

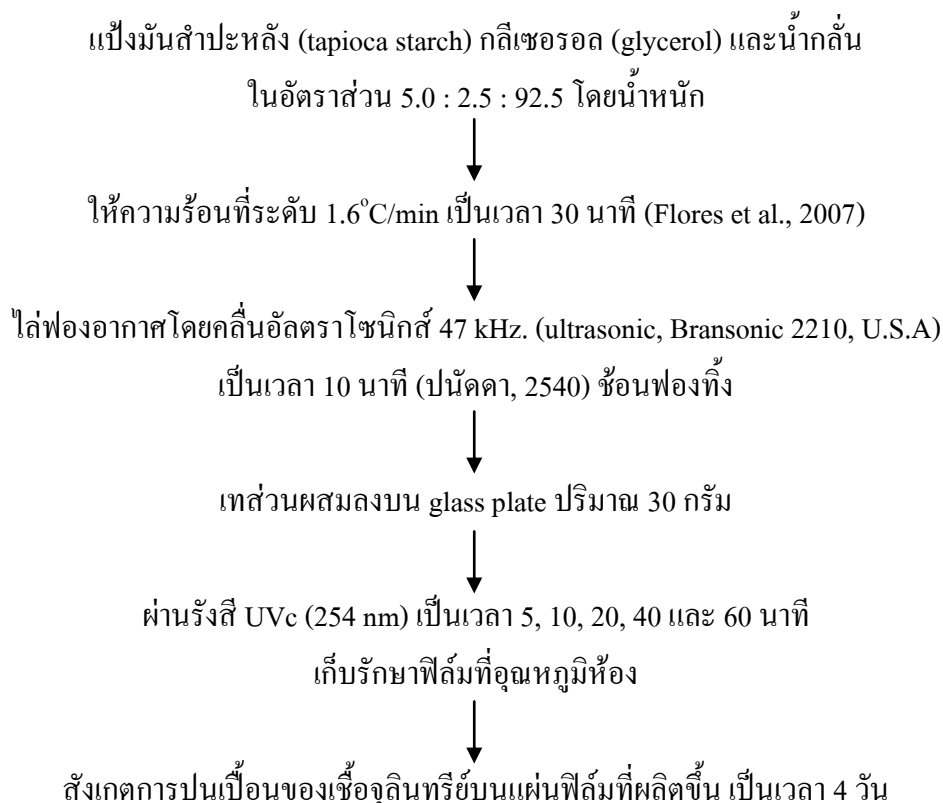
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การศึกษาผลของรังสีอัลตราไวโอเลต

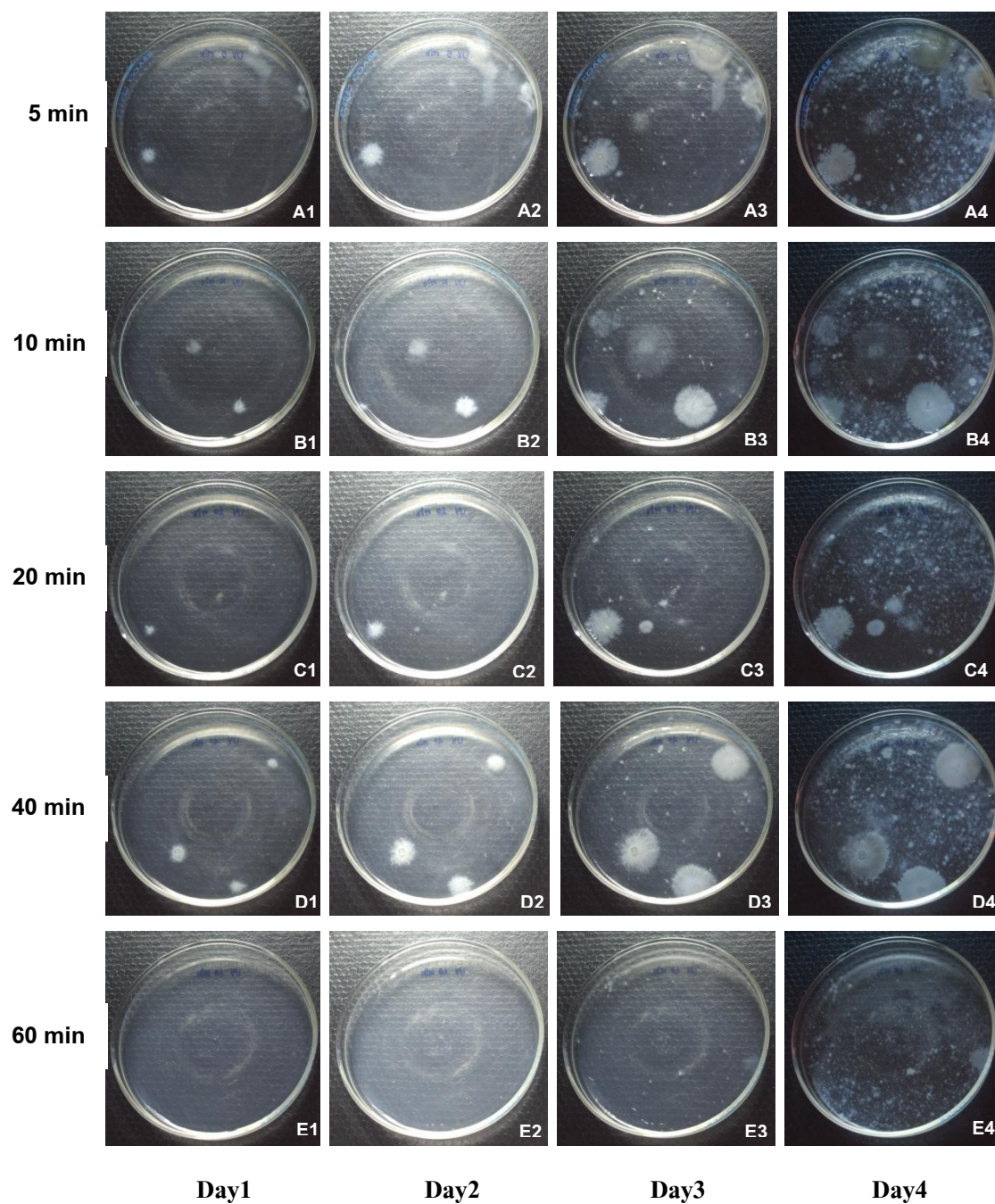
การศึกษาผลของรังสีอัลตราไวโอเลตต่อการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ บนฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง

ขั้นตอนการเตรียมฟิล์ม



ผลที่ได้จากการศึกษา

การให้รังสี UVc แก่แผ่นฟิล์มในปริมาณต่างๆ แล้วนำไปเก็บรักษาเป็นเวลา 4 วัน ที่อุณหภูมิห้อง พบว่าฟิล์มที่ได้รับรังสี UVc ที่ 5, 10, 20 และ 40 นาที พบการปนเปื้อนของจุลินทรีย์บนฟิล์มได้ภายในวันที่หนึ่ง ส่วนฟิล์มที่ได้รับรังสี UVc ที่ 60 นาที จะสังเกตการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ได้ในวันที่ 3 แสดงให้เห็นว่ารังสี UVc สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ (ภาพผนวก 1) ทั้งนี้เนื่องจากการฉายแสง UVc สามารถชักนำให้เกิด pyrimidine dimers ซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลง DNA helix ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถเพิ่มจำนวนได้ (Lado and Yousef, 2002) ดังนั้นจึงเลือกปริมาณ UVc ที่ 60 นาที ไปใช้ในการทดลองกับฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งมันสำปะหลังต่อไป



ภาพผนวก 1 การปนเปื้อนของจุลินทรีย์บนฟิล์มจากแป้งมันสำปะหลัง เมื่อผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต 5 นาที (A1-A4) 10 นาที (B1-B4) 15 นาที (C1-C4) 20 นาที (D1-D4) และ 60 นาที (E1-E4) ที่เวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ (Day1-Day4)

ภาคผนวก ข

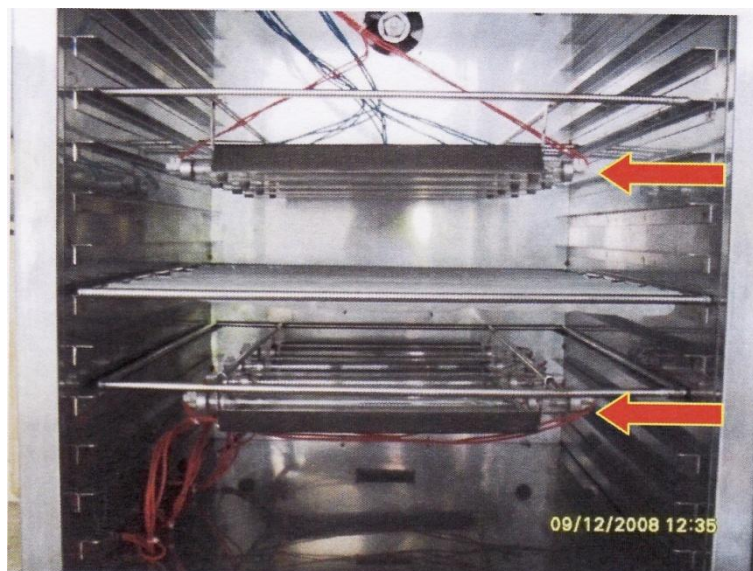
วัตถุติด และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง



ภาพผนวก 2 ฟิล์มที่รับประทานได้จากเป้งมันสำปะหลัง



ภาพผนวก 3 ตู้สแตนเลสปิดสนิท ภายในบรรจุหลอดอัลตราไวโอเลต (ultraviolet chamber)



ภาพผนวก 4 หลอดรังสีอัลตราไวโอเลต (sylvania, 254 nm, 15 วัตต์)

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์สมบัติของฟิล์มจากแป้งมันสำปะหลัง

การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

1. ความชื้น (Moisture Content) ของฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง โดยดัดแปลงวิธีของ AOAC Method (2005)

อุปกรณ์ : ภาชนะหาความชื้น ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) และโถดูดความชื้น (Desicator)

วิธีการ : เตรียมจานโลหะ (Dish) และฝาที่ทราบน้ำหนักแล้ว (โดยอบที่ 105 ± 3 องศาเซลเซียส) ใส่ตัวอย่าง ประมาณ 2-3 กรัม (บันทึกน้ำหนักแห้งที่แน่นอน) เปิดฝาจานโลหะ อบที่อุณหภูมิ 105 ± 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดให้ปิดฝาจานโลหะขณะอยู่ในตู้อบ ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desicator) บันทึกน้ำหนักไว้ และคำนวณปริมาณความชื้น (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์) จากน้ำหนักที่หายไปในช่วงการอบ

$$\% \text{ ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักที่หายไปในการอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

2. ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ในอาหาร (water activity) ของฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง

อุปกรณ์ : เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี

วิธีการ : 1. ทำการอุ่นเครื่อง ประมาณ 1 ชั่วโมง

2. นำฟิล์มมาตัดเป็นวงกลมให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร

3. นำถ้วยพลาสติก (sample cup) มาใส่ฟิล์มตัวอย่าง

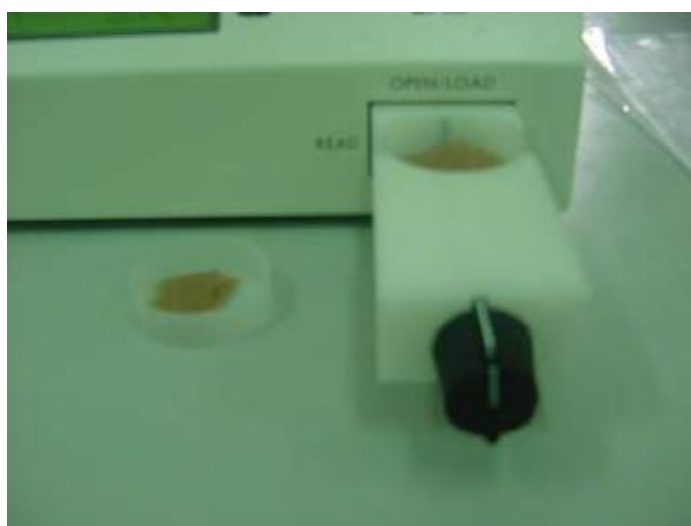
4. นำถ้วยตัวอย่างมาใส่ไว้ใน Measuring Chamber

5. หมุนปุ่มไปที่ Read

6. รอจนกระทั่งความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) ของอากาศที่วัดได้ อยู่ในสภาวะสมดุล (Equilibrium) กับสารตัวอย่าง และอ่านค่า a_w ที่วัดได้



ภาพผนวก 5 เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี



ภาพผนวก 6 การทดสอบวอเตอร์แอกติวิตี

3. การวัดค่าสี ของแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง

วัดค่าสีฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งมันสำปะหลัง โดยใช้เครื่อง Colorimeter (JUKI, Tri-Stimulus Colorimeter JC801, Tokyo, Japan) โดยนำชิ้นฟิล์มที่ผ่านกระบวนการผลิต ทำการวัดค่าสี L^* a^* และ b^* ทั้งหมด 6 ซ้ำ ต่อการทดลอง ค่าที่ได้แสดงในรูปของค่าสี L^* a^* และ b^* โดย

ค่าสี L^* เป็นค่าที่แสดงถึงความสว่างของฟิล์ม ถ้า ค่าสี L^* เข้าใกล้ 0 หมายถึง ฟิล์มมีสีทึบดำ ถ้าค่าสี L^* เข้าใกล้ 100 หมายถึง ฟิล์มมีสีขาว

ค่าสี a^* เป็นค่าแสดงช่วงความแตกต่างของช่วงสีแดง และสีเขียวของฟิล์ม
ถ้าค่าสี a^* เป็นบวก หมายถึง ฟิล์มมีสีแดง ถ้าค่าสี a^* เป็นลบ หมายถึง ฟิล์มมีสีเขียว

ค่าสี b^* เป็นค่าแสดงช่วงความแตกต่างของช่วงสีเหลือง และสีน้ำเงินของฟิล์ม
ถ้าค่าสี b^* เป็นบวกมาก หมายถึง ฟิล์มมีสีเหลือง ถ้าค่าสี b^* เป็นลบ หมายถึง ฟิล์มมีสีน้ำเงิน

วิธีการ : 1. เสียบปลั๊กเครื่องวัดสี อุณหภูมิเครื่อง 100 นาฬิกาใช้งาน

2. เลือก Measurement โดยการกด Enter แล้วนำ trap box วางที่ช่องวัดสี
ด้านบน กด F1

3. วาง Standard calibration ในช่องวัดสี ซึ่งประกอบด้วยแผ่นสีดำและสีขาว
เพื่อใช้เปรียบเทียบเครื่องมือก่อนการวัดสี แล้วกด F1

4. เข้าสู่หน้าจอพร้อมใช้งาน แล้วกด F1 เพื่อทำการวัดค่ามาตรฐาน

5. นำตัวอย่างใส่ในภาชนะและนำไปวางลงในช่องใส่ตัวอย่าง กด F1
เครื่องจะทำการวัดสีและจะปรากฏข้อมูลที่หน้าจอตามลำดับ ให้เปลี่ยนตัวอย่างโดยใช้ภาชนะเดียวกัน
กับข้างต้น และกด F1 เมื่อต้องการลบข้อมูลที่อยู่บนหน้าจอให้กด Enter และ Esc

6. เมื่อสิ้นสุดการวัดสีแล้วกด F10 จนเข้าสู่เมนูหลัก เลือก End โดยกด
Enter ปิดโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยระบบ Shut down

4. ความหนา ของแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง

อุปกรณ์ : เวอร์เนียสำหรับวัดความหนา

วิธีการ : นำแผ่นฟิล์มมาใส่ลงในเครื่องวัดความหนา เครื่องจะทำการวัดความหนา
และให้ค่าความหนาบนสเกลบนหน้าปัดของเครื่อง



ภาพผนวก 7 เวอร์เนียสำหรับวัดความหนาของฟิล์ม

5. ความต้านทานแรงดึงขาดและความสามารถในการยืดตัว (Tensile strength and elongation) โดยวิธีการ Standard Method D 882-91 ASTM (1991 : 39-47)

อุปกรณ์ : การความต้านทานแรงดึงขาด และความสามารถในการยืดตัว โดยใช้เครื่อง Texture analyzer (TA.XT plus model, Switzerland) จะใช้หัวทดสอบ A/TGT แบบที่มีลักษณะเป็นหัวหนีบ 2 หัว ตั้งระยะ ห่างกัน 40 มิลลิเมตร เครื่องวัดนี้จะต่อเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ รายงานผลเป็นค่าความต้านทานแรงดึงขาด (Tensile strength) แล้วนำกราฟของแต่ละตัวอย่างที่ทดลองมาหาความสามารถในการยืดตัว (คิดเป็นร้อยละการยืดตัว)

วิธีการ : ตัดตัวอย่างฟิล์ม กว้าง 5 มิลลิเมตร ยาว 80 มิลลิเมตร ตัดโดยใช้พิมพ์รูปกระดูก (bone) กดลงไปบนแผ่นฟิล์ม ยึดปลายข้างหนึ่งของตัวอย่างกับหัวทดสอบให้แน่น แล้วจึงยึดปลายอีกข้างหนึ่ง โดยไม่ให้ตึงเกินไป ไม่ควรจับชิ้นงานตัวอย่างส่วนที่อยู่ระหว่างที่ยึด เริ่มทดลองโดยปรับเครื่องทดสอบให้มีค่าอัตราเร็วในการดึง 2 มิลลิเมตรต่อนาที และมีค่า load cell เท่ากับ 10 กิโลกรัม ถ้าชิ้นตัวอย่างเลื่อนหรือขาดตรงขอบที่ยึดแสดงว่ามีแรงตามแนวกว้างของชิ้นตัวอย่างไม่สม่ำเสมอให้ตัดค่าที่อ่านทิ้งไป รายงานค่าความต้านทานแรงดึงขาด (กิโลกรัมต่อตารางมิลลิเมตร)

การคำนวณ :

$$\text{ค่าความต้านทานแรงดึงขาด} = \frac{\text{ค่าที่อ่านได้ (กิโลกรัม)}}{\text{ความกว้าง (มิลลิเมตร)} \times \text{ความหนา (มิลลิเมตร) ของฟิล์ม}}$$

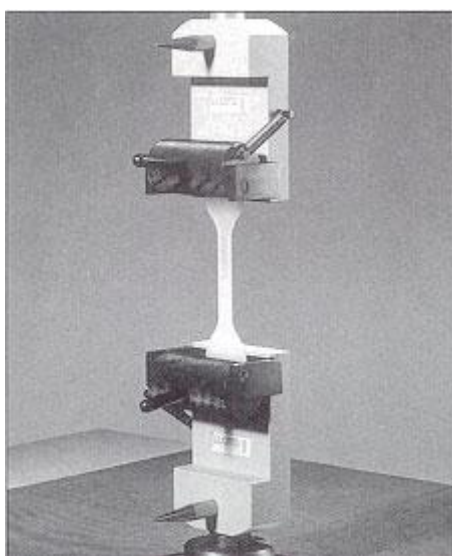
$$\text{การยืดตัว (ร้อยละ)} = \frac{\text{ระยะยืดตัวของชิ้นทดสอบ}}{\text{ความยาวเดิมของชิ้นตัวอย่างระหว่างหัวทดสอบ (มิลลิเมตร)}} \times 100$$



ภาพผนวก 8 ฟิล์มที่ใช้ในการทดสอบคุณสมบัติทางกล



ภาพผนวก 9 เครื่องวัดสมบัติทางกล



ภาพผนวก 10 การทดลองแรงดึงของแผ่นฟิล์ม

6. อัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน (ASTM D 1434-82 (Reapproved 1992))

อุปกรณ์: เครื่องวัดอัตราการแพร่ผ่านของก๊าซออกซิเจน Illinois Instruments model 8500 (ภาพผนวก 11)

วิธีการ: 1. ตัดตัวอย่างฟลัมที่ปราศจากรอยขน รอยพับ หรือหักงอให้มีขนาดแปดเหลี่ยมเท่ากับ Template ความยาวระหว่างมุมตรงข้ามประมาณ 14 เซนติเมตร

2. เปิดสวิตช์ที่ด้านหลังเครื่อง

3. เปิดฝาครอบ Chamber ออกโดยหมุนน็อตทั้งสามในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา

4. ทา sealant บาง ๆ บริเวณ seal วงแหวนที่ส่วนล่าง Chamber

5. นำตัวอย่างที่เตรียมไว้วางบนส่วนล่างของ Chamber การวางตัวอย่างจะต้องวางให้ตึงไม่มีฟองอากาศเหลืออยู่บริเวณวงแหวน

6. ปิดฝา Chamber โดยหมุนน็อตทั้งสามให้แน่น

7. กดปุ่ม Test สีเขียวเพื่อทดสอบตัวอย่าง ไฟแสดงสถานะจะเปลี่ยนจาก “Idle” เป็น “Purge” หลังจาก 30 นาทีไฟแสดงสถานะจะเปลี่ยนจาก “Purge” เป็น “Test”

8. เมื่อได้ค่า OTR (Oxygen Transmission Rate) ตัวเลขที่แสดงบนจอจะกระพริบ กด Test อีกครั้งเพื่อหยุดการทดสอบ ค่า OTR ที่ได้มีหน่วยเป็น $\text{cc/m}^2.\text{day}$

โดย

$$OP(\text{cm}^3.\text{mm}/\text{m}^2.\text{day.kPa}) = OTR \times \frac{\text{thickness}}{\text{pressure}}$$



ภาพผนวก 11 เครื่องวัดการแพร่ผ่านก๊าซออกซิเจน

7. การละลายน้ำของฟิล์ม (Water Solubility Index, SM)

อุปกรณ์: ชุดทดสอบการละลายน้ำของแผ่นฟิล์ม

วิธีการ : ตัดตัวอย่างขนาด 15 x 15 มิลลิเมตร ทำการอบแผ่นฟิล์มที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และชั่งน้ำหนักเริ่มต้น จากนั้นนำไปละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ที่มี magnetic stirrer เป็นเวลา 1 ชั่วโมง กรองผ่านกระดาษกรอง Whatman No.4 และนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 นาที และทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์ 1 คืน ชั่งน้ำหนักของกระดาษกรอง คำนวณเปอร์เซ็นต์การละลายน้ำของฟิล์ม (กมลพิพย์, 2553) ดังนี้

$$\% \text{ film solubility} = \frac{W_1 - (a_2 - a_1)}{W_1} \times 100$$

โดย a_1 = น้ำหนักกระดาษกรองเริ่มต้น
 a_2 = น้ำหนักกระดาษกรองหลังจากทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์
 W_1 = น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น

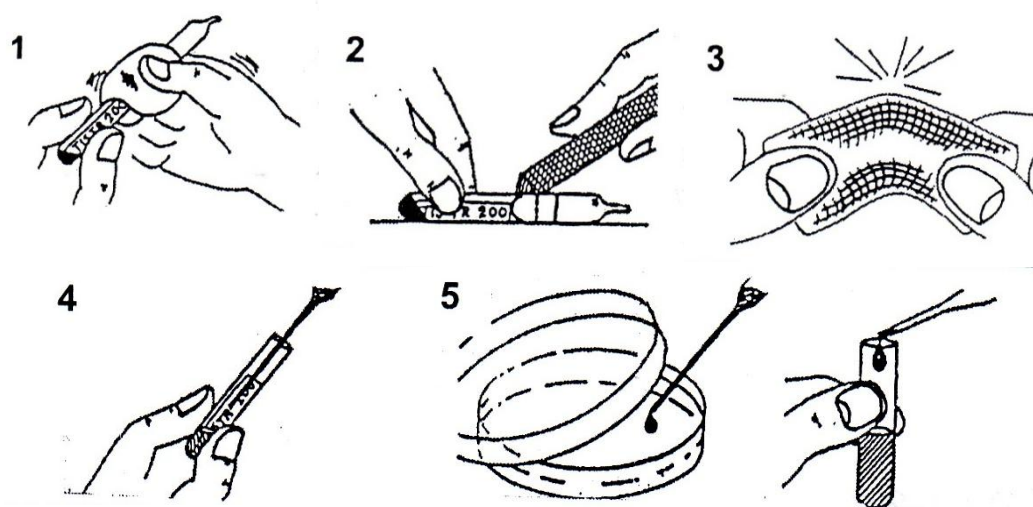
ภาคผนวก ง

การยับยั้งจุลินทรีย์ *Aspergillus niger*

วิธีการเพาะจุลินทรีย์จากหลอดเชื้อแห้งแข็ง

(Revival of Freeze-Dried Cultures)

1. ใช้กระดาศิขชุบแอลกอฮอล์ร้อยละ 70 พอหมาดเช็ดบริเวณรอบ ๆ หลอดจุลินทรีย์ (ampoule) จากนั้นใช้ตะไบเหล็กเลื่อยลงบนหลอดบริเวณกึ่งกลางลำให้ป็นรอยลึกลงไปในเนื้อแก้ว
2. ใช้ผ้าที่มีความหนาและสะอาดรองและมีกระดาศิขชุบแอลกอฮอล์ร้อยละ 70 (จากข้อ 1) หุ้มหลอดจุลินทรีย์ไว้
3. ทำการหักหลอดจุลินทรีย์ โดยใช้นิ้วหัวแม่มือทั้งสองกดเบา ๆ บริเวณที่ด้านตรงข้ามกับรอยเลื่อยนั้น
4. คีงปลายหลอดจุลินทรีย์และลำลิทิงในขวดยาฆ่าเชื้อ ใช้ Pasture pipette ดูดอาหารเหลวที่เหมาะสมกับจุลินทรีย์แต่ละชนิด ประมาณ 0.3-0.4 มิลลิลิตร จากปริมาณ 5 มิลลิลิตร ถ่ายลงในหลอดจุลินทรีย์เพื่อละลายสารผสมเซลล์จุลินทรีย์ในหลอด ต้องทำในสภาพที่ปลอดเชื้อ
5. ดูดสารละลายผสมเซลล์จุลินทรีย์จากหลอดจุลินทรีย์ให้หมด พร้อมกับเขี่ยกระดาศิขให้เสื่อใส่ลงในหลอดอาหารเหลวเดิม จากนั้นหยดสารละลายเซลล์จุลินทรีย์ลงบนจานอาหารแข็ง (agar plate) จำนวน 1 หยด สารละลายเซลล์จุลินทรีย์ที่เหลือทั้งหมดถ่ายใส่ลงในอาหารเหลวใน ข้อ 4 สำหรับเซลล์จุลินทรีย์ที่หยดลงบนจานอาหารแข็งใช้ห่วงเหล็ก (loop) ฆ่าเชื้อเขี่ยกระจายเชื้อ (streak plate) ให้ได้เป็นโคโลนีเดี่ยวๆ (สำหรับจุลินทรีย์ที่เป็นสายพันธุ์จะใช้ Pasture pipette) ดูดสารละลายเซลล์จุลินทรีย์ที่หยดลงบนอาหารแข็งที่เหมาะสมต่อการเจริญของรา จำนวน 3 หยด และไม่ต้องกระจายเชื้อบนผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อ)
6. จุลินทรีย์ที่ถ่ายลงในอาหารเลี้ยงเชื้อแล้ว (ทั้งในจานอาหารแข็งและในหลอดอาหารเหลว) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ และเวลาที่เหมาะสมของจุลินทรีย์แต่ละชนิด เพื่อการเจริญของจุลินทรีย์



ภาพผนวก 12 ขั้นตอนการเพาะจุลินทรีย์จากหลอดเชื้อแห้งแข็ง

การทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์สายพันธุ์ *Aspergillus niger* โดยนำ น้ำกลั่นที่นิ่งมาเชื้อแล้ว 5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดบรรจุเชื้อ ดังส่วน suspension ซึ่งมีปริมาณจุลินทรีย์ อยู่ที่ 1×10^{10} CFU/ml และทำ dilution ให้มีปริมาณจุลินทรีย์ 1×10^3 CFU/ml ทั้งนี้ในการทดสอบ จะดึง suspension ดังกล่าวมาอย่างละ 0.1 มิลลิลิตร ทำการ spread plate ลงบนอาหาร Potato dextrose agar (ปริมาตร 20 มิลลิลิตร พื้นที่ 255 ตารางเซนติเมตร) เพื่อทดสอบประสิทธิภาพในการ ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ด้วยฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง โดยวิธี disc diffusion assay (Kumar et al., 2001; Gulluce et al., 2004) เกลี่ย suspension ให้ทั่ว ทิ้งไว้ประมาณ 15 นาที จากนั้นวางแผ่นฟิล์มที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เซนติเมตรลงบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อข้างต้น

ภาคผนวก จ

ข้อมูล และผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของฟิล์มจาก
แป้งมันสำปะหลังที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต

**ผลทางสถิติของการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของฟิล์ม
แป้งมันสำปะหลังที่ผ่านรังสี UVc**

ตารางผนวก 1 ค่าความสว่าง (L*) ของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังที่ผ่านรังสี UVc ในระยะเวลาต่างๆ

ระยะเวลาในการให้ รังสี UVc (นาทีก)	ชุดควบคุมที่ไม่ ผ่านรังสี UVc (A) ^{ns}	ชุดทดลองที่ลดความชื้น ในฟิล์มก่อนการผ่าน รังสี UVc (B) ^{ns}	ชุดทดลองที่ลดความชื้น ในฟิล์มหลังการผ่าน รังสี UVc (C)
5	91.86 ± 0.28 ^a	93.13 ± 0.68 ^b	92.17 ± 0.36 ^{abx}
10	91.86 ± 0.28 ^a	92.98 ± 0.15 ^b	92.68 ± 0.42 ^{bx}
20	91.86 ± 0.28 ^a	93.33 ± 0.41 ^b	93.08 ± 0.34 ^{bx}
40	91.86 ± 0.28 ^a	93.23 ± 0.15 ^b	93.93 ± 0.34 ^{cy}
60	91.86 ± 0.28 ^a	93.31 ± 0.05 ^b	94.10 ± 0.28 ^{cy}

หมายเหตุ ^{a-c} อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย (p<0.05)

^{x-y} อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย (p<0.05)

^{ns} อักษรกำกับที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย (p>0.05)

ตารางผนวก 2 ค่าความเป็นสีแดง-เขียว (a^*) ของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังที่ผ่านรังสี UVc ใน
ระยะเวลาต่างๆ

ระยะเวลาในการฉาย รังสี UVc (นาทีก)	ชุดควบคุมที่ไม่มี รังสี UVc (A) ^{ns}	ชุดทดลองที่ลดความชื้น ในฟิล์มก่อนการผ่าน รังสี UVc (B)	ชุดทดลองที่ลดความชื้น ในฟิล์มหลังการผ่าน รังสี UVc (C) ^{ns}
5	8.02 ± 0.06^b	7.51 ± 0.33^{axy}	7.72 ± 0.18^a
10	8.02 ± 0.06^b	8.10 ± 0.30^{by}	7.51 ± 0.20^a
20	8.02 ± 0.06^b	7.14 ± 0.22^{ax}	7.46 ± 0.12^a
40 ^{ns}	8.02 ± 0.06	7.81 ± 0.31^{xy}	7.86 ± 0.28
60 ^{ns}	8.02 ± 0.06	7.76 ± 0.18^{xy}	7.86 ± 0.25

หมายเหตุ ^{a-b} อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมี
นัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย ($p < 0.05$)
^{x-y} อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมี
นัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย ($p < 0.05$)
^{ns} อักษรกำกับที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย
($p > 0.05$)

ตารางผนวก 3 ค่าความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน (b^*) ของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังที่ผ่านรังสี UVc ใน
ระยะเวลาต่างๆ

ระยะเวลาในการฉาย รังสี UVc (นาทีก)	ชุดควบคุมที่ไม่มี รังสี UVc (A) ^{ns}	ชุดทดลองที่ลดความชื้น ในฟิล์มก่อนการผ่าน รังสี UVc (B) ^{ns}	ชุดทดลองที่ลดความชื้น ในฟิล์มหลังการผ่าน รังสี UVc (C) ^{ns}
5	6.93 ± 0.09^a	6.53 ± 0.28^{ab}	6.61 ± 0.11^b
10	6.93 ± 0.09^a	6.95 ± 0.13^a	7.11 ± 0.10^b
20 ^{ns}	6.93 ± 0.09	6.55 ± 0.26	7.01 ± 0.98
40 ^{ns}	6.93 ± 0.09	6.78 ± 0.44	6.79 ± 0.22
60	6.93 ± 0.09^b	6.54 ± 0.05^a	6.82 ± 0.19^b

หมายเหตุ ^{a-b} อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมี
นัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย ($p < 0.05$)

^{ns} อักษรกำกับที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย
($p > 0.05$)

ตารางผนวก 4 ปริมาณความชื้นของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังที่ผ่านรังสี UVc ในระยะเวลาต่างๆ

ระยะเวลาในการฉาย รังสี UVc (นาทีก)	ชุดควบคุมที่ไม่มีรังสี UVc (A) ^{ns}	ชุดทดลองที่ลด ความชื้นในฟิล์มก่อน การผ่านรังสี UVc (B) ^{ns}	ชุดทดลองที่ลด ความชื้นในฟิล์มหลัง การผ่านรังสี UVc (C) ^{ns}
5 ^{ns}	24.66 ± 0.29	24.57 ± 0.04	24.74 ± 0.11
10 ^{ns}	24.77 ± 0.71	24.38 ± 0.49	24.63 ± 0.58
20 ^{ns}	24.66 ± 0.08	24.38 ± 0.45	24.42 ± 0.46
40 ^{ns}	24.26 ± 0.17	24.11 ± 0.95	24.48 ± 0.18
60 ^{ns}	24.22 ± 0.04	24.02 ± 0.28	24.35 ± 0.10

หมายเหตุ ^{ns} อักษรกำกับที่ไม่มีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย (p>0.05)

ตารางผนวก 5 ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (Water activity) ของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังที่ผ่านรังสี UVc ในระยะเวลาต่างๆ

ระยะเวลาในการฉาย รังสี UVc (นาทีก)	ชุดควบคุมที่ไม่มีรังสี UVc (A) ^{ns}	ชุดทดลองที่ลด ความชื้นในฟิล์มก่อน การผ่านรังสี UVc (B) ^{ns}	ชุดทดลองที่ลด ความชื้นในฟิล์มหลัง การผ่านรังสี UVc (C) ^{ns}
5 ^{ns}	0.578 ± 0.003	0.571 ± 0.015	0.573 ± 0.013
10 ^{ns}	0.575 ± 0.013	0.565 ± 0.004	0.571 ± 0.002
20 ^{ns}	0.571 ± 0.011	0.564 ± 0.001	0.570 ± 0.004
40 ^{ns}	0.568 ± 0.002	0.561 ± 0.002	0.566 ± 0.002
60 ^{ns}	0.569 ± 0.015	0.559 ± 0.003	0.563 ± 0.003

หมายเหตุ ^{ns} อักษรกำกับที่ไม่มีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย (p>0.05)

ตารางผนวก 6 ค่าการละลายน้ำของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังที่ผ่านรังสี UVc ในระยะเวลาต่างๆ

ระยะเวลาในการฉาย รังสี UVc (นาท)	ชุดควบคุมที่ไม่มีรังสี UVc (A) ^{ns}	ชุดทดลองที่ลด ความชื้นในฟิล์มก่อน การผ่านรังสี UVc (B)	ชุดทดลองที่ลด ความชื้นในฟิล์มหลัง การผ่านรังสี UVc (C)
5	54.25 ± 1.85 ^a	52.50 ± 3.54 ^{ay}	44.68 ± 0.79 ^{by}
10	54.25 ± 1.85 ^a	53.93 ± 3.28 ^{ay}	45.14 ± 1.44 ^{by}
20	54.25 ± 1.85 ^a	52.63 ± 3.72 ^{ay}	42.63 ± 0.99 ^{by}
40	54.25 ± 1.85 ^a	43.80 ± 1.33 ^{bx}	36.02 ± 2.56 ^{cx}
60	54.25 ± 1.85 ^a	42.08 ± 0.59 ^{bx}	32.82 ± 1.97 ^{cx}

หมายเหตุ ^{a-c} อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย (p<0.05)

^{x-y} อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย (p<0.05)

^{ns} อักษรกำกับที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย (p>0.05)

**ผลทางสถิติของการวิเคราะห์สมบัติทางกลของ
ฟิล์มแป้งมันสำปะหลังที่ผ่านรังสี UVc**

ตารางผนวก 7 ค่าการต้านแรงดึงขาดของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังที่ผ่านรังสี UVc ในระยะเวลาต่างๆ

ระยะเวลาในการฉาย รังสี UVc (นาทิจ)	ชุดควบคุมที่ไม่มี รังสี UVc (A) ^{ns}	ชุดทดลองที่ลด ความชื้นในฟิล์มก่อน การผ่านรังสี UVc (B)	ชุดทดลองที่ลด ความชื้นในฟิล์มหลัง การผ่านรังสี UVc (C) ^{ns}
5	0.151 ± 0.007 ^b	0.150 ± 0.005 ^{by}	0.140 ± 0.006 ^a
10 ^{ns}	0.151 ± 0.008	0.143 ± 0.010 ^y	0.144 ± 0.007
20 ^{ns}	0.147 ± 0.007	0.139 ± 0.005 ^y	0.144 ± 0.006
40	0.150 ± 0.005 ^b	0.133 ± 0.007 ^{ay}	0.138 ± 0.007 ^a
60	0.149 ± 0.006 ^b	0.115 ± 0.022 ^{ax}	0.136 ± 0.006 ^a

หมายเหตุ ^{a-c} อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย (p<0.05)

^{x-y} อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย (p<0.05)

^{ns} อักษรกำกับที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย (p>0.05)

ตารางผนวก 8 ค่าความสามารถในการยึดตัวของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังที่ผ่านรังสี UVc ใน
ระยะเวลาต่างๆ

ระยะเวลาในการฉาย รังสี UVc (นาทีก)	ชุดควบคุมที่ไม่มีรังสี UVc (A)	ชุดทดลองที่ลด ความชื้นในฟิล์มก่อน การผ่านรังสี UVc (B)	ชุดทดลองที่ลด ความชื้นในฟิล์มหลัง การผ่านรังสี UVc (C)
5	49.37 ± 0.53^a	48.48 ± 0.18^b	49.22 ± 0.38^a
10	49.32 ± 0.23^a	48.63 ± 0.24^b	48.70 ± 0.11^b
20	48.86 ± 0.28^a	48.33 ± 0.07^a	48.54 ± 0.12^b
40 ^{ns}	49.05 ± 0.49	48.68 ± 0.25	48.77 ± 0.44
60 ^{ns}	48.83 ± 0.37	48.71 ± 0.26	48.92 ± 0.28

หมายเหตุ ^{a-b} อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมี
นัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย ($p < 0.05$)

^{ns} อักษรกำกับที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย
($p > 0.05$)

ภาคผนวก ง

ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นางสาวสุพรรณิภา กันธิมา
เกิดเมื่อ	18 กันยายน 2529
ภูมิลำเนา	จังหวัดเชียงใหม่
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2547 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนคาราวีทยาลัย จังหวัดเชียงใหม่
	พ.ศ. 2551 วท.บ. (สัตววิทยา) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่