การศึกษาความเป็นไปได้ในการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากรกจันทน์เทศโดยใช้น้ำมันบริโภคและการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์น้ำสลัด

FEASIBILITY STUDY OF BIOACTIVE COMPOUNDS FROM MACE BY EDIBLE OIL EXTRACTION AND THEIR APPLICATION IN SALAD-DRESSING

รุ่งอรุณ พรชื่นชูวงศ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การศึกษาความเป็นไปได้ในการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากรกจันทน์เทศโดยใช้น้ำมันบริโภคและการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์น้ำสลัด

รุ่งอรุณ พรชื่นชูวงศ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2564

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาความเป็นไปได้ในการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากกรกจันทน์เทศโดยใช้น้ำมันบริโภคและการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์น้ำสลัด Feasibility Study of Bioactive Compounds from Mace by Edible Oil Extraction and Their Application in Salad - Dressing
ชื่อ-นามสกุล	นางสาวรุ่งอรุณ พรชื่นชูวงศ์
สาขาวิชา	เทคโนโลยีอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศรินญา สังขสัญญา, ปร.ด.
ปีการศึกษา	2564

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์นันท์ชนก นันทะไชย, ปร.ด.)

..... กรรมการ
(อาจารย์นวพร ลาภส่งผล, วท.ด.)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิสุทธิ หนักแน่น, ปร.ด.)

..... กรรมการและเลขานุการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศรินญา สังขสัญญา, ปร.ด.)

คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะเทคโนโลยีการเกษตร
(อาจารย์ลลิตา ศิริวัฒนานนท์, Ph.D.)
วันที่ 2 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2564

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาความเป็นไปได้ในการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากรกจันทน์เทศโดยใช้น้ำมันบริโภคและการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์น้ำสลัด
ชื่อ-นามสกุล นางสาวรุ่งอรุณ พรชื่นชูวงศ์
สาขาวิชา เทคโนโลยีอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศรินญา สังขสัญญา, ปร.ด.
ปีการศึกษา 2564

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของรกจันทน์เทศ ศึกษาผลของอัตราส่วนการสกัดและชนิดของน้ำมันบริโภคต่อคุณภาพของน้ำมันที่ผ่านการสกัดรกจันทน์เทศ และพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบน้ำสลัดเพื่อสุขภาพที่มีการทดแทนด้วยน้ำมันที่ผ่านการสกัดด้วยรกจันทน์เทศ

รกจันทน์เทศเป็นเยื่อหุ้มสีแดงเข้ม มีค่า L* a* และ b* เท่ากับ 29.25, 33.25 และ 19.39 ตามลำดับ มีน้ำหนัก 1.39 กรัม ความกว้างและความยาวเท่ากับ 2.14 และ 3.11 เซนติเมตร ตามลำดับ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 1.702 มิลลิกรัมสมมูลล์กรดแกลลิคต่อกรัม และค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 0.433 มิลลิกรัมสมมูลล์กรดแอสคอร์บิกต่อกรัม

ผลการศึกษาพบว่าอัตราส่วนการสกัดและชนิดของน้ำมันบริโภคมีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อคุณภาพของน้ำมันที่ผ่านการสกัดรกจันทน์เทศ ($p<.05$) อัตราส่วนการสกัด 1:4 (รกจันทน์เทศ:น้ำมันมะพร้าว) เป็นสภาวะที่เหมาะสมทำให้ได้น้ำมันที่ผ่านการสกัดรกจันทน์เทศสีแดงส้ม มีค่า L* a* และ b* เท่ากับ 3.63, 2.79 และ 1.23 ตามลำดับ มีความหนืดเท่ากับ 66.67 เซนติพ้อยส์ มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 0.63 มิลลิกรัมสมมูลล์กรดแกลลิคต่อกรัม และค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 0.56 มิลลิกรัมสมมูลล์กรดแอสคอร์บิกต่อกรัม พบสารหอมระเหยประเภทเทอร์พีนและอนุพันธ์ 6 ชนิด ได้แก่ terpinolene (23.10%), alpha-pinene (4.06%), isoeugenol (17.57%), myristicin (3.92%), elemicin (9.62%) และ methoxy eugenol (41.74%) การทดแทนด้วยน้ำมันที่ผ่านการสกัดด้วยรกจันทน์เทศมีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อคะแนนการยอมรับน้ำสลัดเพื่อสุขภาพ ($p<.05$) การทดแทนที่ร้อยละ 10 ของปริมาณน้ำมันในสูตรได้การยอมรับมากที่สุด โดยได้รับคะแนนความชอบปานกลาง ดังนี้ ลักษณะปรากฏ (7.78) สี (7.58) กลิ่น (7.28) รสชาติ (7.88) ความหนืด (7.46) และความชอบโดยรวม (7.86)

คำสำคัญ: รกจันทน์เทศ น้ำมันที่ผ่านการสกัดรกจันทน์เทศ น้ำสลัดเพื่อสุขภาพ

Thesis Title	Feasibility Study of Bioactive Compounds from Mace by Edible Oil Extraction and Their Application in Salad-Dressing
Name-Surname	Miss Rungarun Porncheunchuwong
Program	Food Technology
Thesis Advisor	Assistant Professor Sarinya Sangkasanya, Ph.D.
Academic Year	2021

ABSTRACT

The aims of this research were to study the physical and chemical properties of Mace (*Myristica Fragrans* Houtt.), to study the effects of extraction ratio and types of edible oil on the quality of an extracted-mace oil and feasibility study of the substituted extracted-mace oil healthy salad-dressing.

Mace was the crimson-colored aril. The lightness (L*), redness (a*) and yellowness (b*) values were 29.25, 33.25 and 19.39, respectively. Its average weight was 1.39 g. The average width and length were 2.14 and 3.11 cm, respectively. The total phenolic compound was 1.702 mg GAE/g FW. The DPPH radical antioxidant was 0.433 mg AAE/g FW.

The study results showed that the ratio of the extraction solvent and the types of edible oil significantly affected the quality of extracted mace oil ($p<.05$). The ratio of the extraction of 1:4 (mace: coconut oil) was the optimal extraction condition. The extraction mace oil was red orange with lightness (L*), redness (a*) and yellowness (b*) values were 3.63, 2.79 and 1.23, respectively. The viscosity was 66.67 cP. The total phenolic compound was 0.63 mg GAE/g FW. The DPPH radical antioxidant was 0.56 mg AAE/g FW. Six abundance terpenes and their derivatives were identified including terpinolene (23.10%), alpha-pinene (4.06%), isoeugenol (17.57%), myristicin (3.92%), elemicin (9.62%) and methoxy eugenol (41.74%). The substituted extracted-mace oil directly affected the healthy salad-dressing acceptability ($p<.05$). The substitution of 10% was found to be the most acceptable. The like moderately of appearance (7.78), color (7.58), odor (7.28), taste (7.88), viscosity (7.46) and overall acceptance (7.86) were scored.

Keywords: mace (*Myristica fragrans* Houtt.), extracted mace oil, healthy salad-dressing

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศรินญา สังขสัญญา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก เป็นอย่างสูงที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำทั้งในส่วนของการเรียนและงานวิจัย

ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีที่ให้การศึกษาต่อระดับบัณฑิตศึกษา พร้อมทั้งให้การสนับสนุนการวิจัยและอำนวยความสะดวกในเรื่องของการใช้สถานที่อุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ระหว่างปฏิบัติงานทดลอง

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่อบรม สั่งสอนมาจนถึงบัดนี้ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร เจ้าหน้าที่คณะอุตสาหกรรมเกษตร เจ้าหน้าที่ห้องสมุดคณะอุตสาหกรรมเกษตร เจ้าหน้าที่บัณฑิตวิทยาลัย และเจ้าหน้าที่ห้องสมุดกลางที่ให้ความรู้คำแนะนำ และคำปรึกษาต่างๆ และขอขอบคุณเพื่อนๆ และน้องๆ นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหารและปริญญาตรี สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร

และท้ายที่สุดนี้ ข้าพเจ้าขอกราบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และญาติผู้ใหญ่ทุกท่าน ที่ให้การอบรมสั่งสอนเสมอมา ขอบคุณสมาชิกในครอบครัว ที่มอบแรงกายแรงใจให้การสนับสนุน ให้คำปรึกษา และเป็นกำลังใจที่ดีตลอดระยะเวลาการศึกษา และการทำวิจัยจนสำเร็จลุล่วงถึงวันนี้

รุ่งอรุณ พรชื่นชูวงศ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... (3)

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... (4)

กิตติกรรมประกาศ..... (5)

สารบัญ..... (6)

สารบัญตาราง..... (8)

สารบัญภาพ..... (10)

บทที่ 1 บทนำ..... 12

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 12

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย..... 13

1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... 14

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 14

1.5 คำจำกัดความในการวิจัย..... 14

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 15

2.1 จันทน์เทศ..... 15

2.2 สารสกัดจากสมุนไพร..... 24

2.3 เทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟีแมสสเปกโทรเมตรี (Gas Chromatography – Mass spectrometry) 34

2.4 น้ำสลัด (Salad dressing) 39

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 42

3.1 วัตถุดิบ..... 42

3.2 อุปกรณ์..... 42

3.3 เครื่องมือ..... 43

3.4 สารเคมี..... 43

3.5 วิธีการทดลองและการเตรียมวัตถุดิบ..... 44

การทดลองที่ 1 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของรกจันทน์เทศ..... 44

การทดลองที่ 2 การศึกษากระบวนการสกัดโดยใช้น้ำมันบริโภคที่เหมาะสม..... 45

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

การทดลองที่ 2.1 การศึกษาผลของอัตราส่วนของรกจันทน์เทศต่อน้ำมันบริโภคที่ใช้ในการสกัด..... 45

การทดลองที่ 2.2 การศึกษาชนิดของน้ำมันบริโภคที่เหมาะสมที่สกัดได้จากรกจันทน์เทศ..... 46

การทดลองที่ 3 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบน้ำสลัดที่มีส่วนผสมของน้ำมันบริโภคที่สกัดจากรกจันทน์เทศ..... 47

3.6 การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล..... 49

3.7 สถานที่ในการดำเนินการวิจัย..... 49

3.8 ระยะเวลาในการทดลอง..... 49

บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง..... 50

4.1 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของรกจันทน์เทศ..... 50

4.2 ผลการศึกษากระบวนการสกัดต่อคุณภาพของน้ำมันบริโภคที่ผ่านการสกัดรกจันทน์เทศ..... 52

4.3 การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำสลัดต้นแบบที่มีส่วนผสมของน้ำมันบริโภคสกัดรกจันทน์เทศ..... 59

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ..... 61

5.1 สรุปผลการทดลอง..... 61

5.2 ข้อเสนอแนะ..... 62

บรรณานุกรม..... 63

ภาคผนวก..... 72

ภาคผนวก ก การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ..... 72

ภาคผนวก ข การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี..... 75

ภาคผนวก ค แบบประเมินทางประสาทสัมผัส..... 83

ภาคผนวก ง ภาพประกอบการทำการทดลอง..... 87

ภาคผนวก จ ผลทางสถิติของการทดลอง..... 91

ประวัติผู้เขียน..... 98

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 ร้อยละส่วนผสมของผลิตภัณฑ์น้ำสลัดสูตรพื้นฐานกับสูตรที่ปรับสัดส่วน..... 48

ตารางที่ 4.1 สมบัติทางกายภาพและเคมีของรกจันทน์เทศ..... 50

ตารางที่ 4.2 สมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำมันถั่วเหลืองแต่ละอัตราส่วนที่ผ่านการสกัดรกจันทน์เทศ..... 52

ตารางที่ 4.3 สมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำมันบริโภคแต่ละชนิดที่ผ่านการสกัดรกจันทน์เทศ..... 54

ตารางที่ 4.4 ชนิดและสารระเหยที่พบ Methanolic extraction ของน้ำมันบริโภคที่ผ่านการสกัดรกจันทน์เทศ..... 57

ตารางที่ 4.5 คะแนนการยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำสลัดต้นแบบที่มีส่วนผสมของน้ำมันมะพร้าวที่ผ่านการสกัดรกจันทน์เทศ..... 59

ตารางที่ ข.1 สภาวะที่เหมาะสมที่ใช้ในเครื่องแก๊สโครมาโทรกราฟี-แมสสเปกโทรเมตรี (GC-MS)..... 79

ตารางที่ ข.2 ข้อมูลของสารมาตรฐานอัลเคน C_8-C_{17}..... 81

ตารางที่ ค.1 ตารางสุ่มตัวอย่างอาหาร..... 84

ตารางที่ จ.1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของสมบัติทางกายภาพในด้านสี L* a* และ b* ของน้ำมันถั่วเหลืองสกัดรกจันทน์เทศที่อัตราส่วน 1:4 1:6 และ 1:8..... 92

ตารางที่ จ.2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของสมบัติทางกายภาพในด้านความหนืด ของน้ำมันถั่วเหลืองสกัดรกจันทน์เทศที่อัตราส่วน 1:4 1:6 และ 1:8..... 92

ตารางที่ จ.3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของสมบัติทางเคมีได้แก่ ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ ของน้ำมันถั่วเหลืองสกัดรกจันทน์เทศที่อัตราส่วน 1:4 1:6 และ 1:8..... 92

ตารางที่ จ.4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของสมบัติทางกายภาพในด้านสี L* a* และ b* ของชนิดน้ำมันบริโภคสกัดรกจันทน์เทศที่ต่างกัน ได้แก่ น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันปาล์ม และน้ำมันมะพร้าว..... 93

ตารางที่ จ.5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของสมบัติทางกายภาพในด้านความหนืด ของชนิดน้ำมันบริโภคสกัดรกจันทน์เทศที่ต่างกัน ได้แก่ น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันปาล์ม และน้ำมันมะพร้าว..... 93

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ จ.6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของสมบัติทางเคมีได้แก่ ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ ของชนิดน้ำมันบริโภคสกัดรกจันทน์เทศที่ต่างกันได้แก่ น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันปาล์ม และน้ำมันมะพร้าว..... 94

ตารางที่ จ.7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของชนิด และสารระเหยที่พบในชนิดของน้ำมันบริโภคสกัดรกจันทน์เทศที่ต่างกันได้แก่ น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันปาล์ม และน้ำมันมะพร้าว..... 94

ตารางที่ จ.8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะที่ปรากฏของน้ำสลัดที่มีส่วนผสมของน้ำมันมะพร้าวสกัดรกจันทน์เทศ. 95

ตารางที่ จ.9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านสีของน้ำสลัดที่มีส่วนผสมของน้ำมันมะพร้าวสกัดรกจันทน์เทศ..... 95

ตารางที่ จ.10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรสของน้ำสลัดที่มีส่วนผสมของน้ำมันมะพร้าวสกัดรกจันทน์เทศ..... 96

ตารางที่ จ.11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติของน้ำสลัดที่มีส่วนผสมของน้ำมันมะพร้าวสกัดรกจันทน์เทศ..... 96

ตารางที่ จ.12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านความหนืดของน้ำสลัดที่มีส่วนผสมของน้ำมันมะพร้าวสกัดรกจันทน์เทศ..... 96

ตารางที่ จ.13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมของน้ำสลัดที่มีส่วนผสมของน้ำมันมะพร้าวสกัดรกจันทน์เทศ..... 97

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 2.1 ต้นจันทน์เทศ..... 16

ภาพที่ 2.2 ผลจันทน์เทศ..... 17

ภาพที่ 2.3 โครงสร้างทางเคมีของจันทน์เทศ..... 19

ภาพที่ 2.4 ส่วนประกอบของเครื่องแก๊สโครมาโทรกราฟี..... 36

ภาพที่ 2.5 ส่วนประกอบของเครื่องแก๊สโครมาโทรกราฟี-แมสสเปกโทรเมตรี..... 38

ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการทำผลิตภัณฑ์น้ำสลัด..... 48

ภาพที่ 4.1 รกจันทน์เทศ (*Myristica Fragrans* Houtt) 51

ภาพที่ 4.2 น้ำมันถั่วเหลืองที่ผ่านการสกัดรกจันทน์เทศด้วยอัตราส่วน (1) 1:4, (2) 1:6 และ (3) 1:8..... 53

ภาพที่ 4.3 ลักษณะของน้ำมันบริโภคก่อนการสกัดทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ (1) น้ำมันถั่วเหลือง (2) น้ำมันปาล์ม และ (3) น้ำมันมะพร้าว..... 55

ภาพที่ 4.4 น้ำมันบริโภคที่ผ่านการสกัดรกจันทน์เทศ 3 ชนิด ได้แก่ (1) น้ำมันถั่วเหลือง (2) น้ำมันปาล์ม และ (3) น้ำมันมะพร้าว..... 55

ภาพที่ 4.5 ผลิตภัณฑ์น้ำสลัดต้นแบบที่มีส่วนผสมของน้ำมันมะพร้าวที่ผ่านการสกัดรกจันทน์เทศ..... 60

ภาพที่ ข.1 กราฟมาตรฐานของสารละลาย Gallic acid ในการหาปริมาณฟีนอลิก..... 77

ภาพที่ ข.2 กราฟมาตรฐานของสารละลาย Ascorbic acid ในการหาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH assay..... 78

ภาพที่ ข.3 โครมาโทแกรมของสารระเหยสำคัญที่พบในน้ำมันถั่วเหลืองสกัดรกจันทน์เทศ..... 80

ภาพที่ ข.4 โครมาโทแกรมของสารระเหยสำคัญที่พบในน้ำมันปาล์มสกัดรกจันทน์เทศ..... 80

ภาพที่ ข.5 โครมาโทแกรมของสารระเหยสำคัญที่พบในน้ำมันมะพร้าวสกัดรกจันทน์เทศ..... 80

ภาพที่ ค.1 แบบประเมินทดสอบทางประสาทสัมผัส ผลิตภัณฑ์น้ำสลัดต้นแบบที่มีส่วนผสมของน้ำมันมะพร้าวที่ผ่านการสกัดรกจันทน์เทศ..... 86

ภาพที่ ง.1 ขั้นตอนการผลิตน้ำมันถั่วเหลืองที่ผ่านการสกัดรกจันทน์เทศด้วยอัตราส่วน 1:4 1:6 และ 1:8..... 88

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ ง.2 ขั้นตอนการผลิตน้ำมันบริโภคที่ผ่านการสกัดรกจันทน์เทศทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันปาล์ม และน้ำมันมะพร้าว..... 89

ภาพที่ ง.3 ขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำสลัดต้นแบบที่มีส่วนผสมของน้ำมันมะพร้าวที่ผ่านการสกัดรกจันทน์เทศ..... 90

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันตลาดอาหารเพื่อสุขภาพมีการแข่งขันทางการตลาดสูง ส่งผลให้อุตสาหกรรมอาหารเพื่อสุขภาพขยายตัวมากขึ้น เนื่องจากผู้บริโภคสมัยใหม่หันมาใส่ใจสุขภาพ เพื่อลดความเสี่ยงจากการเผชิญต่อโรคภัยไข้เจ็บ ทั้งนี้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารในหลากหลายรูปแบบ หนึ่งในนั้น คือ การเติมสารสกัดจากธรรมชาติ เพื่อใช้เป็นสารเสริมคุณค่าในผลิตภัณฑ์ เช่น สารสกัดจากพืชสมุนไพร เป็นต้น

การนำพืช สมุนไพรมาใช้เป็นสารสกัดจากธรรมชาติในผลิตภัณฑ์พบได้มากขึ้น โดยนอกจากมีสรรพคุณรักษาโรคแล้ว ยังมีประสิทธิภาพเทียบเคียงกับสารเคมีสังเคราะห์ที่เคยได้รับความนิยมในอดีต บางชนิดให้ฤทธิ์สูงกว่า และที่สำคัญ ผลิตภัณฑ์เหล่านี้มีจุดเด่นเรื่องความปลอดภัย ในปัจจุบันได้เข้ามามีบทบาทในผลิตภัณฑ์ดูแลสุขภาพ เช่น อาหารเสริมสุขภาพ เครื่องดื่ม และเครื่องสำอาง เป็นต้น

จันทน์เทศ (*Myristica fragrans* Houtt.) เป็นพืชท้องถิ่นเขตร้อนชื้น ในประเทศไทยถือได้ว่าเป็นพืชประจำถิ่นทางภาคใต้ เป็นพืชยืนต้นขนาดใหญ่ ผลจันทน์เทศ มีลักษณะเป็นผลมีเปลือกหุ้มรูปทรงค่อนข้างกลม คล้ายลูกแพร์ขนาดเล็ก เนื้อมีรสชาติค่อนข้างฝาด สีเหลืองอ่อน เมื่อผลแก่จะแยกออกเป็นสองซีก ภายในมี รกจันทน์เทศ (mace) เป็นส่วนห่อหุ้มเมล็ดจันทน์เทศ มีลักษณะเป็นริ้วบางหลายแฉกคลุมติดแน่นรอบเมล็ด รกจันทน์สดมีสีแดงสด เมื่อนำไปทำให้แห้งจะค่อนข้างเปราะได้ง่าย และเปลี่ยนจากสีแดงสด เป็นสีน้ำตาลออกเหลืองอ่อน ตัวเมล็ดข้างในมีลักษณะเป็นรูปไข่ ผิวขรุขระสีน้ำตาลเข้ม เปลือกเมล็ดจะมีความมัน ในส่วนของเมล็ดจันทน์เทศจะนิยมเรียกว่า ลูกจันทน์ (nutmeg) [1] นิยมนำลูกจันทน์ และรกจันทน์เทศ ไปบดทำเป็นเครื่องเทศเพื่อใช้แต่งกลิ่นรสอาหารจำพวกเนื้อ ซุป ขนมหวาน และอาหารว่าง โดยเฉพาะรกจันทน์ที่เป็นได้ทั้งเครื่องเทศ และเครื่องปรุง ให้รสที่นุ่มนวลกว่าแบบเมล็ด [2] มีสรรพคุณเพื่อบรรเทาอาการคลื่นไส้ อาเจียน และเป็นสารกระตุ้นในระบบทางเดินอาหารและลำไส้ อีกทั้งยังมีฤทธิ์ในการต้านจุลินทรีย์ และต้านอนุมูลอิสระได้ดี เป็นต้น [3] นอกจากนี้ส่วนต่าง ๆ ของจันทน์เทศยังประกอบไปด้วยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพหลากหลายชนิด ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิก เทอร์พีน และอนุพันธ์ต่าง ๆ ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ [4]

สารระเหยในจันทน์เทศที่พบมากอยู่ในรูปของน้ำมันหอมระเหย มีประมาณร้อยละเท่ากับ 5-15 ได้แก่ α-pinene, β-pinene, terpene-4-ol, myristicin, elemicin, safrole และ eugenol เป็นต้น โดยพบว่า myristicin และ elemicin มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ต้านการอักเสบ และเป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสในจันทน์เทศที่สำคัญ โดยปริมาณสารระเหยที่สำคัญเหล่านี้พบในส่วนของรกจันทน์เทศมาก

ที่สุด เมื่อเทียบกับส่วนใบ เมล็ด และเนื้อของจันทน์เทศ [3], [5], [6], [7] จึงกล่าวได้ว่ารกจันทน์เทศเป็นส่วนที่มีสารสำคัญที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ และมีประสิทธิภาพที่ดีต่อการนำไปสกัด

วิธีการสกัดน้ำมันโดยทั่วไปนิยมใช้การสกัดด้วยการเติมเฮกเซน หรือปิโตรเลียม อีเทอร์เป็นตัวทำละลาย แต่เนื่องจากสารเคมีจำพวกนี้เป็นสารอินทรีย์ที่มีการระเหยสูง มีขั้นตอนการกำจัดตัวทำละลายตกค้าง ซึ่งคุณลักษณะนี้มีความเสี่ยงทำให้เกิดการปนเปื้อนหรือตกค้างในสารที่สกัดได้ และอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ได้มีงานวิจัยศึกษาการใช้น้ำมันบริโภคเป็นตัวทำละลายทดแทนการใช้สารเคมี ศึกษาการใช้น้ำมันรกทานตะวันเป็นตัวทำละลายทดแทนการใช้สารประกอบอินทรีย์ในการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระในโรสแมรี่ โหระพา และสะระแหน่ พบว่าน้ำมันรกทานตะวันสามารถใช้สกัดทดแทนได้ ถึงแม้ว่าสารสกัดจากเมทานอล และเอทานอล มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่า แต่ยังคงชะลอการเกิดออกซิเดชันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในมุมมองด้านสุขภาพ การใช้น้ำมันบริโภคทดแทนสารตัวทำละลายอินทรีย์จึงเป็นการดีกว่าในการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระจากสมุนไพร และเครื่องเทศ [8] การใช้น้ำมันบริโภคทดแทนตัวทำละลายอินทรีย์ จึงเป็นอีกทางเลือกที่ช่วยลดการตกค้างของตัวทำละลายอินทรีย์ และยังสร้างความมั่นใจให้กับผู้บริโภคในด้านความปลอดภัยในกระบวนการสกัดอีกด้วย

พฤติกรรมการบริโภคของผู้บริโภคในปัจจุบันมีความใส่ใจในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ที่เสริมสารสกัดที่ดีต่อสุขภาพมากขึ้น ให้ความสำคัญกับการบริโภคอาหารที่มีผลดีต่อสุขภาพ จึงกล่าวได้ว่าการเลือกใช้น้ำมันที่ดีต่อสุขภาพจึงเป็นอีกหนึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก ผู้วิจัยจึงมีความสนใจพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำมันบริโภคที่เสริมสารสกัดจากรกจันทน์เทศ และนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเพื่อสุขภาพที่มีส่วนผสมของน้ำมันบริโภคสกัดรกจันทน์เทศ เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อร่างกายมากขึ้น และยังเป็นอีกทางเลือกของผู้บริโภค อีกทั้งยังเพิ่มมูลค่าของจันทน์เทศให้มากยิ่งขึ้นดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของรกจันทน์เทศ ศึกษากระบวนการสกัดต่อคุณภาพของน้ำมันบริโภคที่ผ่านการสกัดรกจันทน์เทศ และเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำมันบริโภคสกัดรกจันทน์เทศมาใช้ทดแทนในสูตรผลิตภัณฑ์น้ำสลัด ทั้งนี้เพื่อเป็นข้อมูลในการนำน้ำมันสกัดจากรกจันทน์เทศไปใช้ประโยชน์ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของรกจันทน์เทศ

1.2.2 เพื่อศึกษาอัตราส่วนของรกจันทน์เทศต่อน้ำมันบริโภคที่เหมาะสมในการสกัด

1.2.3 เพื่อศึกษาชนิดของน้ำมันบริโภคที่เหมาะสมในการสกัด

1.2.4 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำมันบริโภคสกัดรกจันทน์เทศมาใช้ทดแทนในสูตรผลิตภัณฑ์น้ำสลัด

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากรกจันทน์เทศด้วยน้ำมันบริโภค สามารถระบุชนิดของสารสำคัญจากน้ำมันที่มีสารสกัดจากรกจันทน์เทศ และการสร้างต้นแบบผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเพื่อสุขภาพที่มีส่วนผสมของน้ำมันบริโภคที่สกัดด้วยรกจันทน์เทศ โดยใช้วัตถุดิบเป็นรกจันทน์เทศระยะแก่เต็มที่จากสวนเกษตรกร ในจังหวัดนครศรีธรรมราช ใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้นในการแปรรูป คณะวิจัยมุ่งเน้นที่จะศึกษากระบวนการสกัด คุณภาพของสารสกัดที่ได้ โดยสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี เป็นผู้รับผิดชอบหลักการในการดำเนินการวิจัย

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

การวิจัยครั้งนี้จะได้ทราบ ความเป็นไปได้ที่จะใช้น้ำมันบริโภคในการสกัดรกจันทน์เทศ เพื่อมุ่งหวังให้เป็นตัวทำละลายทดแทนตัวทำละลายอินทรีย์ ได้ต้นแบบผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเพื่อสุขภาพที่มีส่วนผสมของน้ำมันบริโภคที่สกัดด้วยรกจันทน์เทศ องค์ความรู้ที่เกิดจากงานวิจัยในครั้งนี้ยังสามารถใช้เป็นข้อมูลในการยกระดับคุณภาพของผลิตภัณฑ์แปรรูปจากสมุนไพรไทย และมุ่งหวังที่จะสามารถถ่ายทอดหรือต่อยอดให้กับผู้ประกอบการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากจันทน์เทศ

1.5 คำจำกัดความในการวิจัย

รกจันทน์เทศ หมายถึง ส่วนห่อหุ้ม/รก ของเมล็ดจันทน์เทศ

บทที่ 2
เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1. จันทน์เทศ

2.1.1. สัณฐานวิทยา

ต้นจันทน์เทศ (*Myristica fragrans* Houtt.) เป็นผลผลิตที่ได้จากพืชในตระกูล Myristicaceae เจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อนชื้น โดยนักพฤกษศาสตร์สันนิฐานว่าต้นจันทน์เทศมีถิ่นกำเนิดดั้งเดิมมาจากหมู่เกาะโมลุกกะ ประเทศอินโดนิเซีย ก่อนแพร่กระจาย และเติบโตอย่างมากบนหมู่เกาะสุมาตรา มอริเชียส เฟรนช์เกียน่า และพื้นที่ต่าง ๆ ในเขตหมู่เกาะอินเดียตะวันตก และเริ่มมีการเพาะปลูกเชิงพาณิชย์อย่างแพร่หลาย กระจายพันธุ์ไปทั่วทั้งบนหมู่เกาะแคริเบียน เกาะชวากลาง มาเลเซีย อินเดีย ศรีลังกา ปาปัวนิวกินี ตลอดจนหมู่เกาะแปซิฟอก และออสเตรเลียเหนือ เป็นต้น [1], [9] ในส่วนของประเทศไทยนั้น ต้นจันทน์เทศถือว่าเป็นพืชประจำถิ่นทางภาคใต้ของไทย เนื่องจากมีการนำต้นจันทน์เทศเข้ามาปลูกอย่างแพร่หลายในจังหวัดนครศรีธรรมราช พังงา และชุมพร ส่วนใหญ่มักจะมีการปลูกบริเวณที่พักอาศัย แซมอยู่ในสวนไม้ผลชนิดอื่นเพียงไม่กี่ต้น หรือถูกรวบรวมปลูกไว้ตามส่วนราชการบางพื้นที่เท่านั้น [10] ต้นจันทน์เทศมีสายพันธุ์ต่าง ๆ มากกว่า 120 สายพันธุ์ มีชื่อเรียกทางพฤกษศาสตร์หลากหลายชื่อด้วยกัน เช่น *Myristica officinalis*, Linné, *Myristica moschata*, Thunberg, *Myristica aromatica*, Lamarck, และ *Myristica. fragrans,* Houttuyn ซึ่งเป็นชื่อที่นักพฤกษศาสตร์นิยมนำมาใช้ในปัจจุบัน โดยปกติต้นจันทน์เทศจะมีความสูงประมาณ 20-25 ฟุต เปลือกมีลักษณะเป็นผิวเรียบสีน้ำตาลอมเทา แผ่กิ่งก้านออกเป็นวงกว้างซึ่งใบเป็นใบเดี่ยวออกเรียงสลับ มีลักษณะของใบเป็นรูปรีหรือรูปไข่กลมรี ปลายใบมีความแหลม โคนใบสอบ ส่วนขอบใบมีความเรียบ ใบมีขนาดกว้างประมาณ 4-5 เซนติเมตร และยาวประมาณ 10-15 เซนติเมตร เนื้อใบแข็ง หลังใบเรียบเป็นมันวาว สีเขียวเข้มบ้างก็เป็นสีเขียวอมสีเหลืองอ่อน ท้องใบจะมีความเรียบและมีสีเขียวอ่อน ก้านใบมีความยาวประมาณ 6-12 มิลลิเมตร ดังแสดงในภาพที่ 2.1

ภาพที่ 2.1 ต้นจันทน์เทศ
ที่มา : กรมการแพทย์ (2542) [11]

ในส่วนของดอกจันทน์เทศนั้น โดยทั่วไปมักจะออกดอกเป็นช่อ ช่อละประมาณ 2-3 ดอก หรือในบ้างครั้งจะออกเป็นดอกเดี่ยวตามซอกใบ ดอกมีสีเหลืองอ่อน กลีบดอกจะเชื่อมติดกันเป็นรูปคนโทคว่ำซึ่งปลายกลีบจะแยกออกเป็นแฉกแหลม ดอกเป็นแบบแยกเพศกันอยู่คนละต้น ช่อดอกเพศผู้จะอยู่เป็นกลุ่ม ๆ บนก้านช่อดอกประมาณ 3-5 หรือมากกว่านั้นบนก้านช่อดอก สีเหลืองอมขาว ลักษณะเป็นรูปไข่กลมรี ในขณะที่ดอกเพศเมียจะมีลักษณะแทบจะไม่แตกต่างจากดอกเพศผู้ เว้นแต่ว่าก้านดอกมักจะแยกออกมาเดี่ยว ๆ และมีขนาดใหญ่กว่าดอกเพศผู้

ในส่วนของผลจันทน์เทศนั้นมีลักษณะเป็นผลที่มีเปลือกหุ้ม มีรูปทรงค่อนข้างกลม มีขนาดและรูปร่างคล้ายลูกแพร์ขนาดเล็ก เนื้อมีรสชาติค่อนข้างฝาด มีสีเหลืองอ่อน เมื่อผลแก่จะแยกออกเป็นสองซีก ภายในจะมี รกจันทน์เทศ (mace) ซึ่งเป็นส่วนห่อหุ้มเมล็ดจันทน์เทศ มีลักษณะเป็นริ้วบาง หลายแฉกคลุมติดแน่นรอบเมล็ด รกจันทน์สดจะมีลักษณะเป็นสีแดงสด เมื่อนำไปทำให้แห้งจะค่อนข้างเปราะได้ง่าย และสีจะเปลี่ยนจากสีแดงสด เป็นสีน้ำตาลออกเหลืองอ่อน ตัวเมล็ดข้างในมีลักษณะเป็นรูปไข่ มีผิวขรุขระสีน้ำตาลเข้ม เปลือกเมล็ดจะมีความมัน ในส่วนของเมล็ดจันทน์เทศจะนิยมเรียกว่า ลูกจันทน์ (nutmeg) [1] ดังแสดงในภาพที่ 2.2

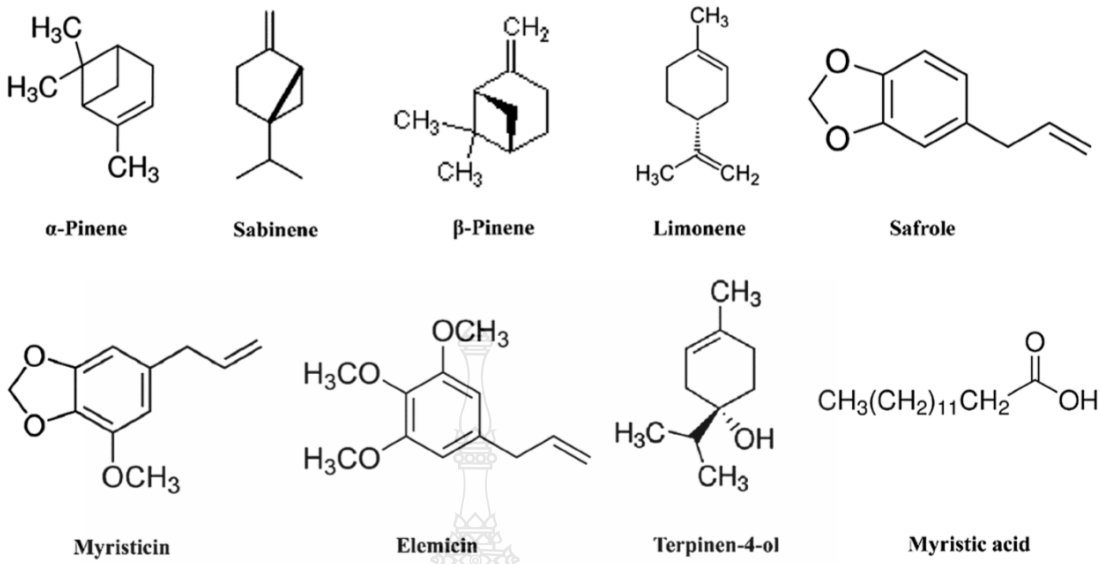
ภาพที่ 2.2 ผลจันทน์เทศ
ที่มา : กรมป่าไม้ (2561) [12]

ต้นจันทน์เทศนั้นจะเริ่มออกดอกครั้งแรกเมื่อมีอายุประมาณ 7-9 ปี และจะออกดอกถึงจุดสูงสุดที่อายุประมาณ 20 ปี สามารถออกผลได้ทั้งปี และต้นจันทน์เทศยังสามารถออกผลได้อายุมากที่สุดถึงกว่า 90 ปี ซึ่งต้นจันทน์เทศที่มีสุขภาพดีสามารถให้ผลผลิตได้มากถึง 3,000-4,000 ผลต่อปี จนถึงอายุประมาณ 25 ปี นอกจากนี้อาจมีบางช่วงเวลาที่เกิดเหตุการณ์พิเศษบางอย่างซึ่งทำให้ต้นจันทน์เทศสามารถให้ผลผลิตได้มากถึง 8,000 ผล หรือมากกว่านั้นภายในระยะเวลาเพียง 1 ปี [9] นอกจากนี้ยังมีข้อมูลรายงานการเพาะปลูกต้นจันทน์เทศจากทั่วโลกมากกว่า 12,000 ตันต่อปี และพบการผลิต-ส่งออกหลักของจันทน์เทศในตลาดโลกมากที่สุดอยู่ที่ประเทศอินโดนีเซีย และเกรนาดา โดยสร้างมูลค่าการผลิตและส่งออกต่อตลาดโลกสูงถึงอัตราร้อยละ 75 และ 20 ตามลำดับ ส่วนประเทศรองลงมาได้แก่ อินเดีย มาเลเซีย ปาปัวนิวกินี ศรีลังกา และหมู่เกาะแคริบเบียน เป็นต้น [6]

2.1.2. เภสัชวิทยา

จันทน์เทศนั้นนอกจากจะสามารถนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของอาหาร เป็นเครื่องเทศได้แล้วนั้น จันทน์เทศยังมีคุณสมบัติทางด้านเภสัชวิทยาซึ่งสามารถนำส่วนต่าง ๆ ของต้นมาใช้ประโยชน์ได้หลายส่วนด้วยกัน มีการนำเอาส่วนต่าง ๆ ของจันทน์เทศมาใช้ประโยชน์ทางการแพทย์เป็นเวลาอันช้านาน เช่น การนำเมล็ดจันทน์เทศมาใช้เป็นยารักษาอาการท้องร่วง โรคไขข้อ อาการปวดหัว ภาวะอาการทางจิต กลิ่นปากหลังตื่นนอน ปวดท้องคลื่นไส้อาเจียน ริดสีดวงทวาร ช่วยกระตุ้นความอยากอาการ และอาการท้องอืด เป็นต้น [13] ส่วนรกจันทน์เทศมีสรรพคุณในการต้านจุลินทรีย์ และต้านอนุมูลอิสระได้ดี อีกทั้งยังใช้เพื่อบรรเทาอาการคลื่นไส้ อาเจียน และเป็นสารกระตุ้นในระบบทางเดินอาหาร และลำไส้ เป็นต้น [3] ในทางการแพทย์แผนจีนมีการนำส่วนที่เป็นรกจันทน์เทศมาใช้เป็นยารักษาโรคกระเพาะอาหาร ขับลมเพื่อปรับธาตุ และความสมดุลของร่างกาย ทางด้านการแพทย์แผนอินเดียมีการนำเอาส่วนรกจันทน์เทศมาใช้เป็นยารักษาโรคหอบหืด รักษาอาการไข้อ่อนๆ และบรรเทาอาการเกี่ยวกับโรคระบบทางเดินอาหารโดยใช้ร่วมกับสารสกัดจากสมุนไพรอื่นๆ อย่างไรก็ตามเป็นที่ทราบกันดีว่าเมล็ดจันทน์เทศนั้นมีอาการออกฤทธิ์ทางระบบประสาทส่วนกลาง มีส่วนทำให้เกิดอาการหลอนประสาทซึ่งเป็นที่นิยมนำเอามาใช้อย่างมากในต้นศตวรรษที่ 19

สารระเหยที่พบในจันทน์เทศส่วนใหญ่อยู่ในรูปของน้ำมันหอมระเหยประมาณ 5-15 % ชนิดของสารระเหยส่วนใหญ่มีอิทธิพลมากในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เนื่องจากมีกลิ่นหอม นอกจากนี้น้ำมันที่สกัดจากรกจันทน์เทศยังนิยมใช้เป็นสารสกัดแต่งกลิ่นธรรมชาติในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง และยังนำมาใช้ในอุตสาหกรรมยาอีกด้วย โดยสารระเหยที่สำคัญในจันทน์เทศพบมากในกลุ่ม Monoterpenes, Monoterpene alcohols, Aromatic ether และสารประกอบอนุพันธ์อื่น ๆ ได้แก่ α-pinene, β-pinene, Terpene-4-ol, Myristicin, Elemicin, Safrole และ Eugenol เป็นต้น โดยโครงสร้างทางเคมีของสารระเหยในน้ำมันจันทน์เทศแสดงดังภาพที่ 2.3 มีรายงานการศึกษาชนิดและปริมาณสารระเหยที่สำคัญในจันทน์เทศ พบว่าส่วนของรกจันทน์เทศเป็นส่วนที่มีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับส่วนของ เมล็ด, เนื้อ และ ใบ อีกทั้งพบว่า Myristicin และ Elemicin มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ต้านการอักเสบ และเป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสในจันทน์เทศที่สำคัญ [5]



ภาพที่ 2.3 โครงสร้างทางเคมีของสารสำคัญที่พบในจันทน์เทศ
ที่มา : Morsy (2016) [14]

สารระเหย Myristicin (3-methoxy-4,5-methylenedioxy-allylbenzene) และ Elemicin (2,3-dimethoxy-5-prop-2-enylphenol) เป็น Aromatic ether fraction อยู่ในกลุ่ม phenolic ether เป็นโมเลกุลไม่มีขั้ว ไม่ละลายน้ำ ให้ประโยชน์ในการประกอบอาหาร เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสที่สำคัญ มีสรรพคุณทางยา และเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีประสิทธิภาพที่พบได้ในพืชสกุลจันทน์เทศ (*Myristica grafrans* Houtt.) [5] โดยมีหลากหลายรายงานได้กล่าวถึงคุณสมบัติของสารทั้งสองตัวนี้ไว้ดังนี้

Myristicin มีสมบัติในการยับยั้งการอักเสบ และเชื้อจุลินทรีย์ [7] ให้ลักษณะกลิ่นเฉพาะตัว รสออกเผ็ดร้อน คล้ายน้ำมันหอม [5], [14] จากงานรายงานของ Meetha และคณะ (2014) [15] ที่ได้ศึกษาคุณภาพกลิ่นรสของรกจันทน์ในพื้นที่ปลูกรัฐเกรละ ประเทศอินเดีย โดยใช้ Myristicin เป็นสารบ่งบอกคุณภาพ พบสาร Myristicin สูงถึงร้อยละ 21.06 นอกจากนี้ยังมีรายงานพบว่า Myristicin ที่ความเข้มข้น 75 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรของน้ำมันเมล็ดจันทน์เทศ มีประสิทธิภาพที่ดีต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งลำไส้ใหญ่ และทวารหนัก หลังทำการบ่มเป็นเวลา 24 ชั่วโมง อย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 146 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร [16]

Elemicin มีสมบัติในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ ให้ลักษณะกลิ่นเครื่องเทศ หอมดอกไม้ [5], [6] จากข้อมูลการรายงานของ Rossi และคณะ (2007) [17] ที่ได้ศึกษาสารสำคัญในน้ำมันสกัดแครอทป่า (*Daucus carota L.*) ต่อการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์สกุล *Campylobacter jejuni* (F38O11) ที่เป็นเชื้อ

ก่อโรคในกระเพาะอาหาร ด้วยวิธีการหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งเชื้อ (MIC:Minimum Inhibitory Concentration) และหาชนิดของสารระเหยที่สำคัญในน้ำมันสกัดด้วยวิธี GC-MS ผลการทดลองพบค่า MIC เท่ากับ 250 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เทียบเท่ากับค่าการยับยั้งเชื้อ *Campylobacter coli* และ *Campylobacter lari* (MIC= 250 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) ที่ได้รายงานผลในงานวิจัยของเขาก่อนหน้า [18] โดยพบว่าหนึ่งในสารประกอบหลักในการยับยั้งเชื้อคือ Elemicin ซึ่งพบมากถึงร้อยละ 16.3 นอกจากนี้ยังมีการรายงานของ Adiani และคณะ (2015) [19] ได้ศึกษาคุณลักษณะของสารต้านอนุมูลอิสระในจันทน์เทศ พบว่า Elemicin มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการต้านอนุมูลอิสระที่ทดสอบด้วยวิธี DPPH assay ที่ความเข้มข้น 11.78 ไมโครโมลาร์ต่อกรัมโดยใช้ Trolox เป็นสารมาตรฐาน

ส่วนสำคัญหลัก ๆ ของจันทน์เทศที่นิยมนำมาใช้มีด้วยกัน 3 อย่างคือ 1. รกจันทน์เทศ พบว่ามีคุณสมบัติทางยาที่สามารถลดการอักเสบของระบบประสาท ลดความเสี่ยงของการเกิดโรคทางระบบประสาทอย่างมีนัยสำคัญ และปฏิกิริยาออกซิเดชันระดับเซลล์ ซึ่งนำไปสู่การลดความเสี่ยงของการเป็นโรคอัลไซม์เมอร์ได้ในอนาคต นอกจากนี้ยังพบว่าสารสกัดจากรกจันทน์เทศมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาในการป้องกันสารก่อมะเร็ง และมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเซลล์มะเร็งได้อีกด้วย [9] 2. เมล็ดจันทน์เทศ พบว่าสารสกัดคลอโรฟอร์มที่สกัดได้จากเมล็ดจันทน์เทศมีคุณสมบัติในการต้านการอักเสบซึ่งมีรายงานวิจัยพบว่าสามารถลดอาการบวมน้ำในอุ้งเท้าของหนู [20] 3. น้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดจันทน์เทศนิยมนำมาใช้ในการรักษาโรคไขข้อ อาการท้องเสีย อันเนื่องมาจากเชื้ออหิวาตกโรค ความผิดปกติของลำไส้ โรคอ้วน และรักษาอาการนิ่วในไต และบรรเทาอาการติดเชื้อในไตได้อีกด้วย [1] นอกจากนี้น้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดจันทน์เทศพบว่ามีกิจกรรมการต้านเซลล์มะเร็งได้อย่างมีนัยสำคัญที่ความเข้มข้น 200 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งตัวน้ำมันหอมระเหยจากจันทน์เทศจะไปขัดขวางการสร้างเส้นเลือดใหม่ภายในเนื้องอกเพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์เนื้องอกที่อาจกลายไปเป็นเซลล์มะเร็งโดยที่ไม่ก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อเซลล์ข้างเคียง [21] และยังพบว่าที่ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร สามารถยับยั้งการเกิดเซลล์มะเร็งเต้านม (MCF-7) และลำไส้ใหญ่ (HCT-116) ได้ดี มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งร้อยละ 89.0±2.5 และ 72.9±2.6 อย่างมีนัยสำคัญ [22] ยังมีการรายงานที่กล่าวถึงน้ำมันหอมระเหยจากจันทน์เทศว่ามีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ โดยสามารถยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของกรดลิโนเลอิก (linoleic acid) ช่วยยับยั้งการถูกออกซิไดซ์ของ beta-carotene ในการทดสอบกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี beta-carotene/linoleic acid bleaching assay โดยมีการยับยั้งเท่ากับร้อยละ 88.68±0.1 ใกล้เคียงกับสารมาตรฐาน BHT ร้อยละ 93.2±0.1 [23] อีกทั้งยังมีการศึกษาพบว่า สารสกัดเอทานอลจากเมล็ดจันทน์เทศในผู้ป่วยโรคเบาหวานประเภทที่ 2 ซึ่งเป็นประเภทที่พบบ่อยมากที่สุดเกือบร้อยละ 90 ของผู้ได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นเบาหวานทั่วโลก [9] และมีคุณสมบัติในการกระตุ้นการสร้างเอนไซม์ Activated Protein Kinase (AMPK) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่สำคัญในการควบคุมสมดุลระบบเผา

ผลาญของร่างกาย มีส่วนสำคัญในการควบคุม และรักษากลุ่มอาการเผาผลาญอันเป็นสาเหตุของโรคอ้วน และเบาหวานประเภท 2 ได้อีกด้วย [24]

2.1.3. การนำไปประยุกต์ใช้

นอกจากประโยชน์ทางด้านเภสัชวิทยาแล้วนั้น จันทน์เทศยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างมากมาย เช่นในงานวิจัยของ Alibabaie และ Safaralizadeh (2015) [25] พบว่าจันทน์เทศมีคุณสมบัติในการกำจัดแมลงศัตรูพืชได้อย่างมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยจากการศึกษาเพิ่มเติมพบว่าน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากเมล็ดจันทน์เทศนั้นมีประสิทธิภาพสูงในการยับยั้งการกินอาหารของแมลง (antife edant) ที่ประมาณร้อยละ 85-90 [26] นอกจากนี้น้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากเมล็ดจันทน์เทศที่ความเข้มข้น 30 ไมโครลิตรต่อลิตร สามารถทำให้ด้วงถั่วเขียวตัวเต็มวัย (*Callosobruchus maculatus*) ซึ่งเป็นศัตรูพืชที่กัดกิน และทำลายเมล็ดถั่วเขียวตายได้ 100% หลังการสัมผัสภายในเวลา 24 ชั่วโมง นอกจากนี้อัตราการตายของด้วงถั่วเขียวยังเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาที่สัมผัส และความเข้มข้นของสารสกัดจากเมล็ดจันทน์เทศเพิ่มสูงขึ้น [25]

มีการค้นพบจากนักวิจัยหลายกลุ่มว่าจันทน์เทศนั้นมีคุณสมบัติในการดูแลผิวพรรณ โดยพบว่าปัญหาผิวหน้าที่สำคัญเกิดจากการสร้างเม็ดสีเมลานินมากเกินความต้องการของผิว ซึ่งโดยปกติเมลานินจะถูกสร้างเพื่อปกป้องผิวจากแสงแดด และรังสียูวี แต่เมื่อมีการสร้างเมลานินมากเกินไปก็อาจก่อให้เกิดฝ้า กระ จุดด่างดำ และอาจเป็นมะเร็งผิวหนังได้ ซึ่งจากการทดสอบร่วมกับสารสกัดจากจันทน์เทศพบว่า สามารถยับยั้งการสร้างเม็ดสีเมลานิน และเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างเม็ดสีเมลานินได้ [27] นอกจากนี้ยังมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการนำเอาสารสกัดจากจันทน์เทศมาใช้ในการรักษาโรคภูมิแพ้ผิวหนังโดยมีการศึกษาในหนูทดลองที่ได้รับการฉีดสารกระตุ้นภูมิแพ้จากไรฝุ่นอเมริกัน (*Dermatophagoides farinae*) โดยมีการนำเอาสารสกัดจันทน์เทศมาใช้ในการระงับการสูญเสียน้ำใต้ผิวหนังที่เกิดผื่นแดงจากการแพ้พบว่าสามารถไปลดการอาการผื่นแดงจากการอักเสบของเซลล์ผิวหนังได้อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งจากการศึกษานี้ได้มีการแนะนำให้ใช้จันทน์เทศเป็นอาหารเสริมในการร่วมรักษาอาการโรคภูมิแพ้ผิวหนังต่อไป [28]

นอกจากนี้ยังมีรายงานวิจัยพบว่าสารสกัดจากจันทน์เทศนั้นช่วยเพิ่มความสามารถในการเรียนรู้ และการจดจำ โดยทำการศึกษาจากหนูที่มีความบกพร่องและได้รับการฉีดด้วยยา scopolamine และ diazepam ซึ่งให้ผลข้างเคียงคือสูญเสียความทรงจำชั่วคราว จากนั้นจึงนำหนูที่มีอายุต่างกันมาทำการฉีดสารสกัดจากจันทน์เทศที่สกัดจากเฮกเซน ขนาด 5, 10, 15 และ 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เป็นเวลาสามวัน ผลการวิจัยพบว่าสารสกัดที่ขนาด 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ช่วยเพิ่มความสามารถในการเรียนรู้ และจดจำของหนูอายุน้อย และหนูอายุมาก [29] ซึ่งจากการทดลองในหนูจึงนำไปสู่การศึกษาวิจัยเพิ่มเติมสำหรับการนำสารสกัดจันทน์เทศมาใช้ในการรักษาผู้ป่วยโรคอัลไซม์เมอร์

และมีรายงานวิจัยพบว่าสามารถช่วยบรรเทาอาการความจำบกพร่องซึ่งเป็นอาการหลักของโรคอัลไซม์เมอร์ [30] อีกทั้งยังมีการศึกษาถึงกลไกของการรักษาโรคอัลไซม์เมอร์จากสารสกัดจากจันทน์เทศ โดยได้แสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากเมล็ดจันทน์เทศนั้นสามารถยับยั้งกระบวนการสร้างของเอนไซม์ acetylcholinesterase ที่ไปยับยั้งการทำงานของ acetylcholine ซึ่งเชื่อมโยงกับกระบวนการเรียนรู้ และความจำ นอกจากนี้สารสกัดจันทน์เทศจากเฮกเซนที่ปริมาณ 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ที่ระยะเวลาสามวัน สามารถช่วยลดการสร้างเอนไซม์ Acetylcholinesterase ในสมองของหนูทดลองได้อีกด้วย [31]

จันทน์เทศยังถูกค้นพบว่ามีความสามารถในการป้องกันการเสื่อมสภาพของตับได้อีกด้วย โดยเปรียบเทียบกับเครื่องเทศอื่น ๆ อีก 21 ชนิด พบว่า จันทน์เทศมีศักยภาพมากที่สุดเมื่อทดสอบกับหนูทดลองที่ตับได้รับความเสียหายจากการได้รับ lipopolysaccharide (LPS) และ d-galactosamine (D-GalN) ซึ่งเมื่อหนูทดลองได้รับการฉีดสารสกัดจากเมล็ดจันทน์เทศ พบว่าสามารถลดความเป็นพิษต่อตับได้ [32]

มีการรายงานวิจัยพบว่า สารสกัดจากจันทน์เทศนั้นให้ผลให้การป้องกันโรคหัวใจได้ ซึ่งจากการศึกษาวิจัยพบว่าสารสกัดที่ได้จากเมล็ดจันทน์เทศที่สกัดด้วยน้ำนั้นมีผลในการป้องกันกล้ามเนื้อหัวใจตายในหนูตัวเต็มวัยที่ได้รับการฉีด isoproterenol-induced ซึ่งจะไปกระตุ้นให้หัวใจทำงานผิดปกติ จากนั้นจึงทำการฉีดสารสกัดเมล็ดจันทน์เทศ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เป็นเวลา 30 วัน ผลการศึกษาพบว่าหนูที่ได้รับการฉีดสารสกัดเมล็ดจันทน์เทศพบว่าสามารถปรับสภาพและช่วยป้องกันผลกระทบจาก isoproterenol-induced ต่อระดับน้ำตาลในเลือด ไขมันในเลือด และการเปลี่ยนแปลงของกล้ามเนื้อหัวใจ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าสารสกัดจากเมล็ดจันทน์เทศนั้นมีผลในการช่วยป้องกันความเสี่ยงของกล้ามเนื้อหัวใจตายและโรคหลอดเลือดหัวใจได้จากการบริโภคเมล็ดจันทน์เทศ [33]

นอกจากการรักษา และป้องกันโรคแล้วนั้น จันทน์เทศยังได้รับการรายงานว่าสามารถช่วยกระตุ้นพฤติกรรมทางเพศได้ จากการศึกษาของ Tajuddin และคณะ. (2003) [34] พบว่า เมล็ดจันทน์เทศที่ได้รับการสกัดด้วยเอทานอลร้อยละ 50 สามารถกระตุ้นพฤติกรรมความต้องการผสมพันธุ์ของหนูที่ได้รับสารสกัด ซึ่งไปช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผสมพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญ สอดคล้องกับการงานวิจัยของเขาล่าสุด [35] ที่ได้ทำการทดลองโดยการให้สารสกัดเมล็ดจันทน์เทศจำนวน 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แก่หนูสวิสเพศผู้ จากการตรวจสอบแสดงให้เห็นว่าหนูสวิสที่ได้รับการบำบัดด้วยสารสกัดเมล็ดจันทน์เทศจะแสดงพฤติกรรมการติดสัตว์และการผสมพันธุ์มากเกินไปโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมขั้นต้นเมื่อเทียบกับหนูที่ได้รับการควบคุม ผู้วิจัยจึงได้อธิบายว่าพฤติกรรมทางเพศที่เพิ่มขึ้นของสัตว์อาจเป็นผลมาจากคุณสมบัติในการกระตุ้นประสาทของสมุนไพรจันทน์เทศนี้

2.1.4. การประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร

มีการศึกษาพบว่าน้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดจันทน์เทศมีกิจกรรมในการต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยพบว่าน้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดจันทน์เทศสามารถลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไส้กรอกปรุงสุกระหว่างการเก็บรักษาภายในตู้เย็น ซึ่งได้รับการยืนยันผลการวิจัยแล้วว่าน้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดจันทน์เทศที่ปริมาณ 20 ppm สามารถลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้อย่างมีนัยสำคัญหลังจากการเก็บรักษา 60 วัน ที่อุณหภูมิ -4 องศาเซลเซียส และนอกจากนี้ยังมีการทดสอบทางประสาทสัมผัสของการรับรู้รสและกลิ่นพบว่า ไส้กรอกที่ได้รับการเพิ่มสารสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดจันทน์เทศ 20 ppm มีคุณสมบัติที่ดีกว่าไส้กรอกที่ไม่ได้รับการเพิ่มสารสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดจันทน์เทศ รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงของสีอันเนื่องมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของเม็ดสีกับไขมันลดลงอย่างเห็นได้ชัด [36]

การใช้เปลือกจันทน์เทศมาเพิ่มเป็นแหล่งของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในการผลิตน้ำจันทน์เทศพร้อมดื่ม โดยวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิก แทนนิน และ ฟลาโวนอยด์ทั้งหมด รวมถึงกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของส่วนเปลือก และเนื้อผลจันทน์เทศ ซึ่งพบว่า ในเปลือกจันทน์เทศมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (481.77 mg GAE/g) แทนนินทั้งหมด (349.07 mg TAE/g) ฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (120.07 mg RE/g) และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (0.28 mg AAE/g) ที่สูงกว่าส่วนเนื้อผล ($p<.05$) ส่งผลให้น้ำจันทน์เทศพร้อมดื่มที่มีการเติมเปลือกมีปริมาณสารออกออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าน้ำจันทน์เทศพร้อมดื่มที่ไม่มีการเติมเปลือก นอกจากนี้ยังมีคะแนนการยอมรับผลิตภัณฑ์ด้านสี (8.53) และความชอบโดยรวม (8.80) ที่สูงกว่า ($p<.05$) อย่างไรก็ตามผู้บริโภคพบการรับรู้รสฝาด ลักษณะความฝืดและการหดตัวภายในช่องปาก ภายหลังการทดสอบผลิตภัณฑ์น้ำจันทน์เทศพร้อมดื่มที่มีการเติมเปลือก [37]

นอกจากสามารถรักษาโรคต่าง ๆ ได้แล้วนั้นจากการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับความสามารถในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ พบว่าสารประกอบทางชีวเคมีที่สกัดได้จากน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศนั้นมีความสามารถในการทำลายและสร้างความเสียหายให้กับเยื่อหุ้มเซลล์ของเชื้อแบคทีเรียได้อีกด้วย [38] สารสกัดอะซิโตนจากเมล็ดจันทน์เทศนั้นแสดงผลในห้องปฏิบัติการว่าสามารถต้านเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกอย่าง *Staphylococcus aureus* และ เชื้อราที่ก่อให้เกิดโรคอย่าง *Aspergillus niger* ได้อย่างดีเยี่ยม [39] และมีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมพบว่าการสกัดเพื่อให้ได้สารสกัดชนิด Oleoresin ซึ่งมีความหนืดสูงจากเมล็ดจันทน์เทศมีความสามารถในการต่อต้านเชื้อ และยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้หลายชนิด เช่น *Aspergillus niger, Fusarium oxysporum, Penicillium glabrum, Rhizopus oryzae,* และ *Mucor racemosus* เป็นต้น [40] จากความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์จากหลายการศึกษาวิจัยนั้นจนนำมาสู่การประยุกต์ใช้ Oleoresin ที่ได้จาก

เมล็ดจันทน์เทศซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารกันบูดตามธรรมชาติมาใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารโดยไม่ก่อให้เกิดผลข้างเคียงที่ไม่พึงประสงค์ต่อสุขภาพของผู้บริโภค ซึ่งจากรายงานการศึกษาวิจัยของ Sulaiman และ Ooi (2012) [41] สารสกัดจากเมล็ดและเยื่อหุ้มเมล็ดของเมล็ดจันทน์เทศที่สกัดด้วยเมทานอลร้อยละ 80 มีความสามารถในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียในอาหารได้ที่ความเข้มข้นต่ำสุด 50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร จากการทดลองพบว่าสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Staphylococcus aureus* (ATCC12600) และ *Bacillus cereus* (ATCC10876) เป็นเชื้อก่อโรคที่พบได้บ่อย และเป็นสาเหตุหลักของความเจ็บป่วยจากการรับประทานอาหารที่ไม่สะอาด มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Yamazaki และคณะ (2004) [42] ที่รายงานว่าผลของการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์จากสารประกอบทางเคมีที่ได้จากสารสกัดเมล็ดจันทน์เทศนั้นมีความปลอดภัย และมีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมอาหารในเชิงของการใช้เป็นสารทดแทนสารกันบูดที่มีฤทธิ์รุนแรง จึงเป็นการปูทางไปสู่การนำเอาสารสกัดจากจันทน์เทศมาใช้ในการขบวนการถนอมอาหาร และทดแทนสารกันบูดชนิดอื่น ๆ ได้ต่อไป

2.2. สารสกัดจากสมุนไพร

ในปัจจุบันมีการนำสมุนไพรต่าง ๆ มาใช้ประโยชน์อย่างมากมาย ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่าสมุนไพรหลายชนิดนั้นมีคุณสมบัติมากกว่าการเป็นแค่เครื่องเทศสำหรับปรุงแต่งอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งจันทน์เทศที่มีการนำมาประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายด้วยกันทั้งในด้านอาหาร ยา และเครื่องสำอาง เป็นต้น อย่างไรก็ตามเทคนิคการสกัดสารสำคัญจากจันทน์เทศนั้นก็เป็นอีกหนึ่งความท้าทายที่สำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากการได้มาซึ่งสารสำคัญอย่างครบถ้วน ในปริมาณมากที่สุด ตลอดจนเป็นเทคนิคที่ปลอดภัยนั้นจะต้องมีการศึกษาเชิงลึกถึงสารสำคัญต่าง ๆ เพื่อที่จะได้เข้าใจถึงกระบวนการในการสกัดได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งผลิตภัณฑ์สมุนไพรที่ดีนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ หลายปัจจัย ตั้งแต่คุณภาพวัตถุดิบ การสกัด สูตรตำหรับที่ผลิต การควบคุมคุณภาพ และการตรวจสอบประสิทธิภาพผลในการรักษาหรือการป้องกันโรคการเตรียมสารสกัดจากสมุนไพรจัดเป็นปัจจัยหลักปัจจัยหนึ่งที่ควรคำนึงถึง

การสกัดสมุนไพรอาจเตรียมอยู่ในรูปของพืชสดหรือแห้ง ซึ่งก่อนที่จะทำการเตรียมสารสกัดสมุนไพร ควรคำนึงถึงวิธีการเตรียมวัตถุดิบสมุนไพรให้เหมาะสม รวมทั้งชนิด คุณสมบัติทางเคมี และฟิสิกส์ของสารสำคัญ และสารอื่น ๆ ที่ต้องการสกัดในสมุนไพร เนื่องจากเป็นปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของสารสกัดจากสมุนไพร และเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าสารสกัดให้ได้สารสกัดสมุนไพรที่มีคุณภาพตามที่ต้องการนอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงงบประมาณด้วย [43]

2.2.1. การเตรียมวัตถุดิบสมุนไพร

จัดเป็นขั้นตอนตอนเริ่มต้นของการเตรียมสารสกัดสมุนไพร โดยเริ่มจากการเก็บพืชตัวอย่าง ซึ่งต้องคำนึงถึงการตรวจเอกลักษณ์พืชเพื่อให้ได้พืชถูกชนิดตามหลักการอนุกรมวิธานพืช รวมไปถึงการทำตัวอย่างพรรณไม้แห้ง (herbarium specimen) สำหรับเทียบในการผลิตครั้งต่อไป และคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อชนิดและปริมาณของสารออกฤทธิ์ เช่น สภาพภูมิอากาศ ชนิดของดิน ความสูงของพื้นดินที่ปลูก อายุ ช่วงเวลา และส่วนของพืชที่เก็บเกี่ยว เป็นต้น

2.2.2. การเตรียมสารสกัดจากสมุนไพร

การสกัด (extraction) เป็นการแยกองค์ประกอบทางเคมีที่ต้องการออกจากส่วนอื่น ๆ การเตรียมสารสกัดสมุนไพร จะใช้ตัวทำละลายหรือน้ำยาสกัด (solvent) ดังนั้น การเตรียมสารสกัดสมุนไพรในเบื้องต้น จึงเป็นการละลายองค์ประกอบทางเคมี ซึ่งสารออกฤทธิ์ออกจากองค์ประกอบที่ไม่ต้องการ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารเฉื่อยหรือสารรบกวนด้วยตัวทำละลายได้สารสกัดเป็นของผสมหรือเรียกสารสกัดหยาบ เนื่องจากสารประกอบในพืชมีมากมายหลายชนิด และมีคุณสมบัติแตกต่างกัน อีกทั้งสารประกอบเหล่านี้อาจจับกันอย่างหลวม ๆ ทำให้การละลายของสารแตกต่างออกไปจากคุณสมบัติในการละลายของสารแต่ละชนิด ดังนั้นจึงเป็นการยากที่จะสกัดสารออกฤทธิ์ทุกกลุ่มที่ต้องการได้ ถ้ามีการเลือกตัวทำละลาย และวิธีสกัดให้เหมาะสมกับชนิดของสารออกฤทธิ์ที่ต้องการสกัด จะเป็นการเพิ่มมูลค่าสารสกัด การคัดกรอง และติดตามเพื่อให้ได้สารสกัดที่มีกลุ่มสารออกฤทธิ์ที่สนใจ อาจทำได้โดยการตรวจสอบสารสกัดด้วยวิธีการทางพฤกษเคมี และการทดลองฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดสมุนไพร

2.2.3. การเลือกตัวทำละลาย

หลังการเตรียมวัตถุดิบสมุนไพรสำหรับการสกัดแล้ว ควรเลือกตัวทำละลายให้เหมาะสมกับชนิดของสารที่ต้องการสกัด โดยเลือกตัวทำละลายที่มีความสามารถในการละลายสารออกฤทธิ์ที่ต้องการสกัดมากที่สุด และไม่ละลายหรือละลายองค์ประกอบอื่น ๆ ที่เป็นสารรบกวนได้น้อย (selectivity) เนื่องจากสารรบกวนจะรบกวนกระบวนการสกัดแยกสารอกฤทธิ์ที่สนใจและกระบวนการทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพ อีกทั้งสารออกฤทธิ์ส่วนใหญ่เป็นสารประกอบอินทรีย์ ซึ่งอาจจะมีโครงสร้างสลับซับซ้อนมากน้อยต่างกัน และมีอยู่ในพืชทั้งในสภาพอิสระและรวมตัวกับสารอื่น ๆ ในสภาพเกลือหรือสารประกอบเชิงซ้อน ควรพิจารณาถึงสภาพหรือรูปแบบของสารออกฤทธิ์ที่ต้องสกัด นอกเหนือจากความมีขั้ว (polarity) รวมทั้งคำนึงถึงความคงตัวในสารละลายที่ค่าความเป็นกรด – ด่าง ต่าง ๆ ของสารออกฤทธิ์ดังกล่าวด้วย การทราบคุณสมบัติของสารออกฤทธิ์ จะเป็นข้อมูลเบื้องต้นช่วยในการตัดสินใจเลือกตัวทำละลายในการสกัดสมุนไพรได้ดียิ่งขึ้น

ในการเลือกตัวทำละลาย ควรเลือกใช้ตัวทำละลายให้เหมาะสมกับคุณสมบัติความมีขั้วของกลุ่มสารออกฤทธิ์ในพืชโดยมีกฎทั่วไปว่า สิ่งที่เหมือนกันย่อมละลายในกันและกัน (like dissolve

like) เช่น สารออกฤทธิ์มีขั้วหรือละลายน้ำได้ดี ควรเลือกตัวทำละลายที่มีขั้วเช่นเดียวกัน เพื่อละลายสารออกฤทธิ์ออกมาได้ ถ้าต้องการทราบถึงความมีขั้วมากหรือน้อยของสารออกฤทธิ์ ควรสังเกตจากความสามารถในการละลายของสารในตัวทำละลายที่มีขั้วสูงไปหาขั้วต่ำดังนี้ น้ำ เมธานอล (methanol) อะซีโตไนไตร์ต (acetonitrile) อะซีโทน (acetone) เอทธิลอะซีเตต (ethyl acetate) ไดคลอโรมีเทน (dichloromethane) ปิโตเลียมอีเทอร์ (petroleum ether) และเฮกเซน (hexane) อีกทั้งควรคำนึงถึงคุณสมบัติการระเหย (volatility) ของตัวทำละลายไม่ระเหยง่ายหรือยากเกินไป ในกรณีที่ความมีขั้วของตัวทำละลายเท่ากันหรือใกล้เคียงกัน ควรเลือกใช้ตัวทำละลายที่มีจุดเดือด (boiling point) ต่ำก่อน เช่น เลือกใช้เฮกเซน 68 องศาเซลเซียส มากกว่าไซโคลเฮกเซน (cyclohexane, จุดเดือด 80 องศาเซลเซียส) เป็นต้น นอกจากนี้ ควรมีความคงตัวดี ราคาถูก และไม่เป็นพิษต่อร่างกายด้วย ควรใช้ตัวทำละลายที่มีความบริสุทธิ์ เพื่อลดการปนเปื้อนของสารอื่น อีกทั้งยังควรคำนึงถึงความเข้ากันได้ของตัวทำละลายที่ใช้สกัดกับสารอื่นในผลิตภัณฑ์ ตัวทำละลายที่ใช้ดังต่อไปนี้ [43]

2.2.3.1. น้ำ (Water)

เป็นตัวทำละลายที่ดี หาง่ายและราคาถูก แต่การใช้น้ำอย่างเดียวเป็นตัวทำละลายในการสกัดพืชสมุนไพรมีข้อเสียหลายประการ คือสามารถละลายองค์ประกอบที่ไม่ต้องการออกมาได้มาก เช่นเดียวกับสารออกฤทธิ์ที่ต้องการสารเฉื่อยที่ละลายออกมากับน้ำ เช่น น้ำตาล แป้ง ล้วนเป็นอาหารที่ดีของเชื้อจุลินทรีย์ จึงทำให้สารสกัดเกิดการบูดเสียได้ง่าย ถ้าไม่ใส่สารกัดบูด (preservative) นอกจากนี้น้ำระเหยที่ได้จากอุณหภูมิสูง ถ้าต้องการทำให้สารสกัดในน้ำเข้มข้นต้องใช้อุณหภูมิสูงในการระเหยน้ำออกไป ซึ่งอาจทำให้สารออกฤทธิ์สลายตัวได้ ควรใช้เทคโนโลยีการทำให้แห้งด้วยความเย็น (lyophilized หรือ freeze dryer) หรือการทำให้แห้งด้วยความร้อน (spay dryer) สารสกัดจะสัมผัสความร้อนเพียงระยะเวลาสั้น ๆ เท่านั้น แต่เทคโนโลยีดังกล่าวอาจทำให้ต้นทุนการผลิตสูง ดังนั้นจึงไม่นิยมใช้น้ำเพียงอย่างเดียวเป็นสารละลายแต่จะใช้ร่วมกับตัวทำละลายอื่น ๆ เช่น แอลกอฮอล์หรือกรด ถ้าเติมกรดเล็กน้อยลงในน้ำ (acidified water) ใช้สกัดออกฤทธิ์กลุ่มอัลคาลอยด์ในพืชสมุนไพร เป็นต้น

Hanmoungjai และคณะ (2000) [44] ได้ศึกษาการสกัดน้ำมันจากรำข้าวโดยการศึกษาในห้องปฏิบัติการและมีการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ พารามิเตอร์ต่อไปนี้มีผลต่อการสกัดน้ำมันคือ pH ของน้ำ อุณหภูมิในการสกัด เวลาในการสกัด ความเร็วในการกวน และอัตราส่วนรำข้าวต่อน้ำ อุณหภูมิการสกัดและ pH เป็นปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อการสกัดน้ำมัน ผลผลิตน้ำมันสูงสุดที่ pH 12.0, อุณหภูมิการสกัด 50 องศาเซลเซียส ใช้เวลาการสกัด 30 นาที ความเร็วรอบ 1000 รอบต่อนาที และสัดส่วนรำข้าวต่อน้ำ 1.5 ถึง 10 คุณภาพของน้ำมันที่สกัดด้วยน้ำในแง่ของกรดไขมันอิสระ ค่าไอโอดีน และค่าซาพอนนิฟิเคชันมีค่าใกล้เคียงกับน้ำมันรำข้าวในเชิงพาณิชย์ และการสกัดน้ำมันโดยใช้เฮกเซนแต่ค่าเพอร์ออกไซด์สูงกว่า นอกจากนี้สีของการสกัดน้ำมันรำข้าวด้วยน้ำมีสีอ่อนกว่าการสกัดน้ำมันรำข้าวด้วยตัวทำละลาย

2.2.3.2. แอลกอฮอล์ (Alcohol)

เป็นตัวทำละลายที่ดีเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำ มีความจำเพาะ (selectivity) ในการละลายมากกว่า มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และถ้าต้องการทำให้สารสกัดเข้มข้นจะระเหยง่าย แต่ราคาของแอลกอฮอล์จะแพงกว่าน้ำ ปัจจุบันนิยมใช้น้ำผสมแอลกอฮอล์ (hydroalcoholic mixture) เป็นสารละลาย เนื่องจากสามารถละลายสารออกฤทธิ์ในพืชสมุนไพรได้ใกล้เคียงกับแอลกออฮอล์ แต่ราคาถูกกว่า และยังสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้อีกด้วย นอกจากนี้การใช้น้ำผสมแอลกอฮอล์ยังช่วยป้องกันการแตกแยกของสารต่าง ๆ ในการสกัดเมื่อตั้งทิ้งไว้ ซึ่งจะเกิดในกรณีที่ใช้น้ำอย่างเดียวในการสกัด ถ้าต้องการตัวทำละลายที่มีขั้วน้อยลงอาจใช้โพรพานอลในกรณีที่ต้องการสกัดสารออกฤทธิ์ทีมีขั้วต่ำ เช่นคาโรทีนอาจใช้ไอโซโพรพิลไมริสเตต ป้องกันการแยกตัวของสารต่าง ๆ ในสารสกัดเมื่อตั้งทิ้งไว้ ซึ่งจะเกิดขึ้นในกรณีที่ใช้น้ำอย่างเดียวในการสกัด ถ้าต้องการทำตัวละลายที่มีขั้วน้อยลง อาจใช้โพรพานอลในกรณีที่ต้องการสกัดสารออกฤทธิ์ที่มีขั้วต่ำเช่น คาโรทีนอาจใช้ไอโซโพรพิลไมริสเตต

สุกัญญา และอรสา (2550) [45] ได้ศึกษาสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระดีพีพีเอชของสารสกัดจากเมล็ดมะละกอพันธุ์แขกดำ พบว่าการสกัดสารจากเมล็ดมะละกอด้วยแอลกอฮอล์ โดยใช้อัตราส่วนผสมของเมล็ดมะละกอต่อแอลกอฮอล์ 1:10 (น้ำหนักต่อปริมาตร) เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 30±1 องศาเซลเซียส ไม่มีผลต่อระดับความแก่อ่อนของเมล็ดมะละกอ และยังพบว่าชนิดของตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดสารจากเมล็ดมะละกอดิบ และสุก คือ เมทานอล และเอทานอล ตามลำดับ อย่างไรก็ตามพบว่า สารสกัดจากเมล็ดมะละกอสุก (สีดำ) ที่สกัดด้วยเมทานอล มีประสิทธิภาพในการจับอนุมูลอิสระสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 84.7 หรือ มีค่า TEAC เป็น 436.75 มิลลิกรัม Trolox ต่อสารสกัด 100 กรัม

2.2.3.3. ตัวทำละลายอินทรีย์ (Organic solvents)

นอกจากตัวทำละลายที่กล่าวมาข้างต้น ในการเตรียมสารสกัดหรือสารบริสุทธิ์ เพื่อพัฒนาโครงสร้างทางเคมี ทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพ หรือใช้เป็นสารมาตรฐานในการควบคุมคุณภาพสารสกัดจากสมุนไพรนั้น มีการใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ในสารสกัด เช่น เฮกเซน และปิโตเลียมอีเทอร์ ใช้สารสกัดพืชสมุนไพรในขั้นต้น เพื่อขจัดสารพวกไขมันออกไปก่อนที่จะทำสารสกัดออกฤทธิ์ตัวทำละลายเหล่านี้นิยมใช้สกัดองค์ประกอบที่ไม่มีขั้ว เช่น ไขมัน สเตียรอยด์ และเทอร์พีนอยด์ เป็นต้น ตัวทำละลายที่มีขั้วเล็กน้อย เช่น อะซีโตน ไดคลอโรมีน เอทธิลอะซีเตด และไดเอทธิลอีเทอร์ ใช้สกัดองค์ประกอบที่ไม่มีขั้ว ไปจนถึงสารที่มีขั้วปานกลาง สิ่งที่ควรคำนึงถึงในการใช้ตัวทำละลายเหล่านี้สกัดภายใต้สภาวะกรดหรือด่าง และใช้ความร้อนช่วยสกัด อาจเกิดสารปนเปื้อน (artifact) ที่ไม่ต้องการ นอกจากนี้ควรคำนึงถึงอันตรายที่เกิดจากการเลือกตัวทำละลายนั้นด้วย เช่น ถ้าใช้ไดคลอโรมีเทน ซึ่งเป็นตัวทำละลายที่มีพิษต่อตับและไต จึงควรใช้ภายใต้ตู้รมควันร่วมกับสวมหน้ากากป้องกัน หรือสกัดด้วยอีเทอร์ซึ่งเป็นตัวทำละลาย

ที่ติดไฟระเบิดและระเหยง่าย ในระหว่างการเก็บรักษาจะมีพวกสารพวกเปอร์ออกไซด์ (peroxides) เกิดขึ้น ซึ่งจะไวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) กับสสารประกอบที่มีโครงสร้างทางเคมีที่ไม่อิ่มตัว (polyunsaturated compounds) เช่นคาโรทีนอยด์ จึงควรกำจัดเปอร์ออกไซด์โดยใช้ไดเอทธิลอีเทอร์ที่บรรจุในภาชนะโลหะ เป็นต้น สำหรับเมทธานอลเป็นตัวทำละลายที่ใช้ในสารสกัดออกฤทธิ์ที่มีขั้วเช่นเดียวกับแอลกอฮอล์ แต่นิยมใช้แอลกอฮอล์มากกว่า เพราะราคาถูกกว่า และมีความเป็นพิษน้อยกว่า ในกรณีที่ใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีความเป็นพิษต่อร่างกายในการสกัด ควรกำจัดให้หมดไปก่อนนำไปใช้ตำรับยาและสูตรเครื่องสำอาง

ชัญญรินทร์ และคณะ (2559) [46] ได้ศึกษาผลของการลวก และชนิดของตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ในการสกัดสารที่มีต่อปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในผักติ้ว (*Cratoxylum formosum* (Jack) Dyer ssp. *formosum*) โดยการลวกผักติ้วในน้ำเดือด 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที เทียบกับผักติ้วสด และเปรียบเทียบตัวทำละลายอินทรีย์ 3 ชนิด ได้แก่ น้ำกลั่น เอทานอลร้อยละ 95 และเมทานอลร้อยละ 80 พบว่าการลวก และตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดสารซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของผักติ้ว และความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ซึ่งหลังจากการลวกผักติ้วมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดลดลงจาก 3.80 มิลลิกรัมสมมูลล์กรดแกลลิคต่อ 100 กรัมสด เป็น 1.25 มิลลิกรัมสมมูลล์กรดแกลลิคต่อ 100 กรัมสด และพบว่าผักติ้วลวกมีความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระของ DPPH ลดลงจากร้อยละ 76.95 เป็นร้อยละ 71.67 ส่วนสารสกัดที่ใช้น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลายที่ให้ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุดคือ 3.25 มิลลิกรัมสมมูลล์กรดแกลลิคต่อ 100 กรัมสด และสารสกัดที่สกัดด้วยเมทานอลร้อยละ 80 มีความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระของ DPPH ค่าสูงสุดคือร้อยละ 76

2.2.3.4. น้ำมันบริโภค

การใช้ตัวทำละลายอินทรีย์อาจก่อให้เกิดความเป็นพิษเนื่องจากตัวทำละลายอินทรีย์มีความคงตัวสูง มีความเป็นพิษ และสารก่อมะเร็ง ดังนั้นจึงมีการสรรหาวิธีการใหม่ ๆ ในการสกัดสารสำคัญที่มีความปลอดภัยมากกว่า เพื่อนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ยา เครื่องสำอาง จึงมีความพยายามในการนำเอาความสามารถของน้ำมันธรรมชาติที่เป็นตัวทำละลายทางเลือกใหม่ เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่ไม่ระเหย (VOCs) รวมทั้งมีความเป็นพิษต่ำ และได้รับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยลง มีราคาที่ถูก และง่ายต่อการรีไซเคิล เป็นต้น จึงได้มีการนำน้ำมันบริโภค หรือน้ำมันพืชมาใช้เป็นตัวทำละลายทางเลือกใหม่ เพื่อสกัดสารประกอบในการทำให้บริสุทธิ์ และเสริมสร้างคุณค่าหรือฟื้นฟูมลภาวะทางธรรมชาติได้ มีรายงานกล่าวถึงการใช้น้ำมันพืชเป็นตัวทำละลายที่อุดมด้วยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพต่าง ๆ จากทรัพยากรธรรมชาติรวมทั้งความสัมพันธ์ระหว่างการละลายของส่วนประกอบที่ไม่มีขั้ว

และมีขั้วทางชีวภาพกับการทำงานของกรดไขมันหรือชั้นไขมันในน้ำมันพืช และส่วนประกอบอื่น ๆ เป็นต้น [47]

Hamed (2006) [8] ได้ทำการศึกษานำน้ำมันดอกทานตะวันมาเป็นใช้แทนตัวทำละลายอินทรีย์ในการสกัดสารประกอบของสารต้านอนุมูลอิสระจากสมุนไพร และเครื่องเทศ โดยการนำเอาสมุนไพรอบแห้งมาบดผ่านตะแกรงความถี่แบบตาข่าย จากนั้นจึงทำการเติมตัวทำละลายจำนวน 40 มิลลิลิตร ที่แตกต่างกัน ได้แก่ ไอโซโพรพานอล, เฮกเซน, เมทานอล, เอทานอล และเอทิลอะซิเตท จากนั้นนำสมุนไพรที่ได้รับการบดละเอียดเติมลงไปในตัวทำละลายจำนวน 10 กรัม แช่ทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง และทำการกรองผ่านตัวกรองสมุนไพร จากนั้นทำการเติมสมุนไพรที่ได้รับการบดแล้วจำนวน 10 กรัม แช่ไว้ในน้ำมันดอกทานตะวัน จำนวน 10 กรัม ทำการกวนอย่างต่อเนื่องที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นจึงทำการกรอง และนำเอาน้ำมันที่กรองได้มาทำการสกัดใหม่จำนวน 3 ครั้ง ด้วย เมทานอลจำนวน 40 มิลลิลิตร จากนั้นจึงทำการระเหยแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จัดเก็บตัวอย่างในขวดสีชาและเก็บไว้ในที่แห้งและเย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ผลการศึกษาพบว่าน้ำมันดอกทานตะวันสามารถใช้เป็นตัวทำละลายที่ปลอดภัยในการสกัดเพื่อให้ได้สารสำคัญที่อุดมไปด้วยส่วนประกอบของสารต้านอนุมูลอิสระจากสมุนไพร และเครื่องเทศจากพืชแทนตัวทำละลายอินทรีย์ที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ แม้ว่าสารสกัดเมทานอลและเอทานอล (ตัวทำละลายอินทรีย์เชิงขั้ว) จะให้พลังในการต้านอนุมูลอิสระมากกว่าสารสกัดจากน้ำมันดอกทานตะวัน แต่สารสกัดชนิดนี้ยังคงชะลอการเกิดออกซิเดชันได้อย่างมีประสิทธิภาพและมากกว่า tocopherol ดังนั้นในแง่ของสุขภาพจึงเป็นการดีกว่าที่จะใช้น้ำมันที่บริโภคได้ นำมาใช้แทนตัวทำละลายอินทรีย์เพื่อดึงส่วนประกอบของสารต้านอนุมูลอิสระที่ใช้งานอยู่จากสมุนไพร และเครื่องเทศ

Goula และคณะ [48] ได้ศึกษาการแนวทางการประยุกต์ใช้เปลือกทับทิมในอุตสาหกรรมอาหารโดยการสกัดสารแคโรทีนอยด์ด้วยวิธีการใช้คลื่นเสียงความถี่สูงร่วมในการสกัด (Ultrasound-assisted Extraction, UAE) โดยใช้ชนิดของน้ำมันพืชที่ต่างกันเป็นตัวทำละลาย จากการทดลองพบว่าน้ำมันดอกทานตะวัน และน้ำมันถั่วเหลืองสามารถใช้เป็นตัวทำละลายทดแทนได้โดยเปรียบเทียบจากตัวแปรต่าง ๆ ต่อผลการสกัด ได้แก่ อุณหภูมิในการสกัด อัตราส่วน (solid/oil) และระยะเวลาในการสกัด โดยพบว่าเวลาที่เหมาะสมในการสกัดคือ 30 นาที

เพ็ญศรี (2554) [49] ได้ศึกษาความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH assay และความเสถียรต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขิง โดยการสกัดสารสำคัญจากขิงเพื่อนำมาผสมกับน้ำมันมะพร้าวป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน พบว่าน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขิงมีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ

38 และ 204 mg/ 100 g oil ตามลำดับ ขณะที่น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 6 และ 51 mg/ 100 g oil ตามลำดับ จึงสรุปได้ว่าน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขิงมีความเสถียรต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Induction time เท่ากับ 48 ชั่วโมง) สูงกว่าน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ (Induction time เท่ากับ 8 ชั่วโมง) ประมาณ 6 เท่า

2.2.4. การเลือกวิธีการสกัด

2.2.4.1. การใช้ตัวทำละลายสกัด (Solvent extraction) เป็นการสกัดสารออกฤทธิ์ออกจากเนื้อเยื่อของสมุนไพร โดยให้ตัวทำละลายสัมผัสกับเนื้อเยื่อพืชตัวอย่างในระยะเวลาที่เหมาะสม ทำได้หลายวิธีดังนี้ [43]

- Maceration (การแช่หมัก) เป็นวิธีการสกัดสารออกฤทธิ์จากพืชโดยวิธีการหมักสมุนไพรกับตัวทำละลายจนกระทั่งเนื้อเยื่อของสมุนไพรอ่อนนุ่ม และตัวทำละลายสามารถแทรกซึมเข้าไปละลายองค์ประกอบภายในสมุนไพรออกมาได้ การหมักสมุนไพรควรทำในภาชนะที่มีฝาปิดสนิท ทำเป็นเวลานาน 7 วัน หรือตามกำหนดในเภสัชตำรับ จนกระทั่งองค์ประกอบที่ต้องการละลายออกมาหมด ในระหว่างที่หมักผงสมุนไพรอยู่นั้น ควรเขย่าหรือคนเป็นครั้งคราวเพื่อเพิ่มอัตราเร็วของการสกัด เมื่อครบกำหนดเวลาจึงกรองแยกกาก (marc) ออกจากตัวทำละลาย วิธีการสกัดนี้เหมาะสมกับพืชสมุนไพรที่มีโครงสร้างหรือเนื้อเยื่อที่ไม่แข็งแรงมากนัก เช่น ใบ ดอก ซึ่งทำให้อ่อนนุ่มได้ง่าย จัดเป็นวิธีที่ประหยัด และเนื่องจากเป็นวิธีที่ไม่ใช้ความร้อน จึงเหมาะสมกับการสกัดสารออกฤทธิ์ที่ไม่ทนต่อความร้อน แต่วิธีการสกัดนี้จะไม่สมบูรณ์เนื่องจากไม่ค่อยมีการเคลื่อนที่ของตัวทำละลาย เมื่อสารในสมุนไพรละลายออกมาถึงระดับหนึ่ง จะเกิดความสมดุลขององค์ประกอบภายในสมุนไพร และตัวทำละลายที่ใช้ทำให้อัตราเร็วของการสกัดชะงักลง จึงไม่เหมาะที่จะใช้สกัดในกรณีที่ต้องการสกัดสารออกฤทธิ์จากสมุนไพรจนสมบูรณ์ เนื่องจากวิธีการสกัดแบบมาเซอเรชันช้า ใช้เวลานาน จึงมีผู้ดัดแปลงใช้เครื่องผสม (mixer) หรือโฮโมจีไนเซอร์ (homogenizer) มาช่วยทำให้เซลล์พืชแตกออกก่อนทำการสกัด เพื่อใช้ระยะเวลาสกัดลดลง

- Percolation เป็นวิธีการสกัดสารออกฤทธิ์จากพืชสมุนไพรโดยการปล่อยให้ตัวทำละลายไหลผ่านผงสมุนไพรอย่างช้า พร้อมกับละลายเอาองค์ประกอบออกมาจากผงสมุนไพรออกมา โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า เพอร์โคเลเตอร์ (percolator) ซึ่งจัดเป็นวิธีการสกัดที่ดีสำหรับการสกัดสารจากสมุนไพรแบบสมบูรณ์ และไม่ต้องใช้ความร้อน แต่วิธีนี้มีข้อเสียคือ เปลืองน้ำยาสกัด และใช้เวลาในการสกัดนาน เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการสกัดสารเพิ่มขึ้น จะใช้เพอร์โคเลเตอร์ต่อกันหลายเครื่องและให้มีการเคลื่อนที่ของตัวทำละลายเข้าหากัน

- การสกัดแบบต่อเนื่อง (Continuous extraction) เป็นวิธีการสกัดสารออกฤทธิ์จากสมุนไพรทำนองเดียวกับเพอร์โคเลชัน แต่ต้องใช้ความร้อนเข้าช่วย และใช้ soxhlet extractor

ซึ่งเป็นระบบปิด โดยใช้ตัวทำละลายซึ่งมีจุดเดือดต่ำ เมื่อได้รับความร้อนจาก heating mantle หรือหม้ออังไอน้ำ ตัวทำละลายในภาชนะระเหยขึ้นไปแล้วกลั่นตัวลงมาในทิมเบอร์ (thimble) ซึ่งบรรจุสมุนไพรไว้ ตัวทำละลายจะผ่านผงสมุนไพรซ้ำแล้วซ้ำอีกไปเรื่อยๆ จนกระทั่งองค์ประกอบในสมุนไพรถูกสกัดออกมา เมื่อตัวทำละลายใน extracting chamber ของ soxhlet apparatus สูงถึงระดับจะเกิดกาลักน้ำ สารสกัดจะไหลกลับลงไปในภาชนะวนเวียนเช่นนี้จนกระทั่งการสกัดสมบูรณ์ วิธีการสกัดแบบต่อเนื่องนี้มักใช้สกัดแยกไขมันออกจากสารสกัดหยาบ หรือต้องการสกัดอย่างต่อเนื่อง (sequential extraction) ด้วยสารละลายที่มีความมีขั้วค่อยๆ เพิ่มขึ้นเช่น เฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เมทธานอลและน้ำ เป็นต้น โดยทำผงยาแห้งก่อนสกัดด้วยตัวทำละลายต่อไป ซึ่งจัดเป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับการสกัดองค์ประกอบที่ทนต่อความ ร้อนและใช้น้ำยาสกัดน้อยไม่สิ้นเปลือง แต่มีข้อจำกัด คือไม่เหมาะที่จะใช้กับองค์ประกอบที่ไม่ทนต่อความร้อน และตัวทำละลายที่ใช้ไม่ควรเป็นสารละลายผสมเพราะเกิดการแยกของตัวทำละลายแต่ละชนิด เนื่องจากมีจุดเดือดต่างกัน จะมีผลทำให้สัดส่วนของน้ำยาสกัดแตกต่างไปจากเดิม และผลการสกัดไม่ดีเท่าที่คาดเอาไว้

2.2.4.2. การกลั่นโดยใช้น้ำ (Water Distillation หรือ Hydrodistillation) ใช้กับน้ำมันหอมระเหยที่ทนความร้อนสูง เนื่องจากพืชที่นำมากลั่นจะแช่อยู่ในน้ำเดือดทั้งหมดตลอดระยะเวลาการกลั่น

2.2.4.3. การกลั่นโดยใช้น้ำและไอน้ำ (Water and Steam Distilation) ใช้ได้กับพืชสดและแห้ง ซึ่งอาจถูกทำลายได้ง่ายเมื่อถูกต้ม ตัวอย่างพืชวางบนตะแกรงเหนือระดับน้ำในหม้อกลั่น ไอน้ำจากน้ำเดือดซึ่งเป็นไอน้ำอิ่มตัว จะลอยตัวผ่านพืชตัวอย่าง วิธีนี้ ตัวอย่างพืชไม่ได้แช่ในน้ำเดือด คุณภาพของน้ำมันจะดีกว่าการกลั่นโดยใช้น้ำ

2.2.4.4. การกลั่นโดยใช้ไอน้ำ (Steam Distillation) วิธีนี้ใช้กับพืชสดโดยนำมาวางบนตะแกรงในหม้อกลั่น ซึ่งไม่มีน้ำกลั่น แล้วผ่านไอน้ำเข้าไปโดยตรง โดยไม่ต้องมีการหมักพืชด้วยน้ำก่อน จัดเป็นวิธีที่สะดวก รวดเร็ว และค่าใช้จ่ายน้อย

2.2.4.5. การบีบหรือการอัด (Compression) ใช้กับน้ำมันหอมระเหยที่ใช้วิธีกลั่นไม่ได้ เนื่องจากถูกทำลายได้ง่ายเมื่อถูก ความร้อน การบีบที่นิยม คือวิธีแอคคิวเอล (ecuele method) โดยเอาผลไปบีบบน รางที่มีเข็มแหลมๆ อยู่ เข็มต้องยาวพอที่จะแทงผ่านผนังชั้นนอก (epidermis) เพื่อให้ต่อมน้ำมันแตกออก น้ำมันจะหยดลงไปในรางซึ่งเก็บน้ำมันได้ หรือใช้กับน้ำมันไม่ระเหย (fixed oil) จากพืช โดยใช้แรงดันบีบหรืออัด ทำให้ผนังเซลล์แตก มีน้ำมันไหลออกมา

2.2.4.6. การสกัดด้วยอัลตราซาวด์ (Ultrasonic assisted extraction) เป็นการสร้างฟองอากาศขนาดเล็กก่อนที่ฟองอากาศเหล่านั้นจะยุบตัว และเกิดเป็นไมโครเจทขนาดเล็กจำนวนมากซึ่งจะไปผลักดันสารสกัดน้ำมันหอมระเหยออกมาจากต่อมไขมันของพืช ซึ่งการสร้างโพรง

อากาศนี้ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยได้แก่ ความถี่ ความเข้มข้นของคลื่นอัลตราโซนิค อุณหภูมิ ระยะเวลา ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการทำงานของคลื่นอัลตราโซนิค [50]

2.2.4.7. การสกัดสารด้วยของไหลวิกฤตยิ่งยวด (Supercritical fluid extraction) จัดเป็นเทคนิคที่ปัจจุบันได้รับความสนใจ และนำมาใช้ในการสกัดสารจากผลิตภัณฑ์ธรรมชาติมากขึ้น เนื่องจากเป็นวิธีสกัดที่มีประสิทธิภาพ ใช้เวลาน้อย ไม่ทำให้เกิดการเสื่อมสลายขององค์ประกอบทางเคมีของสารจากผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ อีกทั้งยังลดปริมาณการใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ ซึ่งเป็นการลดปัญหาสิ่งแวดล้อมได้ โดยอาศัยหลักการที่ว่า เมื่อสารอยู่ในอุณหภูมิและความดันที่สูงกว่าจุดวิกฤติ (Critical point) เป็นของไหลที่มีคุณสมบัติทางเคมีฟิสิกส์อยู่ระหว่างก๊าซ และของเหลว เรียกว่าของไหลวิกฤตยิ่งยวด (Supercritical fluid) โดยมีความหนืด และมีสัมประสิทธิ์การแพร่กระจาย (Diffusion coefficient) ใกล้เคียงกับก๊าซ ถ้ามีการปรับสภาวะอุณหภูมิและความดันให้เหมาะสม จะสามารถแทรกซึมเข้าไปในโครงสร้างของของแข็งได้ดี และมีอัตราการถ่ายเทมวลสารสูง นอกจากนี้ ยังมีคุณสมบัติในการละลายสารได้เหมือนของเหลว สามารถปรับความสามารถในการละลายของตัวทำละลาย และความสามารถในการเลือกสกัดสารที่ต้องการ โดยมี ปริมาณสารปนเปื้อนน้อย ด้วยการปรับอุณหภูมิและความดัน จึงสามารถประยุกต์สำหรับการสกัดสารได้เป็นอย่างดี ซึ่งสารสกัดที่ได้จากวิธีการนี้ไม่ทำลายต่อสิ่งแวดล้อม และมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคมากกว่าวิธีการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ที่อาจไม่สามารถแยกตัวทำละลายออกมาได้หมดโดยสมบูรณ์ ทำให้มีตัวทำละลายตกค้าง อย่างไรก็ตาม ข้อเสียคือ เครื่องมือมีราคาแพง เนื่องจากต้องใช้อุปกรณ์ทนความดันสูง [38]

2.2.5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสารสกัดจากสมุนไพรจันทน์เทศ

Morsy (2016) [14] ได้ทำการเปรียบเทียบวิธีการสกัดสารสำคัญจากจันทน์เทศด้วยวิธีดั้งเดิมซึ่งเป็นการสกัดแบบแช่หมัก (Maceration) และเทคนิคการสกัดด้วยอัลตราซาวน์ (UAE) ที่มีต่อผลผลิต องค์ประกอบทางเคมี และคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของ Oleoresins ที่ได้จากการสกัดจันทน์เทศ โดยนำเอาเมล็ดจันทน์เทศมาบดให้ละเอียดและเก็บไว้ในภาชนะที่มีอากาศถ่ายเทได้ดีที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จนกว่าจะใช้งาน จากนั้น จึงนำผงเมล็ดจันทน์เทศที่บดละเอียดไปทำการแช่หมักด้วยวิธีสกัดแบบดั้งเดิมด้วยเอทานอลที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 วัน จากนั้นจึงนำไปสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิคที่ให้พลังงานต่างกันตั้งแต่ 60W และ 120W ที่เวลา 10 และ 25 นาที ที่อุณหภูมิห้องตามลำดับ จากนั้นทำการกรองแลระเหยตัวทำละลายเอทานอลที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ภายใต้ความดันที่ลดลง เก็บตัวอย่างในขวดสีชาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ผลการศึกษาในส่วนของร้อยละผลผลิตพบว่า การสกัดด้วยวิธีดั้งเดิมแบบ Maceration ให้ผลสูงกว่าวิธีการอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามการใช้วิธีสกัดแบบ UAE โดยการให้พลังงานจากที่ 40% ของพลังงานสูงสุดเป็นเวลา 10 นาที ใกล้เคียงกันกับเทคนิค Maceration ที่แช่หมักไว้เป็นเวลา 3 วัน จึงสามารถสรุปได้ว่าอัตราการสกัด

Oleoresins ด้วยวิธี UAE นั้น ให้สารสกัดที่รวดเร็วกว่า ดังนั้นในเวลาที่เท่ากัน วิธีการสกัดแบบ UAE ย่อมให้สารสกัดที่มากกว่าวิธี Maceration

Sonavane และคณะ (2002) [52] ได้ศึกษาการใช้วิธีในการสกัดแบบ Maceration และการใช้คลื่นอัลตราซาวนด์เพื่อช่วยในการสกัด Oleoresin จากเมล็ดจันทน์เทศ ผลการวิเคราะห์ของ GC-MS บ่งชี้ว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในเปอร์เซ็นต์ของส่วนประกอบที่ตรวจพบใน Oleoresin ที่สกัดด้วยเทคนิคต่าง ๆ ซึ่งการใช้คลื่นอัลตราโซนิคแสดงถึงข้อได้เปรียบที่มากกว่าวิธี Maceration นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้พลังงานร้อยละ 40 ของพลังงานสูงสุด เป็นเวลา 10 นาที สามารถสกัดได้ Oleoresin เท่ากับจำนวนการสกัดแบบ Maceration ที่เวลา 3 วัน นอกจากนี้ยังพบอีกว่า Oleoresin ที่ได้จากการใช้เทคนิคคลื่นอัลตราโซนิคให้อัตราส่วนของ β-pinene, Myristicin และ Safrole ปริมาณสูง ซึ่งบ่งชี้ได้ว่าการสกัดด้วยวิธีอัลตราโซนิคให้คุณภาพของสารสกัดที่เหนือกว่า

Zhao และคณะ (2020) [53] ได้ทำการศึกษาการสารสกัดจากจันทน์เทศที่ส่งผลต่อการอักเสบ โรคอ้วน และการควบคุมปริมาณการเผาผลาญกรดไขมันอิสระที่เป็นสาเหตุของภาวะตับคั่งไขมันที่ไม่ได้เกิดจากการดื่มแอลกอฮอล์ (NAFLD) ซึ่งพบว่าเป็นสาเหตุสำคัญของโรคตับที่พบได้มากทั่วโลก โดยปกติแล้วกลไกของการเกิดภาวะไขมันพอกตับที่ไม่ได้เกิดจากการดื่มแอลกอฮอล์ได้รับการรายงานอย่างกว้างขวางว่ามีอย่างน้อยสององค์ประกอบคือ การสะสมไขมันที่เกิดจากความผิดปกติของการเผาผลาญไขมันเป็นกลไกที่พบบ่อยจากภาวะไขมันพอกตับตามด้วยการกระตุ้นเซลล์ภูมิคุ้มกันและการผลิตไซโตไคน์ที่ทำให้เกิดการอักเสบ ในการศึกษาผู้ป่วยโรคอ้วนที่มีภาวะไขมันพอกตับ พบว่ามีความสามารถในการเผาผลาญไขมันลดลง แต่มีการสังเคราะห์กรดไขมันเพิ่มมากขึ้น ผลการทดลองพบว่าหนูที่มีปริมาณไขมันในเลือดสูงเมื่อได้รับสารสกัดจันทน์เทศด้วยเอทานอลที่ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อมิลลิตร เป็นเวลา 48 ชั่วโมง พบว่าสามารถไปยับยั้งกระบวนการสังเคราะห์ลิพิด ซึ่งจากการศึกษาเชิงโมเลกุลพบว่า สารสกัดจันทน์เทศด้วยเอทานอลมีความสามารถในการลดการแสดงออกของยีนส์ FASN และ SREBP-1c ในเซลล์ LO_2 อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาเรื่องการรักษาโรคอ้วน และระดับน้ำตาลในเลือดของหนูที่มีสาเหตุมาจากการให้อาหารที่มีไขมันสูงเป็นเวลา 15 สัปดาห์ พบว่าหลังจากให้อาหารเสริมที่มีสารสกัดจันทน์เทศด้วยเอทานอลเป็นเวลา 3 สัปดาห์นั้น เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมพบว่าน้ำหนักของหนูเปลี่ยนไปอย่างมีนัยสำคัญ ตลอดจนหนูที่มีระดับน้ำตาลในเลือกสูงมากกว่า 7 มิลลิโมลาร์ พบว่าหลังจากการให้สารสกัดจันทน์เทศด้วยเอทานอลเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ระดับน้ำตาลในเลือดของหนูลดลงอย่างมีนัยสำคัญต่ำกว่า 8 มิลลิโมลาร์ ซึ่งไม่เพียงแต่จะสามารถยับยั้งการสังเคราะห์ลิพิด แต่สารสกัดจันทน์เทศด้วยเอทานอลยังสามารถลดปริมาณไขมันในตับในหนูทดลองได้อีกด้วย และยังสามารถลดปริมาณของไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวได้อย่างมีนัยสำคัญ

Champasuri and Itharat (2016) [4] ได้ทำการศึกษาการออกฤทธิ์ทางชีวิภาพของสารสกัดเอทานอลที่ได้จากเปลือกต้นจันทน์เทศ รก และเมล็ดจันทน์เทศในประเทศไทย พบว่าเปอร์เซ็นต์ผลผลิตของสารสกัดจันทน์เทศทั้งสามส่วนแสดงให้เห็นว่าส่วนของรกจันทน์เทศนั้นมีผลผลิตสูงสุด และในส่วนของเปลือกไม้จันทน์เทศให้ผลผลิตของสารสกัดจันทน์เทศน้อยที่สุด ในขณะที่กิจกรรมการต้านการอักเสบของสารสกัดที่ได้จากทั้งสามส่วนของจันทน์เทศนั้น พบว่าต่ำกว่าตัวยามาตรฐานอ้างอิงคือ Prednisolone ($p<.05$)

2.3 เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโทรเมตรี

2.3.1. หลักการทำงานของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี

การวิเคราะห์องค์ประกอบของสารสกัดหรือน้ำมันหอมระเหยที่สกัดออกมาได้นั้น สามารถจำแนกได้ตามลักษณะของการวิเคราะห์ทั้งในเชิงคุณภาพและการวิเคราะห์เชิงปริมาณ ซึ่งผลการวิเคราะห์จะทำให้ทราบถึงองค์ประกอบทางเคมีของสารว่าประกอบด้วยสารเคมีอะไรบ้าง ทราบถึงความเข้มข้นของสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบในแต่ละตัวทราบถึงสัดส่วนของสารเคมีชนิดต่าง ๆ ในสารสกัดหรือน้ำมันหอมระเหยที่นำเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ ซึ่งจะนำไปสู่การการกำหนดมาตรฐานและการตรวจสอบมาตรฐานของสารสกัดหรือน้ำมันหอมระเหยชนิดนั้น ๆ ในปัจจุบันมีเทคนิคและวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีหลากหลายวิธีด้วยกัน แต่วิธีที่เหมาะกับการวิเคราะห์น้ำมันหอมระเหยหรือสารสกัดคือวิธีแก๊สโครมาโทกราฟี ซึ่งการใช้วิธีนี้นั้น สารที่ต้องการวิเคราะห์จะต้องอยู่ในสถานะของแก๊สที่อุณหภูมิเหมาะสม นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงหัววัดของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีซึ่งมีหลายประเภทด้วยกัน แต่สำหรับการวิเคราะห์น้ำมันหอมระเหยและสารสกัดส่วนใหญ่มักจะใช้หัววัดแบบแมสสเปกโทรมิเตอร์ซึ่งเหมาะกับการแยกและศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยซึ่งมักจะประกอบไปด้วยองค์ประกอบทางเคมีหลายสิบชนิดและหลายกลุ่มสาร

หลักการทำงานของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีนั้นจะเป็นการประยุกต์ใช้เทคนิคที่ให้แก๊สเฉื่อยทำหน้าที่เป็นแก๊สนำพาสารที่เราต้องการวิเคราะห์ซึ่งเป็นวัฏภาคเคลื่อนที่ โดยมีส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีดังนี้ [53]

2.3.1.1. Carrier gases หรือแก๊สพา มีหน้าที่นำแก๊สตัวอย่างจาก จุดฉีด (injection port) ผ่านเข้าสู่คอลัมน์และไปยัง detector แก๊สที่ใช้งานกับเครื่อง GC เป็นแก๊สเฉื่อยที่ไม่ทำปฏิกิริยากับโมเลกุลของสารตัวอย่าง เช่น แก๊สฮีเลียม ไฮโดรเจน หรือไนโทรเจน

2.3.1.2. Injector port เป็นส่วนที่ใช้ในการฉีดสารตัวอย่างเข้าสู่คอลัมน์ ซึ่งโดยทั่วไปนั้นส่วนที่ฉีดสารตัวอย่างเข้าไป (inlet) มักจะมีตัวให้ความร้อน (heater) ติดตั้งอยู่ด้วยเพื่อทำให้สาร

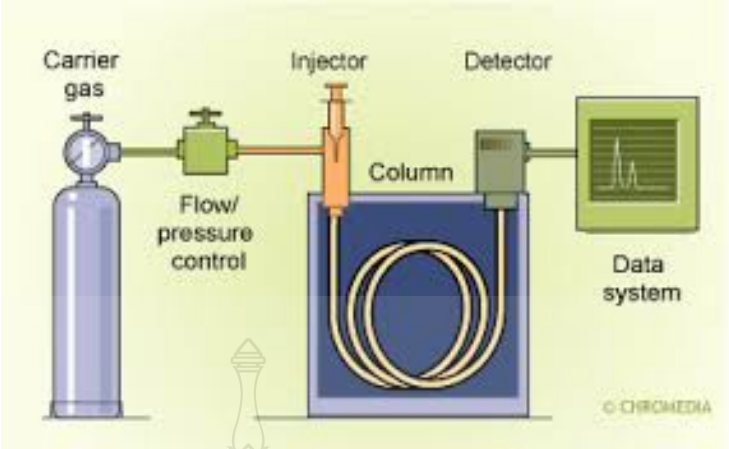
ตัวอย่างระเหยกลายเป็นไอ ซึ่งการเลือกใช้งานว่าจะใช้ inlet แบบใดนั้นนั้นขึ้นอยู่กับสารตัวอย่าง หากสารตัวอย่างเป็นแก๊สก็มักจะฉีดตัวอย่างเข้าไปด้วย gas sampling valve แต่ถ้าสารตัวอย่างเป็นของเหลวโดยส่วนมากมักใช้ micro syringe ดูดสารตัวอย่างขึ้นมาตามปริมาตรที่ต้องการแล้วฉีดผ่าน silicone septum ที่ injection port ไปยังปลายของคอลัมน์

2.3.1.3. Column เป็นส่วนที่ใช้ในการแยกสารตัวอย่าง ซึ่งคอลัมน์ที่ใช้กันโดยทั่วไปในการวิเคราะห์ GC นั้นมีอยู่ 2 ประเภท คือ packed column และ capillary column การเลือกใช้คอลัมน์แต่ละชนิดขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของสารผสม ซึ่งไม่สามารถระบุได้อย่างชัดเจน แต่สามารถพิจารณาเลือกจากการศึกษาค้นคว้าวิจัยในงานวิเคราะห์สารที่มีความใกล้เคียงกันเพื่อที่จะได้ทราบถึงชนิดของคอลัมน์

2.3.1.4. Detector หรือส่วนตรวจวัด เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับตรวจวัดสารเชิงเดี่ยวที่ถูกแยกออกมาจากคอลัมน์แล้วแปลงสัญญาณเป็นไฟฟ้าส่งไปยังระบบประมวลผลเพื่อที่จะจำแนกประเภทของส่วนตรวจวัดได้เป็นหลายประเภทตามคุณสมบัติการตรวจวัด โดยรูปแบบตรวจวัดที่ใช้กันอย่างกว้างขวางและสามารถทำได้ ยกตัวอย่างเครื่อง GC-2014 ได้แก่

- Flame Photometric Detector (FID) ใช้ในการตรวจหาสารประกอบอินทรีย์ (สารประกอบที่มี C-C, C-H bonds)
- Electron Capture Detector (ECD) เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดที่ค่อนข้างแม่นยำสำหรับการตรวจหาสารประกอบที่มีแฮโลเจนอะตอมเป็นองค์ประกอบ เช่น ยาฆ่าแมลง และยาปราบวัชพืช เป็นต้น

2.3.1.5. Data system หรือระบบประมวลผล เป็นส่วนที่ทำการประมวลผลและข้อมูลต่าง ๆ ที่รับมาจาก detector และทำการประมวลผลด้วยระบบคอมพิวเตอร์ซึ่งคำนวณ และรายงานผลเป็น retention time คือเวลาที่สารแต่ละชนิดใช้สำหรับผ่านคอลัมน์จากจุดเริ่มต้นถึงจุดสูงสุดของของพีคที่ได้จากโครมาโทแกรม retention time สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์เชิงคุณภาพเพื่อระบุว่าเป็นสารชนิดใดเมื่อเทียบกับสารมาตรฐาน นอกจากนี้ลักษณะและขนาดของพีคที่ได้จากโครมาโทรแกรมใช้เป็นข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์เชิงคุณภาพและเชิงปริมาณได้



ภาพที่ 2.4 ส่วนประกอบของเครื่องแก๊สโครมาโทรกราฟี
ที่มา : http://www.chromedia.org

2.3.2. หลักการทำงานของเครื่องแมสสเปกโทรมิเตอร์

แมสสเปกโทรมิเตอร์เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ที่ใช้ในการพิสูจน์เอกลักษณ์ของสารประกอบที่ไม่ทราบชนิด และใช้ในการศึกษาโครงสร้างของโมเลกุลได้เป็นอย่างดี โดยอาศัยหลักการเคลื่อนที่ของมวลที่มีประจุซึ่งหมายถึงไอออนในสนามไฟฟ้าหรือสนามแม่เหล็ก โดยพฤติกรรมการเคลื่อนที่ดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับค่ามวลต่อประจุของไอออน นอกจากนี้การทราบประจุของไอออนจะทำให้สามารถทราบค่ามวลของไอออนนั้น ๆ ได้ โดยส่วนประกอบของเครื่องแมสสเปกโทรมิเตอร์มีดังนี้ [48]

2.3.2.1. Sample inlet system หรือ ระบบทางเข้าตัวอย่าง ทำหน้าที่ในการนำตัวอย่างได้ทั้งสถานะของแข็ง ของเหลว และแก๊ส เข้าสู่เครื่องแมสสเปกโทรมิเตอร์ โดยมีหลักการทำให้ตัวอย่างกลายเป็นไอ จากนั้นจึงเก็บไว้ที่ส่วนเก็บไอ (reservoir) ก่อนเข้าแหล่งกำเนิดไอออนต่อไป ดังนั้นระบบทางเข้าตัวอย่างจึงขึ้นอยู่กับ สถานะและสมบัติกายภาพตัวอย่าง ดังนี้

- สถานะแก๊สและของเหลวระเหยง่าย สารอินทรีย์ประเภทนี้หลังจากฉีดเข้าระบบทางเข้าตัวอย่างจากนั้นจะเกิดความดันไอได้โดยไม่จำเป็นต้องให้ความร้อน และไอจะถูกเก็บไว้ที่ส่วนเก็บไอ
- ของแข็งระเหยกลายเป็นไอได้ง่าย โดยทั่วไปสารอินทรีย์ที่มีมวลโมเลกุลเท่ากับ 200-300 จะมีความเสถียรต่อความร้อนที่อุณหภูมิไม่เกิน 300 องศาเซลเซียส โดยที่ตัวอย่างระเหยกลายเป็นไอจะถูกเก็บไว้ที่ส่วนเก็บไอ

- ของแข็งระเหยกลายเป็นไอได้ยากและของแข็งสลายตัวเมื่อได้รับอุณหภูมิสูงเกิน 300 องศาเซลเซียส ได้แก่สารอินทรีย์ที่มีมวลโมเลกุลมากกว่า 300 ขึ้นไป ตัวอย่างจะเข้าสู่ระบบแหล่งกำเนิดไอออนโดยตรง

2.3.2.2. Ionization chamber หรือแหล่งกำเนิดไอออน ทำหน้าที่ให้สารแตกตัวเป็นไอออน ในส่วนนี้ระบบจะเป็นสุญญากาศ

2.3.2.3. Mass analyzer tube หรือส่วนวิเคราะห์มวล ทำหน้าที่แยกความแตกต่างระหว่างมวลต่อประจุ (m/z) ของไอออนบวก โดยไอออนบวกจะถูกแยกออกจากไอออนลบโดยศักย์ไฟฟ้าลบก่อนถึงส่วนวิเคราะห์มวล ซึ่งส่วนนี้จะประกอบไปด้วยแท่งแม่เหล็ก โดยไอออนที่มี m/z มากจะเบี่ยงเบนในความเข้มในสนามแม่เหล็ก (H) ความต่างศักย์ (V) ได้น้อยกว่าไอออนที่มี m/z น้อย

2.3.2.4. Detector หรือส่วนตรวจวัด ไอออนที่ออกจากส่วนวิเคราะห์มวลจะถูกวิเคราะห์ที่จุดตรวจวัดนี้

2.3.2.5. Recorder หรือเครื่องบันทึกสัญญาณจากเครื่องตรวจหาจะแปลงให้เป็นแมสสเปกตรัม แกน X คือ มวลต่อประจุ และแกน Y คือ ร้อยละความอุดมสมบูรณ์สัมพัทธ์ (%relative abundance)

2.3.3. หลักการแก๊สโครมาโทรกราฟี-แมสสเปกโทรเมตรี

แก๊สโครมาโทรกราฟี-แมสสเปกโทรเมตรี หรือ GC-MS เป็นเทคนิคในการวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณสาร เป็นเทคนิคร่วมที่ได้รวมข้อดี 2 ประการไว้ด้วยกัน คือ ประการแรก มีความสามารถในการแยกสารผสมซึ่งกลายเป็นไอได้ง่าย ให้ออกเป็นองค์ประกอบเดี่ยว ๆ ด้วยวิธีแก๊สโครมาโทกราฟี ซึ่งมีความสามารถในการแยกสูง และอีกประการหนึ่ง คือ องค์ประกอบของสารแต่ละชนิดที่ผ่านการแยกแล้วจะถูกตรวจวัดด้วยวิธี แมสสเปกโทรเมตรี ที่มีความจำเพาะต่อการตรวจวัด มีสภาพไวในการตรวจวัดสูง และให้ข้อมูล แมสสเปกตรัมของสารที่สามารถใช้ในการพิสูจน์เอกลักษณ์สารได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเชื่อมต่อของสองเทคนิค คือ แก๊สโครมาโทรกราฟีซึ่งเป็นเทคนิคการแยกสาร กับแมสสเปกโทรมิเตอร์ ซึ่งเป็นเทคนิคตรวจวัดที่ใช้ในการพิสูจน์หาเอกลักษณ์ และหาปริมาณสาร การรวมกันของสองเทคนิคดังกล่าวนี้ ก่อให้เกิดผลดีหลายประการ ดังนี้ [53]

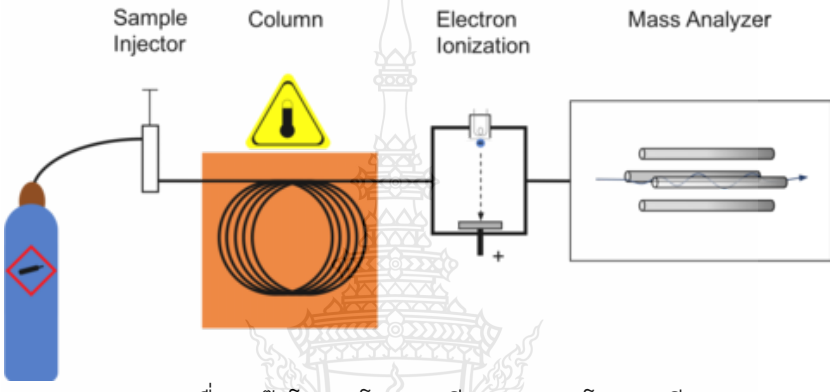
2.3.3.1. สามารถแยกองค์ประกอบของสารผสมที่ซับซ้อนกันได้

2.3.3.2. ได้แมสสเปกตรัมของแต่ละองค์ประกอบเพื่อประโยชน์ในการพิสูจน์เอกลักษณ์ของสาร

2.3.3.3. สามารถให้ข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์หาปริมาณสารแต่ละชนิดที่ผสมกันอยู่

2.3.3.4. มีความไวต่อการตรวจวัดสารในระดับสูง สามารถให้ข้อมูลแมสสเปกตรัมที่สมบูรณ์ถึงแม้ว่าสารมีปริมาณเล็กน้อยเพียง 1 พิโกโมล

2.3.3.5. สามารถให้หลักฐานด้านมวลโมเลกุลของสาร ตลอดจนให้ข้อมูลด้านรูปแบบการแตกของโครงสร้างเป็นส่วนย่อย ๆ ซึ่งเป็นเอกลักษณ์เฉพาะของสาร เปรียบเสมือนลายพิมพ์นิ้วมือ ที่สามารถใช้เป็นพื้นฐานในการพิสูจน์เอกลักษณ์ของสารได้



ภาพที่ 2.5 ส่วนประกอบของเครื่องแก๊สโครมาโทรกราฟี-แมสสเปกโทรเมตรี

ที่มา : https://en.wikipedia.org/wiki/Gas_chromatography%E2%80%93mass_spectrometry

2.3.4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Gupta และคณะ (2013) [39] ได้ทำการศึกษาการต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์การยับยั้งจุลินทรีย์ของสารสกัดต่าง ๆ ในจันทน์เทศ โดยใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกันคือ อะซิโตน เอธานอล เมธานอล บิวธานอล และน้ำกลั่น ผลการทดลองพบว่าสารสกัดด้วยตัวทำละลายอะซิโตน มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ การยับยั้งจุลินทรีย์ได้ดีที่สุด และวิเคราะห์สารสำคัญของจันทน์เทศด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี-แมสสเปกโทรมิเตอร์ (GC-MS) ได้แก่ α-pinene, β-pinene, myrcene, 1,8-cineole, carvacrol, terpinen-4-ol, eugenol และ isoeugenol สรุปได้ว่า สารต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์การยับยั้งจุลินทรีย์ในจันทน์เทศอาจเป็นประโยชน์ในการป้องกัน และชะลอการเกิดโรคที่เกิดจากภาวะออกซิไดซ์เกินสมดุล และการติดเชื้อจากจุลินทรีย์ที่ก่อโรค

ทวีภรณ์ คีรีคช และคณะ (2561) [54] ได้ทำการศึกษาการเปรียบเทียบคุณภาพเมล็ดจันทน์เทศจากไทยและอินโดนีเซีย เพื่อหาหลักฐานยืนยันคุณภาพ จึงได้นำเอาตำรับอายุรเวทของอินเดียโดยมาใช้เป็นเกณฑ์การตัดสิน และเพื่อสร้างบรรทัดฐานในการเลือกใช้เมล็ดจันทน์เทศในการผลิตยาสมุนไพรให้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งได้จัดหาเมล็ดจันทน์เทศ อายุประมาณ 6-9 เดือน จาก 5 แหล่งเมล็ด

จันทน์เทศด้วยกัน ได้แก่ อำเภอเมือง จังหวัดพังงา, อำเภอเมือง จังหวัดตรัง, อำเภอหลังสวน จังหวัดชุมพร, อำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช และเมล็ดจันทน์เทศแห้งจากหมู่เกาะโมลุกกะ ประเทศอินโดนีเซีย นำไปตรวจสอบหาปริมาณน้ำมันหอมระเหย โดยทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากเมล็ดจันทน์เทศด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทรกราฟี-แมสสเปกโทรเมตรี (GC-MS) ในส่วนของแก๊สโครมาโทรกราฟีใช้คอลัมชนิด TR-5MS ขนาด 30 เมตร x 0.25 มิลลิเมตร x 0.25 ไมโครเมตร โดยใช้แก๊สตัวพาเป็นฮีเลียมที่อัตราการไหล 1 มิลลิลิตรต่อนาที ฉีดสารตัวอย่างที่ปริมาณ 1 ไมโครลิตร โดยอุณหภูมิส่วนฉีดสารจะอยู่ที่ 280 องศาเซลเซียส โปรแกรมอุณหภูมิเริ่มต้น 60 องศาเซลเซียส คงไว้ 5 นาที เพิ่มอุณหภูมิด้วยอัตรา 10 องศาเซลเซียสต่อนาที จนถึง 300 องศาเซลเซียส คงไว้ 2 นาที ในส่วนของแมสสเปกโทรมิเตอร์จะทำการทดสอบแบบ Electron Ionization ซึ่งอุณหภูมิของไอออนจะอยู่ที่ 240 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิระหว่างขนส่งจะอยู่ที่ 300 องศาเซลเซียส จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดจันทน์เทศด้วยเครื่อง GC-MS พบว่าองค์ประกอบที่พบมาก 5 อันดับแรกในน้ำมันหอมระเหยเมล็ดจันทน์เทศจากพังงา คือ *Cis*-Isoelemicin, 4-Terpineol, Myristicin, *trans*-Isoelemicin และ Sabinene น้ำมันหอมระเหยเมล็ดจันทน์เทศจากตรัง คือ Myristicin, Sabinene, 4-Serpineol, β-Sinene และ γ-Serpinene น้ำมันหอมระเหยเมล็ดจันทน์เทศจากชุมพร คือ Myristicin, 4-Terpineol, Sabinene, Safrole และ γ-Terpinene น้ำมันหอมระเหยเมล็ดจันทน์เทศจากนครศรีธรรมราช คือ Myristicin, *Cis*-Isoelemicin, Sabinene, Safrole และ 4-Terpineol และน้ำมันหอมระเหยเมล็ดจันทน์เทศจากอินโดนีเซีย คือ Myristic acid, Safrole, 4-Terpineol, γ-Terpinene และ Sabinene โดยพบว่าน้ำมันหอมระเหยเมล็ดจันทน์เทศจากไทย และอินโดนีเซียมี Sabinene และ 4-Terpineol เป็นองค์ประกอบที่พบมาก ขณะที่น้ำมันหอมระเหยเมล็ดจันทน์เทศจากไทยมี myristicin มาก ซึ่งมีกลิ่นหอมใช้ผ่อนคลายความเครียด แต่งกลิ่นในยา และอาหาร แต่น้ำมันหอมระเหยเมล็ดจันทน์เทศจากอินโดนีเซียมี myristic acid มากซึ่งพบในเนยจันทน์เทศมักใช้ในน้ำหอม และยาสำหรับใช้ภายนอก โดยองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดจันทน์เทศจากพังงามีองค์ประกอบทางเคมีมากที่สุด เมื่อต้องพิจารณาเลือกเมล็ดจันทน์เทศในไทย จึงเลือกเมล็ดจันทน์เทศจากจังหวัดพังงามาใช้ในตำรับยาสมุนไพรซึ่งจะให้ประสิทธิภาพมากที่สุด

2.4. น้ำสลัด (Salad-dressing)

น้ำสลัดเป็นเครื่องปรุงรสที่ใช้รับประทานคู่กับผักสด ซึ่งในปัจจุบันมีหลายชนิดตามส่วนผสมที่แตกต่างกันไป โดยมีข้อมูลรายงานจากวาสนา (2011) [55] ได้อธิบายไว้ว่าสามารถแบ่งน้ำสลัดออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่ น้ำสลัดแบบน้ำใส (Vinaigrette) สลัดมายองเนส (Creamy dressing) และน้ำสลัดครีม (Cooked dressing) ดังนี้

2.4.1 น้ำสลัดแบบน้ำใส (Vinaigrette)

เป็นน้ำสลัดที่มีส่วนผสมของน้ำมันพืชเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งน้ำมันพืชที่นิยมใช้ได้แก่ น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันดอกคำฝอย น้ำมันข้าวโพด น้ำมันเมล็ดทานตะวัน และน้ำมันมะกอก เป็นต้น และยังมีส่วนผสมอื่น ๆ คือ น้ำส้มสายชูหรือกรดมะนาว น้ำตาล เกลือ และเครื่องเทศเป็นหนึ่งในองค์ประกอบด้วย ซึ่งการเตรียมน้ำสลัดแบบน้ำใสนี้ทำได้อย่างง่าย โดยการผสมส่วนผสมทุกอย่างเข้าด้วยกันแล้วใช้การเขย่าหรือกวนอย่างรวดเร็ว เพื่อให้ส่วนผสมรวมเป็นเนื้อเดียวกันไม่มีการแยกชั้นระหว่างน้ำมัน และน้ำส้มสายชู ตัวอย่างของน้ำสลัดชนิดนี้ได้แก่ น้ำสลัดฝรั่งเศส (French dressing) มีปริมาณน้ำมันในส่วนผสมมากกว่าร้อยละ 35 และน้ำสลัดแบบญี่ปุ่น มีปริมาณน้ำมันในส่วนผสมน้อยกว่าร้อยละ 30

2.4.2 น้ำสลัดมายองเนส (Creamy dressing)

เป็นน้ำสลัดที่ได้จากส่วนผสมของน้ำมันพืช น้ำส้มสายชูหรือกรดมะนาว ไข่ เกลือ น้ำตาล และเครื่องเทศ ซึ่งการเตรียมน้ำสลัดมายองเนส นิยมใช้การตีน้ำมันให้โครงสร้างของน้ำมันมีลักษณะเป็นหยดน้ำขนาดเล็ก เพื่อให้สามารถกระจายตัวอยู่ในของเหลวและเกิดเป็นระบบอิมัลชัน (Oil-in-Water, O/W) ขึ้น ในทางอุตสาหกรรม การทำให้เกิดระบบอิมัลชันจะใช้วิธีโฮโมจีไนซ์ หรือการปั่นด้วยความเร็วสูงเพื่อทำให้สารรวมเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นจึงเติมสารอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) เพื่อช่วยให้ระบบอิมัลชันคงตัว ซึ่งจากส่วนผสมไข่ที่ทำหน้าที่เป็นตัวอีมัลซิไฟเออร์ ยังนิยมใช้เจลาติน เพคติน กัม และแป้งดัดแปรเป็นตัวอีมัลซิไฟเออร์ได้เช่นกัน ทางส่วนของโภชนาการพบว่าน้ำสลัดมายองเนสชนิดนี้จะให้พลังงานที่สูง เนื่องจากมีปริมาณน้ำมันในส่วนผสมที่มากกว่าร้อยละ 65

2.4.3 น้ำสลัดครีม (Cooked dressing)

เป็นน้ำสลัดที่มีรสเข้มข้น ผลิตขึ้นเพื่อทดแทนน้ำสลัดมายองเนส เนื่องจากน้ำสลัดครีมมีส่วนประกอบหลักคล้ายกับมายองเนสแต่มีปริมาณน้ำมันและไข่ที่น้อยกว่า ซึ่งน้ำมันสลัดครีมมีการนำแป้งมาทดแทนส่วนไขมัน เพื่อลดค่าพลังงานลง และยังช่วยให้เกิดความข้นหนืด ซึ่งนิยมใช้แป้งสาลี แป้งข้าวโพด และแป้งดัดแปร รวมทั้งกัมชนิดต่าง ๆ โดยการเตรียมน้ำสลัดครีมชนิดนี้ต้องทำให้เป็นแป้งเปียกก่อนผสมรวมกับส่วนประกอบอื่น ๆ จากนั้นจึงนำไปให้ความร้อนเพื่อเพิ่มความข้น และให้รสชาติที่เข้มขึ้นสำหรับน้ำสลัดครีมมีปริมาณน้ำมันในส่วนผสมมากกว่าร้อยละ 30

เพ็ญศิริ (2560) [56] ได้ทำการศึกษาปริมาณฟักข้าวที่เหมาะสมในการทำน้ำสลัดชนิดเข้มข้น พบว่าฟักข้าวนั้นมีคุณค่าทางโภชนาการเป็นอย่างมาก อุดมไปด้วยสารสำคัญมากมายอันได้แก่ เบตาแคโรทีน ไลโคปิน ซึ่งมีความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพ อีกทั้งฟักข้าวเป็นพืชประจำถิ่นของไทยจึงเป็นการส่งเสริมอุตสาหกรรมเกษตรได้อีกทางหนึ่ง ทำโดยคัดเลือกฟักข้าวที่มีลักษณะผลแดงสุก หรือสีแดงอมส้ม อายุเก็บเกี่ยว 7-8 สัปดาห์ จากนั้นจึงนำฟักข้าวมาฝานเอา

เนื้อเยื่อและเมล็ดฟักข้าวยากออกจากเยื่อหุ้มเมล็ดและนำไปปั่นผสมเข้ากับส่วนผสมอื่น ๆ ได้แก่ น้ำส้มสายชู ไข่แดง น้ำตาลทราย เกลือ พริกไทย ปั่นผสมไปพร้อมกับการเติมน้ำมันพืชครั้งละน้อย และนำไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน และทำการทดสอบ สี กลิ่น รสชาติ ความเป็นเนื้อเดียวกัน และการยอมรับโดยรวม ซึ่งหลังจากทำการทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างพบว่า สูตรที่เหมาะสมที่สุดคือสำหรับการผสมเข้ากับฟักข้าวคือสูตรที่ใช้ฟักข้าวในอัตราส่วนร้อยละ 3 ของน้ำสลัดชนิดข้น ซึ่งจะทำให้น้ำสลัดมีลักษณะของน้ำสลัดที่ดี และผู้บริโภคให้การยอมรับ ซึ่งสามารถเก็บรักษาได้มากกว่า 4 สัปดาห์ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตาม ค่าความเป็นกรด-ด่างมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บ ซึ่งส่งผลต่อคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระมีแนวโน้มลดลง

Nikovska และคณะ (2017) [57] ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของการเติมน้ำมันหอมระเหยจากสารสกัดใบกระวาน (*Laurus nobilis* L.) ต่อคุณสมบัติของน้ำสลัด (Salad dressings) ซึ่งเปรียบเทียบทั้งหมด 3 สูตร ได้แก่ 1.สูตรควบคุมที่ไม่เสริมสารสกัด (Control), 2.น้ำสลัดที่เสริมสารสกัดจากใบกระวานแห้ง และ 3.น้ำสลัดที่เสริมสารสกัดจากใบกระวานสด โดยทำการเติมน้ำมันหอมระเหยจากสารสกัดใบกระวานสด และแห้งที่อัตราร้อยละ 5 ของตัวอย่างผสมทั้งหมด และนำไปทดสอบด้วยการประเมินทางประสาทสัมผัส (Sensory evaluation) จากผู้ชิมที่ผ่านการฝึกฝนมาแล้วทั้งหมด 10 คน จากผลการทดลองพบว่าลักษณะที่ปรากฏ ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ ในขณะที่ในด้านกลิ่น รสชาติ และรสตกค้างในปาก (Aftertaste) มีความแตกต่างกันทั้ง 3 สูตร โดยผู้ทดสอบชิมให้คะแนนในน้ำสลัดสูตรที่ 3 มากที่สุดได้แก่ 7.5±1.2, 7.7±1.0 และ 7.2±0.8 ตามลำดับ ในผลความชอบโดยรวมของน้ำสลัดผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบมากที่สุดคือ น้ำสลัดที่มีสารสกัดที่ได้จากใบกระวานสด (7.3±1.2) ในขณะที่ชุดควบคุมที่ไม่เสริมสารสกัด (5.5±1.4) และ น้ำสลัดที่เสริมสารสกัดจากใบกระวานแห้ง (5.2±1.3) ไม่ได้มีความแตกต่างกันมากทางสถิติ จึงสรุปได้ว่าสารสกัดจากใบกระวานสามารถช่วยปรับปรุงคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารได้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 จันทน์เทศสดระยะแก่	จากสวนเกษตรกร อ.ร่อนพิบูลย์ จ.นครศรีธรรมราช
3.1.2 น้ำมันถั่วเหลือง	ยี่ห้อ กุ๊ก
3.1.3 น้ำมันปาล์ม	ยี่ห้อ หยก
3.1.4 น้ำมันมะพร้าว	ยี่ห้อ แมนเนเจอร์
3.1.5 น้ำส้มสายชู	ยี่ห้อ ทิพรส
3.1.6 น้ำตาลทราย	ยี่ห้อ มิตรผล
3.1.7 นมข้นหวาน	ยี่ห้อ มะลิ
3.1.8 พริกไทยป่น	ยี่ห้อ ตรามือที่หนึ่ง
3.1.9 เกลือ	ยี่ห้อ ปรุงทิพย์
3.1.10 มัสตาร์ด	ยี่ห้อ ไฮนซ์
3.1.11 ไข่	ยี่ห้อ ซีพี

3.2 อุปกรณ์

3.2.1 อุปกรณ์เครื่องครัว

3.2.2 ตู้เย็นควบคุมอุณหภูมิ

3.2.3 ตะแกรงร่อนขนาด 18 เมซ 1000 ไมครอน

3.2.4 ถุงฟอยด์ทึบปิดสนิทแบบสูญญากาศ

3.2.5 กระบอกตวง (Cylinder) ขนาด 50 และ 100 มิลลิลิตร

3.2.6 บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 50, 100 และ 500 มิลลิลิตร

3.2.7 ขวดวัดปริมาตร (Volumetric flask) 100 และ 250 มิลลิลิตร

3.2.8 ขวดรูปชมพู่ (Erlenmayer flask) 100 และ 250 มิลลิลิตร

3.2.9 กระดาษกรองเบอร์ 1 (Filter papers)

3.2.10 กรวยกรอง

3.3 เครื่องมือ

3.3.1 เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Digital Scale) ยี่ห้อ Sartorius รุ่น TE64

3.3.2 เครื่องอบลมร้อน (Hot air oven) ยี่ห้อ Venz รุ่น CR.1/3

3.3.3 เครื่องวัดค่าสี (Hunter color Lab) ยี่ห้อ CR-10

3.3.4 เครื่องกวนสารละลาย (Magnetic stirrer) ยี่ห้อ VELP รุ่น AREC

3.3.5 เครื่องผสม/เขย่าสารละลาย (Votex) ยี่ห้อ LMS รุ่น VTX-3000L

3.3.6 เครื่องปั่นเหวี่ยง (Centrifuge) ยี่ห้อ Hermle รุ่น Z206A

3.3.7 เครื่องปั่นผสม (Mixer) ยี่ห้อ Philips รุ่น HR2118

3.3.8 เครื่องบดผงละเอียด (Power Grinder) ยี่ห้อ Spring Green Evolution รุ่น PG2500

3.3.9 เครื่องเขย่าตะแกรงร่อนมาตรฐาน (Sieve shaker) ยี่ห้อ Retsch รุ่น AS 200

3.3.10 เครื่องวัดสเปกโตโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) ยี่ห้อ Thermo Scientific รุ่น Genestys 20

3.3.11 เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี (Gas Chromatography) ยี่ห้อ Agilent รุ่น 7890A แมสสเปกโตรมิเตอร์ รุ่น 5975C MS detector (Agilent Technologies, Santa Clara, California, USA)

3.4 สารเคมี

3.4.1 โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium Carbonate)

3.4.2 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide)

3.4.3 กรดแกลลิค (Gallic acid)

3.4.4 กรดแอสคอร์บิก (Ascorbic acid)

3.4.5 โซเดียมไนไตรท์ (Sodium nitrite)

3.4.6 Folin-Ciocalteu reagent (FCR)

3.4.7 2.2–Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)

3.4.8 อะลูมิเนียมคลอไรด์ (Aluminum chloride)

3.4.9 เมทานอล (Methanol)

3.4.10 เอทานอล (Ethanol)

3.4.11 ฮีเลียม (Helium)

3.4.12 เฮกเซน (Hexane)

3.5 วิธีการทดลองและการเตรียมวัตถุดิบ

3.5.1 การเตรียมวัตถุดิบ

ผลจันทน์เทศระยะการเก็บเกี่ยวแก่จัด 6-8 เดือน ถูกเก็บเกี่ยวจากสวนของเกษตรกรในพื้นที่เพาะปลูก อำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช ในช่วงเช้าของวัน และจัดส่งมายังสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ทันที ใช้เวลาการขนส่ง 24 ชั่วโมง ในระหว่างการขนส่งจะมีการควบคุมอุณหภูมิ 15±5 องศาเซลเซียส

ทำการคัดเลือกผลจันทน์เทศที่มีลักษณะดี ไม่เน่าเสีย ไม่มีรอยกัดเจาะ ไม่มีรอยตำหนิที่ผิว จากนั้นล้างทำความสะอาดด้วยน้ำ คัดแยกส่วนของรกจันทน์เทศออกจากผล แบ่งเป็น 2 ส่วนเพื่อใช้ในการทดลอง ส่วนแรก นำรกจันทน์เทศสด บรรจุในถุงฟอยด์ทึบปิดสนิทแบบสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20±2 องศาเซลเซียส เพื่อเตรียมใช้ในการทดลองที่ 1 ส่วนที่สอง นำรกจันทน์เทศแบบผงนำมาอบไล่ความชื้นด้วยเครื่องอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (จนกระทั่งความชื้นต่ำกว่า 10%) จากนั้นนำมาบดให้ละเอียด ร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 18 เมช (1000 ไมครอน) บรรจุในถุงฟอยด์ทึบปิดสนิทแบบสุญญากาศ เก็บรักษาในอุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส เพื่อเตรียมมาใช้ในการทดลองที่ 2

3.5.2 วิธีการทดลอง

ในงานวิจัยครั้งนี้แบ่งการทดลองการสกัดน้ำมันที่มีสารสกัดจากรกจันทน์เทศได้ดังนี้

การทดลองที่ 1 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของรกจันทน์เทศ

นำรกจันทน์เทศส่วนแรกจากขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ มาทำการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี ที่ได้ดัดแปลงมาจากวิธีการดังนี้

คุณภาพทางกายภาพ

- ค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี Hunter color Lab บันทึก ค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง (a*) และ ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ทำการทดลอง 30 ซ้ำ
- ขนาดรกจันทน์เทศ วัดขนาดด้วยเวอร์เนียคาลิปเปอร์ นำมาบันทึกผล ความกว้าง (เซนติเมตร) และความยาว (เซนติเมตร) ทำการทดลอง 30 ซ้ำ
- น้ำหนักรกจันทน์เทศ ชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Digital Scale) บันทึกผลน้ำหนัก (กรัม) ทำการทดลอง 30 ซ้ำ

คุณภาพทางเคมี

นำตัวอย่างรกจันทน์เทศสดส่วนแรกมาปั่นผสมกับน้ำกลั่น โดยใช้สัดส่วนโดยน้ำหนักของ รกจันทน์สด:น้ำกลั่น เท่ากับ 1:40 จากนั้นกรองแยกกากด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 นำส่วนน้ำสกัดใสมาใช้วิเคราะห์คุณภาพทางเคมีตามขั้นตอนดังนี้

- ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin–Ciocalteu Reagent ดัดแปลงจาก[58] โดยใช้กรดแกลลิกเป็นสารมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
- กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH radicals scavenging ดัดแปลงจาก [59] โดยใช้กรดแอสคอร์บิกเป็นสารมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

การทดลองที่ 2 การศึกษากระบวนการสกัดต่อคุณภาพของน้ำมันบริโภคที่ผ่านการสกัดรกจันทน์เทศ

ในการศึกษาการทดลองที่ 2 ประกอบด้วย 2.1 การศึกษาผลของอัตราส่วนของรกจันทน์เทศต่อน้ำมันบริโภคที่ใช้ในการสกัดและ 2.2 การศึกษาชนิดของน้ำมันบริโภคที่เหมาะสม

2.1 การศึกษาผลของอัตราส่วนการสกัดของรกจันทน์เทศต่อน้ำมันบริโภคที่ใช้ในการสกัด

นำรกจันทน์เทศส่วนที่สองจากขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ มาสกัดด้วยน้ำมันถั่วเหลือง โดยปรับอัตราส่วนระหว่างรกจันทน์เทศกับน้ำมันถั่วเหลืองได้แก่ 1:4 1:6 และ 1:8 สกัดที่อุณหภูมิห้อง (30±5 องศาเซลเซียส) คนสารละลายด้วยเครื่อง Magnetic stirrer นาน 24 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาสกัดกรองแยกเฉพาะน้ำมันที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมีดังนี้

คุณภาพทางกายภาพ

- ค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี Hunter color Lab บันทึก ค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง (a*) และ ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
- ค่าความหนืด ด้วยเครื่อง Brookfield viscometer วัดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

คุณภาพทางเคมี

นำตัวอย่างน้ำมันที่สกัดรกจันทน์เทศมา 2.5 กรัม ละลายในเฮกเซน 5 มิลลิลิตร เติมเมทานอล(ร้อยละ 60) 3 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง Votex เป็นเวลา 2 นาที นำเข้าเครื่องปั่นเหวี่ยง (Centrifuge) ที่ 3500 rpm เป็นเวลา 10 นาที แยกเฉพาะส่วนของเมทานอลเก็บไว้ในหลอดทอลอง ทำการสกัดด้วยเฮกเซนอีกครั้ง ด้วยการเติมเมทานอล (ร้อยละ 60) 3 มิลลิลิตร เช่นวิธีการเดิม [60] จากนั้นรวมสารสกัดของ Methanolic เข้าด้วยกัน ทำการเก็บในหลอดทดลองเพื่อนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีดังนี้

- ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin–Ciocalteu Reagent ดัดแปลงจาก [58] โดยใช้กรดแกลลิกเป็นสารมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
- กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH radicals scavenging ดัดแปลงจาก [59] โดยใช้กรดแอสคอร์บิกเป็นสารมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ทำการคัดเลือกชุดการทดลองที่ดีที่สุด โดยพิจารณาจากคุณภาพทางกายภาพ สัดส่วนการสกัดที่สามารถสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในปริมาณมากที่สุด และให้กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

2.2 การศึกษาชนิดของน้ำมันบริโภคที่เหมาะสม

นำรกจันทน์เทศส่วนที่สองจากขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ มาสกัดด้วยน้ำมันบริโภค 3 ชนิด ได้แก่ น้ำมันถั่วเหลือง, น้ำมันปาล์ม และน้ำมันมะพร้าว โดยใช้อัตราส่วนระหว่างรกจันทน์เทศกับน้ำมันบริโภคที่ได้คัดเลือกจาก 2.1 มาทำการสกัดที่อุณหภูมิห้อง (30±5 องศาเซลเซียส) คนสารละลายด้วยเครื่อง Magnetic stirrer นาน 24 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาสกัด กรองแยกเฉพาะน้ำมันที่ได้ และนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมีดังนี้

คุณภาพทางกายภาพ

- ค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี Hunter color Lab บันทึก ค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง (a*) และ ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
- ค่าความหนืด ด้วยเครื่อง Brookfield viscometer วัดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

คุณภาพทางเคมี

นำตัวอย่างน้ำมันที่สกัดรกจันทน์เทศมา 2.5 กรัม ละลายในเฮกเซน 5 มิลลิลิตร เติมเมทานอล(ร้อยละ 60) 3 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง Votex เป็นเวลา 2 นาที นำเข้าเครื่องปั่นเหวี่ยง (Centrifuge) ที่ 3500 rpm เป็นเวลา 10 นาที แยกเฉพาะส่วนของเมทานอลเก็บไว้ในหลอดทอลอง ทำการสกัดด้วยเฮกเซนอีกครั้ง ด้วยการเติมเมทานอล(ร้อยละ 60) 3 มิลลิลิตร เช่นวิธีการเดิม [60] จากนั้นรวมสารสกัดของ Methanolic เข้าด้วยกัน ทำการเก็บในหลอดทดลองเพื่อนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีดังนี้

- ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin–Ciocalteu Reagent ดัดแปลงจาก [58] โดยใช้กรดแกลลิกเป็นสารมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
- กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH radicals scavenging ดัดแปลงจาก [59] โดยใช้กรดแอสคอร์บิกเป็นสารมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

- วิเคราะห์ชนิดของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพดัดแปลงจาก Zhao และคณะ (2019) [5] ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี ยี่ห้อ Agilent Technologies รุ่น 7890A วิธีการสกัดแบบ Direct solvent ใช้สารเมทานอล เป็นสารทดสอบ โดยใช้คอลัมน์ชนิด Mega-5MS เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 0.25 มิลลิเมตร ยาว 30 เมตร ความหนาของฟิล์ม 0.25 ไมโครเมตร (Agilent Technologies, USA) ทำการวิเคราะห์ด้วย split ratio 10:1 ใช้อุณหภูมิเริ่มต้น 40 องศาเซลเซียส คงที่ 1 นาที จากนั้นเพิ่มขึ้นเป็น 220 องศาเซลเซียส ด้วยอัตรา 5 องศาเซลเซียสต่อนาที ค้างไว้ 1 นาที หลังจากนั้นเพิ่มอุณหภูมิขึ้นเป็น 240-270 องศาเซลเซียส ใช้ก๊าซฮีเลียมเป็นตัวพา ที่อัตราการไหล 1 มิลลิลิตรต่อนาที จากนั้นสารระเหยจะเข้าสู่ Agilent 5975C MS detector (Agilent Technologies, Santa Clara, California, USA) การบ่งชี้ชนิดของสารระเหยใช้ส่วนวิเคราะห์มวล (mass analyzer) แบบอิเล็กตรอนอิมแพคท์ (electron impact ionization, EI) โดยมีค่าพลังงานไอออไนเซชั่น 70 อิเล็กตรอนโวลท์ สแกนมวลในช่วง 40-900 amu วิเคราะห์เทียบ mass spectrum กับฐานข้อมูล NIST MS Search 11.0 library (Nation Institute of Standard and Technology, Gaithersburg, MD, USA)

ทำการคัดเลือกชุดการทดลองที่ดีที่สุด โดยพิจารณาจากชนิดของสารระเหยที่พบ เพื่อนำไปใช้ไปใช้ในการทดลองที่ 3 ต่อไป

การทดลองที่ 3 การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำมันบริโภคสกัดรกจันทน์เทศมาใช้ทดแทนในสูตรผลิตภัณฑ์น้ำสลัด

นำน้ำมันบริโภคสกัดรกจันทน์เทศที่คัดเลือกจากข้อ 2.2 มาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำสลัดที่มีการทดแทนน้ำมันพืชในสูตรด้วยน้ำมันบริโภคที่ผ่านการสกัดด้วยรกจันทน์เทศ โดยดัดแปลงสูตรจากวัลลภ (2550) [61] โดยการทดแทนในอัตราส่วนร้อยละ 0 10 15 และ 20 ของปริมาณน้ำมันพืชในสูตร ได้สูตรน้ำสลัดทั้งหมด 4 สูตร ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 3.1 และมีวิธีการผลิตแสดงดังภาพที่ 3.1 นำน้ำสลัดที่ได้ มาประเมินความชอบทางประสาทสัมผัส โดยทานคู่กับผักสลัดที่จัดเตรียมให้ ซึ่งทดสอบโดยใช้กลุ่มผู้ทดสอบชิมที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน ได้แก่ กลุ่มนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ช่วงอายุ 20-22 ปี จำนวน 50 คน ด้วยวิธี 9-point-Hedonic Scale พิจารณาจากลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความข้นหนืด และความชอบโดยรวมโดยผู้ทดสอบชิมต้องทำการกลั้วปากด้วยน้ำดื่มที่จัดเตรียมให้ ก่อนเริ่มการชิมตัวอย่างถัดไปทุกครั้ง

ตารางที่ 3.1 ร้อยละส่วนผสมของผลิตภัณฑ์น้ำสลัดสูตรพื้นฐานกับสูตรที่ปรับสัดส่วน

วัตถุดิบ	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4
	ร้อยละ	ร้อยละ	ร้อยละ	ร้อยละ
น้ำส้มสายชู	14.02	14.02	14.02	14.02
น้ำตาลทราย	18.70	18.70	18.70	18.70
นมข้นหวาน	8.41	8.41	8.41	8.41
พริกไทยป่น	0.93	0.93	0.93	0.93
เกลือ	0.93	0.93	0.93	0.93
มัสตาร์ด	0.93	0.93	0.93	0.93
ไข่	9.35	9.35	9.35	9.35
น้ำมันพืช	46.73	42.06	39.72	37.38
น้ำมันสกัดรกจันทน์เทศ	-	4.67	7.01	9.35

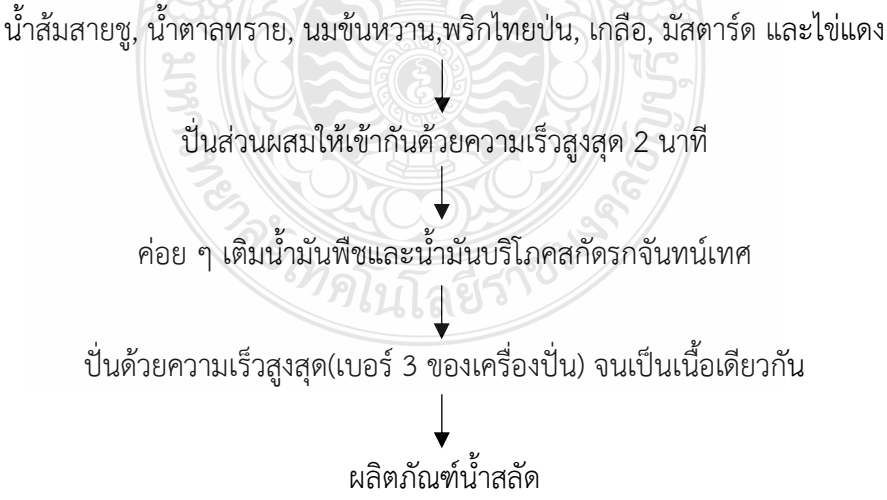
ที่มา : ดัดแปลงจาก วัลลภ (2550) [61]

หมายเหตุ : สูตรที่ 1 น้ำสลัดที่ไม่มีการทดแทนน้ำมันบริโภคสกัดรกจันทน์เทศ

สูตรที่ 2 น้ำสลัดทดแทนน้ำมันพืชในสูตรด้วยน้ำมันบริโภคสกัดรกจันทน์เทศร้อยละ 10

สูตรที่ 3 น้ำสลัดทดแทนน้ำมันพืชในสูตรด้วยน้ำมันบริโภคสกัดรกจันทน์เทศร้อยละ 15

สูตรที่ 4 น้ำสลัดทดแทนน้ำมันพืชในสูตรด้วยน้ำมันบริโภคสกัดรกจันทน์เทศร้อยละ 20



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการทำผลิตภัณฑ์น้ำสลัด

ที่มา : ดัดแปลงจาก วัลลภ (2550) [61]

3.6 การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล

การประเมินลักษณะทางกายภาพ และเคมี วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) และการประเมินทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์ (Randomized Completely Block Design, RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Rang Test (DMRT) จากโปรแกรมสำเร็จรูป IBM SPSS Statistics ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3.7 สถานที่ในการดำเนินการวิจัย

ห้องปฏิบัติการผักและผลไม้ อาคารเฉลิมพระเกียรติ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ศูนย์รังสิต

อาคารปฏิบัติวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ศูนย์รังสิต

3.8 ระยะเวลาในการทดลอง

เริ่มตั้งแต่เดือน มีนาคม 2562 ถึง เมษายน 2563

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของรกจันทน์เทศ

จากการประเมินสมบัติทางกายภาพ และเคมีของรกจันทน์เทศ ได้แก่ ค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) น้ำหนัก ขนาด (ความกว้าง และความยาว) ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของรกจันทน์เทศ ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 สมบัติทางกายภาพและเคมีของรกจันทน์เทศ

สมบัติทางกายภาพและเคมี	**ค่า**			
	ค่า	**Meetha และคณะ (2014)[a]**	**สมคิด และคณะ (2558)[b]**	**Tan และคณะ (2013)[c]**
L*	29.25±0.36	32.20	-	-
a*	33.25±0.47	34.11	-	-
b*	19.39±0.89	16.19	-	-
น้ำหนัก (g)	1.39±0.08	-	1.66	-
ความกว้าง (cm)	2.14±0.18	-	-	-
ความยาว (cm)	3.11±0.16	-	-	-
ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (mg GAE /g FW)	1.702±0.01	-	-	0.374
กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (mg AAE /g FW)	0.433±0.02	-	-	-

หมายเหตุ : แสดงผลเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

L* = ค่าความสว่าง, a* = ค่าความเป็นสีแดง, b* = ค่าความเป็นสีเหลือง

[a] Pulsed microwave assisted hot air drying of nutmeg mace for better colour retention.

[b] การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตจันทน์เทศในพื้นที่ภาคใต้.

[c] Comparison of antioxidant components and antioxidant capacity in different parts of nutmeg (Myristica fragrans).

ภาพที่ 4.1 รกจันทน์เทศ (*Myristica Fragrans* Houtt.)

ผลการทดลองการประเมินสมบัติทางกายภาพพบว่ารกจันทน์เทศมีสีแดงเข้ม แสดงดังภาพที่ 4.1 จากผลการตรวจวัดค่าสีของรกจันทน์เทศ พบว่ามีค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) เท่ากับ 29.25 33.25 และ 19.39 ตามลำดับ รกจันทน์เทศมีน้ำหนักต่อดอกเฉลี่ยเท่ากับ 1.39 กรัม มีขนาด ความกว้าง ความยาว เฉลี่ยเท่ากับ 2.14 และ 3.11 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งค่าที่รายงานมีความสอดคล้องกับรายงานผลสมบัติทางกายภาพของรกจันทน์เทศ โดยสมคิด และคณะ (2558) [10] ที่ได้ระบุลักษณะรกจันทน์เทศที่มีสีแดงเข้ม รูปร่างเป็นรูปไข่ อีกทั้งยังสอดคล้องกับรายงานของ Meetha และคณะ (2014) [15] ที่ได้รายงานค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ของรกจันทน์เทศสดในพื้นที่ปลูกรัฐเกรละ ประเทศอินเดีย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 32.2, 34.11 และ 16.19 ตามลำดับ

จากการประเมินสมบัติทางเคมี พบว่ารกจันทน์เทศมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 1.702 มิลลิกรัมสมมูลย์กรดแกลลิกต่อกรัม และมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 0.433 มิลลิกรัมสมมูลย์กรดแอสคอร์บิกต่อกรัม แสดงให้เห็นว่าสารที่เป็นองค์ประกอบในรกจันทน์เทศเป็นแหล่งสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่ดี เมื่อเปรียบเทียบกับรายงานก่อนหน้านี้ที่พบปริมาณฟีนอลิกและกิจกรรมในการต้านอนุมูลอิสระในพริกหยวกแดง (*Capsicum annuum* Linn.) เท่ากับ 0.13 มิลลิกรัมสมมูลย์กรดแกลลิกต่อกรัม และและมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 0.54 มิลลิกรัมสมมูลย์กรดแอสคอร์บิกต่อกรัม [62] นอกจากนี้ยังมีรายงานของ Tan และคณะ (2013) [58] ตรวจพบปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในรกจันทน์ที่เพาะปลูกในรัฐปีนัง ประเทศมาเลเซียเท่ากับ 0.374 มิลลิกรัมสมมูลย์กรดแกลลิคต่อกรัม และมีรายงานพบว่าสารสกัดรกจันทน์เทศ 6 มิลลิกรัม พบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่สูงเทียบเท่าสารมาตรฐานทางการค้า BHA และ BHT [63]

4.2 ผลการศึกษากระบวนการสกัดต่อคุณภาพของน้ำมันบริโภคที่ผ่านการสกัดรกจันทน์เทศ

4.2.1 การศึกษาผลของอัตราส่วนการสกัดของรกจันทน์เทศต่อน้ำมันบริโภคที่ใช้ในการสกัด

สมบัติทางกายภาพ และเคมีของน้ำมันถั่วเหลืองที่ผ่านการสกัดรกจันทน์เทศด้วยอัตราส่วน 1:4 1:6 และ 1:8 แสดงดังตารางที่ 4.2

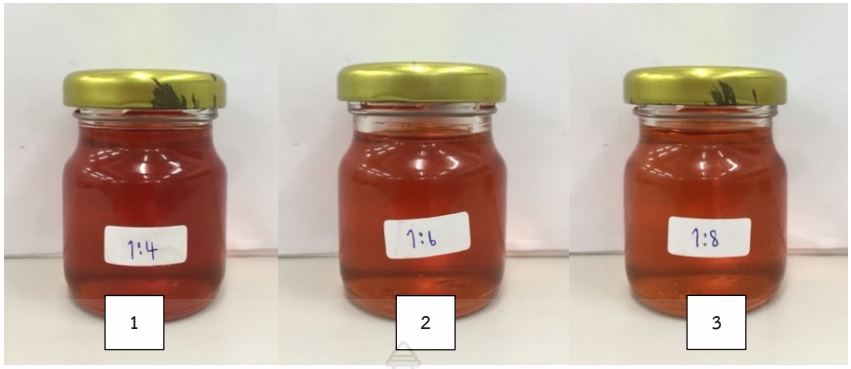
ตารางที่ 4.2 สมบัติทางกายภาพ และเคมีของน้ำมันถั่วเหลืองแต่ละอัตราส่วนที่ผ่านการสกัดรกจันทน์เทศ

สมบัติทางกายภาพและเคมี	**อัตราส่วน (รกจันทน์เทศ:น้ำมันถั่วเหลือง)**		
	1:4	**1:6**	**1:8**
L*	3.30±0.02[a]	3.25±0.04[a]	3.14±0.05[b]
a*	0.22±0.06[a]	0.14±0.10[a]	0.09±0.27[a]
b*	-0.66±0.10[b]	-0.40±0.06[a]	-0.31±0.10[a]
ความหนืด (cP)	68.67±0.58[a]	68.33±0.58[a]	68.22±0.67[a]
ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (mg GAE /g oil)	0.68±0.03[a]	0.58±0.06[b]	0.46±0.04[c]
กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (mg AAE /g oil)	0.58±0.001[a]	0.46±0.003[b]	0.40±0.005[c]

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวนอนที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กแตกต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<.05$)

L* = ค่าความสว่าง, a* = ค่าความเป็นสีแดง, b* = ค่าความเป็นสีเหลือง

ผลการประเมินสมบัติทางกายภาพของน้ำมันถั่วเหลืองที่ผ่านการสกัดรกจันทน์เทศมีสีแดงส้ม ดังภาพที่ 4.2 พบว่าอัตราส่วนการสกัดมีผลต่อค่าสีของน้ำมันสกัดรกจันทน์เทศที่ได้ ($p<.05$) โดยน้ำมันถั่วเหลืองที่ผ่านการสกัดอัตราส่วนเท่ากับ 1:4 มีค่าความสว่าง (L*) และความเป็นสีแดง (a*) มากที่สุดเท่ากับ 3.30 และ 0.22 โดยค่าความสว่าง (L*) มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อปริมาณของน้ำมันถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น ($p<.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าในอัตราส่วนการสกัดที่ 1:4 ให้น้ำมันถั่วเหลืองที่ผ่านการสกัดด้วยรกจันทน์เทศที่มีค่าความเป็นสีเหลือง (b*) น้อยที่สุดเท่ากับ -0.66



ภาพที่ 4.2 น้ำมันถั่วเหลืองสกัดรกจันทน์เทศทั้ง 3 อัตราส่วนได้แก่ (1) 1:4, (2) 1:6 และ (3) 1:8

การเพิ่มอัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองที่ใช้ในการสกัดไม่ส่งผลต่อค่าความหนืดของน้ำมันถั่วเหลืองที่ผ่านการสกัดด้วยรกจันทน์เทศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq .05$) โดยน้ำมันถั่วเหลืองที่ผ่านการสกัดรกจันทน์เทศมีความหนืดเท่ากับ 68 เซนติพ้อยส์ ซึ่งข้อมูลที่ได้นี้อาจจะเป็นผลดีต่อการประยุกต์ใช้น้ำมันสกัดที่ได้ที่ได้ในผลิตภัณฑ์อาหารโดยไม่ส่งผลต่อความหนืดของผลิตภัณฑ์

สมบัติทางเคมี ได้แก่ ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระที่ได้ของน้ำมันถั่วเหลืองสกัดรกจันทน์เทศ ผลการทดลองพบว่าอัตราส่วนในการสกัดมีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ ($p<.05$) ในน้ำมันถั่วเหลืองสกัดรกจันทน์เทศ โดยเมื่อเพิ่มปริมาณของน้ำมันถั่วเหลืองในการสกัดมีผลให้ค่าปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระมีแนวโน้มลดลง โดยอัตราส่วนที่สกัดด้วยน้ำมันถั่วเหลืองต่อรกจันทน์เทศ 1:4 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุดเท่ากับ 0.68 มิลลิกรัมสมมูลย์กรดแกลลิคต่อกรัม และมีกิจกรรมในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดเท่ากับ 0.58 มิลลิกรัมสมมูลย์กรดแอสคอร์บิกต่อกรัม รองลงมาได้แก่ อัตราส่วนที่ 1:6 และ 1:8 ตามลำดับ

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าชุดการทดลองที่ดีที่สุด คือ อัตราส่วนที่ 1:4 โดยในการทดลองครั้งนี้มีร้อยละผลผลิตที่สกัดได้เท่ากับ 40 อย่างไรก็ตามสามารถปรับสัดส่วนการสกัดที่ใช้รกจันทน์เทศเพิ่มขึ้นได้ แต่อาจมีข้อจำกัดของการสกัด การกรอง และร้อยละผลผลิตที่ได้

4.2.2 การศึกษาชนิดของน้ำมันบริโภคที่เหมาะสม

น้ำมันบริโภค 3 ชนิด ได้แก่ น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันปาล์ม และน้ำมันมะพร้าว ถูกนำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ เคมี และสารระเหย ของน้ำมันบริโภคชนิดต่าง ๆ ที่ผ่านการสกัดด้วยรกจันทน์เทศ แสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 สมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำมันบริโภคแต่ละชนิดที่ผ่านการสกัดรกจันทน์เทศ

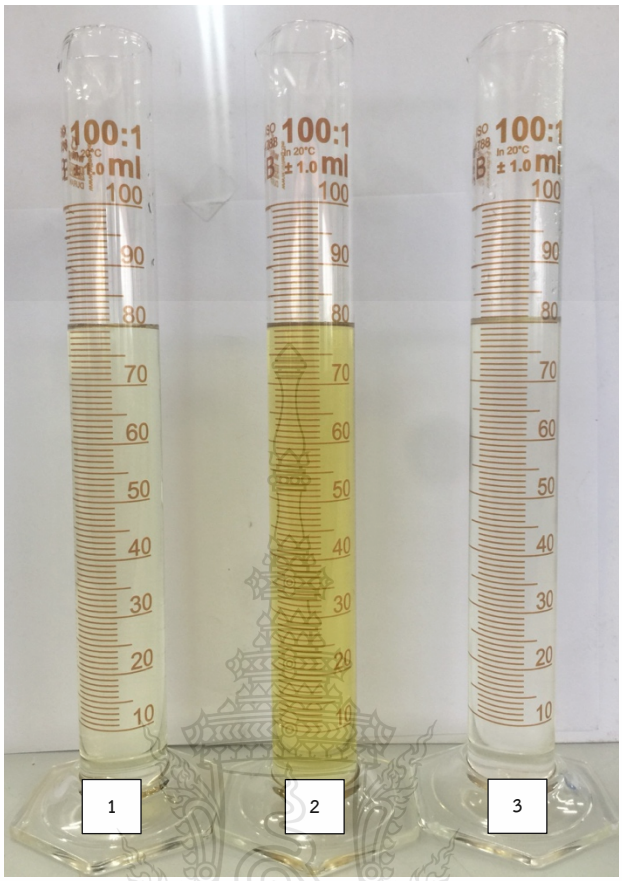
สมบัติทางกายภาพและเคมี	น้ำมันบริโภค					
	น้ำมันถั่วเหลือง[1]	น้ำมันถั่วเหลืองสกัดรกจันทน์เทศ	น้ำมันปาล์ม[2]	น้ำมันปาล์มสกัดรกจันทน์เทศ	น้ำมันมะพร้าว[3]	น้ำมันมะพร้าวสกัดรกจันทน์เทศ
L*	-	3.30±0.76^{a}	-	3.31±0.76^{a}	-	3.63±0.28^{a}
a*	-	0.25±0.12^{b}	-	0.43±0.14^{b}	-	2.79±0.40^{a}
b*	-	-0.46±0.06^{b}	-	-0.43±0.09^{b}	-	1.23±0.71^{a}
ความหนืด (cP)	-	68.67±0.58^{b}	-	79.33±0.58^{a}	-	66.67±0.58^{c}
ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (mg GAE/g oil)	0.002±0.0009	0.69±0.007^{a}	0.013±0.0011	0.46±0.015^{c}	0.001±0.0006	0.63±0.008^{b}
กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (mg AAE/g oil)	0.002±0.0002	0.58±0.005^{a}	0.005±0.0005	0.55±0.007^{b}	0.003±0.0002	0.56±0.003^{b}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวนอนที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กแตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<.05$)

L* = ความสว่าง, a* = ความเป็นสีแดง, b* = ความเป็นสีเหลือง

น้ำมันบริโภคทางการค้า ได้แก่ [1] น้ำมันถั่วเหลือง ยี่ห้อกุ๊ก [2] น้ำมันปาล์ม ยี่ห้อหยก [3] น้ำมันมะพร้าว ยี่ห้อแมนเนเจอร์

ผลการประเมินสมบัติทางกายภาพของน้ำมันบริโภคที่ผ่านการสกัดรกจันทน์เทศเปรียบเทียบกับน้ำมันบริโภคก่อนการสกัดแสดงดังภาพที่ 4.3 จากการสังเกตพบว่าน้ำมันบริโภคที่ผ่านการสกัดรกจันทน์เทศมีสีแดงส้มเพิ่มขึ้นแสดงดังภาพที่ 4.4 และพบว่าชนิดของน้ำมันบริโภคที่สกัดรกจันทน์เทศไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความสว่าง (L*) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq.05$) ในขณะที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ($p<.05$) โดยพบว่าค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ของสารสกัดในน้ำมันมะพร้าวมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 2.79 และ 1.23 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.3 ลักษณะปรากฏของน้ำมันบริโภคก่อนการสกัดทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ (1) น้ำมันถั่วเหลือง (2) น้ำมันปาล์ม และ (3) น้ำมันมะพร้าว

ภาพที่ 4.4 น้ำมันบริโภคที่ผ่านการสกัดรกจันทน์เทศทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ (1) น้ำมันถั่วเหลือง (2) น้ำมันปาล์ม และ (3) น้ำมันมะพร้าว

นอกจากนี้ยังพบว่าชนิดของน้ำมันบริโภคที่แตกต่างกันส่งผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อความหนืด ($p<.05$) โดยน้ำมันมะพร้าวที่ผ่านการสกัดด้วยรกจันทน์เทศ มีความหนืดต่ำที่สุดเท่ากับ 66.67 เซนติพ้อยส์

ชนิดของน้ำมันบริโภคมีผลต่อค่าปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ ของน้ำมันบริโภคที่ผ่านการสกัดด้วยรกจันทน์เทศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>.05$) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าน้ำมันถั่วเหลืองสามารถสกัดเอาสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดออกมาจากรกจันทน์เทศได้สูงที่สุดเท่ากับ 0.69 มิลลิกรัมสมมูลย์กรดแกลลิคต่อกรัม รองลงมาได้แก่ น้ำมันมะพร้าวที่สามารถสกัดเอาสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดออกมาจากรกจันทนเทศมีค่าเท่ากับ 0.63 มิลลิกรัมสมมูลย์กรดแกลลิคต่อกรัม ในขณะที่น้ำมันปาล์มมีความสามารถต่ำที่สุดในการสกัดเอาสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดออกมาจากรกจันทน์เทศเท่ากับ 0.46 มิลลิกรัมสมมูลย์กรดแกลลิคต่อกรัม

นอกจากนี้ยังพบว่าสารสกัดรกจันทน์เทศในน้ำมันถั่วเหลืองยังให้มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดเท่ากับ 0.59 มิลลิกรัมสมมูลย์กรดแอสคอร์บิกต่อกรัม รองลงมาได้แก่ สารสกัดรกจันทน์เทศในน้ำมันมะพร้าวมีค่าเฉลี่ยสูงเท่ากับ 0.56 มิลลิกรัมสมมูลย์กรดแอสคอร์บิกต่อกรัม และสารสกัดรกจันทน์เทศในน้ำมันปาล์มมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 0.55 มิลลิกรัมสมมูลย์กรดแอสคอร์บิกต่อกรัมตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระที่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน อย่างไรก็ตามน้ำมันถั่วเหลืองที่นำมาใช้ในการศึกษานี้เป็นน้ำมันบริโภคชนิดที่จำหน่ายทางการค้า ซึ่งมีการเติมวิตามินอีสูงถึงร้อยละ 7 ซึ่งวิตามินอี มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ [64] ดังนั้นสารต้านอนุมูลอิสระที่ตรวจวัดได้สูง จึงอาจเป็นผลเนื่องจากวิตามินอีที่เติมมาด้วย ในขณะที่น้ำมันมะพร้าวที่นำมาใช้ในการทดลอง เป็นชนิดที่เป็นน้ำมันมะพร้าวออร์แกนิค ซึ่งไม่มีการเติมสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มลงไป

จากผลการทดลองข้างต้นที่แสดงให้เห็นได้ว่าน้ำมันมะพร้าวมีความสามารถในการสกัดเอาสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดออกมาได้น้อยกว่าน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันบริโภคที่ผ่านการสกัดด้วยรกจันทน์เทศที่ได้นั้นมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระน้อยกว่าจึงนำไปสู่การพิสูจน์ทราบถึงชนิดของสารระเหยที่สกัดออกมาได้จากรกจันทน์เทศด้วยน้ำมันบริโภคที่ 3 ชนิด ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทรกราฟี (GC-MS) ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ชนิดและสารระเหยที่พบใน Methanolic extraction ของน้ำมันบริโภคที่ผ่านการสกัดรกจันทน์เทศ

ลำดับ	สารประกอบ	RT[A]	RI calc.[B]	RI lit.[C]	ลักษณะกลิ่น[C]	พื้นที่ใต้พีค (ร้อยละ)		
						น้ำมันถั่วเหลือง	น้ำมันปาล์ม	น้ำมันมะพร้าว
1	Terpinolene	14.33	1050.50	1088	turpentine, herbal	28.11^{a}	23.63^{b}	23.10^{c}
2	4-Terpineol acetate	17.18	1140.40	1350	sweet, herbal, floral	4.30^{a}	3.85^{b}	nd
3	α-Pinene	17.20	1141.05	937	pine, turpentine	nd	3.85^{b}	4.06^{a}
4	Isoeugenol	24.66	1398.19	1454	flower	17.85^{a}	15.79^{c}	17.57^{b}
5	Myristicin	26.33	1461.91	1518	spice, balsamic	3.43^{c}	3.77^{b}	3.92^{a}
6	Elemicin	26.79	1479.12	1554	spice, flower	7.50^{c}	8.53^{b}	9.62^{a}
7	Methoxy eugenol	28.16	1533.51	1608	sweet, flower	38.80^{c}	40.59^{b}	41.74^{a}

หมายเหตุ : [A] Rt = Retention time (min); [B] RI (retention index) was calculated using a homologous series of n-alkanes C_8-C_{17}; [C] RI (retention index) taken from Zhao (2019) [5] ; [D] ลักษณะกลิ่น แหล่งอ้างอิง : http://thegoodscentscompany.com/rawmatex.html.; nd = not detectable.

ผลการทดลองพบว่าชนิดของน้ำมันบริโภคมีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อชนิด และปริมาณที่ตรวจพบของสารระเหย ($p<.05$) จากผลการวิเคราะห์สามารถระบุชนิดของสารระเหยได้ 7 ชนิด ประกอบด้วยสารระเหยกลุ่ม Terpene ประเภท Monoterpene ได้แก่ Terpinolene, α-pinene และ 4-Terpineol acetate และสารกลุ่ม Aromatic ethers ได้แก่ Isoeugenol, Myristicin, Elemicin และ Methoxyeugenol มีลักษณะกลิ่นที่พบได้ในธรรมชาติทั่วไป ได้แก่ กลิ่นดอกไม้ สดชื่น หวาน หอม รากไม้ เครื่องเทศ สมุนไพร เป็นต้น [14] นอกจากนี้ยังพบการรายงานของ Zhao และคณะ. (2019) [5] ที่ได้ศึกษาองค์ประกอบของสารระเหยสำคัญในส่วนต่างๆของจันทน์เทศ ณ เมืองไห่หนาน ประเทศจีน

พบสารระเหยหลักได้แก่ α-pinene (1.84%), β-pinene (1.84%), Terpinen-4-ol (2.97%), Safrole (0.94%), Eugenol (0.46%), Isoeugenol (1.71%), Methyl isoeugenol (2.13%), Myristicin (5.76%) และ Elemicin (10.98%) เป็นต้น ซึ่งความแตกต่างของสารระเหยที่พบในจันทน์เทศ อาจเนื่องมาจากความแตกต่างของสภาพภูมิอากาศ พันธุ์พืช ปัจจัยของดิน และตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด

จากผลการทดลองข้างต้นแสดงให้เห็นว่าชุดการสกัดที่ใช้น้ำมันมะพร้าวสามารถสกัดสารสำคัญในรกจันทน์เทศออกมาได้ดีที่สุด โดยพบ Methoxyeugenol (4-allyl-2,6-dimethoxyphenol) สูงที่สุดเท่ากับ 41.74 เป็นสารระเหยในกลุ่ม phenolic ether ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของ Eugenol ไม่ละลายน้ำ พบได้ในพืชตระกูลจันทน์เทศ พริกไทย ใบกระวาน อบเชย และการบูร [65] มีลักษณะกลิ่นหอมหวาน คล้ายกลิ่นดอกไม้ มีสมบัติในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชัน [66] ยับยั้งจุลชีพ และเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ [67] โดยมีรายงานการศึกษาความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระในแบบจำลองสารประกอบฟีนอลและลิกนิน ได้แก่ Eugenol, Isoeugenol และ Methoxyeugenol พบว่ามีประสิทธิภาพสูงกว่าการใช้สารต้านอนุมูลอิสระทางการค้า BHT [68] สารระเหยที่พบรองลงมาได้แก่ Terpinolene เท่ากับ 23.10 เป็นสารกลุ่ม Monoterpene ไม่ละลายน้ำ พบได้ทั่วไปในพืชตระกูลจันทน์เทศ โรสแมรี่ ยี่หร่า แอปเปิล และต้นชา มีลักษณะกลิ่นหอมน้ำมันสน และสมุนไพร โดยมีรายงานถึงการยับยั้งการออกซิเดชัน และเชื้อรา [69] นอกจากนั้นยังพบ Myristicin และ Elemicin ซึ่งเป็นสารระเหยหลักในจันทน์เทศที่ได้มีการรายงานไว้ก่อนหน้านี้ [5], [6] อีกทั้งสารระเหยดังกล่าวยังเป็นสารแต่งกลิ่นรสที่มีสำคัญ พบว่ามีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 3.92 และ 9.62 ตามลำดับ รองลงมาได้แก่ น้ำมันปาล์มมีค่าเท่ากับ 3.77 และ 8.53 ตามลำดับ และในน้ำมันถั่วเหลืองมีค่าเท่ากับ 3.43 และ 7.50 ตามลำดับ ซึ่งการนำน้ำมันมะพร้าวมาเป็นตัวทำละลายทดแทนการใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ในครั้งนี้พบว่าสอดคล้องกับรายงานที่ได้ศึกษาการใช้น้ำมันมะพร้าวมาเป็นตัวทำละลายในพืชสมุนไพรของ เพ็ญศรี (2554) [49] ที่ได้ศึกษาการนำน้ำมันมะพร้าวมาใช้สกัดสารสำคัญในขิง พบว่าสามารถสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในขิงออกมาได้ดี มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงถึง 2.04 มิลลิกรัมสมมูลย์กรดแกลลิคต่อกรัม อีกทั้งในรายงานของ Perera และคณะ (2020) [70] ที่ศึกษาประสิทธิภาพทางกายภาพ เคมี ความเสถียรภาพทางความร้อน และการเก็บรักษาของน้ำมันมะพร้าวที่เติม Oleoresins ของสารสกัดจากขิง กระเทียม อบเชย เมล็ดจันทน์เทศ กานพลู และพริกไทยดำเปรียบเทียบกับน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ พบว่ามีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงในน้ำมันมะพร้าวที่เติม Oleoresins เนื่องจากในเครื่องเทศประกอบด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ และมีความเสถียรภาพทางความร้อนได้ดีกว่าน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ พบอัตราการเพิ่มขึ้นของกรดไขมันอิสระ ค่าเปอร์ออกไซด์ในระหว่างการเก็บรักษาแต่เพิ่มขึ้นช้ากว่าในน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ ซึ่งจากการที่น้ำมันมะพร้าวสามารถดึงสารสำคัญในรกจันทน์เทศออกมาได้มาก อาจเนื่องจากเป็นตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว และอุดมไปด้วยส่วนประกอบของกรดไขมันอิ่มตัว (saturated

fatty acid) ที่มีปริมาณกรดลอริก และไมริสติกสูง [71] เมื่อพิจารณาร่วมกับผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 4.3 จึงอธิบายได้ว่าในสารสกัดรกจันทน์เทศในน้ำมันมะพร้าวพบสารระเหยที่สำคัญในรกจันทน์เทศมากที่สุด และยังให้ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระที่สูง จึงได้พิจารณาคัดเลือกชุดการทดลองที่ดีที่สุดได้แก่ น้ำมันมะพร้าว มาใช้ในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์น้ำสลัดต้นแบบต่อไปในการทดลองที่ 3

4.3 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำมันบริโภคสกัดรกจันทน์เทศมาใช้ทดแทนในสูตรผลิตภัณฑ์น้ำสลัด

จากการศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำสลัดที่มีการทดแทนน้ำมันพืชในสูตรด้วยน้ำมันมะพร้าวที่ผ่านการสกัดด้วยรกจันทน์เทศ โดยการทดแทนในอัตราส่วนร้อยละ 0 10 15 และ 20 ของปริมาณน้ำมันพืชในสูตร ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสแสดงโดยคะแนนการยอมรับ 9-point hedonic scale แสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 คะแนนการยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำสลัดต้นแบบที่มีส่วนผสมของน้ำมันมะพร้าวที่ผ่านการสกัดรกจันทน์เทศ

สูตร	การยอมรับของผู้บริโภค					
	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่นรส	รสชาติ	ความหนืด	ความชอบโดยรวม
1	7.36±0.98^{b}	7.28±0.95^{a}	7.10 ±1.04^{a}	7.84±0.74^{a}	7.36±0.83^{a}	7.50±0.84^{b}
2	7.78±1.09^{a}	7.58±1.11^{a}	7.28 ±1.20^{a}	7.88±0.87^{a}	7.46±0.91^{a}	7.86±0.76^{a}
3	7.16±0.84^{bc}	6.70±0.97^{b}	6.70 ±0.91^{b}	6.96±0.81^{b}	7.16±0.98^{a}	6.82±0.80^{c}
4	6.82±1.29^{c}	6.06±1.27^{c}	6.18 ±1.53^{c}	6.82±1.12^{b}	7.12±0.94^{a}	6.70±1.05^{c}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวนอนที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กแตกต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<.05$)

สูตรที่ 1 น้ำสลัดที่ไม่มีการทดแทนน้ำมันมะพร้าวสกัดรกจันทน์เทศ

สูตรที่ 2 น้ำสลัดทดแทนน้ำมันพืชในสูตรด้วยน้ำมันมะพร้าวสกัดรกจันทน์เทศร้อยละ 10

สูตรที่ 3 น้ำสลัดทดแทนน้ำมันพืชในสูตรด้วยน้ำมันมะพร้าวสกัดรกจันทน์เทศร้อยละ 15

สูตรที่ 4 น้ำสลัดทดแทนน้ำมันพืชในสูตรด้วยน้ำมันมะพร้าวสกัดรกจันทน์เทศร้อยละ 20

จากผลคะแนนการยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำสลัดที่มีส่วนผสมของน้ำมันมะพร้าวสกัดรกจันทน์เทศ พบว่าระดับการทดแทนมีผลต่อคะแนนการยอมรับผลิตภัณฑ์ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ และความชอบโดยรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<.05$) โดยพบว่าในน้ำมันมะพร้าวสกัดรกจันทน์เทศให้ลักษณะสีแดงส้ม เมื่อนำมาทดแทนในผลิตภัณฑ์น้ำสลัดทำให้น้ำสลัดที่ได้มีแดงส้มเพิ่มขึ้น ซึ่งมีผลทำให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านสีมีแนวโน้มลดลงมีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสีของน้ำมันที่สกัดรกจันทน์เทศมีผลต่อลักษณะสีของผลิตภัณฑ์น้ำสลัดที่มีความแตกต่างกันจากสีของชุดควบคุม (สูตรที่ 1) ดังแสดงในภาพ 4.5 โดยพบว่าน้ำสลัดสูตรที่ 2 ได้รับคะแนนการยอมรับดีที่สุด ได้รับคะแนนความชอบปานกลาง ทั้งในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ ความหนืด และความชอบโดยรวม ซึ่งมีค่าเท่ากับ 7.78 7.58 7.28 7.88 7.46 และ 7.86 ตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่ 1 พบว่าน้ำสลัดสูตรที่ 2 มีผลคะแนนการยอมรับที่สูงกว่า แสดงถึงการยอมรับของผู้บริโภคในการเติมสารสกัดรกจันทน์ในน้ำสลัดได้ นอกจากนี้ยังพบว่าการทดแทนน้ำมันมะพร้าวสกัดรกจันทน์เทศไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq.05$) ต่อคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคในด้านความหนืดของน้ำสลัด แต่อย่างไรก็ตามคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคมีแนวโน้มลดลงซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าน้ำสลัดที่ได้รับการยอมรับไม่ควรมีความหนืดมากจนเกินไป ซึ่งอาจทำให้ง่ายต่อการนำไปคลุกเคล้ากับผักสลัด ทั้งนี้การทดแทนปริมาณของน้ำมันมะพร้าวสกัดรกจันทน์เทศที่มากกว่าร้อยละ 10 พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับเรื่อง ลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ ลดลงตามลำดับ อาจอธิบายได้ว่าการทดแทนด้วยน้ำมันมะพร้าวสกัดรกจันทน์เทศเพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลต่อคะแนนทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค เนื่องจากในรกจันทน์เทศ มีกลิ่นเฉพาะตัว และมีรสชาติเผ็ดร้อน

ภาพที่ 4.5 ผลิตภัณฑ์น้ำสลัดต้นแบบที่มีส่วนผสมของน้ำมันมะพร้าวที่ผ่านการสกัดรกจันทน์เทศ

หมายเหตุ : (1) น้ำสลัดที่ไม่มีการทดแทนน้ำมันมะพร้าวสกัดรกจันทน์เทศ

(2) น้ำสลัดทดแทนน้ำมันพืชในสูตรด้วยน้ำมันมะพร้าวสกัดรกจันทน์เทศร้อยละ 10

(3) น้ำสลัดทดแทนน้ำมันพืชในสูตรด้วยน้ำมันมะพร้าวสกัดรกจันทน์เทศร้อยละ 15

(4) น้ำสลัดทดแทนน้ำมันพืชในสูตรด้วยน้ำมันมะพร้าวสกัดรกจันทน์เทศร้อยละ 20

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 รกจันทน์เทศ มีลักษณะเป็นเยื่อหุ้มสีแดงเข้ม มีค่าสี ได้แก่ ค่า L*, a* และ b* เท่ากับ 29.25, 33.25 และ 19.39 ตามลำดับ มีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 1.39 กรัม มีความกว้าง และความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 2.14 และ 3.11 เซนติเมตร ตามลำดับ มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิระ เท่ากับ 1.702 มิลลิกรัมสมมูลย์กรดแกลลิกต่อกรัม และ 0.433 มิลลิกรัมสมมูลย์กรดแอสคอร์บิกต่อกรัม ตามลำดับ

5.1.2 อัตราส่วนการสกัด และชนิดของน้ำมันบริโภคมีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อคุณภาพของน้ำมันที่ผ่านการสกัดด้วยรกจันทน์เทศ ($p<.05$) อัตราส่วนการสกัดที่ 1:4 (รกจันทน์เทศ:น้ำมันมะพร้าว) เป็นสภาวะที่เหมาะสมทำให้ได้น้ำมันที่ผ่านสกัดด้วยรกจันทน์เทศมีสีแดงส้ม มีค่าสี ได้แก่ ค่า L*, a* และ b* เท่ากับ 3.63, 2.79 และ 1.23 ตามลำดับ มีความหนืดเท่ากับ 66.67 เซนติพ้อยส์ มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดเท่ากับ 0.63 มิลลิกรัมสมมูลย์กรดแกลลิคต่อกรัม และ 0.56 มิลลิกรัมสมมูลย์กรดแอสคอร์บิกต่อกรัม ตามลำดับ

5.1.3 อัตราส่วนการสกัด และชนิดของน้ำมันบริโภคมีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อชนิดและปริมาณของสารระเหย ($p<.05$) พบว่าน้ำมันมะพร้าวที่ผ่านการสกัดด้วยรกจันทน์เทศสามารถสกัดสารสำคัญในรกจันทน์เทศออกมาได้ดีที่สุด พบสารระเหยประเภทเทอร์พีนและอนุพันธ์ 6 ชนิด ได้แก่ Terpinolene (23.10%), α-pinene (4.06%), Isoeugenol (17.57%), Myristicin (3.92%), Elemicin (9.62%) และ Methoxyeugenol (41.74%)

5.1.4 การทดแทนด้วยน้ำมันที่ผ่านการสกัดด้วยรกจันทน์เทศมีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อคะแนนการยอมรับน้ำสลัดเพื่อสุขภาพ ($p<.05$) พบว่าการทดแทนที่ร้อยละ 10 ของปริมาณน้ำมันในสูตรได้รับการยอมรับมากที่สุด มีคะแนนความชอบปานกลางดังนี้ ลักษณะปรากฏ (7.78) สี (7.58) กลิ่น (7.28) รสชาติ (7.88) ความหนืด (7.46) และความชอบโดยรวม (7.86)

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์น้ำสลัดต้นแบบที่มีส่วนผสมของน้ำมันบริโภคสกัดรกจันทน์เทศ เพื่อให้เกิดความปลอดภัยกับผู้บริโภค

5.2.2 น้ำมันบริโภคสกัดรกจันทน์เทศจากน้ำมันบริโภค 3 ชนิด ได้แก่ น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันปาล์ม และน้ำมันมะพร้าว มีลักษณะทางกายภาพ เช่น สี และความหนืด แตกต่างกันออกไป จึงควรมีการศึกษาความเหมาะสมของน้ำมันบริโภคแต่ละชนิดเพื่อนำไปใช้ในการประกอบอาหารเพื่อสุขภาพต่อไป

บรรณานุกรม

[1] G. Periasamy, A. Karim, M. Gibrelibanos, G. Gebremedhin, and A.H. Gilani, “Nutmeg (Myristica Fragrans HOUTT.) Oils,” in *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety*, V.R. Preedy, Eds., ed, San Diego : Academic Press, 2016, pp. 607-616.

[2] อุทยานการอาชีพชัยพัฒนา, *จันทน์เทศ สรรพคุณและประโยชน์ของต้นจันทน์เทศ ลูกจันทน์* (ออนไลน์), 2562, Available: chaipatpark.com/tips/ศูนย์การเรียนรู้อุทยาน-พรรณไม้/item/776-จันทน์เทศ.html, (15 มีนาคม 2563).

[3] S. Chatterjee, Z. Niaz, S. Gautam, S. Adhikari, P.S. Variyar, and Sharma, A., “Antioxidant activity of some phenolic constituents from green pepper (Piper nigrum L.) and fresh nutmeg mace (*Myristica fragrans*),” *Food Chemistry*, vol. 101, pp. 515-523, 2007.

[4] S. Champasuri and A. Itharat, “Bioactivities of Ethanolic Extracts of Three Parts (Wood Nutmeg and Mace) from *Myristica fragrans* Houtt,” *Journal of The Medical Association of Thailand*, vol. 99, No. 4, pp. 124-130. 2016.

[5] X. Zhao, H. Wu, J. Wei, and M. Yang, “Quantification and characterization of volatile constituents in *Myristica fragrans* Houtt. by gas chromatography-mass spectrometry and gas chromatography quadrupole-time-of-flight mass spectrometry,” *Industrial Crops & Products*, vol. 130, pp. 137-145, 2019.

[6] J. Rema, and B. Krishnamoorthy, “Nutmeg and mace,” In *Handbook of Herbs and Spices,* UK : CRC Woodhead Publishing Limited, 2012, pp. 238-247.

[7] Y. Ozaki, S. Soedigdo, Y.R. Wattimena, and A.G. Suganda, “Antiinflammatory Effect of Mace, Aril of *Myristica fragrans* HOUTT and Its Active Principles,” *Japanese Journal of Pharmacology,* vol. 49, pp. 155-163, 1989.

[8] S.F. Hamed, “Edible Oil as an Alternate Solvent for Extraction of Antioxidant Components from Natural Herbs,” *Journal of Applied Sciences Research*. vol. 2 No. 9, pp. 567-571. 2006.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[9] G. Arumugam, B. Purushotham, and M.K. Swamy, "*Myristica fragrans* Houtt.: Botanical, Pharmacological and Toxicological Aspects," in *Natural Bio-active Compounds*, K.S. Mallappa, and S.A. Mohd, Eds., ed, Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2019, pp. 81-100.

[10] สมคิด ดำน้อย, อนงค์นาฏ พรหมทสาร, วิริยา ประจิมพันธ์, อุดมพร เสือมาก และพงษ์มานิตย์ ไทยแท้, "การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตจันทน์เทศในพื้นที่ภาคใต้," *รายงานโครงการวิจัย, กรมวิชาการเกษตร,* สุราษฎร์ธานี, 2558, 37 หน้า.

[11] สถาบันการแพทย์แผนไทย กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข, "จันทน์เทศ," ใน *สมุนไพรกับวัฒนธรรมไทย ตอนที่ ๓ พรรณไม้หอม*. 2542. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก, 2542, หน้า 46.

[12] สำนักโครงการพระราชดำริและกิจการพิเศษ กรมป่าไม้, "จันทน์เทศ," ใน *ต้นไม้ทรงปลูกในรัชกาลที่ ๙.* 2561. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : ห้างหุ้นส่วนจำกัด พรี-วัน, 2561, หน้า 29-30.

[13] M.T. Ha, N.K. Vu, T.H. Tran, J.A. Kim, M.H. Woo, and B.S. Min, "Phytochemical and pharmacological properties of *Myristica fragrans* Houtt.: an updated review," *Archives of Pharmacal Research*, pp. 1067-1092, 2020.

[14] N.F.S. Morsy, "A comparative study of nutmeg (*Myristica fragrans* Houtt.) oleoresins obtained by conventional and green extraction techniques," *Journal of Food Technology*, vol. 53, pp. 3770–3777, 2016.

[15] J.N. Meetha, P. Muhammadali, I.M. Joy, R. Mahendran, and A. Santhakumaran, "Pulsed microwave assisted hot air drying of nutmeg mace for better colour retention," *Journal of Spices Aromatic and Crops,* vol. 1, pp. 1-82, 2014.

[16] A. Piras, A. Rosa, B. Marongiu, A. Atzeri, M.A. Dessì, D. Falconieri, and S. Porcedda, "Extraction and separation of volatile and fixed oils from seeds of *Myristica fragrans* by supercritical CO_2: Chemical composition and cytotoxic activity on Caco-2 cancer cells," *Journal of Food Science,* vol. 77, pp. 448-453, 2012.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[17] P.G. Rossi, L. Bao, A. Luciani, J. Panighi, J.M. Desjobert, J. Costa, J. Casanova, J.M. Bolla, and L. Berti, "(E)-Methylisoeugenol and Elemicin: Antibacterial Components of *Daucus carota* L. Essential Oil against *Campylobacter jejuni," Journal of Agricultural and Food Chemistry,* vol. 55, pp. 7332-7336, 2007.

[18] P.G. Rossi, L. Berti, J. Panighi, A. Luciani, J. Maury, and A. Muselli, "Antibacterial Action of Essential Oils from Corsica," *Journal of Essential Oil Research*, vol. 19, pp. 176-182, 2007.

[19] V. Adiani, S. Gupta, S. Chatterjee, P.S. Variyar, and A. Sharma, "Activity guided characterization of antioxidant components from essential oil of Nutmeg (*Myristica fragrans*)," *Journal of Food science and Technology,"* vol. 52, No. 1, pp. 221-230, 2015.

[20] O.A. Olajide, F.F. Ajayi, A.I. Ekhelar, S.O. Awe, J.M. Makinde, and A.R.A. Alada, "Biological Effects of *Myristica fragrans* (Nutmeg) Extract," *Phytotherapy Research*. vol. 13, pp. 344-345, 1999.

[21] S.S. Al-Rawi, A.H. Ibrahim, N.N.N.A. Rahman, M.M.B. Nama, A.M.S.A. Majid, and M.O.A. Kadir, "The effect of supercritical fluid extraction parameters on the nutmeg oil extraction and its cytotoxic and antiangiogenic properties," *Procedia Food Science,* vol. 1, pp. 1946-1952, 2011.

[22] S.P. Piaru, R. Mahmud, A.M.S.A. Majid, S. Ismail, and C.N. Man, "Chemical composition, antioxidant and cytotoxicity activities of the essential oils of *Myristica fragrans* and *Morinda citrifolia*," *Journal of The Science of Food and Agriculture,* vol. 92, pp. 593–597, 2012.

[23] S.P. Piaru, R. Mahmud, A.M.S.A. Majid, Z. Daoud, and Z.D.M. Nassar, "Antioxidant and antiangiogenic activities of the essential oils of *Myristica fragrans* and *Morinda citrifolia*," Asian Pacific Journal of Tropical Medicine, vol. 5, pp. 294-298, 2012.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[24] P.H. Nguyen, T.V.T. Le, H.W. Kang, J. Chae, S.K. Kim, K. Kwon, D.B. Seo, S.J. Lee, and W.K. Oh, "AMP-activated protein kinase (AMPK) activators from Myristica fragrans (nutmeg) and their anti-obesity effect," *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, vol. 20, pp. 4128–4131, 2010.

[25] M. Alibabaie, and M.H. Safaralizadeh, "Fumigant Toxicity of Nutmeg Seed Essential Oil (*Myristica fragrans* Houtt.) (MF, Myristicaceae) on Cowpea Weevil, Callosobruchus maculatus F. (Coleoptera: Bruchidae)," in *New Horizons in Insect Science: Towards Sustainable Pest Management,* A.K. Chakravarthy, Eds., ed, Springer India. 2015, pp. 127-133.

[26] I. Kostic, O. Petrovic, S. Milanovic, Z. Popovic, S. Stankovic, G. Todorovic, and M. Kostic, "Biological activity of essential oils of *Athamanta haynaldii* and *Myristica fragrans* to gypsy moth larvae," *Industrial Crops and Products*, vol. 41, pp. 17-20, 2013.

[27] Y. Cho, K.H. KIM, J.S. SHIM, and J.K. Hwang, "Inhibitory Effects of Mace lignan Isolated from *Myristica fragrans* HOUTT. on Melanin Biosynthesis," *Biological & Pharmaceutical Bulletin*, vol. 5, pp. 986-989, 2008.

[28] H.C. Chung, M.S. Kim, S.Y. Mun, B.K. Sa, J.Y. Chung, D.U. Kim, and J.K. Hwang, "Effect of Oral Administration of Nutmeg Extract on American House Dust Mite (*Dermatophagoides farinae*) Extract-induced Atopic Dermatitis-like Skin Lesions in NC/Nga Mice," *Food Science and Biotechnology*, vol. 21, No. 2, pp. 559-564, 2012.

[29] M. Parle, D. Dhingra, and S.K. Kulkarni, "Improvement of Mouse Memory by *Myristica fragrans* Seeds," *Journal of Medicinal Food,* vol. 7, No. 2, pp. 157–161. 2004.

[30] M. Akram, and A. Nawaz, "Effects of medicinal plants on Alzheimer's disease and memory deficits," *Neural Regeneration Research*, vol. 12, No. 4, pp. 660-670, 2017.

[31] D. Dhingra, M. Parle, and S.K. Kulkarni, "Comparative Brain Cholinesterase-Inhibiting Activity of *Glycyrrhiza glabra*, *Myristica fragrans*, Ascorbic Acid and Metrifonate in Mice," *Journal of Medicinal Food*, vol. 9, No. 2, pp. 281–283, 2006.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[32] T. Morita, K. Jinno, H. Kawagishi, Y. Arimoto, H. Suganuma, T. Inakuma, and K. Sugiyama, "Hepatoprotective Effect of Myristicin from Nutmeg (*Myristica fragrans*) on Lipopolysaccharide/D-Galactosamine-Induced Liver Injury," *Journal of Agricultural and food chemistry,* vol. 51, pp. 1560–1565, 2003.

[33] M.A. Kareem, G.S. Krushna, S.A. Hussain, and K.L. Devi, "Effect of Aqueous Extract of Nutmeg on Hyperglycaemia, Hyperlipidaemia and Cardiac Histology Associated with Isoproterenol-induced Myocardial Infarction in Rats," *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*. vol. 8, No. 4, pp. 337-344, 2009.

[34] Tajuddin., S. Ahmad, A. Latif, and I.A. Qasmi, "Aphrodisiac activity of 50% ethanolic extracts of *Myristica fragrans* Houtt. (nutmeg) and *Syzygium aromaticum* (L) Merr. & Perry. (clove) in male mice: a comparative study," *MC Complementary and Alternative Medicine*. vol. 3, pp. 6-12, 2003.

[35] Tajuddin., S. Ahmad, A. Latif, I.A. Qasmi, and K.M.Y. Amin, "An experimental study of sexual function improving effect of *Myristica fragrans* Houtt. (nutmeg)," *MC Complementary and Alternative Medicine*, vol. 5, No. 6, pp. 1-9, 2005.

[36] S. Kulkarni, F.A. DeSantos, S. Kattamuri, S.J. Rossi, and M.S. Brewer, "Effect of grape seed extract on oxidative, color and sensory stability of a pre-cooked, frozen, re-heated beef sausage model system," *Meat Science*. vol. 88, pp. 139–144, 2011.

[37] ศรินญา สังขสัญญา, ขวัญหทัย จันทร์แจ่ม และเบญจรัตน์ หลวงชนะ, "ความเป็นไปได้ในการใช้เปลือกจันทน์เทศเพื่อเป็นแหล่งของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำจันทน์เทศพร้อมดื่ม," *วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์*, ปีที่ 4, ฉบับที่ 1, หน้า 45-49, 2560.

[38] H.J.D. Dorman, and S.G. Deans, "Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils," *Journal of Applied Microbiology*, vol. 88, pp. 308–316, 2000.

[39] A.D. Gupta, V.K. Bansal, V. Babu, and N. Maithil, "Chemistry, antioxidant and antimicrobial potential of nutmeg (*Myristica fragrans* Houtt)," *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, vol. 11, pp. 25–31, 2013.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[40] I. Rodianawati, P. Hastuti, and M.N. Cahyanto, "Nutmeg's (*Myristica fragrans* Houtt) Oleoresin: Effect of Heating to Chemical Compositions and Antifungal Properties," *Procedia Food Science,* vol. 3, pp. 244 – 254, 2015.

[41] S.F. Sulaiman, and K.L. Ooi, "Antioxidant and anti food-borne bacterial activities of extracts from leaf and different fruit parts of *Myristica fragrans* Houtt," *Food Control*, vol. 25, pp. 533-536, 2012.

[42] K. Yamazaki, T. Yamamoto, Y. Kawai, and N. Inoue, "Enhancement of antilisterial activity of essential oil constituents by nisin and diglycerol fatty acid ester," *Food Microbiology*, vol. 21, pp. 283–289. 2004.

[43] รัตนา อินทรานุปกรณ์, "การเตรียมสารสกัดจากสมุนไพร" ใน *สารสกัดจากสมุนไพร: การเตรียมและการแยกสาระสำคัญด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟี,* พิมพ์ครั้งที่ 2. โครงการสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยหัวเฉียว เฉลิมพระเกียรติ, 2556, 315 หน้า.

[44] P. Hanmoungjai, L. Pyle, and K. Niranjan, "Extraction of rice bran oil using aqueous media," *Chemical Technology and Biotechnology,* vol. 5, No. 16, pp. 237-245, 2000.

[45] สุกัญญา ขันติมงคล, และอรสา สุริยาพันธ์, "สมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระดีพีพีเอชของสารสกัดจากเมล็ดมะละกอพันธุ์แขกดำ," *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร.* ปีที่ 38, ฉบับที่(พิเศษ) 6, หน้า 46-49, 2550.

[46] ชัญญรินทร์ สมพร, ธีระ เวียงฆ้อง, และอณิสณี แทนอาษา, "การศึกษาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในผักติ้ว," *วารสารการเกษตรราชภัฏ*, ปีที่ 15, ฉบับที่ 2, หน้า 17-24, 2559.

[47] E. Yara-Varón, Y. Li, M. Balcells, R. Canela-Garayoa, A.S. Fabiano-Tixier, and F. Chemat, "Vegetable Oils as Alternative Solvents for Green Oleo Extraction, Purification and Formulation of Food and Natural Products," *Molecules*, vol. 22, No. 1474, pp. 1-24. 2017.

[48] A.M. Goula, M. Ververi, A. Adamopoulou, and K. Kaderides, "Green ultrasound-assisted extraction of carotenoids from pomegranate wastes using vegetable oils," *Ultrasonics Sonochemistry*, vol. 34, pp. 821–830, 2016.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[49] เพ็ญศรี เพ็ญประไพ, “ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากขิงสด,” *การประชุมวิชาการนานาชาติ* มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ภูเก็ตวิจัย, ฉบับที่ 4, หน้า 42-46, 2554.

[50] L. Ying, F.T. Anne-Sylvie, and C. Farid, “Essential Oils: From Conventional to Green Extraction” in *Essential Oils as Reagents in Green Chemistry*, Springer Briefs in Green Chemistry for Sustainability. 2013, pp.9-20.

[51] G.S. Sonavane, V.P. Sarveiya, V.S. Kasture, and S.B. Kasture, “Anxiogenic activity of *Myristica fragrans* seeds,” *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, vol. 71, pp. 239-244, 2002.

[52] W. Zhao, F. Song, D. Hu, H. Chen, Q. Zhai, W. Lu, J. Zhao, H. Zhang, W. Chen, Z. Gu, and G. Wang, “The Protective Effect of *Myristica fragrans* Houtt. Extracts Against Obesity and Inflammation by Regulating Free Fatty Acids Metabolism in Nonalcoholic Fatty Liver Disease,” *Nutrients,* vol. 12, No. 9, pp.1-19, 2020.

[53] แม้น อมรสิทธิ์, “แก๊สโครมาโทกราฟี/แมสสเปกโทรเมตรี (GC/MS),” *หลักการและเทคนิคการวิเคราะห์เชิงเครื่องมือ*, พิมพ์ครั้งที่ 2. ฉบับปรับปรุงใหม่ 22, กรุงเทพฯ : ชวนพิมพ์, 2555, 623 หน้า

[54] ทวีภรณ์ คีรีคช, ธวัชชัย ศรีสุวรรณ, ณัฐนรี แสงแก้ว, ศุภกานต์ พิสิฐศุภกลุ, เบญจวรรณ ทองเคลื่อน, และสนั่น ศุภธีรสกุล, “การเปรียบเทียบคุณภาพเมล็ดจันทน์เทศจากไทยและอินโดนีเซีย,” *วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ,* ปีที่ 21, ฉบับที่ 2, หน้า 34-42, 2561.

[55] วาสนา นาราศรี, “น้ำสลัดสุขภาพสไตล์ญี่ปุ่น” *วารสารอาหาร,* ปีที่ 41, ฉบับที่ 3, หน้า 240-242, 2554.

[56] เพ็ญศิริ คงสิทธิ์, “ปริมาณฟักข้าวที่เหมาะสมในการทำน้ำสลัดชนิดข้น,” *วารสารเกษตร*, ปีที่ 33, ฉบับที่ 1, หน้า 153-161, 2560.

[57] K. Nikovska, G. Stefanova, L. Stefanov, S. Damyanova, A. Stoyanova, and O. Gubenia, “Influence of adding of laurel essential oil extracts on salad dressings properties,” *Ukrainian Food Journal*, vol. 6, No. 3, pp. 433-442, 2017.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[58] K.P. Tan, H.E. Khoo, and A. Azrina, "Comparison of antioxidant components and antioxidant capacity in different parts of nutmeg (*Myristica fragrans*)," *International Food Research Journal,*. vol. 20, pp. 1049-1052, 2013.

[59] S. Sangkasanya, P. Sutthipong, N. Chawanthat, and N. Phisut, "Red aril and yellow pulp from Gac fruit (*Momordica cochinchinensis* Spreng) as a source of biologically active ingredients for functional drink: Effect of formulation," in *The Proceeding of the 18th Food Innovation Asia Conference,* Bangkok, Thailand, 2016, pp. 215-222.

[60] E. Fuentes, M.E. Báez, M. Bravo, C. Cid, and F. Labra "Determination of Total Phenolic Content in Olive Oil Samples by UV–visible Spectrometry and Multivariate Calibration," *Food Analysis Methods,* vol. 5, pp. 1311-1319, 2012.

[61] วัลลภ บรรจง, "การพัฒนาน้ำสลัดครีมเข้มข้นคอเลสเตอรอลต่ำ" *วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต,* มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2550.

[62] S. Tinrat, "Antioxidant Activities and Total Phenolic Content of Multi-colored Fruits and Vegetables in Thailand," *Research of Journal*, vol. 21, pp. 1-11, 2016.

[63] G. Singh, P. Marimuthu, D.C. Heluani, and C. Catalan, "Antimicrobial and antioxidant potentials of essential oil and acetone extract of *Myristica fragrans* Houtt. (Aril Part)," *Journal of Food Science*, vol. 70, pp. 141–148. 2006.

[64] S. Rizvi, S.T. Raza, F. Ahmed, A. Ahmad, S. Abbas, and F. Mahdi, "The Role of Vitamin E in Human Health and Some Diseases," *Sultan Qaboos University Medical Journal,* vol. 14, No. 2, pp. 157-165. 2013.

[65] M.E. Hidalgo, C.D. la Rosa, H. Carrasco, W. Cardona and C. Gallardo, "Antioxidant Capacity of Eugenol Derivatives," *Quimica Nova,* vol. 32, No. 6, pp. 1467-1470, 2009.

[66] J.E. Malti, N. Bourhim, and H. Amarouch, "Toxicity and Antibacterial Effect of Mace of *Myristica fragrans* used in Moroccan Gastronomy: Biochemical and Histilogical Impact," *Journal of Food Safety*, vol. 28, No. 3, pp. 422-441, 2008.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[67] V. Lopez, J. Gerique, E. Langa, C. Berzosa, M.S. Valero and C.G. Rincon, "Antihelmintic effects of nutmeg (*Myristica fragans*) on *Anisakis simplex* L3 larvae obtained from *Micromesistius potassou*," *Research in Veterinary Science,* vol. 100, pp. 148-152, 2015

[68] L.R.C. Barclay, F. Xi and J.Q. Norris, "Antioxidant Properties of Phenolic Lignin Model Compounds," *Journal of Wood Chemistry and Technology,* vol. 17, pp. 73-90, 1997.

[69] E. Aydin, H. Turkez and S. Tasdemir, "Anticancer and Antioxidant Properties of Terpinolene in Rat Brain Cells," *Archives of Industrial Hygiene and Toxicogy,* vol. 64, pp. 415-424, 2013.

[70] D.N. Perera, G.G. Hewavitharana, and S.B. Navaratne, "Determination of Physicochemical and Functional Properties of Coconut Oil by Incorporating Bioactive Compounds in Selected Spices," *Journal of Lipids,* vol. 2020, pp. 1-11, 2020.

[71] V. Kostik, S. Memeti and B. Bauer, "Fatty acid composition of Edible oils and fats," Journal of Hygienic Engineering and Design, vol. 4, pp. 112-116. 2013.

ภาคผนวก ก
การวิเคราะห์ทางกายภาพ

1. การวัดค่าสีด้วยเครื่อง Hunter lab

อุปกรณ์

1. เพลทเพาะเชื้อ
2. บีกเกอร์

เครื่องมือ

เครื่องวัดค่าสี Hunter lab

วิธีการวิเคราะห์

1. กดปุ่ม On-Off
2. ทำการปรับค่ามาตรฐานเครื่อง (Calibration) โดยใช้แผ่นเทียบสีดำมาตรฐาน แผ่นเทียบสีขาวมาตรฐาน (L*= 93.55, a*=-1.06, b*= 1.43)
3. ใส่ตัวอย่างแล้วนำไปวางในตำแหน่งที่วัดค่าสี
4. ค่าสีที่วัดได้เป็น L* a* b*
5. ทำตัวอย่างละ 30 ครั้ง และเลือกตัวอย่างที่มีค่าใกล้เคียงกันมา 3 ครั้ง
6. พร้อมบันทึกผลการทดลอง

L* คือ ค่าที่บ่งบอกความสว่าง (Lightness facter) ของสีมีค่าจาก 0 คือสีดำ ถึง 100 คือสีขาว

a* คือ ค่าที่บ่งบอกความเป็นสีเขียวและสีแดง (Greeness/Redness) ที่อยู่ในตัวอย่าง โดยค่าเป็นบวกแสดงถึงความเป็นสีแดง ค่าเป็นลบแสดงความเป็นสีเขียว

b* คือ ค่าที่บ่งบอกความเป็นสีน้ำเงินและสีเหลือง(Blueness/Yellowness)ที่อยู่ในตัวอย่าง โดยค่าเป็นบวกแสดงถึงความเป็นสีเหลือง ค่าเป็นลบแสดงถึงความเป็นสีน้ำเงิน

2. การวัดค่าความหนืด

อุปกรณ์

1. บีกเกอร์
2. แท่งแก้วคนสาร

เครื่องมือ

Brookfield Viscometer รุ่น DV I

วิธีการวิเคราะห์

1. ใช้ spindle เบอร์ L1 ในการวัดค่าตัวอย่างครั้งนี้ โดยใช้ความเร็วรอบในการหมุน 160 rpm ติด spindle เข้ากับแกนของเครื่องวัด จากนั้นจุ่มลงในตัวอย่างน้ำมัน (อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส) ปริมาตร 200 มิลลิลิตร ที่ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร โดยให้ร่องของ spindle อยู่ระดับเดียวกับผิวหน้าของตัวอย่างน้ำมัน.

2. ตั้งค่าเครื่องวัดความหนืด โดยตั้งค่าขนาดหัวเข็ม และความเร็วรอบในการหมุนตามที่กำหนด

3. เปิดสวิตท์ของเครื่องเพื่อวัดค่าความหนืด โดยให้ spindle หมุนจนกว่าตัวเลขที่ปรากฏบนหน้าจอคงที่

4. อ่านค่าความหนืดที่วัดได้บนหน้าจอแสดงผล โดยมีหน่วยเป็น cP (Centipoise)

ภาคผนวก ข
การวิเคราะห์ทางเคมี

1. การวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (Total Phenolic Compound) ดัดแปลงจากวิธีของ Tan และคณะ (2014) [51]

สารเคมี

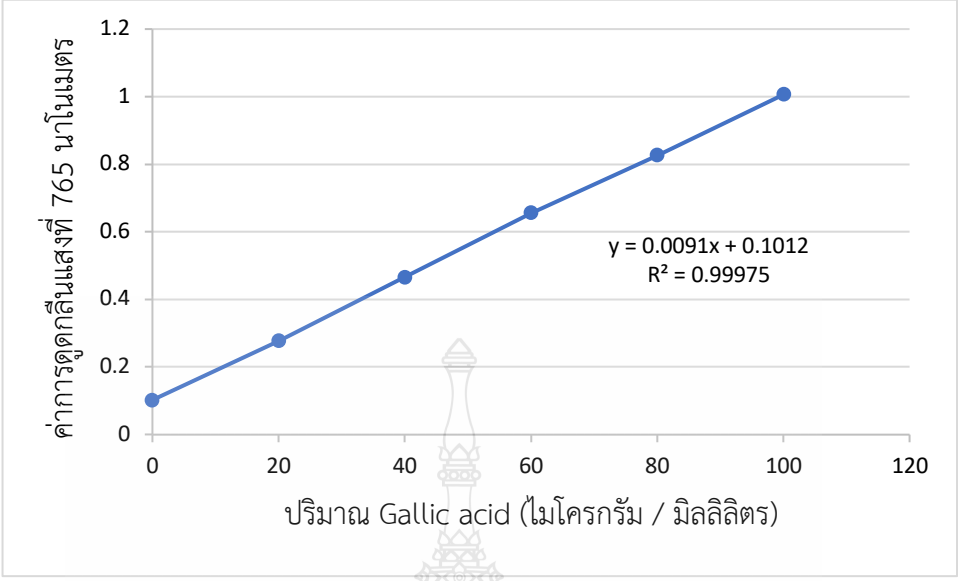
1. สารสะลาย Folin-Ciocalteau reagent ร้อยละ 10 ในน้ำกลั่น
2. สารละลาย Sodium carbonate (Na_2CO_3) ร้อยละ 5 ในน้ำกลั่น
3. สารละลาย gallic acid

เครื่องมือ

เครื่องวัดสเปกโตโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) รุ่น 722G

การสร้างกราฟมาตรฐานสารละลาย gallic acid

1. เตรียมสารละลายมาตรฐาน gallic acid ที่ความเข้มข้น 100 microgram /ml โดยชั่งน้ำหนักสารละลาย gallic acid 0.005 กรัม และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 50 ml
2. ทำการเจือจางที่ความเข้มข้น 0 20 40 60 80 และ 100 microgram /ml โดยใช้น้ำกลั่น ที่ความเข้มข้น 0 และ สารละลาย gallic acid (100 microgram /ml) ปริมาตร 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 และ 5.0 ml ตามลำดับ
3. ปรับปริมาตรของสารละลายด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 5 ml
4. ปิเปตสารเจือจางที่ความเข้มข้น 0-100 microgram /ml จากข้อ 2 ปริมาตร 0.4 ml
4. เติมสารละลาย Folin-Ciocalteau reagent ร้อยละ 10 ปริมาตร 2 ml เขย่าให้เข้ากัน
5. ตั้งสารละลายทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 4 นาที
5. เติมสารละลาย Sodium carbonate (Na_2CO_3) ร้อยละ 5 ปริมาตร 6 ml เขย่าให้เข้ากัน
7. ตั้งสารละลายทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที
8. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 nm เปรียบเทียบกับ blank (น้ำกลั่น)
9. สร้างกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของ gallic acid (microgram/ml) ดังภาพ



ภาพที่ ข.1 กราฟมาตรฐานของสารละลาย Gallic acid ในการหาปริมาณฟีนอลิก

วิธีการวิเคราะห์

1. ปิเปตตัวอย่างสกัดปริมาตร 0.4 ml (3 ซ้ำ) ใส่ในหลอดทดลอง
2. เติมสารละลาย Folin-Ciocalteau reagent (10%) ปริมาตร 2 ml เขย่าให้เข้ากัน
3. ตั้งสารละลายทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 4 นาที
4. เติมสารละลาย Sodium carbonate (Na_2CO_3) (5%) ปริมาตร 6 ml เขย่าให้เข้ากัน
5. ตั้งสารละลายทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที
6. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 nm เปรียบเทียบกับ Blank (น้ำกลั่น)
7. นำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลาย Gallic acid และรายงานค่าในรูปมิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อกรัมตัวอย่าง (mg GAE/g)

2. การวิเคราะห์หาค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical-scavening activity ดัดแปลงมาจากวิธีของ Sangkasanya (2016) [52]

สารเคมี

สารละลายอนุมูลอิสระเสถียร DPPH (0.15 mM)

สารละลาย Ascorbic acid

เครื่องมือ

เครื่องวัดสเปกโตโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) รุ่น 722G

การสร้างกราฟมาตรฐานสารละลาย Ascorbic acid

1. เตรียมสารละลายมาตรฐาน Ascorbic acid ที่ความเข้มข้น 100 micro gram /ml โดยชั่งน้ำหนักสารละลาย Ascorbic acid 0.01 g และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 100 ml

2. ทำการเจือจางที่ความเข้มข้น 0 2 4 6 และ 10 micro gram /ml โดยใช้น้ำกลั่นที่ความเข้มข้น 0 และ สารละลาย Ascorbic acid (100 micro gram /ml) ปริมาตร 0.02 0.04 0.06 0.08 และ 0.1 ml ตามลำดับ

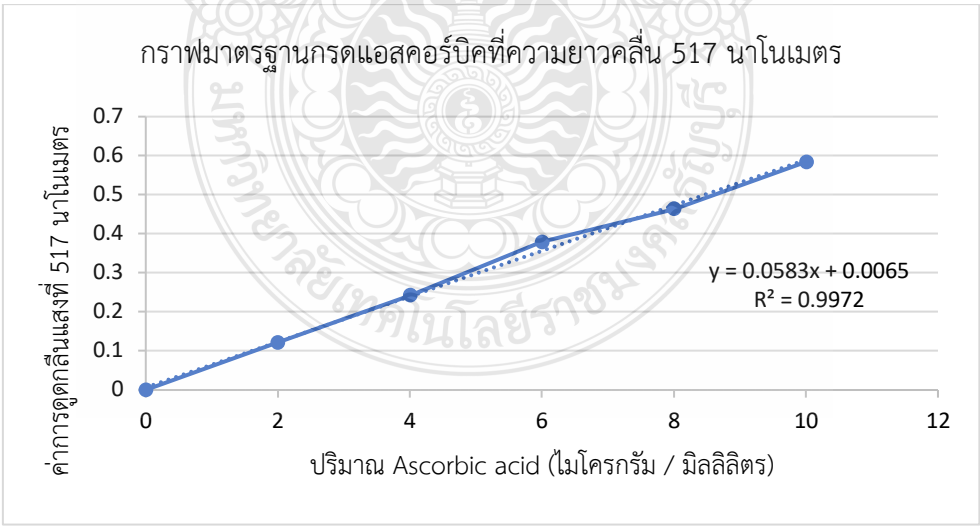
3. ปรับปริมาตรของสารละลายด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1 ml

4. เติมสารละลายอนุมูลอิสระเสถียร DPPH (0.15 mM) ปริมาตร 1 nm เขย่าให้เข้ากัน

5. ตั้งสารละลายทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยาในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง 90 นาที

6. นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 nm เปรียบเทียบกับ Blank

7. สร้างกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของ Ascorbic acid (ไมโครกรัม /มิลลิลิตร) ดังภาพ



ภาพที่ ข.2 กราฟมาตรฐานของสารละลาย Ascorbic acid ในการหาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH assay

วิธีการวิเคราะห์

1. ปิเปตตัวอย่างสกัดปริมาตร 1 ml (3 ซ้ำ) ใส่ในหลอดทดลอง

3. เติมสารละลายอนุมูลอิสระเสถียร DPPH (0.15 mM) ปริมาตร 1 ml ผสมให้เข้ากัน

4. ตั้งสารละลายทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยาในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง 90 นาที

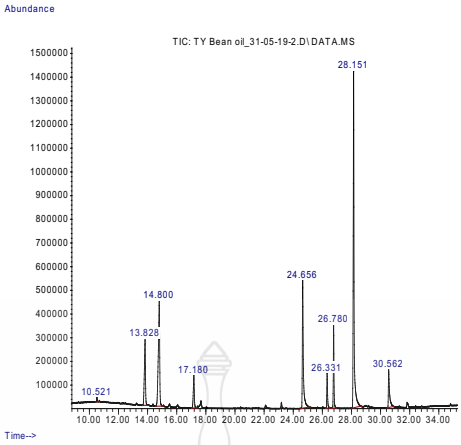
5. นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 nm เปรียบเทียบกับ Blank

6. นำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลาย ascorbic acid และรายงานค่าในรูปมิลลิกรัมกรดแอสคอร์บิกต่อกรัมตัวอย่าง (mg AAE/g)

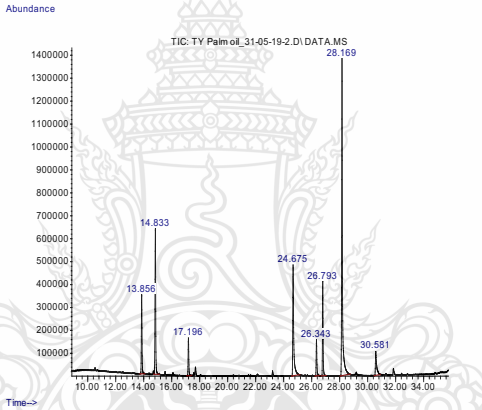
2. การวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทรกราฟี-แมสสเปกโทรเมตรี (GC-MS) ดัดแปลงจากวิธีของ Zhao และคณะ (2019) [5]

ตารางที่ ข.1 สภาวะที่เหมาะสมที่ใช้ในเครื่องแก๊สโครมาโทรกราฟี-แมสสเปกโทรเมตรี (GC-MS)

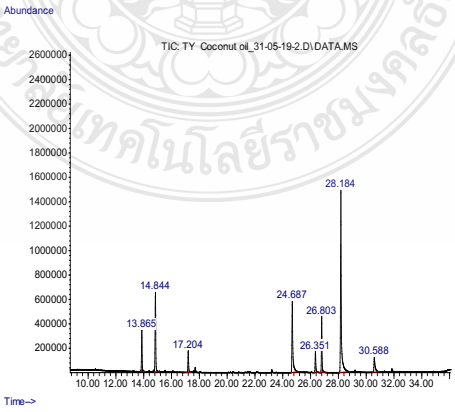
	Condition
Instrument	Agilent Technologies 7890 GC ; 5975 C MSD
Column	Mega-5MS (30m x 0.25 mm; 0.25 um)
Oven	40 C for 1 min, 220 C at 5 C/min held for 1 min
Injector / transfer line	240 C / 270 C, Split ratio : 10:1
Column flow rate	Helium 1.0 ml/min constant flow Scan 40-900 amu
MS source	230 C , MS Quad : 150 C, EI mode : 70 eV



ภาพที่ ข.3 โครมาโทแกรมของสารระเหยสำคัญที่พบในน้ำมันถั่วเหลืองสกัดรกจันทน์เทศ



ภาพที่ ข.4 โครมาโทแกรมของสารระเหยสำคัญที่พบในน้ำมันปาล์มสกัดรกจันทน์เทศ



ภาพที่ ข.5 โครมาโทแกรมของสารระเหยสำคัญที่พบในน้ำมันมะพร้าวสกัดรกจันทน์เทศ

ตารางที่ ข.2 ข้อมูลของสารมาตรฐานอัลเคน C_8-C_{17}

Pk	RT	Area%	Library / ID	Ref#	CAS#	Qual
1	7.231	10.1	C: \ Database \ NIST11.L			
C8			Phenylephrine	36221	000059-42-7	50
			Metaraminol	36214	000054-49-9	50
			Nortriptyline	113270	000072-69-5	50
2	9.452	7.34	C: \ Database \ NIST11.L			
C9			Nonane	12664	000111-84-2	91
			Nonane	12662	000111-84-2	87
			Nonane	12663	000111-84-2	87
3	12.704	6.76	C: \ Database \ NIST11.L			
C10			Decane	19156	000124-18-5	96
			Decane	19159	000124-18-5	95
			Decane	19157	000124-18-5	95
4	15.932	6.97	C: \ Database \ NIST11.L			
C11			Undecane	28424	001120-21-4	96
			Undecane	28423	001120-21-4	96
			Undecane	28422	001120-21-4	90
5	19.016	7.54	C: \ Database \ NIST11.L			
C12			Dodecane	38317	000112-40-3	96
			Dodecane	38315	000112-40-3	96
			Dodecane	38316	000112-40-3	94
6	21.948	8.05	C: \ Database \ NIST11.L			
C13			Tridecane	48834	000629-50-5	98
			Tridecane	48833	000629-50-5	97
			Tridecane	48832	000629-50-5	96
7	24.713	8.43	C: \ Database \ NIST11.L			
C14			Tetradacane	59882	000629-59-4	98
			Tetradacane	59879	000629-59-4	98
			Tetradacane	59880	000629-59-4	96

ตารางที่ ข.2 ข้อมูลของสารมาตรฐานอัลเคน C_8-C_{17} (ต่อ)

Pk	RT	Area%	Library / ID	Ref#	CAS#	Qual
8	27.333	8.65	C: \ Database \ NIST11.L			
C15			Pentadecane	71396	000629-62-9	98
			Pentadecane	71395	000629-62-9	98
			Pentadecane	71394	000629-62-9	91
9	29.81	8.79	C: \ Database \ NIST11.L			
C16			Hexadecane	83026	000544-76-3	99
			Hexadecane	83027	000544-76-3	98
			Hexadecane	83024	000544-76-3	96
10	32.159	8.97	C: \ Database \ NIST11.L			
C17			Heptadecane	94344	000629-78-7	98
			Heptadecane	94345	000629-78-7	98
			Heptadecane	94346	000629-78-7	97

วิธีวิเคราะห์หาค่า Retention Index (RI) จากค่า Retention time ของสารที่พบในสารระเหย และค่า Retention time ของสารมาตรฐานอัลเคน C_8-C_{17} โดยค่า Retention Index (RI) สามารถคำนวณได้จากค่า Retention time ของสารมาตรฐานที่ออกมาก่อน และหลังค่า Retention time ของสารที่สนใจ จากสูตรดังนี้

$$RI = \frac{100n + 100(t_x - t_n)}{(t_{n+1} - t_{n-1})}$$

X = สารที่สนใจ

n = สารมาตรฐาน n-alkane C_nH_{2n} ที่แยกออกมาก่อนสารที่สนใจ

n+1 = สารมาตรฐาน n-alkane $C_{n+1}H_{2(n+1)}$ ที่แยกออกมาหลังสารที่สนใจ

t = เวลาที่สารแยกออกมา (min)

RI = retention index หรือ เวลาสัมพัทธ์ของสารที่แยกออกมา (ไม่มีหน่วย)

ภาคผนวก ค
แบบประเมินทางประสาทสัมผัส

ตารางที่ ค.1 ตารางสุ่มตัวอย่างอาหาร

ตัวอย่าง					
จำนวนคน		1	2	3	4
	1	862	245	458	396
	2	223	398	183	765
	3	756	954	266	174
	4	544	537	522	459
	5	681	829	614	547
	6	199	113	941	933
	7	918	481	797	621
	8	335	662	875	282
	9	477	776	339	818
	10	742	421	226	286
	11	859	878	392	311
	12	964	593	137	574
	13	177	636	674	897
	14	228	755	915	955
	15	591	214	851	669
	16	636	167	789	438
	17	415	982	543	743
	18	383	349	468	122
	19	522	498	298	665
	20	138	369	163	743
	21	496	133	759	488
	22	984	585	946	127
	23	869	742	822	554
	24	375	651	414	891
	25	743	827	377	916
	26	617	274	635	379

ตารางที่ ค.1 ตารางสุ่มตัวอย่างอาหาร (ต่อ)

	ตัวอย่าง				
จำนวนคน		1	2	3	4
	27	251	916	581	232
	28	522	618	471	218
	29	659	772	935	447
	30	288	994	582	961
	31	167	157	856	524
	32	946	233	647	653
	33	394	349	299	192
	34	413	565	118	889
	35	835	826	364	776
	36	771	481	723	335
	37	981	119	476	643
	38	422	293	627	781
	39	719	926	195	563
	40	147	455	588	857
	41	668	834	252	296
	42	254	661	831	196
	43	353	341	749	189
	44	847	787	649	479
	45	535	578	313	322
	46	248	814	999	952
	47	452	849	873	382
	48	716	675	785	536
	49	985	815	331	146
	50	371	713	457	775

แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำสลัดต้นแบบที่มีส่วนผสมของน้ำมันมะพร้าวที่ผ่านการสกัดรกจันทน์เทศ

ชื่อ..... วันที่..... ชุดที่.....

<u>คำชี้แจ้ง</u> : กรุณาชิมตัวอย่างที่ได้รับต่อไปนี้จากซ้ายไปขวาตามลำดับที่นำเสนอ แล้วให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ โดยกำหนดให้ และกรุณาบ้วนปากระหว่างตัวอย่าง

1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบมาก 3 = ไม่ชอบปานกลาง
4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 5 = เฉย ๆ 6 = ชอบเล็กน้อย
7 = ชอบปานกลาง 8 = ชอบมาก 9 = ชอบมากที่สุด

คุณลักษณะ	รหัส.....	รหัส.....	รหัส.....	รหัส.....
ลักษณะปรากฏ				
สี				
กลิ่น				
รสชาติ				
ความข้นหนืด				
ความชอบโดยรวม				

ข้อเสนอแนะ

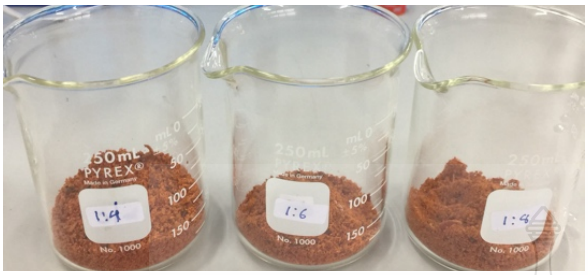
.....

.....

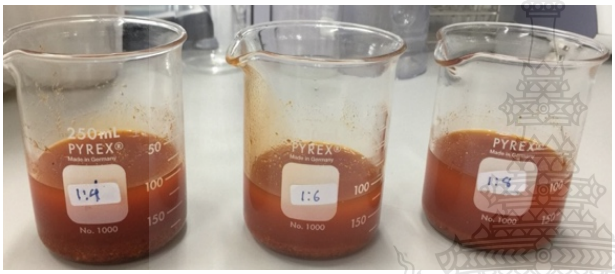
ภาพที่ ค.1 แบบประเมินทดสอบทางประสาทสัมผัส ผลิตภัณฑ์น้ำสลัดต้นแบบที่มีส่วนผสมของน้ำมันมะพร้าวที่ผ่านการสกัดรกจันทน์เทศ

ภาคผนวก ง
ภาพประกอบการทำการทดลอง

1. การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของดอกจันทน์เทศต่อน้ำมันบริโภค



ผงรกจันทน์เทศแห้ง



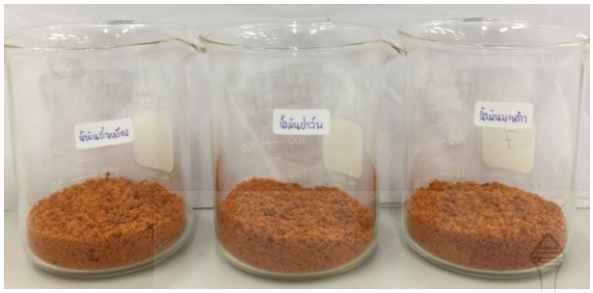
ใส่อัตราส่วนรกจันทน์เทศ:น้ำมันถั่วเหลือง ได้แก่ 1:4, 1:6 และ 1:8

สกัดที่อุณหภูมิ 30±5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

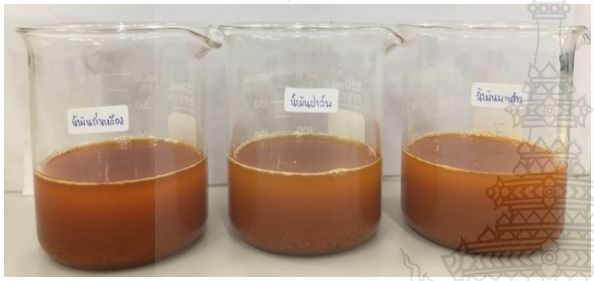
กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1

ภาพที่ ง.1 ขั้นตอนการผลิตน้ำมันถั่วเหลืองที่ผ่านการสกัดรกจันทน์เทศด้วยอัตราส่วน 1:4 1:6 และ 1:8

3. การศึกษาชนิดของน้ำมันบริโภคที่เหมาะสมต่อการสกัดดอกจันทน์เทศ

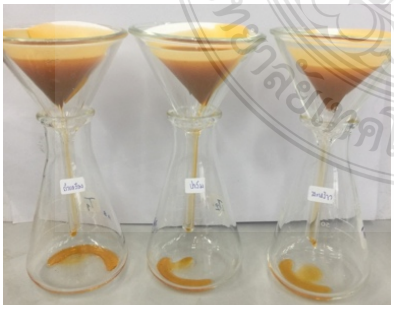


ผงรกจันทน์เทศแห้ง



ใส่น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันปาล์ม และ
น้ำมันมะพร้าว ตามอัตราส่วนสกัดข้อ 2.1

สกัดที่อุณหภูมิ 30±5 องศาเซลเซียส
เป็นเวลา 24 ชั่วโมง



กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1

ภาพที่ ง.2 ขั้นตอนการผลิตน้ำมันบริโภคที่ผ่านการสกัดรกจันทน์เทศทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันปาล์ม และน้ำมันมะพร้าว

4. การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำสลัดต้นแบบที่มีส่วนผสมของน้ำมันบริโภคสกัดดอกจันทน์เทศ

ภาพที่ ง.3 ขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำสลัดต้นแบบที่มีส่วนผสมของน้ำมันมะพร้าวที่ผ่านการสกัดรกจันทน์เทศ

ภาคผนวก จ
ผลทางสถิติของการทดลอง

ตารางที่ จ.1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของสมบัติทางกายภาพในด้านค่าสี L* a* และ b* ของน้ำมันถั่วเหลืองสกัดรกจันทน์เทศที่อัตราส่วน 1:4 1:6 และ 1:8

	Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F
ความสว่าง	Treatment	.038	2	.019	13.076
(L*)	Error	.009	6	.001	
	Total	.047	8		
ความเป็นสีแดง	Treatment	.026	2	.013	.446
(a*)	Error	.173	6	.029	
	Total	.199	8		
ความเป็น	Treatment	.196	2	.098	13.176
สีเหลือง (b*)	Error	.045	6	.007	
	Total	.241	8		

หมายเหตุ : วิเคราะห์สถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ จ.2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของสมบัติทางกายภาพในด้านค่าหนืดของน้ำมันถั่วเหลืองสกัดรกจันทน์เทศที่อัตราส่วน 1:4 1:6 และ 1:8

	Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F
ความหนืด	Treatment	1.556	2	.778	2.333
	Error	2.000	6	.333	
	Total	3.556	8		

หมายเหตุ : วิเคราะห์สถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ จ.3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของสมบัติทางเคมีได้แก่ ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันถั่วเหลืองสกัดรกจันทน์เทศที่อัตราส่วน 1:4 1:6 และ 1:8

	Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F
ปริมาณ	Treatment	.077	2	.038	1682.288
ฟีนอลิกทั้งหมด	Error	.000	6	.000	
	Total	.077	8		

ตารางที่ จ.3 (ต่อ)

	Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F
กิจกรรมการต้าน	Treatment	.049	2	.025	1780.224
อนุมูลอิสระ	Error	.000	6	.000	
	Total	.050	8		

หมายเหตุ : วิเคราะห์สถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ จ.4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของสมบัติทางกายภาพในด้านค่าสี L* a* และ b* ของชนิดของน้ำมันบริโภคสกัดรกจันทน์เทศที่ต่างกันได้แก่ น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันปาล์ม และน้ำมันมะพร้าว

	Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F
ความสว่าง	Treatment	.216	2	.108	3.646
(L*)	Error	.177	6	.030	
	Total	.393	8		
ความเป็นสีแดง	Treatment	12.035	2	6.018	94.240
(a*)	Error	.383	6	.064	
	Total	12.419	8		
ความเป็น	Treatment	5.623	2	2.812	16.460
สีเหลือง (b*)	Error	1.025	6	.171	
	Total	6.648	8		

หมายเหตุ : วิเคราะห์สถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ จ.5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของสมบัติทางกายภาพในด้านความหนืดของชนิดของน้ำมันบริโภคสกัดรกจันทน์เทศที่ต่างกันได้แก่ น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันปาล์ม และน้ำมันมะพร้าว

	Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F
ความหนืด	Treatment	278.222	2	139.111	417.333
	Error	2.000	6	.333	
	Total	280.222	8		

หมายเหตุ : วิเคราะห์สถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ จ.6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของสมบัติทางเคมีได้แก่ ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ ของชนิดของน้ำมันบริโภคสกัดรกจันทน์เทศที่ต่างกันได้แก่ น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันปาล์ม และน้ำมันมะพร้าว

	Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F
ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด	Treatment	.087	2	.043	356.086
	Error	.001	6	.000	
	Total	.077	8		
กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ	Treatment	.002	2	.001	24.911
	Error	.000	6	.000	
	Total	.002	8		

หมายเหตุ : วิเคราะห์สถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ จ.7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของชนิด และสารระเหยที่พบในชนิดของน้ำมันบริโภคสกัดรกจันทน์เทศที่ต่างกันได้แก่ น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันปาล์ม และน้ำมันมะพร้าว

	Souce	Sum of Squares	df	Mean Square	F
Terpinolene	Treatment	46.240	2	23.120	13689.599
	Error	.010	6	.002	
	Total	46.251	8		
4-Terpineol-acetate	Treatment	33.569	2	16.785	8583.074
	Error	.012	6	.002	
	Total	33.581	8		
α-pinene	Treatment	31.297	2	15.649	23870.966
	Error	.004	6	.001	
	Total	31.301	8		
Isoeugenol	Treatment	7.424	2	3.712	4986.104
	Error	.004	6	.001	
	Total	7.428	8		
Myristicin	Treatment	.387	2	.193	200.080
	Error	.006	6	.001	
	Total	.393	8		

ตารางที่ จ.7 (ต่อ)

	Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F
Elemicin	Treatment	6.743	2	3.372	1908.509
	Error	.011	6	.002	
	Total	6.754	8		
Methoxy	Treatment	13.210	2	6.605	3266.313
eugenol	Error	.012	6	.002	
	Total	13.223	8		

หมายเหตุ : วิเคราะห์สถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ จ.8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะที่ปรากฏของน้ำสลัดที่มีส่วนผสมของน้ำมันมะพร้าวสกัดรกจันทน์เทศ

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F
Treatment	24.120	3	8.040	10.707
Block	111.820	49	2.282	3.039
Error	110.380	147	.751	
Total	246.320	199		

หมายเหตุ : วิเคราะห์สถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ จ.9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านสีของน้ำสลัดที่มีส่วนผสมของน้ำมันมะพร้าวสกัดรกจันทน์เทศ

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F
Treatment	67.615	3	22.538	28.652
Block	113.945	49	2.325	2.956
Error	115.635	147	.787	
Total	297.195	199		

หมายเหตุ : วิเคราะห์สถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ จ.10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรสของน้ำสลัดที่มีส่วนผสมของน้ำมันมะพร้าวสกัดรกจันทน์เทศ

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F
Treatment	35.695	3	11.898	9.714
Block	98.405	49	2.008	1.640
Error	180.055	147	1.225	
Total	314.155	199		

หมายเหตุ : วิเคราะห์สถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ จ.11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติของน้ำสลัดที่มีส่วนผสมของน้ำมันมะพร้าวสกัดรกจันทน์เทศ

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F
Treatment	47.575	3	15.858	25.429
Block	65.625	49	1.339	2.148
Error	91.675	147	.624	
Total	204.875	199		

หมายเหตุ : วิเคราะห์สถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ จ.12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านความหนืดของน้ำสลัดที่มีส่วนผสมของน้ำมันมะพร้าวสกัดรกจันทน์เทศ

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F
Treatment	7.015	3	2.338	3.609
Block	83.705	49	1.708	2.637
Error	95.235	147	.648	
Total	185.955	199		

หมายเหตุ : วิเคราะห์สถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ จ.13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมของน้ำสลัดที่มีส่วนผสมของน้ำมันมะพร้าวสกัดรกจันทน์เทศ

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F
Treatment	45.920	3	15.307	21.112
Block	41.820	49	.853	1.177
Error	106.580	147	.725	
Total	194.320	199		

หมายเหตุ : วิเคราะห์สถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล นางสาวรุ่งอรุณ พรชื่นชูวงศ์

วัน เดือน ปีเกิด 8 มิถุนายน 2538

ที่อยู่ 287,289 ถนน รังสิต-ปทุมธานี 27 ตำบลประชาธิปัตย์
อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12130

การศึกษา ปริญญาตรี คณะเทคโนโลยีการเกษตร สาขาวิชาอุตสาหกรรมการเกษตร
สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

เบอร์โทรศัพท์ 063-695-0492

อีเมล rungarun_p@mail.rmutt.ac.th

Biography

Name – Surname	Miss Rungarun Porncheunchuwong
Date of Birth	June 8, 1995
Address	287.289 Rangsit-Pathumtani 27 Rd. Prachathipat, Thanyaburi, Pathum Thani, Thailand 12130
Education	Master of Foodsci
Telephone Number	063-695-0492
Email Address	rungarun_p@mail.rmutt.ac.th