

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์ทางเคมี และคุณภาพการหุงต้ม

1. เปอร์เซ็นต์อะไมโลส (apparent amylose content)

1.1 เครื่องมือ

1. สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer)
2. เครื่องชั่ง ความละเอียด 0.0001
3. เครื่องกวนระบบแม่เหล็ก (magnetic stirrer)
4. เครื่องบดเมล็ดข้าวสาร
5. ขวดแก้วปริมาตร (volumetric flask) ขนาดความจุ 100 มิลลิลิตร
6. ปิเปต แบบ volumetric pipette ขนาดความจุ 1, 2, 3, 4 และ 5 มิลลิลิตร
7. ปิเปต แบบ measuring pipette ขนาดความจุ 1-10 มิลลิลิตร
8. ตะแกรงร่อนขนาด 100 เมช (mesh)

1.2 สารเคมี

1. เอทิลแอลกอฮอล์ (ethyl alcohol : C_2H_5OH) 95 %
2. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide : $NaOH$) 2 นอร์มัล
3. กรดกลีเซอริก (glacial acetic acid : CH_3COOH) 1 นอร์มัล
4. โปเตโดอะไมโลส (potato amylose)

5. ไอโอดีน (iodine : I_2)

6. โพแทสเซียมไอโอไดด์ (potassium iodide : KI)

1.3 วิธีวิเคราะห์

นำข้าวสารทดลองที่ผ่านการเก็บรักษาไว้ในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ เป็นเวลา 3 เดือน มาตรวจสอบคุณภาพของข้าวสารที่เปลี่ยนแปลงไปเปรียบเทียบกับคุณภาพของข้าวสารก่อนทำการทดลอง โดยเป็นวิธีการเปลี่ยนแปลงปริมาณอะไมโลสศึกษา โดยการนำข้าวสารทดลอง ที่ต้องการทดสอบมาบดให้ละเอียดโดยเครื่องบดแป้ง (cyclone mill) นำแป้งที่ได้มาวิเคราะห์ทางเคมี โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงจากสารละลายสีน้ำเงินของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างอะไมโลสและไอโอดีน (งามชื่น, 2545) ซึ่งมีวิธีการดังนี้

1. นำข้าวสารทลอมมาบดให้เป็นแป้งร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช แล้วชั่งแป้งมา 0.1000 กรัม ใส่ขวดแก้วปริมาตรขนาดความจุ 100 มิลลิลิตร ที่แห้งสนิท เติมเอทิลแอลกอฮอล์ 95% ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าเบา ๆ
2. เติมสารละลาย โซเดียม ไฮดรอกไซด์ (NaOH) เข้มข้น 2 นอร์มัล ปริมาตร 9 มิลลิลิตร
3. ปั่นกวนตัวอย่างด้วยเครื่องปั่นกวนระบบแม่เหล็กนาน 10 นาที ให้เป็นน้ำแป้ง แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร
4. เตรียมขวดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ชุดใหม่เติมน้ำกลั่นประมาณ 70 มิลลิลิตร สารละลายกรดอะซิติกปริมาตร 2 มิลลิลิตร และสารละลายไอโอดีนปริมาตร 2 มิลลิลิตร
5. ควบน้ำแป้งที่เตรียมไว้ ในข้อ 3 ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ใส่ในขวดแก้วปริมาตรที่เตรียมไว้ ตามข้อ 4 ปรับปริมาตรน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร แล้วตั้งไว้ 10 นาที
6. นำขวดแก้วปริมาตรที่เตรียมไว้ในข้อ 4 ปรับปริมาตรโดยน้ำกลั่นโดยไม่ต้องใส่น้ำแป้ง เพื่อใช้เป็นแบล็ก (Blank)
7. วัดความเข้มข้นของสีของสารละลายตามข้อ 5 ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ โดยอ่านค่าดูดกลืนแสงที่มีความยาวแสง 620 นาโนเมตร
8. อ่านค่าเทียบกับกราฟมาตรฐานของค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายโปแตสเซียมไอโอดีน ที่ความเข้มข้นระดับต่าง ๆ

1.4 วิธีการเตรียมสารละลาย

1. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 2 นอร์มัล (N) : ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 80.0 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ละลายในน้ำกลั่นประมาณ 800 มิลลิลิตร ในขวดแก้วปริมาตรขนาดความจุ 1000 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 1000 มิลลิลิตร
2. สารละลายกรดกลูเซออะซิติกเข้มข้น 1 นอร์มัล (N) : ละลายกรดกลูเซออะซิติก ปริมาตร 60 มิลลิลิตร ในน้ำกลั่น ประมาณ 800 มิลลิลิตร ในขวดแก้วปริมาตรขนาดความจุ 1000 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 1000 มิลลิลิตร
3. สารละลายไอโอดีน : ชั่งไอโอดีน 0.2000 กรัม และโปแตสเซียมไอโอไดด์ 2.000 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 80 มิลลิลิตร ในขวดแก้วปริมาตรขนาดความจุ 100 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ข้ามคืน หรือจนไอโอดีนละลายหมด ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร

1.5 การเขียนกราฟมาตรฐานอะไมโลส

1. ชั่งโปเตโตอะไมโลส (potato amylose) 0.0400 กรัม ใส่ในขวดแก้วขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วเติมเอซิดแอลกอฮอล์ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 2 นอร์มัล ปริมาตร 9 มิลลิลิตร แล้วเขย่าให้เข้ากันเป็นสารละลายมาตรฐาน

2. เตรียมขวดแก้วปริมาตรที่เตรียมขวดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร 5 ขวดแต่ละขวด เติมน้ำกลั่นประมาณ 70 มิลลิลิตร สารละลายกรดอะซิติกปริมาตร 0.4, 0.8, 1.2, 1.6 และ 2.0 มิลลิลิตร ตามลำดับ และสารละลายไอโอดีนปริมาตร 2 มิลลิลิตร ในแต่ละขวด

3. ปิเปตแบ่งสารละลายมาตรฐาน 1, 2, 3, 4 และ 5 มิลลิลิตร ซึ่งเทียบเท่าปริมาณอะไมโลสร้อยละ 8, 16, 24, 32 และ 40 ตามลำดับ ใส่ในขวดที่เตรียมไว้ในข้อ 2 ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร และวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ 620 นาโนเมตร หลังปรับเครื่องด้วย blank ให้มีค่าการดูดกลืนแสง เท่ากับ 0

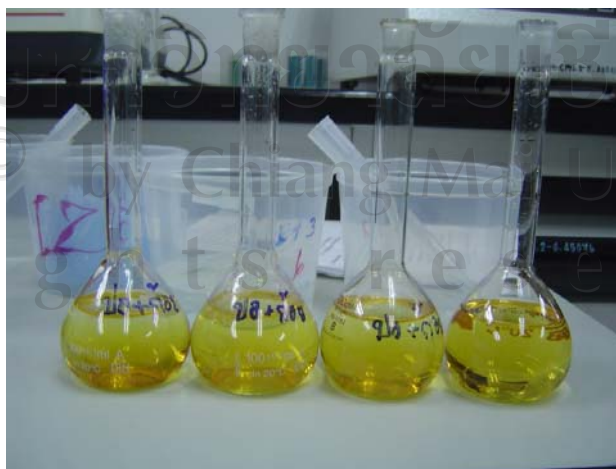
4. นำการดูดกลืนแสงกับปริมาณอะไมโลสในสารละลายมาตรฐานตามข้อ 3 มาเขียนเป็นเส้นกราฟมาตรฐาน

5. นำเส้นกราฟที่ได้จากข้อ 4 มาใช้แปลงค่าการดูดกลืนแสง ให้เป็นปริมาณ (ร้อยละ) อะไมโลส

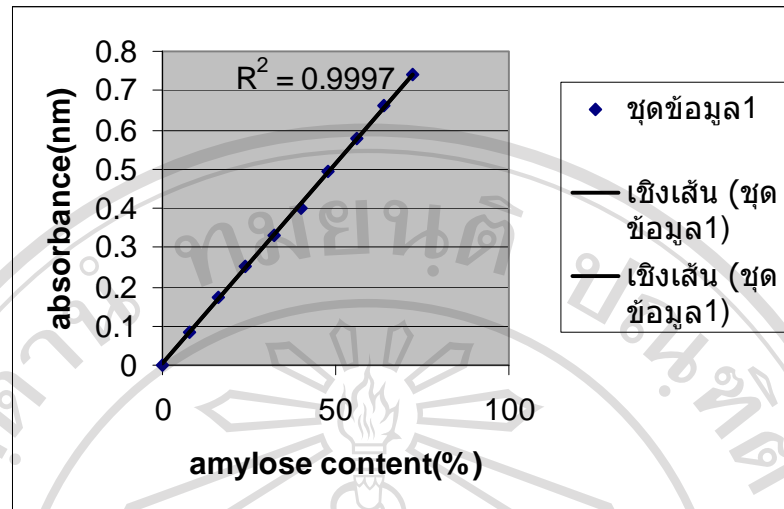
$$\text{ปริมาณอะไมโลสในแป้งที่มีความชื้น } 14\% = \frac{A \times 86}{100-M}$$

เมื่อ A = ปริมาณอะไมโลสในแป้งข้าวที่วิเคราะห์ได้เป็นร้อยละ

M = ปริมาณความชื้นของข้าวที่วิเคราะห์ได้ เป็นร้อยละ



ภาพที่ 6.1 สารละลายที่ใช้ในการวัดค่าการดูดกลืนแสง



ภาพที่ 6.2 กราฟมาตรฐาน ระหว่างปริมาณอะไมโลสและค่าดูดกลืนแสง

2. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนด้วย Micro Kjeldahl method (AACC, 2000)

2.1 อุปกรณ์

1. เครื่องซึ่งละเอียด ทศนิยม 4 ตำแหน่ง
2. ชุดเครื่องย่อย (Gerhardt Kjeldahltherm Digestion Unit; KB)
3. ชุดเครื่องกลั่น (Gerhardt Vapodest; VAP 30)
4. ตู้ดูดสารเคมี

2.2 สารเคมี

1. กรดซัลฟูริกเข้มข้น
2. สารละลายกรดซัลฟูริก 0.1 นอร์มัล
3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 32 % โดยน้ำหนักต่อลิตร
4. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 15 % โดยน้ำหนักต่อลิตร
5. สารละลายกรดบอริก ความเข้มข้น 4 % โดยน้ำหนักต่อปริมาตร
6. สารเร่งปฏิกิริยา (catalyst; $\text{CuSO}_4 : \text{K}_2\text{SO}_4 = 10:1$)
7. สารละลายอินดิเคติงบอริกแอซิด (Indicating boric acid)

2.3 วิธีการทดลอง

1. ชั่งผงข้าวแห้งประมาณ 1.5 กรัม ใส่ใน Kjeldahl tube
2. เติมสารเร่งปฏิกิริยา 10 กรัม และกรดซัลฟูริกเข้มข้น 20 มิลลิลิตร

3. นำไปย่อยด้วยเครื่อง Kjeldahltherm ซึ่งใช้อุณหภูมิในการย่อย 400 องศาเซลเซียส จนตัวอย่างเป็นสีเขียวใส
4. ทิ้งให้ Kjeldahl tube เย็น
5. ต่อ Kjeldahl tube เข้ากับเครื่องกลั่น เติมน้ำกลั่นลงไป 40 มิลลิลิตร เพื่อละลายตะกอนที่เกิดขึ้น เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 32 ลงไป 50 มิลลิลิตร หรือจนตัวอย่างกลายเป็นสีดำ
6. รองรับสารที่กลั่นด้วยสารละลายกรดบอริกที่มีความเข้มข้นร้อยละ 4 ปริมาตร 40 มิลลิลิตร หยดอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด สารละลายที่ได้จะมีสีม่วงอ่อน
7. กลั่นตัวอย่างประมาณ 4 นาที หรือจนไอของ NH_3 ถูกกลั่นจนหมด
8. หยดกลั่น จากนั้นนำสารละลายในขวดรองรับที่เปลี่ยนจากสีม่วงอ่อนกลายเป็นสีเขียวอ่อนมาไตเตรทด้วยสารละลายกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล จนสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวอ่อนไปเป็นสีม่วงอ่อน
9. คำนวณหาปริมาณไนโตรเจนและปริมาณ โปรตีน

2.4 การเตรียมสารละลายอินดิเคตองบอริกแอซิด

- ชั่ง methyl red 200 มิลลิกรัม ละลายใน 95 % เอทิลแอลกอฮอล์ 100 มิลลิลิตร

- ชั่ง methylene blue 100 มิลลิกรัม ละลายใน 95 % เอทิลแอลกอฮอล์ 50 มิลลิลิตร

แล้วผสมสารทั้งสองเข้าด้วยกัน นำมิกซ์อินดิเคเตอร์ 10 มิลลิลิตร แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่น

ให้ครบ 1000 มิลลิลิตร

2.5 สูตรคำนวณหาปริมาณไนโตรเจนและโปรตีน

$$\text{ปริมาณไนโตรเจน(\%)} = \frac{\text{ปริมาตรกรดซัลฟูริกที่ไตเตรท (มล.)} \times \text{ความเข้มข้นกรดซัลฟูริก} \times 1.4}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง (กรัม)}}$$

$$\text{ปริมาณโปรตีนในข้าว (\%)} = \text{ปริมาณไนโตรเจน (\%)} \times 5.95$$

3. การวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมัน โดยรวมด้วยวิธี solvent extraction

จากวิธีการของ AOAC (1995) โดยการเติมสารละลายปิโตรเลียมอีเธอร์

วิธีการทดลอง

1. นำ cup ออบในตู้ ที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนัก
2. ชั่งเมล็ดข้าวที่บดแล้ว 5 กรัม (± 0.0005 กรัม) แล้วห่อด้วยกระดาษกรองยี่ห้อ Whatman No. 2

3. ใส่ตัวอย่างใน thimble บรรจุลงในชุดสกัดไขมัน โดยเติมสายละลาย ปีโตรเลียมอีเทอร์ 50 มิลลิลิตร ใน cup (ตามข้อ 1)
4. นำ cup ที่มีน้ำมันติดอยู่ไปอบที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที หรือจนน้ำหนักคงที่ ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น
5. ชั่งน้ำหนัก cup แล้วคำนวณหาปริมาณ โดยรวม โดยมาตรฐานน้ำหนักเปียก (%)

จากสูตร

$$\text{ปริมาณไขมันโดยรวม (\%)} = \frac{(C-B) \times 100}{(A)}$$

เมื่อ A = น้ำหนักตัวอย่างเมล็ดข้าวบดก่อนสกัด
 B = น้ำหนัก cup
 C = น้ำหนัก cup และน้ำหนักไขมันที่สกัดได้



ภาพที่ 6.3 thimble ที่ใช้ในการสกัดไขมัน



ภาพที่ 6.4 เครื่องสกัดไขมัน

4. การวิเคราะห์ลักษณะและเนื้อสัมผัสของข้าวสุก

4.1 อุปกรณ์

1. เครื่อง Texture analyzer (TA-XT plus Texture Analyzer; Texture Technologies Corp. Scarsdale NY.) โดยใช้หัวกดทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร ตั้งห่างจากตัวอย่าง 5 มิลลิเมตร ความเร็วรอบของหัวกดขณะทำการทดสอบ 1 มิลลิเมตร/วินาที ความเร็วรอบของหัวกดหลังการทดสอบ 1 มิลลิเมตร / วินาที กดขึ้นตัวอย่างเป็นระยะทาง 4.9 มิลลิเมตร

2. แผ่นกระจกหนา 6 มิลลิเมตร กว้าง 12.7 เซนติเมตร ยาว 13.97 เซนติเมตร ตรงกลางตีกรอบรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 25×25 ตารางมิลลิเมตร

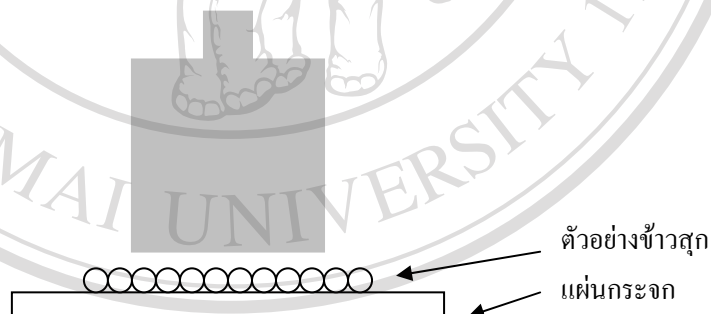
3. หม้อหุงข้าวหุงข้าวไฟฟ้า (National : SR – D10HN) ขนาด 1 ลิตร ที่มีระบบอุ่นอัตโนมัติ บันทึกเวลาเมื่อป้อนหุงหยุดทำงาน

4.2 วิธีการทดลอง

1. หุงข้าว ใช้อัตราส่วน ข้าวสาร : น้ำ ใน อัตราส่วน 1 : 1.2 โดยปริมาตร (Juliano and Perez, 1984)

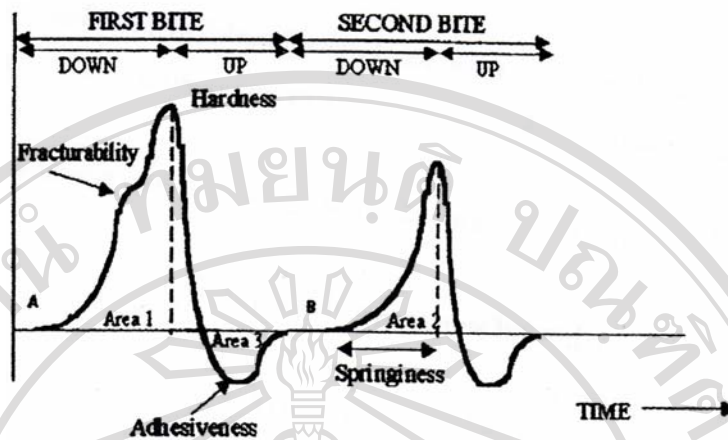
2. หลังจากข้าวสุกแล้วทิ้งไว้ 10 นาที แล้วสุ่มข้าวสุกจากหม้อหุงข้าว โดยเลือกข้าวสุกจากบริเวณกลางของชั้นข้าวสุกเพื่อให้เกิดความสม่ำเสมอในการวัด

3. เรียงเมล็ดข้าวสุกบนแผ่นกระจกโดยใช้ตัวอย่างข้าวสุก 10 เมล็ด วางให้เต็มพื้นที่สี่เหลี่ยมจัตุรัสที่ตีกรอบไว้ โดยวางเรียงกันเพียงชั้นเดียว ทำการวัดโดยเครื่อง Texture Profile Analysis (TPA) จะได้ค่าตัวแปรทางเนื้อสัมผัสซึ่งสัมพันธ์กับคุณสมบัติทางด้านคุณสมบัติทางด้านประสาทสัมผัส โดยจะแสดงผลออกมา



ภาพที่ 6.5 ลักษณะการเตรียมตัวอย่างในการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส

การวัดวิธี Texture Profile Analysis (TPA) จะได้ค่าตัวแปรทางเนื้อสัมผัสซึ่งสัมพันธ์กับคุณสมบัติทางด้านประสาทสัมผัส โดยจะแสดงผลออกมาดังกราฟจากการวัด Texture Profile Analysis (TPA)



ภาพที่ 6.6 ตัวอย่างกราฟจากการวัด Texture Profile Analysis (TPA)

- การวัดลักษณะเนื้อสัมผัสโดยเครื่องมือวัดวิเคราะห์ความนุ่ม และความเหนียวของข้าวสุก โดยการใช้เครื่อง Texture Profile Analysis (TA-XT21) โดยใช้หัวกดทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร ตั้งให้ระยะห่างจากตัวอย่าง 15 มิลลิเมตร ความเร็วของหัวกดขณะทำการทดสอบ 1 มิลลิเมตร/วินาที ความเร็วของหัวกดหลังทดสอบ 10 มิลลิเมตร/วินาที กดขึ้นตัวอย่างเป็นระยะทาง 0.90 ของความสูงของข้าว (90% strain) การเตรียมตัวอย่าง สุ่มข้าวสุกจากหม้อหุงข้าว โดยเลือกข้าวสุกจากบริเวณกลางของชั้นข้าวสุก เพื่อให้เกิดความสม่ำเสมอในการวัด นำแผ่นกระจกหนา 6 มิลลิเมตร ขนาดกว้าง 12.7 เซนติเมตร ยาว 13.97 เซนติเมตร ตรงกลางตีกรอบรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 25 × 25 ตารางมิลลิเมตร จากนั้นเรียงเมล็ดข้าวสุกให้เต็มพื้นที่โดยเรียงเพียงชั้นเดียว ทำการวัด ดังรูป (ภาพที่ 6.6)

ภาคผนวก ก2

แบบทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

7-Point hedonic scaling test

ชื่อผู้ทดสอบชิม..... วันที่.....

ชื่อผลิตภัณฑ์ ข้าว

คำชี้แจง : กรุณาทดสอบชิมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ต่อไปนี้ตามลำดับจากซ้ายไปขวา แล้วให้คะแนนเพื่อแสดงระดับความชอบที่มีต่อตัวอย่างผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ให้ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด
 กรุณาบ้วนปากก่อนและหลังชิมตัวอย่างทุกครั้ง

ระดับของคะแนนความชอบ

7 = ชอบมาก

6 = ชอบปานกลาง

5 = ชอบเล็กน้อย

4 = เฉย ๆ

3 = ไม่ชอบเล็กน้อย

2 = ไม่ชอบปานกลาง

1 = ไม่ชอบมาก

การให้ระดับคะแนนความชอบ

คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์	รหัสตัวอย่าง / คะแนนความชอบ				
	T1	T2	T3	T4	T5
ความชอบโดยรวม					
ลักษณะของเมล็ดข้าว					
สี					
กลิ่น					
รสชาติ					
ความนุ่ม					
ความเหนียว					
ความรู้สึกหลังกลืน					

ขอขอบคุณทุกท่านเป็นอย่างสูงที่ให้ความร่วมมือ

ภาคผนวก ข

ผลวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ภาคผนวกที่ 1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ ระยะเวลาการพัฒนามาจากระยะไข่ของด้วงวงข้าวเป็นหนอน
ภายในฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ

Source	DF	SS	MS	F	P
Between Groups	4	370.1998	74.0400	17.46	0.0000
Within Groups	726	3748.1384	4.2400		
Total	730	4118.3382			

LSD (0.05) = 0.56

ภาคผนวกที่ 2 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ ระยะเวลาการพัฒนามาจากระยะหนอนของด้วงวงข้าวเป็น
ดักแด้ภายในฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ

Source	DF	SS	MS	F	P
Between Groups	4	276.4808	55.2962	8.3753	0.0000
Within Groups	738	5889.2130	6.6023		
Total	742	6165.6938			

LSD (0.05) = 0.42

ภาคผนวกที่ 3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ ระยะเวลาการพัฒนาจากระยะดักแด้ของด้วงงวงข้าวเป็นตัวเต็มวัยภายในฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ

Source	DF	SS	MS	F	P
V001	4	11.51	2.87710	1.39	0.2341
Error	731	1508.23	2.06324		
Total	735	1519.74			

LSD (0.05) = 0.63

ภาคผนวกที่ 4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ อายุขัยของด้วงงวงข้าวในระยะตัวเต็มวัยที่อยู่ในข้าวสารภายในฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ

Source	DF	SS	MS	F	P
Between Groups	4	25043.2775	5008.6555	122.8085	0.0000
Within Groups	995	48696.4150	40.7843		
Total	999	73739.6925			

LSD (0.05) = 0.35

ตารางภาคผนวกที่ 5 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ จำนวนเปอร์เซ็นต์แมลงที่ตายภายในฟิล์มพลาสติก 4 ชนิด ซึ่งเก็บรักษาข้าวสารทดลองนาน 60 วัน

ชนิดบรรจุภัณฑ์	การตายของด้วงงวงข้าว (<i>S. oryzae</i>) (%) ^{1/}												
	วัน												
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
LDPE/ CPP	0.00	0.00 ^o	0.00 ^c	6.25 ^{no}	22.5 ^{lmn}	28.75 ^{ijklm}	46.25 ^{efgh}	59.50 ^{cde}	70.00 ^{bcd}	91.50 ^{ab}	100.00 ^a	100.00 ^a	100.00 ^a
LLDPE/ CPP	0.00	0.00 ^o	5.00 ^{no}	23.75 ^{lmn}	27.50 ^{klm}	45.00 ^{fghi}	36.25 ^{ghijkl}	54.75 ^{def}	87.75 ^{abc}	88.00 ^{abc}	100.00 ^a	100.00 ^a	100.00 ^a
PET/ LLDPE	0.00	27.50 ^{klm}	52.50 ^{efg}	95.25 ^{ab}	99.00 ^a	100.00 ^a	99.00 ^a	100.00 ^a	100.00 ^a	100.00 ^a	100.00 ^a	100.00 ^a	100.00 ^a
Foil/MPET/LLDPE	0.00	42.50 ^{fghij}	90.00 ^{ab}	99.00 ^a	100.00 ^a	100.00 ^a	100.00 ^a	100.00 ^a	100.00 ^a	100.00 ^a	100.00 ^a	100.00 ^a	100.00 ^a
Control	0.00	0.00 ^o	0.00 ^o	0.00 ^o	0.00 ^o	6.25 ^{no}	11.25 ^{mno}	12.50 ^{mno}	15.00 ^{mn}	20.00 ^{lmno}	26.50 ^{lm}	40.50 ^{fghijk}	46.75 ^{efgh}

ภาคผนวกที่ 6 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ จำนวนเปอร์เซ็นต์ แมลงที่ตายภายในฟิล์มพลาสติก 4 ชนิด
ซึ่งเก็บรักษาข้าวสารทดลองนาน 60 วัน

Source	DF	SS	MS	F	P
rep	3	4.83	1.61		
time	11	5468.35	497.12	392.38	0.0000
Error rep*time	33	41.81	1.27		
trt	4	6856.78	1714.20	1043.99	0.0000
time*trt	44	2022.64	45.97	28.00	0.0000
Error rep*time*trt	143	234.80	1.64		
Total	238				

*LSD ไม่สามารถวิเคราะห์ได้ เนื่องจากข้อมูลมีการสูญหาย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวกที่ 7 ตารางปริมาณออกซิเจนในถุงข้าว 4 ชนิด

วันที่	O ₂ headspace			
	LDPE/CPP	LLDPE/CPP	PET/LLDPE	Foil/MPET/LLDPE
0	20.70	20.9	20.87	20.87
5	17.35	17.33	13.50	7.13
10	18.04	18.04	11.35	9.25
15	16.50	16.50	12.55	11.77
20	17.74	17.74	9.20	8.51
25	15.52	15.82	8.18	8.01
30	15.82	15.52	8.25	8.14
35	15.40	15.41	7.60	8.14
40	15.01	15.05	7.79	7.38
45	14.77	14.77	7.58	7.22
50	14.81	14.81	7.97	7.85
55	14.74	14.74	7.95	7.95
60	14.52	14.52	8.21	7.91

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright© by Chiang Mai University
 All rights reserved

ตารางภาคผนวกที่ 8 ตารางปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในถุงข้าว 4 ชนิด

วันที่	CO ₂ headspace			
	LDPE/ CPP	LLDPE/ CPP	PET/ LLDPE	Foil/ MPET/ LLDPE
0	0.03	0.03	0.03	0.03
5	2.05	1.54	8.29	11.35
10	2.60	1.82	4.53	6.66
15	4.03	2.90	3.50	4.14
20	4.04	3.60	3.59	4.78
25	4.40	4.51	3.65	4.11
30	5.67	5.97	3.97	3.72
35	5.67	6.19	3.39	3.72
40	6.56	6.65	3.59	3.90
45	6.67	6.68	3.51	3.77
50	6.97	6.25	4.37	3.82
55	6.56	6.23	3.06	4.01
60	6.67	6.48	5.00	3.62

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright© by Chiang Mai University
 All rights reserved

ภาคผนวกที่ 9 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่สูญหายและเปอร์เซ็นต์ของเมล็ดข้าวที่ถูกทำลาย โดยเกิดจากการทำลายของแมลง เมื่อครบเวลาการเก็บรักษา ไว้ 2 เดือน

กรรมวิธี	น้ำหนักที่สูญหาย (%) ^{1/}	เมล็ดที่ถูกทำลาย (%) ^{1/}
LDPE/CPP	4.30 ± 3.38 ^{ab}	16.00 ± 3.97 ^b
LLDPE/CPP	3.77 ± 2.32 ^b	15.30 ± 6.25 ^b
PET/LLDPE	0.05 ± 0.83 ^c	0.40 ± 0.07 ^c
Foil/MPET/LLDPE	0.07 ± 0.11 ^c	1.00 ± 0.79 ^c
Control	8.16 ± 5.11 ^a	26.80 ± 6.92 ^a
LSD (0.05)	0.26	3.68

^{1/} = ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันตามด้วยอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี LSD

9.1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่สูญหาย

Source	DF	SS	MS	F	P
Between Groups	4	475.245	95.049	10.783	0.000
Within Groups	45	475.990	8.815		
Total	49	951.235			

LSD (0.05) = 0.26

9.2 เปอร์เซ็นต์ของเมล็ดข้าวที่ถูกทำลาย

Source	DF	SS	MS	F	P
Between Groups	4	5458.483	1091.697	41.466	0.000
Within Groups	45	1421.700	26.328		
Total	49	6880.183			

LSD (0.05) = 3.68

ตารางภาคผนวกที่ 10 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ การเพิ่มก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และปริมาณการตายของด้วงงวงข้าวในบรรจุภัณฑ์ชนิด PET/LLDPE

ปริมาณ CO ₂	การตายของด้วงงวงข้าว (<i>S. oryzae</i>) (%) ^{1/}										
	วัน										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10%	0.00 ^k	0.00 ^k	5.00 ^k	11.25 ^{jk}	31.75 ^{ijk}	37.50 ^{ij}	46.25 ^h	55.00 ^{gh}	78.75 ^{de}	92.50 ^{abc}	100.00 ^a
20%	0.00 ^k	11.25 ^{jk}	30.00 ^{ijk}	46.25 ^h	73.75 ^{de}	86.25 ^{bcd}	97.50 ^{ab}	100.00 ^a	100.00 ^a	100.00 ^a	100.00 ^a
30%	0.00 ^k	41.25 ⁱ	77.50 ^{de}	82.50 ^{bcd}	98.75 ^{ab}	100.00 ^a	100.00 ^a	100.00 ^a	100.00 ^a	100.00 ^a	100.00 ^a
40%	0.00 ^k	90.00 ^{abc}	100.00 ^a	100.00 ^a	100.00 ^a	100.00 ^a	100.00 ^a	100.00 ^a	100.00 ^a	100.00 ^a	100.00 ^a
control	0.00 ^k	0.00 ^k	0.00 ^k	5.00 ^k	15.00 ^{jk}	28.75 ^j	38.75 ^{hi}	28.50 ^j	31.50 ^{ijk}	33.00 ^{ij}	39.50 ⁱ

ภาคผนวกที่ 11 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ การเพิ่มก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และปริมาณการตายของ
ด้วงงวงข้าวในบรรจุภัณฑ์ชนิด PET/LLDPE

Source	DF	SS	MS	F	P
rep	3	106	41.9		
tr	4	170648	31164.1	1347.64	0.0000
Error rep*tr	12	1035	23.1		
day	10	118705	9081.7	128.27	0.0000
tr*day	40	44080	1248.9	17.64	0.0000
Error rep*tr*day	132	5770	70.8		
Total	219	231034			

LSD (0.05) = 5.95

ภาคผนวกที่ 12 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ เปอร์เซ็นต์อะไมโลสที่วัดจากข้าวสารหลังจากที่ผ่านการ
เก็บรักษาไว้ในฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ เป็นระยะเวลา 3 เดือน

Source	DF	SS	MS	F	P
Between Groups	4	0.6943	0.1736	0.7018	0.6028
Within Groups	15	3.7103	0.2474		
Total	19	4.4046			

LSD (0.05) = 0.74

ภาคผนวกที่ 13 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ เปอร์เซ็นต์โปรตีนที่วัดจากข้าวสารหลังจากที่ผ่านการเก็บรักษาไว้ในฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ เป็นระยะเวลา 3 เดือน

Source	DF	SS	MS	F	P
Between Groups	4	6.2823	1.5706	11.8817	0.0002
Within Groups	15	1.9828	0.1322		
Total	19	8.2651			

LSD (0.05) = 0.69

ภาคผนวกที่ 14 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ เปอร์เซ็นต์ไขมันที่วัดจากข้าวสารหลังจากที่ผ่านการเก็บรักษาไว้ในฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ เป็นระยะเวลา 3 เดือน

Source	DF	SS	MS	F	P
Between Groups	4	0.0309	0.0077	3.3250	0.0305
Within Groups	20	0.0465	0.0023		
Total	24	0.0774			

LSD (0.05) = 0.07

ภาคผนวกที่ 15 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ ค่า Hardness ข้าวสารหลังจากที่ผ่านการเก็บรักษาไว้ในฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ เป็นระยะเวลา 3 เดือน

Source	DF	SS	MS	F	P
Between Groups	4	3002.7699	750.6925	4.7834	0.0072
Within Groups	20	3138.7390	156.9369		
Total	24	6141.5088			

LSD (0.05) = 17.28

ภาคผนวกที่ 16 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ ค่า Stickiness ข้าวสารหลังจากที่ผ่านการเก็บรักษาไว้ในฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ เป็นระยะเวลา 3 เดือน

Source	DF	SS	MS	F	P
Between Groups	4	2.5717	0.6429	1.9407	0.1429
Within Groups	20	6.6259	0.3313		
Total	24	9.1976			

LSD (0.05) = 0.70

ภาคผนวกที่ 17 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ ค่า Adhesiveness ข้าวสารหลังจากที่ผ่านการเก็บรักษาไว้ในฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ เป็นระยะเวลา 3 เดือน

Source	DF	SS	MS	F	P
Between Groups	4	1.6698	0.4174	7.8807	0.0006
Within Groups	20	1.0594	0.0530		
Total	24	2.7292			

LSD (0.05) = 0.33

ภาคผนวกที่ 18 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ ค่า Cohesiveness ข้าวสารหลังจากที่ผ่านการเก็บรักษาไว้ในฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ เป็นระยะเวลา 3 เดือน

Source	DF	SS	MS	F	P
Between Groups	4	0.0050	0.0013	0.9585	0.4516
Within Groups	20	0.0262	0.0013		
Total	24	0.0312			

LSD (0.05) = 0.05

ภาคผนวกที่ 19 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ ค่า Gumminess ข้าวสารหลังจากที่ผ่านการเก็บรักษาไว้ในฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ เป็นระยะเวลา 3 เดือน

Source	DF	SS	MS	F	P
Between Groups	4	737.1971	184.2993	2.4909	0.0759
Within Groups	20	1479.7895	73.9895		
Total	24	2216.9865			

LSD (0.05) = 11.26

ภาคผนวกที่ 20 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ การประเมินความชอบของผู้บริโภคข้าว
20.1 ความชอบโดยรวม

Source	DF	SS	MS	F	P
Between Groups	4	13.7400	3.4350	4.8237	0.0014
Within Groups	85	67.6500	0.7121		
Total	99	81.3900			

LSD (0.05) = 0.52

20.2 ลักษณะของเมล็ดข้าว

Source	DF	SS	MS	F	P
Between Groups	4	16.7400	4.1850	7.4383	0.0000
Within Groups	85	53.4500	0.5626		
Total	99	70.1900			

LSD (0.05) = 0.40

20.3 สีของข้าว

Source	DF	SS	MS	F	P
Between Groups	4	7.7600	1.9400	3.2706	0.0147
Within Groups	85	56.3500	0.5932		
Total	99	64.1100			

LSD (0.05) = 0.51

20.4 กลิ่น

Source	DF	SS	MS	F	P
Between Groups	4	2.5400	0.6350	0.8884	0.4740
Within Groups	85	67.9000	0.7147		
Total	99	70.4400			

LSD (0.05) = 0.54

20.5 รสชาติ

Source	DF	SS	MS	F	P
Between Groups	4	3.8000	0.9500	1.4280	0.2307
Within Groups	85	63.2000	0.6653		
Total	99	67.0000			

LSD (0.05) = 0.52

20.6 ความนุ่ม

Source	DF	SS	MS	F	P
Between Groups	4	5.2400	1.3100	2.2710	0.0672
Within Groups	85	54.8000	0.5768		
Total	99	60.0400			

LSD (0.05) = 0.48

20.7 ความเหนียว

Source	DF	SS	MS	F	P
Between Groups	4	3.3400	0.8350	1.4568	0.2215
Within Groups	85	54.4500	0.5732		
Total	99	57.7900			

LSD (0.05) = 0.49

20.8 ความรู้สึกลังเล

Source	DF	SS	MS	F	P
Between Groups	4	5.6000	1.4000	2.0978	0.0871
Within Groups	85	63.4000	0.6674		
Total	99	69.0000			

LSD (0.05) = 0.52

ภาคผนวกที่ 21 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ ปริมาณการดูดน้ำของข้าวสารหลังจากที่ผ่านการเก็บรักษาไว้ในฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ เป็นระยะเวลา 3 เดือน

Source	DF	SS	MS	F	P
tr	4	0.13416	0.03354	5.93	0.0046
Error	15	0.08481	0.00565		
Total	19	0.21896			

LSD (0.05) = 0.053

ภาคผนวกที่ 22 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ เปอร์เซ็นต์ความชื้นของข้าวสารหลังจากที่ผ่านการเก็บรักษาไว้ในฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ เป็นระยะเวลา 3 เดือน

Source	DF	SS	MS	F	P
Between Groups	4	0.1591	0.0398	2.1503	0.1120
Within Groups	20	0.3700	0.0185		
Total	24	0.5291			

LSD (0.05) = 0.12

ภาคผนวกที่ 23 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ สีของข้าวสารหลังจากที่ผ่านการเก็บรักษาไว้ในฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ เป็นระยะเวลา 3 เดือน

23.1 ค่า L*

Source	DF	SS	MS	F	P
Between Groups	4	13.6150	3.4038	4.3360	0.0158
Within Groups	15	11.7750	0.7850		
Total	19	25.3900			

LSD (0.05) = 1.38

23.2 ค่า a*

Source	DF	SS	MS	F	P
Between Groups	4	1.8320	0.4580	2.3710	0.0990
Within Groups	15	2.8975	0.1932		
Total	19	4.7295			

LSD (0.05) = 0.74

23.3 ค่า b*

Source	DF	SS	MS	F	P
Between Groups	4	0.8450	0.2113	0.1509	0.9597
Within Groups	15	21.0050	1.4003		
Total	19	21.8500			

LSD (0.05) = 1.54

ภาคผนวกที่ 24 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ ปริมาณของสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline; 2AP ที่ตรวจสอบพบในข้าวสารหลังจากที่ผ่านการเก็บรักษาไว้ในฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ เป็นระยะเวลา 3 เดือน

Source	DF	SS	MS	F	P
Between Groups	4	0.0188	0.0047	11.8728	0.0008
Within Groups	15	0.0040	0.0004		
Total	19	0.0227			

LSD (0.05) = 0.04

ภาคผนวก ค

ภาพ เครื่องมือและอุปกรณ์ทดลอง



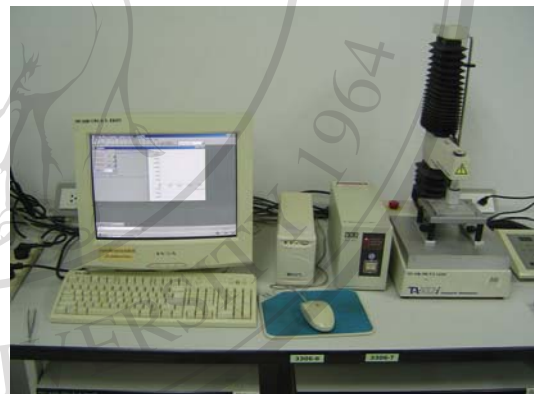
ภาพที่ 6.7 อุปกรณ์การเลียงแป้งงวงข้าว



ภาพที่ 6.8 ภาชนะป้องกันการคั่งไข



ภาพที่ 6.9 บรรจุภัณฑ์ที่ใช้เก็บรักษา



ภาพที่ 6.10 เครื่อง texture analysis



ภาพที่ 6.11 ถังโลหะสำหรับวัดความชื้น



ภาพที่ 6.12 เครื่องชั่งตวงวัด 4 ตำแหน่ง



ภาพที่ 6.13 เครื่อง headspace analysis



ภาพที่ 6.14 เครื่อง spectrophotometer



ภาพที่ 6.15 vacuum sealer and mixed gas



ภาพที่ 6.16 mixed gas control

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ

นายกุลวิษณุ พานิชกุล

วัน เดือน ปี เกิด

9 มิถุนายน 2526

ประวัติการศึกษา

สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา พืชสวน คณะเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ปีการศึกษา 2548



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved