การพัฒนาสูตรตำรับสมุนไพรอัดเม็ดที่มีการใช้สำหรับการผลิตน้ำนมในมารดาหลังคลอด

สิปปกร สวัสดิ์สุขโข

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร
มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2564

การพัฒนาสูตรตำรับสมุนไพรอัดเม็ดที่มีการใช้สำหรับการผลิตน้ำนม
ในมารดาหลังคลอด

สิปปกร สวัสดิ์สุขโข

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร
สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2564

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

การพัฒนาสูตรตำรับสมุนไพรอัดเม็ดที่มีการใช้สำหรับการผลิตน้ำนม
ในมารดาหลังคลอด

สิปปกร สวัสดิ์สุขโข

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร

พิจารณาเห็นชอบโดย **อาจารย์ที่ปรึกษา**

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา นาคประสม)
วันที่..................เดือน..................พ.ศ. ....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ....
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ จตุรงค์ล้ำเลิศ)
วันที่..................เดือน..................พ.ศ. ....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนวัฒน์ นิทัศน์วิจิตร)
วันที่..................เดือน..................พ.ศ. ....

ประธานอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร ....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หยาดฝน ทนงการกิจ)
วันที่..................เดือน..................พ.ศ. ....

สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการรับรองแล้ว ....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ)
รองอธิการบดี ปฏิบัติการแทน
อธิการบดี มหาวิทยาลัยแม่โจ้
วันที่..................เดือน..................พ.ศ. ....

ชื่อเรื่อง การพัฒนาสูตรตำรับสมุนไพรอัดเม็ดที่มีการใช้สำหรับการผลิตน้ำนม ในมารดาหลังคลอด
ชื่อผู้เขียน นายสิปปกร สวัสดิ์สุขโข
ชื่อปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา นาคประสม

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการสกัดสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของสมุนไพรไทย ได้แก่ ปลีกล้วย ขิง และน้ำนมราชสีห์ และศึกษาการทำแห้งผงสารสกัดสมุนไพรด้วยวิธีการไมโครเอนแคปซูเลชันโดยใช้เทคนิคการอบแห้งแบบพ่นฝอย หลังจากนั้นศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของผงสารสกัดสมุนไพรอัดเม็ดและศึกษาคุณสมบัติทางเคมี ทางกายภาพ การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส และอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์สมุนไพรอัดเม็ด ผลการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุดที่สามารถสกัดปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของปลีกล้วย คือ อัตราส่วนของปลีกล้วยต่อตัวทำละลาย 3:10 กิโลกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลาการสกัด 15 นาที น้ำนมราชสีห์ คือ อัตราส่วนของน้ำนมราชสีห์ต่อตัวทำละลาย 1.2:12 กิโลกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลาการสกัด 30 นาที และขิงสกัดสารสำคัญโดยวิธีการสกัดเย็น (การบีบอัด) จากนั้นทำการผลิตผงสารสกัดจากสมุนไพร (ขิง น้ำนมราชสีห์ และปลีกล้วย) ด้วยวิธีการไมโครเอนแคปซูเลชันโดยใช้เทคนิคการทำแห้งแบบพ่นฝอย และนำตัวอย่างผงสกัดสมุนไพรไปพัฒนาสูตรที่เหมาะสมเพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค โดยมีปัจจัยหลักในการศึกษาทั้งหมด 4 ปัจจัย ได้แก่ ผงสกัดขิงร้อยละ 5-10 ผงสกัดน้ำนมราชสีห์ร้อยละ 20-30 ผงสกัดปลีกล้วยร้อยละ 26-31 และเด็กซ์โทรสร้อยละ 30.5-40.5 ออกแบบการทดลองด้วยวิธี D-Optimal Designs ผลการวิจัยพบว่าสัดส่วนที่เหมาะสมของการยอมรับของผู้บริโภค คือ ผงสกัดขิงร้อยละ 10 ผงสกัดน้ำนมราชสีห์ร้อยละ 30 ผงสกัดปลีกล้วยร้อยละ 26 เด็กซ์โทรสร้อยละ 30.5 ซึ่งมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 314.12 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระร้อยละ 75.9 ปริมาณความชื้นร้อยละ 2.56 ปริมาณน้ำอิสระ 0.201 และการวัดลักษณะทางเนื้อสัมผัสพบว่ามีความแข็งอยู่ที่ 42.5 นิวตัน สำหรับการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผงสกัดสมุนไพรอัดเม็ดที่อุณหภูมิ 35-55 องศาเซลเซียส พบว่าการสลายตัวของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเป็นไปตามความสัมพันธ์ของปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง โดยเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้ค่าครึ่งชีวิตของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในสารสกัดสมุนไพรลดลง ผลิตภัณฑ์สมุนไพรอัดเม็ดมีอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่าง ๆ ได้ประมาณ 1-2 ปี ซึ่งอุณหภูมิและ

เวลามีผลต่อความคงตัวของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของผงสกัดสมุนไพรอัดเม็ดอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ : เอนแคปซูเลชั่น, สารสกัดสมุนไพรอัดเม็ด, ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด, ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ, การประเมินอายุการเก็บรักษา

MAEJO UNIVERSITY

Title THE DEVELOPMENT OF HERBS TABLET FORMULATION FOR MILK PRODUCTION IN POSTPARTUM MOTHERS

Author Mr. Sippakorn Sawadsukho

Degree Master of Engineering in Food Engineering

Advisory Committee Chairperson Assistant Professor Dr. Kanjana Narkprasom

ABSTRACT

The objective of this research were to study the appropriate extraction methods of total phenolic compounds and antioxidant activity of Thai herbs such as banana blossom, ginger and garden spurge and to study the drying of herbal extracts using encapsulation technique by spray drying. Then, to study the optimal process of the herbal tablet products and to study the physical-chemical and microbiological properties, sensory evaluation, nutritional analysis and shelf-life of herbal tablet products. The result found that the highest total phenolic content and antioxidant activity from banana blossom extraction was the ratio of banana blossom and solvent of 3:10 kg/L, extraction time at 15 min. For the garden spurge extraction were the ratio of garden spurge powder and solvent of 1.2:12 kg/L, extraction time at 30 min and the ginger extracts by cold extraction method (compression). Then, the herbal extract powders were encapsulated by spray drying. The herbal extract powder was developed suitable formulation to study the sensory evaluation using D-optimal mixture design. The study of four main factors including 5 – 10 % of ginger powder, 20 – 30 % of garden spurge powder, 26 – 31 % of banana blossom and 30.5 – 40.5 % of dextrose were used elaborate the herbal extract tablet. The result showed that the optimum of herbal extract tablet was 10 % of ginger powder, 30 % of garden spurge powder, 26 % of banana blossom and 30.5 % of dextrose. Under this herbal extract tablet, the total phenolic content, antioxidant activity, moisture content, water activity and hardness were 314.12 mgGAE/gsample, 75.9 %, 2.56 %, 0.201 and 42.5 N, respectively. The shelf-life evaluation of herbal extract tablet was

performed by storage at 35-55 °C for 5 months. It was found that degradation rate of total phenolic content of herbal extract tablet during storage followed the first-order reaction kinetic. The herbal extract tablet had shelf-life of 1-2 years and the storage temperatures and times were significant effect on total phenolic content of herbal extract tablet.

Keywords : Encapsulation, Herbal Extract Tablet, Total phenolic content, Antioxidant activity, Shelf-life evaluation

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ MAEJO UNIVERSITY

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ผู้วิจัยได้ทุ่มเทความตั้งใจ สติปัญญา กำลังกาย และกำลังใจ จนกระทั่งสำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยดีเพราะได้รับความอนุเคราะห์และเอาใจใส่ให้คำปรึกษาเป็นอย่างดียิ่งจาก อาจารย์ ผศ.ดร.กาญจนา นาคประสม ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษาแนะนำปรับปรุงข้อบกพร่อง รวมทั้งให้องค์ความรู้แนวทางในการศึกษาค้นคว้ามาโดยตลอด ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และบริษัท พลีพรีม จำกัด ภายใต้โครงการการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ.) ระดับปริญญาโท ประจำปี 2561 ที่ให้ทุนในการสนับสนุนเงินทุนในการทำงานวัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ถ่ายทอดวิชาความรู้ให้แก่ข้าพเจ้าจนกระทั่งสำเร็จการศึกษา และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมเกษตรและวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร และเจ้าหน้าที่บัณฑิตวิทยาลัย ทุกท่าน ตลอดจนพี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ ที่คอยช่วยเหลือให้การศึกษาสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ผู้วิจัยมีความซาบซึ้งในความกรุณาของทุกท่านที่ได้กล่าวถึงและผู้ที่ไม่ได้เอ่ยนามในที่นี้ได้มีส่วนช่วยเหลือในการสนับสนุนให้กำลังใจด้วยดีตลอดมา จึงขอกราบขอบพระคุณทุกท่านด้วยความจริงใจ และขอมอบคุณประโยชน์อันเกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นแด่บิดามารดา ครู อาจารย์ และผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่ให้การสนับสนุน ชี้แนะแนวทางในการดำเนินชีวิตและเป็นกำลังใจด้วยดีเสมอมาจนกระทั่งสำเร็จในการศึกษาครั้งนี้

สิปปกร สวัสดิ์สุขโข

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญ ..... ซ

สารบัญตาราง ..... ฏ

สารบัญภาพ ..... ฐ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความสำคัญและที่มาของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของโครงงาน 3

ขอบเขตของการทำโครงงาน 3

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและการตรวจเอกสาร 5

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสมุนไพรไทย 5

ปลีกล้วย (*Musa x paradisiaca flower*) 5

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของปลีกล้วย 5

ขิง (*Zingiber officinale Roscoe*) 6

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของขิง 7

น้ำนมราชสีห์ *(Euphorbia hirta L.)* 7

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของน้ำนมราชสีห์ 8

สารสำคัญที่พบในสมุนไพรไทย 9

สารประกอบฟีนอลิก (Phenolic Compounds) 9

สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidants) 11
การต้มสกัดสารสำคัญ 13
การสกัดเย็น 14
มอลโตเด็กซ์ตริน (Maltodextrin) 14
ไมโครเอนแคปซูเลชัน (Microencapsulation) 16
เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray dry) 17
หลักการพื้นฐานของการอบแห้งแบบพ่นฝอย 19
ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลิตภัณฑ์จากการอบแห้งแบบพ่นฝอย 20
อัตราการพ่นกระจาย (Atomize speed) 20
คุณสมบัติในการป้อน (Feed properties) 21
ชนิดของหัวฉีด (Type of atomized) 21
การไหลของอากาศ (Air flow) 21
อุณหภูมิในการอบแห้ง (Drying temperature) 21
การออกแบบการทดลองแบบส่วนผสม (Mixture Design) 22
การอัดเม็ดสมุนไพร 23
การประเมินอายุการเก็บรักษา (shelf life evaluation) 25
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 27
บทที่ 3 วัสดุ อุปกรณ์ สารเคมี และวิธีการดำเนินงานวิจัย 31
วัตถุดิบ 31
เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย 31
สารเคมี 32
การเตรียมสกัดสมุนไพร (ปลีกล้วย, น้ำนมราชสีห์และขิง) 33
ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการต้มสกัดสมุนไพร 34
ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเย็นสมุนไพร 34

ศึกษาการผลิตผงสารสกัดสมุนไพรโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย 35
การวิเคราะห์ผงสารสกัดจากสมุนไพร 35
การวิเคราะห์หาค่าความชื้น (Moisture content) 35
การวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (Water Activity) 35
การวิเคราะห์ค่าสี 35
การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) 35
การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic compounds) ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu reagent 36
การคำนวณหาประสิทธิภาพการกักเก็บสารสำคัญ 36
การศึกษาจลนพลศาสตร์สมุนไพรอัดเม็ด 37
การออกแบบการทดลองแบบส่วนผสม (Mixture Design) 38
การวิเคราะห์ความสามารถในการละลาย (Solubility, %) 39
การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance: ANOVA) 39
การวางแผนการทดลอง 40
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง 41
4.1 ผลการศึกษาวิธีการสกัดสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของสมุนไพร ไทย ได้แก่ ปลีกล้วย น้ำนมราชสีห์ และขิง 41
4.1.1 ผลการศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการสกัดปลีกล้วยต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 41
4.1.2 ผลของอัตราส่วนต่อตัวทำละลายของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในปลีกล้วย 42
4.1.3 ผลการศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการสกัดน้ำนมราชสีห์ต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 43
4.1.4 ผลของอัตราส่วนต่อตัวทำละลายของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในน้ำนมราชสีห์ 44

4.1.5 ผลของการสกัดขิงต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 45

4.2 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางด้านกายภาพและเคมีของผงสกัดสมุนไพรทั้ง 3 ชนิดที่ได้จาก กระบวนการทำแห้งด้วยวิธีการไมโครเอนแคปซูเลชันโดยใช้เทคนิคการทำแห้งแบบพ่นฝอย 46

4.3 ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการอัดเม็ดจากผงอนุภาคไมโครสารสกัดสมุนไพร 49

4.4 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางเคมี ทางกายภาพ การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ทำการส่งตรวจวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ส่งตรวจทางพิษวิทยา และอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์สมุนไพรอัดเม็ด 51

4.4.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี ทางกายภาพ สูตรส่วนผสมของผงสกัดสมุนไพรอัดเม็ด 51

4.4.2 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส 53

4.4.3 อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์สมุนไพรอัดเม็ด 55

4.4.4 ผลการตรวจวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา 59

4.4.5 ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ 60

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ 62

สรุปผลการทดลอง 62

ปัญหาที่พบ 63

บรรณานุกรม 64

ประวัติผู้วิจัย 68

MAEJO UNIVERSITY

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ตัวแปรที่ทำการศึกษาในการทำสูตรสมุนไพรอัดเม็ด 39

ตารางที่ 2 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดน้ำนมราชสีห์ ปลีกล้วย และขิง 46

ตารางที่ 3 คุณสมบัติทางด้านกายภาพและเคมีของผงสกัดสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด (น้ำนมราชสีห์ ปลีกล้วย และขิง) 47

ตารางที่ 4 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผงสารสกัดน้ำนมราชสีห์ ปลีกล้วย และขิง 48

ตารางที่ 5 ประสิทธิภาพของสารห่อหุ้มในการกักเก็บสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของผงสกัดสมุนไพร 49

ตารางที่ 6 อัตราส่วนผสมของผลิตภัณฑ์สมุนไพรอัดเม็ด 50

ตารางที่ 7 คุณสมบัติทางทางด้านกายภาพและเคมีของผงสกัดสมุนไพรอัดเม็ด 51

ตารางที่ 8 ข้อมูลจากการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในผลิตภัณฑ์สมุนไพรอัดเม็ด 53

ตารางที่ 9 การประเมินทางประสาทสัมผัสของผงสกัดสมุนไพรอัดเม็ด 54

ตารางที่ 10 ผลของอิทธิพลจลนพลศาสตร์และความคงตัวที่มีผลต่อปริมาณสารฟีนอลิคทั้งหมด 55

ตารางที่ 11 ค่า R-square ของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดแต่ละอันดับปฏิกิริยา 57

ตารางที่ 12 ค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยา (reaction rate constant) ของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 58

ตารางที่ 13 การประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์สมุนไพรอัดเม็ดต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 59

ตารางที่ 14 ผลของการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์สมุนไพรอัดเม็ด 60

ตารางที่ 15 แสดงข้อมูลโภชนาการของผลิตภัณฑ์สมุนไพรอัดเม็ด 61

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 ปลีกล้วย 6

ภาพที่ 2 ขิง 7

ภาพที่ 3 น้ำนมราชสีห์ 8

ภาพที่ 4 โครงสร้างของสารประกอบฟีนอลิกกลุ่มต่าง ๆ 10

ภาพที่ 5 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging 12

ภาพที่ 6 ไมโครแคปซูลแบ่งประเภทตามลักษณะของสารแกนกลาง ก. ไมโครแคปซูลแบบแกนกลางเดียว ข.ไมโครแคปซูลแบบหลายแกนกลาง (หมายเลข 1คือแกนกลาง และหมายเลข 2 คือผนังห่อหุ้ม) 17

ภาพที่ 7 เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย รุ่น SDE 50 18

ภาพที่ 8 หัวฉีดของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (แบบหมุน, แบบแรงดัน, แบบสองของไหล) 20

ภาพที่ 9 เครื่องตอกเม็ดยา แบบสากเดี่ยว รุ่น SPT-SERIES 25

ภาพที่ 10 การเตรียมสกัดสมุนไพร (ก) ปลีกล้วย (ข) น้ำนมราชสีห์ (ค) ขิง 34

ภาพที่ 11 การวางแผนการทดลอง 40

ภาพที่ 12 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดจากการสกัดปลีกล้วยที่เวลาต่าง ๆ 42

ภาพที่ 13 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดจากการสกัดปลีกล้วยที่อัตราส่วนปลีกล้วยต่อตัวทำละลาย 43

ภาพที่ 14 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดจากการสกัดน้ำนมราชสีห์ที่เวลาต่าง ๆ 44

ภาพที่ 15 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดจากการสกัดน้ำนมราชสีห์ที่อัตราส่วนน้ำนมราชสีห์ต่อตัวทำละลาย 45

ภาพที่ 16 การสกัดขิงด้วยวิธีการสกัดเย็น (การบีบอัด) 45

ภาพที่ 17 แผนภาพคอนทัวร์และแผนภาพ 3D 52

ภาพที่ 18 แสดงปฏิกิริยาอันดับศูนย์ (ก) ปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง (ข) และปฏิกิริยาอันดับสอง (ค) ของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 57

ภาพที่ 19 แสดงการตรวจนับจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา 59

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

การเลี้ยงลูกด้วยน้ำนมแม่ นับเป็นการเลี้ยงลูกด้วยอาหารที่ดีที่สุด เพราะนมแม่มีสารอาหารครบถ้วน มีคุณประโยชน์มากมาย การเลี้ยงลูกด้วยนมแม่ไม่เพียงเป็นการให้อาหารเพื่อให้ลูกอิ่มและสามารถเจริญเติบโตขึ้นได้เท่านั้น แต่การเลี้ยงลูกด้วยนมแม่ยังเป็นการส่งเสริมกระบวนการพัฒนาการและการเจริญเติบโตของเด็กอย่างมีคุณภาพทั้งทางด้านร่างกาย จิตใจ และอารมณ์จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่คุณแม่ต้องรับประทานอาหารที่มีประโยชน์และให้พลังงานต่อร่างกาย (ศศิกานต์ กาละ และชุดาณัฏฐ์ ขุนเพชร, 2560) ในปัจจุบันนี้จะมีการรับค่านิยมของวัฒนธรรมตะวันตกอย่างมาก โดยเน้นการรับประทานอาหารประเภทเนื้อสัตว์ ซึ่งมีระดับไขมันที่สูง ทำให้ผู้หญิงตั้งครรภ์ในประเทศไทยรับประทานผักน้อยลงทั้งที่ผักนั้นมีประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภค ดังนั้นในปัจจุบันจึงควรเลือกให้ความสำคัญกับอาหารที่ได้จากการสกัดของผักหรือสมุนไพรที่อุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการ

พืชสมุนไพร เป็นผลผลิตจากธรรมชาติที่คนไทยนิยมนำมาใช้ประโยชน์ตั้งแต่สมัยโบราณและแพร่หลายอย่างมากในปัจจุบันซึ่งจากการศึกษาค้นคว้าข้อมูล และเป็นที่ยอมรับว่าสมุนไพรให้คุณประโยชน์ที่ดีกว่ายาที่ได้จากการสังเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ประกอบกับประเทศไทยเป็นแหล่งทรัพยากรธรรมชาติอันอุดมสมบูรณ์ ซึ่งส่วนมากจะนิยมนำมาทำเป็นยารักษาโรคในปัจจุบันสมุนไพรหลากชนิดได้ถูกนำมาดัดแปลง ประยุกต์ สังเคราะห์ และพัฒนาให้เกิดประโยชน์ตรงตามความต้องการได้มากขึ้นการใช้สมุนไพรบางชนิดจะมีฤทธิ์ทางชีวภาพที่ช่วยในการสร้างและหลั่งน้ำนมซึ่งเป็นที่นิยมกันทั่วโลกเนื่องจากคุณแม่หลังคลอดต้องสูญเสียทั้งเลือด น้ำ พลังงานในการคลอด (เต็ม สมิตินันทน์, 2544) จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องรับประทานอาหารที่ให้พลังงานและมีประโยชน์ต่อร่างกายเพื่อเป็นการฟื้นฟูสภาพร่างกายและเตรียมความพร้อมสำหรับการเลี้ยงลูกด้วยการให้น้ำนม เช่น ปลีกล้วยกล้วย ที่อุดมไปด้วยแคลเซียม (มากกว่ากล้วยสุกถึง 4 เท่า) โปรตีน ธาตุเหล็ก ฟอสฟอรัส วิตามินซี บีตาแคโรทีน ช่วยแก้โรคกระเพาะอาหาร ลำไส้ บำรุงเลือด ตั้งแต่โบราณมีการกล่าวต่อกันมาว่าผู้หญิงที่เพิ่งคลอดลูก ควรให้กินปลีกล้วย จะทำให้มีน้ำนมเพียงพอสำหรับการเลี้ยงลูก (อายุรวัฒน์เวชศาสตร์, 2559), ขิง มีโปรตีน ไขมัน แคลเซียม วิตามินเอ บีหนึ่ง บีสอง คาร์โบไฮเดรต ขับลม แก้อาเจียน ขับเหงื่อ เพิ่มการไหลเวียนเลือด ลดอาการอาเจียน และมีส่วนช่วยทำให้น้ำนมไหลได้ดี เมื่อคุณแม่ได้ทาน สรรพคุณที่ดีของขิงจะผ่านทางน้ำนมไปสู่ลูก ทำให้ลูกไม่ปวดท้อง, น้ำนมราชสีห์ มีรสขม ทำให้เกิดน้ำนม สรรพคุณแก้ไข้จับสั่น อักเสบ ผื่นคัน ยางใช้กัดหูด และยังใช้รักษา บิด ขับปัสสาวะ แก้หืด ผื่นคัน หนองใน ปัสสาวะเป็นเลือด หูดตาปลา ถ่ายพยาธิ องค์ประกอบทางเคมีที่

สำคัญของน้ำนมราชสีห์ได้แก่ ฟลาโวนอยด์ โพลีฟีนอล แทนนิน ไตรเทอร์พีน ไฟโตสเตอรอล มีฤทธิ์ต้านแบคทีเรียหลายชนิด สารสกัดเมทานอลมีฤทธิ์ในการยับยั้ง Bacillus cereus และ Pseudomonas aeruginosa (ดวงสุรีย์ แสนสีระ และศิริวัลย์ สร้อยกล่อม, 2551)

การสกัดด้วยการต้ม เป็นวิธีหนึ่งที่ง่ายและนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีกระบวนการที่ไม่ซับซ้อนและมีต้นทุนการผลิตต่ำ จึงสามารถสกัดสารสำคัญจากวัตถุดิบธรรมชาติให้ออกมาโดยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและระยะเวลาในการต้มสกัด ซึ่งตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดสารสำคัญจากวัตถุดิบต่าง ๆ ก็มีความสำคัญด้วยเช่นกัน โดยโครงงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้น้ำเป็นตัวทำละลายในการสกัดและปริมาณสมุนไพรไทยต่อตัวทำละลาย เพื่อสกัดแยกสารสำคัญบางชนิดออกจากสมุนไพรไทย

การสกัดเย็น เป็นวิธีการแยกส่วนของน้ำหรือน้ำมันจากวัตถุดิบที่เราสกัดออกมา โดยสกัดออกมาจากส่วนต่าง ๆ ของวัตถุดิบนั้น ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพืชผักและผลไม้ชนิดต่าง ๆ การสกัดเย็นจะได้น้ำหรือน้ำมันจากบริเวณส่วนต่าง ๆ ของพืชผักและผลไม้ เช่น ผล เมล็ด หัว ใบ ดอก และเปลือก โดยอาศัยขั้นตอนบีบอัดที่อุณหภูมิห้องโดยตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนแล้วนำส่วนของน้ำมันบริสุทธิ์มาใช้งาน หรืออาจจะใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือแรงดันสูงเพื่อช่วยบีบหรือกดน้ำมันออกมา ทั้งนี้การสกัดต้องไม่ผ่านกระบวนการความร้อนหรือสารเคมีใด ๆ ซึ่งจะช่วยคงสี รสชาติ ตามธรรมชาติ คงคุณค่าและสรรพคุณของพืชผักและผลไม้ชนิดนั้น ๆ ไว้อยู่ด้วย

ไมโครเอนแคปซูเลชัน (Microencapsulation) คือ กระบวนการห่อหุ้มสารบางชนิด เช่น วิตามิน ยารักษาโรค สารต้านอนุมูลอิสระ เป็นต้น ด้วยพอลิเมอร์ให้อยู่ในรูปของแคปซูลชั้นบางๆ ขนาดเล็ก เรียกว่า ไมโครแคปซูล ซึ่งมีขนาดตั้งแต่ 1 จนถึง 1,000 ไมครอนเพื่อประโยชน์ในการคงตัวของสารตลอดการใช้งาน การห่อหุ้มสารที่มีความไวต่อสิ่งแวดล้อม เช่น ถูกออกซิไดซ์ได้ง่าย ไวต่อแสง อุณหภูมิและความเป็นกรดด่าง เป็นต้น จะทำให้สารดังกล่าวมีความคงตัวดีขึ้นและเก็บรักษาได้ยาวนาน กระบวนการดังกล่าวยังช่วยป้องกันสารที่ระเหยง่าย นอกจากนั้นการนำสารที่เป็นของเหลวมาอยู่ในไมโครแคปซูลอาจช่วยลดการทำปฏิกิริยาของสารผสม สะดวกต่อการนำไปใช้งาน รวมทั้งสามารถควบคุมการปลดปล่อยสารไปสู่บริเวณที่ต้องการในเวลาที่เหมาะสมได้ จึงมีประโยชน์ช่วยลดความสิ้นเปลืองในการใช้สาร (บัณฑิต พรหมรักษา, 2557)

สำหรับผลิตภัณฑ์อัดเม็ด ในปัจจุบันเป็นที่นิยมบริโภคในสถานการณ์ที่มีความเร่งรีบจึงมีความเหมาะสมกับคุณแม่ที่ทำงานนอกบ้าน เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่พกพาสะดวก รับประทานได้ง่าย และมีอายุการเก็บรักษาได้นาน อีกทั้งยังมีคุณประโยชน์ที่หลากหลาย สำหรับคุณแม่ที่กำลังตั้งครรภ์หรือคลอดบุตรแล้ว การบำรุงร่างกายโดยการทานผลิตภัณฑ์อัดเม็ดที่ทำมาจากปลีกล้วย ขิงหรือสมุนไพรที่มีประโยชน์อีกหลากหลายชนิด จะทำให้คุณแม่ทานอาหารได้ครบตามหลักโภชนาการอีกด้วย

วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อศึกษาวิธีการสกัดสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของสมุนไพรไทย ได้แก่ ปลีกล้วย ขิง และน้ำนมราชสีห์
2. เพื่อศึกษาวิธีการทำแห้งสารสกัดเป็นผงอนุภาคไมโครสารสกัดสมุนไพร ด้วยวิธีการไมโครเอนแคปซูเลชันโดยใช้เทคนิคการอบแห้งแบบพ่นฝอย
3. เพื่อศึกษาสูตรที่เหมาะสมของกระบวนการอัดเม็ดจากผงอนุภาคไมโครสารสกัดสมุนไพร
4. เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางเคมี ทางกายภาพ การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ทำการส่งตรวจวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ และอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์สมุนไพรอัดเม็ด

ขอบเขตของการทำโครงงาน

1. เตรียมน้ำสกัดสมุนไพรเข้มข้นทั้ง 3 ชนิด (ปลีกล้วย ขิง น้ำนมราชสีห์) ตามวิธีการสกัดโดยการต้มสกัดและการสกัดเย็นที่ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมากที่สุด
2. กำหนดกระบวนการต้มสกัดในน้ำเดือด (95-100 องศาเซลเซียส)
3. ศึกษาฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดสมุนไพร โดยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) และการวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิก โดยวิธี Folin-Ciocalteu โดยใช้เครื่องวัดดูดกลืนแสงสเปกโตรโฟโตมิเตอร์
4. การศึกษาการผลิตผงสารสกัดสมุนไพรโดยเทคนิคไมโครเอนแคปซูเลชันด้วยการการอบแห้งแบบพ่นฝอย นำไปตรวจวิเคราะห์สารดังกล่าวโดยการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม (Total phenolic compounds) ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu reagent (Qarah และคณะ, 2017) การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเชิงปริมาณเป็นการวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระในตัวอย่างประเภทต่าง ๆ วิธีที่นิยมได้แก่ การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีการทำลายอนุมูลอิสระดีพีพีเอช (DPPH•), และประสิทธิ์ภาพการกักเก็บสารสำคัญของผลิตภัณฑ์ปลีกล้วยผงด้วยวิธีของ (พุฒิยา รัตนศิริวัฒน์ และคณะ, 2558) โดยใช้เครื่องวัดดูดกลืนแสงสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ และวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ ค่าสี และอื่นๆ ของผงสกัดสมุนไพร
5. การหาสภาวะที่เหมาะสมในการออกแบบการทดลองเพื่อหาสูตรที่เหมาะสม (Mixture Design) ของการอัดเม็ดผงสารสกัดสมุนไพรซึ่งนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าความชื้น ค่าความแข็ง ค่าปริมาณน้ำอิสระ ค่าสี และอื่น ๆ ของผลิตภัณฑ์สมุนไพรอัดเม็ด

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบวิธีการสกัดและการทำแห้งผงสารสกัดสมุนไพร การกักเก็บสารสำคัญและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของการผลิตผงอนุภาคไมโครสารสกัดสมุนไพรโดยเทคนิคไมโครเอนแคปซูเลชันด้วยการอบแห้งแบบพ่นฝอย

2. สามารถนำสมุนไพรมาแปรรูปในการเพิ่มมูลค่าวัตถุดิบทางการเกษตรจนเกิดประโยชน์สูงสุดต่อผู้บริโภค

3. ได้ผลิตภัณฑ์สมุนไพรอัดเม็ด ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถรับประทานได้ง่าย พกพาสะดวก มีอายุการเก็บรักษาได้นาน

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ MAEJO UNIVERSITY

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและการตรวจเอกสาร

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสมุนไพรไทย

ปลีกล้วย (*Musa x paradisiaca flower)*

ปลีกล้วยเป็นพืชสมุนไพรที่อยู่ในวงศ์ Musaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Musa x paradisiaca flower* จัดได้ว่าเป็นพืชสมุนไพรชนิดหนึ่ง พืชล้มลุก ลำต้นใต้ดินอวบน้ำ สูงประมาณ 2-5 เมตร ใบเป็นใบเดี่ยว การเกาะติดของใบบนลำต้นแบบเวียนถี่ชิดอัดแน่นที่ลำต้น ใบรูปขอบขนาน ขนาดใหญ่ประมาณ 40x200 เซนติเมตร ปลายและโคนใบมน ขอบใบเรียบ แผ่นใบเรียบ ผิวใบด้านบนสีเขียวเข้มด้านใต้สีอ่อนกว่าและมีสิ่งเกาะติดคล้ายผงแป้งสีขาว ก้านใบ แบ่งเป็นสองส่วน ส่วนแรกเกาะติดกับลำต้นมีลักษณะแบนโค้งอวบน้ำสีเขียวบนน้ำตาลแดง (ส่วนนี้เห็นคล้ายลำต้น) ส่วนที่สองทรงกลมส่วนกลางเป็นร่องโค้งลึกตามทรงก้านสีเขียวอ่อนยาวเรียวไปจน สุดปลายแผ่นใบ ดอกออกเป็นช่อ ที่ปลายยอดปลายช่อโค้งห้อยลง มีกาบประดับขนาดใหญ่ที่โคนกลุ่มดอกย่อยทุก ๆ กลุ่ม กาบมีเนื้อหนาสีแดงเข้ม เมื่อรังไข่เจริญเป็นผลกาบประดับจะหลุดร่วงไป ผลเป็นผลสด รูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 5 เซนติเมตร ยาว 10 เซนติเมตร เมล็ดเป็นทรงกลมสีดำผิวเป็นคลื่น ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.50 เซนติเมตร เมื่อปลูกกล้วยไปประมาณ 6-8 เดือน กล้วยจะมีลำต้นขนาดใหญ่พร้อมที่จะออกปลีและหลังจากนั้นกล้วยก็จะแทงปลีออกมาก กล้วยจะออกปลีและเครือกล้วยเมื่ออายุ 8-18 เดือน เมื่อกล้วยหวีสุดท้ายติดผลแล้วจึงควรตัดปลีทันที (อายุรวัฒน์เวชศาสตร์, 2559)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของปลีกล้วย

ชื่อท้องถิ่น : ปลีกล้วย หรือ ปลีกล้วย

ชื่อสามัญ : Banana blossom

ชื่อวงศ์ : Musaceae

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Musa x paradisiaca flower*

การขยายพันธุ์ : ใช้หัว เหง้า หน่อ

สรรพคุณ : สำหรับหญิงให้นมบุตร จะมีคุณสมบัติช่วยขับน้ำนม ฝาดรสมัน บำรุงน้ำนม ป้องกันโรคลำไส้ ลดน้ำตาลในเลือด

ภาพที่ 1 ปลีกล้วย
ที่มา : (อายุรวัฒน์เวชศาสตร์, 2559)

ขิง (*Zingiber officinale Roscoe)*

ขิงจัดอยู่ในวงศ์ Zingiberaceae ชื่อสามัญ Ginger ชื่อวิทยาศาสตร์ *Zingiber officinale Roscoe* เป็นพืชล้มลุก มีเหง้าใต้ดิน เปลือกนอกสีน้ำตาลแกมเหลือง เนื้อในสีนวลมีกลิ่นหอมเฉพาะ แทงหน่อหรือลำต้นเทียมขึ้นเป็นกอประกอบด้วยกาบหรือโคนใบหุ้มซ้อนกัน ใบ เป็นชนิดใบเดี่ยว ออกเรียงสลับกันเป็นสองแถว ใบรูปหอกเกลี้ยง ๆ กว้าง 1.5 - 2 ซม. ยาว 12 - 20 ซม. หลังใบห่อจีบเป็นรูปรางนำปลายใบสอบเรียวแหลม โคนใบสองแคบและจะเป็นกาบหุ้มลำต้นเทียม ตรงช่วงระหว่างกาบกับตัวใบจะหักโค้งเป็นข้อศอก ดอก สีขาว ออกรวมกันเป็นช่อรูปเห็ดหรือกระบองโบราณ แทงขึ้นมาจากเหง้า ชูก้านสูงขึ้นมา 15 - 25 ซม. ทุก ๆ ดอกที่กาบสีเขียวปนแดงรูปโค้ง ๆ ห่อรองรับ กาบจะปิดแน่นเมื่อดอกยังอ่อน และจะขยายอ้าให้ เห็นดอกในภายหลัง กลีบดอกและกลีบรองกลีบดอก มีอย่างละ 3 กลีบ อุ้มน้ำ และหลุดร่วงไว โคนกลีบดอกม้วนห่อ ส่วนปลายกลีบผายกว้างออกเกสรผู้มี 6 อัน ผล กลม แข็ง โต วัดผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 ซม.จัดเป็นสมุนไพรชนิดหนึ่งที่มีประโยชน์ต่อร่างกายในหลาย ๆ ด้าน เพราะอุดมไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุที่มีความสำคัญอย่างมากต่อร่างกายของเรา เช่น วิตามินเอ วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 วิตามินบี 3 วิตามินซี เบต้าแคโรทีน ธาตุเหล็ก ธาตุแคลเซียม ธาตุฟอสฟอรัส แถมยังมีโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และเส้นใยจำนวนมากอีกด้วย ซึ่งประโยชน์ของขิงนั้น เราสามารถนำมาใช้ได้หลายอย่าง ไม่ว่าจะเป็นราก เหง้า ต้น ใบ ดอก แก่น และผลก็ได้ทั้งนั้น (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2549)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของขิง

ชื่อท้องถิ่น : ขิง

ชื่อสามัญ : Ginger

ชื่อวงศ์ : Zingiberaceae

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Zingiber officinale Roscoe*

การขยายพันธุ์ : ใช้หัว เหง้า หน่อ

สรรพคุณ : ลดอาการท้องอืด ช่วยบรรเทาอาการคลื่นไส้

ภาพที่ 2 ขิง

ที่มา : (สถาบันวิจัยสมุนไพร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2549)

น้ำนมราชสีห์ *(Euphorbia hirta L.)*

น้ำนมราชสีห์จัดอยู่ในวงศ์ Euphorbiaceae ชื่อวิทยาศาสตร์ *Euphorbia hirta L.* ชื่ออื่น นมราชสีห์, ผักโขมแดง(ไทย), หญ้าน้ำหมึก(พายัพ), ไต่ปวยเอี่ยงเช่า, ปวยเอี้ยง(จีน) เป็นพืชขนาดเล็ก มียางสีขาวเหมือนน้ำนม แตกกิ่งก้านสาขาจากโคนต้นใกล้ดินตั้งขึ้น หรือแผ่ออกไป ก้านสีออกแดง ๆ มีขนสีน้ำตาลเหลือง ลำต้นยาว 15-40 ซ.ม. ใบออกตรงข้ามกัน ลักษณะรี ๆ คล้ายปีกแมลง ยาว 1-4 ซ.ม. ปลายใบแหลมสั้น ฐานใบโค้งเข้าไม่เท่ากัน ขอบใบมีรอยหยักเล็ก ๆ คล้ายฟันเลื่อย กลางใบมักมีจุดสีม่วงแดง เห็นเส้นกลางใบและเส้นใบชัด ๆ ออกใกล้โคนใบอีก 3-4 เส้น ท้องใบมีขนสีน้ำตาลเหลือง ช่อดอกออกจากซอกใบ ช่อหนึ่งมีดอกย่อยออกเป็นกระจุกแน่นเป็นกลุ่มกลม ๆ 2-3 กลุ่ม มีสี

เขียวปนม่วงแดง กลุ่มหนึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 ซ.ม. ดอกย่อยไม่มีก้านดอกหรือมีก็สั้นมาก เกสรตัวผู้มีหลายอันอยู่บนฐานดอก รังไข่มี 1 อัน ลักษณะทรงกลมออกสามเหลี่ยม มีก้านยื่นออกมาจากกลางดอก ที่ปลายมียอดเกสรตัวเมียเป็นเส้นสีแดงสั้น ๆ 3 เส้น ผลลักษณะทรงกลมออกสามเหลี่ยม มีรอยแยก 3 รอย ผลยาวประมาณ 1.5 ม.ม. ออกดอกตลอดปี มักพบขึ้นเองริมทาง ข้างถนนและที่รกร้างทั่วไป สรรพคุณทั้งต้น รสฉุน เปรี้ยว เย็นจัด ใช้แก้พิษ ขับ น้ำนม แก้ผดผื่นคัน ลำไส้อักเสบอย่างเฉียบพลัน บิดจากแบคทีเรีย หนองใน ปัสสาวะเป็นเลือด ฝีในปอด มีพิษบวมแดง ฝีที่เต้านม ขาเน่าเปื่อย (ภก.ชัยโย ชัยชาญทิพยุทธ, 2523)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของน้ำนมราชสีห์

ชื่อท้องถิ่น : น้ำนมราชสีห์, ผักโขมแดง(ไทย), หญ้าน้ำหมึก(พายัพ), ไต่ป่วยเอี่ยงเช่า, ปวยเอี้ยง(จีน)

ชื่อสามัญ : -

ชื่อวงศ์ : Euphorbiaceae

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Euphorbia hirta L.*

การขยายพันธุ์ : แตกกิ่งก้าน

สรรพคุณ : ใช้แก้พิษ ขับน้ำนม แก้ผดผื่นคัน ลำไส้อักเสบอย่างเฉียบพลัน บิดจากแบคทีเรีย หนองใน

ภาพที่ 3 น้ำนมราชสีห์

ที่มา : (ภก.ชัยโย ชัยชาญทิพยุทธ, 2523)

สารสำคัญที่พบในสมุนไพรไทย

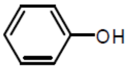
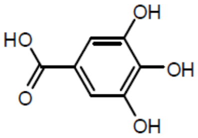
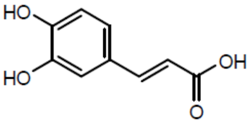
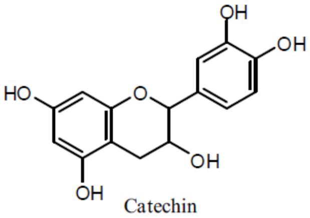
สารประกอบฟีนอลิก (Phenolic Compounds)

สารประกอบฟีนอลิกเป็นกลุ่มสารที่พบมากในพืช มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ต้านการอักเสบ ป้องกันความเสียหายที่เกิดจากรังสีอัลตราไวโอเลต และป้องกันการสร้างสารก่อมะเร็งสารกลุ่มนี้ถูกจำแนกตามโครงสร้างทางเคมีออกเป็นกลุ่มย่อยหลายกลุ่ม ซึ่งสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) เป็นหนึ่งในกลุ่มย่อยเหล่านี้ที่มีการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และถูกนำมาใช้ประโยชน์เป็นอาหารยา และเครื่องสำอางกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน สารประกอบฟีนอลิก คือ สารที่มีสูตรโครงสร้างที่มีหมู่ไฮดรอกซิล (OH group) บนวงแหวนอะโรมาติก (Aromatic ring) ตั้งแต่ 1 หมู่ขึ้นไป สารในกลุ่มนี้จึงมีคุณสมบัติที่ละลายน้ำได้ดี พบได้ในพืช ผัก และผลไม้ทั่วไป อาจแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

1. ฟีนอลทั่วไป กรดฟีนอลิก และอนุพันธ์ เช่น Gallic acid, Ellagic acid, Tannic acid, Vanillin, Catechol, Resorcinol และ Salicylic acid เป็นต้น สารกลุ่มนี้พบได้ในผลไม้หลายชนิด เช่น Raspberry และ Blackberry

2. ฟีนิลโพรพานอยด์ ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิกที่วงแหวนอะโรมาติก มีสายโซ่คาร์บอน 3 คาร์บอนเกาะอยู่ แยกย่อยออกได้หลายกลุ่ม ได้แก่ Hydroxycinnamic acid (Ferulic acid, Caffeic acid หรือ Coumaric acid), Coumarins (Umbelliferone, Scopoletin, Aesculetin หรือ Psoralen), Lignans (Pinoresinol, Eugenol หรือ Myristicin) พบได้ในแอปเปิ้ล แพร์ และกาแฟ

3. ฟลาโวนอยด์ เป็นกลุ่มสำคัญของสารประกอบฟีนอลิก ได้แก่ สารที่มีสูตรโครงสร้างเป็น C6-C3-C6 แยกย่อยออกได้เป็นหลายกลุ่ม ได้แก่ Catechins, Proanthocyanins, Anthocyanidines, Flavones, Flavovols, Flavonones และ Isoflavones จากการที่พบ Flavonoid ได้อย่างกว้างขวาง ทั้งพืช ผัก ผลไม้ รวมทั้งเครื่องดื่มที่เตรียมมาจากพืช เช่น ชาพบว่าในใบชาจะมี Catechins อยู่ถึงร้อยละ 30 ของน้ำหนักแห้ง และเชื่อว่าเป็นสารสำคัญในการออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและ Chemoprevention โดย Anthocyanins เป็นสารที่มีสีในพืช ส่วนกลุ่ม Flavones, Flavonols และ Isoflavones จะพบได้ทั่วไปและเชื่อว่าเป็นสารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย

Class	Basic Skeleton	Sample
Simple phenols	C_6	 Phenol
Phenolic acid	C_6-C_1	 Gallic acid
Phenylpropanoids	C_6-C_3	 Caffeic acid
Flavonoids	C_6-C_3-C_6	 Catechin

ภาพที่ 4 โครงสร้างของสารประกอบฟีนอลิกกลุ่มต่าง ๆ
ที่มา : (บุหรัน พันธุ์สวรรค์, 2556)

สารประกอบฟีนอลิก (Phenolic compounds) เป็นสารที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้ประโยชน์ในกระบวน-การเติบโตและการขยายพันธุ์ของพืชแต่ละชนิด ดังนั้นรูปแบบของสารประกอบฟีนอลิกในพืชแต่ละชนิดจึงมีความแตกต่างกันไป ในปัจจุบันพบว่ามีสารประกอบฟีนอลิกที่ทราบโครงสร้างแน่นอนแล้วมากกว่า 8000 ชนิด ตั้งแต่กลุ่มที่มีโครงสร้างอย่างง่าย เช่น กรดฟีนอลิก (Phenolic acids) ไปจนถึงกลุ่มที่มีโครงสร้างเป็นโพลิเมอร์ เช่น ลิกนิน (Lignins) โครงสร้างพื้นฐานของสารประกอบฟีนอลิกจะเกิดจากการรวมตัวของโมเลกุลน้ำตาลตั้งแต่ 1 โมเลกุลขึ้นไปกับหมู่ไฮดรอกซิล (OHgroup) โดยน้ำตาลดังกล่าว อาจเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว (Monosaccharides) น้ำตาลโมเลกุลคู่ (Disaccharides) หรือ โอลิโกแซคคาไรด์ (Oligosaccharides) ก็ได้ แต่น้ำตาลชนิดที่พบมากที่สุดในโมเลกุลของสารประกอบฟีนอลิก คือ กลูโคส (Glucose) นอกจากนี้ยังพบว่าอาจมีการรวมตัวกันระหว่างสารประกอบฟีนอลิกด้วยกันเอง หรือสารประกอบฟีนอลิกกับสารประกอบอื่น ๆ เช่น กรดคาร์บอกซิลิก (Carboxylic acids) กรดอินทรีย์ (Organic acids) อะมีน (Amines) และไขมัน ในปัจจุบันสารประกอบฟีนอลิกได้รับความสนใจในฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน (Antioxidation) และฤทธิ์ต้านการกลายพันธุ์ (Antimutagenic activity) ที่เกิดจากอนุมูลอิสระ (Free radicals) และการ

ใช้สารประกอบฟีนอลิกในการป้องกันโรคต่าง ๆ โดยเฉพาะโรคหัวใจขาดเลือดและมะเร็ง โดยสารประกอบฟีนอลิกจะทำหน้าที่กำจัดอนุมูลอิสระและไอออนของโลหะที่สามารถเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันและโมเลกุลอื่น ๆ ด้วยการให้อะตอมไฮโดรเจนแก่อนุมูลอิสระอย่างรวดเร็ว ดังปฏิกิริยาต่อไปนี้

$$ROO^{\bullet} + PHH \longrightarrow ROOH + PP^{\bullet}$$

$$RO^{\bullet} + PHH \longrightarrow ROH + PP^{\bullet}$$

เมื่อ ROO•, RO• คือ Free radicals, PPH คือ Polyphenolic Compounds

เมื่อสารประกอบฟีนอลิกให้อะตอมไฮโดรเจนแก่อนุมูลอิสระไปแล้ว อนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลิกจะค่อนข้างมีเสถียรภาพ ดังนั้นจึงไม่ทำปฏิกิริยาอื่นต่อไป ยิ่งไปกว่านั้นอนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลิกบางชนิดยังคงสามารถรวมตัวกับอนุมูลอิสระอื่นได้ด้วย จึงทำให้สารประกอบ
ฟีนอลิกเหล่านั้นลดจำนวนอนุมูลอิสระลงได้ถึง 2 เท่า ดังปฏิกิริยาต่อไปนี้

$$ROO^{\bullet} + PP^{\bullet} \longrightarrow ROOPP$$

$$RO^{\bullet} + PP^{\bullet} \longrightarrow ROPP$$

สารประกอบฟีนอลิกที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชันนั้น สามารถพบได้ในส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น เมล็ด (ได้แก่ ถั่วเหลือง ถั่วลิสง เมล็ดฝ้าย ข้าว และงา) ผล (ได้แก่ องุ่น ส้ม และพริกไทยดา) ใบ (ได้แก่ ชา และเครื่องเทศต่าง ๆ) ดอก (ได้แก่ กล้วยไม้) และส่วนอื่น ๆ (ได้แก่ มันเทศ และหัวหอม) สารประกอบฟีนอลิกที่เป็นที่รู้จักกันดี คือ Flavonoids และ Cinnamic acid derivatives โดยสามารถพบได้ในเกือบทุกส่วนของพืช แต่จะมีความแตกต่างกันในด้านของชนิดและปริมาณ (บุหรัน พันธุ์สวรรค์, 2556)

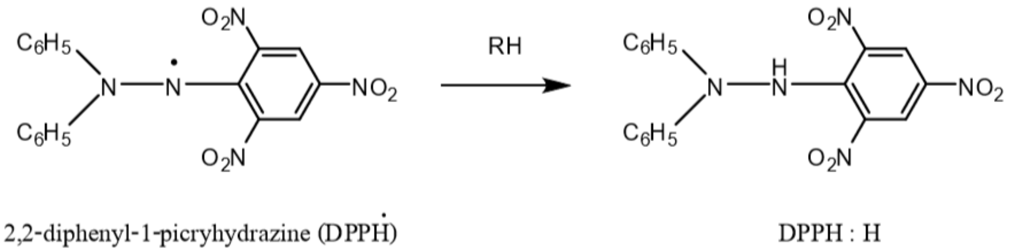
สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidants)

สารอนุมูลอิสระ (Free radicals) หรือ Reactive Oxygen Species (ROS) เป็นโมเลกุลหรือไอออนที่มีอิเล็กตรอนโดดเดี่ยวอยู่รอบนอกและมีอายุสั้นมาก จัดเป็นโมเลกุลที่ไม่เสถียรและว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี จึงทำปฏิกิริยากับโมเลกุลต่าง ๆ ภายในร่างกายเพื่อให้ตัวมันเสถียร แหล่งที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระในตัวคน มี 2 แหล่ง คือ จากภายในร่างกาย เช่น การเผาผลาญอาหาร การหายใจการออกกำลังกายและจากแหล่งภายนอกร่างกายที่เป็นตัวกระตุ้นให้เกิดอนุมูลอิสระ ได้แก่

ความเครียด การติดเชื้อ มลพิษในอากาศ เป็นต้น อนุมูลอิสระมีหลายชนิด ชนิดที่สำคัญ ได้แก่ ซูเปอร์ออกไซด์แอนไอออน (Superoxide anion) ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide) ไฮดรอกซิลแรดดิเคิล (Hydroxyl radical) เมื่อมีอนุมูลอิสระเกิดขึ้น จึงเกิดการทำลายโมเลกุลอื่น ๆ ต่อเนื่องกันเป็นลูกโซ่ส่งผลให้เกิดการอักเสบของเนื้อเยื่อร่างกาย เกิดริ้วรอยเหี่ยวย่นบนใบหน้า รอบดวงตา และผิวพรรณ รวมทั้งเป็นสาเหตุของการเกิดโรคเรื้อรังต่าง ๆ เช่น โรคหัวใจขาดเลือด ต้อกระจก ความดันโลหิตสูง อัลไซเมอร์ เบาหวาน และมะเร็ง เป็นต้น ปกติภายในร่างกาย มีกลไกป้องกันการโจมตีจากอนุมูลอิสระ โดยอาศัยการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระที่สร้างขึ้นในร่างกาย เช่น เอนไซม์ Superoxide dismutase (SOD), Catalase และ Glutathione peroxidase เป็นต้น แต่การสร้างสารต้านอนุมูลอิสระยังไม่เพียงพอและมีขีดจำกัด ประกอบกับเมื่ออายุมากขึ้น ร่างกายจะสร้างสารต้านอนุมูลอิสระได้น้อยลง ดังนั้นร่างกายจึงควรรับสารต้านอนุมูลอิสระจากภายนอกด้วยเช่นกัน (นงลักษณ์, 2559)

สารต้านอนุมูลอิสระหรือสารแอนติออกซิแดนซ์ (Antioxidants) ที่รู้จักกันดี ได้แก่ วิตามินซี วิตามินอี ซีลีเนียม เบต้าแคโรทีน วิตามินเอ และพฤกษเคมีต่างๆ (Phytochemical) เช่น โพลีฟีนอล (Polyphenol) และไอโซฟลาโวน (Isoflavone) เป็นต้น ปัจจุบันสารต้านอนุมูลอิสระถูกนำมาใช้เป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารหลายชนิด นอกจากนี้ยังมีการใช้สารต้านอนุมูลอิสระธรรมชาติในเภสัชภัณฑ์ และส่วนประกอบอื่นๆ ในผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เช่น สารกันบูดในอาหาร และเครื่องสำอางอีกด้วย

สำหรับวิธีการทดสอบที่นิยมใช้เพื่อทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระนั้น จะเรียกว่า วิธี DPPH (DPPH radical scavenging assay) โดย DPPH คือ อนุภาคอิสระที่เสถียรและสามารถรับอิเล็กตรอนได้อีก เพื่อเปลี่ยนเป็นโมเลกุลที่ไม่เป็นอนุมูลอิสระ และเมื่อได้รับอะตอมไฮโดรเจนจากโมเลกุลอื่นจะทำให้สารดังกล่าวไม่เป็นอนุมูลอิสระ



ภาพที่ 5 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging
ที่มา : (นงลักษณ์, 2559)

ดังนั้นความสามารถของสารต้านอนุมูลอิสระที่ศึกษานี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพของสารต้านอนุมูลอิสระในการรวมตัวกับ DPPH ที่อยู่ในรูปอนุมูลอิสระที่เสถียรที่อยู่ในสารละลาย (นิยมใช้ DPPH ที่อยู่ในรูปอนุมูลอิสระมาก เพราะใช้งานง่าย) โดยในการทดสอบนี้จะให้ DPPH (มีสีม่วงเข้ม) ทำปฏิกิริยากับสารต้านอนุมูลอิสระในระยะเวลาที่กำหนด ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร จะแปรผันกับความเข้มข้นของ DPPH ดังนั้นการลดลงของความเข้มข้นของ DPPH (สีอ่อนลง) บ่งบอกถึงความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระของสารต้านอนุมูลอิสระ (นงลักษณ์, 2559)

การต้มสกัดสารสำคัญ

การสกัดด้วยตัวทำละลายเป็นวิธีหนึ่งที่มีประโยชน์มากในการแยกสารและทำสารให้บริสุทธิ์ เช่น การสกัดแยกสารประกอบบางชนิดออกจากแหล่งที่เกิดในธรรมชาติ เช่น ใบไม้ ดอกไม้ การสกัดแยกสารผลิตภัณฑ์ออกจากของผสมหลังทำปฏิกิริยา หลักการของการสกัดคือ การใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสมละลายสารที่ต้องการออกมาจากผลิตภัณฑ์โดยการให้ความร้อนด้วยการต้มสกัด (อรุษา, 2554)

รูปแบบการสกัดจากสมุนไพร

1. สารสกัดของเหลว สารสกัดในรูปแบบของเหลวที่มีตัวทำละลายที่เหมาะสม เช่น น้ำหรือเอทานอล
2. สารสกัดแบบกึ่งของแข็ง เตรียมจากสารสกัดของเหลวโดยการระเหยตัวทำละลายออกไป สารสกัดจะเข้มข้น ง่ายต่อการผสมในผลิตภัณฑ์ สารสกัดประเภทนี้มักมีสีเข้มมากตั้งแต่น้ำตาลจนถึงดำ
3. สารสกัดของแข็ง เป็นการนำสารสกัดเหลวหรือสารสกัดแบบกึ่งของแข็ง มาทำให้ผงแห้งโดยการเติม สารช่วย เช่น Talcum ลงไป เพื่อช่วยให้สารสกัดมีลักษณะเป็นผง

วิธีการสกัดสมุนไพร

1. การชง, การต้ม (Decoction)

เหมาะสำหรับสกัดชิ้นส่วนสมุนไพรที่แข็ง เช่น กิ่งก้าน ราก เปลือก ซึ่งสามารถทนความร้อนได้ในระยะเวลาหนึ่ง

2. การคั้นน้ำสด

ทำโดยการปั่นสมุนไพรสดกับน้ำสะอาดในเครื่องปั่นในน้ำผลไม้ แล้วนำมากรองด้วยผ้าขาวบางเพื่อแยกกากและน้ำคั้นสดออกจากกัน การสกัดแบบนี้สารสกัดสมุนไพรจะไม่คงตัว มักต้องใช้สารกันบูด

3. การเคี่ยวด้วยน้ำมัน

น้ำมันที่ใช้ควรเป็นน้ำมันปาล์มเนื่องจากต้องทนความร้อนสูง หรือน้ำมันมะพร้าว นำไปตั้งไฟและให้ความร้อนประมาณ 150 องศาเซลเซียส เมื่อเสร็จกระบวนการนำมากรองด้วยผ้าขาวบางเพื่อแยกกากและน้ำมันออกจากกัน

4. การสกัดด้วยแอลกอฮอล์

เป็นการสกัดที่ใช้ตัวทำละลาย คือ เอทิลแอลกอฮอล์ (Ethy alcohol) เป็นการสกัดที่ได้สารเคมีจากพืชในปริมาณมากที่สุด

การสกัดเย็น

การสกัดเย็น คือ การแยกส่วนของน้ำหรือน้ำมันจากวัตถุดิบที่เราสกัดออกมา โดยสกัดออกมาจากส่วนต่าง ๆ ของวัตถุดิบนั้น ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพืชผักและผลไม้ชนิดต่าง ๆ การสกัดเย็นจะได้น้ำหรือน้ำมันจากบริเวณส่วนต่าง ๆ ของพืชผักและผลไม้ เช่น ผล เมล็ด หัว ใบ ดอก และเปลือก โดยอาศัยขั้นตอนบีบอัดที่อุณหภูมิห้องโดยตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนแล้วนำส่วนของน้ำมันบริสุทธิ์มาใช้งาน หรืออาจจะใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือแรงดันสูงเพื่อช่วยบีบหรือกดน้ำมันออกมา ทั้งนี้การสกัดต้องไม่ผ่านกระบวนการความร้อนหรือสารเคมีใด ๆ ซึ่งจะช่วยคงสี รสชาติ ตามธรรมชาติ คงคุณค่าและสรรพคุณของพืชผักและผลไม้ชนิดนั้น ๆ ไว้อยู่ด้วย (สถาบันวิจัยสมุนไพร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2549)

มอลโตเด็กซ์ตริน (Maltodextrin)

มอลโตเด็กซ์ตริน คือคาร์โบไฮเดรตประเภทโพลิแซ็กคาไรด์ (Polysaccharide) ที่ได้จากการย่อยโมเลกุลของสตาร์ซ (Starch) และผ่านการไฮโดรลิซิสบางส่วนด้วยกรดหรือเอนไซม์ผลิตโดยการย่อยแป้งข้าวโพด แป้งมันฝรั่ง หรือแป้งชนิดอื่นบางชนิด มอลโตเด็กซ์ตรินมีลักษณะเป็นผงหรือเกล็ดสีขาวไม่มีรส หรือมีรสหวานเล็กน้อยสามารถละลายในน้ำได้ดี ดูดความชื้นน้อยเพราะมีปริมาณโมโนแซคคาไรด์น้อย ผงมอลโตเด็กซ์ตรินจะไม่เกาะติดกัน มีความหนืดต่ำและละลายน้ำได้ง่าย มอลโตเด็กซ์ตรินมีค่า Dextrose Equivalent (DE) น้อยกว่า 20 ประกอบด้วย (1⟶4 และ 1⟶6) - α-D-glucopyranose-linked residues (Nickerson et al., 2006) ค่าสมมูลเด็กซ์โทรส (DE) หรือดัชนีชี้วัดเปอร์เซ็นต์ของน้ำตาลกลูโคสที่มีอยู่ในมอลโตเด็กซ์ตริน ซึ่งค่า DE วัดจากปริมาณของเอนไซม์อะไมเลสที่มีการเติมลงไปสำหรับการย่อยแป้ง โดยหากสามารถทำการย่อยแป้งให้กลายเป็นน้ำตาลกลูโคส 100% ก็จะมีค่า DE อยู่ที่ 100 ดังนั้นค่า DE ที่สูงจึงมีความหวานมากกว่าค่า DE ที่ต่ำ มอลโตเด็กซ์ตรินที่มีค่า DEแตกต่างกันจะมีสมบัติทางเคมีกายภาพแตกต่างกัน เช่น ความสามารถ ในการละลาย อุณหภูมิเยือกแข็งและความหนืด มอลโตเด็กซ์ตรินที่มีค่า DE เหมือนกันอาจจะมีสมบัติต่างกัน

ก็ได้ขึ้นอยู่กับวิธีการไฮโดรไลซิส แหล่งของสตาร์ซ (ข้าวโพด มัน ฝรั่ง ข้าว) และอัตราส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพกติน (Klinkesorn et al., 2004) การเติมมอลโตเด็กซ์ตรินในสารละลายก่อนการทำแห้งแบบพ่นฝอย จะช่วยลดการเหนียวติดพื้นผิวของเครื่องมือหรือเกาะกันเป็นก้อนกลม ดังนั้นมอลโตเด็กซ์ตริน จึงมักใช้เป็นตัวช่วยในการทำให้แห้ง (Adhikari et al., 2003) นอกจากนี้มอลโตเด็กซ์ตรินยังเป็น Wall material ที่กักเก็บและป้องกันสาร ที่มีความไวต่อความร้อน (Onwulata, 2005) การเติมมอลโตเด็กซ์ตรินก่อนการทำแห้งแบบพ่นฝอยจะทำให้สามารถลดความเหนียวลงได้

มอลโตเด็กซ์ตริน มีสูตรโมเลกุล คือ (C6H12O6)·H2O จัดเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทเดียวกับกลูโคสไซรัป ประกอบด้วยหน่วยของ D-glucose หลาย ๆ หน่วยเชื่อมต่อกัน เตรียมได้จากการย่อยโมเลกุลของสตาร์ช การไฮโดร ไลซิสด้วยกรดไฮโดรคลอริก หรือโดยเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส เพื่อให้เกิดสารละลายกลูโคสพอลิเมอร์ (Glucose polymer solution) ที่มีสายยาว สารละลายนี้จะถูกกรองและทำให้แห้งหรือทำให้เข้มข้นมากขึ้นเพื่อให้ได้มอลโตเด็กซ์ตรินสตาร์ชที่นำมาใช้ได้แก่สตาร์ชจากข้าวโพด ข้าวเจ้า มันสำปะหลัง มันฝรั่ง เป็นต้น โดยทั่วไปที่นิยมผลิตจะ มีค่า DE อยู่ในช่วง 5-19 มอลโตเด็กซ์ตรินอาจอยู่ในรูปสารละลายเข้มข้นหรือรูปผงสีขาวไม่มีกลิ่นไม่มีรสหวานหรือหวานเล็กน้อย จัดเป็นสารที่ไม่มีอันตรายต่อร่างกายมีความชื้นประมาณร้อยละ 3-5 ความหนาแน่น (Bulk density) อยู่ในช่วง 0.31-0.61 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร สามารถใช้มอลโตเด็กซ์ตรินได้ในปริมาณที่เหมาะสมกับชนิดของอาหาร และหน้าที่ของมอลโตเด็กซ์ตรินในอาหารชนิดนั้น ๆ สามารถละลายได้ในน้ำที่อุณหภูมิห้องสารละลายที่ได้อาจจะใสหรือขุ่นขึ้นกับชนิดของมอลโตเด็กซ์ตรินที่นำมาใช้งานสารละลายที่ได้มีคุณสมบัติทางด้านความเป็นเนื้อ (Body) และมีความหนืดที่สม่ำเสมอ เนื้อสัมผัสเรียบเนียน การเติมมอลโตเด็กซ์ตรินจะทำให้ความหนืดของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ทำให้สัดส่วนของน้ำในผลิตภัณฑ์ลดลง การเปลี่ยนแปลงทางเคมีช้าลง มีความสามารถดูดความชื้นจากอากาศได้ต่ำ (Lowhygroscopicity) จึงช่วยลดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นผงแห้งโดยเฉพาะมอลโตเด็กซ์ตรินที่มีค่า DE ต่ำ ๆมีจุดเยือกแข็งคงที่ และสามารถควบคุมการเกิดสีน้ำตาลได้เป็นอย่างดีทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้เกิดสีน้ำตาลน้อยลง การใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหาร เนื่องจากมอลโตเด็กซ์ตรินมีสมบัติที่ดีหลายประการ สามารถละลายได้ในอาหารที่เป็นของเหลวจึงมีการนำมาใช้ในอาหารประเภทต่าง ๆ เช่น ซุป นม น้ำผลไม้ เป็นต้น หรืออาจเติมในลักษณะที่เป็นผงโดยตรงหรือนำมาละลายน้ำก่อน นิยมใช้เป็นสารเพิ่มปริมาณ ช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัส รักษาความชุ่มชื้น และยืดอายุการเก็บรักษาในผลิตภัณฑ์ขนมหวาน ราคาถูก และหาซื้อได้ง่าย มีราคาต่ำกว่าสารที่ใช้เป็นส่วนประกอบหลาย ๆ ตัว และยังสามารถใช้ร่วมกับสารอื่น ๆได้ (เชาวลิต, 2552)

การใช้มอลโตเด็กซ์ตรินในผลิตภัณฑ์อาหาร

มอลโตเด็กซ์ตริน (Maltodextrin) ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารอย่างกว้างขวาง เป็นสารเติมแต่งในอาหาร (Food Additive) จัดว่าเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่าย ซึ่งสามารถดูดซึมเข้าสู่ร่างกายได้แบบ

เดียวกันกับน้ำตาลกลูโคส ดังนั้นจึงมีการนำไปใช้เป็นส่วนผสมสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ให้พลังงานประเภทต่าง ๆในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ อาหารสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก อาหารสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน อาหารไขมันต่ำ ในผลิตภัณฑ์อาหารแห้งใช้มอลโตเด็กซ์ตรินเพื่อเพิ่มเนื้อ (Bulking agent) เช่น เพิ่มเนื้อในการทำแห้ง (Dehydration) อาหารแห้ง ประเภท อาหารผง เครื่องดื่มผง ด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย spray drier หรือ drum drier ประเภทอาหารผง เช่น เครื่องดื่มผง เครื่องปรุงรสชนิดผง

ไมโครเอนแคปซูเลชัน (Microencapsulation)

ไมโครเอนแคปซูเลชัน (Microencapsulation) คือกระบวนการห่อหุ้มสารบางชนิด เช่น วิตามิน ยารักษาโรค สารต้านอนุมูลอิสระ เป็นต้น1 ด้วยพอลิเมอร์ให้อยู่ในรูปของแคปซูลชั้นบางๆ ขนาดเล็ก เรียกว่า ไมโครแคปซูล ซึ่งมีขนาดตั้งแต่ 1 จนถึง 1,000 ไมครอน2 เพื่อประโยชน์ในการคงตัวของสารตลอดการใช้งาน การห่อหุ้มสารที่มีความไวต่อสิ่งแวดล้อม3, 4 เช่น ถูกออกซิไดซ์ได้ง่าย ไวต่อแสง อุณหภูมิและความเป็นกรดด่าง เป็นต้น จะทำให้สารดังกล่าวมีความคงตัวดีขึ้นและเก็บรักษาได้ยาวนาน กระบวนการดังกล่าวยังช่วยป้องกันสารที่ระเหยง่าย นอกจากนั้นการนำสารที่เป็นของเหลวมาอยู่ในไมโครแคปซูลอาจช่วยลดการทำปฏิกิริยาของสารผสม สะดวกต่อการนำไปใช้งาน รวมทั้งสามารถควบคุมการปลดปล่อยสารไปสู่บริเวณที่ต้องการในเวลาที่เหมาะสมได้จึงมีประโยชน์ช่วยลดความสิ้นเปลืองในการใช้สารเนื่องจากเทคนิคนี้มีข้อดีดังที่กล่าวข้างต้น การทำไมโครแคปซูลจึงถูกนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ หลายชนิด เช่น รักษารสชาติของอาหารจำพวกหมากฝรั่งทำให้มีรสชาติได้ยาวนาน รักษาวิตามินหลายชนิดที่มีความไวต่อออกซิเจนและแสงสว่างมิให้สูญเสียไปในระหว่างปรุงอาหาร โดยใช้กัมอารบิก (gum arabic) อัลจิเนต (alginates) และโปรตีนจากผักเป็นสารห่อหุ้มเนื่องจากราคาไม่แพง (บัณฑิต พรหมรักษา, 2557)

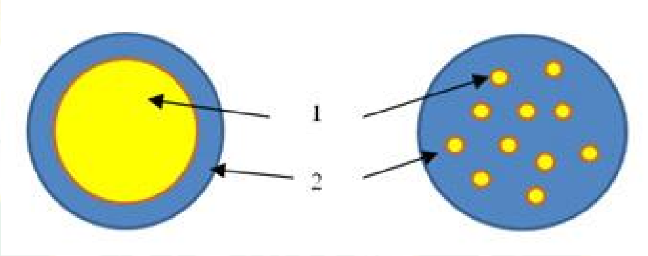
1.องค์ประกอบของไมโครแคปซูล

โครงสร้างของไมโครแคปซูล ประกอบด้วย 2 ส่วนหลักคือ สารที่ถูกห่อหุ้ม และสารที่ใช้ห่อหุ้ม สารที่ถูกห่อหุ้มมักเป็นของเหลวหรือของแข็ง5 เรียกว่า แกนกลาง (core หรือ active หรือ load หรือ internal phase) เช่น วิตามินต่างๆเกลือแร่ ยารักษาโรค ยาฆ่าแมลง ส่วนสารที่เป็นตัวห่อหุ้ม มักมีผนังบางๆ เรียกว่า สารห่อหุ้ม (shell หรือ wall หรือ carrier หรือ coating material) ซึ่งมีความสำคัญในการกำหนดให้ไมโครแคปซูลมีคุณสมบัติตามที่ต้องการ ตัวอย่างของสารห่อหุ้มที่นิยมใช้ เช่น กัมอา-รบิก โปรตีนไฮโดรไลเสท (Protein hydrolysate) ถั่วเหลืองที่อยู่ในรูปละลายน้ำ (Soluble soybean) คาราจีแนน (Carrageenan) ฟอสโฟลิพิด (Phospholipids)พอลิไวนิลไพโรลิโดน (Polyvinylpyrrolidone) เป็นต้น สารห่อหุ้มที่ดีควรมีคุณสมบัติที่สามารถแผ่เป็นฟิล์มบาง ๆ ได้ มีความยืดหยุ่นและมีความแข็งแรงเพียงพอ สามารถทำให้เกิดอิมัลชัน (Emulsion) ยึดติดกับสาร

แกนกลางได้ดีโดยไม่ทำปฏิกิริยากับสารแกนกลาง รวมทั้งต้องมีความหนืดต่ำเมื่ออยู่ในสภาวะที่เป็นของแข็ง และไม่ชื้นง่ายการทำไมโครแคปซูลต้องคำนึงถึงปัจจัยหลายประการที่มีบทบาทต่อคุณสมบัติของไมโครแคปซูลนั้น ปัจจัยที่สำคัญในลำดับต้น ๆ คือ การเลือกชนิดของสารห่อหุ้ม และกลไกในการปลดปล่อยสารที่ถูกห่อหุ้ม โดยกลไกดังกล่าวนี้มักขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรดด่าง อุณหภูมิ ความดัน และชนิดของ เอนไซม์ เป็นต้น

2.การจำแนกประเภทของไมโครแคปซูล

ไมโครแคปซูลมีหลายประเภท ขึ้นอยู่กับลักษณะของสารแกนกลาง สารห่อหุ้มที่ใช้ และวิธีการผลิต โดยทั่วไปมักจำแนกประเภทของไมโครแคปซูลตามลักษณะของสารแกนกลาง เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ ไมโครแคปซูลที่แกนกลางทั้งหมดถูกห่อหุ้มด้วยสารห่อหุ้ม เรียกว่า ไมโครแคปซูลแบบแกนกลางเดียว (Mononuclear core) (รูปที่ 2.4 ก) และไมโครแคปซูลที่แกนกลางเล็กๆ จำนวนมากถูกห่อหุ้มด้วยสารห่อหุ้มเรียกว่า ไมโครแคปซูลแบบหลายแกนกลาง (Multinuclear core) (รูปที่ 2.4 ข) ซึ่งนิยมใช้ในกระบวนการผลิตยา เพราะสามารถค่อย ๆ ปลดปล่อยสารแกนกลางได้ในระยะเวลาที่ยาวนานกว่าไมโครแคปซูลแบบแกนกลางเดียว



ภาพที่ 6 ไมโครแคปซูลแบ่งประเภทตามลักษณะของสารแกนกลาง ก. ไมโครแคปซูลแบบแกนกลางเดียว ข.ไมโครแคปซูลแบบหลายแกนกลาง (หมายเลข 1คือแกนกลาง และหมายเลข 2 คือผนังห่อหุ้ม)

ที่มา : (บัณฑิต พรหมรักษา, 2557)

เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray dry)

เทคนิคการอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray dry) เป็นวิธีการที่นิยมใช้สำหรับการทำแห้งของสารละลายอินทรีย์ สารประเภทอิมัลชัน (Emulsion) และของเหลวชนิดต่าง ๆ โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จะอยู่ในรูปของผงแห้ง วิธีนี้นิยมใช้ในอุตสาหกรรมทางเคมีและอาหาร ผลิตภัณฑ์ส่วนหนึ่งจากการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่มีวางขายในปัจจุบันได้แก่ นมผง อาหารเด็ก ยาและสีย้อม การอบแห้งด้วยวิธีนี้นอกจากจะใช้สำหรับทำแห้งอย่างรวดเร็วแล้วยังเป็นวิธีการที่มีประโยชน์อย่างมากในการลดขนาดและปริมาตรของของเหลว จากการวิจัยและพัฒนาที่ต่อเนื่องกัน ทำให้วิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอย

กลายเป็นวิธีการอบแห้งที่มีประสิทธิภาพและนิยมนำมาใช้อบแห้งกับผลิตภัณฑ์หลายประเภทในปัจจุบัน

การทำแห้งแบบพ่นฝอยเป็นการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารหรือวัสดุที่มีลักษณะเป็นของเหลวให้เป็นผงแห้งสารละลายที่เป็นของเหลวจะถูกดูดโดยปั๊มผ่านอุปกรณ์ที่ทำให้เกิดละอองฝอยภายในห้องอบและละอองฝอยจะสัมผัสกับอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 150-300 องศาเซลเซียส ทำให้เกิดการระเหยของน้ำอย่างรวดเร็วกลายเป็นอนุภาคผงแห้งซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10-200 ไมโครเมตร ผลิตภัณฑ์สุดท้ายจะมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 3 ทำให้สามารถเก็บไว้ได้นานสะดวกต่อการเก็บรักษา

เครื่องมือที่ใช้สำหรับกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอย คือเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Dryer รุ่น SDE 50) ดังภาพที่ 2.6 เริ่มจากการใส่ของเหลวลงในเครื่องรอจนของเหลวมีความชื้นในระดับที่เหมาะสมต่อการฉีดให้ออกมาเป็นละออง จากนั้นจึงแยกผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทำแห้งออกมา สำหรับตัวอย่างของเหลวที่นำมาทำแห้งสามารถใช้ได้ทั้งที่เป็นตัวทำละลาย สารประเภทอิมัลชัน (Emulsion) หรือสารแขวนลอยก็ได้

ภาพที่ 7 เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย รุ่น SDE 50

การใช้งานเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยเริ่มจากการเปิด Air compressor และเปิดเครื่องอบแห้งแบบ พ่นฝอย (Spray dry) ทำการตั้งค่าต่าง ๆที่แผงควบคุม ตั้งค่า Aspirator และ Inlet Temp. ตามที่กำหนดจากนั้นรอจนกว่าจะได้อุณหภูมิตามที่กำหนด จากนั้น เปิด Pump เพื่อทำการ Feed น้ำสะอาด ประมาณ 1-3 นาที เพื่อทำความสะอาดหัวฉีดและป้องกันการอุดตันจากนั้น Feed

ตัวอย่าง เมื่อเสร็จสิ้นการอบแห้งแบบพ่นฝอยแล้ว Feed น้ำสะอาด เพื่อทำความสะอาดหัวฉีดแล้วไล่สายด้วยอากาศ ปิด Pump, Inlet Temp และ Aspirator เก็บตัวอย่างจาก Collection vessel ปิดเครื่อง สุดท้ายปิด Air compressor

ทฤษฎีการอบแห้งแบบพ่นฝอย

การอบแห้งแบบพ่นฝอยเป็นกระบวนการอบแห้งที่ประยุกต์ใช้สำหรับการแปรรูปอาหารทุกประเภท ซึ่งอาหารที่ต้องการอบแห้งอาจอยู่ในรูปของสารละลายที่เป็นเนื้อเดียวกันหรือสารละลายที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน เป็นสารละลายผสมระหว่างของแข็งและของเหลว (Slurry) หรือของเหลวกับของเหลว (Emulsion) หลักการทำแห้งจะดำเนินการโดยทำให้ของเหลวดังกล่าวแตกตัวเป็นละอองหรือหยดเล็ก ๆ แล้วไหลผ่านไปในหออบแห้งซึ่งมีอากาศร้อนไหลผ่าน ในขณะเดียวกันเนื่องจากหยดของเหลวมีขนาดเล็กมากประมาณ 100-200 ไมโครเมตร ทำให้มีพื้นที่ผิวมากขึ้นเป็นการเพิ่มพื้นที่ในการถ่ายโอนมวลและความร้อน การระเหยจึงเกิดขึ้นบนพื้นที่ผิวของหยดของเหลวอนุภาคเล็ก ๆ อย่างรวดเร็ว (บัณฑิต พรหมรักษา, 2557)

หลักการพื้นฐานของการอบแห้งแบบพ่นฝอย

เมื่ออาหารเหลวถูกฉีดเป็นละอองและสัมผัสกับอากาศร้อนภายในหออบแห้งจะทำให้น้ำในอาหารระเหยไปอย่างรวดเร็ว จากนั้นผงของอาหารแห้งจะตกลงมาแล้วถูกแยกออกจากลมร้อนเพื่อนำไปบรรจุต่อไปกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอยประกอบด้วย 4 ขั้นตอนดังนี้

การทำให้ของเหลวมีอนุภาคขนาดเล็ก ๆหรือหยดของเหลว (Atomization)

การทำให้ของเหลวให้มีอนุภาคขนาดเล็ก ๆ ขนาดของของเหลวมีความสำคัญสำหรับการอบแห้งแบบพ่นฝอย เพราะจะเป็นตัวทำให้เกิดพื้นที่ผิวในการระเหยเพิ่มมากขึ้น ถ่ายโอนความร้อนได้มากและการถ่ายโอนมวลเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

การทำให้ของเหลวกระจายตัวเป็นละออง (Atomization of Feed)

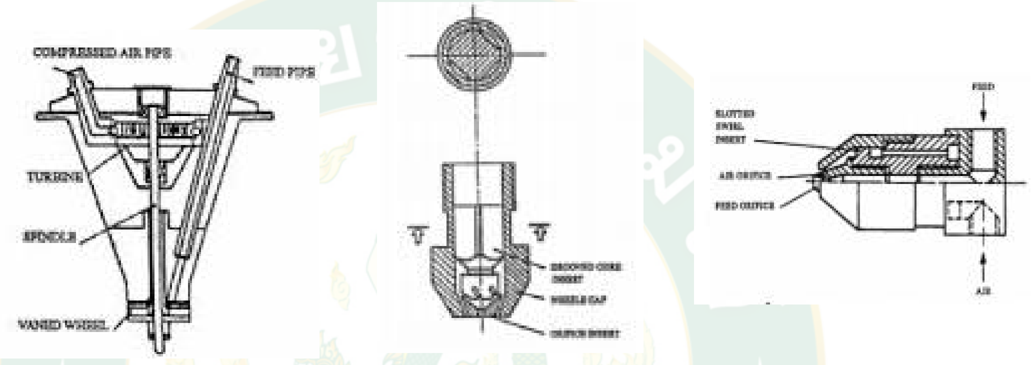
กระบวนนี้เป็นการทำให้ของเหลว (Feed) พ่นฝอยกระจายตัวกลายเป็นละออง โดยใช้หัวฉีดแบบหมุน ซึ่งถือว่าเป็นส่วนประกอบสำคัญที่สุดของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray dryer) หัวฉีดของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย มี 3 ชนิด คือ

1) หัวฉีดแบบหมุน (Rotary Atomizer) อุปกรณ์พ่นฝอยชนิดนี้ของเหลวจะไหลลงบนจานหมุนใกล้กับจุดศูนย์กลาง โดยจานหมุนจะมีความ เร็วรอบประมาณ 1,000-10,000 รอบต่อนาทีของเหลวที่ตกลงบนจานหมุนจะถูกเหวี่ยงออกด้านข้างกระจายเป็นละอองขนาดอนุภาคเฉลี่ยประมาณ 30-1200 ไมครอน

2) หัวฉีดแบบแรงดัน (Pressure Nozzles Atomizer) อุปกรณ์พ่นฝอยชนิดนี้ของเหลวจะไหลผ่านช่องของหัวฉีดภายใต้ความดันสูง ซึ่งจะทำให้ของเหลวที่ออกมาจากหัวฉีดกระจายเป็นละอองฝอยได้

โดยที่ไม่ต้องใช้อากาศ อนุภาคที่ได้จะมีขนาดเฉลี่ยประมาณ 120-250 ไมครอน โดยขนาดอนุภาคจะแปรผันตรงกับอัตราการไหลของของเหลวและความหนืด แต่จะแปรผกผันกับความดัน

3) หัวฉีดแบบสองของไหล (Two-fluid Nozzle Atomizer ,Pneumatic Nozzle Atomizer) อุปกรณ์พ่นฝอยชนิดนี้ของเหลวและอากาศจะไหลผ่านหัวของหัวฉีด (Nozzle) ซึ่งจะทำให้ของเหลวแตกเป็นละอองฝอยเนื่องจากการไหลผ่านของอากาศด้วยความเร็วสูงภายในหัวฉีดการปรับอัตราการไหลของอากาศจะช่วยในการกระจายเป็นละอองของของเหลววิธีนี้นิยมใช้กับของเหลวที่มีความหนืดสูงติอย่างไรก็ตามวิธีนี้มีค่าดำเนินการที่สูงแต่ให้ผลผลิตค่อนข้างต่ำ



ภาพที่ 8 หัวฉีดของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (แบบหมุน, แบบแรงดัน, แบบสองของไหล)

ที่มา : (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, 2012)

การสัมผัสระหว่างละอองหยดของเหลวกับอากาศร้อน อนุภาคของอาหารจะสัมผัสกับอากาศร้อนเพื่อให้น้ำในอาหารเหลวรับความร้อนจากอากาศร้อนทำให้เกิดการระเหยน้ำออกไป การกำหนดทิศทางของการเคลื่อนที่ของอากาศร้อนเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงมาก ถ้าทิศทางการไหลของอากาศเหมาะสมก็จะทำให้การถ่ายโอนความร้อนเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว ทั้งนี้ก็ต้องขึ้นกับจุดประสงค์ของการอบแห้ง ลักษณะและคุณภาพของอาหารที่ต้องการอบแห้ง

ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลิตภัณฑ์จากการอบแห้งแบบพ่นฝอย

คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการอบแห้งแบบพ่นฝอยซึ่งเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นของเหลวที่ไวต่อความร้อนและยังกำหนดลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการได้แน่นอนขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ ที่เกิดจากการผลิต (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, 2012) ได้แก่

อัตราการพ่นกระจาย (Atomize speed)

อัตราการพ่นกระจายมีผลต่อโครงสร้างและขนาดของอนุภาคที่ได้ (Particle structure and size) โดยเมื่ออัตราการป้อนของเหลวคงที่ (Feed rate) การเพิ่มความเร็วในการพ่นกระจาย

(atomizer speed) มีผลให้ขนาดของอนุภาคที่ได้เล็กลง ความหนาแน่นรวม (Bulk density)ของผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีความหนาแน่นที่สูงกว่า เนื่องจากขนาดที่เล็กกว่าสามารถแทนที่ในช่องว่างระหว่างอนุภาคที่ใหญ่ได้

คุณสมบัติในการป้อน (Feed properties)

ปริมาณของแข็ง (Solid content) ของสารละลายมีผลต่อลักษณะและขนาดของอนุภาคผงที่ได้ในด้านความหนาแน่นรวม นอกจากนี้การป้อนสารละลายด้วยความเร็วเพิ่มขึ้นหรือการลดอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าจะส่งผลให้อนุภาคที่ได้มีความหยาบ (Coarse) และทำให้ความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ได้เปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นรวมถึงขนาดของอนุภาคที่ใหญ่ขึ้นทำให้การระเหยน้ำช้ากว่าในสารละลายที่มีปริมาณของแข็งน้อยกว่า

ชนิดของหัวฉีด (Type of atomized)

ชนิดของหัวฉีดมี 2 แบบ คือ Rotary และ Nozzle ซึ่งมีผลต่อลักษณะของขนาดของอนุภาคแตกต่างกัน โดยหัวฉีดแบบ Nozzle จะให้ลักษณะของอนุภาคผงที่ได้มีลักษณะที่หยาบกว่า

การไหลของอากาศ (Air flow)

อัตราการไหลของอากาศภายในห้องอบแห้งมีผลต่อเวลาของที่อยู่ในห้องอบแห้ง(Residence time) ของอนุภาคหรือเวลาที่ใช้ในการอบแห้งโดยตรง ถ้าอัตราการไหลของอากาศลดลงส่งผลให้เวลาที่อยู่ในห้องอบแห้งของอนุภาคหรือเวลาที่ใช้ในการอบแห้งเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำที่ถูกระเหยมีมากขึ้นมีผลให้ความชื้นลดลงและยังส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ทั้งในด้านคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี เช่น การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลอันเนื่องจากความร้อนส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีเข้มและเกิดกลิ่นไหม้ นอกจากนี้อัตราการไหลของอากาศยังมีผลต่อปริมาณผลผลิตที่ได้

อุณหภูมิในการอบแห้ง (Drying temperature)

อุณหภูมิของลมร้อนในการอบแห้งทั้งขาเข้า (Inlet temperature) และขาออก (Outlet temperature) มีผลต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์ เมื่ออุณหภูมิขาเข้าเพิ่มขึ้นโดยที่อัตราการไหลคงที่จะส่งผลให้เกิดการระเหยน้ำออกไปได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้อุณหภูมิขาเข้าที่สูง ยังมีผลให้ความหนาแน่นปรากฏรวมมีค่าลดลง ทำให้เกิดโครงสร้างที่มีรูพรุน (Porous) ในอนุภาคผงมากกว่าในขณะที่อุณหภูมิขาออกจะส่งผลต่อปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์โดยเมื่อเพิ่มอุณหภูมิขาออกให้สูงขึ้นมีผลให้ปริมาณความชื้นที่เหลือลดลง ดังนั้นการกำหนดอุณหภูมิลมร้อนขาออกจะขึ้นกับปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์สุดท้ายเป็นสำคัญ ผลของความชื้นในผลิตภัณฑ์สุดท้ายจะส่งผลต่อคุณภาพในด้านต่าง ๆ เช่น การละลาย (Solubility)ความหนาแน่นปรากฏ (Bulk density) ขนาด(Particle size) การดูดความชื้น (Hygroscopicity) และอายุการเก็บรักษา (Shelf life)

การออกแบบการทดลองแบบส่วนผสม (Mixture Design)

เป็นการออกแบบการทดลองเพื่อหาสัดส่วนที่เหมาะสมของปัจจัยเชิงปริมาณตั้งแต่ 2 ปัจจัยขึ้นไป โดยยึดหลักว่าผลรวมปริมาณของปัจจัยทั้งหมดจะต้องเป็น 1.0 (หรือ 100%) เสมอกล่าวคือ เมื่อปัจจัยหนึ่งมีปริมาณที่เพิ่มขึ้นย่อมทำให้ปัจจัยอื่น ๆ มีสัดส่วนลดลง ซึ่งแตกต่างจากการทดลองที่ไม่ใช่แบบผสม (Mixture) ที่ตัวแปรแต่ละตัวเป็นอิสระจากกัน การออกแบบการทดลอง แบบส่วนผสมมีแบบแผนการออกแบบดังนี้

การออกแบบ แบบเอ็กซ์ทรีมเวอร์ทิส (Extreme Vertices)

เป็นการออกแบบการทดลองแบบที่มีข้อจำกัดสัดส่วน (Design with constraints on proportion) หรือแบบที่มีข้อจำกัด (Constrained Mixture Design) กล่าวคือแผนการทดลองนี้ระดับในแต่ละปัจจัยไม่จำเป็นต้องเป็น 0-100% โดยอาจเป็น 30-40% (0.30-0.40) หรือ 15-25% (0.15-0.25) เป็นต้น สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากความจำเป็นโดยพื้นฐานในการทดสอบบางอย่าง เช่น ในการผลิตอาหารบางชนิดที่มีส่วนผสมของกลูเตน (Gluten) โปรตีนสะกดจากถั่วเหลือง (Soy Protein Isolated) และน้ำ พบว่า ต้องมีส่วนผสมของกลูเตนและโปรตีนสะกดจากถั่วเหลืองรวมกันอย่างน้อย 50% (ใช้ในปริมาณเท่ากันชนิดละ 25%) จึงสามารถจับเป็นก้อนเพื่อทำการรีดเป็นแผ่นได้ ดังนั้นส่วนผสมของกลูเตนและโปรตีนสกดจากถั่วเหลืองที่ต่ำกว่า 50% จึงไม่เป็นที่สนใจขณะเดียวกัน พบว่าหากมีน้ำต่ำกว่า 30% จะไม่สามารถปั้นให้เป็นก้อนได้ ดังนั้นจึงอาจกำหนดเฉพาะปริมาณ ขั้นต่ำของส่วนผสมแต่ละชนิดเป็น 25% 25% และ 30% ตามลำดับ โดยให้สังเกตว่าปริมาณขั้นต่ำ ของส่วนผสมทั้งสามรวมกันต้องไม่เกินหรือเท่ากับ 100% อย่างเด็ดขาดไม่เช่นนั้นจะมีเพียง ส่วนผสมเดียวที่เป็นไปได้หรือไม่มีส่วนผสมใดที่เป็นไปได้เลย นอกจากนี้แม้ว่าการวางแผนจำเป็นต้องให้ปัจจัยที่ทำการศึกษาในแต่ละสิ่งทดลอง รวมกันเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่จำเป็นที่ต้องนำทุกปัจจัยมาศึกษาพร้อมกันในส่วนผสมของ แต่ละสิ่งทดลองอาจมีปัจจัยจำนวนมากแต่สนใจศึกษาเพียง 3 ปัจจัยสามารถใช้แผนการทดลองแบบผสมได้เช่น มีส่วนในผลิตภัณฑ์จำนวน 10 ปัจจัยคือเอถึงเจ (A – J) แต่สนใจเฉพาะปัจจัยบี (B) ซี (C) และดี (D) ซึ่งทั้ง 3 ปัจจัยดังกล่าว มีสัดส่วนคิดเป็น 18 เปอร์เซ็นต์ของส่วนผสมทั้งหมด สามารถนำปัจจัย B C และ D มากำหนดเป็นสิ่งทดลองต่าง ๆ ซึ่งมีส่วนผสมที่ต่าง ๆ กัน และในส่วนผสมแต่ละสิ่งทดลองที่ได้ให้คิดเป็น 18 เปอร์เซ็นต์ส่วนอีก 82 เปอร์เซ็นต์ที่เหลือกำหนดให้ใช้ในปริมาณคงที่หรือเป็นปัจจัยคงที่ (Fixed variables) ในทุกสิ่งทดลอง (Zen และคณะ, 2015)

การอัดเม็ดสมุนไพร

ในปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์ยาสมุนไพรในรูปแบบต่าง ๆ มากมาย เช่น ยาเม็ด ยาแคปซูล ยาเม็ดเคลือบ ยาน้ำ และยาครีม เป็นต้น โดยยาเม็ดเป็นรูปแบบที่ได้รับความนิยมมาก เนื่องจากมีความคงตัวดีทั้งทางกายภาพและเคมี และสะดวกในการรับประทานสำหรับสูตรตำรับของยาสมุนไพรที่สามารถตอกอัดเป็นเม็ดได้นั้นจำเป็นต้องมีคุณสมบัติที่สำคัญ 2 ประการคือ ความสามารถในการไหลที่ดี เพื่อให้แต่ยาเม็ดแต่ละเม็ดมีขนาดรับประทานที่สม่ำเสมอ และความสามารถตอกอัดเป็นยาเม็ดได้ดีโดยทั่วไปจะใช้เทคนิคการทำแกรนูลเปียก กล่าวคือผสมผงสมุนไพรกับตัวยาช่วยต่าง ๆ ชนิดและปริมาณที่เหมาะสม เตรียมเป็นแกรนูลเปียกจากการใช้สารยึดเกาะและตัวทำละลายที่เหมาะสม ได้แก่ น้ำ และหรือเอทานอล เป็นต้น โดยใช้เครื่องผสมเปียกและเครื่องแร่ง นำไปอบแห้ง แร่งให้ขนาดเล็กสม่ำเสมอ ผสมสารหล่อลื่นชนิดต่าง ๆ แล้วนำมาตอกด้วยเครื่องตอกยาเม็ด (ชมภูนุช เผื่อนพิภพ, 2558)

ยาเม็ดสมุนไพร คือยาสมุนไพรที่ถูกตอกให้มีรูปร่างแบนกลม วงรี เหลี่ยม หรือลักษณะสวยงามอื่นๆ มีลักษณะแข็งสำหรับรับประทานสารช่วยต่างๆ ในตำรับยาเม็ดสมุนไพรประกอบไปด้วย

1. สารยึดเกาะช่วยให้ผงยึดเกาะกัน นิยมใช้ในการเทคนิคการทำแกรนูลเปียก โดยเตรียมเป็นสารละลายยึดเกาะ ได้แก่ พีวีพี (PVP: polyvinylpyrrolidone) อะเคเชีย เจลาตินปริมาณที่ใช้ประมาณ 2- 4% โดยน้ำหนักแห้งของตำรับ โดยเตรียมในความเข้มข้นที่เหมาะสม นอกจากนี้แป้งเปียกความเข้มข้น 10% โดยน้ำหนัก อาจเตรียมจากแป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพดโดยปริมาณน้ำหนักแห้งที่ใช้ประมาณ 6% ของผงสมุนไพร เป็นต้น ผ่านตะแกรงเพื่อเตรียมแกรนูลเปียกเสร็จแล้วนำไปอบแห้ง และผ่านตะแกรงให้แกรนูลเล็กลงและขนาดสม่ำเสมอโดยเครื่องร่อนที่เหมาะสม เช่น เครื่องออสซิลเลตติงแกรนูเลเตอร์ (oscillating granulator) เรียกสั้น ๆ ว่าออสซิลเลเตอร์

2. สารช่วยแตกตัว ช่วยให้ยาเม็ดแตกตัวได้ดีในทางเดินอาหาร มีให้เลือกใช้ 2 แบบ แบบแรกออกฤทธิ์โดยการชุ่มน้ำ ราคาค่อนข้างถูก ได้แก่ แป้งชนิดต่างๆ อาจใช้ในปริมาณ 8-10% โดยน้ำหนักของตำรับแบบที่สองออกฤทธิ์โดยการพองตัว ราคาค่อนข้างแพงได้แก่ ครอสคาร์เมลโลสโซเดียม (croscarmellose sodium) และ โซเดียมสตาร์ชกลัยโคเลต (sodium starch glycolate) เป็นต้น แต่ใช้ในปริมาณน้อยกว่า คืออาจใช้ในปริมาณ 5% โดยน้ำหนักของตำรับ

3. สารช่วยตอกตรง(direct compression filler) ช่วยให้ยาเม็ดสมุนไพรบางตำรับมีความแข็งเพิ่มขึ้นและความกร่อนลดลง จากเดิมที่ตอกแล้วไม่ค่อยแข็ง ได้แก่ ไมโครคริสตอลลีนเซลลูโลส (microcrystalline cellulose)เป็นต้น ข้อดีนอกเหนือจากนี้คือยาเม็ดจะแตกตัวได้เร็ว เพราะการพองตัวของสารชนิดนี้

4. สารกลบรสกลบกลิ่น ในบางกรณี เช่น ยาเม็ดแก้ไอประสะมะแว้ง ผู้เขียนเคยใช้เจลาติน และอะเคเชีย กลบรสขมและกลบกลิ่นยาสมุนไพร รวมทั้งใช้เป็นสารยึดเกาะสองชนิดนี้ในอัตราส่วนที่เหมาะสม

5. สารแต่งรสหวานหรือสารแต่งกลิ่น ช่วยกลบรสกลบกลิ่นตัวยาสำคัญและสีช่วยให้ยาเม็ดมีสีที่จูงใจผู้บริโภคสารแต่งรสหวานที่ใช้ได้แก่ ซูคาร์โลส เป็นต้น สารแต่งกลิ่นอาจเป็นกลิ่นผลไม้ และสีที่ใช้ จะต้องได้รับการยอมรับจาก อย. ว่าปลอดภัยและไม่เป็นพิษปัจจุบันสารแต่งกลิ่นผลิตในรูปผงกลมที่ง่ายต่อการเตรียมตำรับ แต่ต้องใส่ในปริมาณเล็กน้อย เพื่อไม่ให้ขัดขวางการไหลหรือการตอกยาเม็ด เนื่องจากมีคุณสมบัติค่อนข้างเหนียว

6. สารหล่อลื่น/แท้ช่วยให้ตอกยาเม็ดได้ง่าย ผิวเรียบเป็นมันลดแรงเสียดทานขณะตอกยาเม็ด เช่น แมกนีเซียมสเตียเรตในปริมาณ 0.5 - 1.0% ของตำรับ เป็นชนิดหนึ่งของสารหล่อลื่น

7. สารช่วยไหล ช่วยให้ผงไหลดี ได้แก่ fumed silicon dioxide ในปริมาณ 0.25% ของตำรับ เป็นต้น เป็นชนิดหนึ่งของสารหล่อลื่นเช่นเดียวกัน

8. สารกันติด ช่วยให้ยาเม็ดไม่ติดสากและแม่พิมพ์ขณะตอก ได้แก่ แมกนีเซียมสเตียเรต fumed silicon dioxideในปริมาณที่กล่าวมา ทาลค์ (talc) หรือแป้งชนิดต่าง ๆ ในปริมาณที่เหมาะสม เป็นต้นเป็นชนิดหนึ่งของสารหล่อลื่นเช่นเดียวกัน (สมบูรณ์, 2556)

เครื่องอัดเม็ด, เครื่องตอกเม็ดยาแบบสากเดี่ยว (Single Punch Tablet Machine) เป็นเครื่องที่ออกแบบมาให้ใช้งานและดูแลรักษาง่ายเหมาะกับการผลิตในอุตสาหกรรมขนาดเล็ก โรงงานผลิตอาหารเสริมขนาดเล็ก หรือกำลังการผลิตไม่มาก เช่น งานวิจัย และพัฒนาผลิตภัณฑ์ งานในห้องแลปหรือโรงพยาบาลงานผลิตยาสมุนไพรอื่นๆ

คุณสมบัติทั่วไปเครื่องตอกเม็ดยาแบบสากเดี่ยว รุ่น SPT-SERIES

- ผลิตจากเหล็กหล่อคุณภาพสูง
- ราคาถูกลงทุนต่ำ กำไรสูง
- แรงตอกสม่ำเสมอเหมาะกับยาสมุนไพรทุกประเภท
- สามารถใช้ผลิตยาเพื่อทดลองใช้หรือก่อนการผลิตจริง
- ใช้ได้ทั้งแบบมอร์เตอร์ไฟฟ้าและแบบใช้มือหมุน จึงสามารถใช้ในที่ไม่มีไฟฟ้าได้

ภาพที่ 9 เครื่องตอกเม็ดยา แบบสากเดี่ยว รุ่น SPT-SERIES

การประเมินอายุการเก็บรักษา (shelf life evaluation)

การประเมินอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์หนึ่งๆ ที่ผ่านการหีบห่อแล้ว ณ อุณหภูมิหนึ่งไม่เพียงแต่ใช้ข้อมูลของผลิตภัณฑ์แต่ยังใช้ข้อมูล จากกระบวนการและบรรยากาศที่ผลิตภัณฑ์ผ่านการแปรรูป การที่คุณภาพของอาหารลดลงหรือเกิดการเสื่อมเสียของอาหารขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางด้านเคมี กายภาพและจุลินทรีย์ การทดสอบอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์อาหารมี 2 วิธีคือ (กีรตินาฏ พูลเกษร และคณะ, 2553)

1. การทดสอบในสภาวะปกติ โดยการเก็บผลิตภัณฑ์ทดสอบไว้ที่สภาวะควบคุมปกติสุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์มาตรวจสอบคุณภาพเป็นระยะๆ จนกระทั่งผลิตภัณฑ์เสื่อมคุณภาพจนไม่เป็นที่ยอมรับ กำหนดอายุการเก็บตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงผลิตภัณฑ์เสื่อมคุณภาพจนไม่เป็นที่ยอมรับเป็นอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์นั้น

2. การทดสอบในสภาวะเร่ง โดยการเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่สภาวะควบคุมที่สามารถเร่งการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ได้ เช่น อุณหภูมิสูงกว่าปกติ ความเข้มข้นของออกซิเจนสูงกว่าปกติ เป็นต้น สภาวะการเก็บเหล่านี้จะทำให้เกิดการเสื่อมเสียเร็วขึ้นระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบจึงสั้นลงจากนั้นนำค่าไปแปรผลเป็นอายุการเก็บที่สภาวะปกติเช่น อาหารชนิดหนึ่งมีอายุการเก็บ 60 วันที่สภาวะปกติและ 15 วันที่สภาวะเร่ง ดังนั้นอายุการเก็บ 1 วันที่ สภาวะเร่งจะเท่ากับ 4 วันที่สภาวะปกติ

จลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยาและกราฟอายุการเก็บอาหารต่างๆ มีการเปลี่ยนแปลงทางทางเคมีและชีวภาพ ระหว่างการแปรรูปและการเก็บ รักษา วัตถุประสงค์ของการแปรรูปและการเก็บรักษาหลักคือ ต้องการควบคุมตัวแปรต่างๆ ซึ่งทำให้ปฏิกิริยาต่างๆเกิดขึ้นอย่างเหมาะสมเพื่อให้ได้คุณภาพ ของผลิตภัณฑ์ตามที่ผู้บริโภคต้องการ ปฏิกิริยาต่างๆ ในอาหารที่เกิดขึ้นระหว่างการแปรรูป

และการเก็บรักษาจะเกิดขึ้นด้วยอัตราที่แตกต่างกัน ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงทางเคมี เช่น ออกซิเดชั่น ปฏิกิริยาการเกิดน้ำตาล การเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์ เช่น การเกิดกลิ่นรสผิดปกติ การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เช่น การเปลี่ยนสี การแยกชั้นของครีม การเปลี่ยนแปลงทางคุณค่าอาหาร เช่น การสูญเสียวิตามิน การเปลี่ยนแปลงของโปรตีน และการเปลี่ยนแปลงทางด้าน ประสาทสัมผัส เช่น การเปลี่ยนแปลงทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัส การสูญเสียกลิ่นรส (รุ่งนภา, 2548) ปฏิกิริยาเหล่านี้ ไม่ว่าจะเกิดขึ้นระหว่างการแปรรูปหรือการเก็บรักษา ต้องเลือกปฏิกิริยาต่างๆ ที่สำคัญที่สุดซึ่งเกี่ยวข้องกับคุณภาพของ ผลิตภัณฑ์สุดท้าย ที่ผู้บริโภคต้องการและเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาต่างๆ ในอาหาร จลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยาเป็นการศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยาโดยวัด จากมวลของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นต่อเวลา (กีรตินาฏ พูลเกษร และคณะ, 2553)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

(สโรบล สโรชวิกสิต และชัยรัตน์ ตั้งดวงดี, 2554) ศึกษาผลของอุณหภูมิการอบแห้งและสารช่วยอบแห้งต่อคุณภาพของน้ำสับปะรดผงโดยวิธีอบแห้งแบบพ่นฝอย น้ำสับปะรดมีส่วนประกอบของน้ำตาลและกรดอินทรีย์ซึ่งยากต่อการอบแห้ง งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการอบแห้งน้ำสับปะรดด้วยเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย และศึกษาผลของอุณหภูมิลมร้อนและปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน (DE10) ซึ่งใช้เป็นสารช่วยอบแห้ง ต่อคุณภาพของสับปะรดผงและน้ำสับปะรดคืนรูปที่ความเข้มข้น 12.8 องศาบริกซ์ออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล แปรอุณหภูมิลมร้อนที่ 130 150 และ 170 องศาเซลเซียส และปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินที่ร้อยละ 37 40 และ 43 ของน้ำหนักแห้ง ทำการทดลอง 2 ซ้ำ จากการทดลองพบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความชื้นร้อยละ 2.04-3.64 มาตรฐานแห้ง และความสามารถในละลายมากกว่าร้อยละ 90 การเพิ่มอุณหภูมิลมร้อนทำให้ได้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตลดลงและอุณหภูมิที่สูงเกินไป (170 องศาเซลเซียส) ทำให้ปริมาณสารฟีนอลิกลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ดังนั้นหากพิจารณาเปอร์เซ็นต์ผลผลิตและปริมาณของสารฟีนอลิกเป็นเกณฑ์สภาวะอบแห้งที่เหมาะสมคือ อุณหภูมิลมร้อนควรอยู่ในช่วง 130-150 องศาเซลเซียสและปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินร้อยละ 37-40 มาตรฐานแห้ง

(ชมัยพร รอดกลิ่น และคณะ, 2560) ศึกษาเกี่ยวกับผลสภาวะในการสกัดสารจากเปลือกผล ใบ และกิ่งของส้มซ่าต่อปริมาณ สารประกอบฟีนอลิกรวม ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของส้มซ่าที่สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำโดยใช้หม้อนึ่งความดันที่ 121 องศาเซลเซียส ต้มในน้ำเดือด 100 องศาเซลเซียส เอทานอลเข้มข้นร้อยละ 40, 70, และ 95 โดยปริมาตร พบว่าส่วนสกัดจากเปลือกผลมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม ความสามารถในการรีดิวซ์ และฤทธิ์กำจัด อนุมูลอิสระสูงกว่าส่วนสกัดจากใบ แต่ส่วนสกัดจากใบของส้มซ่ามีปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวมสูงกว่าส่วนสกัดจาก เปลือกผล และกิ่งของส้มซ่าส่วนสกัดจากเปลือกผล และใบที่สกัดโดยการต้มในน้ำเดือด และส่วนสกัดจากกิ่งที่สกัดด้วยน้ำโดยใช้หม้อนึ่งความดัน มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าส่วนสกัดที่สภาวะอื่น ๆ ($IC50 = 0.236 \pm 0.008$, 0.579 ± 0.021, และ 0.733 ± 0.002 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมีความสัมพันธ์ทางบวกกับฤทธิ์กำจัดอนุมูลอิสระ และความสามารถในการรีดิวซ์ ($R = 0.5606$ และ $R = 0.8358$ ตามลำดับ) การค้นพบครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าเปลือกผล ใบ และกิ่งของส้มซ่าเป็นแหล่งสารต้านอนุมูลอิสระที่อาจจะนำไปใช้ผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร และใช้เป็นเครื่องสำอาง

(หนูเดือน สาระบุตร และคณะ, 2558) ศึกษากระบวนการผลิตผงสีจากมะนาวโห่ที่มีมอลโตเด็กซ์ตรินต่างกัน 3 ระดับ (ร้อยละ 10, 13 และ 16 โดยน้ำหนัก) สมบัติทางกายภาพและการยอมรับของผู้บริโภคต่อขนมปุยฝ้ายเติมผงสีมะนาวโห่ที่มีสารมอลโตเด็กซ์ตรินต่างกัน โดยเติมในขนมปุยฝ้ายร้อยละ 15 ของน้ำหนักแป้ง ผลการวิเคราะห์ค่าทางกายภาพพบว่าขนมปุยฝ้ายเติมผงสีมะนาวโห่ที่มีมอลโตเด็กซ์ตรินร้อยละ 10 มีค่าความสว่างต่ำสุด และที่เติมมอลโตเด็กซ์ตรินที่ร้อยละ 16 มีค่าสีแดงและค่าสีเหลืองสูงสุด ($p \leq 0.05$) มีปริมาณน้ำอิสระ (aw) อยู่ในช่วง 0.92 -0.93 ($p \leq 0.05$) อย่างไรก็ตามขนมปุยฝ้ายเติมผงสีมะนาวโห่ที่มีมอลโตเด็กซ์ตรินร้อยละ 13 มีค่าความแข็งและค่า พลังงานในการเคี้ยวสูงสุด ($p \leq 0.05$) โดยการเติมมอลโตเด็กซ์ตรินในผงสีมะนาวโห่ร้อยละ 10 ขนมปุยฝ้ายมีค่าความเหนียวติดกันต่ำสุด ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้การเติมมอลโตเด็กซ์ตรินในผงสีมะนาวโห่ร้อยละ 16 พบว่าขนมปุยฝ้ายมีค่าความยืดหยุ่นและค่าความเกาะติดกันสูงสุด ($p \leq 0.05$) ผลจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับรวมอยู่ในช่วงชอบถึงชอบมาก สามารถเติมผงสีมะนาวโห่ที่มีมอลโตเด็กซ์ตรินร้อยละ 10 ถึง 16 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) ($p \leq 0.05$)

(เนตรนภา เมยกลาง และดร.เฉลิม เรืองวิริยะชัย, 2557) ศึกษาการวิเคราะห์หาปริมาณและเปรียบเทียบสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในเครื่องดื่มน้ำผลไม้ด้วยวิธีมาตรฐาน ได้แก่ ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด โดยใช้วิธี Folin-Ciocalteu และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl scavenging capacity (DPPH) และวิธี 1, 10-Phenantroline (Phen) จากทั้งหมด 10 ตัวอย่าง พบว่าเครื่องดื่มน้ำสมอไทยมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากที่สุด คือ 2765.00±0.00 ไมโครกรัมกรดแกลลิกต่อ 1 มิลลิลิตรของตัวอย่างเครื่องดื่มน้ำมะตูมกลิ่นตะไคร้และใบเตยเท่ากับ 1749.76±0.02 ไมโครกรัมกรดแกลลิกต่อ 1 มิลลิลิตรของตัวอย่าง และน้ำองุ่นแดงเท่ากับ 1501.80±0.02 ไมโครกรัมกรดแกลลิกต่อ 1 มิลลิลิตรของตัวอย่าง ตามลำดับ ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่า เครื่องดื่มน้ำสมอไทยมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงสุด คือ 2453.32±0.08 ไมโครกรัมบีเอชทีต่อ 1 มิลลิลิตรของตัวอย่างน้ำองุ่นแดงเท่ากับ 2412.64±0.06 ไมโครกรัมบีเอชทีต่อ 1 มิลลิลิตรของตัวอย่างและเครื่องดื่มน้ำมะตูมกลิ่นตะใคร้และใบเตยเท่ากับ 2406.32±0.20 ไมโครกรัมบีเอชทีต่อ 1 มิลลิลิตรของตัวอย่าง ตามลำดับ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี Phen มากที่สุดคือเครื่องดื่มน้ำสมอไทยมีค่าเท่ากับ 3131.61±0.02 ไมโครกรัมเฟอรัสซัลเฟตต่อ 1 มิลลิลิตรของตัวอย่าง น้ำองุ่นแดงเท่ากับ 2833.97±0.03 ไมโครกรัม เฟอรัสซัลเฟตต่อ 1 มิลลิลิตรของตัวอย่าง และเครื่องดื่มน้ำมะตูมกลิ่นตะไคร้และใบเตยเท่ากับ 2802.64±0.01 ไมโครกรัมเฟอรัสซัลเฟตต่อ 1 มิลลิลิตรของตัวอย่าง ตามลำดับ

(สิริการ หนูสิงห์ และคณะ, 2557) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตชาข้าวก่ำเพาะงอกพร้อมชง เนื่องจากข้าวก่ำเพาะงอกมีสารต้านอนุมูลอิสระธรรมชาติซึ่งมีประโยชน์ต่อสุขภาพ จากการนำข้าวก่ำเพาะงอกมาคั่วนาน 5 นาที และนำไปแช่ในน้ำที่อุณหภูมิ (55, 60 และ 65 องศาเซลเซียส) และเวลาต่าง ๆ (5, 15, 25, 35, 45 และ 60 นาที) ในอัตราส่วนระหว่างข้าวก่ำต่อน้ำเท่ากับ 1:3 โดยน้ำหนัก พบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่ทำให้ได้น้ำชาข้าวก่ำมีปริมาณแอนโทไซยานินสูงที่สุดคือ อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 35 นาที จากนั้นศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งน้ำชาข้าวก่ำด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นกระจายโดยแปรปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน (ร้อยละ 20, 25 และ 30 โดยน้ำหนัก) และอุณหภูมิขาข้าวของเครื่องทำแห้งแบบพ่นกระจาย (140 และ 160 องศาเซลเซียส) พบว่าการเติมมอลโตเด็กซ์ตรินร้อยละ 30 ทำให้ได้ร้อยละผลผลิตผงชาข้าวก่ำสูงที่สุด และมีค่าการละลายดีที่สุดเมื่อนำมาคืนรูปมีคะแนนทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏและสีของน้ำชามากที่สุด การใช้อุณหภูมิขาข้าวของการทำแห้ง 160 องศาเซลเซียส ทำให้ได้ผงชาข้าวก่ำที่มีสมบัติทางกายภาพ และมีคะแนนทางประสาทสัมผัสที่ดีกว่าที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส เมื่อวิเคราะห์ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (EC50) ของผงชา ข้าวก่ำโดยวิธี DPPH พบว่ามีค่าเท่ากับ 4.696 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

(อรุษา, 2554) ศึกษาผลของกระบวนการระเหยและกรดแอสคอร์บิคต่อปริมาณแอนโทไซยานินของสารสกัดจากเปลือกมังคุด และศึกษาผลของ Maltodextrin (DE10 และ DE18) ต่อปริมาณแอนโทไซยานินของผงสีจากเปลือกมังคุดที่ผ่านการทำแห้งแบบสุญญากาศและการทำแห้งแบบพ่นฝอย พบว่ากรดแอสคอร์บิคมีผลต่อปริมาณแอนโทไซยานินของสารสกัดจากเปลือกมังคุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยการระเหยในสภาวะสุญญากาศหรือการใส่กรดแอสคอร์บิคสามารถรักษาแอนโทไซยานินได้มากกว่าการระเหยในสภาวะความดันอากาศปกติ สารสกัดที่ได้จากการระเหยด้วยเครื่อง Rotary evaporator ร่วมกับการเติมกรคแอสคอร์บิค 0.1% มีปริมาณสารแอนโทไซยานินมากที่สุดคือ 11.6±10.60 mg/100 ml เมื่อนำสารสกัดผสมกับ Maltodextrin (DE10 และ DE18) และทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบสุญญากาศและเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย พบว่า Maltodextrin มีผลต่อการรักษาแอนโทไซยานินในระหว่างการอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยผงสีจากสารสกัดที่ผสม Maltodextrin และผ่านการอบแห้งแบบสุญญากาศสามารถรักษาปริมาณแอนโทไซยานินได้ถึงร้อยละ 65-82 ในขณะที่ผงสีจากสารสกัดที่ผสม Maltodextrin และผ่านการอบแห้งแบบพ่นฝอยสามารถรักษาปริมาณแอนโทไซยานินได้เพียงร้อยละ 19-31หลังจากนั้นนำผงสีไปละลายน้ำและผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 70 80 และ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120นาที พบว่าอุณหภูมิและระยะเวลา

มีผลทำให้ปริมาณแอนโทไซยานินลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และผงสีที่เติม Maltodextrin มีค่าครึ่งชีวิตของปริมาณแอนโทไซยานินสูงกว่า 102 นาที

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ MAEJO UNIVERSITY แม่โจ้ ๘๔

บทที่ 3
วัสดุ อุปกรณ์ สารเคมี และวิธีการดำเนินงานวิจัย

วัตถุดิบ

1. ปลีกล้วย (*Musa x paradisiaca flower*)
2. ขิง (*Zingiber officinale Roscoe*)
3. น้ำนมราชสีห์ (*Euphorbia hirta L.*)
4. มอลโตเด็กซ์ตริน (DE 15)

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

1. เครื่องชั่งดิจิตอล ทศนิยม 4 ตำแหน่ง รุ่น OHAUS PIONEER PA214
2. บีกเกอร์ขนาด 1,000 มิลลิลิตร
3. กระบอกตวง ขนาด 250 มิลลิลิตร
4 .ขวดวัดปริมาตรก้นกลม ขนาด 1,000 มิลลิลิตร
5. ช้อนตักสาร
6. หลอดหยดพลาสติก
7. หลอดทดลองฝาเกลียว
8. ขวดพลาสติก ชนิดแข็ง
9. เครื่องวัดค่าสาร (Refractometer)
10. เครื่องเขย่าหลอดทดลอง รุ่น MIXER UZUSIO VTX-3000L
11. กรวยกรองแก้ว
12. ผ้าขาวบาง
13. กระชอน
14. กระบวย
15. ถุงซิบ
16. มีด
17. หม้อต้ม
18. เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย ยี่ห้อ Best Spray Dryer รุ่น SDE 50
19. เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer) รุ่น MiniScan XE plasl

20. เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (Spectro SC Spectrophotometer)
21. เครื่องวัดค่า pH (pH meter portable)
22. เครื่องวัดค่าความชื้น โดยใช้ Moisture Analyzer รุ่น AND MX-50
23. เครื่องวัดค่า a_w โดยใช้ Water Activity รุ่น AQUA LAB
24. เครื่องวัดค่าความแข็ง โดยใช้ Texture Analyzer รุ่น TA.XTPlus
25. เครื่องตอกเม็ดยา แบบสากเดี่ยว รุ่น SPT-5

สารเคมี

1. สารละลาย DPPH (2,2-dipheny-1-picrylhydrazy) ($C_{18}H_{12}N_5O_6$)
2. สารละลาย Folin-Ciocalteu phenol reagent ($3H_2O.P_2O_5.13WO_3.5MoO_310H_2O$)
3. เมทานอล (CH_3OH)
4. สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3)
5. เอทานอล (C_2H_5OH)
6. โซเดียมคลอไรด์ (NaOH)
7. มอลโตเด็กซ์ตริน (DE 15)
8. ไมโครคริสตัลไลน์ เซลลูโลส
9. แมกนีเซียมสเตียเรต
10. น้ำตาลเด็กซ์โตส
11. ซูคราโลส
12. วิตามินซี

การเตรียมสกัดสมุนไพร (ปลีกล้วย, น้ำนมราชสีห์และขิง)

(ก)

(ข)

(ค)

ภาพที่ 10 การเตรียมสกัดสมุนไพร (ก) ปลีกล้วย (ข) น้ำนมราชสีห์ (ค) ขิง

ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการต้มสกัดสมุนไพร

นำสมุนไพรจากกระบวนการข้างต้นเข้าสู่กระบวนการต้มสกัดด้วยหม้อต้มที่อุณหภูมิน้ำเดือด สมุนไพรที่ได้จะมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำอยู่ระหว่าง 2-3 องศาบริกซ์

ทำการศึกษาอัตราส่วนของปลีกล้วยต่อตัวทำละลาย (1:10, 3:10, 5:10 และ7:10 กิโลกรัมต่อลิตร) และระยะเวลาในการต้มสกัด (5, 15, 25, และ 35 นาที) เพื่อให้ได้สภาวะที่เหมาะสมในการต้มสกัดและการนำไปประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรม

ทำการศึกษาอัตราส่วนของน้ำนมราชสีห์ต่อตัวทำละลาย (1:12, 1.1:12, 1.2:12, 1.3:12 และ 1.4:12 กิโลกรัมต่อลิตร) และระยะเวลาในการต้มสกัด (10, 20, 30, 40 และ 50 นาที) เพื่อให้ได้สภาวะที่เหมาะสมในการต้มสกัดและการนำไปประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรม

ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเย็นสมุนไพร

การสกัดเย็นขิง เป็นการแยกส่วนของน้ำจากวัตถุดิบที่เราสกัดออกมา โดยสกัดออกมาจากส่วนต่าง ๆ ของวัตถุดิบนั้น โดยอาศัยขั้นตอนบีบอัดที่อุณหภูมิห้องแล้วนำส่วนของน้ำมาใช้งาน ทั้งนี้การสกัดต้องไม่ผ่านกระบวนการความร้อนหรือสารเคมีใด ๆ ซึ่งจะช่วยคงสี รสชาติ ตามธรรมชาติ คงคุณค่าและสรรพคุณของขิงนั้น ๆ อยู่ด้วย

ศึกษาการผลิตผงสารสกัดสมุนไพรโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย

นำน้ำสกัดจากสมุนไพรที่มีความเข้มข้น 2-3 องศาบริกซ์ และผสมกับมอลโตเด็กซ์ตริน 5 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นเข้าสู่เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย ปริมาณ 20 ลิตรต่อหนึ่งตัวอย่างโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย ที่อุณหภูมิขาเข้า 160 องศาเซลเซียส

การวิเคราะห์ผงสารสกัดจากสมุนไพร

การวิเคราะห์หาค่าความชื้น (Moisture content)

การทำงานของเครื่องเปิดเครื่อง Moisture Analyzer รุ่น AND MX-50 จากนั้นเทผงสารสกัดสมุนไพรที่ใช้ในการลงวิเคราะห์ในถาดอลูมิเนียม 5 กรัม เสร็จแล้วปิดฝาเครื่องและเครื่องจะเริ่มกระบวนหาความชื้นอัตโนมัติ จากนั้นรอค่าวัดความชื้นให้คงที่ จอแสดงผลจะบอกค่าความชื้น

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (Water Activity)

ทำการวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง Water Activity ยี่ห้อ AQUA LAB รุ่น Series 3TE ประเทศอเมริกา ขั้นตอนแรกทำการเปิดเครื่อง Water Activity ทิ้งไว้เป็นเวลาอย่างน้อย 15 นาที จากนั้นชั่งผงสกัดสมุนไพรแต่ละชนิดลงในถ้วยภาชนะให้ถึงขีดที่กำหนด โดยจะมีน้ำหนักเฉลี่ย 5 กรัม แล้วนำภาชนะลงไปวางในเครื่องและหมุนปุ่มเพื่อทำการอ่านค่าใช้เวลาในการวิเคราะห์ 10-15 นาที เครื่องวัด Water Activity จะบอกค่าอุณหภูมิที่ใช้และค่าปริมาณน้ำอิสระ ทำการวัดค่าทั้งหมดซ้ำ 3 ครั้ง บันทึกค่าเพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยของค่าปริมาณน้ำอิสระ

การวิเคราะห์ค่าสี

นำผงสารสกัดแต่ละชนิดวัดค่าสีด้วยเครื่อง Hunter Lab รุ่น Min iSan XE Plus ประเทศสวิสเซอร์แลนด์ โดยทำการ calibration เลือกคุณสมบัติในการวัดค่าของตัวอย่างเลือกระบบเป็น L* , a* , b* จากนั้นนำผงสารสกัดแต่ละชนิดใส่ลงในจานแก้วใสและปิดฝาทำการวัดค่าสีของแต่ละตัวอย่างอ่านผลการวัดค่าสีจากเครื่อง และบันทึกผลการวัดของแต่ละค่าทำการทดลองทั้งหมดซ้ำ 3 ครั้ง (โดย L * คือ ค่าความสว่าง (0 = สีดำ, 100 = สีขาว) a * คือ สีแดง,สีเขียว (+ = สีแดง , - = สีเขียว) และ b * คือ (+ = สีน้ำเงิน , - = สีเหลือง))

การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)

เตรียมสารละลาย DPPH (2,2 -diphenyl-1-picrylhydrazyl) เข้มข้น 1 mM ในเมทานอล ชั่ง DPPH 0.03943 กรัม ละลายด้วยเมทานอลจนสารละลายหมด จากนั้นปรับปริมาตรเป็น 100

มิลลิลิตรจะได้สารละลาย DPPH จากนั้นปิเปตสารละลายนี้ปรับปริมาตรด้วยเมทานอล 1 : 3 (ควรเตรียมใหม่ทุกครั้งเมื่อต้องการใช้งาน)

การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระตามวิธีการที่ดัดแปลงจากวิธีการของ Pomhirunkon (2008) โดยนำตัวอย่างผงสารสกัดน้ำนมราชสีห์ ปลีกล้วย และขิงมาอย่างละ 0.1 กรัมละลายด้วยน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร จากนั้นนำสารละลายผงสารสกัดแต่ละชนิดที่เจือจางในระดับที่เหมาะสมปริมาตร 0.1 มิลลิลิตรใส่ในหลอดทดลอง และปิเปตสารละลาย DPPH (2,2-diphenyl-1- picrylhydrazyl) ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล จำนวน 2.9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อ (25-35 องศาเซลเซียส) พร้อมทั้งตัวอย่างควบคุม (Control) หรือสารละลาย DPPH ที่ไม่มีตัวอย่าง (Blank) สารสกัดโดยใช้น้ำ จำนวน 0.1 มิลลิลิตร แทนตัวอย่างวิเคราะห์ ตามวิธีการเดียวกัน เมื่อครบเวลา 30 นาที นำตัวอย่างและตัวอย่างควบคุมไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร แล้วคำนวณค่าความสามารถฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเป็นร้อยละของการยับยั้ง ดังสมการ

$$\text{ร้อยละของการยับยั้ง (\% inhibition)} = [(1-(\text{Sample}-\text{Control}))/\text{Control}]\times 100\% \qquad (1)$$

เมื่อ Control คือ DPPH 2.9 มิลลิลิตร ผสมกับน้ำ 0.1 มิลลิลิตร

Sample คือ DPPH 2.9 มิลลิลิตร ผสมกับน้ำสารสกัด 0.1 มิลลิลิตร

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic compounds) ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu reagent

นำผงสารสกัดแต่ละชนิดมาวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu reagent ที่ดัดแปลงมาจากของ Blainski et al., (2013) โดยเตรียมผงสารสกัดมา 0.1 กรัมละลายด้วยน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร หลังจากนั้นนำสารละลายผงสารสกัดแต่ละชนิดที่เจือจางแล้วปิเปตมา 0.1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองและเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na2CO3) ความเข้มข้นร้อยละ 2 โดยมวลต่อปริมาตร ลงไป 2 มิลลิลิตร จากนั้นเติมสารละลาย Folin-Ciocalteu phenol reagent ลงไป 0.1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องทึบแสงนาน 30 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร คำนวณหาค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแกลลิค (Gallic acid) ความเข้มข้น 0, 200, 400, 600, 800 และ 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร

การคำนวณหาประสิทธิภาพการกักเก็บสารสำคัญ

ประสิทธิภาพการกักเก็บ Encapsulation efficiency, EE (พุฒิยา และคณะ, 2560) คือร้อยละของสารสกัดที่ถูกกักเก็บไว้ในไมโครแคปซูล โดยการนำปริมาณกลุ่มสารฟีนอลิกทั้งหมดของไม

โครแคปซูล และปริมาณกลุ่มสารฟีนอลิกที่ผิวไมโครแคปซูลที่สกัดได้จากการหาปริมาณกลุ่มสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในไมโครแคปซูล (Total Phenolic content ,TPC) และ การหาปริมาณกลุ่มสารประกอบฟีนอลิกที่ผิวไมโครแคปซูลตามวิธีของ (Surface Phenolic content , SPC) ผลต่างของปริมาณกลุ่มสารฟีนอลิกที่ถูกกักเก็บ ดัดแปลงตามวิธีของ (Saikia และคณะ, 2015) คำนวณได้ดังนี้

ประสิทธิภาพการกักเก็บ(ร้อยละ) = (ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในไมโครแคปซูล –ปริมาณฟีนอลิกที่ผิวไมโคแคปซูล)/ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในไมโครแคปซูล (2)

1 .การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในไมโครแคปซูล (Total Phenolic Content ,TPC) โดยนำผงสารสกัด ปริมาณ 0.1 กรัม เติมตัวทำละลาย 1 มิลลิลิตร (ตัวทำละลายในอัตราส่วน 50 : 8 : 42 ประกอบด้วย เอทานอล กรดอะซิติก และน้ำกลั่น) ทำการกวนบนเครื่องผสมสารละลาย (Vortex mixer) เป็นเวลา 2 นาที นำไปใส่เครื่องปั่นเหวี่ยงเป็นเวลา 15 นาที ที่ความเร็วรอบ 5000 รอบต่อนาที จากนั้นนำส่วนที่เป็นของเหลวไปวิเคราะห์หาปริมาณกลุ่มสารฟีนอลิกทั้งหมดในไมโครแคปซูลตามวิธีของ (Brown และคณะ, 2016)

2.การหาปริมาณกลุ่มสารประกอบฟีนอลิกที่ผิวไมโครแคปซูลตามวิธีของ (Surface Phenolic Content, SPC) การหาปริมาณกลุ่มสารฟีนอลิกที่ผิวไมโครแคปซูลดัดแปลงตามวิธีของ (Saikia และคณะ, 2015) โดยนำผงสารสกัด ปริมาณ 0.1 กรัม เติมตัวทำละลาย 1 มิลลิลิตร (ตัวทำละลายประกอบด้วยเมทานอล และเอทานอล ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1) เพื่อทำลายโครงสร้างไมโครแคปซูล ทำการผสมสารตัวอย่างด้วยเครื่องผสมสารละลาย (Vortex mixer) เป็นเวลา 2 นาที จากนั้นนำไปใส่เครื่องปั่นเหวี่ยงเป็นเวลา 15 นาที ที่ความเร็วรอบ 5000 รอบต่อนาที และแยกส่วนที่เป็นของแข็งออกด้วยเมมเบรนรูพรุนขนาด 0.45 ไมครอน จากนั้นนำส่วนที่เป็นของเหลวไปวิเคราะห์หาปริมาณกลุ่มสารฟีนอลิกที่ผิวไมโครแคปซูล (Brown และคณะ, 2016)

การศึกษาจลนพลศาสตร์สมุนไพรอัดเม็ด

การทดลองการหาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์นำผลิตภัณฑ์สมุนไพรอัดเม็ดที่ได้จากการหาสูตรที่เหมาะสมมาบรรจุปิดผนึกใส่ถุงฟอยด์ทึบแสง แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35,45 และ55 องศาเซลเซียส เพื่อทำการตรวจสอบคุณภาพทางเคมีและกายภาพทุก ๆ 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 10 สัปดาห์นับตั้งแต่วันที่เริ่มผลิต คุณลักษณะด้านต่าง ๆ ที่ทำการตรวจสอบการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic compounds) ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu reagent

จากสมการที่ 3 (Kanpairo et al., 2012) สามารถทำนายอายุการเก็บรักษาของค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่ลดลงเหลือปริมาณครึ่งนึงของปริมาณเริ่มต้น

$$t_{1/2} = -\ln 0.5 \times k^{-1} \tag{3}$$

$t_{1/2}$ = ค่าครึ่งชีวิต

k^{-1} = ค่าคงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง

ปฏิกิริยาสมการอันดับ 0 $CA - CA0 = -kt$ (4)

ปฏิกิริยาสมการอันดับ 1 $-\ln (CA / CA0) = kt$ (5)

ปฏิกิริยาสมการอันดับ 2 $1/CA - 1/CA0 = kt$ (6)

เมื่อ CA หมายถึง ค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่เกิดขึ้น

CA0 หมายถึง ค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่จุดเริ่มต้น (ที่ t = 0)

k หมายถึง อัตราปฏิกิริยา (reaction rate constant)

t หมายถึง ระยะเวลาในการเก็บรักษา (สัปดาห์)

การออกแบบการทดลองแบบส่วนผสม (Mixture Design)

การทดลองเพื่อหาสูตรที่เหมาะสมของสมุนไพรอัดเม็ดโดยวิธีออกแบบการทดลองแบบผสม (mixture design) แบบ D-optimal ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปกำหนดปัจจัยที่ทำการศึกษาแบบมีกำหนดช่วงศึกษา 4 ปัจจัย คือ ผงสกัดน้ำนมราชสีห์ร้อยละ 20-30 ผงสกัดปลีกล้วยร้อยละ 26-31 ผงสกัดขิงร้อยละ 5-10 และเด็กซ์โทรสร้อยละ 30.5-40.5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร (ทุกสูตรมีซูคราโลสร้อยละ 0.5 เซลลูโลสร้อยละ 2 และแมกนีเซียมร้อยละ 1) ได้สูตรการทดลองทั้งหมด 15 สูตร ดังแสดงในตารางที่ 2 แล้วทำการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส Hedonic-7-Scale โดยการให้คะแนนความชอบ 7 ระดับ 1 คะแนน=ไม่ชอบมาก 2 คะแนน=ไม่ชอบปานกลาง 3 คะแนน=ไม่ชอบเล็กน้อย 4 คะแนน=เฉยๆ 5 คะแนน=ชอบเล็กน้อย 6 คะแนน=ชอบปานกลาง 7 คะแนน=ชอบมาก (Granato และคณะ, 2012) โดยการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านต่าง ๆ ได้แก่ ลักษณะ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบรวม โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน เพื่อหาสูตรที่เหมาะสม 1 สูตร และนอกจากนี้ต้องทำการวิเคราะห์สูตรที่มีการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด

ตารางที่ 1 ตัวแปรที่ทำการศึกษาในการทำสูตรสมุนไพรอัดเม็ด

ตัวแปร	Low level	High level
ผงสกัดน้ำนมราชสีห์	20	30
ผงสกัดปลีกล้วย	26	31
ผงสกัดขิง	5	10
เด็กซ์โทรส	30.5	40.5

การวิเคราะห์ความสามารถในการละลาย (Solubility, %)

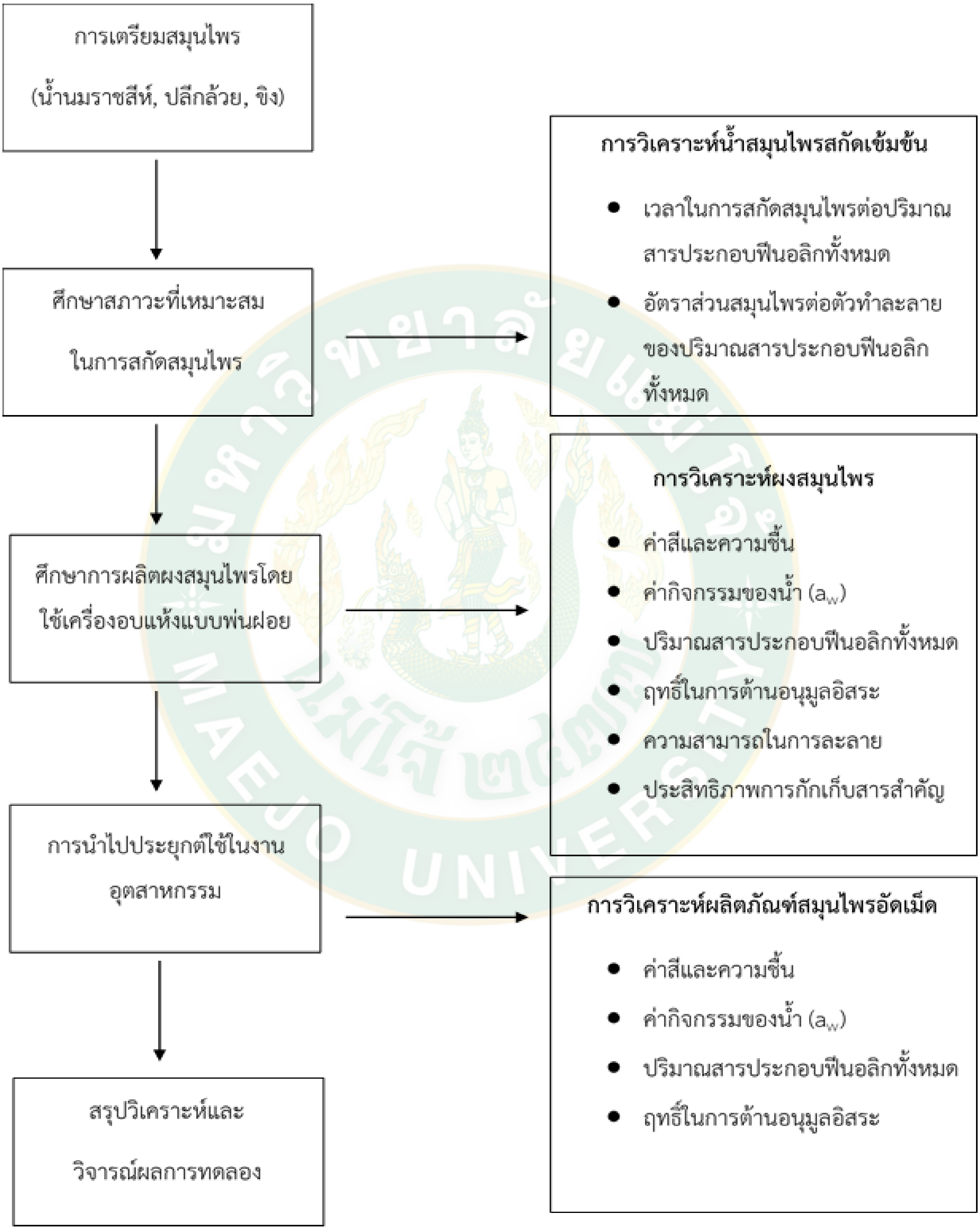
ทำการวิเคราะห์ความสามารถในการละลายได้ดัดแปลงจากวิธีการของ Bakar et al. (2000) โดยชั่งน้ำหนักผง 1 กรัม ด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่งแล้วเติมน้ำกลั่นปริมาณ 100 มิลลิตร บรรจุลงในขวดพลาสติกชนิดแข็งแล้วกวนด้วยแท่งแก้วจนเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปเหวี่ยงแยก (Centrifuge) เป็นเวลา 10 นาทีที่ความเร็วรอบ 5000 รอบต่อนาที แยกส่วนละลายที่ใส 25 มิลลิตรเทใส่ถ้วยอลูมิเนียม จากนั้นนำไปอบระเหยน้ำส่วนเกินออกด้วยเครื่องอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และชั่งน้ำหนักหลังการอบแห้งพร้อมทั้งทำการจดบันทึกทำการทดลอง 3 ซ้ำ สามารถคำนวณค่าความสามารถในการละลายได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$\text{Solubility} = \frac{\text{มวลแห้งของตัวอย่างที่ละลายได้ (กรัม)}}{\text{มวลแห้งทั้งหมด}} \times 100 \qquad (7)$$

การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance: ANOVA)

เป็นวิธีการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่การทดลอง 3 ซ้ำ ซึ่งเป็นการวิเคราะห์หาอัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนระหว่างกลุ่มของการทดลอง และ ความแปรปรวนภายในกลุ่มของการทดลองค่าที่คำนวณได้ เรียกว่าความคลาดเคลื่อนที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s multiple range test (DMRT)

การวางแผนการทดลอง



ภาพที่ 11 การวางแผนการทดลอง

บทที่ 4
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

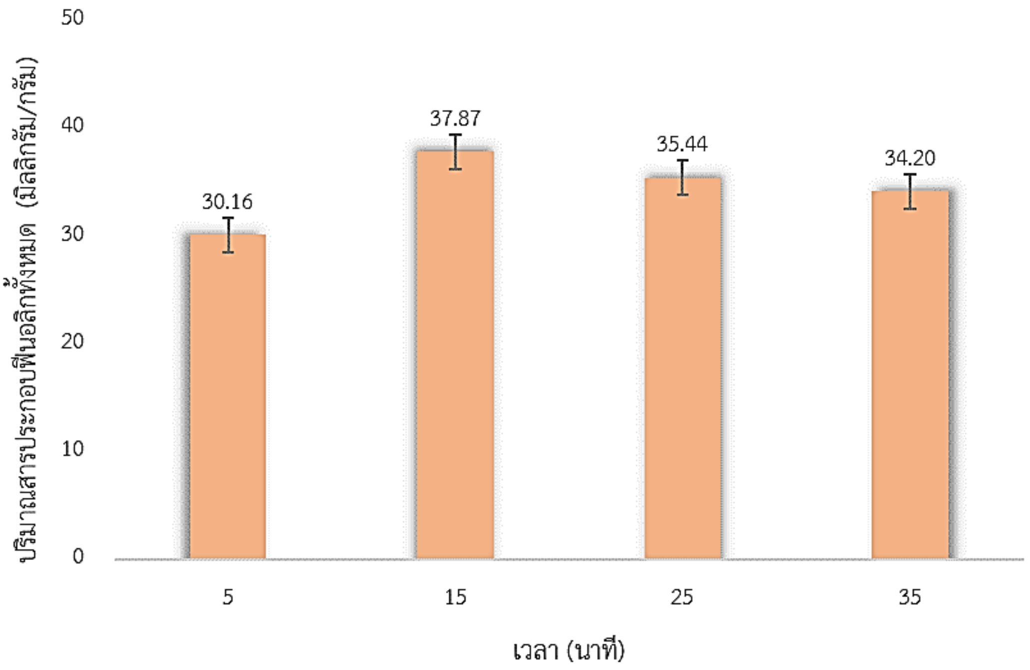
งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาวิธีการสกัดสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของสมุนไพรไทย โดยมีตัวแปรที่ทำการศึกษาในการสกัดได้แก่ อัตราส่วนสมุนไพรต่อตัวทำละลาย และเวลาในการสกัด จากนั้นนำสารสกัดไปศึกษาวิธีการทำแห้งสารสกัดเป็นผงอนุภาคไมโครด้วยวิธีการไมโครเอนแคปซูเลชันโดยใช้เทคนิคการอบแห้งแบบพ่นฝอย สุดท้ายทำการหาสภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการอัดเม็ดจากผงอนุภาคไมโครสารสกัดสมุนไพรโดยทำเป็นผลิตภัณฑ์สารสกัดสมุนไพรอัดเม็ดซึ่งจะมีการออกแบบการทดลองแบบการหาสูตรที่เหมาะสม (Mixture design) ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลของตัวแปรควบคุม 3 ตัวแปร คือ ซูคราโลส เซลลูโลส และแมกนีเซียม ตัวแปรอิสระ 4 ตัวแปรคือ ผงสกัดน้ำนมราชสีห์ ผงสกัดปลีกล้วย ผงสกัดขิง และเด็กซ์โทรสเพื่อหาสูตรในการอัดเม็ดที่เหมาะสม จากนั้นทำการศึกษาคุณสมบัติทางเคมี ทางกายภาพ การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ทำการส่งตรวจวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ส่งตรวจทางพิษวิทยา และอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์สมุนไพรอัดเม็ด

4.1 ผลการศึกษาวิธีการสกัดสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของสมุนไพร ไทย ได้แก่ ปลีกล้วย น้ำนมราชสีห์ และขิง

4.1.1 ผลการศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการสกัดปลีกล้วยต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

จากการศึกษาระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดจากปลีกล้วยที่เวลาแตกต่างกัน คือ 5, 15, 25, และ 35 นาที โดยกำหนดที่อุณหภูมิน้ำเดือด (95-100 องศาเซลเซียส) และอัตราส่วนปลีกล้วยต่อตัวทำละลาย (1:10 กิโลกรัมต่อลิตร) พบว่าระยะเวลาในการสกัดปลีกล้วยมีอิทธิพลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่สกัดได้อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ซึ่งระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดได้สูงสุดคือ 15 นาที สามารถสกัดได้สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 37.87 มิลลิกรัมต่อกรัม โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของ (รัตนา ม่วงรัตน์ และคณะ, 2559) ศึกษาการสกัดสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดจากเปลือกกล้วยหอมทองแห้งด้วยเทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลายที่สภาวะต่ำกว่าจุดวิกฤติ พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ได้แก่ ชนิดของตัวทำละลาย (เอทานอล น้ำ และตัวทำละลายผสมน้ำ และเอทานอลในอัตราส่วนโดยน้ำหนัก 1:1) อัตราส่วนโดยน้ำหนักของเปลือกกล้วยหอมทองต่อตัวทำละลาย (1:7.5, 1:15, 1:25 และ 1:30 กิโลกรัมต่อลิตร) อุณหภูมิ (60, 80, 100 และ 120 องศาเซลเซียส) และเวลา (5, 15, 30

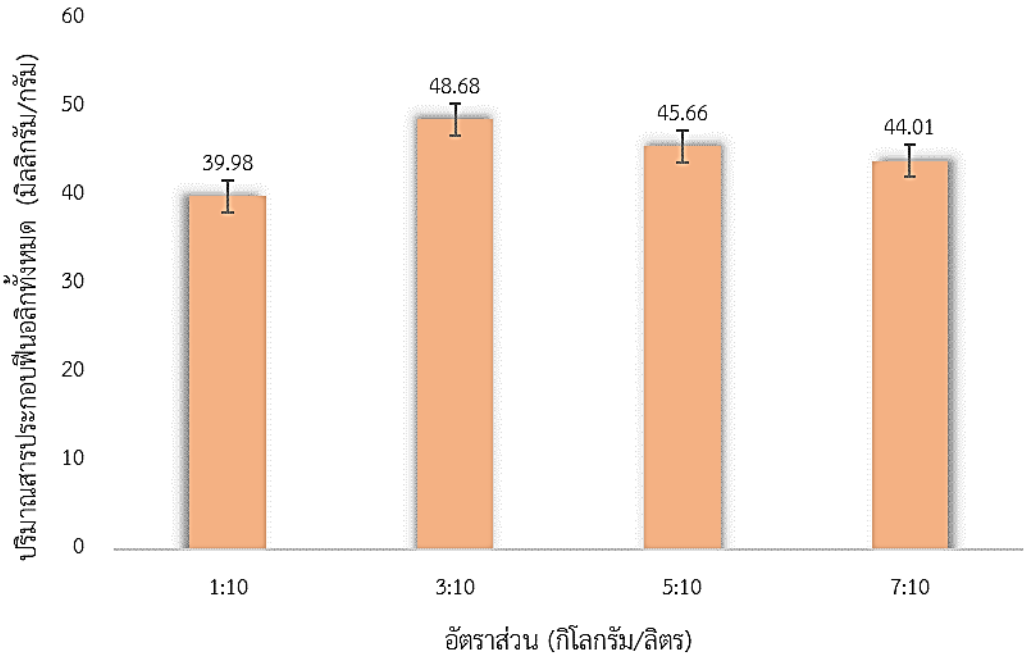
และ 60 นาที) ผลการศึกษา พบว่าปัจจัยดังกล่าวมีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่สกัดได้จากเปลือกกล้วยหอมทองแห้ง ตัวทำละลายผสมน้ำและ เอทานอลในอัตราส่วนโดยน้ำหนัก 1:1 เป็นตัวทำละลายที่เหมาะสมที่สามารถสกัดสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดได้ในปริมาณที่มาก เมื่อปริมาณตัวทำละลายผสมที่ใช้ในการสกัดมากขึ้น สามารถสกัดสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดได้เพิ่มขึ้น อุณหภูมิและเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้นปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่ได้มีค่าสูงขึ้น



ภาพที่ 12 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดจากการสกัดปลีกล้วยที่เวลาต่าง ๆ

4.1.2 ผลของอัตราส่วนต่อตัวทำละลายของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในปลีกล้วย

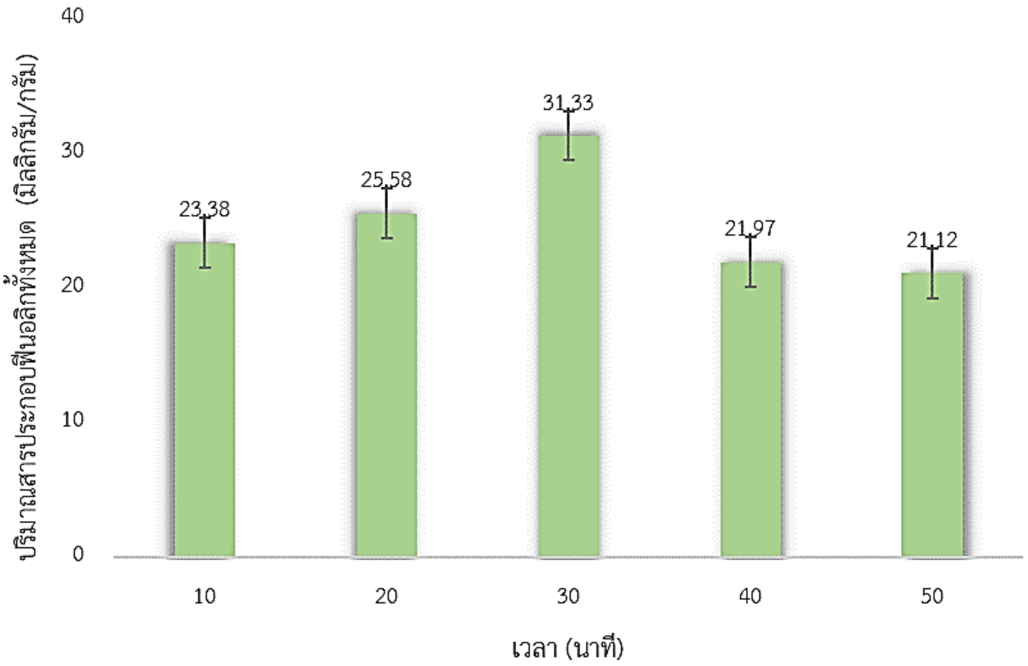
จากการศึกษาอัตราส่วนปลีกล้วยต่อตัวทำละลาย (1:10, 3:10, 5:10 และ 7:10 กิโลกรัมต่อลิตร) โดยกำหนดระยะเวลาในการต้มนาน 15 นาที ที่อุณหภูมิน้ำเดือด (95-100 องศาเซลเซียส) พบว่า อัตราส่วนปลีกล้วยต่อทำละลายในการสกัดมีอิทธิพลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่สกัดได้อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยอัตราส่วนที่สามารถสกัดสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดได้สูงสุดคือ 3:10 กิโลกรัมต่อลิตร ดังแสดงในรูปภาพที่ 13



ภาพที่ 13 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดจากการสกัดปลีกล้วยที่อัตราส่วนปลีกล้วยต่อตัวทำละลาย

4.1.3 ผลการศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการสกัดน้ำนมราชสีห์ต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

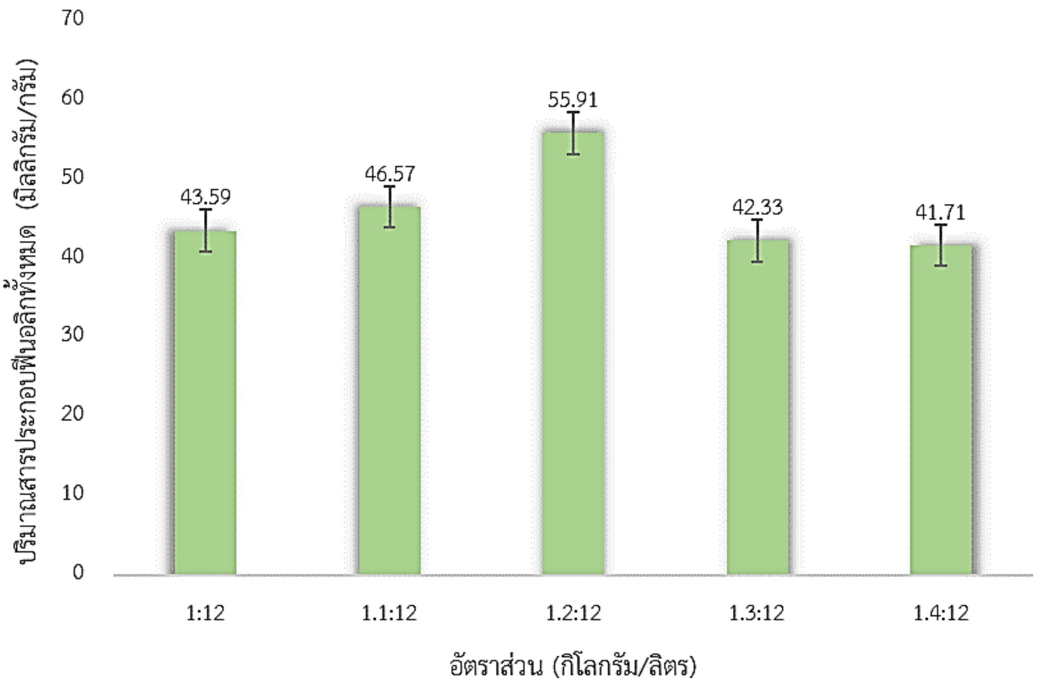
จากการศึกษาระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดจากน้ำนมราชสีห์ที่เวลาแตกต่างกัน คือ 10, 20, 30, 40 และ 50 นาที โดยกำหนดที่อุณหภูมิน้ำเดือด (95-100 องศาเซลเซียส) และอัตราส่วนน้ำนมราชสีห์ต่อตัวทำละลาย (1:12 กิโลกรัมต่อลิตร) พบว่าระยะเวลาในการสกัดน้ำนมราชสีห์มีอิทธิพลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่สกัดได้อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ซึ่งระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดได้สูงสุดคือ 30 นาที สามารถสกัดได้สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 31.33 มิลลิกรัมต่อกรัม



ภาพที่ 14 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดจากการสกัดน้ำนมราชสีห์ที่เวลาต่าง ๆ

4.1.4 ผลของอัตราส่วนต่อตัวทำละลายของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในน้ำนมราชสีห์

จากการศึกษาอัตราส่วนน้ำนมราชสีห์ต่อตัวทำละลาย (1:12, 1.1:12, 1.2:12, 1.3:12 และ 1.4:12 กิโลกรัมต่อลิตร) โดยกำหนดระยะเวลาในการต้มนาน 30 นาที ที่อุณหภูมิน้ำเดือด (95-100 องศาเซลเซียส) พบว่า อัตราส่วนน้ำนมราชสีห์ต่อทำละลายในการสกัดมีอิทธิพลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่สกัดได้อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยอัตราส่วนที่สามารถสกัดสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดได้สูงสุด คือ 1.2:12 กิโลกรัมต่อลิตร ดังแสดงในรูปภาพที่ 15 เมื่อทำการให้ความร้อนสำหรับการต้มสกัดจึงมีผลต่อการเร่งปฏิกิริยาทำให้เซลล์พืชแตกตัวและปลดปล่อยสารสำคัญที่อยู่ภายในออกมาและเมื่อระยะเวลาในการสกัดนานกว่า 30 นาที มีผลทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่สกัดได้ลดลง การลดลงของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเกิดจากการถูกความร้อนที่มีระยะเวลาในการสกัดที่นานเกินความเหมาะสม อาจทำให้พันธะเอสเธอร์ของสารประกอบฟีนอลิกเกิดการเปลี่ยนแปลงไปเป็นสารชนิดอื่น (Dahmoune และคณะ, 2014)



ภาพที่ 15 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดจากการสกัดน้ำนมราชสีห์ที่อัตราส่วนน้ำนมราชสีห์ต่อตัวทำละลาย

4.1.5 ผลของการสกัดขิงต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

การสกัดสารสำคัญจากขิงโดยวิธีการสกัดเย็น (การบีบอัด) ซึ่งขิงมีสาร gingerol ที่อยู่ในกลุ่มของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดไม่ทนต่ออุณหภูมิสูงดังนั้นจึงทำการสกัดด้วยวิธีการสกัดเย็น และต้องการรักษาพวกวิตามินต่าง ๆ ต้องการให้ได้สารสกัดที่กลิ่นไม่เปลี่ยนแปลง (Smith และคณะ, 2004) โดยใช้ขิงแก่ที่ปลูกในจังหวัดเชียงใหม่ โดยนำขิงมาล้างทำความสะอาดและหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วทำการสกัดเย็นขิงด้วยการบีบอัดจนได้น้ำขิงสกัดเพื่อใช้ในขั้นตอนการทำแห้งต่อไป ดังแสดงในภาพที่ 16 โดยสามารถสกัดน้ำขิงเข้มข้นได้สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 30.63 มิลลิกรัมต่อกรัม

ภาพที่ 16 การสกัดขิงด้วยวิธีการสกัดเย็น (การบีบอัด)

จากการวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ น้ำนมราชสีห์ ปลีกล้วย และขิง ในรูปแบบน้ำสกัดเข้มข้น พบว่าน้ำนมราชสีห์ ปลีกล้วย และขิง ในรูปแบบของน้ำสกัดเข้มข้น มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด คือ 55.91, 48.68 และ 30.63 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ นอกจากนี้น้ำนมราชสีห์ ปลีกล้วย และขิง มีการทดสอบฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำสกัดเข้มข้นมีปริมาณร้อยละ 63.98, 41.25 และ 30.58 ตามลำดับ ได้แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดน้ำนมราชสีห์ ปลีกล้วย และขิง

วัตถุดิบ	สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อกรัม)	ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ (ร้อยละ)
น้ำนมราชสีห์	$55.91^{a}\pm2.85$	$63.98^{a}\pm1.95$
ปลีกล้วย	$48.68^{b}\pm2.77$	$41.25^{b}\pm3.84$
ขิง	$30.63^{c}\pm3.55$	$30.58^{c}\pm6.78$

หมายเหตุ * ค่าเฉลี่ยที่ยกกำลังตัวอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$)

4.2 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางด้านกายภาพและเคมีของผงสกัดสมุนไพรทั้ง 3 ชนิดที่ได้จากกระบวนการทำแห้งด้วยวิธีการไมโครเอนแคปซูเลชันโดยใช้เทคนิคการทำแห้งแบบพ่นฝอย

ผลการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของผงสกัดเข้มข้นของสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด (น้ำนมราชสีห์ ปลีกล้วย และขิง) พบว่าจากการศึกษาการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของผงสกัดสมุนไพร มีค่าปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 2.26-3.35 ค่าปริมาณน้ำอิสระอยู่ในช่วง 0.189-0.219 ซึ่งเป็นค่าที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของสมุนไพรรวมผงสำเร็จรูป มผช.1441/2556 ซึ่งค่าปริมาณค่าน้ำอิสระจะมีความสัมพันธ์กับค่าความชื้นซึ่งสามารถบ่งบอกถึงอายุการเก็บรักษาของอาหารได้ เนื่องจากน้ำที่มีอยู่ในอากาศมีผลต่อการเสื่อมเสียของอาหาร ซึ่งอาหารประเภทอบแห้งควรมีค่าปริมาณน้ำอิสระน้อยกว่า 0.6 นอกจากนี้จะพบว่าปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินในผลิตภัณฑ์ส่งผลให้ปริมาณความชื้นลดลงเนื่องจากมอลโตเด็กซ์ตรินช่วยดูดความชื้นและลดการจับตัวเป็นก้อนเพราะมีปริมาณโมโนแซคคาไรด์น้อย (Kanpairo และคณะ, 2012) ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ผงมีความชื้นต่ำ ซึ่ง

ค่าที่ได้สอดคล้องกับค่าที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของสมุนไพรรวมผงสำเร็จรูป มผช.1441/2556 มีค่าความชื้นไม่เกินร้อยละ 6 ของน้ำหนัก การวัดค่าสีด้วยเครื่อง Hunter Lab รุ่น Min iSan XE Plus โดยคุณลักษณะด้านสีของผลิตภัณฑ์อาหารเป็นการบ่งบอกถึงคุณภาพที่สำคัญของการยอมรับของผู้บริโภค L* คือความสว่างของผงสกัดสมุนไพรอยู่ในช่วง 49.13-59.31 ค่า a* เป็นบวกแสดงถึงความเป็นสีแดงอยู่ในช่วง 5.38-12.52 ค่า b* เป็นบวกแสดงถึงความเป็นสีเหลืองอยู่ในช่วง 16.27-30.16 ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และความสามารถในการละลายของผงสมุนไพรจากการทดลองพบว่ามีประสิทธิภาพของการละลายเกินร้อยละ 80 ซึ่งมีความสามารถในการละลายที่สูง เนื่องจากอาหารผงที่ได้จากการอบแหงแบบพ่นฝอยจะมีลักษณะเป็นทรงกลมและมี wet surface อยู่โดยรอบซึ่งถ้าหากมี wet surface อยู่ในปริมาณมากจะทำใหน้ำในบริเวณดังกล่าวเกิดการดึงดูดกันเองเป็นผลใหอนุภาคผงเขามารวมตัวกันเป็นกอนซึ่งเมื่อนำไปละลายน้ำจะทำใหใชเวลาในการละลายมากขึ้น ดังนั้นการใชอุณหภูมิลมร้อนนในการอบแห้งสูงจะทำใหอนุภาคผงมีส่วนที่เป็น wet surface น้อยลงเมื่อนำไปละลายน้ำจึงทำให้ประสิทธิภาพในการละลายดีขึ้น (พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์ และคณะ, 2545) ดังแสดงผลในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คุณสมบัติทางด้านกายภาพและเคมีของผงสกัดสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด (น้ำนมราชสีห์ ปลีกล้วย และขิง)

วัตถุดิบ ผงสกัด	ค่าปริมาณความชื้น ร้อยละ	ค่าปริมาณน้ำอิสระ	ค่าสี			ค่าความสามารถในการละลาย ร้อยละ
			L*	a*	b*	
น้ำนมราชสีห์	$3.01^{b}\pm0.21$	$0.189^{a}\pm0.14$	$54.31^{b}\pm0.22$	$6.32^{b}\pm0.25$	$30.16^{a}\pm0.40$	$80.96^{b}\pm0.15$
ปลีกล้วย	$3.35^{c}\pm0.36$	$0.219^{c}\pm0.16$	$49.13^{c}\pm0.19$	$12.52^{a}\pm0.11$	$16.27^{c}\pm0.25$	$85.29^{a}\pm0.22$
ขิง	$2.26^{a}\pm0.22$	$0.198^{b}\pm0.24$	$59.31^{a}\pm0.29$	$5.38^{c}\pm0.36$	$24.80^{b}\pm0.33$	$81.42^{b}\pm0.25$

หมายเหตุ * ค่าเฉลี่ยที่ยกกำลังตัวอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$)

จากการวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของผงสกัดสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด พบว่าผงสกัดน้ำนมราชสีห์มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมากที่สุดที่ปริมาณ 143.31±5.68 mgGAE/gsample นอกจากนี้ผงสกัดน้ำนมราชสีห์ยังมีการทดสอบฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดร้อยละ 70.52±4.21 ดังแสดงผลในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผงสารสกัดน้ำนมราชสีห์ ปลีกล้วย และขิง

วัตถุดิบ ผงสกัด	สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (mg_{GAE}/g_{sample})	ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ (ร้อยละ)
น้ำนมราชสีห์	143.31^{a}±5.68	70.52^{a}±4.21
ปลีกล้วย	71.60^{b}±3.45	55.95^{b}±3.66
ขิง	71.36^{b}±2.09	27.17^{c}±7.61

หมายเหตุ * ค่าเฉลี่ยที่ยกกำลังตัวอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$)

จากการศึกษาประสิทธิภาพการกักเก็บของไมโครแคปซูลของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดจากสารสกัดสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด โดยวิธี Folin-Ciocalteu assay โดยการทดลองที่ความปริมาณความเข้มข้นของสารห่อหุ้มมอลโตเด็กตรินซ์ DE 15 ที่ร้อยละ 5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร พบว่าประสิทธิภาพการกักเก็บสารสำคัญของสมุนไพรทั้ง 3 ชนิดมีประสิทธิภาพการกักเก็บอยู่ในช่วงร้อยละ 88 – 92 ดังแสดงผลในตารางที่ 5 ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Mahdavi และคณะ, 2016) ผลการวิจัยระบุว่าตัวอย่างที่ผสมด้วยมอลโตเด็กตรินซ์ เป็นสารห่อหุ้มแสดงถึงประสิทธิภาพกระบวนการสูงสุดและคุณภาพผงที่ดีที่สุด ซึ่งสภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการไมโครเอ็นแคปซูเลชั่นสำหรับ Barberry anthocyanins ประสิทธิภาพของการกักเก็บสารสกัดของแอนโธไซยานินอาจสูงถึงร้อยละ 92.83

ตารางที่ 5 ประสิทธิภาพของสารห่อหุ้มในการกักเก็บสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของผงสกัดสมุนไพร

วัตถุดิบ ผงสกัด	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (mg_{GAE}/g_{sample})	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่ผิวของไมโครแคปซูล (mg_{GAE}/g_{sample})	ประสิทธิภาพการกักเก็บ (ร้อยละ)
น้ำนมราชสีห์	$143.31^{a}\pm5.68$	$11.47^{a}\pm1.75$	$92^{a}\pm1.35$
ปลีกล้วย	$71.60^{b}\pm3.45$	$8.59^{b}\pm0.96$	$88^{b}\pm1.98$
ขิง	$71.36^{b}\pm2.09$	$7.74^{c}\pm1.15$	$89^{b}\pm1.36$

หมายเหตุ * ค่าเฉลี่ยที่ยกกำลังตัวอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$)

4.3 ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการอัดเม็ดจากผงอนุภาคไมโครสารสกัดสมุนไพร

จากการทดลองเพื่อหาสูตรที่เหมาะสมของสมุนไพรอัดเม็ดโดยวิธีออกแบบการทดลองแบบผสม (mixture design) แบบ D-optimal ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปกำหนดปัจจัยที่ทำการศึกษาแบบมีกำหนดช่วงศึกษา 4 ปัจจัย คือ ผงสกัดน้ำนมราชสีห์ร้อยละ 20-30 ผงสกัดปลีกล้วยร้อยละ 26-31 ผงสกัดขิงร้อยละ 5-10 และเด็กซ์โทรสร้อยละ 30.5-40.5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร (ทุกสูตรมีซูคาโรสร้อยละ 0.5 เซลลูโลสร้อยละ 2 และแมกนีเซียมร้อยละ 1) ได้สูตรการทดลองทั้งหมด 15 สูตร ดังแสดงในตารางที่ 6 แล้วทำการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส Hedonic-7-Scale โดยการให้คะแนนความชอบ 7 ระดับ 1 คะแนน=ไม่ชอบมาก 2 คะแนน=ไม่ชอบปานกลาง 3 คะแนน=ไม่ชอบเล็กน้อย 4 คะแนน=เฉยๆ 5 คะแนน=ชอบเล็กน้อย 6 คะแนน=ชอบปานกลาง 7 คะแนน=ชอบมาก (Granato และคณะ, 2012) โดยการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านต่าง ๆ ได้แก่ ลักษณะ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบรวม โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน จากนั้นนำสูตรที่เหมาะสมไปศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ต่อไป

ตารางที่ 6 อัตราส่วนผสมของผลิตภัณฑ์สมุนไพรอัดเม็ด

สูตรส่วนผสม	ผงสกัดขิง (ร้อยละ)	ผงสกัดน้ำนมราชสีห์ (ร้อยละ)	ผงสกัดปลีกล้วย (ร้อยละ)	เด็กซ์โทรส (ร้อยละ)
1	7.9	23.3	28.5	36.8
2	5.0	22.4	28.6	40.5
3	10.0	21.5	30.9	34.1
4	5.7	24.6	31.0	35.3
5	10.0	30.0	26.0	30.5
6	5.0	28.1	26.0	37.4
7	10.0	25.2	26.2	35.1
8	7.6	27.6	28.6	32.7
9	5.0	30.0	31.0	30.5
10	5.3	20.1	31.0	40.1
11	6.6	25.0	26.0	38.8
12	10.0	20.0	26.0	40.5
13	5.0	27.4	28.8	35.3
14	9.1	20.0	29.3	38.1
15	10.0	24.6	31.0	30.9

4.4 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางเคมี ทางกายภาพ การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ทำการส่งตรวจวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ส่งตรวจทางพิษวิทยา และอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์สมุนไพรอัดเม็ด

4.4.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี ทางกายภาพ สูตรส่วนผสมของผงสกัดสมุนไพรอัดเม็ด

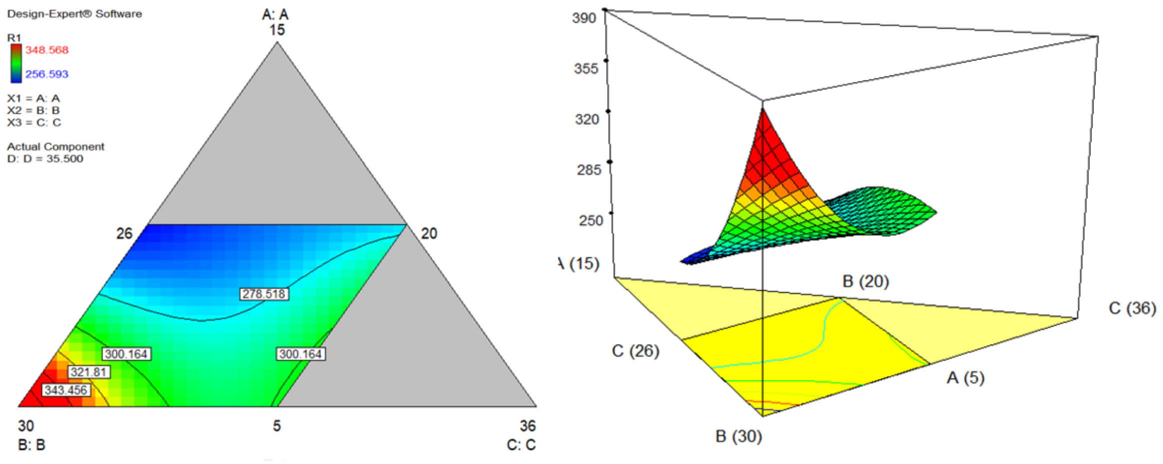
ผลมาวิเคราะห์โดยวิธีการพื้นที่การตอบสนอง (Response surface methodology, RSM) หาช่วงสูตรที่เหมาะสมด้วย D-Optimal Designs จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาสร้างแผนภาพคอนทัวร์ (Contour plot) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ แล้วนำข้อมูลทั้งหมดวิเคราะห์ความแปรปรวน และทำการคำนวณค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT สำหรับการทดลองของส่วนผสมจะนำมาทำการตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติทางทางด้านกายภาพและเคมีของผงสกัดสมุนไพรอัดเม็ดดังแสดงในตารางที่ 7 พบว่าสูตรที่ 6 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมากที่สุด 348.57 mgGAE/gsample มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระร้อยละ 77.4 ค่าปริมาณความชื้นร้อยละ 2.48 ค่าปริมาณน้ำอิสระ 0.223 ค่าสี L* 87.25 a* 5.23 b* 20.33 และค่าความแข็ง 42.5 นิวตัน

ตารางที่ 7 คุณสมบัติทางทางด้านกายภาพและเคมีของผงสกัดสมุนไพรอัดเม็ด

สูตร	ค่าปริมาณความชื้นร้อยละ	ค่าปริมาณน้ำอิสระ	ค่าสี			ค่าความแข็ง (นิวตัน)	สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (mg_{GAE}/g_{sample})	ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระร้อยละ
			L*	a*	b*			
1	2.55	0.222	83.56	5.21	19.98	42.5	265.35^{fgh}	70.1^{d}
2	2.54	0.202	84.35	4.35	19.87	42.2	265.73^{fgh}	70.2^{d}
3	2.48	0.198	82.32	4.21	19.85	43.1	286.84^{de}	75.6^{ab}
4	2.49	0.221	81.59	4.65	18.59	43.2	303.75^{bc}	74.6^{b}
5	2.56	0.201	86.65	4.88	20.78	42.5	314.12^{b}	75.9^{ab}
6	2.48	0.223	87.25	5.23	20.33	42.5	348.57^{a}	77.4^{a}
7	2.66	0.214	80.86	5.11	21.65	43.5	260.42^{gh}	70.3^{d}

8	2.56	0.232	82.10	4.99	19.65	43.8	298.32^{cd}	73.9^{bc}
9	2.11	0.219	85.62	4.56	20.47	41.2	293.63^{cd}	72.8^{c}
10	2.55	0.211	82.25	5.21	19.55	44.7	274.25^{efg}	74.3^{b}
11	2.32	0.236	88.25	5.11	21.63	42.3	277.46^{ef}	74.2^{b}
12	2.25	0.220	82.86	4.87	20.55	42.6	260.30^{gh}	71.5^{cd}
13	2.47	0.215	85.18	4.65	19.8	42.3	302.89^{bc}	73.8^{bc}
14	2.46	0.199	85.88	4.22	19.07	42.8	256.59^{h}	73.5^{bc}
15	2.66	0.198	82.54	4.98	21.22	43.5	302.02^{bc}	72.5^{c}

หมายเหตุ * ค่าเฉลี่ยที่ยกกำลังตัวอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$)



ภาพที่ 17 แผนภาพคอนทัวร์และแผนภาพ 3D

ตารางที่ 8 ข้อมูลจากการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในผลิตภัณฑ์สมุนไพรอัดเม็ด

Model	significant
R^2	0.9612
Adjusted R^2	0.9481
Predicted R^2	0.8526
P value	0.0329
C.V. %	3.80 %
Std. Dev.	1.10

จากการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ ค่า R^2 เป็นค่าที่ใช้เพื่อพิจารณาความเหมาะสมของแบบจำลอง แบบจำลองที่ดีควรมีค่า R^2 มากกว่า 0.80 สำหรับการทดสอบความเหมาะสม จากนั้นเราได้สมการออกมาเพื่อใช้ในการทำนายสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในผลิตผลิตภัณฑ์สมุนไพรอัดเม็ด

$$Y=619.65A + 535.76B + 1053.37C + 304.70D - 1865.73BC - 1271.46CD + 4370.10ABC \quad (8)$$

4.4.2 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสผงสกัดสมุนไพรอัดเม็ดของผู้บริโภคจำนวน 30 รายในรูปแบบการเคี้ยว โดยใช้วิธีให้คะแนนความชอบ (7 point hedonic scale) กับผลิตภัณฑ์ ในตารางที่ 8 พบว่าสูตรที่ 5 มีค่าคะแนนของความชอบโดยรวมมากที่สุดอยู่ที่ 6.3±0.57 คะแนนอยู่ในระดับชอบปานกลาง-ชอบมาก แสดงว่าผลิตภัณฑ์ผงสกัดสมุนไพรอัดเม็ดเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ส่วนลักษณะปรากฏ ได้คะแนนอยู่ที่ 6.7±0.76 คะแนนอยู่ในระดับชอบปานกลาง-ชอบมาก สี ได้คะแนนอยู่ที่ 5.6±1.32 คะแนน อยู่ในระดับชอบเล็กน้อย-ชอบปานกลาง รสชาติ ได้คะแนนอยู่ที่ 6.3±1.23 คะแนน อยู่ในระดับชอบปานกลาง-ชอบมาก กลิ่น ได้คะแนนอยู่ที่ 6.4±0.35 คะแนน อยู่ในระดับชอบปานกลาง-ชอบมาก

ตารางที่ 9 การประเมินทางประสาทสัมผัสของผงสกัดสมุนไพรอัดเม็ด

สูตร	สี	กลิ่น	รสชาติ	ลักษณะปรากฏ	ความชอบโดยรวม
1	4.3^{ef}±1.11	5.2^{de}±1.25	4.1^{e}±1.16	6.8^{a}±0.44	5.1^{e}±1.23
2	5.1^{c}±1.02	6.2^{b}±1.45	5.2^{c}±1.41	6.7^{a}±0.63	5.8^{b}±0.88
3	5.3^{b}±1.20	6.5^{a}±1.20	5.2^{c}±1.10	6.7^{a}±0.52	5.9^{b}±0.78
4	5.1^{c}±1.14	6.5^{a}±1.12	3.8^{ef}±1.48	6.1^{d}±1.17	5.6^{c}±1.44
5	5.6^{a}±1.32	6.4^{a}±0.35	6.3^{a}±1.23	6.7^{a}±0.76	6.3^{a}±0.57
6	5.5^{ab}±1.14	5.3^{d}±1.22	3.2^{g}±1.15	6.8^{a}±0.47	5.2^{de}±1.49
7	4.8^{d}±1.43	5.1^{e}±1.11	3.5^{f}±1.32	6.0^{d}±1.35	5.1^{e}±1.44
8	4.7^{d}±1.32	5.5^{c}±1.33	4.1^{e}±1.18	6.2^{cd}±1.14	5.3^{de}±1.26
9	4.6^{e}±1.12	6.2^{b}±0.37	4.1^{e}±1.35	6.8^{a}±0.42	5.4^{d}±1.28
10	5.2^{bc}±1.21	5.1^{e}±1.22	4.5^{d}±1.43	6.2^{cd}±1.44	5.5^{cd}±1.08
11	5.7^{a}±1.42	6.2^{b}±1.31	3.3^{fg}±1.13	6.4^{bc}±1.11	5.6^{c}±1.59
12	4.3^{ef}±1.22	5.1^{e}±1.30	5.6^{b}±1.11	6.4^{bc}±0.90	5.5^{cd}±1.13
13	5.3^{b}±1.31	6.1^{bc}±1.13	4.1^{e}±1.22	6.5^{b}±0.71	5.6^{c}±1.23
14	5.4^{b}±1.15	6.1^{bc}±1.44	5.1^{c}±1.20	6.7^{a}±0.12	5.8^{b}±0.72
15	4.2^{f}±1.47	5.4^{cd}±1.18	5.2^{c}±1.12	6.3^{c}±0.70	5.4^{d}±1.03

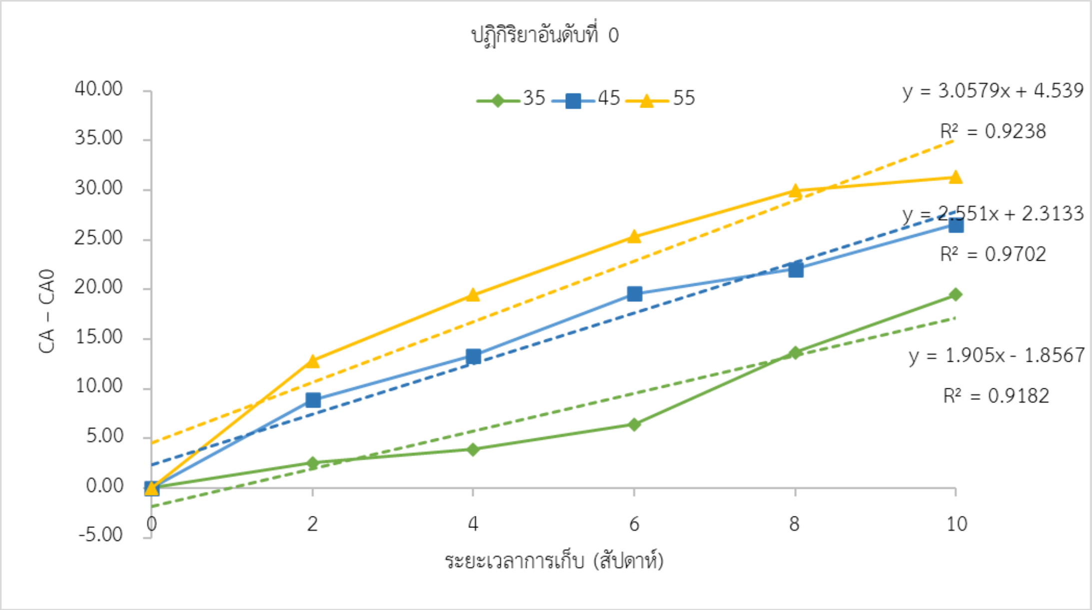
หมายเหตุ * ค่าเฉลี่ยที่ยกกำลังตัวอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$)

4.4.3 อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์สมุนไพรอัดเม็ด

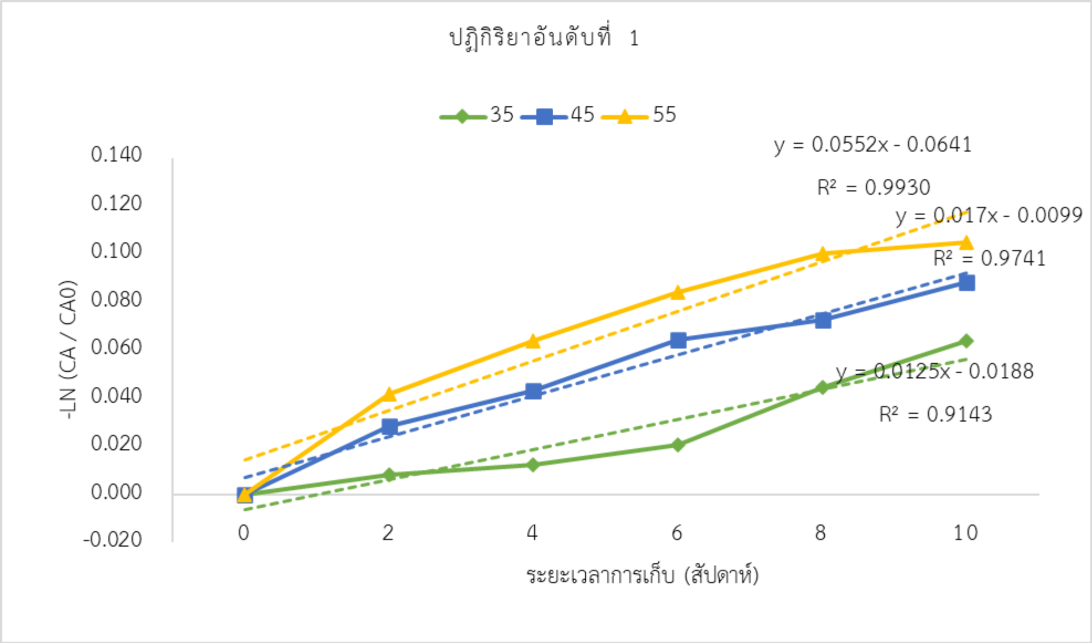
ผลการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์สมุนไพรอัดเม็ดบรรจุภัณฑ์ซองอลูมิเนียมฟอยล์ปิดผนึกเก็บที่อุณหภูมิ 35, 45 และ55 องศาเซลเซียส สุ่มตัวอย่างทุก ๆ 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 10 สัปดาห์ ดังแสดงในตารางที่ 9 พบว่าในสัปดาห์ที่ 0 การเก็บรักษาที่อุณหภูมิที่แตกต่างกันไม่มีผลทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) แต่เมื่อเก็บรักษาในระยะเวลาที่นานขึ้นจนครบ 10 สัปดาห์ จะสังเกตได้ว่าค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมีแนวโน้มที่ลดลงซึ่งเมื่อเก็บครบ 10 สัปดาห์ ผลิตภัณฑ์สมุนไพรอัดเม็ดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสมีค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) จากการวิเคราะห์ค่าปริมาณสารประกอบฟีนอกลิกทั้งหมดพบว่า เมื่อนำข้อมลูมาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่เกิดขึ้นกับเวลา เพื่อหาอันดับของปฏิกิริยาผลการวิเคราะห์ข้อมลูจากการสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์พบว่าการเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณสารประกอบฟีนอกลิกทั้งหมด เป็นปฏิกิริยาอันดับ 1 ที่มีค่า R2 สูงที่สุดดังตารางที่ 10 โดยมีความชันของกราฟเป็นค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยา (reaction rate constant) ของแต่ละตัวอย่าง ที่อุณหภูมิการเก็บรักษาต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 11 ดังนั้นจึงเลือกใช้ปฏิกิริยาอันดับหนึ่งเนื่องจากนิยมใช้ในการในการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยายาออกซิเดชัน เช่น การสูญเสียวิตามิน การเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์ และการสลายตัวของสารสำคัญภายในผลิตภัณฑ์ (Galani และคณะ, 2017)

ตารางที่ 10 ผลของอิทธิพลจลนพลศาสตร์และความคงตัวที่มีผลต่อปริมาณสารฟีนอลิคทั้งหมด

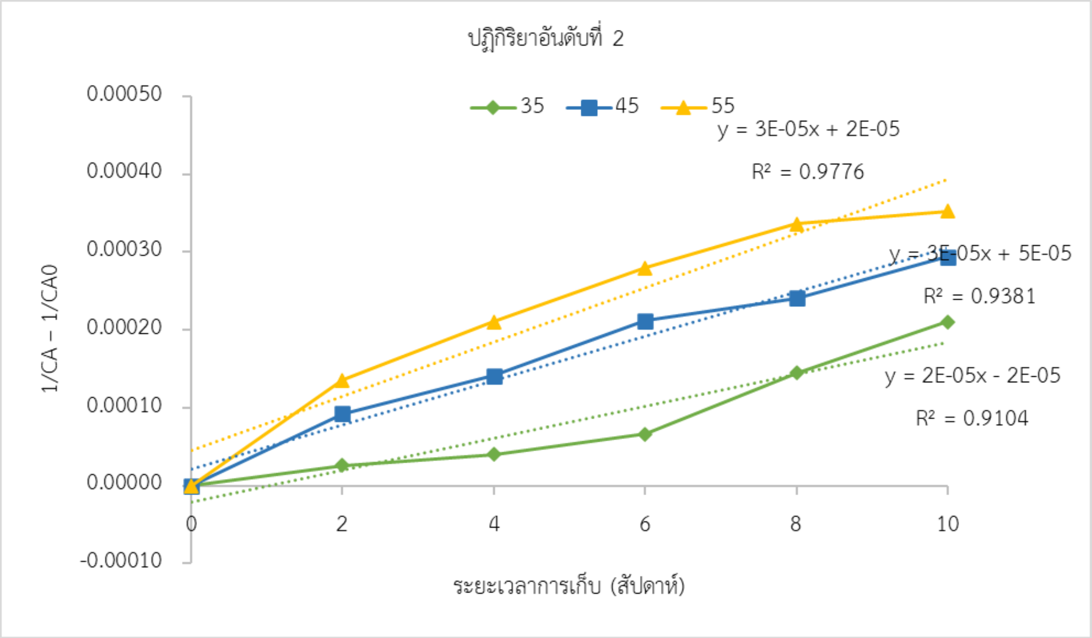
ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		
	35	45	55
0	314.12	314.12	314.12
2	311.58	305.24	301.29
4	310.22	300.78	294.66
6	307.71	294.55	288.77
8	300.45	292.06	284.12
10	294.63	287.56	282.79


ปฏิกิริยาอันดับที่ 0
35
45
55
y = 3.0579x + 4.539
R² = 0.9238
y = 2.551x + 2.3133
R² = 0.9702
y = 1.905x - 1.8567
R² = 0.9182
CA – CA0
40.00
35.00
30.00
25.00
20.00
15.00
10.00
5.00
0.00
-5.00
0
2
4
6
8
10
ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)

(ก)


ปฏิกิริยาอันดับที่ 1
35
45
55
y = 0.0552x - 0.0641
R² = 0.9930
y = 0.017x - 0.0099
R² = 0.9741
y = 0.0125x - 0.0188
R² = 0.9143
-LN (CA / CA0)
0.140
0.120
0.100
0.080
0.060
0.040
0.020
0.000
-0.020
0
2
4
6
8
10
ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)

(ข)



(ค)

ภาพที่ 18 แสดงปฏิกิริยาอันดับศูนย์ (ก) ปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง (ข) และปฏิกิริยาอันดับสอง (ค) ของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

ตารางที่ 11 ค่า R-square ของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดแต่ละอันดับปฏิกิริยา

อันดับปฏิกิริยา	R-square		
	35 องศาเซลเซียส	45 องศาเซลเซียส	55 องศาเซลเซียส
ปฏิกิริยาอันดับ 0	0.9047	0.9238	0.9702
ปฏิกิริยาอันดับ 1	0.9143	0.9741	0.9930
ปฏิกิริยาอันดับ 2	0.8974	0.9381	0.9776

ตารางที่ 12 ค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยา (reaction rate constant) ของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

อุณหภูมิการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)	ค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยาอันดับ 1
35	6.41×10^{-3}
45	8.83×10^{-3}
55	10.50×10^{-3}

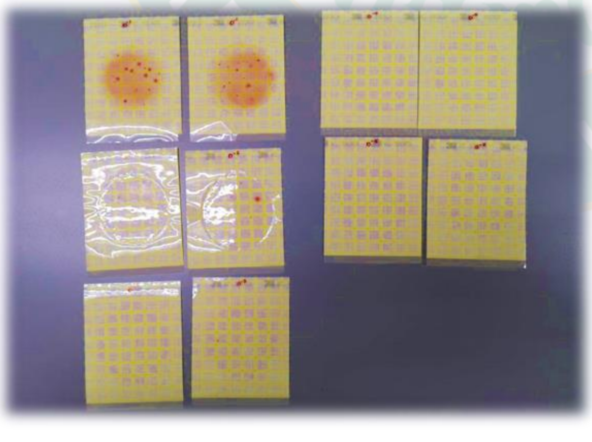
ผลของอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์สมุนไพรอัดเม็ดโดยวิธีสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35,45 และ55 องศาเซลเซียส จากสมการที่ 3 สามารถทำนายอายุการเก็บรักษาของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ พบว่าที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสมีอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 27 เดือน อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสมีอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 20 เดือน และอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสมีอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 16 เดือน ซึ่งสมการรีเกรสชั่นยิ่งมีค่า R^2 สูง หมายความว่าสามารถทำนายผลการตอบสนองได้ดี โดยที่มีแนวโน้มลดลงอย่างชัดเจนของอุณหภูมิการเก็บรักษาที่สูงขึ้นจะเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้เร็วกว่าที่อุณหภูมิต่ำสอดคล้องกับการศึกษาของ (Galani และคณะ, 2017) ทำการเก็บรักษาผักและผลไม้ 19 ชนิด ที่อุณหภูมิต่างๆเป็นระยะเวลา 15 วัน พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมีแนวโน้มลดลงเนื่องจากปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดบางชนิดมีการสลายตัวส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของการทำงานเอ็นไซม์ฟีนอลเลส อายุการเก็บรักษาจะแปรผกผันกับอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บโดยเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิที่สูงอายุการเก็บจะลดต่ำลง

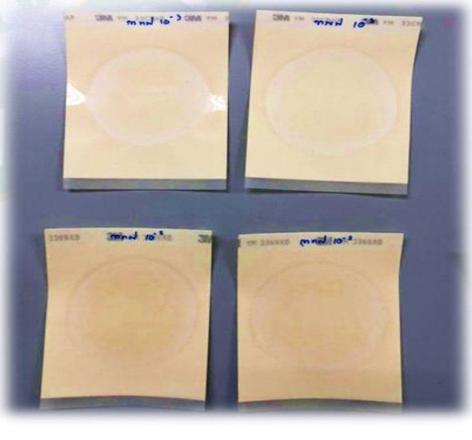
ตารางที่ 13 การประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์สมุนไพรอัดเม็ดต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

อุณหภูมิการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)	อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ Half-life (เดือน)
35	27.05
45	20.62
55	16.49

4.4.4 ผลการตรวจวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา

จากการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการอัดเม็ดจากผงอนุภาคไมโครสารสกัดสมุนไพรพบว่าปริมาณอัตราส่วนของผลิตภัณฑ์สมุนไพรอัดเม็ดมีส่วนผสมของผงสกัดขิงร้อยละ 10 ผงสกัดน้ำนมราชสีห์ร้อยละ 30 ผงสกัดปลีกล้วยร้อยละ 26 เด็กซ์โทรสร้อยละ 30.5 ซูคราโลสร้อยละ 0.5 เซลลูโลสร้อยละ 2 และแมกนีเซียมร้อยละ 1 ส่งผลให้มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด $3*10^3$ โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ยีสต์และรา 30 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ซึ่งไม่เกินมาตราฐานของสมุนไพรรวมผงสำเร็จรูป มผช.๑๔๔๑/๒๕๕๖





ภาพที่ 19 แสดงการตรวจนับจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา

4.4.5 ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

จากผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์สมุนไพรอัดเม็ด ปริมาณสุทธิ 24 กรัม (30 เม็ด) พบว่าให้พลังงานทั้งหมด 380 กิโลแคลอรีต่อ100กรัม ปริมาณโปรตีน 5.55 กรัมต่อ100 กรัมปริมาณคาร์โบไฮเดรต 88.52 กรัมต่อ100กรัม และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด 39.06 กรัมต่อ100 กรัม ดังแสดงในตารางที่ 13 และ 14

ตารางที่ 14 ผลของการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์สมุนไพรอัดเม็ด

รายการทดสอบ	**วิธีทดสอบ**	**ผลการทดสอบ**	**หน่วย**
เถ้า	AOAC (2012), 923.03	5.47	กรัมต่อ 100 กรัม
ความชื้น	AOAC (2012), 925.10	0.01	กรัมต่อ 100 กรัม
โปรตีน	AOAC (2012), 991.20	5.55	กรัมต่อ 100 กรัม
ไขมัน	AOAC (2012), 945.18	0.42	กรัมต่อ 100 กรัม
คาร์โบไฮเดรต	By calculation	88.52	กรัมต่อ 100 กรัม
โซเดียม	AOAC (2012), 985.35	18.02	กรัมต่อ 100 กรัม
ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด	Phenol-sulfuric method (Dobois *et al*., 1956)	39.06	กรัมต่อ 100 กรัม
โคเลสเตอรอล	AOAC (2012), 994.10	ไม่พบ	-
พลังงานทั้งหมด	By calculation	380.06	กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม

ตารางที่ 15 แสดงข้อมูลโภชนาการของผลิตภัณฑ์สมุนไพรอัดเม็ด

ข้อมูลโภชนาการ		
ปริมาณสุทธิ : 24 กรัม		
หนึ่งหน่วยบริโภค : 1 เม็ด (0.80 กรัม)		
จำนวนหน่วยบริโภคต่อขวด : 30		
คุณค่าทางโภชนาการต่อหนึ่งหน่วยบริโภค		
พลังงานทั้งหมด 0 กิโลแคลอรี		
		ร้อยละของปริมาณที่แนะนำต่อวัน*
ไขมันทั้งหมด	0 ก.	**0%**
โคเลสเตอรอล	0 มก.	**0%**
โปรตีน	0 ก.	
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด น้อยกว่า	1 ก.	**0%**
น้ำตาล	0 ก.	
โซเดียม	0 มก.	**0%**

* ร้อยละของปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคต่อวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป (Thai RDI) โดยคิดจากความต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาวิธีการสกัดสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของสมุนไพรไทย ได้แก่ ปลีกล้วย ขิง และน้ำนมราชสีห์ ซึ่งทำการสกัดด้วยวิธีการสกัดร้อนและสกัดเย็น พบว่าน้ำนมราชสีห์มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 55.91 มิลลิกรัมต่อกรัม และการทดสอบฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระร้อยละ 63.98 มากที่สุด การศึกษากระบวนการทำแห้งผงสารสกัดอนุภาคไมโครเมตรด้วยวิธีการเอนแคปซูเลชันโดยใช้สารห่อหุ้มมอลโตเด็กซ์ตริน กำหนดสภาวะการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่กำหนดอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 180 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิลมร้อนขาออกในช่วงอุณหภูมิที่ 90 - 95 องศาเซลเซียส พบว่าคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของผงสกัดสมุนไพร (น้ำนมราชสีห์ ขิง ปลีกล้วย) โดยมีค่าปริมาณน้ำอิสระอยู่ในช่วง 0.189–0.219 ซึ่งอยู่ในระดับต่ำกว่า 0.6 ทำให้เชื้อจุลินทรีย์หยุดการเจริญเติบโต ค่าปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 2.26-3.35 จากการศึกษาค่าสีของผงสกัดเข้มข้นของสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด พบว่าจะมีค่า L* อยู่ในช่วง 49.13-59.31 เป็นค่าบวกแสดงถึงความสว่าง ค่า a* อยู่ในช่วง 5.38-12.52 เป็นค่าบวกแสดงถึงค่าสีแดง และค่า b* อยู่ในช่วง 16.27-30.16 เป็นค่าบวกแสดงถึงค่าสีเหลืองและประสิทธิภาพการกักเก็บสารฟีนอลิกสมุนไพรทั้ง 3 ชนิดอยู่ในช่วงร้อยละ 88-92 สามารถนำไปประยุกต์ใช้ระหว่างกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์สมุนไพรอัดเม็ด

จากการศึกษาในงานวิจัยนี้ได้ทำการหาสูตรส่วนผสมวิเคราะห์โดยวิธีการหาพื้นที่ผิวการตอบสนอง (Response surface methodology, RSM) ซึ่งมีการออกแบบที่นำผลมา หาช่วงสูตรที่เหมาะสมด้วย D-Optimal Designs นี้มีทั้งหมด 15 สูตร ซึ่งมีส่วนผสมประกอบหลักไปด้วย ผงสกัดขิง ผงสกัดน้ำนมราชสีห์ ผงสกัดปลีกล้วย และเด็กซ์โทรส โดยสูตรที่เหมาะสมด้วยวิธีทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีส่วนผสมของผงสกัดขิงร้อยละ 10 ผงสกัดน้ำนมราชสีห์ร้อยละ 30 ผงสกัดปลีกล้วยร้อยละ 26 เด็กซ์โทรสร้อยละ 30.5 ซูคาโรสร้อยละ 0.5 เซลลูโลสร้อยละ 2 และแมกนีเซียมร้อยละ 1 ที่ทำการเลือกสูตรที่ 5 เนื่องจากมีการยอมรับความชอบโดยรวมสูงสุดจากผู้บริโภค ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์เป็นผลิตภัณฑ์สมุนไพรอัดเม็ดเชิงพาณิชย์ได้ และจากการทดสอบฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระพบว่าสูตรที่ 5 และสูตรที่ 6 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงทำการเลือกสูตรที่ 5 ซึ่งมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก 314.12 มิลลิกรัมต่อกรัม ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระร้อยละ 75.9 ปริมาณความชื้นร้อยละ 2.56 ปริมาณน้ำอิสระ 0.201 ค่าสี L* 86.65 a*

4.88 b* 20.78 การวัดลักษณะทางเนื้อสัมผัสมีค่าความแข็ง 42.5 นิวตัน สำหรับการพัฒนาผงสกัดสมุนไพรอัดเม็ด

อิทธิพลจลนพลศาสตร์ที่มีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในการเก็บรักษาพบว่าเมื่อนำข้อมูลมาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่เกิดขึ้นกับเวลา เพื่อหาอันดับของปฏิกิริยาผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์พบว่าการเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเป็นปฏิกิริยาอันดับ 1 เนื่องจากกราฟแสดงความสัมพันธ์ได้กราฟเส้นตรงที่มีค่า R^2 สูงที่สุด โดยสมการรีเกรสชั่นยิ่งมีค่า R^2 สูง หมายความว่าสามารถทำนายผลการตอบสนองได้ดีในขณะที่อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์สมุนไพรอัดเม็ดโดยวิธีสภาวะเร่งจากการทดลองพบว่าที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 27, 20 และ 16 เดือน ตามลำดับดังนั้นผลิตภัณฑ์สมุนไพรอัดเม็ดจากงานวิจัยนี้สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ ได้ประมาณ 1-2 ปี โดยไม่ทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสลายไป และผลการวิเคราะห์มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด $3*10^3$ โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ยีสต์และรา 30 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

ปัญหาที่พบ

วัตถุดิบบางชนิดขาดตลาดหายากทำให้การทดลองมีปริมาณวัตถุดิบไม่เพียงพอ และวัตถุดิบบางชนิดเราไม่สามารถควบคุมผลผลิตได้

บรรณานุกรม

Brown, K. S., Solval, K. M., Aranee, C., Luis, A., Vondel, R., Liu, C., Dzandu, B., Kyereh, E., Barnaby, A..G., Thompson, I., Xu, Z. และSathivel, S. . 2016. Microencapsulation of ginger (Zingiber officinale) extract by spray drying technology. **LWT - Food Science and Technology**,70(119-125).

Dahmoune, Farid, Spigno, Giorgia, Moussi, Kamal, Remini, Hocine, Cherbal, Asma และ Madani, Khodir. 2014. Pistacia lentiscus leaves as a source of phenolic compounds: Microwave-assisted extraction optimized and compared with ultrasound-assisted and conventional solvent extraction. **Industrial Crops and Products**,61(31-40).

Galani, J.H.Y., J.S. Patel, N.J. และPatel, J.G. Talati. 2017. Storage of fruits and vegetables in refrigerator increases their phenolic acids but decreases the total phenolics, anthocyanins and vitamin C with subsequent loss of their antioxidant capacity. **MDPI**,6(1-19).

Granato, Daniel, Masson, Maria Lucia และRibeiro, Jéssica Caroline Bigaski. 2012. Sensory acceptability and physical stability evaluation of a prebiotic soy-based dessert developed with passion fruit juice. **Food Science and Technology**,32(1), 119-126.

Kanpairo, K., Usawakesmanee, W. , Sirivongpaisal, P. ,Siripongvutikorn, S. 2012. The compositions and properties of spray dried tuna flavor powder produced from tuna precooking juice. **International Food Research Journal**,19(3), 893-899.

Mahdavi, Sahar, Jafari, Seid, Assadpoor, Elham Dehnad, Danial. 2016. Microencapsulation Optimization of Natural Anthocyanins with Maltodextrin, gum Arabic and Gelatin. **International Journal of Biological Macromolecules**,85

Smith, C., Crowther, C., Willson, K., Hotham, N. และMcMillian, V. 2004. A randomized controlled trial of ginger to treat nausea and vomiting in pregnancy. **Obstet Gynecol**,103(4), 639-645.

Zen, N. I., Abd Gani, S. S., Shamsudin, R. และMasoumi, H. R. 2015. The Use of D-

Optimal Mixture Design in Optimizing Development of Okara Tablet Formulation as a Dietary Supplement. **ScientificWorldJournal**,2015(684319).

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, สถาบันวิจัยสมุนไพร. 2549. ขิง. คุณภาพสมุนไพร.

กีรตินาฏ พูลเกษร, อนุวัตร แจ้งชัด และกมลวรรณ แจ้งชัด. 2553. การประเมินอายุการเก็บรักษาของสารป้องกันการเกาะติดโดยใช้วิธีสภาวะเร่ง. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

ชมภูนุช เผื่อนพิภพ. 2558. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้อัดเม็ด. วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร 5(109-114).

ชมัยพร รอดกลิ่น, เอกรัฐ ศรีสุข และกล่าวขวัญ ศรีสุข. 2560. ผลของสภาวะการสกัดต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิก สารประกอบฟลาโวนอยด์ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของส่วนต่าง ๆ ของส้มซ่า. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา 22

ดวงสุรีย์ แสนสีระ และศิริวัลย์ สร้อยกล่อม. (2551). การวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญในวัชพืชวงศ์ *Euphorbiaceae* ด้วย *HPLC*. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพo. Document Number)

เต็ม สมิตินันทน์. 2544. ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ(กรมป่าไม้).

นงลักษณ์, ห้วยหงษ์ทอง. 2559. การทดสอบสารพฤกษเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพของสมุนไพรไทยบางชนิดที่ใช้รักษาโรคเบาหวาน. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

เนตรนภา เมยกลาง และดร.เฉลิม เรืองวิริยะชัย. 2557. การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในเครื่องดื่มน้ำผลไม้. วารสารวิจัย มข. (บศ.),14(4), 69-79.

บัณฑิต พรหมรักษา, จุรีรัตน์ ดาดวง, เตือนจิต คำพิทักษ์, ประณิธิ หงสประภาส, พัชรี บุญศิริ. 2557. เทคนิคไมโครเอนแคปซูเลชันและบทบาททางการแพทย์. **Srinagarind Medical**.

บุหรัน พันธุ์สวรรค์. 2556. อนุมูลอิสระ สารต้านอนุมูลอิสระ และการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี,21(3), 275-286.

พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์, มณฑิรา นพรัตน์, ดวงพร ตั้งบำรุงพงษ์ และสุเทพ อภินันท์จารุพงศ์. 2545. กระบวนการผลิตน้ำผักผลไม้รวมผงโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบพ่นกระจายและไมโครเวฟสุญญากาศ. วารสาริจัยและพัฒนา มจธ.,25(3), 257-277.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, นิธิยา รัตนาปนนท์. 2012. เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1008/gelatin

พุฒิยา รัตนศิริวัฒน์, กนิษฐา ไพรงาม, รัชนก สงวนวงษ์, วาสนา ชาวนาตรี และประภาพรรณ เพียรชอบ. 2558. การกักเก็บสารสกัดหยาบจากเปลือกส้มโอ. 1-12.

ภก.ชัยโย ชัยชาญทิพยุทธ. 2523. น้ำนมราชสีห์และน้ำนมราชสีห์เล็ก. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://www.doctor.or.th/article/detail/4606

รัตนา ม่วงรัตน์, พงศธร ถ้ำทอง และจรัสศรี หลวงพันธ์. 2559. การสกัดสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดจากเปลือก

กล้วยหอมทองโดยใช้เทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลายที่สภาวะต่ำกว่าจุดวิกฤติ. วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี),8(15), 54-65.

ศศิกานต์ กาละ และชุดาณัฏฐ์ ขุนเพชร. 2560. ประสบการณ์ในการส่งเสริมการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่ของพยาบาลวิชาชีพที่ปฏิบัติงานหน่วยหลังคลอด. มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์.

สถาบันวิจัยสมุนไพร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 2549. คุณภาพสมุนไพรขิง. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://www.disthai.com/16488302/%E0%B8%82%E0%B8%B4%E0%B8%87#

สโรบล สโรชวิกสิต และชัยรัตน์ ตั้งดวงดี. 2554. ผลของอุณหภูมิการอบแห้งและสารช่วยอบแห้งต่อคุณภาพของน้ำสับปะรดผงโดยวิธีอบแห้งแบบพ่นฝอย. วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ.,34(3), 203-215.

สิริการ หนูสิงห์, มั่นดี, ปาจารีย์ และบุศราภา ลีละวัฒน์. 2557. การพัฒนาชาข้าวก่ำเพาะงอกพร้อมชง. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 22(3), 337-346.

หนูเดือน สาระบุตร, กรรณิการ์ ห้วยแสน, พนอจิต นิติสุข และอันต์ พันธ์พิบูลย์. 2558. สมบัติทางกายภาพและการยอมรับของผู้บริโภคต่อขนมปุยฝ้ายเติมผงสีมะนาวโห่ที่มีมอลโทเด็กซ์ทรินต่างกัน. น. 399-405. ใน การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5.

อรุษา, เชาวนลิขิต. 2554. การสกัดและวิธีการวิเคราะห์แอนโทไซยานิน. วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ,3(6).

อายุรวัฒน์เวชศาสตร์. 2559. ปลีกล้วย. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://sukkaphap-d.com/12-%

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	สิปปกร สวัสดิ์สุขโข
เกิดเมื่อ	09 พฤศจิกายน 2538
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2556 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนนวมิทราชินูทิศ เตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า พ.ศ. 2560 ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอาหาร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

MAEJO UNIVERSITY