

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัสดุ อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 วัสดุอุปกรณ์ในการสกัด

1. กะเพราแดง (*Ocimum sanctum* L.) จากตลาดแม่เหียะ จังหวัดเชียงใหม่

3.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตกะเพราอบแห้ง

1. เครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุน (MarchCool, Co., Thailand)
2. เครื่องบดแห้ง (Moulinex, Spain)

3.1.3 สารเคมีที่ใช้ในการสกัดแคโรทีนอยด์

1. เอทานอล (Ethanol: C_2H_5OH , AR grade, Merck, England)
2. เอทานอล (Ethanol: C_2H_5OH , Food grade, องค์การสุรา, Thailand)
3. เฮกเซน (Hexane: $CH_3(CH_2)_4CH_3$, AR grade, Lab-scan, Ireland)
4. อะซีโตน (Acetone: $(CH_3)_2CO$, AR grade, Lab-scan, Ireland)
5. น้ำกลั่น (distilled water)

3.1.4 วัสดุที่ใช้ในการผลิตไมโครแคปซูลแคโรทีนอยด์

1. มอลโตเดกซ์ทริน (DE 10) จากบริษัท โอวี เคมีคอล
2. กัมอะราบิก จากบริษัท โอวี เคมีคอล
3. เจลาติน จากบริษัท โอวี เคมีคอล
4. โพรไพลีนไกลคอล (Propylene glycol) จากบริษัท โอวี เคมีคอล

3.1.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตไมโครแคปซูลแคโรทีนอยด์

1. เครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Labconco, USA)
2. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง (A&D, Model FX-2000i, Japan)
3. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง (A&D, Model HR- 202i, Japan)

4. เครื่องผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน (Homogenizer, Silverson: L4RT, England)
5. ตู้แช่เยือกแข็ง (Freezer, SANYO, Thailand)
6. ไมโครปิเปตต์ขนาด 100-5,000 ไมโครลิตร (Micropipette, GILSON, France)
7. เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ (Hand refractometer, ATAGO, Japan)
8. เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer, OKATON, China)

3.1.6 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพ

1. เครื่องระเหยสุญญากาศ (Rotary vacuum evaporator, Büchi: V800, Switzerland)
2. อ่างอ่างไอน้ำแบบหลุม (Water bath, NICKEL ELETRO LTD., England)
3. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer, Model Genesys 10 UV Scanning, USA)
4. เครื่องเขย่า (Shaker, Heidolph: Model Unimax 2010, Heidolph Instruments GmbH & Co. KG, Schwabach, Germany)
5. เครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge, Hettich: Model EBA 20, Germany)
6. เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี (a_w) (Aqualab LITE, DECAGON, USA.)
7. เครื่องวัดค่าสี (Chroma meter, Model CR-400, KONICA MINOLTA, Japan)
8. โถดูดความชื้น (desiccator)
9. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Oertling: Model VA304, UK)
10. เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Precisa: Model BJ1000C, Switzerland)
11. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven, Memmert: 400, Germany)
12. ชุดอุปกรณ์เครื่องแก้วและเครื่องมือวิทยาศาสตร์
13. ชุดกรอง ประกอบด้วย กรวยกรอง และเครื่องปั๊มสุญญากาศ (Suction pump)
14. กระดาษกรอง เบอร์ 1 (Whatman, England)
15. กระป๋องอลูมิเนียมพร้อมฝาปิด (moisture can)
16. ซ้อนตักสาร
17. ขวดสีขาขนาด 15 มิลลิลิตร

สารเคมีที่ใช้ในการศึกษาอายุการเก็บรักษาของสารเก็บกัก

1. ลิเทียมคลอไรด์ (Lithium chloride: LiCl, Fisher scientific, UK)
2. แมกนีเซียมคลอไรด์ (Magnesium chloride hexahydrate: $MgCl_2 \cdot 6H_2O$, Scharlau Chemie S.A., Spain)
3. โซเดียมไนไตรท์ (Sodium nitrite: $NaNO_2$, Fluka, Switzerland)
4. โพแทสเซียมคาร์บอเนต (Potassium carbonate: K_2CO_3 , Riedel-de-Haen, Germany)
5. โซเดียมคลอไรด์ (Sodium chloride: NaCl, J.T.Baker, Mexico)
6. โพแทสเซียมอะซิเตรท (Potassium acetate: CH_3COOK , UNILAB, Australia)
7. โพแทสเซียมคลอไรด์ (Potassium chloride: KCl, Rankem, India)
8. แมกนีเซียมไนเตรต (Magnesium nitrate hexahydrate: $Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$, Rankem, India)
9. น้ำกลั่น (distilled water)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาความคงตัวของสารเก็บกัก

1. ขวดแก้วพร้อมฝาปิดขนาด 7 ออนซ์ จากบริษัท อุตสาหกรรมเครื่องแก้วไทย จำกัด
2. แก้วขนาด 2 ออนซ์ (LG 42) จากบริษัท ลักกี้กลาส จำกัด
3. ถ้วยพลาสติกรูปวงกลม
4. ตู้บ่มอุณหภูมิต่ำชนิดตู้เย็น (Incubator, Sanyo: Model MIR-553, Japan)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

1. ชุดอุปกรณ์ทดสอบชิม
2. แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส (รายละเอียดแสดงดังภาคผนวก ค)

เครื่องประมวลผลทางสถิติ

1. คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล
2. โปรแกรมสำเร็จรูป Design-Expert version 6.0.10 (Stat-ease Inc., MN)
3. โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for windows version 16.0 (SPSS Inc., Chicago, IL)

3.2 วิธีการวิจัย

วิธีการวิจัยแบ่งออกเป็น 6 ตอนดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 การศึกษาผลของชนิดและอัตราส่วนของตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดปริมาณแคโรทีนอยด์ของใบกะเพราสดและแห้ง

ทำการศึกษาผลของชนิดและอัตราส่วนของตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดปริมาณแคโรทีนอยด์ของใบกะเพรา โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ตอน ได้แก่ การสกัดด้วยใบกะเพราสดและการสกัดด้วยใบกะเพราแห้ง การสกัดแคโรทีนอยด์จากใบกะเพราดัดแปลงจากวิธีของขวัญดาวและมนัชยา (2543) มีวิธีการ คือ นำใบกะเพราที่ปั่นละเอียดแล้วจำนวน 5 กรัม ใส่ลงในขวดสีชา จากนั้นเติมตัวทำละลายแต่ละชนิด ซึ่งได้แก่ เอทานอล (เข้มข้น) อะซิโตน (เข้มข้น) เฮกเซน (เข้มข้น) และตัวทำละลายผสมระหว่างเฮกเซนและอะซิโตน อัตราส่วน 9 ต่อ 1 (ขวัญดาวและมนัชยา, 2543) ซึ่งใช้ในอัตราส่วนของใบกะเพราต่อตัวทำละลายเท่ากับ 1:10, 1:20 และ 1:30 จากนั้นปิดฝา เขย่าและตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบ 24 ชั่วโมงจึงนำสารสกัดที่ได้มากรองผ่านสำลี และกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 เพื่อใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพ

การเตรียมตัวอย่างใบกะเพราสด

นำใบกะเพรามาล้างทำความสะอาด ทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำ แล้วนำไปปั่นให้ละเอียด เพื่อใช้ในการสกัด

การเตรียมตัวอย่างใบกะเพราแห้ง

นำใบกะเพราสดมาล้างน้ำ แล้วนำไปอบโดยใช้เครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุน (Microwave vacuum rotary drum dryer) ใช้ระดับการจ่ายพลังงานร้อยละ 100 (พลังงาน 4,000 วัตต์) เปิดหลอดเม็กนีตรอน 5 ชั่วโมง อุณหภูมิสุดท้ายของการอบ คือ 60 องศาเซลเซียส โดยใช้ใบกะเพราเริ่มต้น 2,000 กรัม ใบกะเพราอบแห้งที่ได้มีปริมาณความชื้นร้อยละ 5.88 ค่าแอดอร์-แอกติวิตี 0.386 นำใบกะเพราที่ได้มาบดให้ละเอียด บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ ปิดปากถุงให้สนิท

การวิเคราะห์คุณภาพ

- ร้อยละของสารสกัดที่ได้ (% yield) คัดแปลงจากวิธีการของ Boryana *et al.* (2007) นำสารสกัดที่ได้ไประเหยตัวทำละลายด้วยอ่างอังไอน้ำแบบหลุม จากนั้นนำไประเหยในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส คำนวณหาปริมาณสารที่สกัดได้
- ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในการสกัด คัดแปลงจากวิธีการของพรานิภา (2536) และ Desobry *et al.* (1997) นำสารสกัดที่ได้มากรองผ่านกระดาษกรอง ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในตู้ดูดควันเพื่อให้ตัวทำละลายระเหย เติมหอกเซน 10 มิลลิลิตร ลงในสารสกัดแห้งที่ได้ นำไปวิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 454 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Spectrophotometer (Genesys 10 UV Scanning, USA) วิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์ที่ได้โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลายเบต้าแคโรทีน รายงานผลเป็นมิลลิกรัมต่อตัวอย่างแห้ง 100 กรัม (กราฟมาตรฐานและวิธีคำนวณแสดงในภาคผนวก ก)
- ค่าสี $L^* a^* b^*$ วัดค่าสีในรูป ค่าสี L^* a^* และ b^* ด้วยเครื่องวัดสี Chroma meter model CR-400 (KONICA MINOLTA, Japan) โดยค่า L^* คือ ค่าความสว่าง (lightness) มีค่าตั้งแต่ 0 (สีดำ) จนถึง 100 (สีขาว) ถ้ามีค่าสูงแสดงว่าผลิตภัณฑ์นั้นมีสีสว่างมาก ถ้ามีค่าต่ำแสดงว่าผลิตภัณฑ์นั้นมีสีคล้ำหรือค่อนข้างมืด ค่า a^* ถ้ามีค่าเป็นบวก แสดงว่าผลิตภัณฑ์นั้นมีแนวโน้มไปทางสีแดง (redness) ถ้ามีค่าเป็นลบ แสดงว่าผลิตภัณฑ์นั้นมีแนวโน้มไปทางสีเขียว (greenness) ส่วนค่า b^* คือ มีค่าเป็นบวก แสดงว่าผลิตภัณฑ์นั้นมีแนวโน้มไปทางสีเหลือง (yellowness) ถ้าเป็นค่าลบ แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเป็นสีน้ำเงิน (blueness) (วิชิตดา, 2550)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ 4*3 Factorial Design จำนวน 12 สิ่งทดลอง ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำข้อมูลที่ได้ไปทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 16.0 (SPSS Inc., Chicago, USA)

ตอนที่ 2 การศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลในการสกัดปริมาณแคโรทีนอยด์ของใบกะเพราแห้ง

ทำการศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลในการสกัดปริมาณแคโรทีนอยด์ในใบกะเพราแห้ง โดยผันแปรความเข้มข้นของเอทานอลที่ใช้ในการสกัดปริมาณแคโรทีนอยด์ ซึ่งความเข้มข้นของเอทานอลที่ใช้ในการสกัด ได้แก่ ร้อยละ 75, 85, 95 และ 100

การวิเคราะห์คุณภาพ

- ร้อยละของสารสกัดที่ได้ (% yield)
- ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดสกัด
- ค่าสี $L^* a^* b^*$

การวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) จำนวน 4 สิ่งทดลอง ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำข้อมูลที่ได้ไปทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 16.0 (SPSS Inc., Chicago, USA)

ตอนที่ 3 การศึกษาวัสดุที่ใช้ในการเก็บกักแคโรทีนอยด์

ทำการศึกษาชนิดวัสดุที่ใช้ในการเก็บกักแคโรทีนอยด์ที่เหมาะสม จำนวน 3 ชนิด ได้แก่

- มอลโทเดกซ์ทริน (DE 10)
- เจลาติน
- กัมอะราบิก

วางแผนการทดลองแบบ mixture design โดยใช้โปรแกรม Design-Expert version 6.0.2 ทำการผันแปรปริมาณของวัสดุที่ใช้ในการเก็บกักแคโรทีนอยด์ตามตารางที่ 3.1 กำหนดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในสารละลายห่อหุ้มเท่ากับ 20 งามบาริกซ์ และอัตราส่วนของสารสกัดต่อสารละลายโพวไพลีน ไกลคอลที่ใช้ในการละลายสารสกัดเท่ากับ 1 ต่อ 5 (16.67%) ในกระบวนการทำแห้งจะใช้การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งโดยประยุกต์จากวิธีของ Desobry *et al.* (1997)

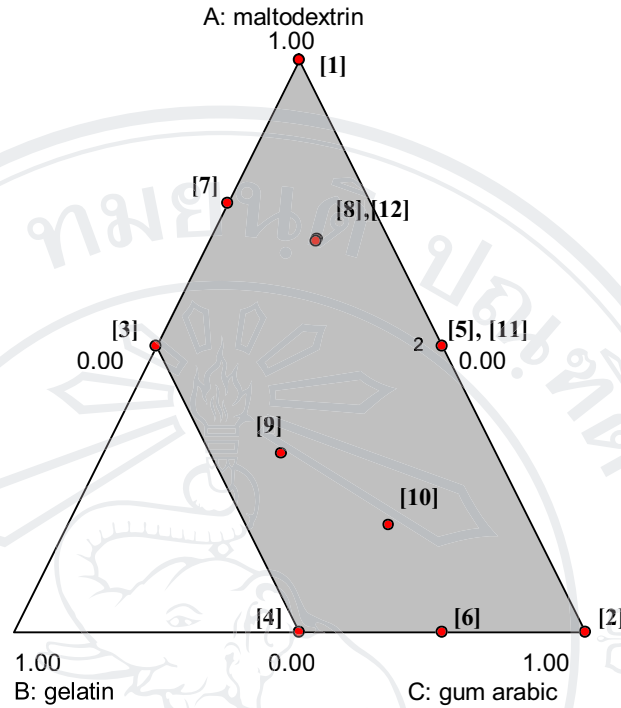
ตารางที่ 3.1 ระดับสูง-ต่ำของอัตราส่วนวัสดุในการเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพรา

วัสดุที่ใช้ในการเก็บกัก	ระดับต่ำ	ระดับสูง (หน่วย : ร้อยละ)
มอลโทเดกซ์ทริน	0	100
กัมอะราบิก	0	100
เจลาติน	0	50

ตารางที่ 3.2 ระดับปัจจัยในแต่ละสิ่งทดลองที่ได้จากการวางแผนแบบส่วนผสม (Mixture design) สำหรับผลิตไมโครแคปซูลแคโรทีนอยด์

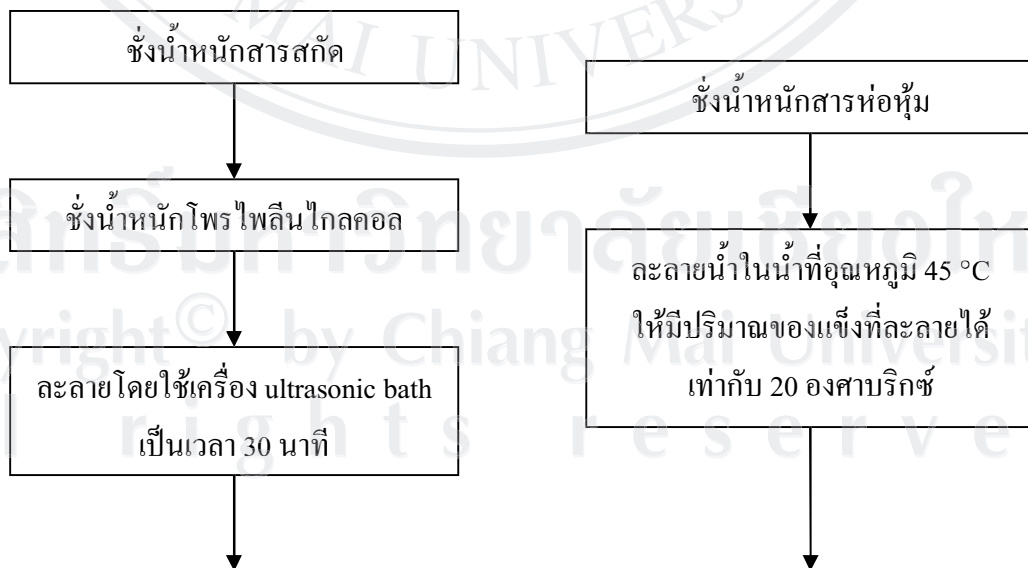
สิ่งทดลอง	ส่วนประกอบ (ร้อยละ)		
	มอลโทเดกซ์ทริน	กัมอะราบิก	เจลาติน
1	100.00	-	-
2	-	100.00	-
3	50.00	-	50.00
4	-	50.00	50.00
5	50.00	50.00	-
6	-	75.00	25.00
7	75.00	-	25.00
8	68.75	18.75	12.50
9	31.25	31.25	37.50
10	18.75	0.56	25.00
11	50.00	50.00	-
12	68.75	18.75	12.50

กำหนดสัดส่วนตามเงื่อนไขที่กำหนด จะได้สัดส่วนของวัสดุทั้งหมด 12 สิ่งทดลอง ที่มีจุดซ้ำ 2 จุด คือสิ่งทดลองที่ 8 และ 12 ดังแสดงในตารางที่ 3.2 และภาพที่ 3.1



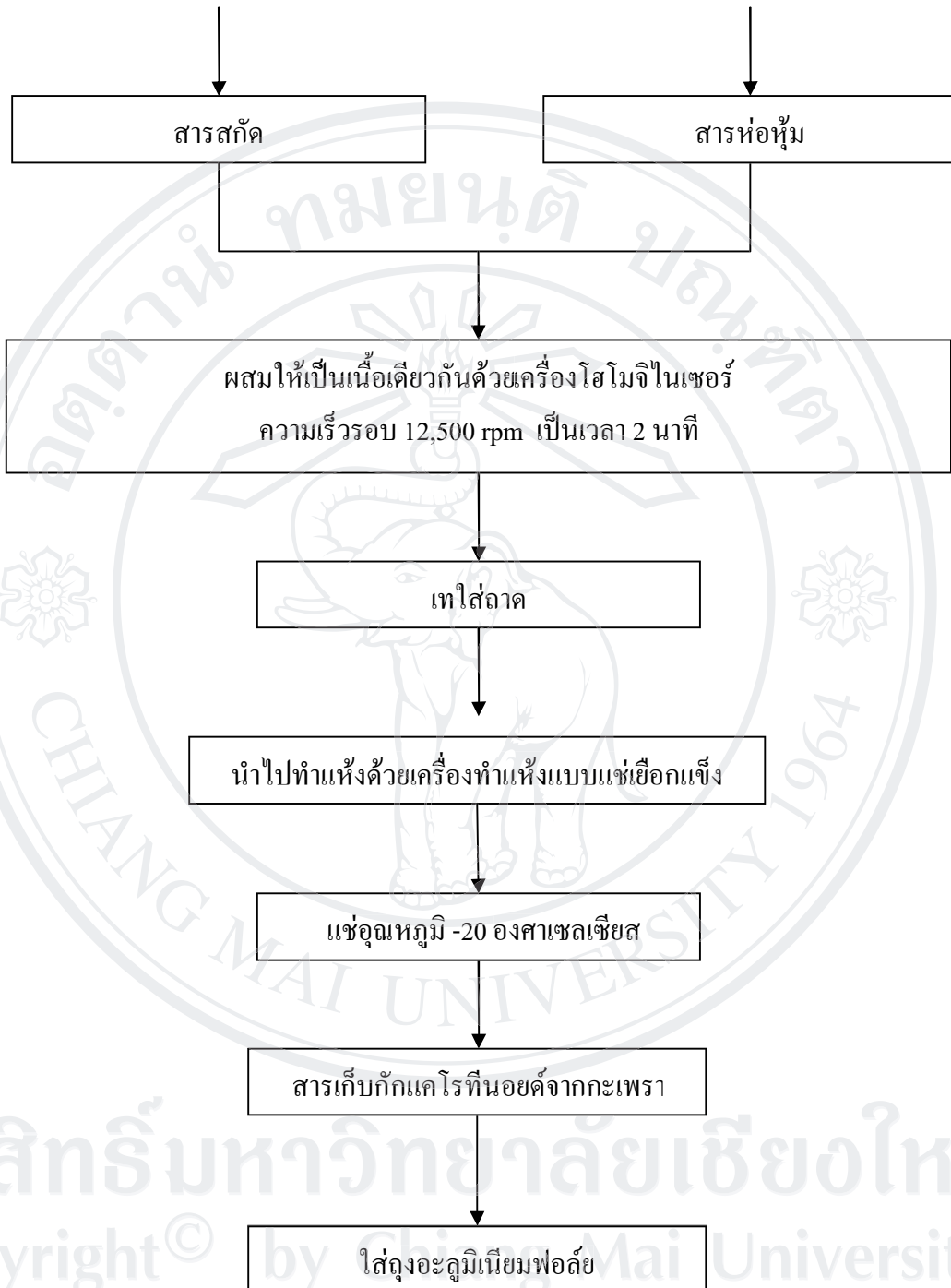
ภาพที่ 3.1 ระดับปัจจัยของวัสดุที่ใช้ในการเก็บกักทั้ง 12 สิ่งทดลอง

เตรียมสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากกะเพราแสดงดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 กระบวนการผลิตไมโครแคปซูลแคโรทีนอยด์จากสารสกัดกะเพรา (ดัดแปลงวิธีของ

Kaushik and Roos, 2007)



ภาพที่ 3.2 (ต่อ) กระบวนการผลิตไมโครแคปซูลแคโรทีนอยด์จากสารสกัดกะเพรา (ดัดแปลงวิธี

ของ Kaushik and Roos, 2007)

สารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพราที่ได้นำมาวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพและเคมี ดังนี้

- ค่าสี $L^* a^* b^*$

- ค่าวอเตอร์แอกติวิตี

ใส่ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ลงในตลับพลาสติกสำหรับวัดค่า a_w แล้วนำไปใส่เครื่อง Aqualab LITE บันทึกค่า a_w ที่ค่าคงที่ ณ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ย

- ปริมาณความชื้น (AOAC, 2003)

ชั่งตัวอย่างหนัก 1 กรัม ด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง ใส่ลงใน moisture can ที่ผ่านการอบแห้ง และทราบน้ำหนักแน่นอน นำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลานานประมาณ 24 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักของตัวอย่างคงที่ โดยการนำตัวอย่างออกจากตู้อบปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ คำนวณหาปริมาณความชื้น แล้วหาค่าเฉลี่ย

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

- ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด คัดแปลงจากวิธีการของ Desobry *et al.* (1997)

ชั่งตัวอย่างให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอน 2.0000 ± 0.0020 กรัม ลงในหลอดทดลองพร้อมฝาปิดขนาด 50 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 2.50 มิลลิลิตร และเฮกเซนจำนวน 25.0 มิลลิลิตร นำไปเขย่าโดยเครื่องเขย่า ที่ความเร็วรอบ 300 rpm เป็นเวลา 1 ชั่วโมง คูดสารละลายในชั้นเฮกเซนไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 454 นาโนเมตร วิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์ที่ได้โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลายเบต้าแคโรทีน รายงานผลเป็น ppm ต่อตัวอย่าง 1 กรัม (กราฟมาตรฐานและวิธีคำนวณแสดงในภาคผนวก ก)

- ปริมาณแคโรทีนอยด์ที่พื้นผิว คัดแปลงจากวิธีการของ Desobry *et al.* (1997)

ชั่งตัวอย่างให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอน 2.0000 ± 0.0020 กรัม ลงในหลอดทดลองพร้อมฝาปิดขนาด 50 มิลลิลิตร เติมหอกเซนจำนวน 25.0 มิลลิลิตร เขย่าโดยเครื่องเขย่า ที่ความเร็วรอบ 100 rpm เป็นเวลา 15 วินาที ทำให้ตกตะกอนด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 1,000 g เป็น

เวลา 1 นาที ดูดสารละลายส่วนใสไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 454 นาโนเมตร วิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์ที่ได้โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลายเบต้าแคโรทีน รายงานผลเป็น ppm ต่อตัวอย่าง 1 กรัม (กราฟมาตรฐานและวิธีคำนวณแสดงในภาคผนวก ก)

- ประสิทธิภาพของการเก็บกัก คัดแปลงจากวิธีการของ Rodríguez-Huezo *et al.* (2004) คำนวณได้จาก

$$\text{ประสิทธิภาพการเก็บกัก} = \frac{[\text{ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด} - \text{ปริมาณแคโรทีนอยด์ที่พื้นผิว}]}{\text{ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด}} \times 100$$

นำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยวิเคราะห์ทางสถิติหาสมการถดถอย และวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Design-Expert (Stat-ease Inc., MN)

ตอนที่ 4 การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างสารสกัดและวัสดุที่ใช้ในการเก็บกัก

เมื่อได้สารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพราที่มีวัสดุที่เหมาะสมเป็นตัวเก็บกักแคโรทีนอยด์แล้ว ทำการผันแปรปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และความเข้มข้นของสารสกัดที่ใช้วางแผนการทดลองแบบ 3^2 Factorial โดยกำหนดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในสารละลายห่อหุ้ม 3 ระดับ ได้แก่ 15, 20 และ 25 องศาบริกซ์ และอัตราส่วนของสารสกัดต่อสารละลายโพรไพลีนไกลคอลที่ใช้ในการละลายสารสกัด 3 ระดับ ได้แก่ 1 ต่อ 5 (16.67%), 2 ต่อ 5 (28.57%) และ 3 ต่อ 5 (37.50%) ดังตารางที่ 3.3 นำวัสดุที่ใช้ในการเก็บกักทั้ง 3 ชนิดที่มีอัตราส่วนของมอลโทเดกซ์ทริน: เจลาติน: กัมอะราบิก เท่ากับ 0.54:0.05:0.41 มาละลายน้ำ แล้วนำมาวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ให้ตรงตามการผันแปรปริมาณของแข็งที่ละลายได้ แล้วจึงนำมาเติมสารสกัดแคโรทีนอยด์ที่ละลายในสารละลายโพรไพลีนไกลคอลที่ได้มีการผันแปรในแต่ละสิ่งทดลอง

ตารางที่ 3.3 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของวัสดุที่ใช้และความเข้มข้นของสารสกัดในแต่ละสิ่งทดลอง

สิ่งทดลอง	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (°Brix)	อัตราส่วนของสารสกัดต่อสารละลาย โพรไพลีนไกลคอล (%)
1	15	1:5 (16.67)
2	15	2:5 (28.57)
3	15	3:5 (37.50)
4	20	1:5 (16.67)
5	20	2:5 (28.57)
6	20	3:5 (37.50)
7	25	1:5 (16.67)
8	25	2:5 (28.57)
9	25	3:5 (37.50)

หมายเหตุ: ทำการทดลอง 2 ซ้ำ

การวิเคราะห์คุณภาพ

- ค่าสี L*a* b*
- ค่าอัตรการดูดกลืน
- ปริมาณความชื้น
- ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด
- ปริมาณแคโรทีนอยด์ที่พื้นผิว
- ประสิทธิภาพของการเก็บกัก

นำข้อมูลที่ได้อำมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 16.0 (SPSS Inc., Chicago, USA)

ตอนที่ 5 การศึกษาหาอายุการเก็บรักษาสารเก็บกักแคลโรทีนอยด์

ประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีการเร่ง (accelerated shelf life testing) ด้วยความชื้น โดยการหา sorption isotherm ของผลิตภัณฑ์ ประยุกต์จากวิธีของ Rodríguez-huezo *et al.* (2004) ทำโดยเตรียมสารละลายเกลืออิ่มตัว 8 ชนิด ได้แก่ LiCl, CH₃COOK, MgCl₂, K₂CO₃, Mg(NO₃)₂, NaNO₂, NaCl และ KCl (ซึ่งทำให้ได้สภาวะที่มีค่าวอเตอร์แอกติวิตีเป็น 0.113, 0.216, 0.324, 0.432, 0.514, 0.628, 0.751 และ 0.836 ตามลำดับ) เกลงใน Sorption Bottle ทิ้งไว้ให้เกิดภาวะสมดุล ชั่งตัวอย่าง 1.5 กรัม ใส่ด้วยพลาสติก ทำการปิดฝาให้สนิท เก็บตัวอย่างในตู้บ่ม ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน ทำการสุ่มตัวอย่างทุกวัน เพื่อชั่งน้ำหนักของตัวอย่าง เมื่อตัวอย่างมีน้ำหนักคงที่ นำไปหาปริมาณความชื้น (AOAC, 2000) เพื่อนำค่าที่ได้ไปสร้างกราฟ Sorption Isotherm วัดค่าอัตราการซึมผ่านของแก๊ส (water vapor transmission rate, WVTR) ของบรรจุภัณฑ์ชนิดอะลูมิเนียมฟอยล์ (aluminium foil) ที่ใช้ในทางการค้า เพื่อใช้ในการทำนายอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ที่เก็บในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ พล็อตกราฟระหว่างปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอกติวิตี และนำมาคำนวณหาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์จากสูตร (Bell and Labuza, 2000)

$$\theta_s = \frac{\ln \left[\frac{m_e - m_i}{m_e - m_c} \right]}{\frac{P A p_0}{x w_s b}}$$

โดยที่	m_e	=	ความชื้นสมดุล (เปอร์เซ็นต์)
	m_i	=	ความชื้นเริ่มต้นของอาหาร (เปอร์เซ็นต์)
	m_c	=	ความชื้นวิกฤต (เปอร์เซ็นต์)
	P/x	=	สัมประสิทธิ์การแพร่ผ่าน (กรัมต่อตารางเมตรต่อวันต่อมิลลิเมตรปรอท)
	A	=	พื้นที่ผิวของบรรจุภัณฑ์ (ตารางเมตร)
	W_s	=	น้ำหนักตัวอย่างแห้ง (กรัม)
	p_0	=	ความดันไอของน้ำบริสุทธิ์ ณ อุณหภูมิการเก็บรักษา (มิลลิเมตรปรอท)
	b	=	ความชันที่ได้จากสมการเส้นตรงของ moisture sorption isotherm
	θ_s	=	อายุการเก็บรักษา (วัน)

ตอนที่ 6 การประยุกต์ใช้ในมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ

เมื่อได้สารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพราแล้ว นำมาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบรสดั้งเดิมและรสกะเพรา เพื่อทดสอบการยอมรับ ทำการผันแปรปริมาณสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพราที่ใช้ต่อปริมาณมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ 30 กรัม ตามตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ปริมาณสารเก็บกักแคโรทีนอยด์ที่ใช้ในแต่ละสิ่งทดลอง

สิ่งทดลอง	ปริมาณสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากกะเพราที่ใช้
A	-
B	0.50%
C	1.00%
D	1.50%
E	2.00%

การวิเคราะห์คุณภาพ

- ค่าสี $L^* a^* b^*$
- ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด
- ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้บริโภครายจำนวน 50 คน โดยวิธีให้คะแนนความชอบแบบ 9-point hedonic scale ให้คะแนนความชอบในด้านความชอบโดยรวม สี กลิ่นรส แล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 16.0