำหนดจำนวนจุดแหล่งกำเนิดพลาสมาที่เหมาะสมกับปริมาณไอโซนและระยะเวลา

ในการฆ่าเชื้อ ทั้งนี้เพื่อหาจำนวน ตำแหน่งที่พอเพียงสำหรับการฆ่าเชื้อ การปรับปรุงคุณภาพอากาศ ระยะเวลาที่สั้นลงสำหรับการพักเล้า เป็นตัวกำหนดตัวชี้วัด สำหรับการเพิ่มมูลค่าในเชิงเวลาสำหรับกา เพิ่มปริมาณการเลี้ยงต่อปีที่มากขึ้น โดยกำหนดการแบบการวัด แบบ 12 จุด แบบ 24 จุด และ แบบ 48 จุดการวัดของแหล่งกำเนิด พลาสมา ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.5 การกำหนดจุดการวัดค่าทางไฟฟ้า

3.5 การตรวจสอบปริมาณโอโซน ความเร็วลมระบายอากาศ ที่ผลต่อคุณภาพอากาศในโรงและระบายอากาศ ทั้งนี้เป็นการหาค่าที่เหมาะสมสำหรับปริมาณโอโซนที่ถูกกำเนิดออกมา ที่สอดคล้องกับปริมาณของออกซิเจนที่เราพิจารณาจากออกซิเจนที่สอดคล้องกับปริมาณพลาสติกที่ออกมาจากขั้วที่สร้างประจุออกมา รวมทั้งปริมาณของโอโซนที่ช่องระบายอากาศออกจากโรงเรือน ที่มีผลต่อกลิ่นที่ถูกส่งออกไปข้างนอกโรงเรือน

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน

4.1 ปริมาณค่าทางฟิสิกส์ ได้แก่ ค่าแรงดัน ปริมาณไอโซน ระดับความถี่ ปริมาณการไหลของอากาศ

ตารางที่ 4.1 แสดงปริมาณก๊าซไอโซนที่ขนาดแรงดันไฟฟ้า 7 kV ที่ความถี่ 30-60 kHz

อัตราการไหลของอากาศ	ปริมาณก๊าซไอโซน (ppm)						
	30 kHz	35 kHz	40 kHz	45 kHz	50 kHz	55 kHz	60 kHz
HIGH 12 c m ³ /min	7	7.2	7.4	7.6	7.75	7.90	8.1
MEDIUM 6 c m ³ /min	6	6.18	6.38	6.56	6.70	6.75	7.1
LOW 3 c m ³ /min	5	5.15	5.22	5.40	5.65	5.90	6.1

ตารางที่ 4.2 แสดงปริมาณก๊าซไอโซนที่ขนาดแรงดันไฟฟ้า 8 kV ที่ความถี่ 30-60 kHz

อัตราการไหลของอากาศ	ปริมาณก๊าซไอโซน (ppm)						
	30 kHz	35 kHz	40 kHz	45 kHz	50 kHz	55 kHz	60 kHz
HIGH 12 c m ³ /min	7.26	7.40	7.56	7.70	7.93	8.15	8.30
MEDIUM 6 c m ³ /min	6.26	6.40	6.57	6.70	6.84	6.95	7.20
LOW 3 c m ³ /min	5.25	5.40	5.55	5.70	5.87	6.12	6.28

ตารางที่ 4.3 แสดงปริมาณก๊าซไอโซนที่ขนาดแรงดันไฟฟ้า 9 kV ที่ความถี่ 30-60 kHz

อัตราการไหลของอากาศ	ปริมาณก๊าซไอโซน (ppm)						
	30 kHz	35 kHz	40 kHz	45 kHz	50 kHz	55 kHz	60 kHz
HIGH 12 c m ³ /min	7.45	7.55	7.70	7.87	8.10	8.40	8.46
MEDIUM 6 c m ³ /min	6.41	6.57	6.70	6.86	7.12	7.25	7.36
LOW 3 c m ³ /min	5.40	5.55	5.70	5.86	6.10	6.28	6.43

ตารางที่ 4.4 แสดงปริมาณก๊าซไอโซนที่ขนาดแรงดันไฟฟ้า 10 kV ที่ความถี่ 30-60 kHz

อัตราการไหลของอากาศ	ปริมาณก๊าซไอโซน (ppm)						
	30 kHz	35 kHz	40 kHz	45 kHz	50 kHz	55 kHz	60 kHz
HIGH 12 c m ³ /min	8.1	8.26	8.43	8.58	8.71	8.95	9.11
MEDIUM 6 c m ³ /min	7.09	7.18	7.30	7.46	7.62	7.83	8.12
LOW 3 c m ³ /min	6.11	6.29	6.43	6.57	6.72	6.89	7.13

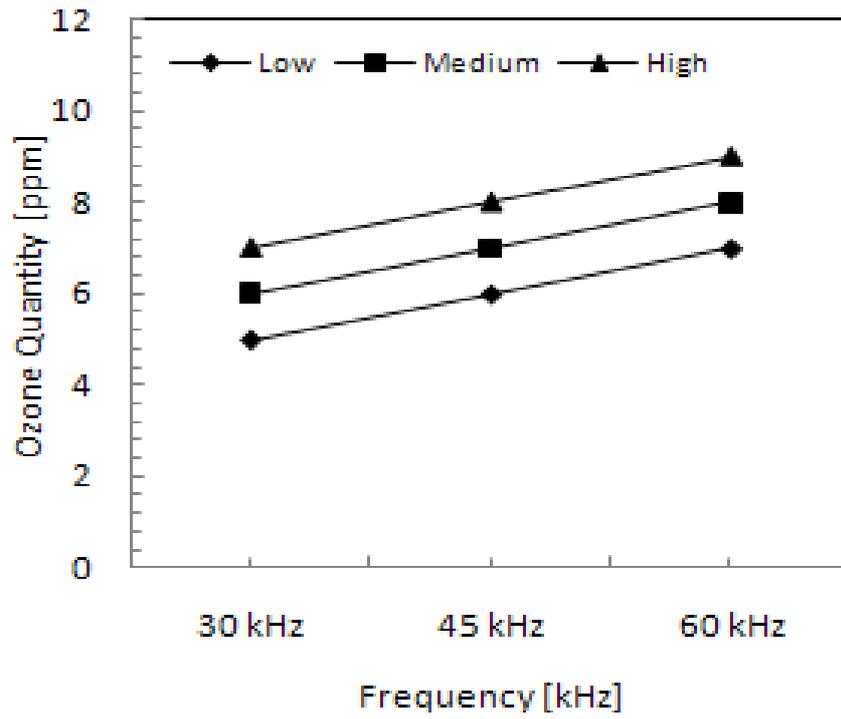
ตารางที่ 4.5 แสดงปริมาณก๊าซโอโซนที่ขนาดแรงดันไฟฟ้า 11 kV ที่ความถี่ 30-60 kHz

อัตราการไหลของอากาศ	ปริมาณก๊าซโอโซน (ppm)						
	30 kHz	35 kHz	40 kHz	45 kHz	50 kHz	55 kHz	60 kHz
HIGH 12 c m ³ /min	8.3	8.46	8.60	8.75	8.90	9.12	9.30
MEDIUM 6 c m ³ /min	7.29	7.50	7.64	7.80	7.97	8.15	8.35
LOW 3 c m ³ /min	6.24	6.40	6.56	6.71	6.89	7.10	7.34

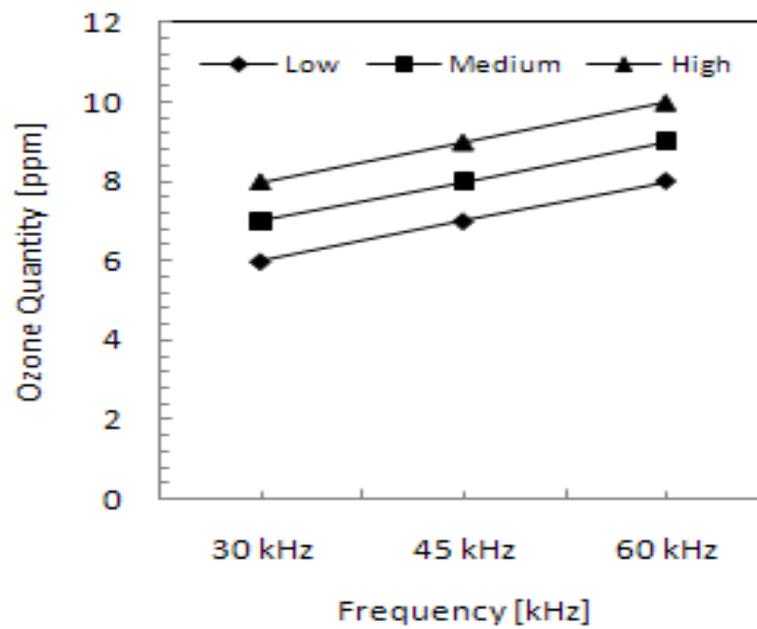
ตารางที่ 4.6 แสดงปริมาณก๊าซโอโซนที่ขนาดแรงดันไฟฟ้า 12 kV ที่ความถี่ 30-60 kHz

อัตราการไหลของอากาศ	ปริมาณก๊าซโอโซน (ppm)						
	30 kHz	35 kHz	40 kHz	45 kHz	50 kHz	55 kHz	60 kHz
HIGH 12 c m ³ /min	8.48	8.61	8.77	8.93	9.14	9.32	9.50
MEDIUM 6 c m ³ /min	7.51	7.63	7.80	7.97	8.15	8.35	8.50
LOW 3 c m ³ /min	6.42	6.54	6.72	6.88	7.12	7.35	7.55

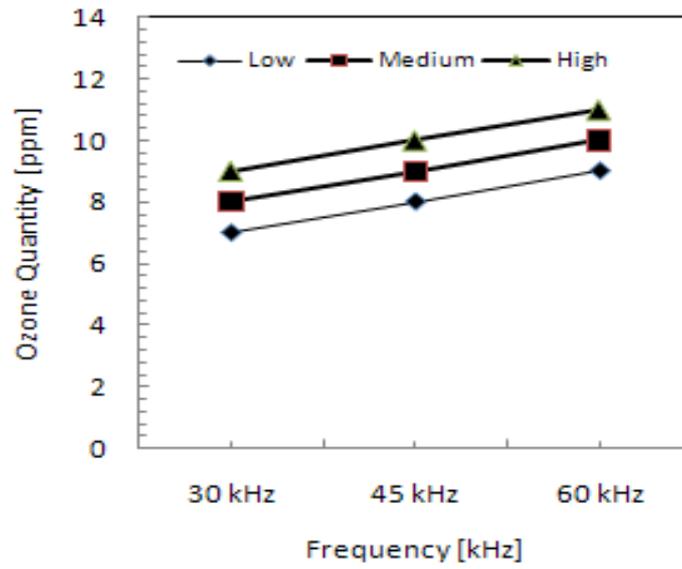
จากตารางที่ 4.1-4.6 พบว่าเมื่อมีการเพิ่มอัตราการไหลของอากาศ การเพิ่มปริมาณแรงดันของแหล่งกำเนิดพลาสมา การเพิ่มความถี่ของแหล่งกำเนิดพลาสมา พบว่าปริมาณของโอโซนเพิ่มขึ้นเป็นปฏิกิริยาโดยตรงกับปริมาณดังกล่าว โดยช่วงของปริมาณโอโซนมีค่าอยู่ระหว่าง ต่ำสุด 5 ppm-9.5 ppm. ซึ่งเป็นปริมาณที่สามารถฆ่าเชื้อโรคต่างๆ ได้ เป็นการยืนยันว่าระบบที่สร้างขึ้นมาเชื่อได้ว่ามีความพร้อมในการบำบัดอากาศและฆ่าเชื้อโรคได้ โดยค่าความเชื่อมโยง ระดับการเพิ่มลด ระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสามารถแสดงให้เห็นดังรูปที่ 4.1-4.7



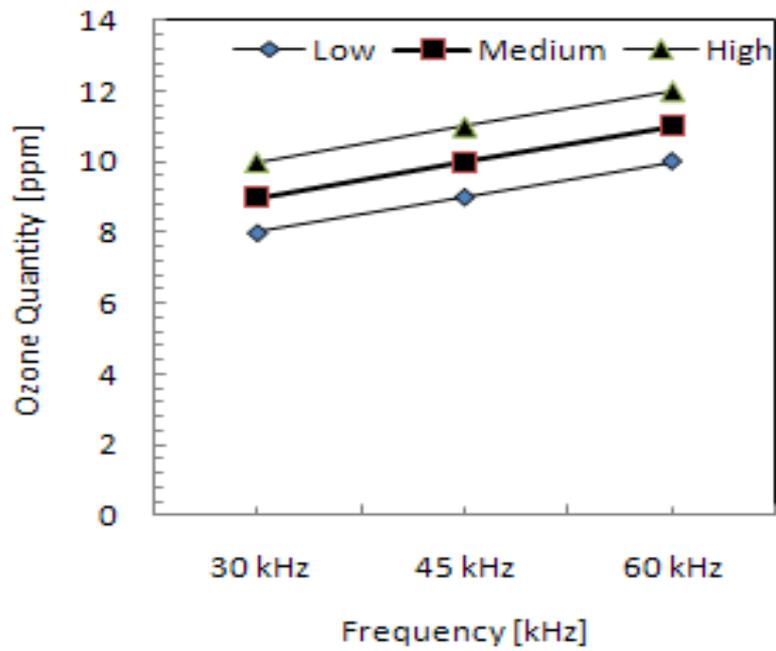
รูปที่ 4.1 Ozone quantity vs Frequency at 7 kV at various of flow speed.



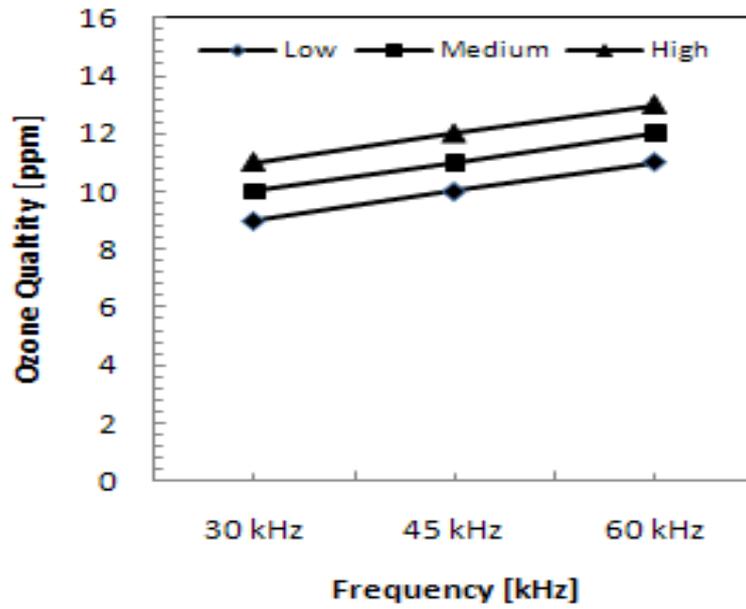
รูปที่ 4.2 Ozone quantity vs Frequency at 8 kV at various of flow speed.



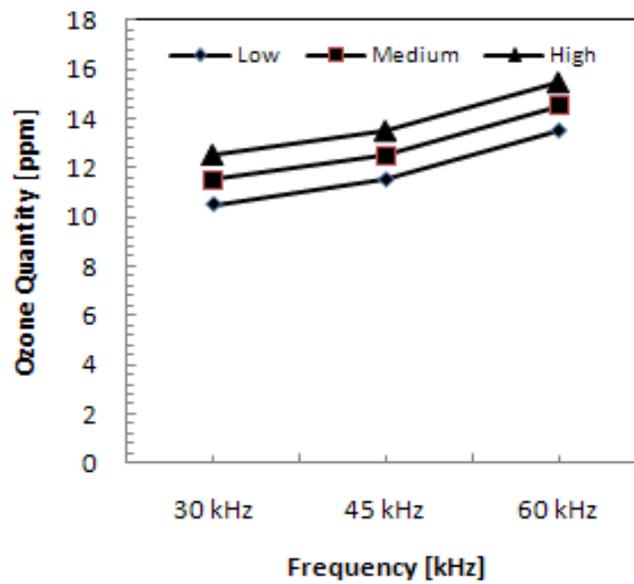
รูปที่ 4.3 Ozone quantity vs Frequency at 9 kV at various of flow speed.



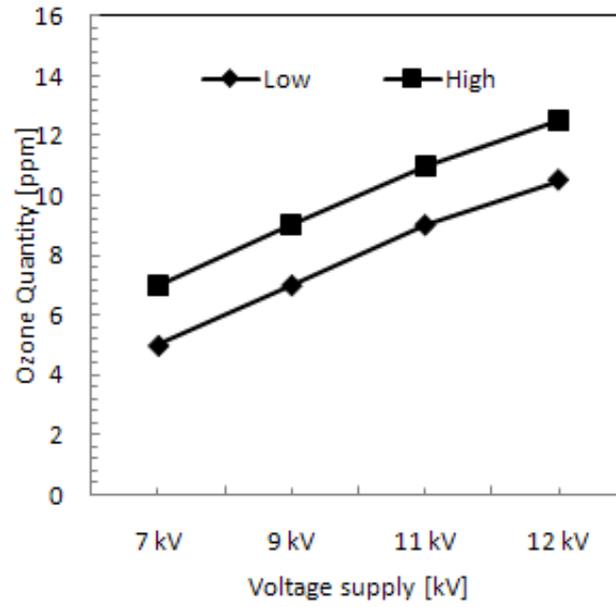
รูปที่ 4.4 Ozone quantity vs Frequency at 10 kV at various of flow speed.



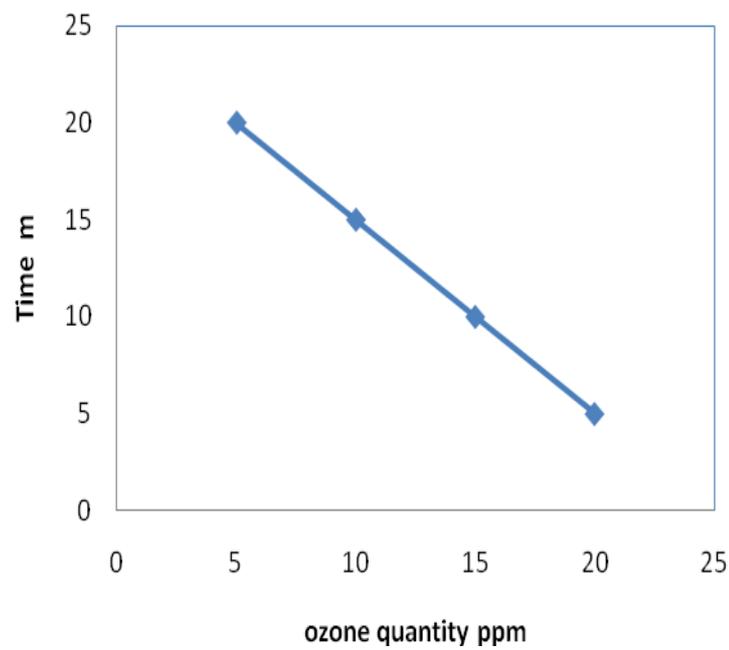
រូបភាព 4.5 Ozone quantity vs Frequency at 11 kV at various of flow speed.



រូបភាព 4.6 Ozone quantity vs Frequency at 12 kV at various of flow speed.



รูปที่ 4.7 Ozone quantity vs Voltage Supply at Low and high speed

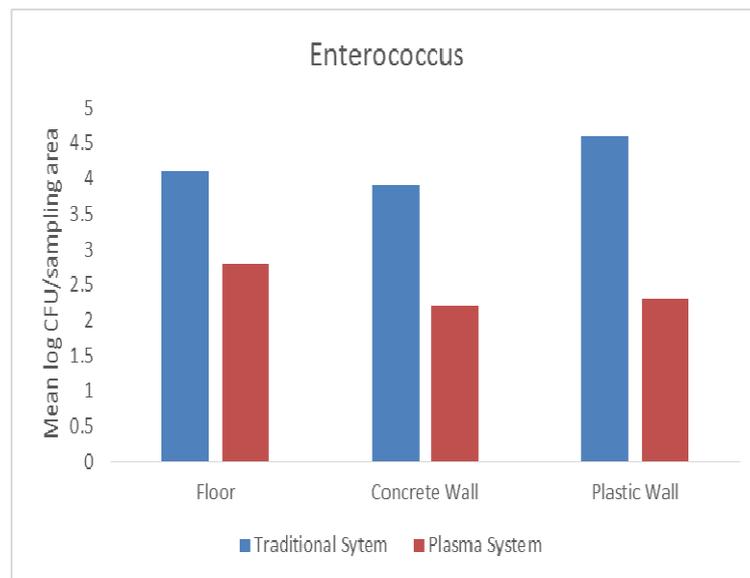


รูปที่ 4.8 Ozone quantity vs Voltage Supply at Various Frequency

จากผลการทดสอบรูปที่ 4.8 พบว่าปริมาณไอโซนเพิ่มขึ้น ระยะเวลาในการฆ่าเชื้อลดลง โดยเป็นค่าที่ต่ำ เพื่อทดลองระยะเวลาในการฆ่าเชื้อ โดยระยะเวลาดังกล่าวข้างบน เป็นค่าที่ต้องคูณกับตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับขนาดของโรงเลี้ยง จำนวนตัวกําเนิดพลาสติก และค่าคงที่ทางวงจรด้วย

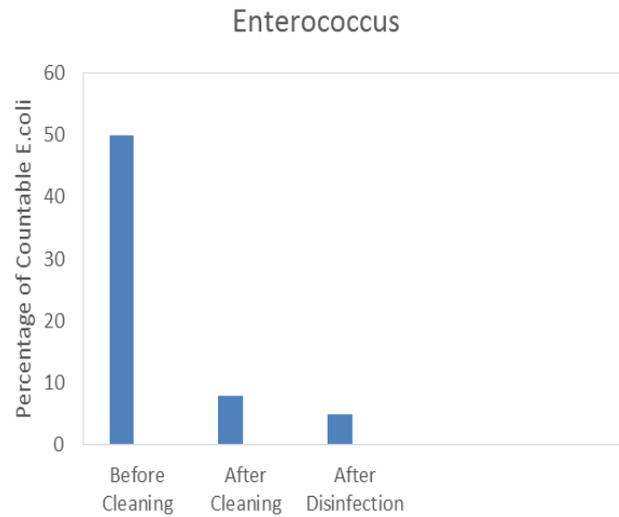
4.2 ปริมาณความสัมพันธ์ระหว่างค่าทางฟิสิกส์กับทางชีววิทยา

แบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคเป็นปัจจัยสำคัญ ในความคงอยู่และการแพร่กระจายของโรคเฉพาะถิ่นในสุกร และเชื้อโรคจากสัตว์ เหล่านี้ การติดเชื้อมักจะถูกควบคุมโดยการใช้อย่างปฏิบัติและสารฆ่าเชื้อโรค การต้านทานโรคติดเชื้อในสุกร MRSA แม้ว่าความเข้มข้นต่ำสุดและการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย (MIC และ MBC) ของทนยังคงต่ำกว่าความเข้มข้นของการทำงานที่แนะนำของสารฆ่าเชื้อ, ส่งผลให้ระดับสารออกฤทธิ์ลดลงของสารเหล่านี้ทำให้มีสายพันธุ์ต้านทานมากขึ้น การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงพาณิชย์ ในการลด เชื้อ E. coli การนับ Enterococcus โดยการเปรียบเทียบระหว่างการล้างและฆ่าเชื้อแบบปกติ และการเชื้อและบำบัดแบบพลาสติก



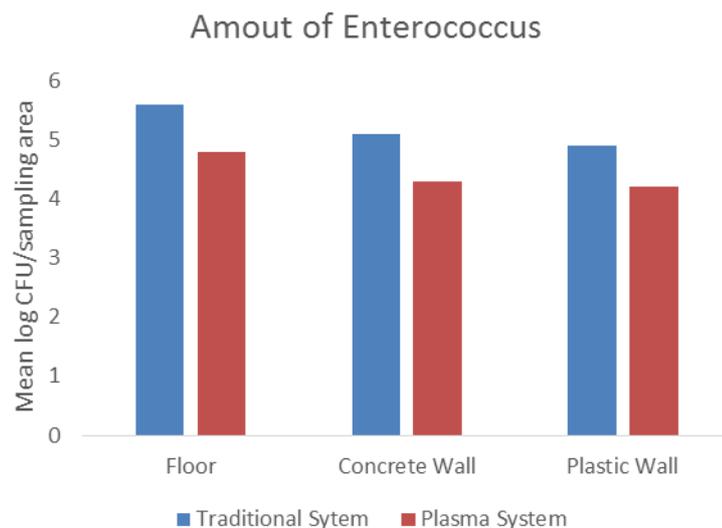
รูปที่ 4.9 แสดงค่าเฉลี่ย Enterococcus การนับ สำหรับการสุ่มตัวอย่างแบบปกติและแบบที่ใช้ระบบพลาสติก

โดยพบว่าค่าที่ได้จากสุ่มแต่ละตำแหน่ง ค่าที่พื้นมีค่ามากที่สุดรองลงมาเป็นผนังคอนกรีต และน้อยสุดเป็นที่ผนังพลาสติก การฆ่าเชื้อโดยพลาสติกมีประสิทธิภาพมากกว่าแบบปกติ



รูปที่ 4.10 แสดงค่าเฉลี่ย Enterococcus หลังจากการฆ่าเชื้อ สำหรับการสุ่มตัวอย่างแบบปกติและแบบที่ใช้ระบบพลาสมา

โดยพบว่าค่าที่ได้จากสุ่มแต่ละตำแหน่ง การฆ่าเชื้อโดยพลาสมาที่ประสิทธิภาพมากกว่าแบบปกติ โดยการฆ่าเชื้อแบบปกติยังคงมีค่า Enterococcus อยู่ โดยใช้เวลาในการพักเฝ้าสำหรับแบบปกติ 7 วัน ส่วนแบบฆ่าเชื้อโดยแบบพลาสมา ใช้เวลาในการพักเฝ้า 4 วัน โดยใช้ปริมาณค่า โอโซน มากกว่า 4 ppm

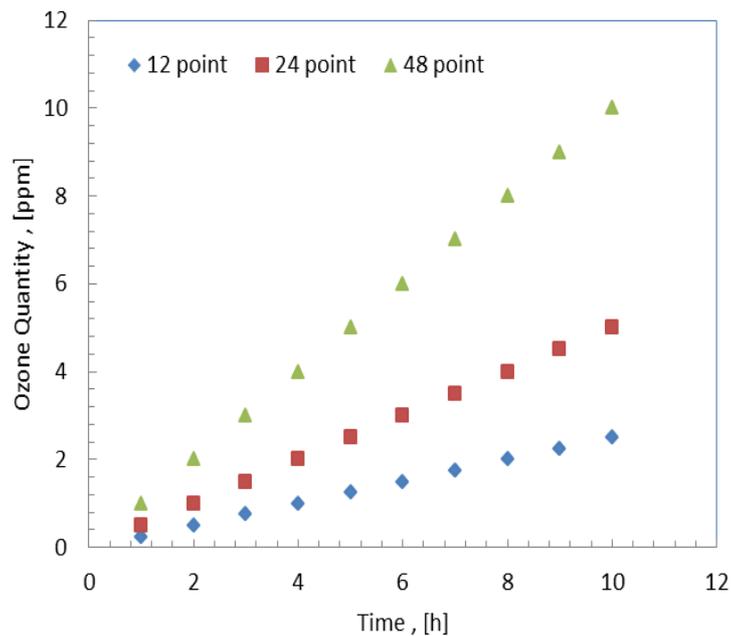


รูปที่ 4.11 แสดงค่าเฉลี่ย Enterococcus สำหรับการสุ่มตัวอย่างแบบปกติและแบบที่ใช้ระบบพลาสมา ปถ่ายทิ้งไว้เมื่อผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อเมื่อผ่านไป 4 วัน

จากรูปที่ 4.11 พบว่าการล้างทำความสะอาดแบบปกติจะทำให้ค่าเฉลี่ยมากกว่าแบบที่ใช้พลาสติก ซึ่งชี้ให้เห็นว่าระบบมีประสิทธิภาพมากกว่าแบบปกติ

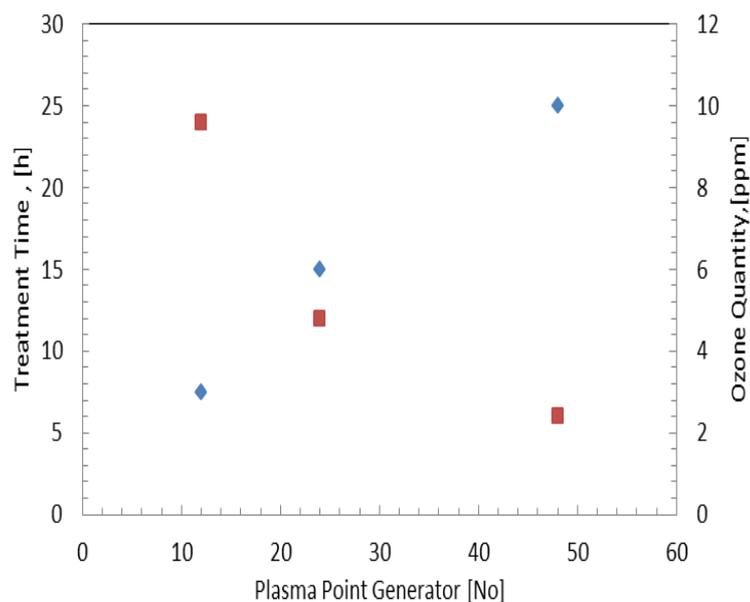
4.3 การกำหนดจำนวนจุดแหล่งกำเนิดพลาสติกที่เหมาะสมกับปริมาณโอโซนและระยะเวลา

ในการฆ่าเชื้อ ทั้งนี้เพื่อหาจำนวน ตำแหน่งที่พอเพียงสำหรับการฆ่าเชื้อ ในการออกแบบเพื่อหาค่าที่เหมาะสมสำหรับ จำนวน ตำแหน่ง และระยะเวลาสำหรับการฆ่าเชื้อ



รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ ของ ปริมาณโอโซน จำนวน แหล่งกำเนิดพลาสติก และเวลา ในการกำเนิด

จากรูปที่ 4.12 พบว่า ค่าสูงสุดสำหรับค่าโอโซน มีค่าเท่ากับ 3 ppm 5 ppm และ 10 ppm สำหรับ 12 จุด 24 จุด และ 48 จุด สำหรับแหล่ง กำเนิดพลาสติก ที่เวลา 10 ชั่วโมง

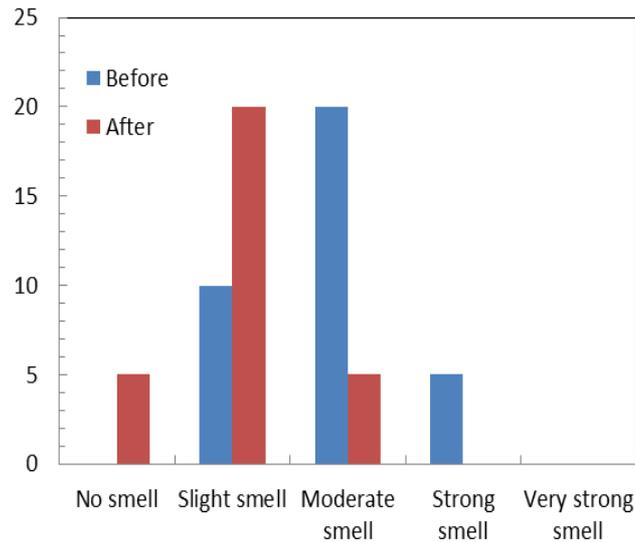


รูปที่ 4.13 ความสัมพันธ์ ของ จำนวนจุดกำเนิดพลาสมา ปริมาณ โอโซน และระยะเวลา ในการฆ่าเชื้อโรค

จากรูปที่ 4.13 พบว่า ระยะเวลาในการฆ่าเชื้อโรคสูงสุด 24 ชั่วโมง และต่ำสุด 6 ชั่วโมง สำหรับ 48 จุดกำเนิดพลาสมา โดยค่าปริมาณ โอโซนสูงสุด มีค่าเท่ากับ 10 ppm และต่ำสุดเท่ากับ 3 ppm โดยมีจำนวนครั้งสำหรับการฆ่าเชื้อมีจำนวน 3 รอบ

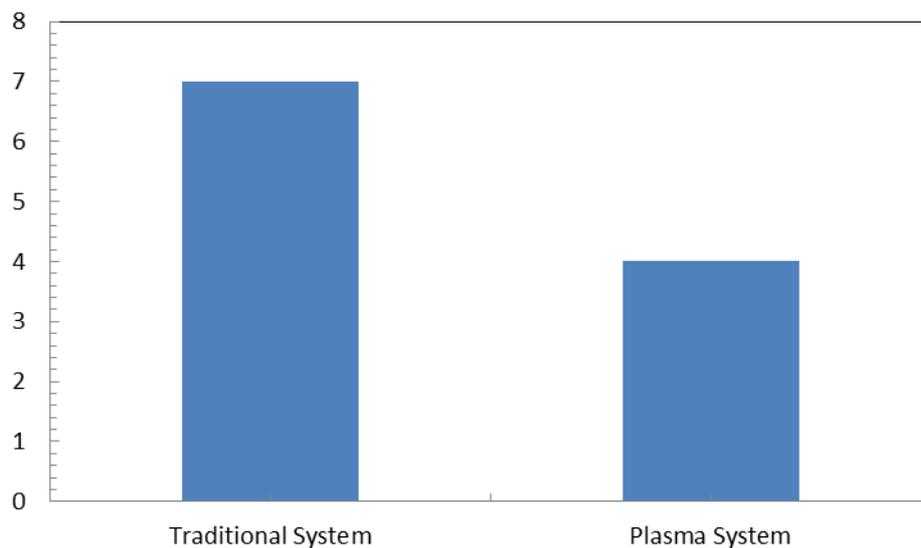
4.4 การตรวจสอบปริมาณโอโซน ความเร็วลมระบายอากาศ ที่ผลต่อคุณภาพอากาศ

ในโรงและระบายอากาศ ทั้งนี้เป็นการหาค่าที่เหมาะสมสำหรับปริมาณ โอโซนที่ถูกกำเนิดออกมา ที่สอดคล้องกับปริมาณของออกซิเจนที่เราพิจารณาจากออกซิเจนที่สอดคล้องกับปริมาณพลาสมาที่ออกมา จาก ขั้วที่สร้างประจุออกมา รวมทั้งปริมาณของโอโซนที่ช่องระบายอากาศออกจากโรงเรือน ที่มีผลต่อกลิ่นที่ถูกส่งออกไปข้างนอกโรงเรือน



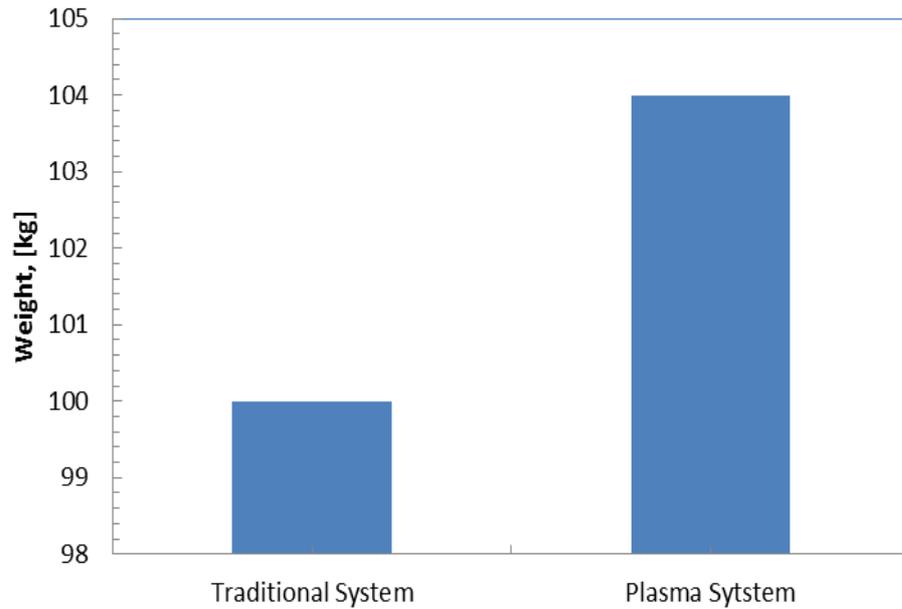
รูปที่ 4.14 การสำรวจความพึงพอใจของระดับกลิ่นที่ออกจากโรงเรียง

จากรูปที่ 4.14 จากการสอบถามความพึงพอใจของประชาชนที่อยู่รอบ โรงเลี้ยงในรัศมี 0-2 กิโลเมตร พบว่าระดับความพึงพอใจของประชาชนที่อยู่รอบบริเวณมีจำนวนมากขึ้น โรงเลี้ยง มีความพึงพอใจมากขึ้น นั้นสามารถ สรุปได้ว่าระบบบำบัดอากาศที่ใช้พลาสมา ทำให้อากาศสะอาด มีกลิ่นน้อยลง



รูปที่ 4.15 จำนวนวันที่พักเฝ้าเพื่อการทำมาสะอาด

จากรูปที่ 4.15 พบว่าระยะเวลาในการพักเฝ้าลดลงจากเดิม 3 วัน ซึ่งจะทำให้เป็นการเพิ่มผลผลิตในลักษณะของการเพิ่มปริมาณการผลิตต่อปี



รูปที่ 4.16 น้ำหนักของสุกรทั้งสองระบบ

จากรูปที่ 4.16 พบว่า น้ำหนักของสุกรที่ใช้ระบบพลาสมา มีน้ำหนักตัวมากกว่าระบบปกติเดิมที่ใช้กันในปัจจุบัน ทั้งนี้สามารถระบุได้ว่า การสร้างระบบขึ้นมา ที่การระบายอากาศที่ดี มีการฆ่าเชื้อโรค ในอากาศ มีการควบคุมอัตราการไหลของอากาศ ทำให้อากาศหมุนเวียน มีการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น และแสงสว่าง มีการกำหนดการให้แสงเข้าทำให้ส่งผลในการเพิ่มน้ำหนัก สำหรับสุกรที่ใช้ระบบที่สร้างขึ้นใหม่

บทที่ 5. สรุปและข้อเสนอแนะ

การพัฒนาาระบบปรับปรุงคุณภาพอากาศในโรงเลี้ยงสุกรแบบปิด โดยใช้ระบบพลาสมาพร้อมกับ ออกซิเจน เป็นการสร้างระบบและเครื่องต้นแบบสำหรับการปรับปรุงคุณภาพอากาศ ในโรงเลี้ยงสุกรแบบ ปิด ซึ่งจะใช้ระบบ พลาสมาพร้อมกับระบบปรับสภาพอากาศเดิม ซึ่งระบบปรับปรุงคุณภาพอากาศแบบพลาสมา นี้จะเพิ่มศักยภาพในการฆ่าเชื้อโรคที่เกิดจากไวรัสและจากเชื้อแบคทีเรีย ซึ่งระบบที่สร้างนี้จะสร้างหรือ เพิ่มความมั่นใจในการป้องกันโรคที่เกิดจากเชื้อไวรัสในสุกรได้ และเมื่อสร้างสำเร็จ ก็จะ สามารถ ขยายผลไปสู่ฟาร์มหรือโรงเลี้ยงสุกรได้ นอกจากนี้ก็ยังสร้างผลผลิตไปสู่นานาชาติ โดยตั้งเป้าไว้ สำหรับ อัตราการพักเล้าสั้นกว่าเดิม ไม่น้อย 10 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มน้ำหนักของสุกร ไม่น้อยกว่า 3-4 เปอร์เซ็นต์

5.1 ผลการวิจัย

ผลการวิจัยสามารถสรุปผลลัพธ์จากการดำเนินการได้ดังนี้

1. การเพิ่มปริมาณแรงดันของแหล่งกำเนิดพลาสมา การเพิ่มความถี่ของแหล่งกำเนิด พลาสมา พบว่าปริมาณของไอโซนเพิ่มขึ้นเป็นปกติโดยตรงกับปริมาณดังกล่าว โดย ย่านของปริมาณไอโซนมีค่าอยู่ระหว่าง ค่าสุด 5 ppm-9.5 ppm. ซึ่งเป็นปริมาณที่สามารถ ฆ่าเชื้อโรค ต่างๆ ได้ เป็นการยืนยันว่าระบบที่สร้างขึ้นมาเชื่อได้ว่ามีความพร้อมในการ บำบัดอากาศและฆ่าเชื้อโรคได้ โดยค่าความเชื่อมโยง ระดับการเพิ่มลด ระดับ ความสัมพันธ์
2. แบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคเป็นปัจจัยสำคัญ ในความคงอยู่และการแพร่กระจายของโรค เฉพาะถิ่นในสุกรและเชื้อโรคจากสัตว์ เหล่านี้ การติดเชื้อมักจะถูกควบคุมโดยการใช้ยา ปฏิชีวนะและสารฆ่าเชื้อโรค การต้านทานโรคติดเชื้อในสุกร MRSA แม้ว่าความเข้มข้น ค่าสุดและการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย (MIC และ MBC) ของทนยังคงต่ำกว่าความเข้มข้นของ การทำงานที่แนะนำของสารฆ่าเชื้อ, ส่งผลให้ระดับสารออกฤทธิ์ลดลงของสารเหล่านี้ทำ ให้มีสายพันธุ์ต้านทานมากขึ้น การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิผล เจริญพาณิชย์ ในการลด เชื้อ E. coli การยับ Enterococcus โดยการเปรียบเทียบระหว่าง การล้างและฆ่าเชื้อแบบปกติ และการเชื้อและบำบัดแบบพลาสมา
3. การฆ่าเชื้อโดยพลาสมาที่มีประสิทธิภาพมากกว่าแบบปกติ โดยการฆ่าเชื้อแบบปกติ ยังคงมีค่า Enterococcus อยู่ โดยใช้เวลาในการพักเล้าสำหรับแบบปกติ 7 วัน ส่วนแบบ ฆ่าเชื้อโดยแบบพลาสมา ใช้เวลาในการพักเล้า 4 วัน โดยใช้ปริมาณค่า ไอโซน มากกว่า 4 ppm

4. ระยะเวลาในการฆ่าเชื้อโรคสูงสุด 24 ชั่วโมง และต่ำสุด 6 ชั่วโมง สำหรับ 48 จุดกำเนิดพลาสติก โดยค่าปริมาณโอโซนสูงสุด มีค่าเท่ากับ 10 ppm และต่ำสุดเท่ากับ 3 ppm โดยมีจำนวนครั้งสำหรับการฆ่าเชื้อมีจำนวน 3 รอบ ค่าสูงสุดสำหรับค่าโอโซน มีค่าเท่ากับ 3 ppm 5 ppm และ 10 ppm สำหรับ 12 จุด 24 จุด และ 48 จุด สำหรับแหล่งกำเนิดพลาสติก ที่เวลา 10 ชั่วโมง
5. ความพึงพอใจของประชาชนที่อยู่รอบ โรงเลี้ยงในรัศมี 0-2 กิโลเมตร พบว่าระดับความพึงพอใจของประชาชนที่อยู่รอบบริเวณมีจำนวนมากขึ้น โรงเลี้ยง มีความพึงพอใจมากขึ้น นั้นสามารถ สรุปได้ว่าระบบบำบัดอากาศที่ใช้พลาสติก ทำให้อากาศสะอาด มีกลิ่นน้อยลง
6. ระยะเวลาในการพักแล้วลดลงจากเดิม 3 วัน ซึ่งจะทำให้เป็นการเพิ่มผลผลิตในลักษณะของการเพิ่มปริมาณการผลิตต่อปี
7. น้ำหนักของสุกรที่ใช้ระบบพลาสติก มีน้ำหนักตัวมากกว่าระบบปกติเดิมที่ใช้กันในปัจจุบัน ทั้งนี้สามารถระบุได้ว่า การสร้างระบบขึ้นมา ที่การระบายอากาศที่ดี มีการฆ่าเชื้อโรค ในอากาศ มีการควบคุมอัตราการไหลของอากาศ ทำให้อากาศหมุนเวียน มีการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น และแสงสว่าง มีการกำหนดการให้แสงเข้าทำให้ส่งผลในการเพิ่มน้ำหนัก สำหรับสุกรที่ใช้ระบบที่สร้างขึ้นใหม่

5.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัย

1. การเพิ่มกลุ่มตัวอย่าง ในการวิจัยครั้งนี้มีข้อจำกัดในเรื่องของ กลุ่มตัวอย่างที่มีจำนวน น้อย ซึ่งมีการเพิ่มกลุ่มตัวอย่าง
2. ต้องมีการเพิ่มจำนวนเชื้อโรคเพื่อการทดสอบมากขึ้นเพื่อความครอบคลุมระดับของการฆ่าเชื้อ
3. การเพิ่มระดับของพลาสติกจะทำให้สามารถลดระยะเวลาการพักแล้วและร่วมกับระบบควบคุมที่มีความเป็นอัจฉริยะมากขึ้น

บรรณานุกรม

- [1] เสริมศักดิ์ เขียวบนา , โรงเรือนสุกร, สุกรสาส์น, 96, 35-42 , 2541
- [2] บุญลือ เขือกพ่อง, ผลของอุณหภูมิที่มีผลต่อสมรรถภาพของสุกร การผลิตและการจัดการสุกร, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 188-189, 2536
- [3] WWW.ASTP.COM[Online]
- [4] A.Ogta and H.Nagahata, Intramammary Application of Ozone therapy to Acute Clinical mastitis in Dairy Cows, J.Vet.Med.Sci, 62(7). Pp. 681-686, 2000
- [5] Z Buntat , J E Harry and I R Smith , Application of dimensional analysis to ozone production by pulsed streamer discharge in oxygen , J. Phys. D: Appl. Phys. 36, 1553, 2003
- [6] C. Groesbeck and et al. , Irradiating Spray-Dried Plasma Improves Nursery Pig Performance, Kansas State University, 2006
- [7] Kim, J. G., Yousef, A. E. , and S. Daves (1999). Application of Ozone for Enhancing the Microbiological Safety and Quality of Foods. Journal of Food Protection. 62 : 1071 – 1087.
- [8] Kaminski, J. C., and P. W. Prendiville . Milwaukee,s Ozone Upgrade, Civil Engineering, September : 62 – 67, 1996
- [9] http://www.ozonesolutions.com/Ozone_Formation.html (2008) สืบค้นใน www.google.com