

### บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย



#### 3.1 วัตถุดิบ

แมคคาดาเมียที่ใช้เป็นแมคคาดาเมีย พันธุ์ 344 508 660 และ 741 ซึ่งปลูกที่ตำบลโป่งแยง อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่ ประเทศไทย นำแมคคาดาเมียที่เก็บเกี่ยวแล้วแกะเปลือกหุ้มกะลาออกบรรจุใส่กระสอบตาข่ายไนลอน ขนส่งโดยรถบรรทุกมาที่ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นำแมคคาดาเมียที่ได้มาทำความสะอาดเช็ดด้วยผ้าแห้ง และคัดเลือกเมล็ดที่มีเชื้อราออกบรรจุลงถุงพลาสติกใส (ถุงปุ๋ย) เก็บแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เพื่อรอเวลานำมาทดลอง ก่อนการทดลอง นำแมคคาดาเมียมาหาความชื้น (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.1) แล้วนำมาปรับความชื้นให้ได้ประมาณ 20-22% d.b. เพื่อให้แมคคาดาเมียที่ได้มีปริมาณความชื้นอยู่ระดับใกล้เคียงกัน โดยการเติมน้ำและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน ทำการคลุกเคล้าทุกวัน (การคำนวณแสดงในภาคผนวก ก.2) จากนั้น หาความชื้นแมคคาดาเมียหลังการเพิ่มความชื้น นำแมคคาดาเมียที่ใช้ในการอบแห้งมาวางที่อุณหภูมิห้องจนอุณหภูมิเมล็ดเท่ากับอุณหภูมิห้อง

#### 3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ตารางที่ 3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

อุปกรณ์	รุ่น, บริษัทและสถานที่ผลิต	สถานที่ใช้
เครื่องอบแห้งแบบอบแห้งด้วยลมร้อนและแบบปั๊มความร้อน (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.3)	คณะพลังงานและวัสดุ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระ จอมเกล้าธนบุรี	คณะพลังงานและวัสดุ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระ จอมเกล้าธนบุรี
ตู้อบแห้งสุญญากาศ	Gallenkamp, Japan	คณะวิศวกรรมอาหาร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระ จอมเกล้าธนบุรี

ตารางที่ 3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง (ต่อ)

อุปกรณ์	รุ่น, บริษัทและสถานที่ผลิต	สถานที่ใช้
เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง	Sartorius รุ่น CP320S, Germany	คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอม เกล้าธนบุรี
เครื่องชั่งทศนิยม 3 ตำแหน่ง	Sartorius รุ่น CP3202S, Germany	คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอม เกล้าธนบุรี
เครื่องวัดอุณหภูมิอากาศใน ห้องอบแห้งที่ตำแหน่งทางเข้า และทางออกของห้องอบแห้ง วัดโดยเทอร์โมคัปเปิล ชนิด K ต่อเข้ากับเครื่องบันทึกข้อมูล	บริษัท YOKOGAWA รุ่น $\mu r$ 1800, ความละเอียด $\pm$ 0.1 องศาเซลเซียส	คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอม เกล้าธนบุรี
เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ใน ห้องอบแห้งที่ตำแหน่งทางเข้า และทางออก ของห้องอบแห้ง	SILA รุ่น AP-1701 วัดความชื้นได้ในช่วง 10-90% ที่ความละเอียด $\pm$ 0.1%	คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอม เกล้าธนบุรี
เครื่องอบแห้งลมร้อน		ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
เครื่องอบแห้งสุญญากาศ	ตู้อบ (Hot Pack) และ บีมดูด อากาศ (Trivac, Germany)	ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
เครื่องวัดสี Color Flex	HunterLab รุ่น 45/0, USA	ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
UV/Vis Spectrophotometer	Jasco รุ่น V530, Japan	ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
เครื่องวัด Water activity	Decagon Devices รุ่น AquaLink 3.0, USA	ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง	Sartorius รุ่น BP310S, Germany	ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ตู้แช่เย็น อุณหภูมิ 15 องศา เซลเซียส	สหการเครื่องเย็นสแตนเลส, ประเทศไทย	ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถ้วยอลูมิเนียมขนาดใหญ่อันผ่านศูนย์กลาง 7.3 เซนติเมตร สูง 6.4 เซนติเมตร และขนาดเล็กผ่านศูนย์กลาง 6 เซนติเมตร สูง 4.6 เซนติเมตร

อุปกรณ์กะเทาะกะลาแมคคาดาเมีย (ดัดแปลงจากค้อนทุบและที่จับอาหารทอด)

โถตุคความชื้น

### 3.3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

#### 3.3.1 ศึกษาสมบัติของวัตถุดิบเริ่มต้น

ศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของแมคคาดาเมียสด ทำการทดลอง อย่างละ 3 ซ้ำ ดังหัวข้อต่อไปนี้

1. ค่า SG แมคคาดาเมียทั้งกะลาทดสอบโดยการลอยน้ำ
2. ขนาดแมคคาดาเมียทั้งกะลา (Nut in Shell) วัดด้วย Vernier caliper
3. ค่าสีเนื้อในแมคคาดาเมีย ในระบบ CIE L\*a\*b\* แหล่งกำเนิดแสง D65

(รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.5)

4. ปริมาณความชื้นแมคคาดาเมียทั้งกะลา (ดัดแปลงจาก Wall and Gentry, 2006) (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.1)

5. ค่า Water activity ( $a_w$ ) เนื้อในแมคคาดาเมีย (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.4)

6. ค่าเปอร์ออกไซด์เนื้อในแมคคาดาเมีย Official Method Cd 8-53 (AOCS., 1998) (รายละเอียดแสดงภาคผนวก ก.6)

7. ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงเนื้อในแมคคาดาเมียโดยใช้ DNSA Method (AOAC, 1995) (รายละเอียดแสดงภาคผนวก ก.7)

3.3.2 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและเวลาในการอบแห้งแมคคาดาเมียทั้งกะลา (Nut in shell) ด้วยบีมความร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

ทดลองอบแห้งแมคคาดาเมียที่ผ่านการเพิ่มความชื้น (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.2) โดยมีความชื้นเริ่มต้นประมาณ 16-17% d.b. โดยใช้บีมความร้อน ให้ได้ความชื้นสุดท้ายประมาณ 5% d.b. เพื่อจะได้เวลาที่เหมาะสมในการเปลี่ยนขั้นตอนการอบแห้งที่ระดับความชื้นการอบแห้งที่ 8.7% d.b. และ 11.11% d.b. นำแมคคาดาเมียทั้งกะลาหลังการอบแห้งไปวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โดยวิธีอบแห้งในตู้อบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ตามวิธี

ที่ดัดแปลงจาก Wall และ Gentry (2006) (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.1) วิเคราะห์ปริมาณความชื้น 3 ซ้ำ

3.3.3 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและเวลาในการอบแห้งแมคคาตาเมียทั้งกะลาด้วยวิธีป้อนความร้อนอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ร่วมกับวิธีลมร้อนอุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส

อบแห้งแมคคาตาเมียที่ผ่านการเพิ่มความชื้น โดยมีความชื้นเริ่มต้นประมาณ 20-21% d.b. โดยใช้ป้อนความร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสในขั้นตอนแรกจนแมคคาตาเมียมีความชื้นประมาณ 8.7% d.b. และ 11.11% d.b. นำแมคคาตาเมียที่ความชื้นดังกล่าวเข้าสู่ขั้นตอนการอบแห้งในขั้นตอนที่สอง อบแห้งด้วยลมร้อนอุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส จนได้ความชื้นสุดท้ายประมาณ 1-2% d.b. แผนการทดลองภาวะในการอบแห้ง แสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ภาวะในการอบแห้งแมคคาตาเมียทั้งกะลาด้วยวิธีป้อนความร้อนร่วมกับลมร้อน

ป้อนความร้อน HP (°C)	ความชื้นในการเปลี่ยน ขั้นตอนการอบแห้ง (% d.b.)	ลมร้อน HA (°C)	สัญลักษณ์ย่อ
40	8.7	50	HA50 MC8.7
		60	HA60 MC8.7
		70	HA70 MC8.7
	11.11	50	HA50 MC11.11
		60	HA60 MC11.11
		70	HA70 MC11.11

วางแผนการทดลองแบบ Factorial 3 x 2 ทดลอง 2 ซ้ำ มีทั้งสิ้น 6 หน่วยการทดลอง ตัวแปรการทดลอง คือ อุณหภูมิในการอบแห้ง และความชื้นในการเปลี่ยนขั้นตอนการอบแห้ง นำแมคคาตาเมียทั้งกะลาหลังการอบแห้งจนความชื้นลดเหลือ 1-2% d.b. ไปวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โดยวิธีอบแห้งในตู้อบสุญญากาศ ตามวิธีที่ดัดแปลงจาก Wall และ Gentry (2006) (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.1) วิเคราะห์ปริมาณความชื้น 3 ซ้ำ

### 3.3.4 ศึกษาคุณภาพเนื้อในแมคคาดาเมียภายหลังการอบแห้ง 6 ภาวะ

นำเนื้อในแมคคาดาเมียที่ผ่านการอบแห้งจากข้อ 3.3.3. ไปวิเคราะห์คุณภาพด้วยวิธีเช่นเดียวกับหัวข้อ 3.3.1

ทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test เลือกภาวะการอบแห้งที่เหมาะสม ได้แก่ ค่าสี L\* สูง ค่าการเปลี่ยนแปลงสีต่ำ และค่าเปอร์ออกไซด์ต่ำ

3.3.5 ศึกษาคุณภาพแมคคาดาเมียหลังอบแห้งด้วยวิธีที่ใช้ในอุตสาหกรรมเทียบกับวิธีการอบแห้งแมคคาดาเมียที่ภาวะที่เหมาะสม (จากหัวข้อ 3.3.4)

อบแห้งแมคคาเดเมียปริมาณ 2 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน อบต่อเนื้อที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน ชั้นตอนสุดท้ายอบด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน (Australian Macadamia Society, 2004) ไปวิเคราะห์คุณภาพด้วยวิธีเช่นเดียวกับหัวข้อ 3.3.1

ทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test กับแมคคาดาเมียที่อบด้วยภาวะที่เหมาะสม (จากข้อ 3.3.4)

3.3.6 ศึกษาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้อง (อุณหภูมิ 29-33 องศาเซลเซียส)

อบแห้งแมคคาเดเมียด้วยภาวะการอบแห้งที่เหมาะสม (จากข้อ 3.3.3) จนได้ความชื้นสุดท้ายประมาณ 1.5-2% d.b. นำมากะเทาะกะลาออก แล้วบรรจุลงบรรจุภัณฑ์ 2 ชนิด จากบริษัทเจนจรัส ซัพพลาย จำกัด ได้แก่ ถุง OPP/AL/PE/LLDPE หนา 100 ไมครอน ขนาด 18x21 เซนติเมตร ค่าอัตราการซึมผ่านออกซิเจน 0.2-5 g/m<sup>2</sup>/24hr ค่าอัตราการซึมผ่านไอน้ำ 0.5-6 cc/m<sup>2</sup>/24hr ปิดผนึกภายใต้ภาวะสุญญากาศ และ ถุง Nylon (Nylon/LLDPE) หนา 70 ไมครอน ขนาด 17x21 เซนติเมตร ค่าอัตราการซึมผ่านออกซิเจน 30-120 g/m<sup>2</sup>/24hr ค่าอัตราการซึมผ่านไอน้ำ 16 cc/m<sup>2</sup>/24hr ปิดผนึกสุญญากาศ บรรจุลงในกล่องกระดาษขนาด 14 x 20 เซนติเมตร บรรจุถุงละ 50 กรัม เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (อุณหภูมิ 29-33 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ 60-70%) ทำการวิเคราะห์คุณภาพด้วยวิธีเช่นเดียวกับหัวข้อ 3.3.1 ทุกสัปดาห์ เป็นเวลา 1 เดือน

ทดลอง 3 ชั้น วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS เปรียบเทียบ ความแตกต่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test