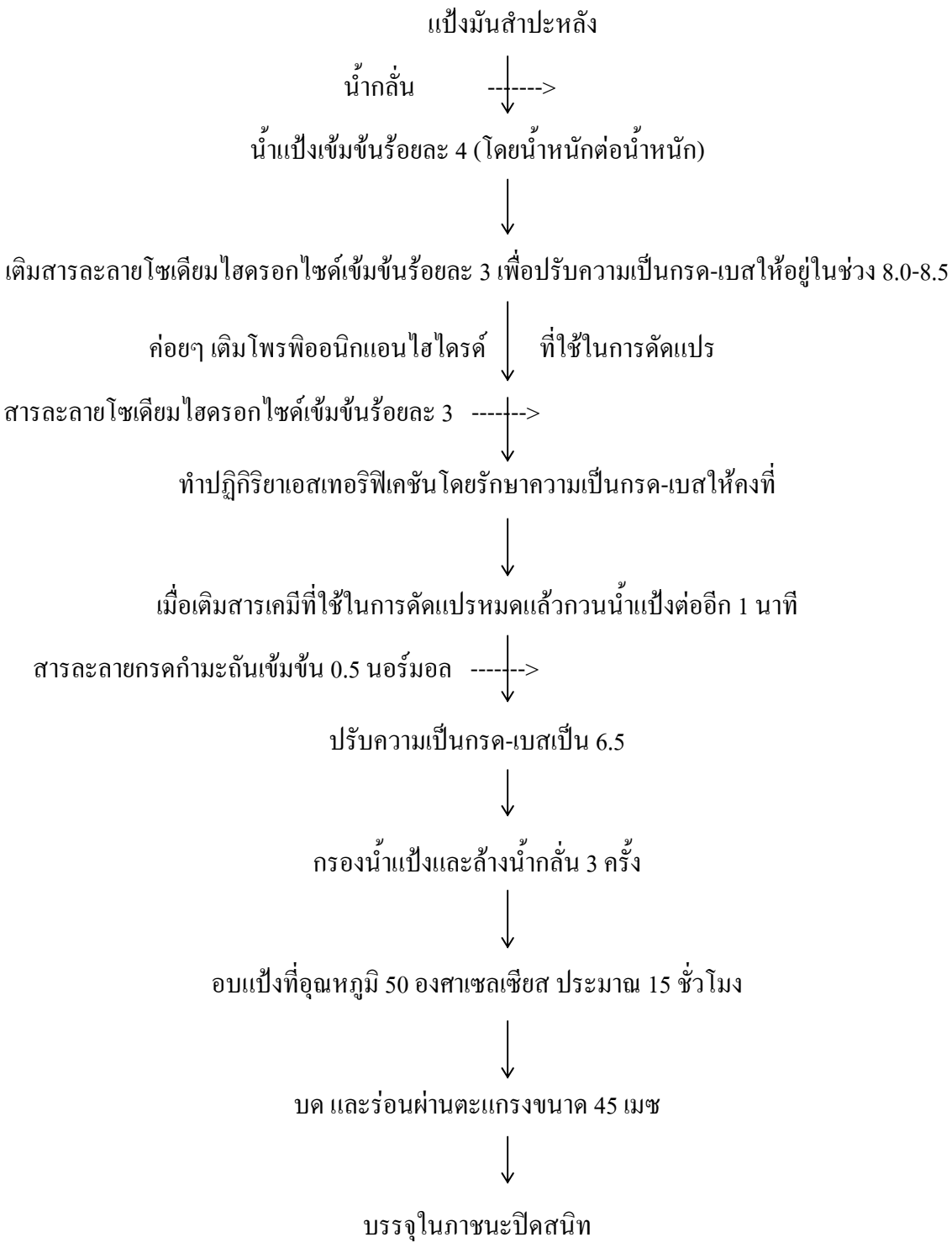
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

วิธีการวิเคราะห์

1. วิธีการดัดแปรสตาร์ชมันสำปะหลังด้วยวิธีเอสเทอริฟิเคชัน (สุดารัตน์, 2548)

ชั่งน้ำหนักแป้งมันสำปะหลัง 80 กรัมโดยน้ำหนักแห้ง ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นให้ได้น้ำแป้งความเข้มข้นร้อยละ 40 โดยน้ำหนักต่อน้ำหนัก กวนน้ำแป้งให้เข้ากันที่อุณหภูมิห้อง เสียบอิเล็กโทรดของเครื่องวัดความเป็นกรด-เบสให้จุ่มอยู่ในน้ำแป้ง จากนั้นปรับความเป็นกรด-เบสของน้ำแป้งให้อยู่ในช่วง 8.0-8.5 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 3 แล้วค่อยๆ เติมโพรพิออนิกแอนไฮไดรด์ ที่ใช้ในการดัดแปร และเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 3 เป็นระยะ เพื่อรักษาความเป็นกรด-เบสของน้ำแป้งให้คงที่อยู่ในช่วง 8.0-8.5 เมื่อเติมโพรพิออนิกแอนไฮไดรด์ ที่ใช้ในการดัดแปรหมดแล้ว ให้กวนน้ำแป้งต่ออีก 1 นาที และปรับความเป็นกรด-เบสให้เป็น 6.5 ด้วยสารละลายกรดกำมะถัน ความเข้มข้น 0.5 นอร์มอล และนำน้ำแป้งเข้าเครื่องเหวี่ยงแยก แล้วล้างแป้งที่ได้ด้วยน้ำกลั่นประมาณ 350 มิลลิลิตรทั้งหมด 3 ครั้ง นำแป้งไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลาประมาณ 15 ชั่วโมง บดแป้งให้ละเอียด และร่อนแป้งด้วยตะแกรงขนาด 45 เมซ แล้วเก็บในภาชนะปิดสนิทที่อุณหภูมิห้อง (ดังภาพผนวกที่ 1)



ภาพผนวกที่1 แผนภาพแสดงขั้นตอนในการดัดแปรสตาร์ชมันสำปะหลังด้วยวิธีเอสเทอริฟิเคชัน
ที่มา: สุดารัตน์ (2548)

2. วิธีวิเคราะห์ปริมาณหมู่แทนที่ (กล้าณรงค์, 2530)

ชั่งตัวอย่างสตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปรประมาณ 5 กรัมให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน ใส่ในขวดแก้วรูปกรวยขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วหยดสารละลายฟีนอฟทาลีน (เตรียมโดยละลายฟีนอฟทาลีน 1 กรัม ในแอลกอฮอล์ 100 มิลลิลิตร) ลงไป 5-6 หยด แล้วเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.45 นอร์มอล จำนวน 25 มิลลิลิตร จะได้เป็นสีชมพู กวนน้ำแป้งเป็นเวลา 10 นาที ล้างข้างขวดด้วยน้ำกลั่นเล็กน้อย นำไปไทเทรตด้วยสารละลายกรดกำมะถัน ความเข้มข้น 0.2 นอร์มอล จนสีชมพูหายไป บันทึกปริมาตรสารละลายกรดที่ใช้เป็นมิลลิลิตร (V) คำนวณหาร้อยละของหมู่แทนที่ และระดับการแทนที่ ของสตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปร ตามสูตร

$$\text{ร้อยละของหมู่แทนที่} = (25 - V) \times N \times MW/1000 \times 100/WS$$

โดย N คือ ความเข้มข้นของสารละลายกรดกำมะถันเป็นนอร์มอล
MW คือ น้ำหนักโมเลกุลของหมู่แทนที่
WS คือ น้ำหนักแห้งของตัวอย่างเป็นกรัม

$$\text{ระดับการแทนที่} = \frac{162 \times \text{ร้อยละของหมู่แทนที่}}{100MW - (MW-1 \times \text{ร้อยละของหมู่แทนที่})}$$

เมื่อ 162 คือ น้ำหนักโมเลกุลของแอนไฮโดรกลูโคส
MW คือ น้ำหนักโมเลกุลของหมู่แทนที่

3. วิธีการตรวจสอบอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนซ์ด้วยเครื่อง RVA (Rapid Visco Analyzer) (ภัสสรา, 2542)

3.1 การเตรียมตัวอย่าง

นำตัวอย่างที่ทราบความชื้นร่อนผ่านตะแกรง 100 เมซ คำนวณน้ำหนักตัวอย่าง และน้ำหนักน้ำที่ต้องใช้ ตามสูตร

น้ำหนักตัวอย่าง = 258 / (100 – ความชื้นของตัวอย่าง)
น้ำหนักน้ำ = 25 + (3 – น้ำหนักตัวอย่าง)

3.2 การทดสอบ

3.2.1 เปิดเครื่องก่อนการใช้งานประมาณ 30 นาที โดยให้ท่อน้ำเข้าจุ่มอยู่ในถังใส่น้ำเย็น และท่อน้ำออกจุ่มอยู่ในถังอีกใบ

3.2.2 เปิดคอมพิวเตอร์ เลือกโปรแกรม Thermocline เครื่องจะขึ้นหน้าจอใหม่ ให้เลือกปุ่ม Collect จะขึ้นหน้าจอใหม่ ให้เลือก Std. 1 เครื่องจะให้ตั้งค่าปริมาณแป้งและปริมาณน้ำที่ใช้ เมื่อตั้งค่าเสร็จให้กด Continue

3.2.3 เครื่องจะขึ้นหน้าจอใหม่ ปรากฏคำว่า Please press down

3.2.4 Tower และหน้าจอจะขึ้นคำว่า Run ready ตรง Status

3.2.5 นำตัวอย่างใส่ในถ้วยทดลอง (ใส่น้ำก่อนใส่ตัวอย่างทุกครั้ง เพื่อป้องกันการตกตะกอน) และใส่ใบพัด จากนั้นใส่ถ้วยทดลองที่ Tower กดลงเบาๆ เครื่องจะเริ่มทำการวัดค่า

3.2.6 เมื่อการวัดสิ้นสุดลง เลือก File เลือก Save as เก็บข้อมูลลงแผ่นดิสก์

3.2.7 เลือกปุ่ม Analysis เครื่องจะรายงานค่าต่างๆ กดปุ่ม Save เก็บข้อมูลลงแผ่นดิสก์

4. วิธีการขึ้นรูปฟิล์มโดยดัดแปลงจากวิธีโครมาโตกราฟีแบบแผ่นบาง (ดัดแปลงจากปนัดดา, 2540)

4.1 การเตรียมตัวอย่าง

เตรียมน้ำแป้งตามความเข้มข้นที่ต้องการ ให้ให้ความร้อนจนอุณหภูมิเท่ากับ 80 องศาเซลเซียส สตาร์ชจนเกิดการเจลาทิไนซ์ (Jayasekara *et.al.,* 2004) พร้อมทั้งกวนตลอดเวลา จากนั้นนำไปไล่ฟองอากาศโดยใช้คลื่นอัลทราโซนิกส์ (ultrasonic) ประมาณ 5 นาที ช้อนฟองทิ้ง แล้วตั้งทิ้งไว้จนมีอุณหภูมิประมาณ 45 องศาเซลเซียส ชั่งน้ำแป้งประมาณ 100 กรัม เพื่อนำไปขึ้นรูปฟิล์ม

4.2 การขึ้นรูป

นำแผ่นกระจกที่ขึงฟิล์มพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำจนเรียบตึง วางลงบนรางปาด โดยให้มุมของกระจกเข้ากับมุมของรางปาดพอดี วางเครื่องปาดที่ตั้งความสูง 2 มิลลิเมตรไว้บนแผ่นกระจก เทน้ำแป้งลงในเครื่องปาด แล้วลากเครื่องปาดด้วยความเร็วสม่ำเสมอเพื่อแผ่น้ำแป้งจนเต็มแผ่นกระจก นำไปอบให้แห้งด้วยตู้อบควบคุมความชื้น ที่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่กำหนดจนแผ่นฟิล์มแห้งสนิทแล้วจึงลอกฟิล์มออก จะได้แผ่นฟิล์มขนาด 6 x 9 นิ้ว

5. วิธีการวัดความหนาของฟิล์ม (ดัดแปลงจาก Bulter *et al.*, 1996)

ตัดตัวอย่างขนาด 2.54 x 10 เซนติเมตร วัดความหนาด้วยเครื่องวัดความหนา (Thickness Tester model 49-72 TMI) ตัวอย่างละ 5 จุด และหาค่าเฉลี่ย

6. วิธีทดสอบค่าความต้านทานแรงดึงขาดและการยืดตัวของฟิล์ม (ASTM D 882-91)

6.1 การเตรียมตัวอย่าง

ตัดฟิล์มตัวอย่างขนาด 25$\pm$0.01 มิลลิเมตร และยาว 150 มิลลิเมตร โดยมีขอบที่เรียบและขนานกัน

6.2 การทดสอบ

เลือกหัวทดสอบของเครื่อง LLOYD instrument แบบ tension ที่มีลักษณะเป็นหัวหนีบ 2 หัว ตั้งระยะห่างกัน 10 เซนติเมตร ยึดปลายข้างหนึ่งของชิ้นตัวอย่างเข้ากับหัวทดสอบให้แน่น แล้วจึงยึดปลายอีกด้านหนึ่ง เลือก load cell ขนาด 10 กิโลกรัม เริ่มทดสอบโดยปรับความเร็วในการดึง 20 มิลลิเมตรต่อนาที จนตัวอย่างขาดออกจากกัน รายงานค่าความต้านทานแรงดึงขาด (กิโลกรัมต่อตารางมิลลิเมตร) และค่าการยืดตัว (ร้อยละ)

6.3 การคำนวณ

$$\text{ค่าความต้านทานแรงดึงขาด (กิโลกรัมต่อตารางมิลลิเมตร)} = \frac{\text{ค่าที่อ่านได้ (กิโลกรัม)}}{\text{ความกว้าง (มิลลิเมตร) x ความหนา (มิลลิเมตร)}}$$

$$\text{ค่าการยืดตัว (ร้อยละ)} = \frac{\text{ระยะยืดตัวของชิ้นทดสอบ x 100}}{\text{ความยาวเดิมของชิ้นตัวอย่างระหว่างหัวทดสอบ (มิลลิเมตร)}}$$

7. วิธีทดสอบค่าความแข็งแรงของรอยปิดผนึก (ASTM F 88-00)

7.1 การเตรียมตัวอย่าง

ตัดตัวอย่างบริเวณรอยปิดผนึกขนาดกว้าง 25 มิลลิเมตร และยาวไม่น้อยกว่า 150 มิลลิเมตร ทดลองปิดผนึกฟิล์มที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส โดยให้รอยปิดผนึกอยู่กึ่งกลางชิ้นตัวอย่างในแนวตั้งฉาก

7.2 การทดสอบ

เลือกหัวทดสอบของเครื่อง LLOYD instrument แบบ tension ที่มีลักษณะเป็นหัวหนีบ 2 หัว ตั้งระยะห่างกัน 25 มิลลิเมตร คลี่ชิ้นตัวอย่างออก แล้วยึดปลายทั้งสองข้างเข้ากับหัวทดสอบให้รอยปิดผนึกอยู่กึ่งกลางหัวหนีบ เลือก load cell ขนาด 10 กิโลกรัม เริ่มทดสอบโดยปรับความเร็วในการดึง 200 มิลลิเมตรต่อนาที จนตัวอย่างแยกออกจากกันบริเวณรอยปิดผนึก รายงานค่าความแข็งแรงของรอยปิดผนึก (กิโลกรัมต่อเซนติเมตร)

$$\text{ค่าความแข็งแรงของรอยปิดผนึก} = \text{ค่าที่อ่านได้ (กิโลกรัมต่อ 25 มิลลิเมตร)}$$

8. วิธีทดสอบค่าความสามารถในการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน (ASTM D 1434-82)

8.1 การเตรียมตัวอย่าง

ตัดแผ่นเปลวอลูมิเนียม เป็นรูปแปดเหลี่ยมขนาดเท่ากับ template (เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 เซนติเมตร) แล้วเจาะรูตรงกลางให้มีขนาดพื้นที่ครึ่งหนึ่งของ chamber เครื่อง โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.5 เซนติเมตร จากนั้นตัดฟิล์มตัวอย่างให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.5 เซนติเมตร โดยตัวอย่างจะต้องปราศจากรอยพับ ขีดข่วน หรือรอยรั่ว ทา sealant บางๆ บริเวณวงแหวนของแผ่นเปลวอลูมิเนียม นำฟิล์มตัวอย่างวางลงบนแผ่นเปลวอลูมิเนียม

8.2 การทดสอบ

เปิดก๊าซออกซิเจนและก๊าซไนโตรเจนให้มีความดันระหว่าง 40-70 psi เปิดสวิทซ์ด้านหลังเครื่อง เปิดฝาครอบ chamber ออกโดยหมุนน๊อตที่ยึดฝาด้านบนทั้ง 3 ตัวในทิศทวนเข็มนาฬิกา ส่วนล่างของ chamber โดยต้องวางแผ่นเปลวอลูมิเนียมที่มีฟิล์มตัวอย่างติดอยู่ให้ตึง ไม่มีฟองอากาศบริเวณวงแหวน ปิดฝาครอบ chamber โดยหมุนน๊อตทั้ง 3 ตัวให้แน่น หมุนวาล์ว ปิด / เปิด sensor ไปที่ตำแหน่ง Open หมุนสวิทซ์ Flow ใน Mode Select ไปที่ Purge เครื่องจะไล่ก๊าซออกซิเจนที่อยู่ใน chamber ทั้งส่วนบนและล่างออกให้หมด จากนั้นหมุน สวิทซ์ Flow ใน Mode Select ไปที่ Test เครื่องจะทำการทดสอบ รอจนกว่าค่าที่อ่านได้คงที่ บันทึกอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนแล้วคูณค่าที่อ่านได้ด้วย 2 จากนั้นนำมาคำนวณเป็นค่าอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน

8.3 การคำนวณ

$$P = \frac{Q}{A \cdot \Delta P \cdot t}$$

โดย P คือ อัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน (มิลลิลิตร/ตารางเมตร.24 ชั่วโมง. บรรยากาศ)

Q คือ ปริมาณก๊าซที่ซึมผ่านฟิล์ม (มิลลิลิตร)

A คือ พื้นที่ของฟิล์ม (ตารางเมตร)

ΔP คือ ความแตกต่างของความดันก๊าซในแต่ละด้านของฟิล์ม

t คือ เวลาที่ก๊าซซึมผ่านฟิล์ม (24 ชั่วโมง)

9 วิธีทดสอบค่าความสามารถในการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำ (ASTM E96-93)

9.1 การเตรียมตัวอย่าง

ตัดตัวอย่างเป็นวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 เซนติเมตร โดยตัวอย่างจะต้องปราศจากรอยพับ ขีดข่วน หรือรอยรั่ว

9.2 การทดสอบ

ใส่ซิลิกาเจลที่ผ่านการอบแห้งแล้วลงในถ้วยทดสอบ นำตัวอย่างวางปิดปากถ้วย ผนึกรอบปากถ้วยด้วยพาราฟิน ชั่งน้ำหนักอย่างละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง แล้วนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 27±2 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65±2 บันทึกการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักทุก 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 4 วัน

9.3 การคำนวณ

$$WVTR = \frac{(G/t)}{A}$$

โดย WVTR คือ อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (water vapor transmission rate) (กรัม/ตารางเมตร.24 ชั่วโมง)

G/t คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักต่อเวลา

A คือ พื้นที่ของตัวอย่าง = 28.27 ตารางเซนติเมตร

$$WVP = \frac{WVTR \cdot X}{\Delta P}$$

โดย WVP คือ การซึมผ่านของไอน้ำ (water vapor permeability) (กรัม.มิลลิเมตร/ตารางเมตร.24 ชั่วโมง.มิลลิเมตรปรอท)

X คือ ความหนาของฟิล์ม (มิลลิเมตร)

ΔP คือ ความแตกต่างของความดันไอน้ำในแต่ละด้านของฟิล์ม

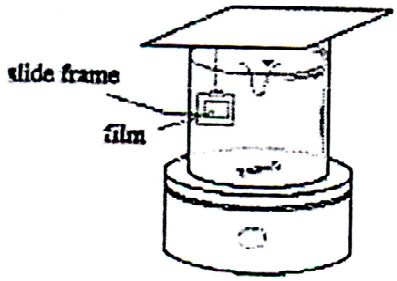
10 วิธีทดสอบค่าการละลาย (Aicello Water Solubility Test, 2003)

10.1 การเตรียมตัวอย่าง

ตัดตัวอย่างขนาดกว้าง 23 มิลลิเมตร และยาว 34 มิลลิเมตร ติดลงบนแผ่นสไลด์ (slide frame) ขนาด 25 x 35 ตารางมิลลิเมตรโดยใช้คลิบหนีบ

10.2 การทดสอบ

เติมน้ำกลั่นลงในบีกเกอร์ให้ได้ปริมาตร 800 มิลลิลิตร นำแผ่นสไลด์จุ่มลงในน้ำกลั่นโดยให้อยู่ใต้น้ำที่ระดับ 600 มิลลิลิตร เปิดเครื่อง Magnetic stirrer เพื่อหมุนเหวี่ยงแผ่นสไลด์ในน้ำจนกระทั่งฟิล์มหลุดออกจากแผ่นสไลด์จนหมด บันทึกเวลา



ภาพผนวกที่ 2 ภาพแสดงแสดงชุดการทดสอบการละลาย
ที่มา: Anonymous (n.d.a.)

11. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางพันธะทางเคมีด้วยเครื่องฟูเรียทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (FTIR) (ดัดแปลงจาก Jayasekara *et al*., 2004)

บันทึกสเปกตรัมด้วยฟูเรียทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Perkin Elmer Model System 2000) ใช้ตัวอย่างของแข็ง เตรียมในรูปแผ่นกลมบางโดยผสมกับโปแตสเซียมโบรไมด์ (KBr) ควบคุมอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส จากนั้นบันทึกค่าสเปกตรัมเปรียบเทียบกับเซลล์ที่ไม่ได้ใส่ตัวอย่าง

12. วิธีการตรวจสอบพื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (อุไรวรรณ, 2531)

อบตัวอย่างที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 24 ชั่วโมง นำไปติดบนเทปสองหน้าที่ติดอยู่บนแท่นตัวอย่าง ทำการฉาบทองด้วยเครื่อง Ion Sputter ให้มีความหนาประมาณ 10-20 นาโนเมตร ส่องดูตัวอย่างด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด โดยใช้ accelerating voltage ที่ 10 KV กำลังขยาย 200 เท่า ในการตรวจสอบพื้นผิวของฟิล์มสตาร์ช

13. วิธีทดสอบการดูดซับความชื้นที่อุณหภูมิคงที่ (Spiess and Wolf, 1987)

นำตัวอย่างฟิล์มสตาร์ชผสมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่ได้ตัดเป็นชิ้นเล็กๆ ไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างในเดซิกเคเตอร์ที่บรรจุซิลิกาเจล เป็นเวลา 7 วัน หาค่าความชื้นและค่าวอเตอร์แอกทิวิตีของตัวอย่าง จากนั้นนำตัวอย่างที่อบแล้วไปเก็บในเดซิกเคเตอร์ที่บรรจุสารละลายเกลืออิ่มตัวที่มีความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 11.3, 21.6, 32.4, 43.2, 57.0, 67.9, 75.0, 80.6 และ 92.3 ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้จนเข้าสู่สมดุล จากนั้นนำตัวอย่างมาหาค่าความชื้นสมดุล (Equilibrium Moisture Content, EMC) และค่าความชื้นสัมพัทธ์สมดุล (Equilibrium Relative Humidity, ERH) หรือค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (Water Activity) แล้วนำไปสร้างกราฟความสัมพันธ์แบบ Adsorption Isotherm

14. วิธีการทดสอบค่าความต้านทานแรงกดของซองปุ๋ยเกล็ดเคมีละลายน้ำ (ดัดแปลงจาก มอก. 654-2529)

นำซองจากฟิล์มสตาร์ชผสมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่ได้ บรรจุปุ๋ยเกล็ดเคมีละลายน้ำประมาณ 40 กรัม และปิดผนึกด้วยความร้อน มาวางลงบริเวณกึ่งกลางของเครื่องชั่งที่วางอยู่กับที่ โดยมีแป้นกดตัวอย่างเคลื่อนที่ขึ้น-ลงอยู่ด้านบน จากนั้นเคลื่อนที่แป้นกดตัวอย่างลง ให้น้ำหนักกดลงบนเครื่องชั่งถึง 60 กิโลกรัม ค้างนาน 2 นาที แล้วตรวจพินิจ

15. วิธีทดสอบค่าการละลายของซองบรรจุปุ๋ยเกล็ดเคมีละลายน้ำ (Anonymous, n.d.a.)

ตัดตัวอย่างฟิล์มสตาร์ชผสมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่ได้ขนาด 70 x 170 มิลลิเมตร ขึ้นเป็นรูปซอง บรรจุผงปุ๋ยเกล็ดเคมีละลายน้ำประมาณ 40 กรัม แล้วปิดผนึกด้วยความร้อน เติมน้ำกลั่นลงในบีก

เกอร์ให้ได้ปริมาตร 800 มิลลิลิตร จากนั้นนำซองที่บรรจุปุ๋ยเกล็ดเคมีละลายน้ำจุ่มลงในน้ำกลั่นโดยให้อยู่ใต้น้ำที่ระดับ 600 มิลลิลิตร เปิดเครื่อง Magnetic stirrer เพื่อหมุนเหวี่ยงจนกระทั่งปุ๋ยเกล็ดเคมีกระจายออกมาในน้ำ บันทึกเวลาที่ใช้

16. ทดสอบความทนทานต่อสภาวะการเก็บรักษาของซองพร้อมปุ๋ยเกล็ดเคมีละลายน้ำ

16.1 การเตรียมตัวอย่าง

ตัดตัวอย่างฟิล์มสตาร์ชผสมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่ได้ขนาด 70 x 170 มิลลิเมตร ขึ้นเป็นรูปซอง บรรจุผงปุ๋ยเกล็ดเคมีละลายน้ำประมาณ 40 กรัม แล้วปิดผนึกด้วยความร้อน

16.2 การทดสอบ

ทดลองเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 27±2 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65±2 แล้วทำการสุ่มตัวอย่างทุก 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 1 เดือน มาตรวจพินิจลักษณะปรากฏของซองบรรจุปุ๋ยเกล็ดเคมีละลายน้ำ

17. ทดสอบความสามารถในการทนต่อแรงสั่นสะเทือน (ASTM D 999-01)

17.1 การเตรียมตัวอย่าง

นำฟิล์มสตาร์ชผสมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่ได้ ตัดให้มีขนาดประมาณ 5 x 10 เซนติเมตร แล้วพับครึ่งเพื่อขึ้นรูปเป็นซอง โดยใช้เครื่องปิดผนึกด้วยความร้อน บรรจุเมล็ดข้าวโพดคลุกสารเคมี ซองละ 10 เมล็ด จากนั้นปิดผนึกซอง แล้วนำมาทดสอบความสามารถในการทนต่อแรงสั่นสะเทือน

17.2 การทดสอบ

นำซองบรรจุเมล็ดข้าวโพดคลุกสารเคมี ซองละ 10 เมล็ด มาเรียงใส่กล่องลูกฟูกขนาดเล็กโดยเรียงซ้อนกันเป็นแถว 6 แถว แต่ละแถวสูง 10 ชั้น (รวมทั้งหมด 60 ซอง) จากนั้นปิดกล่อง

กระดาษลูกฟูก แล้วนำไปเข้าเครื่องทดสอบแรงสั่นสะเทือน ที่ระยะการสั่น 12.5 มิลลิเมตร ความถี่ 240 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นตรวจพินิจดูลักษณะของซองที่ทำการทดสอบ และรายงานผลเป็นร้อยละของตัวอย่างที่ได้รับความเสียหาย

18. ทดสอบการเปลี่ยนแปลงความชื้นระหว่างฟิล์มสตาร์ชและเมล็ดข้าวโพดคลุกสารเคมี และความสามารถในการทนทานต่อสภาวะการเก็บรักษา

นำฟิล์มสตาร์ชผสมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่ได้มาตัดให้มีขนาดประมาณ 5 x 10 เซนติเมตร แล้วพับครึ่งเพื่อขึ้นรูปเป็นซอง โดยใช้เครื่องปิดผนึกด้วยความร้อนที่อุณหภูมิที่เหมาะสม บรรจุเมล็ดข้าวโพดคลุกสารเคมี ซองละ 10 เมล็ด จากนั้นปิดผนึกซอง ทดลองเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องแล้วทำการสุ่มตัวอย่างทุก 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์มาตรวจสอบลักษณะต่างๆ ดังนี้

ตรวจพินิจลักษณะปรากฏของซองบรรจุเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดคลุกสารเคมี ทดสอบค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ที่มีการเปลี่ยนแปลงของฟิล์มและเมล็ดข้าวโพดคลุกสารเคมี

19. ทดสอบการงอกของเมล็ดข้าวโพดคลุกสารเคมีเมื่อใช้ฟิล์มสตาร์ชผสมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์บรรจุ (International Seed Testing Association, 1993)

19.1 การเตรียมตัวอย่าง

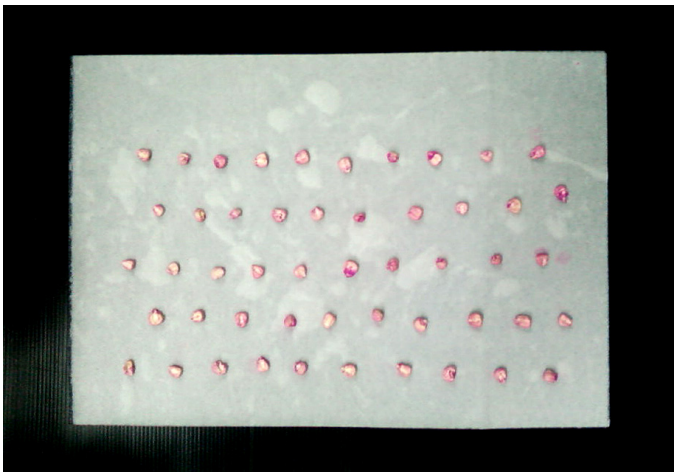
ตัดฟิล์มสตาร์ชผสมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่ได้ ขนาด กว้าง 50 มิลลิเมตร และยาว 25 มิลลิเมตร แล้วพับครึ่งเพื่อขึ้นรูปเป็นซอง โดยใช้เครื่องปิดผนึกด้วยความร้อนที่อุณหภูมิที่เหมาะสม บรรจุเมล็ดข้าวโพดคลุกสารเคมี ซองละ 1 เมล็ด จากนั้นปิดผนึกซอง

19.2 การทดสอบ

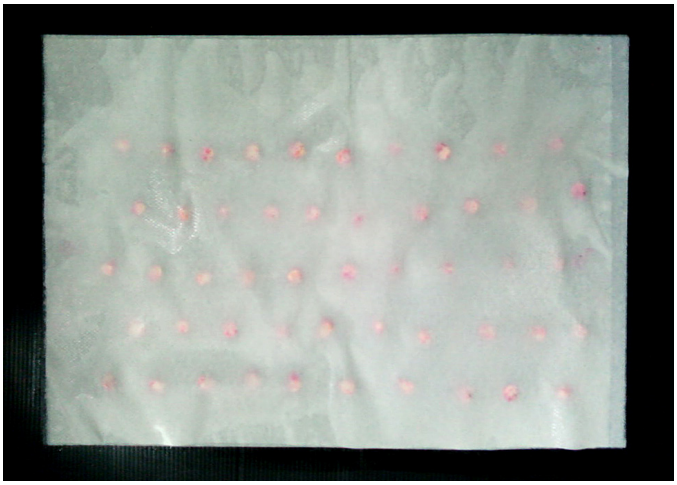
แช่กระดาษทดสอบการงอกของเมล็ด 3 แผ่น ในน้ำสะอาดให้อิ่มตัว ประมาณ 1 นาที จากนั้นยกขึ้นให้สะเด็ดน้ำ วางเมล็ดพืชตัวอย่างที่ได้เตรียมไว้ในข้อที่ 19.1 บนกระดาษ 2 แผ่นแรก เป็นแถวๆ ละ 10 เมล็ด จำนวน 5 แถว จากนั้นปิดเมล็ดทั้งหมดด้วยกระดาษทดสอบการงอก แล้วม้วนจากปลายด้านหนึ่งไปสู่ปลายอีกด้านหนึ่งให้เป็นม้วน เก็บไว้ในตะกร้าที่คลุมด้วยถุงพลาสติกมัด

ปากถุงหลวมๆ ให้อากาศสามารถถ่ายเทได้ที่อุณหภูมิห้อง เปรียบเทียบกับเมล็ดพืชที่เพาะโดยไม่บรรจุซองจากฟิล์มสตาร์ชผสมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์

แช่กระดาษทดสอบ ในน้ำและยกขึ้นให้สะเด็ดน้ำ



วางเมล็ดพืชตัวอย่างลงบนกระดาษทดสอบ



ปิดเมล็ดทั้งหมดด้วยกระดาษทดสอบการงอก

ม้วนกระดาษทดสอบให้เป็นม้วน เก็บในตะกร้าคลุมด้วยถุงพลาสติกมัดปากถุงหลวมๆ

ภาพผนวกที่ 3 ภาพแสดงแสดงการทดสอบการงอกของเมล็ดข้าวโพด

19.3 การนับตัวอย่าง

หลังจากเตรียมตัวอย่าง 7 วัน ให้นับเมล็ดงอกที่มียอดและรากปกติทั้งหมด จากนั้นรายงานเป็นค่าเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ด

20. วิธีการวัดค่าความชื้น (A.O.A.C., 1990)

นำถ้วยหาความชื้นไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสประมาณ 15 นาที แล้วชั่งน้ำหนักถ้วยที่คงที่ นำตัวอย่างใส่ลงในถ้วยหาความชื้นประมาณ 5 กรัม ชั่งน้ำหนักอย่างละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสประมาณ 3 ชั่วโมง ปล่อยไว้ให้เย็นในเดซิกเคเตอร์ แล้วนำมาชั่งน้ำหนักอีกครั้ง ทำการอบซ้ำครั้งละ 1 ชั่วโมง จนได้น้ำหนักคงที่ คำนวณหาความชื้นของตัวอย่าง ตามสูตร

$$\text{ร้อยละของความชื้น} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}}$$

21. วิธีการวัดค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (water activity)

นำตัวอย่างที่ตัดเป็นชิ้นเล็กๆ ใส่ลงในตลับพลาสติกประมาณ 2 ใน 3 ส่วน วางตลับใส่ตัวอย่างลงในช่องใส่ตัวอย่างของเครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกทิวิตี เมื่อเข้าสู่สภาวะสมดุลอ่านค่าวอเตอร์แอกทิวิตีที่ได้

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

1. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการอบฟิล์มสตาร์ชมันสำปะหลังผสมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์

ตารางผนวกที่ ข1 การวิเคราะห์ทางสถิติ ผลของสภาวะการอบต่อความต้านทานแรงดึงขาดของฟิล์มสตาร์ชผสมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์

Source	SS	DF	MS	F value	Sig.
Corrected Model	42.039	5	8.408	8.052	0.000
Intercept	1862.570	1	1862.570	1783.789	0.000
TR	42.039	5	8.408	8.052	0.000
Error	119.035	114	1.044		
Total	2023.645	120			

ตารางผนวกที่ ข2 การวิเคราะห์ทางสถิติ ผลของสภาวะการอบ ต่อการยืดตัวของฟิล์มสตาร์ชผสมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์

Source	SS	DF	MS	F value	Sig.
Corrected Model	55.128	5	11.026	5.671	0.000
Intercept	2574.268	1	2574.268	1323.955	0.000
TR	55.128	5	11.026	5.671	0.000
Error	221.659	114	1.944		
Total	2851.055	120			

2. การพัฒนาฟิล์มละลายน้ำได้จากสตาร์ชมันสำปะหลัง โพรพิออเนตสตาร์ช และออกซิไดส์สตาร์ชผสมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์

2.1 ศึกษาผลของปริมาณพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ผสมสตาร์ชมันสำปะหลัง โพรพิออเนตสตาร์ช และออกซิไดส์สตาร์ชต่อสมบัติของฟิล์ม

ตารางผนวกที่ ข3 การวิเคราะห์ทางสถิติ ผลของชนิดสตาร์ชและปริมาณพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่อความหนาของฟิล์มสตาร์ชผสมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์

Source	SS	DF	MS	F value	Sig.
Corrected Model	0.026	10	0.003	69.963	0.000
Intercept	0.641	1	0.641	17025.751	0.000
TR	0.026	10	0.003	69.963	0.000
Error	0.010	264	0.000		
Total	0.678	275			

ตารางผนวกที่ ข4 การวิเคราะห์ทางสถิติ ผลของชนิดสตาร์ชและปริมาณพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่อความต้านทานแรงดึงขาดของฟิล์มสตาร์ชผสมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์

Source	SS	DF	MS	F value	Sig.
Corrected Model	687.573	10	68.757	62.604	0.000
Intercept	8024.293	1	8024.293	7306.149	0.000
TR	687.573	10	68.757	62.604	0.000
Error	289.949	264	1.098		
Total	9001.815	275			

ตารางผนวกที่ ข5 การวิเคราะห์ทางสถิติ ผลของชนิดสตาร์ชและปริมาณพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่อร้อยละการยืดตัวของฟิล์มสตาร์ชผสมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์

Source	SS	DF	MS	F value	Sig.
Corrected Model	59.969	10	5.997	7.478	0.000
Intercept	3222.258	1	3222.258	4018.003	0.000
TR	59.969	10	5.997	7.478	0.000
Error	211.716	264	.802		
Total	3493.943	275			

2.2 ศึกษาผลของชนิดและปริมาณพลาสติไซเซอร์ต่อสมบัติของฟิล์มสตาร์ชมันสำปะหลัง โพรพิออเนตสตาร์ช และออกซิไดส์สตาร์ชผสมพอลิไวนิแอลกอฮอล์

ตารางผนวกที่ ข6 การวิเคราะห์ทางสถิติ ผลของปริมาณพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่อความหนาของฟิล์มสตาร์ชผสมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์

Source	SS	DF	MS	F value	Sig.
Corrected Model	0.014	31	0.000	32.941	0.000
Intercept	0.331	1	0.331	23554.844	0.000
PLAS	0.014	31	0.000	32.941	0.000
Error	0.002	128	0.000		
Total	0.347	160			

ตารางผนวกที่ ข7 การวิเคราะห์ทางสถิติ ผลของปริมาณพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่อความต้านทานแรงดึงขาดของฟิล์มสตาร์ชผสมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์

Source	SS	DF	MS	F value	Sig.
Corrected Model	676.198	31	21.813	65.277	0.000
Intercept	3073.535	1	3073.535	9197.889	0.000
PLAS	676.198	31	21.813	65.277	0.000
Error	42.772	128	.334		
Total	3792.505	160			

ตารางผนวกที่ ข8 การวิเคราะห์ทางสถิติ ผลของปริมาณพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่อการยืดตัวของฟิล์มสตาร์ชผสมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์

Source	SS	DF	MS	F value	Sig.
Corrected Model	35.238	31	1.137	5.897	0.000
Intercept	1813.668	1	1813.668	9409.281	0.000
PLAS	35.238	31	1.137	5.897	0.000
Error	24.672	128	0.193		
Total	1873.579	160			

3. การทดสอบสมบัติของฟิล์มจากสตาร์ชมันสำปะหลังผสมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ สตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปรผสมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์

ตารางผนวกที่ ข9 การวิเคราะห์ทางสถิติ ผลของชนิดฟิล์มสตาร์ชผสมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่อความหนา

Source	SS	DF	MS	F value	Sig.
Corrected Model	0.005	8	0.001	87.333	0.000
Intercept	0.094	1	0.094	14145.333	0.000
TR	0.005	8	0.001	87.333	0.000
Error	0.000	36	0.000		
Total	0.099	45			

ตารางผนวกที่ ข10 การวิเคราะห์ทางสถิติ ผลของชนิดฟิล์มสตาร์ชผสมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่อความต้านทานแรงดึงขาด

Source	SS	DF	MS	F value	Sig.
Corrected Model	133.045	5	26.609	117.047	0.000
Intercept	740.828	1	740.828	3258.727	0.000
TR	133.045	5	26.609	117.047	0.000
Error	5.456	24	0.227		
Total	879.329	30			

ตารางผนวกที่ ข11 การวิเคราะห์ทางสถิติ ผลของชนิดฟิล์มสตาร์ชผสมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่อการยืดตัว

Source	SS	DF	MS	F value	Sig.
Corrected Model	6.499	5	1.300	5.303	0.002
Intercept	292.344	1	292.344	1192.665	0.000
TR	6.499	5	1.300	5.303	0.002
Error	5.883	24	0.245		
Total	304.726	30			

ตารางผนวกที่ ข12 การวิเคราะห์ทางสถิติ ผลของชนิดฟิล์มสตาร์ชผสมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่อความต้านทานแรงดึงขาดของรอยปิดผนึก

Source	SS	DF	MS	F value	Sig.
Corrected Model	0.382	5	0.076	49.842	0.000
Intercept	2.718	1	2.718	1774.557	0.000
FILM	0.382	5	0.076	49.842	0.000
Error	0.037	24	0.002		
Total	3.137	30			

ตารางผนวกที่ ข13 การวิเคราะห์ทางสถิติ ผลของชนิดฟิล์มสตาร์ชผสมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่อการยืดตัวของฟิล์มของรอยปิดผนึก

Source	SS	DF	MS	F value	Sig.
Corrected Model	26.688	5	5.338	4.369	0.006
Intercept	279.075	1	279.075	228.449	0.000
FILM	26.688	5	5.338	4.369	0.006
Error	29.319	24	1.222		
Total	335.082	30			

ตารางผนวกที่ ข14 การวิเคราะห์ทางสถิติ ผลของชนิดฟิล์มสตาร์ชผสมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่ออัตราการซึมผ่านของไอน้ำ

Source	SS	DF	MS	F value	Sig.
Corrected Model	46.107	5	9.221	12.318	0.000
Intercept	3519.750	1	3519.750	4701.536	0.000
FILM	46.107	5	9.221	12.318	0.000
Error	17.967	24	0.749		
Total	3583.825	30			

ตารางผนวกที่ ข15 การวิเคราะห์ทางสถิติ ผลของชนิดฟิล์มสตาร์ชผสมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่อการซึมผ่านของไอน้ำ

Source	SS	DF	MS	F value	Sig.
Corrected Model	1.967	5	0.393	53.538	0.000
Intercept	17.541	1	17.541	2387.675	0.000
FILM	1.967	5	0.393	53.538	0.000
Error	0.176	24	0.007		
Total	19.684	30			

ตารางผนวกที่ ข16 การวิเคราะห์ทางสถิติ ผลของชนิดฟิล์มสตาร์ชผสมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่อค่าการละลายน้ำ

Source	SS	DF	MS	F value	Sig.
Corrected Model	9293.886	6	1548.981	125.787	0.000
Intercept	72595.314	1	72595.314	5895.211	0.000
FILM	9293.886	6	1548.981	125.787	0.000
Error	344.800	28	12.314		
Total	82234.000	35			

4. การทดสอบประสิทธิภาพในการใช้งานของฟิล์มสตาร์ชมันสำปะหลังผสมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์และฟิล์มสตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปรผสมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์

4.1 การบรรจุปุ๋ยเกล็ดเคมีละลายน้ำ

ทดสอบการละลายของซองพร้อมปุ๋ยเกล็ดเคมีละลายน้ำ

ตารางผนวกที่ ข17 การวิเคราะห์ทางสถิติ ค่าการละลายน้ำของซองบรรจุปุ๋ยเกล็ดเคมี

Source	SS	DF	MS	F value	Sig.
Corrected Model	3036.133	2	1518.067	1570.414	0.000
Intercept	27563.267	1	27563.267	28513.724	0.000
FILM	3036.133	2	1518.067	1570.414	0.000
Error	11.600	12	0.967		
Total	30611.000	15			

4.2 การบรรจุเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดคลุกสารเคมี

ทดสอบการเปลี่ยนแปลงความชื้นระหว่างฟิล์มสตาร์ชและเมล็ดข้าวโพดคลุกสารเคมี และความสามารถในการทนทานต่อสภาวะการเก็บรักษา

ตารางผนวกที่ ข18 การวิเคราะห์ทางสถิติ ค่าวอเตอร์แอคทิวิตีของฟิล์มสตาร์ชมันสำปะหลังผสมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์

Source	SS	DF	MS	F value	Sig.
Corrected Model	0.001	3	0.000	542.500	0.000
Intercept	3.030	1	3.030	6060622.500	0.000
TIME	0.001	3	0.000	542.500	0.000
Error	0.000	16	0.000		
Total	3.031	20			

ตารางผนวกที่ ข19 การวิเคราะห์ทางสถิติ ค่าวอเตอร์แอคทิวิตีของฟิล์มโพรพิออเนตสตาร์ชผสมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์

Source	SS	DF	MS	F value	Sig.
Corrected Model	0.000	3	0.000	152.000	0.000
Intercept	2.358	1	2.358	15723141.333	0.000
TIME	0.000	3	0.000	152.000	0.000
Error	0.000	16	0.000		
Total	2.359	20			

ตารางผนวกที่ ข20 การวิเคราะห์ทางสถิติ ค่าวอเตอร์แอคทิวิตีของฟิล์มออกซิไดส์สตาร์ชผสมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์

Source	SS	DF	MS	F value	Sig.
Corrected Model	0.000	3	0.000	306.250	0.000
Intercept	2.737	1	2.737	13686300.250	0.000
TIME	0.000	3	0.000	306.250	0.000
Error	0.000	16	0.000		
Total	2.737	20			

ตารางผนวกที่ ข21 การวิเคราะห์ทางสถิติ ค่าวอเตอร์แอคทิวิตีของเมล็ดข้าวโพดคลุกสารเคมีที่บรรจุในฟิล์มสตาร์ชมันสำปะหลังผสมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์

Source	SS	DF	MS	F value	Sig.
Corrected Model	0.000	3	0.000	551.704	0.000
Intercept	4.456	1	4.456	19803022.222	0.000
TIME	0.000	3	0.000	551.704	0.000
Error	0.000	16	0.000		
Total	4.456	20			

ตารางผนวกที่ ข22 การวิเคราะห์ทางสถิติ ค่าวอเตอร์แอคทิวิตีของเมล็ดข้าวโพดคลุกสารเคมีที่บรรจุในฟิล์มโพรพิออเนตสตาร์ชผสมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์

Source	SS	DF	MS	F value	Sig.
Corrected Model	0.000	3	0.000	142.303	0.000
Intercept	4.435	1	4.435	161270400.727	0.000
TIME	0.000	3	0.000	142.303	0.000
Error	0.000	16	0.000		
Total	4.435	20			

ตารางผนวกที่ ข23 การวิเคราะห์ทางสถิติ ค่าวอเตอร์แอคทิวิตีของเมล็ดข้าวโพดคลุกสารเคมีที่บรรจุในฟิล์มออกซิไดส์สตาร์ชผสมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์

Source	SS	DF	MS	F value	Sig.
Corrected Model	0.000	3	0.000	152.250	0.000
Intercept	4.415	1	4.415	220759020.250	0.000
TIME	0.000	3	0.000	152.250	0.000
Error	0.000	16	0.000		
Total	4.415	20			

ตารางผนวกที่ ข24 การวิเคราะห์ทางสถิติ จำนวนเมล็ดข้าวโพดคลุกสารเคมีที่งอก

Source	SS	DF	MS	F value	Sig.
Corrected Model	0.200	3	0.067	0.190	0.901
Intercept	47824.200	1	47824.200	136640.571	0.000
FILM	0.200	3	0.067	0.190	0.901
Error	5.600	16	0.350		
Total	47830.000	20			

ตารางผนวกที่ ข25 การวิเคราะห์ทางสถิติ ร้อยละของการงอกของเมล็ดข้าวโพดคลุกสารเคมี

Source	SS	DF	MS	F value	Sig.
Corrected Model	0.800	3	0.267	0.190	0.901
Intercept	191296.800	1	191296.800	136640.571	0.000
FILM	0.800	3	0.267	0.190	0.901
Error	22.400	16	1.400		
Total	191320.000	20			

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ – นามสกุล	นางสาวขวัญชนก นิธิโชติเดชากร
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 26 เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2525
สถานที่เกิด	จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาวิชาพืชสวน เกียรตินิยมอันดับ 2 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
การอบรมและฝึกงาน	กันยายน – ตุลาคม พ.ศ. 2545 Short-Term Practice Program, Tokyo University of Agriculture, Tokyo, Japan.