

# การควบคุมเชื้อราบนเมล็ดถั่วลิสงโดยใช้พลาสมา ความดันบรรยากาศ

## Application of Atmospheric Plasma : Fungal decontamination on Grains

สมิทธิ์ ปรีชาญาณ (Smith Preechayan)<sup>1</sup>

กิตติพงษ์ ตันมิตร (Kittipong Tonmitr)<sup>2</sup>

อำนาจ สุขศรี (Amnart Suksri)<sup>3</sup>

บุญธรรม ศรีพุทไธสวรรณ (Pooncharassami Siriputthaiwan)<sup>4</sup>

### บทคัดย่อ

เมล็ดพืชเป็นผลผลิตทางการเกษตรส่วนใหญ่ของไทย ทั้งนี้เมล็ดพันธุ์ที่จะนำไปใช้ในรูปแบบต่างๆ ต้องปราศจากเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อโรคหรือจุลินทรีย์ที่สร้างสารพิษได้ในปัจจุบัน วิธีการทำให้ปราศจากเชื้อ (Sterilization) หรือการควบคุมเชื้อราหลายวิธี โดยเฉพาะวิธีที่ใช้ได้กับเมล็ดพืช เช่น การใช้รังสีแกมมา การใช้แก๊ส เป็นต้น ซึ่งอาจมีความเสี่ยงในระดับปฏิบัติการ หากพัฒนากระบวนการทำให้ปลอดเชื้อได้ จะสามารถลดความสูญเสียและความเสี่ยงในการใช้เมล็ดพันธุ์พืชเหล่านี้ งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการสร้างพลาสมาที่ระดับความดันบรรยากาศในสภาวะอากาศปกติ และการศึกษาผลของพลาสมาที่สร้างได้ ในการควบคุมเชื้อราที่ปนเปื้อนบนเมล็ดถั่วลิสงดิบ โดยใช้พลาสมาที่สร้างจากสนามไฟฟ้าแรงสูงกระแสสลับบนแผ่นอิเล็กโทรดทองแดงในช่วงแรงดัน 15 กิโลโวลต์ ความถี่ 500 เฮิร์ตซ จากการทดลองพบว่า พลาสมาที่สร้างได้สามารถลดจำนวนเชื้อราวม (Total Mold) ที่ปนเปื้อนบนผิวเมล็ดถั่วลิสงดิบได้ เห็นได้จากจำนวนของเชื้อราบนผิวถั่วลิสงที่ผ่านพลาสมาเหลือน้อยกว่า 10 cfu/g เมื่อเทียบกับเชื้อราที่ปนเปื้อนบนผิวถั่วลิสงในชุดควบคุม โดยใช้เวลาทำให้ปลอดเชื้อเพียง 15 นาที และพบว่าระยะเวลาที่ใช้มีผลต่อการลดจำนวนลงของเชื้อราที่ปนเปื้อนด้วย โดยผลจากการใช้พลาสมาชนิดนี้ไม่ทำให้เกิดความเสียหาย หรือความผิดปกติในการงอกของเมล็ดถั่วลิสง

### Abstract

Grains are major agricultural products of Thailand. They must “ideally” have no pathogenic or toxin-producing microorganisms which can probably cause plant diseases resulting in economic loss. Nowadays many techniques or fungal controlling approaches can be used for controlling fungal contamination such as

<sup>1</sup>นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรวิศวกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

<sup>2</sup>รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

<sup>3</sup>ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

<sup>4</sup>อาจารย์ ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

irradiation, gas etc. These can be considered as possible risks at the working level. Development of a grain sterilization method might reduce grain/nutritional damage and other risks. In this study, an atmospheric plasma was constructed by applying a 15 kV, 500 Hz voltage on a flat electrode. The obtained atmospheric plasma did reduce, compared to untreated set of grains, a number of contaminated fungi (Total mold) from groundnut surface. This dramatic reduction of mold was achieved by a 15-minute treatment and resulted in fungal quantity of less than 10 cfu/g. Moreover the generating plasma did not damage or cause abnormal germination of groundnuts after treatment.

**คำสำคัญ:** การทำให้ปราศจากเชื้อ, พลาสมา

**Keywords:** Sterilization, Plasma

## บทนำ

ผลผลิตทางการเกษตรของไทยมีส่วนหนึ่งที่อยู่ในรูปของเมล็ดพืช และใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมเกษตรแปรรูป ใช้บริโภคโดยตรง หรือการใช้เป็นเมล็ดพันธุ์พืชเพื่อการเพาะปลูกในรอบถัดไป จะสังเกตว่าวัตถุดิบส่วนใหญ่จะเข้าสู่ห่วงโซ่อาหาร (Food chain) ในเมล็ดพันธุ์พืชมีส่วนประกอบที่สำคัญที่ใช้ในการเจริญของพืชและจุลินทรีย์ หากมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่สามารถก่อโรคในต้นพืชใหม่ หรือสร้างสารพิษบนเมล็ดพืชก็จะเกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจตามมา ในรูปของการที่ผลผลิตในรอบการปลูกใหม่ลดลง หรือก่อให้เกิดการระบาดของโรคที่เกิดจากสารพิษจากเชื้อรา (Mycotoxin) การที่จะนำเมล็ดพืชเหล่านี้ไปใช้จึงจำเป็นต้องผ่านการทำให้ปลอดเชื้อ (Sterilization) ทั้งนี้เพื่อลดความเสี่ยงให้กับผู้บริโภค การทำให้ปลอดเชื่อนั้นทำได้หลายวิธี เช่น การใช้ความร้อนแห้งหรือชื้น การใช้สารเคมี การใช้รังสี หรือการใช้วิธีกล (กรอง) เป็นต้น โดยจะเลือกใช้วิธีใดขึ้นอยู่กับตัวกลางที่ต้องการทำให้ปราศจากเชื้อ ซึ่งมีข้อจำกัดในตัวเอง ทั้งนี้ผู้ผลิตในระดับอุตสาหกรรมยังต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพการทำให้ปลอดเชื้อเมื่อเทียบกับเวลาและจำนวนที่ผลิตรวมไปถึงต้นทุนอีกด้วย แนวทางหลักคือการพัฒนาเทคนิคใหม่สำหรับการทำให้ปลอดเชื้อที่ต้องการคุณลักษณะของกระบวนการและการนำเชื้อที่ใช้ระยะเวลาสั้น ไม่เป็นพิษ ลดความเสียหายของวัตถุดิบ ป้องกันและรักษาวัตถุดิบจากเชื้อจุลินทรีย์ ฯลฯ

ปัจจุบันเริ่มมีการนำพลาสมา มาใช้ในการทำให้ปลอดเชื้อ (Sterilization) โดยที่ (Roth, 2000) ได้สาธิตวิธีการสร้างโกลดิสซาร์จพลาสมาแบบยูนิฟอร์มที่ระดับความดันหนึ่งบรรยากาศ (One Atmosphere Uniform Glow Discharge Plasma, OAUGDP) บนแผ่นอิเล็กโทโรดแบนและได้แสดงให้เห็นประสิทธิภาพของพลาสมาชนิดนี้ ในการทำให้ปลอดเชื้อรวมถึงการลดการปนเปื้อน (Decontamination) บนพื้นผิวหลายชนิด เช่น แก้ว กระดาษ และ โพลีเมอร์ว่าสามารถลดการปนเปื้อนของเซลล์แบคทีเรียที่มีชีวิต (Bacterial vegetative cells) สปอร์ของแบคทีเรีย (Bacterial endospores) เชื้อรา (Fungi) และไวรัส (Virus)

การใช้พลาสมาความดันบรรยากาศเป็นการพัฒนาเทคโนโลยีการทำให้ปลอดเชื้อโดยไม่จำเป็นต้องใช้ระบบสุญญากาศ ไม่ต้องใช้สารเคมี หรือแก๊สที่อาจเหลืออยู่จนเป็นสารพิษตกค้าง ไม่ทำให้อุณหภูมิหรือความดันของตัวกลางที่ต้องการทำให้ปลอดเชื้อสูงขึ้น และสามารถประยุกต์ใช้กับรูปทรงของวัตถุดิบได้หลายแบบรวมทั้งบริเวณที่เข้าถึงได้ยากหรือมีพื้นที่จำกัด (Roth, 2000) งานวิจัยนี้ใช้แนวคิดที่จะใช้พลาสมาความดันบรรยากาศเพื่อทำให้เมล็ดพันธุ์พืชปลอดเชื้อ ซึ่งเป็นแนวทางที่น่าสนใจเพราะประเทศไทยเป็นประเทศในเขตร้อนชื้น หากมีการจัดการทางการเกษตรหลังการเก็บเกี่ยว (Part harvest management) ไม่ดีพอจะมีการปนเปื้อนโดยเชื้อราได้ง่าย ในครั้งนี้คณะผู้วิจัยได้ทำการสร้างเครื่องกำเนิดพลาสมาความดัน

บรรยากาศ ด้วยหลักการใช้สนามไฟฟ้ากระแสสลับ ตกคร่อมแผ่นอิเล็กโทรดแบน โดยศึกษาปัจจัยทางไฟฟ้าและประสิทธิภาพของพลาสมาที่สร้างได้ ต่อการลดจำนวนลงของเชื้อราที่ปนเปื้อนตามธรรมชาติ และศึกษาผลกระทบต่อเมล็ดพืชที่ผ่านกระบวนการทำให้ปลอดเชื้อ

## อุปกรณ์ และวิธีการวิจัย

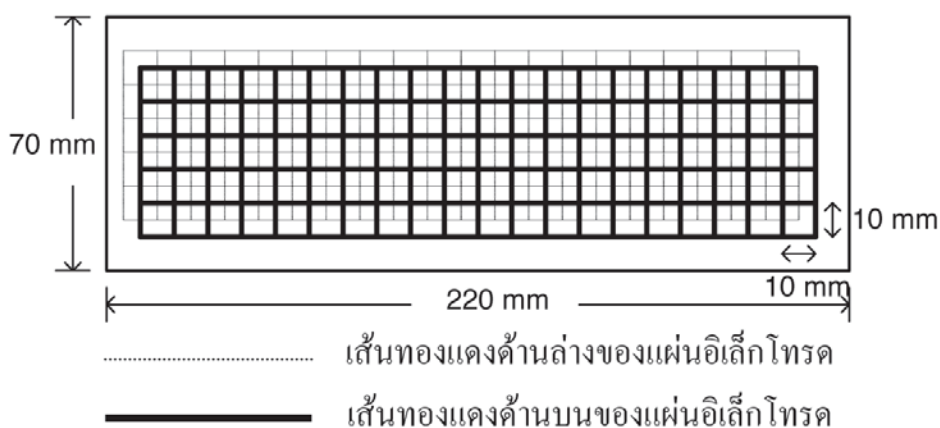
### 1. การสร้างพลาสมา

การสร้างพลาสมาในรูปแบบต่างๆ ที่ระดับความดันหนึ่งบรรยากาศ (One Atmospheric Plasma) เพื่อใช้ในการสเตอริไรต์ (Sterilization) ส่วนมากใช้ความถี่ในการสร้างพลาสมาในช่วงตั้งแต่หนึ่งกิโลเฮิร์ตซขึ้นไป จนถึงหลายเมกะเฮิร์ตซ งานวิจัยนี้ได้สร้างพลาสมาโดยใช้หลักการสร้างพลาสมาบนแผ่นอิเล็กโทรดแบนด้วยสนามไฟฟ้าแรงสูงกระแสสลับ (Roth, 2000) โดยที่สามารถปรับค่าความถี่ให้อยู่ใน

ช่วงความถี่ในระดับต่ำกว่าหนึ่งกิโลเฮิร์ตซที่ความดันหนึ่งบรรยากาศ เพื่อศึกษาความสามารถของพลาสมาในรูปแบบที่สร้างขึ้นในช่วงความถี่ต่ำในการกำจัดเชื้อรารวม (Total Mold) ที่ปนเปื้อนบนผิวของถั่วลิสงในระดับห้องปฏิบัติการ

จากวงจรที่ค่อนข้างง่ายในการสร้างไฟแรงดันสูงกระแสสลับ อุปกรณ์ที่ทำได้ง่ายในห้องถื่น และมีราคาถูกโดยการใช้หม้อแปลงจุกะเบิดของรถยนต์ (Ignition coil) ที่ให้ระดับแรงดันไฟฟ้าใช้สร้างพลาสมาในช่วง 40 กิโลโวลต์ และมีขีดจำกัดในเรื่องการส่งผ่านพลังงานต่อความถี่ที่ใช้แกนเหล็กได้ในช่วงประมาณ 200 เฮิร์ตซ ถึง 2 กิโลเฮิร์ตซ ซึ่งสามารถที่จะสร้างพลาสมาเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ประโยชน์ในงานเกี่ยวกับการควบคุมเชื้อจุลินทรีย์ได้ โดยที่เครื่องกำเนิดพลาสมามีส่วนประกอบดังนี้

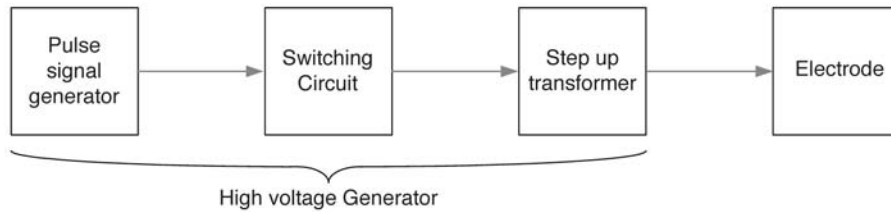
1.1 แผ่นอิเล็กโทรดแบนผลิตพลาสมา โดยออกแบบให้หลายเส้นทองแดงบนแผ่นอิเล็กโทรดเป็นรูปตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัส แสดงโครงสร้างในรูปที่ 1



รูปที่ 1. โครงสร้างแผ่นอิเล็กโทรดทองแดง ผลิตพลาสมา

แผ่นอิเล็กโทรดทองแดงผลิตพลาสมา (รูปที่ 1) ทำจากแผ่นวงจรทองแดง (PCB) สองหน้าขนาด 20x80x0.2 เซนติเมตร (กว้างxยาวxหนา) แผ่นวงจรทองแดงถูกกัดทองแดงให้เป็นรูตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 1 ตารางเซนติเมตร จำนวน 100 ช่อง ด้านบน

กับด้านล่างมีลักษณะเหมือนกัน ความหนาของเส้นอิเล็กโทรดทองแดงมีขนาดประมาณ 1 มิลลิเมตร พลาสมาจะถูกสร้างขึ้นปกคลุมพื้นผิวทั้งด้านบนและด้านล่างของแผ่นอิเล็กโทรด



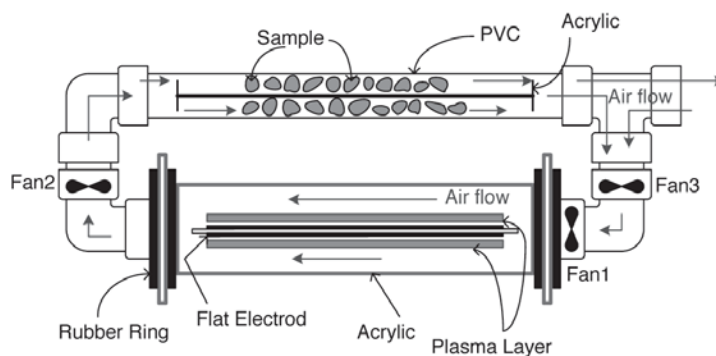
รูปที่ 2. บล็อกไดอะแกรมการสร้างพลาสมาด้วยไฟแรงดันสูงกระแสสลับ

### 1.2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแรงสูงกระแสสลับ

การสร้างพลาสมาให้เกิดขึ้นบนแผ่นอิเล็กโทรดนั้น จะต้องใช้ไฟแรงดันสูงกระแสสลับย่านความถี่วิทยุในการสร้างสนามไฟฟ้าให้ตกคร่อมแผ่นอิเล็กโทรด (Roth, 1998) ไฟแรงดันสูงกระแสสลับที่ใช้ในการทดลองนี้ สร้างโดยใช้วงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์ (Pulse Signal Generator) และวงจรสวิตชิง (Switching Circuit) ส่งสัญญาณพัลส์ให้หม้อแปลงจุดระเบิดของรถยนต์ (Ignition coil) 1 คู่ ที่ต่ออนุกรมกันอยู่ ทำหน้าที่เป็นหม้อแปลงสเต็ปอัพ (Step up transformer) เพื่อให้ได้ไฟแรงดันสูงกระแสสลับส่งให้แผ่นอิเล็กโทรด บล็อกไดอะแกรมแสดงในรูปที่ 2

### 1.3 พลาสมาแชมเบอร์ (Plasma chamber)

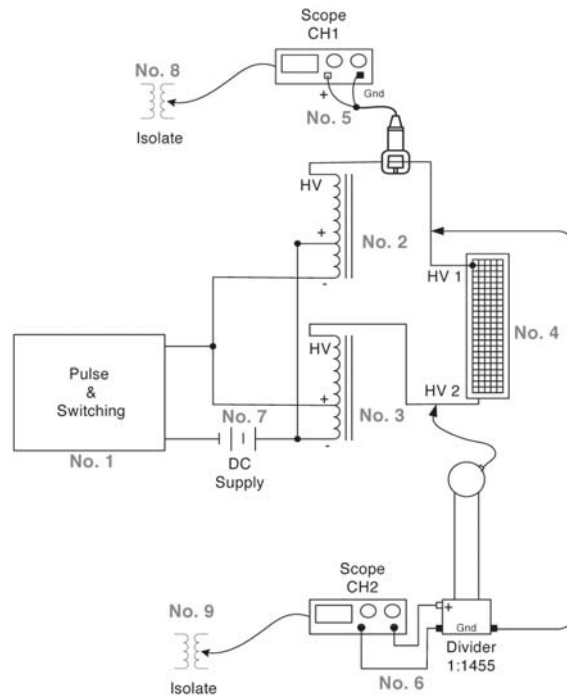
พลาสมาแชมเบอร์เป็นอุปกรณ์สำหรับใส่ตัวอย่างวัตถุคิบ (ถั่วลิสงคิบ) ที่จะทำการสเตอริไรต์ และสำหรับใส่แผ่นอิเล็กโทรดผลิตพลาสมา ซึ่งเป็นบริเวณที่มีสนามไฟฟ้าแรงสูง โดยที่พลาสมาแชมเบอร์สร้างจากอุปกรณ์ที่ประกอบด้วย อะคริลิก (Acrylic) รูปทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 8 ซม. หนา 0.35 ซม. ยาว 26.5 ซม., วงแหวนยาง (Rubber ring), ท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.8 ซม. ยาว 35.5 ซม., พัดลมขนาดเล็ก 3 ตัว และแผ่นอะคริลิกแบนใช้กันตัวอย่างวัตถุคิบ ลักษณะการจัดการอุปกรณ์แสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3. โครงสร้างพลาสมาแชมเบอร์และลักษณะจัดการทดลอง

## การทดลอง

### 1. การวัดค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้า เพื่อให้ได้ข้อมูลการทดลองที่ถูกต้องจึงใช้วงจรการทดลองดังรูปที่ 4



รูปที่ 4. วงจรผลิตไฟฟ้าแรงดันสูงกระแสสลับป้อนให้กับแผ่นอิเล็กโทรด และตำแหน่งการวัด

จากรูปที่ 4 แสดงวงจรผลิตไฟฟ้าแรงสูงกระแสสลับป้อนให้กับแผ่นอิเล็กโทรด ประกอบด้วย

No.1 วงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์ (Pulse and Switching),

No.2 และ No.3 หม้อแปลงจุดระเบิดของรถยนต์ (Ignition coils),

No.4 แผ่นอิเล็กโทรดแบบผลิตพลาสมา,

No.5 เครื่องมือวัดกระแสดิซชาร์จ,

No.6 เครื่องมือวัดไฟแรงดันสูง ใช้ Oscilloscope ต่อกับ Resistive voltage divider ซึ่งมีอัตราส่วน 1:1455

No.7 แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง ขนาด 12 โวลต์ 20 แอมแปร์

No.8 และ No.9 หม้อแปลงแยก (Isolation transformer) 220 : 220 โวลต์, 5 แอมแปร์

### 2. การทดลองใช้พลาสมาเพื่อควบคุมเชื้อราที่ปนเปื้อนบนพื้นผิวเมล็ดถั่วลิสง

การทดลองในขั้นต้น เพื่อศึกษาผลกระทบของพลาสมาที่สร้างขึ้น ที่มีผลต่อการลดจำนวนลงของเชื้อราวม (Total mold) ที่ปนเปื้อนอยู่บนเมล็ดถั่วลิสงดิบตามธรรมชาติ โดยทำการทดลองแบบ Independent triplicate

ลำดับขั้นการทดลอง

2.1 สุ่มแยกตัวอย่างถั่วลิสงดิบจากแหล่งเดียวกันออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 250 กรัม

- กลุ่มที่หนึ่งใช้เป็นชุดทดสอบ (Tests) เป็นกลุ่มที่ผ่าน กระบวนการสเตอริไรซ์ด้วยพลาสมา

- กลุ่มที่สองใช้เป็นชุดควบคุม (Controls) เป็นกลุ่มที่ไม่ผ่าน กระบวนการสเตอริไรซ์ด้วยพลาสมา

2.2 นำตัวอย่างถั่วลิสงคิบจากชุดทดสอบเข้าสู่กระบวนการสเตอริไรต์ในพลาสมาแชมเบอร์ โดยทำการปรับค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าที่ใช้สร้างพลาสมาตามผลที่ได้จากการทดลองที่ 2.1 โดยทดสอบการสเตอริไรต์เป็นเวลา 30 นาที

2.3 ประเมินผลการกำจัดเชื้อราของพลาสมาที่สร้างได้ โดยเปรียบเทียบจำนวนเข็รบนตัวอย่างถั่วลิสงของทั้งสองกลุ่ม โดยใช้วิธีนับจำนวนเซลล์ของเข็รารวมที่เหลื่อรอดบนตัวอย่างถั่วลิสงด้วยการทดสอบแบบ BAM 2001 (Pour plate method) นับจำนวนโคโลนี ตรวจผลทุกวัน จนครบ 7 วัน

### 3. การหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการกำจัดเข็รารวมบนถั่วลิสง

การทดลองในขั้นตอนนี้ เพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการใช้เครื่องกำเนิดพลาสมาเพื่อกำจัดเข็รารวมที่ปนเปื้อนบนตัวอย่างถั่วลิสง และหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการลดลงของจำนวนเข็รารวมกับระยะเวลาที่ใช้ในการสเตอริไรต์ ลำดับขั้นการทดลอง

3.1 สุ่มแยกตัวอย่างถั่วลิสงคิบจากแหล่งเดียวกันออกเป็น 5 กลุ่ม กลุ่มละ 250 กรัม

- กลุ่มที่หนึ่งถึงกลุ่มที่สี่ ใช้เป็นชุดทดสอบ (Tests) ที่ผ่านกระบวนการสเตอริไรต์ด้วยพลาสมา โดยใช้ระยะเวลาต่างกัน

- กลุ่มที่ห้า ใช้เป็นชุดควบคุม (Controls) ที่ไม่ผ่านกระบวนการสเตอริไรต์ด้วยพลาสมา

3.2 ทดลองสเตอริไรต์ชุดทดสอบทั้งสี่กลุ่ม โดยปรับระยะเวลาที่ใช้ในการสเตอริไรต์ 4 ช่วงที่แตกต่างกันคือ 5, 15, 30, และ 60 นาที ตามลำดับ โดยสร้างพลาสมาด้วยเงื่อนไขเดียวกันทั้ง 4 กลุ่ม

3.3 นับจำนวนเซลล์ของเข็รารวมที่เหลื่อรอดบนตัวอย่างถั่วลิสงของทั้งห้ากลุ่ม ด้วยการทดสอบแบบ BAM 2001 (Pour plate method) นับจำนวนโคโลนี ตรวจผลทุกวันจนครบ 7 วัน

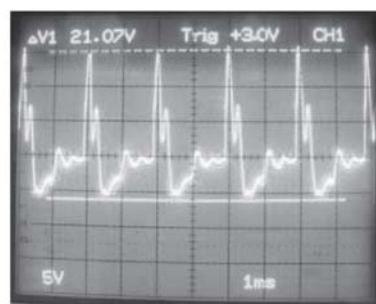
### 4. ผลกระทบของการสเตอริไรต์ตัวอย่างถั่วลิสงคิบด้วยพลาสมา ต่อการงอก

การทดสอบการงอกของเม็ล็ดถั่วในแต่ละกลุ่มการทดลอง จากการทดลองที่ 2.2.3 สังเกตการงอกของเม็ล็ดถั่ว (จำนวนเม็ล็ดที่งอก ความสูงของต้น ความยาวของราก) เมื่อผ่านกระบวนการสเตอริไรต์ด้วยพลาสมา โดยทดสอบด้วยวิธีนำเม็ล็ดมาปลูกเปรียบเทียบกัน 2 ชุด คือ ระหว่างชุดตัวอย่างถั่วลิสงคิบที่ผ่านการสเตอริไรต์ กับชุดตัวอย่างถั่วลิสงคิบที่ไม่ผ่านการสเตอริไรต์ จำนวนชุดละ 30 เม็ล็ดโดยสุ่มเลือกใช้ถั่วลิสงคิบจากทั้งห้ากลุ่ม มาแบ่งปลูกในสภาวะแวดล้อมเดียวกัน ใช้ระยะเวลาการปลูกและบันทึกผลภายใน 15 วัน

### ผลการวิจัย

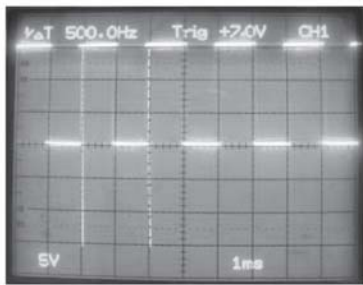
1. ค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้า และผลการสร้างพลาสมา เครื่องกำเนิดพลาสมาที่สร้างขึ้น สามารถวัดค่าพารามิเตอร์ได้ดังนี้

1.1 ค่าแรงดันใช้งาน (Applied Voltage) คือ ค่าแรงดันไฟฟ้าแรงสูงกระแสสลับตกคร่อมแผ่นอิเล็กโทโรด การวัดค่าไฟฟ้าแรงดันสูงใช้ Resistive voltage divider ซึ่งมีอัตราส่วน 1:1455 วัดตกคร่อมแผ่นอิเล็กโทโรด



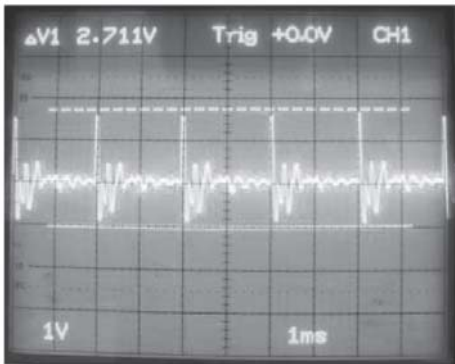
รูปที่ 5. ตัวอย่างรูปร่างแรงดันตกคร่อมแผ่นอิเล็กโทโรด ขนาด 30 กิโลโวลต์พีคทูพีค ความถี่ 500 เฮิร์ตซ์

1.2 ความถี่ขับ (Driving frequency) คือ ความถี่ของวงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์ที่ใช้ในการสวิตช์ซึ่งเพื่อการสร้างพลาสมา



รูปที่ 6. ตัวอย่างสัญญาณพัลส์ขนาดแรงดัน 15 โวลต์ ความถี่ 500 เฮิร้ทซ

1.3 ค่ากระแสเดคิซาร์จ (Discharge Current) คือ ค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านแผ่นอิเล็กโทรด วัดโดยเครื่องมือวัดกระแสแบบ Current transformer (YOKOGAWA Type 4CT-L22 (Probe10))



รูปที่ 7. ตัวอย่างรูปร่างของกระแสเดคิซาร์จซึ่งมีขนาด 27.11 มิลลิแอมป์ ความถี่ 500 เฮิร้ทซ

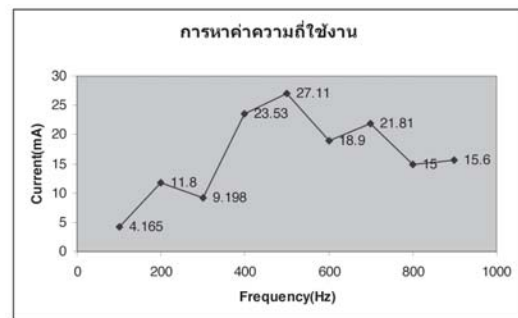
รูปร่างลักษณะของกระแสและแรงดันที่ตกคร่อมแผ่นอิเล็กโทรดในขณะที่พลาสมาเปล่งแสงซึ่งใช้เงื่อนไขการสร้างที่โวลต์เตจพิกทูปีประมาณ 30 กิโลโวลต์ ความถี่ 500 เฮิร้ทซ แสดงในรูปที่ 5 ถึง 7 จากการใช้แหล่งจ่ายไฟแรงดันสูงกระแสลับในรูปที่ 2 และแผ่นอิเล็กโทรดแบบที่ออกแบบในรูปที่ 1 สามารถสร้างพลาสมาที่ระดับความดันหนึ่งบรรยากาศในอากาศขึ้นบนแผ่นอิเล็กโทรดแบบ ชั้นของพลาสมา (Plasma layer) ที่เกิดขึ้นจะปกคลุมผิวของแผ่นอิเล็กโทรดแบบ

ทั้งสองด้าน ในรูปที่ 8 สามารถมองเห็นการเปล่งแสงของพลาสมาบนพื้นผิวของแผ่นอิเล็กโทรดเป็นแสงสีน้ำเงิน-ม่วง ปกคลุมเต็มพื้นที่ช่องตารางสี่เหลี่ยมของแผ่นอิเล็กโทรดเนื่องจากการออกแบบลายเส้นอิเล็กโทรด



รูปที่ 8. ตัวอย่างพลาสมาที่สร้างได้บนแผ่นอิเล็กโทรด

จากการทดลองปรับเปลี่ยนความถี่ในวงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์ตั้งแต่ค่า 50 เฮิร้ทซ จนถึง 900 เฮิร้ทซ เพื่อหาช่วงความถี่ที่ให้ค่ากระแสเดคิซาร์จสูงสุดปรากฏว่าพลาสมาเริ่มเปล่งแสงให้เห็นได้ด้วยตาเปล่าอย่างค่อนข้างชัดเจนในช่วงความถี่ตั้งแต่ 200 เฮิร้ทซ ผลการทดลองแสดงในรูปกราฟที่ 9



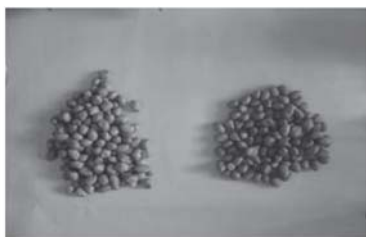
รูปที่ 9. การเปลี่ยนแปลงของค่าความถี่ใช้งานต่อกระแสเดคิซาร์จ

จากเครื่องมือที่สร้างได้ ทำการทดลองผลิตพลาสมาในช่วงความถี่ระหว่าง 100 - 900 เฮิร้ทซ จากกราฟในรูปที่ 9 จะเห็นว่าที่ความถี่ 500 เฮิร้ทซ สามารถสร้างพลาสมาที่มีกระแสเดคิซาร์จสูงที่สุด (27.11mA) จึงเลือกใช้ความถี่นี้ในการทดลองขั้นต่อไป

## 2. ผลการฆ่าเชื้อรารวมบนพื้นผิวถั่วลิสง

การศึกษาผลของพลาสมาต่อการควบคุมหรือการทำให้ปลอดเชื้อราบนพื้นผิวเมล็ด(พันธุ์)พีชทำได้โดยใช้ตัวอย่างถั่วลิสงดิบเป็นตัวแทน เนื่องจากเป็นผลผลิตที่มีจำนวนมากต่อรอบการผลิต มีโอกาสในการติดเชื้อราได้ง่าย ตั้งแต่ขั้นตอนการปลูก การผลิตเมล็ด การเก็บเกี่ยวหรือแม้แต่หลังการเก็บเกี่ยว โดยความน่าสนใจของการใช้เมล็ดถั่วลิสงดิบอีกด้านในแง่ของการเกิดสารพิษจากเชื้อราที่ปนเปื้อนบนเมล็ดถั่ว โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เชื้อราเส้นใยที่ผลิตสารแอฟลาทอกซินซึ่งมีพิษร้ายแรงหากรับเข้าสู่ร่างกายโดยการกิน (ทั้งคนทั้งสัตว์) ถั่วลิสงที่ใช้เป็นตัวอย่างทดสอบจะถูกบรรจุลงในพลาสมาแชมเบอร์ แล้วสร้างพลาสมาโดยใช้เงื่อนไขการสร้างพลาสมาที่แรงดันไฟฟ้าใช้งาน (Applied voltage) 15 กิโลโวลต์ กระแสดีสชาร์จ (Discharge current) 27 มิลลิแอมป์ ความถี่ขับ (Driving frequency) 500 เฮิรตซ์ โดยใช้เวลา 30 นาที เมื่อครบเวลาจึงนำมาตรวจเชื้อรารวม (Total mold) บนถั่วลิสงดิบด้วยวิธีการนับเซลล์ BAM 2001

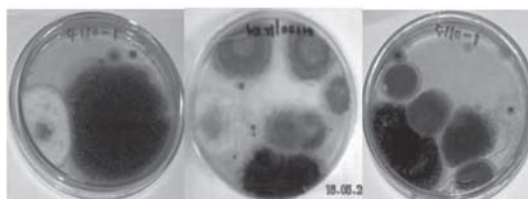
การตรวจสอบจำนวนเชื้อรารวมเมื่อครบเวลา 7 วัน พบว่า ชุดควบคุมมีค่าเฉลี่ยจำนวนเชื้อรารวมที่ 500 cfu/g ส่วนชุดทดสอบมีค่าเฉลี่ยจำนวนเชื้อราน้อยกว่า 10 (รูปที่ 10) ทั้งนี้ยังสังเกตและบ่งชี้ความแตกต่างได้อย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่เลี้ยงเชื้อราจากทั้ง 2 ชุดการทดลอง คือ ในชุดทดสอบมีจำนวนโคโลนีของเชื้อราน้อยมากหรือในบางจานอาหารเลี้ยงเชื้อไม่มีเชื้อเจริญเลย ส่วนในชุดควบคุมซึ่งเป็นเชื้อราที่ผิวของเมล็ดถั่วลิสงนั้นจะสังเกตเห็นโคโลนีของเชื้อราหลายชนิดและเป็นจำนวนมาก



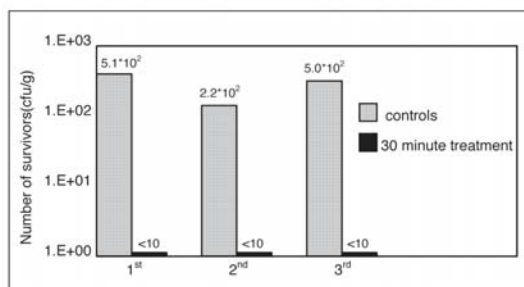
รูปที่ 10 ก. ถั่วลิสงของชุดทดสอบ(ขวา) และ ถั่วลิสงของชุดควบคุม(ซ้าย)



รูปที่ 10 ข. ตัวอย่างถั่วลิสงของชุดทดสอบที่ผ่านการสเตรอไรซ์ด้วยพลาสมาเป็นเวลา 30 นาที



รูปที่ 10 ค. ตัวอย่างถั่วลิสงของชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการสเตรอไรซ์



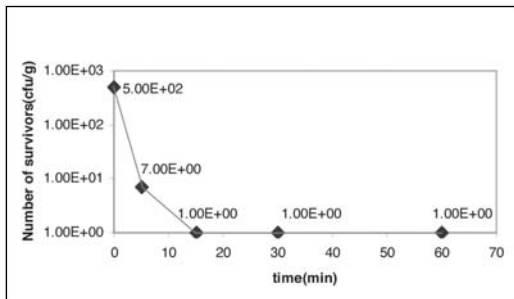
รูปที่ 11. กราฟแท่งเปรียบเทียบจำนวนเชื้อราบนถั่วลิสงทั้งสองชุด

## 3. ระยะเวลาที่เหมาะสมในการกำจัดเชื้อรารวมบนถั่วลิสง

ความสามารถในการสเตรอไรซ์ที่แสดงโดยจำนวนที่เหลือรอดของเชื้อรารวม (cfu/g) กับ เวลาที่ใช้ในการสเตรอไรซ์ ในรูปที่ 12 แสดงให้เห็นการลดลงอย่างรวดเร็วของเชื้อรารวม ผลจากการทดลองปรับใช้ระยะเวลาในการสเตรอไรซ์ที่ 5, 15, 30, และ 60 นาที (โดยที่ลักษณะการทดลองและการปรับค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้ายังคงเหมือนเดิมที่ 15 กิโลโวลต์ 500 เฮิรตซ์) เมื่อเปรียบเทียบกับ



ชุดควบคุม (ที่เวลา 0 นาที) ซึ่งคือจำนวนเชื้อรารวมบนเมล็ดถั่วลิสงตามธรรมชาติก่อนผ่านการสเตอริไรต์ พบว่า จำนวนเชื้อรารวมที่เหลือรอดบนถั่วลิสงเมื่อผ่านการสเตอริไรต์ด้วยพลาสติกในระยะเวลา 5 นาทีแรก เหลืออยู่ 7 โคโลนี และผลการสเตอริไรต์ตั้งแต่ระยะเวลา 15 นาทีขึ้นไป สามารถลดจำนวนเชื้อราลงเหลือน้อยกว่า 10 cfu/g

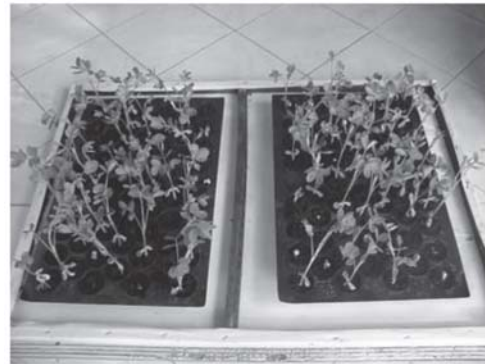


**รูปที่ 12.** การเปลี่ยนแปลงของจำนวนโคโลนีของเชื้อรารวม (Total mold colony) เปรียบเทียบกับเวลาที่ใช้ในการสเตอริไรต์โดยใช้เงื่อนไขการสร้างพลาสติกที่ 500 เฮิร์ตซ 15 กิโลวัตต์

จากรูปที่ 12 ระยะเวลา 15, 30, และ 60 นาที มีการลดลง 2.5 log ของ Colony forming unit (cfu) และในระยะเวลา 5 นาทีลดลงประมาณ 1.5 log หมายความว่า สามารถสเตอริไรต์เชื้อราบนเปลือกตามธรรมชาติบนเมล็ดถั่วลิสงได้มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ภายในระยะเวลา 5 นาที และสามารถสเตอริไรต์ได้เสร็จสมบูรณ์ภายในระยะเวลา 15 นาที

#### 4. ผลกระทบต่อพลาสติกต่อการงอกของถั่วลิสง

การทดสอบเพื่อสังเกตความเสียหายหรือความผิดปกติของเมล็ดถั่วลิสงดิบที่ผ่านกระบวนการสเตอริไรต์ด้วยพลาสติก ทดสอบโดยการเปรียบเทียบหาความแตกต่างระหว่าง ถั่วลิสงดิบที่ผ่านการสเตอริไรต์กับถั่วลิสงดิบที่ไม่ผ่านการสเตอริไรต์ ด้วยวิธีการนำเมล็ดมาปลูก



**รูปที่ 13.** รูปถ่ายผลการปลูกถั่วลิสงที่ผ่านพลาสติก (ซ้าย) และไม่ผ่านพลาสติก (ขวา)

วิธีการทดลอง ถั่วลิสงดิบจากแหล่งเดียวกันถูกแบ่งออกเป็นสองกลุ่ม กลุ่มที่ไม่ผ่านการสเตอริไรต์และกลุ่มที่ผ่านการสเตอริไรต์ด้วยพลาสติกในระยะเวลาที่แตกต่างกันตามการทดลองที่ 2.3 สังเกตผลการงอกของจำนวนเมล็ดถั่วลิสงทั้งสองกลุ่มหลังจากปลูก 15 วัน ระหว่างสองกลุ่มตัวอย่าง ผลของการปลูกแสดงในรูปที่ 9 ปรากฏว่าการเจริญเติบโตของเมล็ดถั่วลิสงหลังจากปลูก 15 วันของทั้งสองกลุ่มซึ่งไม่มีความแตกต่างกัน ถั่วลิสงทั้งสองกลุ่มสามารถงอกและเจริญเติบโตได้ตามปกติ

### สรุป และวิจารณ์ผล

ปริมาณการไหลของกระแสติสซาร์จจะเป็นตัวแสดงให้เห็นถึงปริมาณของการสร้างพลาสติก ซึ่งถ้ากระแสไหลมาก การสร้างความหนาของชั้นพลาสติกจะมากขึ้นด้วย ทำให้เกิดการสร้างจำนวนของเอกทีฟสปิซีสที่ใช้ประโยชน์ในการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์มากขึ้นทำให้ได้ผลการสเตอริไรต์ที่ดีและใช้เวลาในการสเตอริไรต์น้อยกว่าสำหรับเครื่องกำเนิดพลาสติกที่สร้างขึ้นสามารถปรับความถี่ที่ใช้ในการสวิตซ์ซึ่งมีผลต่อปริมาณการไหลของกระแสติสซาร์จ (ผลที่ได้จากการทดลองที่ 3.1) ถ้าปรับค่าความถี่ใช้งานในช่วงต่ำกว่า 1 กิโลเฮิร์ตซจะได้อายุที่เหมาะสม

สมกับอุปกรณ์ที่ใช้ในเครื่องกำเนิดพลาสมาคือ หม้อแปลงจุดระเบิดของรถยนต์และแผ่นอิเล็กโทรดแบบที่ออกแบบ อยู่ในช่วง 400 ถึง 500 เฮอร์ทซ์ ถ้าความถี่ที่ใช้สูงเกินไป พลาสมาจะเข้าสู่การเปล่งแสงในรูปแบบฟิลาเมนทาร์ดิสชาร์จ (Filamentary discharge) ซึ่งเป็นช่วงที่อาจเกิดความเสียหายและลดอายุการใช้งานของแผ่นอิเล็กโทรด (Roth, 2000)

ระยะเวลาที่ใช้ในการสเตอริไรซ์ที่ได้ผลเสร็จสมบูรณ์ เพื่อการกำจัดจำนวนเชื้อราให้ลดลงได้มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์นั้น อาจยังขึ้นอยู่กับจำนวนเชื้อราบนพื้นผิวของวัตถุดิบอีกด้วย ในการทดลองนี้ ใช้ตัวอย่างวัตถุดิบเป็นเมล็ดถั่วลิสงดิบที่มีเชื้อราปนเปื้อนตามธรรมชาติอยู่ในระดับที่ไม่มาก คือที่ประมาณ 500 cfu/g จากผลการทดลอง 3.3 สามารถลดจำนวนลงมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ภายในระยะเวลา 5 นาทีคือเหลืออยู่ที่ 7 cfu/g ซึ่งนับว่าเป็นระยะเวลาที่ค่อนข้างรวดเร็ว เหมาะสมในการนำมาใช้ประโยชน์

การสังเกตความแตกต่างระหว่างเมล็ดถั่วลิสงดิบที่ผ่านกับไม่ผ่านกระบวนการสเตอริไรซ์ด้วยพลาสมาโดยวิธีการนำมาปลูกเปรียบเทียบผลความแตกต่างที่สังเกตได้คือ อัตราการงอกที่แตกต่างกัน เนื่องจากจำนวนเมล็ดที่ถูกทำลายด้วยเชื้อราจนไม่สามารถงอกได้ ถั่วลิสงที่ผ่านการสเตอริไรซ์และทดสอบว่าไม่เหลือจำนวนเชื้อราปนเปื้อน (น้อยกว่า 10 cfu/g) มีอัตราการงอกที่สูงกว่า พบการถูกทำลายจากเชื้อรา (ที่มีในดินหรืออากาศ) ที่น้อยกว่าถั่วลิสงที่ไม่ผ่านการสเตอริไรซ์ และพบว่าถั่วลิสงที่ผ่านการสเตอริไรซ์ด้วยพลาสมาแล้วยังสามารถงอกได้และเจริญเติบโตเป็นปกติ แสดงว่าพลาสมาที่สร้างได้ไม่มีผลในการทำความเสียหายให้กับเมล็ดถั่วลิสงดิบ

ในการทดลองนี้ สามารถพัฒนาเครื่องกำเนิดพลาสมาที่ระดับความดันบรรยากาศในอากาศโดยใช้เงื่อนไขในการกำเนิดในช่วงแรงดัน 12 กิโลวัตต์ ความถี่ที่เหมาะสมสำหรับงานวิจัยอยู่ที่ 400 - 500 เฮอร์ทซ์ พลาสมาจากเครื่องที่สร้างขึ้นนี้ จะนำมาใช้ประโยชน์ในการควบคุมเชื้อรารวม (Total mold) บนพื้นผิวเมล็ดถั่วลิสงที่ปนเปื้อนตามธรรมชาติ

ได้ผลในการลดจำนวนเชื้อราในเวลาที่รวดเร็ว โดยที่ประสิทธิภาพหรือความสามารถในการลดจำนวนเชื้อราแปรผันตามเวลาที่ใช้สเตอริไรซ์และปริมาณการเพิ่มของกระแสดิสชาร์จ ซึ่งพลาสมาที่ได้จากเครื่องมือนี้ไม่มีผลทำให้เกิดความเสียหายต่อเมล็ดถั่วลิสง สามารถใช้เป็นต้นแบบของการนำพลาสมามาใช้กำจัดเชื้อราในผลผลิตทางการเกษตร ซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนาเป็นระบบที่ใหญ่ขึ้นต่อไปได้

## เอกสารอ้างอิง

- Roth, J.R., Nourgostar, S. and Bonds, T.A. 2007. The One Atmosphere Uniform Glow Discharge Plasma (OAUGDP)-A Platform Technology for the 21st century. **IEEE Transactions on plasma science**. Vol.35, NO.2 (April): 233-251.
- Montie, T.C., Wintenberg, K.K., and Roth, J.R. 2000. An Overview of Research Using the One Atmosphere Uniform Glow Discharge Plasma (OAUGDP) for Sterilization of Surfaces and Materials. **IEEE Transactions on plasma science**. Vol.28, NO.1 (February): 41-50.
- Roth, J.R., Sherman D.M., and Wilkinson, S.P. 1998. Boundary layer flow control with one atmosphere uniform glow discharge. **AIAA 98-0328**, 36th Aerospace Sciences Meet. (January 12-15) : 1-28.
- Wintenberg, K.K., Gilbert, C., South, S., and Wintenberg, A. 2006. Q-415 Treatment of Bulbs with **Atmospheric Plasma. Atmospheric Glow Technologies**, (May 24)
- Roth, J.R., Sherman D.M., Gadri, R.B., Karakaya, F., Chen, Z., Montie, TC., Wintenberg, K.K. and Tsai., P. P.-Y. 2000. A Remote Exposure Reactor (RER) for Plasma

Processing and Sterilization by Plasma  
Active Species at One Atmosphere.

**IEEE**. Vol. 28, NO.1 (February): 56-63.

Roth, J.R., Tsai, P. P.-Y., Liu, C., Laroussi,  
M., and Spence, PD. 1995. One  
atmosphere uniform glow discharge  
plasma, **U.S. Patent** (May 9) 5,414,324

Bacteriological Analytical Manual (BAM) 2001,  
from [http:// www.cfsan.fda.gov/  
~ebam-toc.html](http://www.cfsan.fda.gov/~ebam-toc.html)