บทที่ 3
การดำเนินงานวิจัย

3.1 ขอบเขตงานวิจัย

งานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

3.1.1 การศึกษาผลของวิธีการทำแห้งต่อปริมาณสารกลุ่มฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดจากข้าวกล้องหอมมะลิแดง

งานวิจัยส่วนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของวิธีการทำแห้ง 3 วิธี คือ การทำแห้งในที่ร่ม การทำแห้งด้วยแสงอาทิตย์ และการทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบด ต่อปริมาณสารกลุ่มฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดจากข้าวกล้องหอมมะลิแดง

3.1.2 การศึกษาผลของภาวะการเก็บรักษา ต่อปริมาณสารกลุ่มฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดจากข้าวกล้องหอมมะลิแดง

งานวิจัยส่วนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของภาวะการเก็บรักษา ได้แก่ ชนิดบรรจุภัณฑ์ คือ OPP/AL/LLDPE และ Nylon/LLDPE อุณหภูมิในการเก็บรักษา คือ อุณหภูมิห้อง (27-35°C) และ 15°C และระยะเวลาในการเก็บรักษา เป็นเวลา 12 เดือน ต่อปริมาณสารกลุ่มฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดจากข้าวกล้องหอมมะลิแดง

3.1.3 การศึกษาผลของการหุงต่อปริมาณสารกลุ่มฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดจากข้าวกล้องหอมมะลิแดง

งานวิจัยส่วนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการหุงต่อปริมาณสารกลุ่มฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดจากข้าวกล้องหอมมะลิแดง โดยเปรียบเทียบวิธีการสกัดตัวอย่าง 2 วิธี คือ การสกัดตัวอย่างด้วยตัวทำละลายอินทรีย์และการย่อยด้วยเอนไซม์

3.2 วัตถุดิบ

3.2.1 ข้าวหอมมะลิแดง

ข้าวหอมมะลิแดงที่ใช้ในงานวิจัยนี้ เป็นข้าวอินทรีย์ที่มีแหล่งปลูก ณ อ. ตระการพืชผล จ. อุบลราชธานี เก็บเกี่ยวในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2549 ความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือกมีค่าประมาณ 14-15% wb นำข้าวเปลือกทั้งหมดไปผ่านกระบวนการทำความสะอาดด้วยเครื่องทำความสะอาดที่ใช้ลมเป่า (air-screen cleaner) คัดเอาสิ่งปนเปื้อน เช่น เศษฟางหญ้า ฝุ่น รวมทั้งเมล็ดลีบออกไป เก็บข้าวเปลือกที่ได้ในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 4°C ระหว่างรอการนำไปใช้ในการทดลองต่อไป

3.2.2 บรรจุภัณฑ์

บรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้มี 2 ชนิด คือ oriented polypropylene/aluminium/linear low density polyethylene (OPP/AL/LLDPE) ขนาด 230 x 300 mm^2 หนาประมาณ 100 µm และ nylon/linear low density polyethylene (Nylon/LLDPE) ขนาด 200 x 300 mm^2 หนาประมาณ 70 µm ค่าอัตราการซึมผ่านของไอน้ำและออกซิเจนของบรรจุภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิด แสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ค่าอัตราการซึมผ่านของไอน้ำและออกซิเจนของบรรจุภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิด (อุบลรัตน์ สิริภัทราวรรณ และคณะ, 2550)

ชนิดบรรจุภัณฑ์	ค่าอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ* (g/m^2 day)	ค่าอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน* (cc/m^2 day)
OPP/AL/LLDPE	~0	~0
Nylon/LLDPE	57.25 ± 2.63	25.34 ± 1.27

* วัดที่อุณหภูมิ 25°C ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 75%

3.3 วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.3.1 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของข้าวกล้องหอมมะลิแดง

วิเคราะห์สมบัติทางเคมีของข้าวกล้องหอมมะลิแดง ดังนี้

(1) ปริมาณความชื้น โดยการอบแห้งในตู้อบลมร้อน ตามวิธีของ AOAC (1995) ดังแสดงในภาคผนวก ก.1

(2) ปริมาณโปรตีนทั้งหมด โดยคำนวณจากปริมาณไนโตรเจน x 5.95 ตามวิธีของ AOAC (1995) ดังแสดงในภาคผนวก ก.2

(3) ปริมาณไขมันทั้งหมด โดยการสกัดด้วยตัวทำละลาย ตามวิธีของ AOAC (1995) ดังแสดงในภาคผนวก ก.3

(4) ปริมาณเถ้า ตามวิธีของ AOAC (1995) ดังแสดงในภาคผนวก ก.4

(5) ปริมาณใยอาหาร ตามวิธีของ AOAC (1995) ดังแสดงในภาคผนวก ก.5

(6) ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ในรูปของผลต่าง ดังแสดงในภาคผนวก ก.6

(7) ปริมาณแอมิโลส ด้วยวิธี spectrophotometry ตามวิธีของ Juliano (1971) ดังแสดงในภาคผนวก ก.7

3.3.2 การเตรียมตัวอย่างข้าวกล้องหอมมะลิแดงสำหรับการทำแห้ง

ปรับความชื้น (rewetting) ข้าวหอมมะลิแดงในรูปของข้าวเปลือก ให้อยู่ในช่วง 26-30% wb โดยคำนวณปริมาณน้ำ ได้จากสูตรต่อไปนี้

$$W_w = W_f - W_i$$

$$W_f = W_i\left[\frac{1-MC_i}{1-MC_f}\right]$$

เมื่อ W_w = ปริมาณน้ำที่ต้องเติม (g)

W_f = น้ำหนักเมล็ดข้าว+น้ำหนักน้ำ (g)

W_i = น้ำหนักเมล็ดข้าวเริ่มต้น (g)

MC_i = ความชื้นของข้าวเปลือกเริ่มต้น (%wb/100)

MC_f = ความชื้นของข้าวเปลือกที่ต้องการ (%wb/100)

เมื่อเติมน้ำตามปริมาณที่คำนวณได้ลงในข้าวเปลือกแล้ว จึงคลุกเคล้าข้าวเพื่อให้น้ำกระจายอย่างทั่วถึง แล้วนำข้าวเปลือกไปเก็บไว้ในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 4°C ในระหว่างนี้จะมีการคลุกข้าวทุกวัน เพื่อให้เมล็ดข้าวมีความชื้นอย่างสม่ำเสมอ จนกระทั่งความชื้นอยู่ในช่วงที่ต้องการ (26-30% wb) โดยใช้เวลาทั้งสิ้นประมาณ 7 วัน

3.3.3 **การทำแห้งข้าวเปลือก**

นำตัวอย่างข้าวเปลือกที่ปรับความชื้นให้อยู่ในช่วงที่ต้องการแล้วออกมาตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง ประมาณ 8 ชั่วโมง เพื่อให้อุณหภูมิของตัวอย่างเพิ่มขึ้นจนถึงอุณหภูมิห้อง จากนั้นจึงนำไปทำแห้ง 3 วิธี คือ การทำแห้งในที่ร่ม การทำแห้งด้วยแสงอาทิตย์ และการทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบด

3.3.3.1 **การทำแห้งในที่ร่ม (ชุดควบคุม)**

นำตัวอย่างข้าวเปลือกที่ปรับความชื้นแล้วมาทำแห้งในที่ร่ม ซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 27-33°C โดยบรรจุข้าวเปลือกในตระกร้าพลาสติกขนาด 28 x 40 x 12 cm^3 ให้มีความสูงของชั้นข้าวประมาณ 2.5 cm นำตะกร้าบรรจุข้าวเปลือกมาวางบนชั้นเหล็กที่เตรียมไว้สำหรับการทำแห้งในที่ร่ม (ล้อมรอบด้วยมุ้งลวด ป้องกันนก หนู หรือสัตว์ต่างๆ มาทำลายข้าวเปลือกในระหว่างการทำแห้ง) เพื่อลดความชื้นของข้าวเปลือก ใช้เวลาในการลดความชื้นข้าวเปลือกให้เหลือ 13-14% wb ประมาณ 7 วัน ในระหว่างนี้จะมีการคลุกข้าวทุกวัน เพื่อให้ตัวอย่างมีความชื้นสม่ำเสมอกัน

3.3.3.2 **การทำแห้งด้วยแสงอาทิตย์**

นำตัวอย่างข้าวเปลือกที่ปรับความชื้นแล้วมาทำแห้งด้วยแสงอาทิตย์ โดยบรรจุข้าวเปลือกในตระกร้าพลาสติกขนาด 28 x 40 x 12 cm^3 ให้มีความสูงของชั้นข้าวประมาณ 2.5 cm นำตะกร้าบรรจุข้าวเปลือกมาวางบนแผ่นผ้าใบในบริเวณที่มีแสงแดดส่องถึงตลอดเวลา ใช้เวลาในการลดความชื้นข้าวเปลือกให้เหลือ 13-14% wb ประมาณ 6 ชั่วโมง ในระหว่างนี้จะมีการคลุกข้าวทุกๆ 2 ชั่วโมง เพื่อให้ตัวอย่างมีความชื้นสม่ำเสมอกัน

3.3.3.3 การทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบด

นำตัวอย่างข้าวเปลือกที่ปรับความชื้นแล้วมาทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบด ปริมาณข้าวเปลือกที่ใช้ในการอบแห้งในแต่ละครั้ง คือ 1800 g (ที่ความสูงเบด เท่ากับ 9.5 cm) ในขั้นแรกจะให้ความร้อนแก่ข้าวเปลือกที่อุณหภูมิลมร้อน 115°C ความเร็วลม 2 m/s เป็นเวลา 215 วินาที จนความชื้นของข้าวเปลือกลดลงเหลือ ประมาณ 18-20% wb ข้าวเปลือกที่ได้จะมีอุณหภูมิประมาณ 72.3 ± 1.6°C จากนั้นนำข้าวเปลือกไปทำแห้งในที่ร่ม (ตามวิธีที่ระบุในข้อ 3.3.3.1) เพื่อให้ข้าวเปลือกมีความชื้นสุดท้ายอยู่ที่ 13-14% wb โดยใช้เวลาประมาณ 2 วัน รายละเอียดการใช้เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดแสดงในภาคผนวก ข

3.3.4 การเก็บรักษาข้าวกล้องหอมมะลิแดง

นำข้าวเปลือกที่ผ่านการทำแห้งทั้ง 3 วิธี มากะเทาะเปลือกออกด้วยเครื่องกะเทาะเปลือกชนิดลูกกลิ้งยาง (JIRCAS, Japan) เก็บในรูปของข้าวกล้อง จากนั้นนำข้าวกล้องหอมมะลิแดงมาบรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิด OPP/AL/LLDPE และ Nylon/LLDPE โดยบรรจุถุงละ 300 กรัม ปิดผนึกแบบสุญญากาศ แปรอุณหภูมิในการเก็บรักษาเป็น 2 ระดับ คือ อุณหภูมิห้อง (27-35°C) และ 15°C เป็นเวลา 12 เดือน

3.3.5 การวิเคราะห์สมบัติของข้าวกล้องหอมมะลิแดงที่ผ่านการทำแห้งและเก็บรักษาที่ภาวะต่าง ๆ

3.3.5.1 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของข้าวกล้องหอมมะลิแดง

(1) ปริมาณความชื้น โดยการอบแห้งเมล็ดข้าวกล้องในตู้อบลมร้อน ตามวิธีของ AOAC (1995) ดังแสดงในภาคผนวก ก.1 ทดลอง 3 ซ้ำ

(2) Water activity (a_w) โดยวัด a_w ของเมล็ดข้าวกล้องด้วยเครื่อง water activity meter (Aqua lab series 3, Decagon, USA) ทดลอง 3 ซ้ำ

(3) วัดสีของเมล็ดข้าวกล้องในระบบ Hunter (L, a, b) โดยเครื่อง Chroma meter (Minolta, Model CR-300 series, Japan) และคำนวณความแตกต่างของค่าสี (ΔE) จากสูตร

$$\Delta E = [(L-L_0)^2 + (a-a_0)^2 + (b-b_0)^2]^{1/2}$$

เมื่อ	L a และ b	คือ	ค่าสีที่เวลาใดๆ
	L_0 a_0 และ b_0	คือ	ค่าสีที่เวลาเริ่มต้น (เดือนที่ 0)

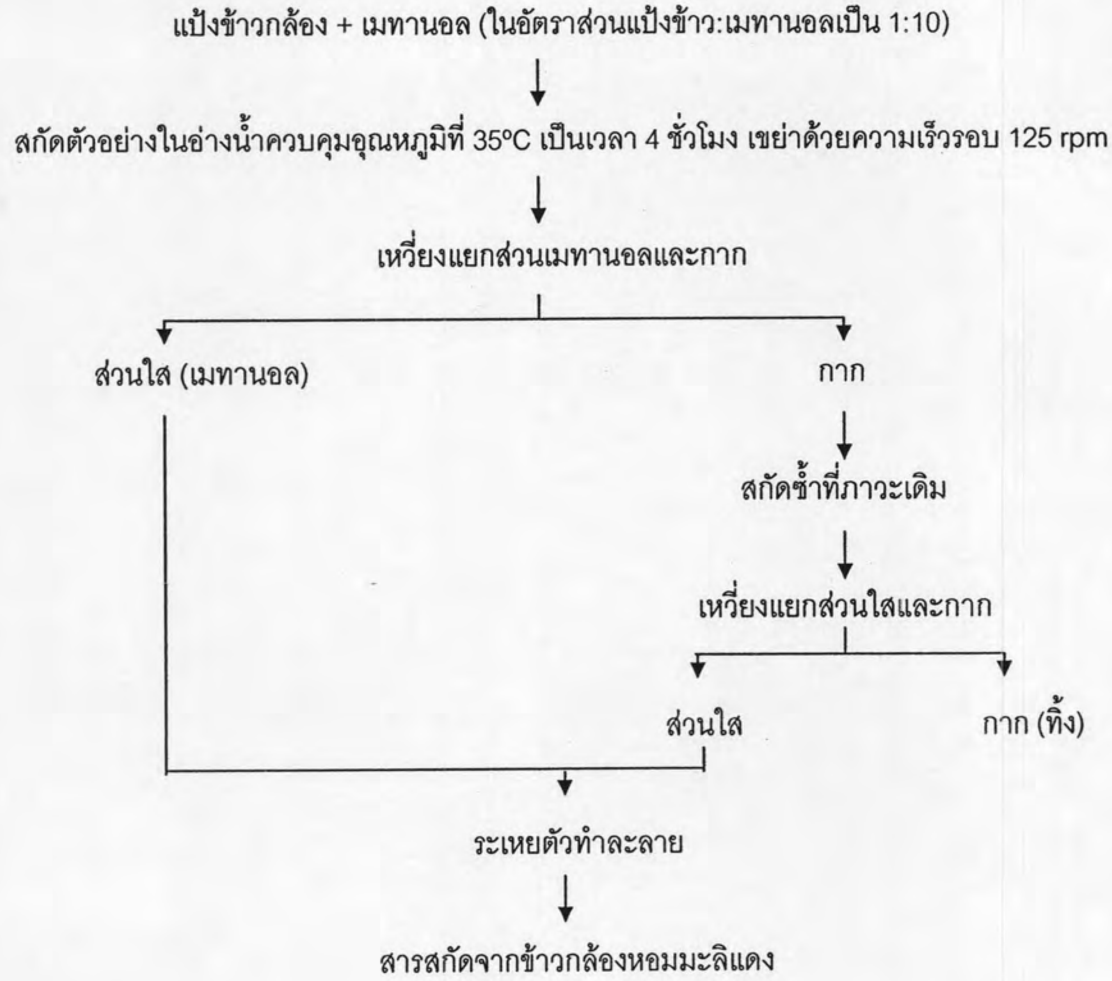
ทดลอง 3 ซ้ำ โดยนำเมล็ดข้าวกล้องหอมมะลิแดงใส่ในจานเพาะเชื้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 cm ใส่เมล็ดข้าวให้มีความสูง 1 cm ให้เต็มจาน แล้วกดให้แน่น จากนั้นใช้เครื่องวัดสี วัดสีของข้าว ตัวอย่างละ 5 บริเวณ วัดด้วยระบบ Hunter (L, a, b) โดยค่า L แสดงระดับความสว่างของสี ค่า a แสดงระดับสีแดง-เขียว และค่า b แสดงระดับสีเหลือง-น้ำเงิน

3.3.5.2 **การวิเคราะห์ปริมาณสารกลุ่มฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดจากข้าวกล้องหอมมะลิแดง**

บดตัวอย่างข้าวกล้องประมาณ 40 g ด้วยเครื่องบดไฟฟ้า (Panasonic, รุ่น MX-795N, Japan) แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 70 mesh (Retsch, Germany) เก็บแป้งข้าวที่ได้ในบรรจุภัณฑ์ชนิด OPP/AL/LLDPE ปิดผนึก เก็บไว้ที่อุณหภูมิ -18°C รอการวิเคราะห์ต่อไป

ก) การสกัดสารกลุ่มฟีนอลิก (ดัดแปลงจาก Thewaruth, 2007)

ชั่งแป้งข้าวกล้อง 5.0 ± 0.1 g ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 ml เติมเมทานอล (Merck, USA) ปริมาตร 50 ml (ในอัตราส่วนแป้งข้าว:เมทานอลเป็น 1:10) แล้วนำไปสกัดในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิพร้อมระบบเขย่า (GFL, รุ่น 1092, Germany) ที่อุณหภูมิ 35°C ความเร็วรอบในการเขย่า 125 rpm เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างไปเหวี่ยงแยกโดยใช้เครื่องเซนตริฟิวจ์ (Hettick, 460R, Germany) ที่ 21790×g เป็นเวลา 20 นาที ที่อุณหภูมิ 4°C เก็บส่วนใส (เมทานอล) ไว้ สำหรับกากที่แยกได้จากการสกัดด้วยเมทานอล จะนำมาสกัดซ้ำอีกครั้งดังภาวะที่กล่าวมาข้างต้น นำส่วนเมทานอลที่ได้จากการสกัดทั้ง 2 ครั้งมารวมกัน แล้วระเหยเมทานอลให้เหลือ 1 ใน 4 ส่วน ด้วยเครื่องระเหยชนิด rotary-evaporator (Eyela, N-N series, Japan) ที่ 65°C ประมาณ 4-5 นาที กรองสารสกัดที่ได้ด้วยกระดาษกรอง Whatman no.1 ปรับปริมาตรสารสกัดสุดท้ายให้เป็น 25 ml ด้วยเมทานอล เก็บไว้ในขวดสีชา ที่อุณหภูมิ -18°C (ทดลอง 3 ซ้ำ) ขั้นตอนการสกัดโดยย่อแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการสกัดสารกลุ่มฟีนอลิกจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดง

ข) การวิเคราะห์ปริมาณสารกลุ่มฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดจากข้าวกล้องหอมมะลิแดง

(1) วิเคราะห์ปริมาณสารกลุ่มฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin-Ciocalteu (Waterhouse, 2005) ดังแสดงในภาคผนวก ก.8

(2) ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน (total antioxidant activity) ด้วยวิธี

– 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) Assay (Brand-Williams, Cuvelier และ Beset, 1995) ซึ่งวัดความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระของตัวอย่าง ดังแสดงในภาคผนวก ก.9

– Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) Assay (Benzie และ Strain, 1996) ซึ่งวัดกำลังการรีดิวซ์ของตัวอย่าง ดังแสดงในภาคผนวก ก.10

ค) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารกลุ่มฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านออกซิเดชันทั้ง 2 วิธี วิเคราะห์ด้วยวิธี Pearson's Correlation และรายงานเป็นค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)

3.3.6 ศึกษาผลของการหุงข้าวต่อปริมาณสารกลุ่มฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดจากข้าวกล้องหอมมะลิแดง

3.3.6.1 การเตรียมตัวอย่างข้าวหุงสุก

นำตัวอย่างข้าว 130 ± 1 g ผสมน้ำ 260 g (ในอัตราส่วนข้าว:น้ำเป็น 1:2) มาหุงด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า ขนาด 0.6 L (Panasonic, รุ่น model SR-G06, Japan) ประมาณ 30 นาที อุ่นตัวอย่างหลังหุงอีกประมาณ 10 นาที แล้วบรรจุข้าวหุงสุกในบรรจุภัณฑ์ชนิด OPP/AL/LLDPE ปิดผนึก เก็บไว้ที่อุณหภูมิ -18°C รอการวิเคราะห์ต่อไป

3.3.6.2 การวัดสีข้าวกล้องหุงสุก

นำข้าวกล้องหุงสุกที่ทิ้งไว้จนมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้องมาวัดค่าสีในระบบ Hunter (L, a, b) โดยเครื่อง Chroma meter (Minolta, Model CR-300 series, Japan) ดังรายละเอียดในหัวข้อ 3.3.5.1

3.3.6.3 การเตรียมสารสกัดจากข้าวกล้องหุงสุก

นำข้าวกล้องหุงสุกประมาณ 150 ± 1 g ไปทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze dryer) (Labconco, Model 7753501, USA) ประมาณ 48 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ

-40°C ภายใต้ความดัน 1.33 × 10^{-5} mbar จากนั้นจึงเตรียมแป้งข้าวกล้องหุงสุกที่ทำแห้งแล้ว ดังรายละเอียดในหัวข้อ 3.3.5.2 แล้วจึงสกัดตัวอย่างด้วยตัวทำละลายอินทรีย์หรือย่อยตัวอย่างด้วยเอนไซม์

ก) การสกัดสารกลุ่มฟีนอลิกด้วยตัวทำละลายอินทรีย์

นำแป้งข้าวกล้องหุงสุกมาสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ ดังรายละเอียดในหัวข้อ 3.3.5.2

ข) การย่อยตัวอย่างด้วยเอนไซม์ (ดัดแปลงจาก Pérez-Jiménez และ Saura-Calixto, 2005)

(1) การเตรียมสารละลายเอนไซม์

– สารละลายเอนไซม์ pepsin : ละลาย pepsin (P-7000, Sigma, USA, activity 800-2500 units/mg protein) 300 mg ใน HCl-KCl buffer 0.2 M pH 1.5 ปริมาตร 1 ml

– สารละลายเอนไซม์ pancreatin : ละลาย pancreatin (P-1750, Sigma, USA, activity equipvalent 4x U.S.P) 5 mg ใน Phosphate buffer 0.1 M pH 7.5 ปริมาตร 1 ml

– สารละลายเอนไซม์ α-amylase : ละลาย α-amylase (A-3176, Sigma, USA, activity 26 units/mg solid) 120 mg ใน Phosphate buffer 0.1 M pH 6.9 ปริมาตร 1 ml

– สารละลายเอนไซม์ amyloglucosidase : ละลาย amyloglucosidase (A-74205, Sigma, USA, activity 67.4 units/mg) 25 mg ใน Sodium acetate buffer 0.2 M pH 4.8 ปริมาตร 5 ml

(2) ขั้นตอนการสกัด มีดังต่อไปนี้

ชั่งแป้งข้าวกล้องหุงสุก 900 ± 10 mg ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 ml ปรับตัวอย่างให้มีค่า pH เป็น 1.5 โดยเติม HCl-KCl buffer 0.2 M ประมาณ 60 ml เติม

สารละลายเอนไซม์ pepsin 0.2 ml บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 40°C 1 ชั่วโมง จากนั้นปรับ pH ของตัวอย่างให้มีค่าเป็น 7.5 แล้วจึงเติมสารละลายเอนไซม์ pancreatin 1 ml บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 37°C 6 ชั่วโมง แล้วปรับ pH ของตัวอย่างให้มีค่าเป็น 6.9 แล้วจึงเติมสารละลายเอนไซม์ α-amylase 1 ml บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 37°C 16 ชั่วโมง แล้วนำไปเหวี่ยงแยกที่ 21790×g เป็นเวลา 20 นาที นำส่วนใสมาปรับ pH ให้มีค่าเป็น 4.8 แล้วจึงเติมสารละลายเอนไซม์ amyloglucosidase 5 ml บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 60°C นาน 45 นาที นำสารสกัดที่ได้มากรองผ่านกระดาษกรอง Whatman no.1 ปรับปริมาตรสารสกัดสุดท้ายเป็น 100 ml ด้วยน้ำกลั่น เก็บไว้ในขวดสีชา ที่อุณหภูมิ -18°C ขั้นตอนการย่อยโดยย่อแสดงในรูปที่ 3.2

อนึ่ง ในการปรับ pH ของตัวอย่างระหว่างการสกัดจะใช้สารละลาย NaOH ความเข้มข้น 1 M และ 6 M หรือสารละลาย HCl ความเข้มข้น 1 M

แป้งข้าวกล้องหุงสุก + HCl-KCl buffer 0.2 M pH 1.5

↓

ย่อยด้วยสารละลายเอนไซม์ pepsin ที่ 40°C 1 ชั่วโมง pH 1.5

↓

ย่อยด้วยสารละลายเอนไซม์ pancreatin ที่ 37°C 6 ชั่วโมง pH 7.5

↓

ย่อยด้วยสารละลายเอนไซม์ α-amylase ที่ 37°C 16 ชั่วโมง pH 6.9

↓

เหวี่ยงแยกที่ 21790×g เป็นเวลา 20 นาที

ส่วนใส | กาก (ทิ้ง)

↓

ย่อยด้วยสารละลายเอนไซม์ amyloglucosidase
ที่ 60°C 45 นาที pH 4.8

↓

สารสกัดจากแป้งข้าวกล้องหุงสุก

รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการย่อยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงหุงสุกด้วยเอนไซม์

3.3.6.4 การวิเคราะห์ปริมาณสารกลุ่มฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดจากข้าวกล้องหอมมะลิแดง

วิเคราะห์ปริมาณสารกลุ่มฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดจากข้าวกล้องหุงสุก ดังรายละเอียดในหัวข้อ 3.3.5.2

3.3.7 การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

สำหรับการทดลองในส่วนที่ศึกษาผลของวิธีการทำแห้งต่อสมบัติทางกายภาพและปริมาณสารกลุ่มฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของข้าวกล้องหอมมะลิแดง และการทดลองในส่วนที่ศึกษาผลของวิธีการหุง วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ในขณะที่การทดลองในส่วนที่ศึกษาผลของภาวะการเก็บรักษาที่ภาวะต่างๆ ต่อสมบัติทางกายภาพและปริมาณสารกลุ่มฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของข้าวกล้องหอมมะลิแดง วางแผนการทดลองแบบ 2 x 2 x 6 Factorial in CRD โดยตัวแปรในการทดลอง ได้แก่

- ชนิดของบรรจุภัณฑ์ 2 ชนิด คือ OPP/AL/LLDPE และ Nylon/LLDPE
- อุณหภูมิการเก็บรักษา 2 ระดับ คือ อุณหภูมิห้อง และ 15°C
- เวลาการเก็บรักษา 6 ค่า คือ เดือนที่ 2 4 6 8 10 12

ทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของข้อมูล (analysis of variance) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%