การเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือ

ศักย์สรณ์ จันทสิทธิ์

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการและพัฒนาทรัพยากร
มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2566

การเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือ

ศักย์สรณ์ จันทสิทธิ์

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการและพัฒนาทรัพยากร
สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2566

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

การเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือ

ศักย์สรณ์ จันทสิทธิ์

การค้นคว้าอิสระนี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการและพัฒนาทรัพยากร

พิจารณาเห็นชอบโดย **อาจารย์ที่ปรึกษา**

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาวิณี อารีศรีสม)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(อาจารย์ ดร.กอบลาภ อารีศรีสม)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รภัสสรณ์ คงธนจารุอนันต์)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีณา นิลวงศ์)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ประธานอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร .....
(อาจารย์ ดร.กอบลาภ อารีศรีสม)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

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

ชื่อเรื่อง การเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือ
ชื่อผู้เขียน นายศักย์สรณ์ จันทสิทธิ์
ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการและพัฒนาทรัพยากร
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาวิณี อารีศรีสม

บทคัดย่อ

กระทือ มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Zingiber zerumbet* (L.) Roscoe ex Sm. เป็นพืชที่ใช้หัวเหง้าสำหรับทำยาสมุนไพร และรับประทานเป็นอาหาร จัดเป็นพืชที่มีมูลค่าน้อยแต่มีสรรพคุณทางยาเป็นเลิศ พบได้มากในป่าทางภาคตะวันออกของประเทศไทย งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS ของชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือแต่ละสูตร อีกทั้งยังศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคด้านประสาทสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการ เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับเหง้ากระทือ โดยการพัฒนาชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือทั้งหมด 14 สูตร วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) จากผลการทดลองพบว่า ชาชงสูตรที่ 2 (กระทือ : มะตูม : ใบเตย อัตราส่วน 1 : 3 : 2) มีปริมาณฟีนอลิกรวมมากที่สุด เท่ากับ 544.91 ± 0.49 มิลลิกรัมกรดแกลลิก/มิลลิลิตรน้ำชา สูตรที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH มากที่สุด ได้แก่ สูตรที่ 6 (กระทือ : มะตูม : ใบเตย อัตราส่วน 2 : 3 : 1) มีค่าร้อยละของการยับยั้งเท่ากับ 78.82 ± 0.10 ส่วนสูตรที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระแบบ ABTS มากที่สุด ได้แก่ สูตรที่ 2 (กระทือ : มะตูม : ใบเตย อัตราส่วน 1 : 3 : 2) มีค่าร้อยละของการยับยั้งเท่ากับ 53.56 ± 0.15 ทั้งนี้ชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือสูตรที่ 3 (กระทือ : มะตูม : ใบเตย อัตราส่วน 1 : 2 : 1) ให้ผลการยอมรับด้านความชอบของผู้บริโภคด้านประสาทสัมผัสโดยรวมสูงสุดอยู่ที่ 5.97 ± 0.93 และเมื่อนำไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ พบว่าในตัวอย่างชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือ 100 กรัม ให้พลังงาน 5.60 กิโลแคลอรี

คำสำคัญ : การเพิ่มมูลค่า, ชาชงสมุนไพร, กระทือ, คุณค่าทางโภชนาการ

Title ADDING VALUE TO HERBAL TEA PRODUCTS FROM WILD GINGER RHIZOME

Author Mr. Saksorn Chantasit

Degree Master of Science in Resources Management and Development

Advisory Committee Chairperson Assistant Professor Dr. Pawinee Areesrisom

ABSTRACT

Wild ginger *Zingiber zerumbet* (L.) Roscoe ex Sm. is a plant which its rhizomes are used as herbal medicine and edible food. It is a plant of little value but has excellent medicinal properties found in forests in eastern Thailand. This study aims to compare the amount of total phenolic compounds, DPPH and ABTS antioxidant activities of herbal tea products gained from wild ginger rhizomes of each formula. Besides, consumer adoption based on sensory and nutritional value is investigated. The development of herbal tea products from wild ginger includes 14 formulas based on a Completely Randomized Design (CRD). Results of the experiment showed that the second formula (wild ginger rhizome: bael fruit: pandanus leaf, ratio 1: 3: 2) has the highest amount of total phenolic compounds (544.91 ± 0.49 mg gallic acid/ml tea). The sixth formula (2: 3: 1) has the highest amount of DPPH antioxidant activity with the percentage of inhibition 78.82 ± 0.10. The second Formula (1: 3: 2) has the highest amount of ABTS antioxidant activity with the percentage of inhibition 53.56 ± 0.15. Meanwhile, the third formula (1: 2: 1) has the highest level of consumer adoption based on sensory (5.97 ± 0.93). Besides, it is found that 100 g herbal tea from wild ginger rhizome provides 5.60 kilocalories.

Keywords : adding value, herbal tea products, wild ginger, nutrition value

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือ สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี ผู้ศึกษาขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาวิณี อารีศรีสม อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ที่คอยให้คำปรึกษา ชี้แนะ สนับสนุนแนวทางในการทำวิจัยมาโดยตลอด ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รภัสสรณ์ คงธนจารุอนันต์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีณา นิลวงศ์ และ ดร.กอบลาภ อารีศรีสม ที่ปรึกษาร่วม ตลอดจนคณาจารย์และบุคลากร สาขาวิชาการจัดการและพัฒนาทรัพยากร คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ทุกท่าน ที่ได้ให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทาง ให้คำแนะนำ ตรวจสอบแก้ไขการค้นคว้าอิสระ จนทำให้การค้นคว้าอิสระฉบับนี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์

ศักย์สรณ์ จันทสิทธิ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ญ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ 2

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 การตรวจเอกสาร 3

1. กระทือ 3

2. มะตูม 5

3. เตยหอม 7

4. ชาสมุนไพรและมาตรฐานของชาจากพืช 8

5. สารประกอบฟีนอลิก 9

6. สารต้านอนุมูลอิสระ 10

7. การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) 17

8. การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2'-Azino – bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid) (ABTS) 17

9. UV-VIS spectrophotometer 18

10. การทดสอบทางประสาทสัมผัส 20
11. คุณค่าทางโภชนาการ 22
12. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 24
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ 27
อุปกรณ์สำหรับการแปรรูปชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือ 27
วัตถุดิบ 27
ขั้นตอนและวิธีการเตรียมพืชสมุนไพรแห้ง 28
การศึกษากระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือ 28
การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคด้านประสาทสัมผัส 29
เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์ทางเคมี 30
สารเคมี 31
การเตรียมสารมาตรฐานและสารเคมี 31
การเตรียมน้ำชาตัวอย่าง 32
การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม 32
การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical scavenging capacity (DPPH assay) 34
การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2′-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS assay) 34
การวิเคราะห์ข้อมูล 35
การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือ 35
บทที่ 4 ผลการวิจัย 36
4.1 ปริมาณสารฟีนอลิกในชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือ 36
บทที่ 5 วิจารณ์และสรุปผล 45
วิจารณ์ผล 45

สรุปผลการทดลอง 47
ข้อเสนอแนะ 47
บรรณานุกรม 48
ภาคผนวก 51
ภาคผนวก ก 52
แบบทดสอบประสาทสัมผัส 52
ภาคผนวก ข 54
รายงานผลการทดสอบทางคุณค่าโภชนาการ 54
ภาคผนวก ค 58
ภาพประกอบการวิจัย 58
ประวัติผู้วิจัย 65

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 อุปกรณ์สำหรับการแปรรูปชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือ 27

ตารางที่ 2 วัตถุดิบและแหล่งที่มา 27

ตารางที่ 3 อัตราส่วนผสมสมุนไพรสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือ 29

ตารางที่ 4 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองด้านวิเคราะห์ 30

ตารางที่ 5 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง 31

ตารางที่ 6 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก 36

ตารางที่ 7 ปริมาณฟีนอลิกรวม ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS ของชาชงสมุนไพรจาก . เหง้ากระทือทั้ง 14 สูตร 39

ตารางที่ 8 ผลการยอมรับของผู้บริโภคทางด้านประสาทสัมผัส 42

ตารางที่ 9 คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือ 43

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 กระทือ 3

ภาพที่ 2 มะตูมแห้ง 5

ภาพที่ 3 เตยหอม 7

ภาพที่ 4 โครงสร้างของสารประกอบฟีนอลิก 10

ภาพที่ 5 การทำงานของเอนไซม์ lipoxygenase (LOX) ในปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมัน 12

ภาพที่ 6 โครงสร้าง 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl radical 17

ภาพที่ 7 โครงสร้าง 2,2'-Azino-bis (3-ethylbenzothiazoline -6-sulphonic acid) Diammonium salt 18

ภาพที่ 8 เครื่อง UV-Visible spectrophotometer 19

ภาพที่ 9 องค์ประกอบต่าง ๆ ของเครื่อง UV- VIS Spectrophotometer 20

ภาพที่ 10 กราฟมาตรฐานสารละลายกรดแกลลิก 37

ภาพที่ 11 ปริมาณสารฟีนอลิกรวมทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ชาชงสมุนไพร 40

ภาพที่ 12 ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของผลิตภัณฑ์ชาชงสมุนไพร 40

ภาพที่ 13 ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ABTS ของผลิตภัณฑ์ชาชงสมุนไพร 41

ภาพที่ 14 การยอมรับของผู้บริโภคทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ 42

ภาพที่ 15 ฉลากโภชนาการฉบับย่อของผลิตภัณฑ์ชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือ 43

ภาพที่ 16 ฉลากโภชนาการแบบจีดีเอของผลิตภัณฑ์ชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือ 44

ภาพที่ 17 เหง้ากระทืออ่อน 59

ภาพที่ 18 เหง้ากระทือแก่และดอกกระทือ 59

ภาพที่ 19 เนื้อในเหง้ากระทือ 60

ภาพที่ 20 การล้างวัตถุดิบ 60

ภาพที่ 21 การหั่นวัตถุดิบ 61

ภาพที่ 22 การอบวัตถุดิบ 61
ภาพที่ 23 เครื่องวัดความชื้น 62
ภาพที่ 24 การคั่วมะตูม 62
ภาพที่ 25 การปั่นวัตถุดิบให้ละเอียด 63
ภาพที่ 26 ตัวอย่างน้ำชาจากเหง้ากระทือทั้งหมด 14 สูตร 63
ภาพที่ 27 การทดสอบประสาทสัมผัสของผู้บริโภค 64

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญของปัญหา

กระทือ มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Zingiber zerumbet* (L.) Roscoe ex Sm. เป็นพืชที่ใช้หัวเหง้าประกอบอาหาร และใช้ทำยาสมุนไพร กระทือจัดเป็นพืชที่มีมูลค่าน้อยแต่มีสรรพคุณที่เป็นเลิศ พบได้มากในป่าทางภาคตะวันออกของประเทศไทย อีกทั้งยังเป็นพืชสมุนไพรที่อยู่คู่วัฒนธรรมไทยมาช้านาน หรืออาจกล่าวได้ว่าอยู่คู่วัฒนธรรมในทวีปเอเชียเขตร้อนก็ได้ เนื่องจากมนุษย์รู้จักนำพืชลักษณะหัวเหง้าโดยเฉพาะกระทือ มารับประทานเป็นอาหารและเป็นเครื่องยา ดังจะเห็นได้จากสำรับอาหารของชาวบ้านในชนบทมักจะใช้กระทือเป็นส่วนประกอบอาหารประเภทแกง ต้ม และน้ำพริก ซึ่งในแต่ละท้องถิ่นจะมีการใช้พืชในกลุ่มหัวเหง้าที่แตกต่างกันไปตามแต่จะหาได้ในเขตท้องถิ่นนั้น ๆ ยกตัวอย่างเช่น แกงเนื้อใส่เหง้ากระทืออ่อน ต้มกระดูกหมูใส่เหง้ากระทือ น้ำพริกกะปิรับประทานคู่กับเหง้ากระทืออ่อนต้ม เป็นต้น อีกทั้งคนไทยยังมีการเรียนรู้ในการนำพืชต่าง ๆ มาใช้เป็นยา และยังรู้จักจำแนกรสยาในพืชสมุนไพรต่าง ๆ ที่จะนำมาใช้ทำยา โดยเฉพาะกระทือที่นำมาเข้าเครื่องยา เนื่องจากกระทือมีสรรพคุณบำรุงน้ำนม ลดอาการท้องอืด ท้องเฟ้อ ขับลม แก้ลมจุกเสียด ช้ำบวม ช่วยย่อยอาหาร แก้ปวดมวนในท้อง แก้บิด แก้ไอ บำรุงธาตุ ขับปัสสาวะ เหง้าหมกไฟ ฝนกับน้ำปูนใสรับประทาน แก้บิด ปวดเบ่ง แก้เสมหะเป็นพิษ แก้แน่นหน้าอก กล่อมอาจม ขับน้ำย่อยอาหารให้ลงสู่ลำไส้ แก้จุกเสียด เมื่อถามถึงกระทืออาจน้อยคนมากที่จะรู้จัก ซึ่งหากไม่ทำการศึกษาเพิ่มเติมหรือนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ที่มีคุณค่าและมูลค่าขึ้นมา อาจทำให้กระทือสูญพันธุ์จากประเทศไทยได้

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงสนใจนำกระทือ ซึ่งเป็นอาหารและสมุนไพรพื้นบ้านที่มีคุณค่าทางอาหารและยา มาทำการแปรรูปให้เป็นชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือ ให้สามารถรับประทานง่ายขึ้น และทำการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และสารต้านอนุมูนอิสระ เพื่อให้ได้สูตรชาจากเหง้ากระทือที่ปริมาณสารสำคัญมากพอ และปลอดภัยต่อผู้บริโภค อีกทั้งนำชาสมุนไพรจากเหง้ากระทือที่ผ่านการคัดเลือกสูตรแล้ว มาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการในฉบับย่อ เพื่อผู้ประกอบการ ผู้บริโภค ตลอดจนนักวิจัย สามารถนำงานวิจัยไปพัฒนาต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพชนิดอื่น ๆ ที่มีศักยภาพต่อไปได้ ถือเป็นการเพิ่มคุณค่าและมูลค่าให้กับกระทือซึ่งเป็นพืชสมุนไพรไทยให้คงอยู่กับคนไทยตราบไปช้านาน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษากระบวนการแปรรูปเหง้ากระทือเป็นผลิตภัณฑ์ชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือ
2. เพื่อศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์ชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือ
3. เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคด้านประสาทสัมผัสต่อผลิตภัณฑ์ชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือ
4. เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงกระบวนการพัฒนาและแปรรูปเหง้ากระทือเป็นผลิตภัณฑ์ชาชงสมุนไพร
2. ทราบถึงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์ชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือ
3. ทราบถึงการยอมรับของผู้บริโภคด้านประสาทสัมผัสในการดื่มชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือ
4. ทราบถึงคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือ

บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

1. กระทือ

ภาพที่ 1 กระทือ

1.1 ข้อมูลทั่วไป

ชื่อวิทยาศาสตร์	*Zingiber zerumbet* (L.) Roscoe ex Sm.
ชื่อวงศ์	ZINGIBERACEAE
ชื่อสามัญ	Wild Ginger
ชื่ออื่น ๆ	กระทือ (ภาคกลาง) กะทือป่า กะแวน กะแอน แฮวดำ (ภาคเหนือ) เปลพ้อ (กะเหรี่ยง แม่ฮ่องสอน) เฮียวข่า (ฉาน แม่ฮ่องสอน) เฮียวดำเฮียวแดง (แม่ฮ่องสอน)

1.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

กระทือเป็นไม้ล้มลุกอายุหลายปี ลำต้นเทียมสูงได้ถึง 1 เมตร มีเหง้าใต้ดิน แตกแขนงเป็นกอ เปลือกเหง้าสีน้ำตาลแกมเหลือง เนื้อในสีเหลืองอ่อน กลิ่นหอม จะแทงหน่อใหม่ช่วงฤดูฝน ใบเดี่ยว เรียงสลับในระนาบเดียวกัน รูปใบหอก กว้าง 3-10 เซนติเมตร ยาว 14-40 เซนติเมตร ปลายใบเรียว

แหลม โคนใบสอบมน ขอบใบเรียบ แผ่นใบเรียบ หลังใบสีเขียวเป็นมัน ท้องใบสีเขียวนวล ก้านใบสั้นมาก ยาวประมาณ 0.5 เซนติเมตร กาบใบเรียงตัวกันแน่นหุ้มเป็นลำต้นเทียม ดอกช่อ แบบช่อเชิงลด ก้านช่อดอกยาว 14-45 เซนติเมตร ตั้งตรง แทงออกมาจากเหง้าใต้ดิน ดอกทรงกระบอก กว้าง 4-5 เซนติเมตร ยาว 6-12 เซนติเมตร ปลายมน ใบประดับสีเขียวแล้วเปลี่ยนเป็นสีแดงเข้ม มี 10-25 ใบ เรียงซ้อนกันแน่นเป็นระเบียบ รูปไข่กลับกว้างหรือเกือบกลม กว้าง 3.0-3.2 เซนติเมตร ยาว 2.0-2.3 เซนติเมตร ปลายมน ขอบพับเข้าด้านใน ดอกบานสีขาวอมเหลืองโผล่ออกมาจากซอกใบประดับ โคนกลีบดอกเชื่อมติดกันเป็นหลอด ยาวประมาณ 2.5 เซนติเมตร ปลายแยกเป็น 3 แฉก กลีบบนรูปไข่ กว้าง 0.9 เซนติเมตร ยาว 1.7 เซนติเมตร ปลายแหลม ผิวเกลี้ยง กลีบข้างรูปหอก กว้าง 0.5 เซนติเมตร ยาว 1.8 เซนติเมตร ปลายเรียวแหลม ผิวเกลี้ยง ดอกบานไม่พร้อมกัน กลีบเลี้ยงเชื่อมติดกันเป็นหลอด กว้าง 0.1-0.35 เซนติเมตร ยาว 1.6-1.7 เซนติเมตร ปลายแยกเป็น 3 แฉก ผิวเกลี้ยง สีขาว เกสรเพศผู้ 1 อัน อับเรณูขนาดใหญ่ โค้ง มีรยางค์ที่ปลาย กว้าง 0.4 เซนติเมตร ยาว 1 เซนติเมตร ก้านชูอับเรณูสั้นมาก ยาว 0.1 เซนติเมตร เกสรเพศผู้เป็นหมันด้านข้าง 2 อัน สีเหลืองอ่อน เกสรเพศผู้เป็นหมันอันกลาง ตรงโคนมีแต้มสีเหลืองเข้ม เกสรเพศเมีย รังไข่รูปวงรี กว้าง 0.3 เซนติเมตร ยาว 0.4 เซนติเมตร ผิวเกลี้ยง มี 3 ช่อง พลาเซนตารอบแกนร่วม (axile placenta) ก้านชูเกสรเพศเมียยาว 2.5 เซนติเมตร ยอดเกสรเพศเมียรูปกรวยหรือเกือบกลม ผลแบบผลแห้งแตก รูปไข่กลับ ขนาดเล็ก ผิวเรียบ สีแดง ยาวประมาณ 1.5 เซนติเมตร เมล็ดรูปขอบขนาน ค่อนข้างกลม มีเยื่อหุ้มเมล็ดเป็นริ้วสีขาว เมล็ดสีดำเป็นมัน ชอบขึ้นบริเวณป่าดิบแล้ง ป่าเบญจพรรณ หรือที่ชื้นริมลำธาร หรือดินที่ร่วนซุย ออกดอกเดือนสิงหาคมถึงกันยายน ติดผลราวเดือนตุลาคม หน่ออ่อน เนื้ออ่อนในลำต้น ช่อดอกอ่อน รับประทานเป็นผักสดได้ (คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, ม.ป.ป.)

1.3 สรรพคุณและความเป็นพิษ

เหง้ากระทือมีสรรพคุณ บำรุงน้ำนมสตรีให้บริบูรณ์ ลดอาการท้องอืด ท้องเฟ้อ ขับลม แก้ลมจุกเสียด ช้ำบวม ช่วยย่อยอาหาร แก้ปวดมวนในท้อง แก้บิด แก้ไอ บำรุงธาตุ ขับปัสสาวะ เหง้าหมกไฟ ฝนกับน้ำปูนใสรับประทาน แก้บิด ปวดเบ่ง แก้เสมหะเป็นพิษ แก้แน่นหน้าอก กล่อมอาจมขับน้ำย่อยอาหารให้ลงสู่ลำไส้ แก้จุกเสียดและบำรุงน้ำนม ใช้หัวกะทือรวมกับหัวไพล เผาไฟคั้นเอาน้ำรับประทาน แก้บิด แก้ปวดเบ่ง แก้พิษเสมหะ แก้ปวดมวน แก้แน่น ราก รสขมขื่นเล็กน้อย แก้ไข้ตัวเย็น แต่รู้สึกร้อนภายใน ตำรายาไทยมีการใช้กระทื่อใน “พิกัดตรีผลธาตุ” คือการจำกัดจำนวนตัวยาแก้ธาตุทั้งสี่ 3 อย่าง มีเหง้ากระทือ เหง้าไพล หัวตะไคร้หอม มีสรรพคุณบำรุงไฟ แก้ไข้ตัวร้อน แก้กำเดา บัญชียาจากสมุนไพร ที่มีการใช้ตามองค์ความรู้ดั้งเดิม ตามประกาศคณะกรรมการพัฒนาระบบยาแห่งชาติ ในบัญชียาหลักแห่งชาติ ระบุตำรับ "ยาเลือดงาม" มีส่วนประกอบของเหง้า

กระทือร่วมกับสมุนไพรชนิดอื่น ๆ ในตำรับ มีสรรพคุณบรรเทาอาการปวดประจำเดือน ช่วยให้ประจำเดือนมาเป็นปกติ แก้มุตกิด (โรคระดูขาว หรือโรคตกขาว) การทดสอบพิษเฉียบพลันของสารสกัดเหง้าด้วยเอทานอล 50% โดยให้หนูกินในขนาด 10 กรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม (คิดเป็น 250 เท่า เปรียบเทียบกับขนาดรักษาในคน) และให้โดยการฉีดเข้าใต้ผิวหนังหนู ในขนาด 10 กรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ไม่พบอาการเป็นพิษ (คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, ม.ป.ป.)

2. มะตูม

ภาพที่ 2 มะตูมแห้ง

2.1 ข้อมูลทั่วไป

ชื่อวิทยาศาสตร์	*Aegle marmelos* (L.) Correa ex Roxb.
ชื่อวงศ์	RUTACEAE
ชื่อสามัญ	Bael fruit tree, Bengal quince
ชื่ออื่น ๆ	กระทันตาเถร ตุ่มเต้ง ตูม (ปัตตานี) มะปิน (ภาคเหนือ) มะปีส่า (กะเหรี่ยง-แม่ฮ่องสอน)

2.2 ลักษณะทางพฤษศาสตร์

มะตูมเป็นไม้ยืนต้นขนาดเล็กถึงขนาดกลาง ผลัดใบ สูง 10-15 เมตร เรือนยอดรูปไข่ เปลือกต้นสีเทาเรียบหรือแตกเป็นร่องตื้น ๆ ตามยาว เนื้อไม้แข็ง มีสีขาวแกมเหลือง และมีกลิ่นหอม โคนต้นและกิ่งก้านมีหนามแหลม ยาว แข็ง ออกเดี่ยวหรือเป็นคู่ตามกิ่ง ใบ เป็นใบประกอบแบบมีใบย่อย 3 ใบ ออกเรียงสลับ ใบรูปไข่ กว้าง 1-7 เซนติเมตร ยาว 4-13 เซนติเมตร สองใบล่างมีขนาดเล็กและติด

ตรงข้ามกัน ปลายใบมีขนาดใหญ่ ปลายใบสอบ โคนใบแหลม ขอบใบเรียบหรือมีหยักมน ๆ แผ่นใบเรียบเกลี้ยงเป็นมัน ใบอ่อนสีเขียวอ่อนหรือสีชมพู มีขนละเอียด ใบแก่สีเขียวเข้ม เรียบเกลี้ยง เส้นใบข้าง 4-12 คู่ จรดกันที่ขอบใบ นูนขึ้นด้านบน ก้านใบย่อยที่ปลายยาว 0.5-3 เซนติเมตร ดอก ออกเป็นช่อตามซอกใบและปลายกิ่ง ออกรวมกันเป็นช่อสั้น ๆ ดอกสีขาวอมเขียวหรือสีเหลืองอ่อน ขนาด 1.5-2 เซนติเมตร ดอกมักออกพร้อมกับใบอ่อน มีกลิ่นหอม กลีบดอกมี 5 กลีบ กลีบดอกขนาด 6-8 มิลลิเมตร รูปไข่กลับ โคนติดกัน ดอกสมบูรณ์เพศ เกสรตัวผู้มี 65-70 อัน อับเรณูสีน้ำตาลอ่อน ก้านเกสรตัวเมียสั้น รังไข่สีเขียวสด หมอนรองดอกเห็นไม่ชัดเจน กลีบฐานดอกกางแผ่เป็นรูปดาวมี 4-5 แฉกแหลม ๆ กลีบเลี้ยงแบนมี 4-5 พู ก้านดอกมีขนอ่อนปกคลุม ผล รูปรีกลมหรือรียาว ขนาดกว้าง 8-10 เซนติเมตร ยาวประมาณ 12-18 เซนติเมตร ผิวเรียบเกลี้ยง เปลือกหนา แข็งมาก ไม่แตก ผลอ่อนมีสีเขียว พอสุกมีสีเหลือง เนื้อผลมีสีเหลือง นิ่ม มีกลิ่นหอม และมีเนื้อเยื่อสีส้มที่มียางเหนียว ๆ ภายในมี 8-15 ช่อง เมล็ดสีน้ำตาลอ่อนจำนวนมาก มียางใสเหนียวหุ้มเมล็ดอยู่ เมล็ดรูปรี ๆ และแบนมีเส้นขนหนาแน่นปกคลุม พบขึ้นทั่วไปตามป่าเบญจพรรณ และป่าแล้งทั่วไป ที่สูงจากระดับน้ำทะเล 50-700 เมตร ออกดอกระหว่างเดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคม และติดผลระหว่างเดือนธันวาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ (มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, ม.ป.ป.)

2.3 สรรพคุณและความเป็นพิษ

ในทางการแพทย์แผนไทยมีการใช้มะตูมเพื่อการรักษามาตั้งแต่อดีต โดยมีสรรพคุณทางยาตามส่วนที่นำมาใช้ เช่น ผลดิบแห้ง แก้ท้องเสีย แก้บิด ผลสุก รสหวานเย็น เป็นยาระบาย ช่วยย่อยอาหาร บำรุงไฟธาตุ แก้ลมในท้อง แก้มูกเลือด ผลอ่อน รสฝาดร้อนปร่าขึ้น บดเป็นผง ต้มกินแก้ธาตุพิการ แก้ท้องเสีย แก้บิด แก้โรคกระเพาะอาหาร ทำให้เจริญอาหาร ขับลม บำรุงกำลัง ผลแก่ รสฝาดหวาน ต้มดื่มแก้เสมหะและลม บำรุงไฟธาตุ ช่วยย่อยอาหาร ใบสด รสฝาด มัน คั้นน้ำกินแก้หลอดลมอักเสบ แก้บวม แก้หวัด แก้ผดผื่นคัน แก้ตาบวม แก้ตาอักเสบ เปลือกรากและต้น รักษาไข้มาลาเรีย ขับลมในลำไส้ ราก รสฝาดซ่า ใช้เป็นยาแก้ปากเปื่อย ขับเสมหะ แก้พิษฝี พิษไข้ แก้สติเผลอ ขับน้ำดี ขับลม จากการทดสอบความเป็นพิษเฉียบพลันในหนูเพศเมีย 3 ตัว โดยให้สารสกัดน้ำจากมะตูมปริมาณ 2,000 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และสังเกตอาการวันที่ 2 และ 14 ไม่พบอาการแสดงของการเกิดพิษใด ๆ ไม่ก่อให้เกิดการตาย และไม่มีพฤติกรรมการกินอาหารหรือน้ำที่เปลี่ยนไปของหนู และการศึกษาความเป็นพิษกึ่งเฉียบพลัน โดยให้สารสกัดน้ำและแอลกอฮอล์จากใบมะตูมในหนูเพศผู้และเพศเมีย ที่ปริมาณ 50 90 และ 100 มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว ทางหน้าท้องเป็นเวลาต่อเนื่องกัน 14 วัน ไม่พบผลข้างเคียง และไม่มีการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักอวัยวะภายในอย่างมีนัยสำคัญ (คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล, 2565)

3. เตยหอม

ภาพที่ 3 เตยหอม

3.1 ข้อมูลทั่วไป

ชื่อวิทยาศาสตร์	*Pandanus amaryllifolius* Roxb.
ชื่อวงศ์	PANDANACEAE
ชื่อสามัญ	Pandom wangi, Fragrant pandan, Fragrant screwpine Indonesian screwpine, Scented pandan
ชื่ออื่น ๆ	ปาแนะวองิง (มาเลเซีย-นราธิวาส)

3.2 ลักษณะทางพฤษศาสตร์

เตยหอมเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวลักษณะแตกกอเป็นพุ่มขนาดเล็กสูง 60 เซนติเมตรโคนลำต้นเป็นข้อ ต้นมีเนื้อไม้แข็ง ลำต้นแตกแขนง เมื่อต้นใหญ่จะมีรากค้ำจุน ใบออกเป็นพุ่ม เป็นใบเดี่ยวออกเรียงเวียนสลับเป็นเกลียวขึ้นไปจนถึงยอด รูปขอบขนานยาว 16 ถึง 25 เซนติเมตร ลักษณะใบยาวเรียวคล้ายใบหอก ปลายใบแหลม ขอบใบเรียบมีกลิ่นหอมเย็น แผ่นใบเรียบสีเขียวเป็นมัน เส้นกลางใบเว้าลึกเป็นแอ่ง ท้องใบจะเห็นเป็นรูปคล้ายกระดูกงูเรือ ใบมีกลิ่นหอม ดอกแยกเพศเป็นช่อดอกย่อยจำนวนมาก เป็นพืชที่ออกดอกยาก (วิลาสินี, 2564)

3.3 สรรพคุณและความเป็นพิษ

ใบมีสรรพคุณ แก้ไข้ แก้ร้อนในกระหายน้ำ แก้อ่อนเพลีย ขับปัสสาวะ บำรุงหัวใจ ชูกำลัง รักษาโรคหัด อีสุกอีใส และโรคผิวหนัง ช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือด บรรเทาอาการอาหารไม่ย่อย แก้อาการท้องอืด ลดความดันเลือด ช่วยกระตุ้นให้หัวใจเต้นปกติ น้ำมันหอมระเหยช่วยแก้อาการหน้า

ท้องเกร็ง แก้ปวดตามข้อ และกระดูก ช่วยให้ผ่อนคลาย ลดอาการปวดหัว แก้โรคลมชัก ลดอาการเจ็บคอ ลดอาการอักเสบในลำคอ รากและต้น รักษาเบาหวาน บำรุงหัวใจให้ชุ่มชื่น แก้กระษัย ขับปัสสาวะ แก้ร้อนในกระหายน้ำ ช่วยละลายก้อนนิ่วในไต แก้หนองใน แก้พิษโลหิต แก้กล้ามเนื้ออ่อนเพลีย แก้ตานซางในเด็ก (กองเภสัชกรรม โรงพยาบาลอานันทมหิดล, ม.ป.ป.)

การศึกษาความเป็นพิษ โดยการนำรากของเตยหอมมาทดสอบกับหนูขาว โดยการฉีดเข้าหน้าท้อง ทำให้ระดับเอมไซม์ในตับ Aspartate aminotransferase (AST) และ Alanine transaminase (ALT) สูงขึ้น แสดงว่าเกิดพิษต่อตับ และเมื่อตรวจเนื้อเยื่อจากอวัยวะต่างๆ ของหนูขาว เช่น ตับ ไต พบว่าเกิดการคั่งของน้ำ มีเลือดออก ซึ่งเป็นผลมาจากสาร Coumarin ซึ่งมีฤทธิ์ยับยั้งการแข็งตัวของเลือดที่พบอยู่ในสารสกัดจากรากเตยหอม (ณัฐกานต์, 2553)

4. ชาสมุนไพรและมาตรฐานของชาจากพืช

ปัจจุบันการดูแลสุขภาพเป็นสิ่งที่ทุกคนให้ความสำคัญ โดยเริ่มจากอาหารที่รับประทานโดยจะรับประทานอาหารที่มีสรรพคุณทางยา และมีคุณประโยชน์สูง มีสารสำคัญในการต้านการเกิดโรคที่เรียกว่าสารต้านอนุมูลอิสระ โดยผู้วิจัยเล็งเห็นว่าชาจากพืชสมุนไพรเป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์อาหารที่น่าสนใจ และเป็นทางเลือกที่ดีของผู้บริโภค อีกทั้งยังสามารถป้องกันอาการป่วยได้อีกด้วย ชาสมุนไพร หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากส่วนต่าง ๆ ของพืช นำมาทำให้แห้งและลดขนาดให้เล็กลง โดยการตัดสับหรือบด เท่านั้น ซึ่งยังอยู่ในสภาพที่สามารถตรวจสอบได้ว่ามาจากพืชสมุนไพรชนิดใด ทั้งนี้อาจทำจากพืชชนิดเดียวหรือผสมกับพืชชนิดอื่นที่กำหนดไว้ในประกาศหรือผสมกับชาในสกุล Camellia มีจุดมุ่งหมายเพื่อนำไปบริโภคโดยการต้มหรือชงกับน้ำเท่านั้น (ขันทอง และก่อเกียรติ, 2564)

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 426) พ.ศ. 2564 มีข้อกำหนดมาตรฐานชาสมุนไพรออกตามความในพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522 เรื่อง ชาจากพืช ดังนี้

1. มีความชื้นได้ไม่เกินร้อยละ 10 ของน้ำหนัก

2. จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคให้เป็นไปตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยกำหนดคุณภาพ หรือมาตรฐาน หลักเกณฑ์เงื่อนไข และวิธีการในการตรวจวิเคราะห์ ของอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค

3. ตรวจพบสารปนเปื้อนไม่เกินปริมาณสูงสุดที่กำหนดตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยมาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน

4. สารพิษตกค้าง ให้เป็นไปตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยอาหารที่มีสารพิษตกค้าง

5. ไม่มียาแผนปัจจุบันหรือวัตถุที่ออกฤทธิ์ต่อจิตและประสาท หรือยาเสพติดให้โทษตามกฎหมายว่าด้วยการนั้นแล้วแต่กรณี

6. การใช้วัตถุเจือปนอาหาร ให้ปฏิบัติตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยวัตถุเจือปนอาหาร

7. ไม่มีการปรุงแต่งกลิ่น รส ด้วยวัตถุอื่น นอกจากพืชที่ระบุในบัญชีรายชื่อพืชและส่วนของพืชที่ใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับชาจากพืชท้ายประกาศนี้ หรือใบ ยอด และก้านที่ยังอ่อนอยู่ของต้นชาในสกุล Camellia

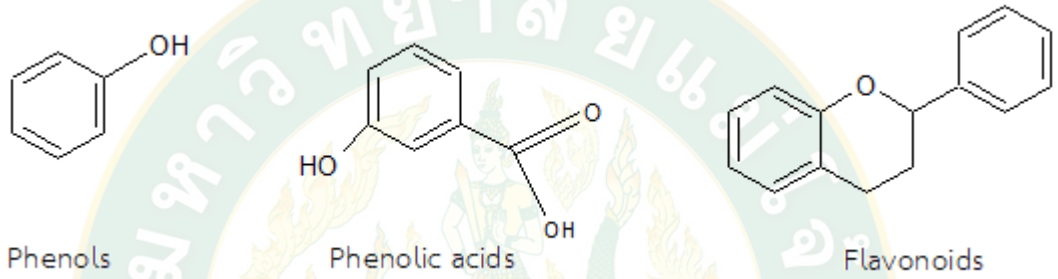
5. สารประกอบฟีนอลิก

สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) เป็นกลุ่มสารที่พบมากในพืช มีโครงสร้างเป็นวงแหวนอะโรมาติก และมีหมู่ไฮดรอกซิลอย่างน้อย 1 หมู่ รวมไปถึงอนุพันธุ์ของประกอบฟีนอลซึ่งมีการแทนที่ด้วยหมู่ฟังก์ชันต่าง ๆ เช่น ฟลาโวนอยด์ ลิกนิน กรดซินนามิก และ โคเอ็นไซม์คิวเท็น (เนตรนภา และเฉลิม, 2557) มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ต้านการอักเสบ ป้องกันความเสียหายที่เกิดจากรังสีอัลตราไวโอเลต และป้องกันการสร้างสารก่อมะเร็ง สามารถจำแนกตามโครงสร้างทางเคมีได้เป็นหลายกลุ่มย่อย ซึ่งสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ เป็นกลุ่มที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและถูกนำมาใช้ประโยชน์ทางด้านอาหาร ยา และเครื่องสำอางกันอย่างแพร่หลาย สารประกอบฟีนอลิกได้รับความสนใจในฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน และฤทธิ์ต้านการกลายพันธุ์ที่เกิดจากอนุมูลอิสระ และใช้ในการป้องกันโรคต่าง ๆ โดยเฉพาะโรคหัวใจ โรคหัวใจขาดเลือด และมะเร็ง โดยสารประกอบฟีนอลิกจะทำหน้าที่กำจัดอนุมูลอิสระและไอออนของโลหะที่สามารถเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน และโมเลกุลอื่น ๆ ด้วยการให้อะตอมไฮโดรเจนแก่อนุมูลอิสระอย่างรวดเร็ว เมื่อสารประกอบฟีนอลิกให้อะตอมไฮโดรเจนแก่อนุมูลอิสระไปแล้วจะกลายเป็นอนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลที่ค่อนข้างเสถียร จึงไม่ทำปฏิกิริยาอื่นต่อไป และอนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลิกบางชนิด ยังสามารถรวมตัวกับอนุมูลอิสระอื่นได้อีกด้วย ทำให้สารประกอบฟีนอลิกเหล่านั้นลดจำนวนอนุมูลอิสระลงได้ถึง 2 เท่า สารประกอบฟีนอลิกที่ถูกพบว่ามีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระนั้นสามารถพบได้ในส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น เมล็ด ผล และใบ (รุ่งฤดี, 2555)

สารประกอบฟีนอลิกรวม (Total phenolic compounds) สารประกอบฟีนอลิก หรือสารประกอบฟีนอล เป็นสารที่พบตามธรรมชาติในพืชหลายชนิด เช่น ผัก ผลไม้ เครื่องเทศ สมุนไพร ถั่วเมล็ดแห้ง เมล็ดธัญพืช ซึ่งถูกสร้างขึ้นเพื่อประโยชน์ในการเจริญเติบโตสารประกอบฟีนอล มีโภชนาเภสัช ซึ่งมีสรรพคุณที่ดีต่อสุขภาพคือมีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ สามารถละลายได้ในน้ำและมักจะรวมอยู่ในโมเลกุลของน้ำตาลในรูปของสารประกอบไกลโคไซด์ น้ำตาลชนิดที่พบมากที่สุดใน

โมเลกุลของสารประกอบฟีนอล คือน้ำตาลกลูโคส (glucose) และพบว่าอาจมีการรวมตัวกันระหว่างสารประกอบฟีนอลด้วยกันเองหรือสารประกอบฟีนอลกับสารประกอบอื่น ๆ เช่น กรดอินทรีย์ (organic acid) รวมอยู่ในโมเลกุลของโปรตีน แอลคาลอยด์ (alkaloid) และเทอร์พีนอยด์ (terpenoid) เป็นต้น

โครงสร้างโมเลกุลของสารประกอบฟีนอลิก สารประกอบฟีนอล มีสูตรโครงสร้างทางเคมีเป็นวงแหวน ที่เป็นอนุพันธุ์ของวงแหวนเบนซิน มีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH group) อย่างน้อยหนึ่งหมู่ต่ออยู่ สารประกอบฟีนอลพื้นฐาน คือสารฟีนอล (phenol) ในโมเลกุลประกอบด้วยวงแหวนเบนซิน 1 วง และหมู่ไฮดรอกซิล 1 หมู่ (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, ม.ป.ป.) ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 โครงสร้างของสารประกอบฟีนอลิก

6. สารต้านอนุมูลอิสระ

6.1 อนุมูลอิสระ (free radicals)

อนุมูลอิสระ เป็นสารที่มีอิเล็กตรอนอิสระอยู่ในวงนอกของอะตอมหรือโมเลกุล จึงมีความว่องไวในการเข้าทำปฏิกิริยา โดยรับอิเล็กตรอนจากสารอื่น ๆ ใกล้เคียง ยังผลให้ตนเองเสถียรขึ้น ในขณะเดียวกันก็ชักนำให้สารที่ให้อิเล็กตรอนไปนั้นมีอิเล็กตรอนไม่ครบคู่ จนอาจกลายเป็นสารที่มีความรุนแรง ซึ่งถ้าเกิดขึ้นในระบบสิ่งมีชีวิตอาจทำอันตรายกับส่วนประกอบสำคัญของเซลล์รอบ ๆ บริเวณนั้น ไม่ว่าจะเป็นโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต หรือดีเอ็นเอ ทำให้สารชีวโมเลกุลเหล่านี้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง และเสียหน้าที่การทำงาน ดังนั้นในสภาวะที่มีการสร้างอนุมูลอิสระเป็นจำนวนมากจะก่อให้เกิดการบาดเจ็บของเซลล์ ซึ่งเป็นกลไกสำคัญที่ก่อให้เกิดพยาธิสภาพต่าง ๆ ได้ เช่น โรคมะเร็ง โรคหลอดเลือดหัวใจ โรคพาร์กินสัน โรคสมองเสื่อม ไขข้ออักเสบ และต่อกระจก เป็นต้น (Ames et al., 1993)

6.2 แหล่งที่มาของอนุมูลอิสระ

อาจแบ่งแหล่งที่มาอนุมูลอิสระในร่างกายของมนุษย์ออกเป็น 2 แบบง่าย ๆ ดังนี้

6.2.1 อนุมูลอิสระที่เกิดจากในร่างกาย

เป็นผลจากในร่างกายของเรามีกระบวนการเผาผลาญอาหาร หรือที่เรียกเป็นทางการว่า กระบวนการเมทาบอลิซึม (metabolism) เกิดขึ้นตลอดเวลา ซึ่งเป็นผลจากปฏิกิริยาเคมีและกิจกรรมของเซลล์ในร่างกาย ที่ต้องดำเนินการตามปกติ ตัวอย่างเช่น ในกระบวนการหายใจจะเกิดออกซิเจนที่มีประจุลบ ซึ่งก็คืออนุมูลอิสระ สารตัวนี้สามารถรวมตัวกับไขมัน LDL (Low Density Lipoproteins) ได้ดี และยังสามารถรวมตัวกับสารบางชนิดในร่างกายก่อให้เกิดสารพิษที่ทำลายเนื้อเยื่อ หรืออาจไปเปลี่ยนแปลงข้อมูลทางพันธุกรรมในดีเอ็นเอ ทำให้เซลล์ปกติเปลี่ยนสภาพไปเป็นเซลล์มะเร็งเป็นต้น (อนันต์, 2551) กระบวนการเมทาบอลิซึมเป็นสาเหตุหลักอย่างหนึ่งที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระภายในร่างกาย ได้แก่ ปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นเอง (autooxidation) เช่น การเกิดออกซิเดชั่นของไขมัน ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระยะ คือ

1. ระยะเหนี่ยวนำเริ่มต้น (initiation) เป็นระยะที่กรดไขมันแตกตัวเป็นอนุมูลอิสระโดยมีแสงหรืออุณหภูมิเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ดังสมการ

$$RH + \text{initiator} \xrightarrow[T]{\text{light}} R^{\bullet} + H^{\bullet}$$

2. ระยะเพิ่มจำนวน (propagation) เป็นระยะที่อนุมูลอิสระทำปฏิกิริยากับออกซิเจนเกิดเป็นอนุมูลเปอร์ออกซี่ (peroxy radical) แล้วทำปฏิกิริยาต่อกับกรดไขมันเกิดเป็นไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (hydro peroxide) และอนุมูลอิสระ ซึ่งถ้ามีแสงและความร้อนนี้เป็นตัวเร่ง ก็จะเกิดปฏิกิริยาต่อทำให้อนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น แล้วอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นก็สามารถทำปฏิกิริยากับออกซิเจนใหม่ได้ต่อเนื่องไปเรื่อย ๆ ดังสมการ

$$R^{\bullet} + O_2 \longrightarrow ROO^{\bullet}$$

$$ROO^{\bullet} + RH \longrightarrow ROOH + R^{\bullet}$$

3. ระยะสิ้นสุด (termination) เป็นระยะที่อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นรวมตัวกันกลายเป็นโมเลกุลที่เสถียร (Nawar, 1996) ดังสมการ

$$R^{\bullet} + R^{\bullet} \longrightarrow RR$$

$$ROO^{\bullet} + ROO^{\bullet} \longrightarrow ROOR + O_2$$

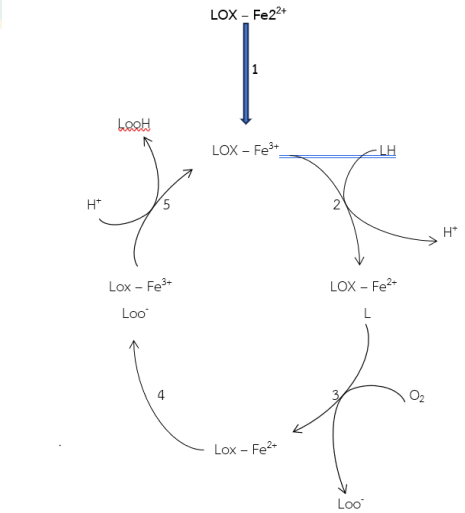
ปฏิกิริยาออกซิเดชันที่มีเอนไซม์เป็นตัวเร่ง การทำงานของเอนไซม์ สำคัญ 2 ชนิด ที่มีผลกระตุ้นการสร้างอนุมูลอิสระภายในร่างกาย ได้แก่

1. เอนไซม์แซนธีนออกซิเดส (Xanthine oxidase: XO) ทำหน้าที่สำคัญในกระบวนการสลายเบสพิวรีน (purine) โดยเร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนไฮโพแซนธีน (hypoxanthine) เป็นแซนธีน (xanthine) และแซนธีน เป็นกรดยูริก (uric acid) พร้อม ๆ กับเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนให้ออกซิเจนเกิดเป็นอนุมูลซูเปอร์ออกไซด์ ($O2^{\bullet-}$) (Halliwell et al., 1995) ดังสมการ

$$\text{hypoxanthine} + O_2 + H_2O \xrightarrow{XO} \text{xanthine} + H_2O_2 + O_2^{\bullet-}$$

$$\text{xanthine} + O_2 + H_2O \xrightarrow{XO} \text{uric acid} + H_2O_2 + O_2^{\bullet-}$$

2. เอนไซม์ไลโพออกซีจีเนส (Lipoxygenase: LOX) ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง (polyunsaturated fatty acid) ภายในโมเลกุลของเอนไซม์นี้มีเหล็ก (Fe^{2+}) เป็นส่วนประกอบอยู่ ทำหน้าที่ดึงอะตอมไฮโดรเจนจากกรดไขมันและเติมออกซิเจนให้กับกรดไขมันเกิดเป็นไฮโดรเพอรอกไซด์ ซึ่งจะสลายตัวเป็นอนุมูลของกรดไขมันต่อไปดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 การทำงานของเอนไซม์ lipoxygenase (LOX) ในปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมัน

3. กระบวนการกำจัดสิ่งแปลกปลอมของเม็ดเลือดขาว ในขั้นตอนการทำลายสิ่งแปลกปลอมโดยเฉพาะเชื้อโรคที่ถูกกลืนกินเข้ามาภายในร่างกาย เซลล์เม็ดเลือดขาวจะมีการดึงโมเลกุลออกซิเจน (O_2) มาใช้เป็นจำนวนมากเพื่อผลิตเป็นอนุมูลซูเปอร์ออกไซด์ ($O_2^{\bullet-}$) โดยการทำงานของเอนไซม์ NADPH ออกซิเดส (NADPH oxidase) ที่อยู่บนเยื่อบุชั้นนอก (outer membrane) ของเม็ดเลือดขาว (เจนจิรา และประสงค์, 2554) ดังสมการ

$$2O_2 + NADPH \longrightarrow 2O^{2\bullet-} + NADP^+ + H^+$$

นอกจากนี้ในเม็ดสี (granule) ของเม็ดเลือดขาวยังมีเอนไซม์ไมอีโลเทอรอกซีเดส (myeloperoxidase) ทำให้เกิดอนุมูลไฮโปคลอรัส (hypochlorus, $HOCl^{\bullet}$) ซึ่งเป็นสารที่ทำลายจุลชีพได้ ดังสมการ

$$H_2O_2 + Cl^- \longrightarrow HOCl + OH^-$$

4. โลหะทรานสิชั่น (transition metal) โลหะทรานสิชั่น 2 ชนิด คือเหล็ก (Fe^{2+}) และทองแดง (Cu^{2+}) ที่มีอยู่ทั่วไปในร่างกาย สามารถเร่งการสร้างอนุมูลไฮดรอกซิลจากซูปเปอร์ออกไซด์และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide, H_2O_2) ในปฏิกิริยา Fenton (Fenton' s reaction) (Halliwell et al., 1995) ดังสมการ

$$H_2O_2 + O^{2\bullet-} + Fe^{2+} + / Cu^{2+} \longrightarrow OH^{\bullet} + OH^- + O_2$$

6.2.2 อนุมูลอิสระที่มาจากนอกร่างกาย

เกิดได้หลายปัจจัยด้วยกันคือจากการได้รับเชื้อโรค เช่น การติดเชื้อไวรัสหรือเชื้อแบคทีเรีย โรคเกี่ยวกับภูมิคุ้มกัน (autoimmune diseases) เช่น ข้ออักเสบ รูมาตอยด์ จากรังสี เช่น รังสีอัลตราไวโอเลต รังสีเอ็กซ์ รังสีแกมมา จากมลภาวะ เช่น ควันบุหรี่ แก๊สจากท่อไอเสียรถยนต์ เช่น ไนตรัสออกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ เขม่าจากเครื่องยนต์ ฝุ่น จากกระบวนการประกอบอาหาร เช่น การย่างเนื้อสัตว์ที่มีส่วนประกอบของไขมันสูง การนำน้ำมันที่ใช้ทอดอาหารที่มีอุณหภูมิสูง ๆ กลับมาใช้อีก ทำให้เกิดอาหารประเภทเกรียมไหม้ หรือเกิดจากการปิ้ง ย่าง จากยาบางชนิด เช่น โดโซรูบิซิน (doxorubicin) เพนนิซิลามิน (penicillamine) พาราเซทามอล (paracetamol) เป็นต้น (อนันต์, 2551)

6.3 สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidants)

สารต้านอนุมูลอิสระ คือสารปริมาณน้อยที่สามารถป้องกัน หรือชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยอนุมูลอิสระชนิดต่าง ๆ ได้ (Halliwell, 1995) สารเหล่านี้มีกลไกการทำงานต้านอนุมูลอิสระด้วยกันหลายแบบ เช่น ดักจับ (scavenge) อนุมูลอิสระโดยตรง ยับยั้งการสร้างอนุมูลอิสระหรือเข้าจับ (chelate) กับเหล็ก (Fe^{2+}) ป้องกันการสร้างอนุมูลอิสระ เป็นต้น ปกติร่างกายคนเรานั้นจะมีสารต้านอนุมูลอิสระตามธรรมชาติหลากหลายชนิดทั้งที่เป็นเอนไซม์ เช่น superoxide dismutase catalase และ glutathione peroxidase เป็นต้น และสารต้านอนุมูลอิสระที่ไม่ใช่เอนไซม์ เช่น urate bilirubin และ transferrin เป็นต้น เนื่องจากสารเหล่านี้มีจำนวนจำกัด ดังนั้นเมื่อใดก็ตามที่มีอนุมูลอิสระเกิดขึ้นเกินกว่าจะกำจัดได้หมด อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกายได้ดังที่กล่าวมาแล้ว นอกจากนี้พวกวิตามินบางชนิด เช่น บีตาแคโรทีน (β-carotene) วิตามินซี (vitamin C) วิตามินอี (vitamin E) รวมทั้งสารประกอบกลุ่ม polyphenols ต่าง ๆ ซึ่งมีรายงานพบมาก ในพืช ผัก ผลไม้ทั่วไป ยังจัดเป็นสารออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากแหล่งธรรมชาติที่ดีอีกกลุ่มหนึ่ง (Sies et al., 1992)

6.3.1 แหล่งที่พบสารต้านอนุมูลอิสระ

ปัจจุบันสารต้านอนุมูลอิสระโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ได้มาจากพืชผัก เครื่องเทศ องุ่น และสมุนไพร ได้รับความสนใจและศึกษากันอย่างกว้างขวาง เนื่องจากกระแสเรื่องความปลอดภัยของสารสกัดจากธรรมชาติ สารต้านอนุมูลอิสระแบ่งตามแหล่งที่มาได้ 2 ชนิด ได้แก่

1. สารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ (synthetic antioxidants) สารประกอบฟีนอลิกสังเคราะห์ 5 ชนิดได้แก่ propyl gallate, 2-butylated hydroxyanisole, 3-butylate hydroxyanisole, BHT (butylated hydroxytoluene) และ tertiary butylhydroquinone เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน อันเป็นสาเหตุให้อาหารมีกลิ่น สี และรสชาติที่เปลี่ยนไป สารสังเคราะห์เหล่านี้มีประสิทธิภาพและความคงตัวสูงกว่าสารสกัดจากธรรมชาติ แต่มีข้อจำกัดของการใช้เนื่องจากปัญหาด้านความปลอดภัยในการบริโภค (เจนจิรา และประสงค์, 2554)

2. สารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ (natural antioxidants) สารกลุ่มนี้ได้รับความสนใจและมีการค้นคว้าอย่างมากในปัจจุบัน เนื่องจากความเชื่อมั่นว่ามีความปลอดภัยในการบริโภค มากกว่าสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ สารต้านอนุมูลอิสระเหล่านี้พบได้ทั้งในจุลชีพ สัตว์ และพืช ซึ่งมีทั้งที่เป็นวิตามิน เช่น วิตามินซี วิตามินอี เบต้าแคโรทีน และสารที่ไม่ให้คุณค่าทางโภชนาการ (non-nutrient) ซึ่งมีโครงสร้างเป็นสารประกอบฟีนอลิค โดยเฉพาะกลุ่มโพลีฟีนอล (polyphenols) เช่น แซนโธน (xanthone) และฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ซึ่งประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิลที่เกาะบนวงเบนซีน (aromatic hydroxyl) ตั้งแต่ 2 หมู่ขึ้นไป หมู่ฟังก์ชั่น (functional

group) เหล่านี้มีบทบาทสำคัญในการดักจับอนุมูลอิสระไม่ให้ไปกระตุ้น หรือก่อให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ โดยการให้อนุมูล $H^{\bullet}$ แก่อนุมูลอิสระเหล่านั้น นอกจากนี้สารประกอบโพลีฟีนอลที่มีโครงสร้างของ ortho-dihydroxyl phenol อยู่ในโมเลกุล ยังสามารถยับยั้งการเกิดอนุมูล $OH^{\bullet}$ ในปฏิกิริยาที่มีอนุมูลโลหะทรานซิชั่น คือเหล็ก (Fe^{2+}) และทองแดง (Cu^{2+}) เป็นตัวเหนี่ยวนำได้ โดยการเข้าจับกับโลหะดังกล่าวเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน (เจนจิรา และประสงค์, 2554)

6.3.2 กลไกการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระ

จากรายงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระพบว่ามีหลายกลไก ดังนี้

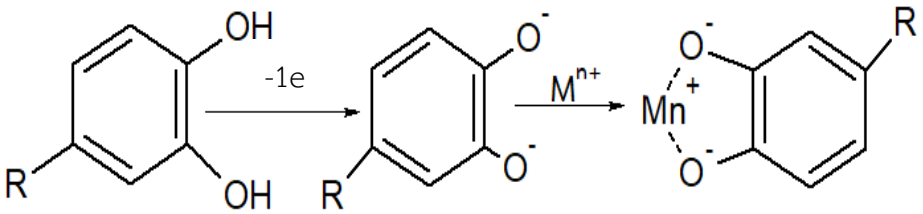
1. ดักจับอนุมูลอิสระ (radical scavenging) เป็นที่ทราบดีว่า สารต้านอนุมูลอิสระสามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้ โดยการทำให้โมเลกุลของอนุมูลอิสระมีความเสถียรขึ้น ซึ่งกลไกของปฏิกิริยาเกิดโดยการให้ไฮโดรเจน หรืออิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระ (Valacchi et al., 2004) ดังสมการ

$$R^{\bullet} + AH \longrightarrow RH + A^{\bullet}$$
$$RO^{\bullet} + AH \longrightarrow ROH + A^{\bullet}$$
$$R^{\bullet} + A^{\bullet} \longrightarrow RA$$
$$RO^{\bullet} + A^{\bullet} \longrightarrow ROA$$

2. ยับยั้งการทำงานของซิงค์เลทออกซิเจน (singlet oxygen quenching, $^1O_2$*) สารกลุ่มแคโรทีนอยด์ (carotenoids) สามารถยับยั้งการทำงานของซิงเก็ลทออกซิเจน โดยการเปลี่ยน ($^1O_2$*) ให้อยู่ในรูปทริปเปร็ท (triplet oxygen ($^3O_2$)) และปล่อยพลังงานที่ได้รับออกไปในรูปความร้อน โดยที่แคโรทีนอยด์ (Car) จำนวน 1 โมเลกุล สามารถทำปฏิกิริยากับซิงเก็ลทออกซิเจนได้ถึง 1,000 โมเลกุล (Sies et al., 1992) ดังสมการ

$$^1O_2^{\bullet} + {}^1Car \longrightarrow 3O_2 + {}^3Car^{\bullet}$$
$$^3Car^{\bullet} \longrightarrow {}^1Car + \text{thermal energy}$$

3. จับกับโลหะที่สามารถเร่งสารกลุ่มนี้ (metal chelation) ได้แก่ ปฏิกิริยาออกซิเดชันโลหะที่มีผลต่อการเกิดอนุมูลอิสระ คือ เหล็ก (Fe^{2+}) และทองแดง (Cu^{2+}) ฟลาโวนอยด์ ฟอสฟอริกแอซิด (phosphoric acid) และซิตริกแอซิด (citric acid) เป็นต้น สำหรับกลไกการจับโลหะของสารประกอบฟลาโวนอยด์ (เจนจิรา และประสงค์, 2554) แสดงดังสมการ



4. หยุดปฏิกิริยาการสร้างอนุมูลอิสระ (chain-breaking) วิตามินอี (α-tocopherol: Toc-OH) สามารถป้องกันเยื่อหุ้มเซลล์ไม่ให้ถูกทำลายจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (lipid autooxidation) โดยทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน (electron-acceptor antioxidants) จากอนุมูล peroxyl (ROO•) (Burton and Traber, 1990)

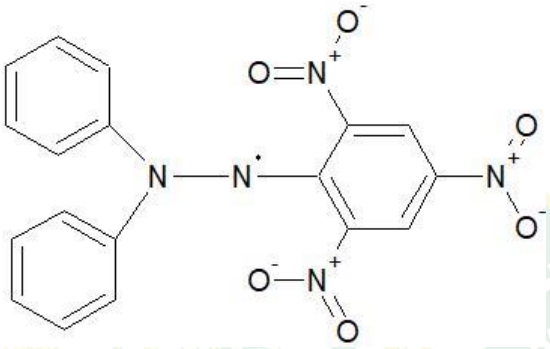
5. เสริมฤทธิ์ (synergism) สารชนิดนี้จะช่วยสนับสนุนให้สารต้านอนุมูลอิสระทำงานได้ดีขึ้น เช่น การทำงานร่วมกันระหว่าง วิตามินอี (α-tocopherol) กับ วิตามินซี (ascorbic acid) โดยที่วิตามินซีไม่สามารถทำงานในสภาวะไม่มีขั้ว (hydrophobic condition) ได้เหมือนกับ วิตามินอี แต่จะให้ไฮโดรเจนอะตอมแก่อนุมูลแอลฟ่า-โทโคฟีรอลเปอร์ออกซิล (α-tocopherol peroxyl) ที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่าง แอลฟ่า-โทโคฟีรอล กับ อนุมูลเปอร์ออกซิล (ROO•) เพื่อเปลี่ยนรูปกลับไปเป็น แอลฟ่า-โทโคฟีรอล ที่สามารถทำงานได้ (Frankel, 1998)

6. ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาอนุมูลอิสระ (enzyme inhibition) สารประกอบฟีนอลิกบางชนิด เช่น ฟลาโวนอยด์ กรดฟีนอลิก และแกลเลต (gallates) สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิโพออกซีจีเนส (lipoxygenase) โดยสามารถเข้าจับกับไอออนของเหล็กซึ่งเป็นโคแฟกเตอร์ (cofactor) ส่งผลให้เอนไซม์ดังกล่าวไม่สามารถทำงานได้ (Puerta, 1999)

7. สารต้านอนุมูลอิสระกับการป้องกันโรค การศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของสารต้านอนุมูลอิสระได้รับความสนใจเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากอนุมูลอิสระส่งผลเสียต่อร่างกายและเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดโรคหลายชนิดในมนุษย์ เช่น โรคมะเร็ง ความดันโลหิตสูง เบาหวาน รูมาตอยด์ (Cornish and Garbary, 2010)

7. การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)

การวิเคราะห์การวัดความสามารถในการรีดิวซ์ DPPH เป็นอนุมูลไนโตรเจนที่มีความคงตัวสูง จะมีสีม่วงอยู่ในรูปอนุมูลโดยที่ไม่ต้องทำปฏิกิริยาเพื่อให้เกิดอนุมูล การวัดจะใช้เครื่องมือ eletron paramagnetic resonance (EPR) หรือวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร โดยใช้เครื่อง UV-VIS spectrophotometer วัดการลดลงของสี เมื่อเติมสารต้านอนุมูลอิสระลงไป



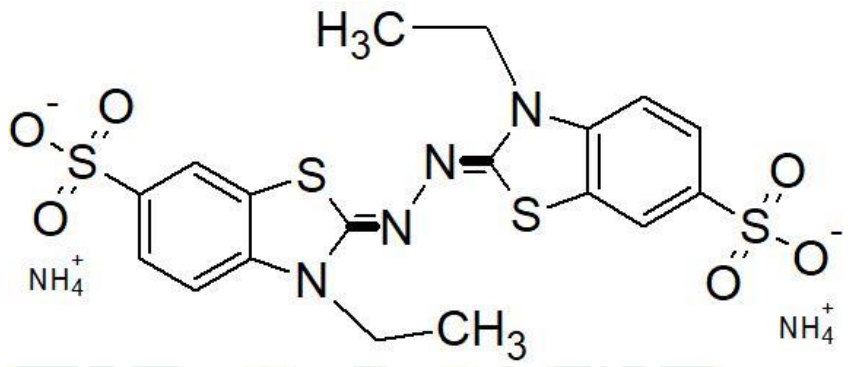
ภาพที่ 6 โครงสร้าง 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl radical

ข้อดี คือสามารถใช้กับเครื่องมือสามัญทั่วไป ซึ่งนิยมใช้เป็นวิธีเบื้องต้นในการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ แต่ยกเว้นสารกลุ่มแคโรทีนอยด์ ข้อเสีย คืออนุมูล DPPH มีความคงตัวสูง ไม่ไวต่อปฏิกิริยาเหมือน อนุมูลที่เกิดขึ้นในเซลล์ ดังนั้นวิธีนี้จึงไม่สามารถใช้จัดอันดับอนุมูลที่มีความไวสูง ทั้งนี้อิเล็กตรอนเดี่ยวของ DPPH จะถูกจับด้วยสารวงเบนซีน 3 วง และมีหมู่ไนไตรในโครงสร้าง ทำให้สารต้านมีฤทธิ์แรงแต่กลับมีขนาดใหญ่ จึงไม่สามารถเข้าทำปฏิกิริยาขจัดหรือทำให้เกิดปฏิกิริยาช้ากว่า ทั้งที่มีฤทธิ์ดีในการขจัดอนุมูลเปอร์ออกซี นอกจากนี้สารรีดิวซ์ยังสามารถทำให้สีของ DPPH จางลงอีกด้วย (โอภา และคณะ, 2550)

8. การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2'-Azino – bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid) (ABTS)

วิธีการวัดความสามารถในการฟอกสีอนุมูลอิสระ ABTS (2,2’-Azino – bis (3ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) radical) เป็นสารสังเคราะห์ที่มีสีเขียวปนน้ำเงิน สามารถดูดกลืนแสงได้สูงสุดที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร เนื่องจากสีของ ABTS ปกติจะมีค่าการดูดกลืนแสงสูง จึงต้องทำการเจือจาง ABTS ด้วยฟอสเฟสบัฟเฟอร์ ก่อนนำ ABTS ไปทำปฏิกิริยากับ

สารตัวอย่าง ต้องทำการเจือจางด้วยเมทานอลอีกครั้ง ซึ่งจะทำให้สีจาง และตั้งทิ้งไว้เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาจึงสามารถหาความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารตัวอย่างได้ จากการคำนวณสีที่จางลงของการยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS



ภาพที่ 7 โครงสร้าง 2,2'-Azino-bis (3-ethylbenzothiazoline -6-sulphonic acid) Diammonium salt

ข้อดี คือละลายได้ดีในน้ำ และตัวทำละลายอินทรีย์ จึงทำปฏิกิริยาได้อย่างรวดเร็ว และทำปฏิกิริยาได้ดีในช่วง pH กว้าง ข้อเสีย คือเป็นสารที่ไม่สามารถพบได้ตามธรรมชาติในร่างกาย หรือในเซลล์สิ่งมีชีวิต และต้องทำปฏิกิริยากับสารอื่นก่อนจึงจะเกิดเป็นอนุมูล (บุหรัน, 2556)

9. UV-VIS spectrophotometer

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในวิเคราะห์สารโดยอาศัยหลักการดูดกลืนรังสีของสารที่อยู่ในช่วง ultra violet (UV) และ visible (VIS) ความยาวคลื่นประมาณ 190 - 1000 นาโนเมตร ส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ สารประกอบเชิงซ้อน หรือสารอนินทรีย์ ทั้งที่มีสีและไม่มีสี สารแต่ละชนิดจะดูดกลืน รังสีในช่วงความยาวคลื่นที่แตกต่างกันและปริมาณการดูดกลืนรังสีก็ขึ้นอยู่กับความเข้มของสารนั้น การดูดกลืนแสงของสารต่าง ๆ เป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นของสาร จึงสามารถวิเคราะห์ได้ ในเชิงคุณภาพและปริมาณ เป็นเทคนิคที่ให้สภาพไว้ที่ดี และใช้กันอย่างแพร่หลาย ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคนี้จะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) และค่าความยาวคลื่น (wavelength) ซึ่งเรียกว่า spectrum (จินดาพร, 2555)

ภาพที่ 8 เครื่อง UV-Visible spectrophotometer

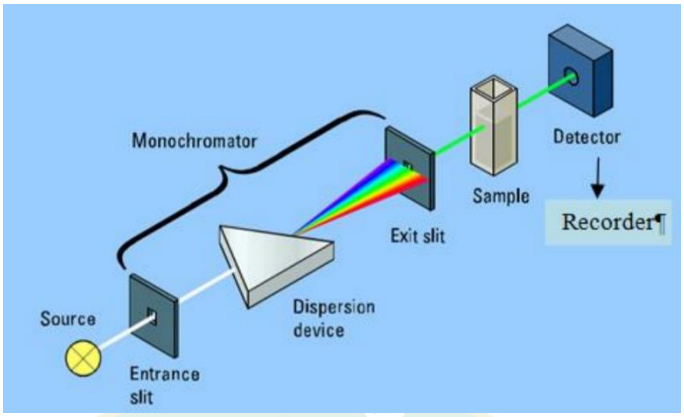
9.1 ส่วนประกอบของเครื่อง UV-VIS spectrophotometer

1. light source แหล่งกำเนิดรังสี เป็นส่วนที่ให้รังสีในช่วงความยาวคลื่นที่ต้องการออกมาอย่างต่อเนื่องและคงที่ รวมทั้งมีความเข้มแสงที่มากพอ หลอดกำเนิดรังสีมีหลายชนิดตามความยาวคลื่นรังสีที่เปล่งออกมา เช่น ช่วง UV จะใช้หลอด H_2 and D_2 lamp ให้ความยาวคลื่นอยู่ในย่าน 160-380 นาโนเมตร และช่วง visible ใช้หลอด tungsten/ halogen ให้ความยาวคลื่นในช่วง 240 - 2500 นาโนเมตร เป็นต้น

2. monochromator เป็นส่วนที่ใช้ควบคุมแสง โดยจะทำให้แสงที่ออกมาจากต้นกำเนิดแสงซึ่งเป็นพอลิโครเมติก ให้เป็นแสงโมโนโครเมติก ซึ่งเป็นแถบแสงแคบ ๆ หรือมีความยาวคลื่นเดียว ใช้ฟิลเตอร์ปริซึมหรือเกรตติ้ง

3. cell sample เซลล์ที่ใช้บรรจุสารละลายตัวอย่าง บางครั้งอาจเรียกว่า cuvettes ที่ใช้กันทั่วไปได้แก่ เซลล์ที่ทำด้วยแก้วจะใช้ได้เฉพาะช่วงวิสิเบิล เพราะแก้วจะดูดกลืนรังสีในช่วงยูวีได้ ส่วนเซลล์ที่ทำด้วยซิลิกา และควอร์ตซ์ ใช้ได้ทั้งช่วงยูวีและวิสิเบิล

4. detector ทำหน้าที่ในการวัดความเข้มของรังสีที่ถูกดูดกลืน โดยการแปลงพลังงานคลื่นรังสีเป็นพลังงานไฟฟ้า เครื่องวัดรังสีมีหลายชนิดที่นิยมได้แก่ photomultiplier tube และเครื่องวัดแสงชนิดซิลิกอนไดโอด silicon diode detector (จินดาพร, 2555)



ภาพที่ 9 องค์ประกอบต่าง ๆ ของเครื่อง UV- VIS Spectrophotometer
ที่มา: จินดาพร (2555)

10. การทดสอบทางประสาทสัมผัส

การประเมินทางประสาทสัมผัส (sensory evaluation) เป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้วัด วิเคราะห์ และแปลความ ขณะที่มนุษย์รับความรู้สึกทางประสาทสัมผัสในการเห็น การได้กลิ่น การชิมรส การสัมผัส และการได้ยิน โดยเกี่ยวข้องกับการวัดในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ลักษณะปรากฏที่เห็น กลิ่น รส เนื้อสัมผัส และเสียง

10.1 การทดสอบการยอมรับ

การทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์อาหารโดยใช้ประสาทสัมผัส ได้แก่ กระบวนการหาข้อมูลความชอบหรือการยอมรับที่ผู้บริโภคมีต่อผลิตภัณฑ์อาหาร ทั้งนี้อาจเป็นการทดสอบสำหรับผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวกันหรือหลายชนิดเปรียบเทียบกันได้ เป็นการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสเพียงวิธีเดียวที่เกี่ยวข้องกับกลุ่มที่เป็น หรือมีแนวโน้มที่จะเป็นผู้บริโภคผลิตภัณฑ์อาหารนั้นโดยตรง การทดสอบการยอมรับอาจแบ่งได้ 2 กลุ่ม คือ

10.1.1 การทดสอบการยอมรับเชิงคุณภาพ

เป็นการทดสอบที่ประเมินการตอบสนองส่วนบุคคลหรือความรู้สึกของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ซึ่งใช้ในหลายกรณี ดังนี้

1. เพื่อบ่งชี้ความจำเป็นและความต้องการที่ไม่ได้แสดงออกมาให้เห็น
2. เพื่อใช้ประเมินการตอบสนองครั้งแรกเมื่อได้รับผลิตภัณฑ์

3. เพื่อใช้บ่งชี้คำพูดที่ผู้บริโภคพูดอธิบายคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์

4. เพื่อใช้ค้นหาการใช้ผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค

วิธีการทดสอบการยอมรับเชิงคุณภาพทำได้โดยการสนทนากลุ่ม (focus group) การสนทนากลุ่มย่อยหลายครั้ง (focus panels) และการสัมภาษณ์รายบุคคล วิธีการเหล่านี้เป็นการใช้ตัวอย่างผลิตภัณฑ์อาหารจำนวนน้อย มักใช้เป็นการทดสอบการยอมรับในเบื้องต้น ที่โดยทั่วไปจะทำการทดสอบในระดับใหญ่ขึ้นด้วยการทดสอบการยอมรับเชิงปริมาณต่อไป เหตุที่ต้องทำการทดสอบการยอมรับเชิงคุณภาพก็เพื่อเป็นการกำหนดขอบเขตหรือบ่งชี้คุณลักษณะสำคัญของผลิตภัณฑ์ที่จะทำการศึกษาการยอมรับเชิงปริมาณต่อไป

10.1.2 การทดสอบการยอมรับเชิงปริมาณ

เป็นการทดสอบที่ประเมินระดับการตอบสนองส่วนบุคคลหรือความชอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภท

1. การทดสอบความชอบ

2. การทดสอบการยอมรับโดยทั่วไป

โดยทั่วไปการทดสอบการยอมรับเชิงปริมาณมีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. เพื่อบ่งชี้ระดับความนิยม หรือความชอบโดยรวมในผลิตภัณฑ์

2. เพื่อบ่งชี้ระดับความนิยม หรือความชอบคุณลักษณะเชิงประสาทโดยรวมของตัวผลิตภัณฑ์ และคุณลักษณะเชิงประสาทสัมผัส อาจเป็นคุณลักษณะกว้าง ๆ เช่น กลิ่น รส ลักษณะที่ปรากกฏ และเนื้อสัมผัส เป็นต้น หรืออาจจะเป็นคุณลักษณะเฉพาะ เช่นความเค็ม และความหวาน เป็นต้น

วิธีการทดสอบการยอมรับที่นิยมใช้กันมาก ได้แก่

1. การทดสอบเปรียบเทียบคู่ตามความชอบ

เป็นการทดสอบเพื่อให้มีการให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์หนึ่งเหนืออีกผลิตภัณฑ์หนึ่ง ซึ่งผู้ทดสอบจะต้องเลือกตัวอย่างใดตัวอย่างหนึ่งจากสองตัวอย่างที่ชอบมากกว่า ผลการทดสอบประเภทนี้อาจไม่เป็นประโยชน์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เท่าใด เนื่องจากไม่ได้บอกขนาดของความชอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์ว่าเป็นอย่างไร การทดสอบประเภทนี้นำมาใช้ในการหาข้อมูลเพื่อควบคุมคุณภาพระหว่างผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวกันของเราเองกับบริษัทคู่แข่ง

2. การทดสอบโดยการใช้สเกลวัดระดับที่สำคัญ (rating scale) ได้แก่

1. สเกลเฮโดนิก (Hadonic Scale) อาจมีคำบรรยาย 5 คำ 7 คำ หรือ 9 จุด (9-point hedonic scale) มาตรวัดประเภทนี้มีคำบรรยายประกอบ และคำบรรยายดังกล่าวจะปรับเป็นค่าคะแนนได้ในช่วงเวลาประเมินผล โดยที่คะแนน 1 สำหรับ ไม่ชอบมากที่สุด คะแนน 5 สำหรับ เฉย ๆ หรือบอกไม่ถูกว่าชอบหรือไม่ และคะแนน 9 สำหรับชอบมากที่สุด

2. สเกลรูปภาพ (picture scale) เป็นมาตรวัดจัดทำขึ้นเพื่อใช้ทดสอบในเด็ก โดยอาจมีภาพประกอบคำบรรยาย 5 7 หรือ 9 ภาพ โดยเป็นภาพหน้าเด็กที่แสดงกิริยาตั้งแต่ ชอบมาก สงสัย จนถึงเกลียด มาตรวัดนี้สามารถถอดคำตอบจากภาพและบรรยายคำออกเป็นคะแนนที่เป็นตัวเลข เช่นเดียวกับกรณีของสเกลความพอใจ มาตรวัดนี้อาจเรียกได้ว่าเป็นการต่อเนื่องจากสเกลความพอใจที่มุ่งใช้ในเด็ก หรืออ่านหนังสือไม่ออก อย่างไรก็ตามนักวิชาการบางกลุ่มได้ระบุว่าเด็กอาจไม่สามารถสัมพันธ์การตอบสนองในแง่ความชอบ เกลียด กับใบหน้าที่แสดงอยู่ในมาตรวัดได้ และเสนอให้ใช้มาตรวัดชนิดเปรียบเทียบคู่แทน (ปพณวีณ์, ม.ป.ป.)

11. คุณค่าทางโภชนาการ

นพดล และชื่นจิต (2561) กล่าวว่าสารอาหาร (nutrient) คือ ส่วนประกอบที่มีอยู่ในอาหาร ประกอบด้วยสารอาหารต่าง ๆ หลายชนิด ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน วิตามินและแร่ธาตุต่าง ๆ สารอาหารเป็นส่วนประกอบของอาหารที่จำเป็นต่อการทำหน้าที่ต่าง ๆ ของร่างกายให้เป็นปกติ นอกจากนี้ยังเป็นสารที่ให้พลังงานและสารจำเป็นต่าง ๆ ที่ร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์เองได้ หรือสังเคราะห์ได้แต่ในปริมาณที่น้อยมากจนกระทั่งไม่เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย สามารถจำแนกสารอาหารได้เป็น 6 ชนิด คือ คาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน วิตามิน เกลือแร่ และน้ำ สารอาหารแต่ละชนิดจะมีหน้าที่และคุณสมบัติเฉพาะตัวแตกต่างกัน แต่มีความสัมพันธ์กันในร่างกาย เช่น คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน ร่างกายต้องการในปริมาณมาก เพราะเป็นอาหารที่ให้พลังงาน จึงจัดเป็นสารอาหารหลัก ส่วนวิตามิน เกลือแร่ และน้ำ ร่างกายต้องการในปริมาณน้อย และไม่ให้พลังงาน จึงจัดเป็น สารอาหารรอง

หน้าที่และความสำคัญของสารอาหารแต่ละชนิดมีหน้าที่และความสำคัญที่แตกต่างกันไป ดังนี้

1. คาร์โบไฮเดรต

คาร์โบไฮเดรต เป็นสารอาหารที่มีหน้าที่ให้พลังงานและความร้อนเพื่อเสริมสร้างความอบอุ่นแก่ร่างกาย คาร์โบไฮเดรต 1 กรัม จะให้พลังงาน 4 กิโลแคลอรี่ อาหารที่เป็นแหล่งของสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต ได้แก่ ข้าว แป้ง น้ำตาล หัวเผือก หัวมัน เป็นต้น ควรได้รับร้อยละ 55 ของพลังงานที่ควรได้รับในแต่ละวัน

2. โปรตีน

โปรตีน เป็นสารอาหารที่ร่างกายจำเป็นต้องได้รับอย่างเพียงพอทั้งคุณภาพและปริมาณ อาหารที่เป็นแหล่งของสารอาหารประเภทโปรตีน ได้แก่ เนื้อสัตว์ ไข่ ถั่วเมล็ดแห้ง และนม ซึ่งคนเราควรได้รับสารอาหารจากเนื้อสัตว์ร้อยละ 10 – 15 ของพลังงานที่ควรได้รับในแต่ละวัน และจากพวกถั่วเมล็ดแห้งร้อยละ 12 ของพลังงานที่ควรได้รับในแต่ละวัน โปรตีนมีหน้าที่สำคัญคือ เสริมสร้างการเจริญเติบโต และซ่อมแซมเนื้อเยื่อต่าง ๆ เนื่องจากโปรตีนมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบหลัก โปรตีนยังให้พลังงานต่อร่างกาย โดยโปรตีน 1 กรัม จะให้พลังงาน 4 กิโลแคลอรี

3. ไขมัน

ไขมัน เป็นแหล่งของสารอาหารประเภทไขมัน มีหน้าที่ให้พลังงานและความอบอุ่นแก่ร่างกาย โดยไขมัน 1 กรัม จะให้พลังงาน 9 กิโลแคลอรี นอกจากนี้ ไขมันยังมีส่วนช่วยในการทำงานของระบบต่าง ๆ ในร่างกายให้เป็นปกติ และยังช่วยให้ร่างกายดูดซึมวิตามินในกลุ่มวิตามินที่ละลายได้ในไขมันที่จำเป็นต่อการทำงานของร่างกายด้วย ควรได้รับประมาณร้อยละ 10 ของพลังงานที่ควรได้รับในแต่ละวัน

4. วิตามิน

สารอาหารประเภทวิตามินและแร่ธาตุ เป็นสารอาหารที่ช่วยในกระบวนการเผาผลาญหรือช่วยให้ปฏิกิริยาต่าง ๆ ภายในร่างกายทำงานได้ตามปกติ ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างของร่างกาย เป็นองค์ประกอบของเซลล์เนื้อเยื่อและเส้นประสาท เป็นองค์ประกอบของเอนไซม์ ฮอร์โมน และวิตามิน นอกจากนี้ยังเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการทำงานของอวัยวะต่าง ๆ และควรได้รับประทานร้อยละ 5 ของพลังงานที่ควรได้รับในแต่ละวัน วิตามินสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ วิตามินที่ละลายได้ในไขมัน ได้แก่ วิตามินเอ วิตามินดี วิตามินอี วิตามินเค และวิตามินที่ละลายได้ในน้ำ ได้แก่ วิตามินบีหนึ่ง บีสอง บีสาม บีห้า ฯลฯ

5. แร่ธาตุ

แร่ธาตุจำเป็นต่อการดำรงชีวิต ผักที่มีใบสีเขียวเข้มส่วนใหญ่จะให้แร่ธาตุหลายชนิด ในปริมาณที่แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของผัก เช่น ธาตุเหล็ก พบมากในผักโขมฝรั่ง ผักคะน้า ถั่วเขียว กระเทียมจีน ใบชะพลู แคลเซียมพบมากใน ผักโขมฝรั่ง มะรุม ฟอสฟอรัสพบมากในผักเกือบทุกชนิด แต่ที่พบมากที่สุดคือ มะเขือพวง ผักหวาน ผักสะเดา และใบกระถิน หน้าที่ของแร่ธาตุคือ บางชนิดเป็นองค์ประกอบของโครงสร้างหรือสารภายในร่างกาย เช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส และเหล็ก เป็นต้น แร่ธาตุบางชนิดเป็นโคแฟคเตอร์ของเอนไซม์หลายชนิด เช่น แมกนีเซียม มังกานีส สังกะสี และสามารถแบ่งแร่ธาตุได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ แร่ธาตุที่มีอยู่ในเนื้อเยื่อร่างกายในปริมาณมาก และร่างกายต้องการในปริมาณมากกว่าวันละ 100 มิลลิกรัม ได้แก่ แคลเซียม ฟอสฟอรัส โซเดียม โพแทสเซียมคลอรีน แมกนีเซียม กำมะถัน และแร่ธาตุที่มีอยู่ในร่างกายในปริมาณที่เล็กน้อย ร่างกายต้องการในปริมาณน้อยกว่าวันละ 100 มิลลิกรัม แต่มีความจำเป็นสำหรับการทำงานของร่างกาย ได้แก่ เหล็ก ไอโอดีน ฟลูออรีน ซิลีเนียม ทองแดง โคบอลท์ แมกนีเซียม โมลิบดินัม โครเมียม และสังกะสี

12. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นรินทร์ และคณะ (2560) ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการอบ (60 70 และ 80 °C) ต่อคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ (ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH) และคุณค่าทางโภชนาการ (ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต และพลังงาน) ของชาแก่นฝาง จากผลการทดลองพบว่า ชาแก่นฝางที่ผ่านการอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จะมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด โดยมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ทั้งหมดเท่ากับ 147.02 mgGAE/ g และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ 33.91% ในขณะที่อุณหภูมิที่ใช้ในการอบชาแก่นฝางไม่มีผลต่อคุณค่าทางโภชนาการอย่างแตกต่างทางสถิติ (P>0.05)

สุนันทา (2556) ได้ศึกษาผลิตภัณฑ์ชาเปลือกกล้วยน้ำว้าเพื่อสุขภาพ ในด้านประสาทสัมผัส เพื่อศึกษาการยอมรับชาเปลือกกล้วยน้ำว้าเพื่อสุขภาพของผู้บริโภค โดยทดสอบการยอมรับจากนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา จำนวน 30 คน โดยใช้แบบทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส วิธี 7-Point Hedonic scale ผลการศึกษาการผลิตชาเปลือกกล้วยน้ำว้าพบว่า กล้วยน้ำว้าห่ามอายุ 3 วันหลังจากตากกล้วยดิบ จะมีรสฝาดเล็กน้อย เมื่อนำมาผลิตชาจะได้ผงชาสีน้ำตาลอ่อน กล้วยน้ำว้าสุกมีรสหวานสีน้ำตาลอ่อน เหมาะสมกับการผลิตชา ผู้วิจัยจึงเลือกเปลือกกล้วยที่ตัดมาแล้ว 3 วันมาทำการอบในอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง โดยเปลือกกล้วยมี ลักษณะแห้งและน้ำหนักเบา เมื่อคำนวณหาค่าความชื้นให้มีความชื้นร้อยละ 10 ของน้ำหนัก ผลการศึกษาการ

ยอมรับทางด้านประสาทสัมผัส มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สูตร ผงชาเปลือกกล้วย 2 กรัม ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด (ด้านสี 5.10±1.062 ด้านกลิ่น 5.17±1.147 ด้านรสชาติ 4.93±1.258 ด้านเนื้อสัมผัส 4.80±1.448 และความชอบโดยรวม 4.90±1.185) ผู้วิจัยพัฒนาชาเปลือกกล้วยเสริมสมุนไพร 3 ชนิด คือ ตะไคร้ เก๊กฮวย และใบเตยหอม พบว่า ผู้บริโภคยอมรับชาเปลือกกล้วยสูตรมาตรฐานกับชาเปลือกกล้วยเสริมกลิ่นสมุนไพรตะไคร้ สูงที่สุด (ด้านสี 5.80 ±0.997 ด้านกลิ่น 5.97± 0.964 ด้านรสชาติ 5.93 ±1.081 ด้านเนื้อสัมผัส 5.87±1.074 และ ความชอบโดยรวม 6.13±1.008)

วัฒนา (2562) ได้พัฒนาชาสมุนไพรตะไคร้ผสมใบเตย โดยศึกษาผลของสารให้ความหวาน 2 ชนิด ได้แก่ น้ำตาลทรายและหญ้าหวานแห้ง จากนั้นนำมาวิเคราะห์สมบัติด้านกายภาพ ได้แก่ ค่าความสว่าง ค่าสี ด้านเคมี ได้แก่ ความเป็นกรด ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด สารประกอบฟีนอลิก และร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระ (%DPPH Inhibition) และศึกษาสมบัติด้านประสาทสัมผัสโดยวิธี 9-point hedonic scale จากการศึกษาพบว่า ค่าความสว่าง (L*) และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ส่วนค่าสีเขียว (-a*) ค่าสีเหลือง (b*) ค่าความเป็นกรด ด่าง สารประกอบฟีนอลิก และร้อยละความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระมีความแตกต่างทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยสูตรที่มีส่วนผสมของตะไคร้ผสมใบเตยและหญ้าหวานแห้ง 0.15 กรัม มีค่าสารประกอบฟีนอลิก และร้อยละความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระสูงสุดเท่ากับ 3.55 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อตัวอย่าง และ 24.15 ตามลำดับ และผลการทดสอบประสาทสัมผัสพบว่า มีคะแนนด้านรสชาติและการยอมรับรวมสูงสุดคือ 7.60 และ 7.50 ตามลำดับ

จารุวรรณ และคณะ (2559) ได้ศึกษากรรมวิธีการผลิตชาต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ รางจืด และย่านาง โดยศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากพืช ด้วยวิธี DPPH assay แล้วนำไปแปรรูปเป็นชาด้วยกรรมวิธีการผลิตแบบชาฝรั่ง ชาจีน ชาเขียว และชาอู่หลง หลังจากนั้นนำไปศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระทั้งก่อนชง และหลังชง ศึกษาค่าสี และปริมาณความชื้น ผลการศึกษาพบว่าก่อนการแปรรูปรางจืดมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด คือ 72.64% เมื่อแปรรูปแล้วพบว่า ก่อนชงชารางจืดที่ผลิตแบบชาฝรั่ง มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดคือ 63.05% หลังชงชารางจืดที่ผลิตแบบชาฝรั่ง มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดคือ 72.21% เมื่อเทียบกับสารมาตรฐาน BHT พบว่า BHT มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระมากกว่าชาทุกชนิด คือ 92.53 % ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของชาลดลงทุกชนิดเมื่อเทียบกับพืชสด ผลการศึกษาค่าสี พบว่า ชาต้านอนุมูลอิสระมีค่าความสว่างสูง และมีแนวโน้มสีไปทางแดง-เหลือง ผลการศึกษาปริมาณความชื้น พบว่าชาส่วนใหญ่มีความชื้นเกิน 8% ยกเว้นย่านางที่ผลิตแบบชาเขียว

ชมพูนุท และคณะ (2565) ได้ศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลรวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในตัวอย่างผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรชนิดปรุงสำเร็จพร้อมบริโภค และชนิดอบแห้งบรรจุซองพร้อม

ชง จำนวน 4 ชนิด คือ ชามะตูม ชากระเจี๊ยบ ชาเก๊กฮวย และชาตะไคร้ โดยเตรียมตัวอย่างชาชนิดอบแห้งบรรจุซองพร้อมชงให้อยู่ในรูปพร้อมบริโภคแล้วนำน้ำชาที่ได้ และน้ำชาชนิดปรุงสำเร็จพร้อมบริโภคไปวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลรวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ จากการศึกษาพบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมในชามะตูมชนิดปรุงสำเร็จพร้อมบริโภค และชนิดอบแห้งบรรจุซองพร้อมชงสูงกว่าชากระเจี๊ยบ ชาเก๊กฮวย และชาตะไคร้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$) ผลการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในกลุ่มชาสมุนไพรชนิดปรุงสำเร็จพร้อมบริโภค และชนิดอบแห้งบรรจุซองพร้อมชง พบว่าชามะตูมมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าชากระเจี๊ยบ ชาเก๊กฮวย และชาตะไคร้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$) เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในชาแต่ละชนิด พบว่าสารประกอบฟีนอลรวมมีบทบาทสำคัญในการต้านอนุมูลอิสระในชามะตูม กระเจี๊ยบ และเก๊กฮวย

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์สำหรับการแปรรูปชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือ

การเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือ มีอุปกรณ์และวิธีการสำหรับการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ชาชงสมุนไพร ดังนี้

ตารางที่ 1 อุปกรณ์สำหรับการแปรรูปชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือ

ลำดับ	เครื่องมืออุปกรณ์	บริษัทผู้ผลิตและรุ่น	ประเทศ
1	เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง	Mettler	USA
2	เครื่องชั่ง 3 ตำแหน่ง	Aeadam	Australia
3	ตู้อบลมร้อน	Mitsubishi Electric	Thailand
4	เครื่องวัดความชื้น	Adam Equipment AMB 110	USA
5	ตระแกรงร่อนสมุนไพร		
6	เครื่องปั่นสมุนไพร		
7	ซองบรรจุชา		
8	โถผสมสมุนไพร		

วัตถุดิบ

ตารางที่ 2 วัตถุดิบและแหล่งที่มา

วัตถุดิบ	แหล่งที่มาของวัตถุดิบ
เหง้ากระทือสด	อำเภอแหลมสิงห์ จังหวัดจันทบุรี
ผลมะตูมแห้ง	สมุนไพรลานนา จังหวัดเชียงใหม่
ใบเตยสด	ตลาดสดแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่

ขั้นตอนและวิธีการเตรียมพืชสมุนไพรแห้ง

1. การเตรียมเหง้ากระทือแห้ง

1.1 นำเหง้ากระทือสดมาล้างทำความสะอาด และหั่นเป็นชิ้น ความหนาประมาณ 0.5 เซนติเมตร

1.2 นำเหง้ากระทือที่หันเรียบร้อยแล้ว อบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จนความชื้นเหลือน้อยกว่าร้อยละ 10

1.3 นำเหง้ากระทือที่ทำการอบแห้ง มาปั่นแต่พอหยาบ

2. การเตรียมมะตูมแห้ง

2.1 นำมะตูมแห้งมาอบไล่ความชื้น ด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จนค่าความชื้นเหลือน้อยกว่าร้อยละ 10

2.2 นำมะตูมมาคั่วให้เกิดกลิ่นหอม ด้วยไฟอ่อน ประมาณ 15 นาที

2.3 นำมาปั่นด้วยเครื่องปั่นแต่พอหยาบ

3. การเตรียมใบเตยแห้ง

3.1 นำใบเตยสดมาล้างทำความสะอาดและหั่นให้มีขนาดประมาณ 1 เซนติเมตร

3.2 นำใบเตยสดที่หั่นแล้วเข้าตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จนค่าความชื้นเหลือน้อยกว่าร้อยละ 10

การศึกษากระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือ

นำสมุนไพรทั้งสามชนิดที่ผ่านการอบและปั่นเป็นชิ้นหยาบ ๆ มาผสมกันตามสูตรที่คำนวนได้จากโปรแกรม Design-Expert โดยมีสัดส่วนที่แตกต่างกันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 อัตราส่วนผสมสมุนไพรสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือ

	อัตราส่วน		
สูตร	**กระทือ**	**มะตูม**	**ใบเตย**
1	1	1	2
2	1	3	2
3	1	2	1
4	1	2	3
5	2	1	1
6	2	3	1
7	2	1	3
8	2	3	3
9	2	2	2
10	3	1	2
11	3	3	2
12	3	2	1
13	3	2	3
14	1	0	0

การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคด้านประสาทสัมผัส

นำตัวอย่างชาชงสมุนไพรที่ได้จากการเตรียมดังตารางที่ 3 มาประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสในด้านของสี ลักษณะกลิ่น รสชาติ และการยอมรับโดยรวม ด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 7 ระดับ (7 – Point Hedonic scale) โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน โดยใช้ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) มาทำการแปลผล (ภาคผนวก ก)

เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์ทางเคมี

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม และคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระในชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือ โดยใช้ห้องปฏิบัติการสาขาวิทยาการสมุนไพร คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ในการวิจัยครั้งนี้ ได้ใช้สารเคมี เครื่องมือ และอุปกรณ์ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองด้านวิเคราะห์

ลำดับ	เครื่องมืออุปกรณ์	บริษัทผู้ผลิตและรุ่น	ประเทศ
1	กระดาษกรองเบอร์ 1	Whatman	Germany
2	กรวยกรองแก้ว	-	-
3	กระบวกตวง	Duran	Germany
4	ช้อนตักสาร		Thailand
7	ตู้อบลมร้อน	Mitsubishi Electric	Thailand
8	5 ml Micro-Centifuge	-	-
9	Beker	Duran	Germany
10	Micropipette	-	-
11	Micropipette Tip	-	-
12	Ultrasonic Cleaner Sonicator	910SUV-VIS	USA
13	UV-VIS Spectrophotometer	Memmert UM400	Germany
14	Vortex Mixer	LMS CO.LTD	Japan

สารเคมี

สารเคมีใช้ในการวิเคราะห์ศึกษาปริมาณสารฟีนอลลิกรวม และฤทธิ์ต้านอนุมูอิสระของชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือ แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

ลำดับ	ชื่อสารเคมี	บริษัทผู้ผลิต	ประเทศ
1	Ethanol	RCI Lab scan	Thailand
2	Dimethy sulfoxide (DMSO)	RCI Lab scan	Thailand
3	Sodium carbonate	Chamical	New Zealand
4	Fulin-Ciocalteu's	Merck	Germany
5	Methanol	RCI Lab scan	Thailand
6	Potassium persulphate	Ajax	Australia
7	Gallic acid	RCI Lab scan	Thailand
8	DPPH	Sigma-Aldrich	USA
9	ABTS	Sigma-Aldrich	USA

การเตรียมสารมาตรฐานและสารเคมี

1. สารมาตรฐานแกลลิก (Gallic acid) เข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

ชั่งสารแกลลิก (Gallic acid) 0.001 กรัม ละลายด้วย DMSO 1 มิลลิลิตร

2. สารมาตรฐานแกลลิก (Gallic acid) เข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

ปิเปตสารจากข้อ **1.** มา 0.1 มิลลิลิตร ละลายด้วย DMSO 0.9 มิลลิลิตร

3. สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) เข้มข้น 10%

ชั่งสารโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) 1 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร

4. สารละลาย Folin-Ciocalteu's reagent 1:10 มิลลิลิตร

ปิเปตสาร Folin-Ciocalteu's reagent 1 มิลลิลิตร ละลายด้วยน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร

5. เตรียมสารละลาย DPPH เข้มข้น 5 มิลลิโมลาร์

ชั่ง 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl 0.197 กรัม ละลายแล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตรด้วยเมทานอล

6. เตรียมสารละลาย DPPH เข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์

ปิเปตสารละลายจากข้อ 5. มา 2 มิลลิลิตร ละลายแล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตรด้วยเมทานอล

7. เตรียมสารละลาย ABTS เข้มข้น 7 มิลลิโมลาร์

ชั่ง 2, 2-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) 0.077 กรัม ละลายแล้วปรับปริมาตรเป็น 10 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

8. เตรียมสารละลาย Potassium persulphate เข้มข้น 2.45 มิลลิโมลาร์

โดยชั่ง Potassiumpersulphate 0.013 กรัม ละลายแล้วปรับปริมาตรเป็น 10 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

การเตรียมน้ำชาตัวอย่าง

1. ชั่งผงชาตัวอย่างสูตรละ 0.2 กรัม เติมน้ำร้อนอุณหภูมิ 97 - 100 องศาเซลเซียส แช่ทิ้งไว้ 5 นาที

2. กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 จากนั้นนำใส่ขวดสีชาเพื่อรอการนำไปวิเคราะห์

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม

นำน้ำชามาทำการตรวจหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม โดยทำตัวอย่างละ 3 ซ้ำ มีวิธีการทดสอบดังต่อไปนี้

1. การเตรียมกราฟสารมาตรฐานแกลลิก

1. ทำการเจือจางสารมาตรฐานแกลลิก ความเข้มเข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ให้เป็น 0.1 0.05 0.025 0.0125 0.00625 และ 0.003125 มิลลิกรัมต่อมิลลิลตร ด้วย DMSO ตามลำดับ

2. ปิเปตสารละลายมาตรฐานที่เตรียมไว้มา 300 ไมโครลิตร หลังจากนั้นเติม Folin-Ciocalteu's เข้มข้น 1:10 ลงไป 1.5 มิลลิลิตร หลังจากนั้นเติม 1.5 มิลลิลิตร ของ 10% Na_2CO_3 ผสมให้เข้ากัน ตั้งไว้ในที่มืดจนครบ 10 นาที

3. เตรียมสารละลายควบคุม (Blank) โดยเติม DMSO 0.3 มิลลิลิตร จากนั้นเติมน้ำกลั่น (H_2O) 1.5 มิลลิลิตร และสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (10% Na_2CO_3) ลงไป 1.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน

4. นำสารละลายมาตรฐานข้อ 2. และสารละลาย Blank ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Visible Spectophotometer ที่มีความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร จากนั้นนำค่าการดูดกลืนแสงที่ผ่านการลบค่า Blank ไปสร้างกราฟมาตรฐานด้วยความสัมพันธ์เส้นตรงระหว่างค่าความเข้มข้น โดยแทน แกน y เป็น Abs แกน x เป็น ความเข้มข้น โดยค่าสัมประสิทธิ์ (r^2) ต้องมีค่ามากกว่า 0.995

2. การวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกรวม ในน้ำชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือ

- ปิเปตสายละลายตัวอย่างมา 300 ไมโครลิตร เติม Folin-Ciocalteu's 1.50 มิลลิลิตร และ โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) 1.50 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง Vortex Mixer ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดจนครบ 10 นาที

- เตรียมสารละลาย Blank โดยปิเปตน้ำปราศจากไอออน 300 ไมโครลิตร หลังจากนั้นเติม Folin-Ciocalteu's ลงไป 1.50 มิลลิลิตร โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) 1.50 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง Vortex Mixer

- นำสารละลายในน้ำชาตัวอย่างของชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือ และสารละลาย Blank วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV- Visible Spectophotometer ที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร และเปรียบเทียบค่าที่ได้กับกราฟมาตรฐาน Gallic รายงานปริมาณสารฟีนอลิก ในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลแกลลิกต่อมิลลิลิตรน้ำชา (mg GAE/ml Tea)

$$= \frac{[Abs_{sample} - Abs_{blank}] \pm b}{m \times W}$$

เมื่อ Abs_{sample} คือ ค่าดูดกลืนแสงของสารตัวอย่าง

Abs_{blank} คือ ค่าดูดกลืนแสงของสารละลาย Blank

b คือ จุดตัดแกน y จากกราฟมาตรฐานแกลลิก

m คือ ค่าความชันของกราฟมาตรฐานแกลลิก

W คือ น้ำหนักผงชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือ

การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical scavenging capacity (DPPH assay)

นำน้ำชาชงจากเหง้ากระทือที่เตรียมได้มาทำการทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH โดยมีวิธีการทดสอบดังต่อไปนี้

1. วิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือ

ปิเปตน้ำชาชงจากเหง้ากระทือที่เตรียมไว้มา 100 ไมโครลิตร หลังจากนั้น เติม DPPH ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ 2.9 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่มืด จนครบเวลา 30 นาที

นำสารละลายตัวอย่าง ที่เตรียมได้ไปวัดค่าการดูดกลืน แสงด้วยเครื่อง UV- Visible Spectophotometer ที่มีความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร จากนั้นนำค่าการดูดกลืนแสงของแต่ละความเข้มข้น มาคำนวณค่าเปอร์เซ็นการยับยั้ง ตามสูตร

$$\%\ \text{Inhibition} = \left[\frac{A_{control} - A_{sample}}{A_{control}}\right] \times 100$$

เมื่อ $A_{control}$ แทนค่าดูดกลืนแสงของชุดควบคุม

A_{sample} แทนค่าการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่าง

- นำค่าร้อยละการยับยั้ง ที่คำนวณและรายงายผลของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เป็นค่า ร้อยละของการยับยั้ง

การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2′-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS assay)

1. การเตรียมสารละลาย control

เตรียมสารละลาย Control โดยปิเปตน้ำกลั่น 100 ไมโครลิตร หลังจากนั้นเติม ABTS ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ 2000 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่มืด จนครบเวลา 30 นาที

นำสารละลายมาตรฐานที่เตรียมได้ไปวัดค่าการดูดกลืน แสงด้วยเครื่อง UV - Visible Spectophotometer ที่มีความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร

2. วิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือ

ปิเปตน้ำชาชงจากเหง้ากระทือ ปริมาตร 200 ไมโครลิตร หลังจากนั้นเติมน้ำกลั่น 1800 ไมโครลิตร

ปิเปตน้ำชาชงจากเหง้ากระทือตัวอย่างที่เตรียมไว้มา 100 ไมโครลิตร หลังจากนั้น เติม ABTS ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ที่มืดจนครบเวลา 30 นาที

นำสารละลายตัวอย่าง ที่เตรียมได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV- Visible Spectophotometer ที่มีความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร จากนั้นนำค่าการดูดกลืนแสงที่ของแต่ละความเข้มข้น มาคำนวณค่าเปอร์เซ็นการยับยั้ง ตามสูตร

$$\%\ \text{Inhibition} = \left[\frac{A_{control} - A_{sample}}{A_{control}}\right] \times 100$$

เมื่อ $A_{control}$ แทนค่าดูดกลืนแสงของชุดควบคุม

A_{sample} แทนค่าการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่าง

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) ของค่าสังเกตและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มโดยโปรแกรม SPSS ด้วยใช้วิธี Duncan’ s Multiple Test (DMRT)

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือ

คัดเลือกผลิตภัณฑ์ชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือ จากสูตรที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคและมีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระที่เหมาะสมที่สุด ไปวิเคราะห์ค่าพลังงาน โปรตีน ไขมัน คอเลสเตอรอล คาร์โบไฮเดรต น้ำตาล และโซเดียม ด้วยวิธี AOAC (2012) เพื่อจัดทำฉลากโภชนาการแบบย่อ โดยส่งวิเคราะห์ที่สถาบันบริการตรวจสอบคุณภาพและมาตรฐานผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

บทที่ 4
ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาการเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม และคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์ชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือ ได้ผลการทดลองดังนี้

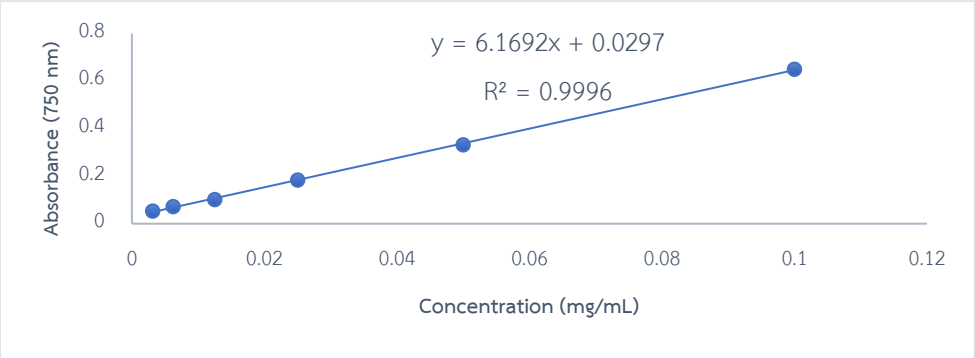
4.1 ปริมาณสารฟีนอลิกในชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือ

4.1.1 กราฟมาตรฐานแกลลิก

การวิจัยนี้ได้เตรียมสารละลายแกลลิกทั้งหมด 7 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 0.1 0.05 0.025 0.012 0.006 และ 0.003 มิลลิกรัมต่อมิลลิตร เมื่อนำแต่ละความเข้มข้นไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร ได้ค่าดูดกลืนแสงอยู่ในช่วง 0.053 – 0.65 นำไปสร้างกราฟเส้นตรงโดยแทนแกน Y เป็น Abs และแกน X เป็นความเข้มข้น ได้ค่าสัมประสิทธิ์ (r^2) เท่ากับ 0.9996 ดังแสดงในตารางที่ 6 และ ภาพที่ 10

ตารางที่ 6 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก

Gallic acid (mg/ml)	Absorbance
0.1000	0.650
0.0500	0.332
0.0250	0.184
0.0125	0.102
0.0060	0.072
0.0030	0.053



ภาพที่ 10 กราฟมาตรฐานสารละลายกรดแกลลิก

จากการศึกษาปริมาณฟีนอลิกรวมของชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือ 14 สูตร โดยทำปฏิกิริยากับสารละลาย Folin-ciocalteu's reagent เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร ผลที่ได้แสดงดังแสดงในตาราง 5 จากผลการทดลองพบว่าชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือสูตรที่ 2 (กระทือ : มะตูม : ใบเตย อัตราส่วน 1 : 3 : 2) สูตรที่ 3 (กระทือ : มะตูม : ใบเตย อัตราส่วน 1 : 2 : 1) และ สูตรที่ 6 (กระทือ : มะตูม : ใบเตย อัตราส่วน 2 : 3 : 1) ให้ปริมาณฟีนอลิกรวมมากที่สุด ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 544.91 ± 0.49 542.15 ± 1.05 และ 517.19 ±0.09 มิลลิกรัมกรดแกลลิก/มิลลิลิตรน้ำชา ตามลำดับ และชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือสูตรที่ 14 (กระทือ : มะตูม : ใบเตย เท่ากับ 1 : 0 : 0) ให้ปริมาณฟีนอลิกรวมน้อยที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.77 ± 1.31 มิลลิกรัมกรดแกลลิก/ มิลลิลิตรน้ำชา ซึ่งชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือแต่ละสูตรมีผลต่อปริมาณฟีนอลิกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 7 และ ภาพที่ 11

เมื่อนำตัวอย่างชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือ มาวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยทำปฏิกิริยากับสาร 2,2-Dipheyl-1-picrynlhydrazyl ซึ่งเป็นวิธีการที่ดัดแปลงมาจาก Singh et al. (2001) แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร เมื่อนำไปคำนวณหาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และรายงานผลเป็นร้อยละของการยับยั้ง ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 9 และภาพที่ 12 จากการทดลองพบว่า สารละลาย DPPH ซึ่งมีสีม่วง เมื่อเติมน้ำชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือลงไป สารละลาย DPPH จะมีสีจางลงเนื่องจากน้ำชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือตัวอย่างไปยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH โดยพบว่าชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือสูตรที่ 6 (กระทือ : มะตูม : ใบเตย อัตราส่วน 2 : 3 : 1) สูตรที่ 3 (กระทือ : มะตูม : ใบเตย อัตราส่วน 1 : 2 : 1) และ สูตรที่ 2 (กระทือ : มะตูม : ใบเตย อัตราส่วน 1 : 3 : 2) ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH มากที่สุดตามลำดับ มีค่าร้อยละของการยับยั้ง เท่ากับ 78.82 ± 0.10 78.32 ± 0.20 และ 76.49 ± 0.06 ตามลำดับ และชา

ชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือสูตรที่ 14 (กระทือ : มะตูม : ใบเตย อัตราส่วน 1 : 0 : 0) มีร้อยละของการยับยั้งอนุมูลอิสระน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 8.66 ± 0.21 ซึ่งชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือทั้งหมดให้ผลของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกรวม

และเมื่อนำตัวอย่างชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือทั้ง 14 สูตร มาทำการวิเคราะห์หาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยทำปฏิกิริยากับสาร 2,2'-Azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) Diammonium salt ซึ่งเป็นวิธีการที่ดัดแปลงมาจาก Kriengak *et al.* (2006) หลังจากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร แล้วนำไปคำนวณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและรายงานผลเป็นค่า ร้อยละของการยับยั้ง ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 7 และภาพที่ 13

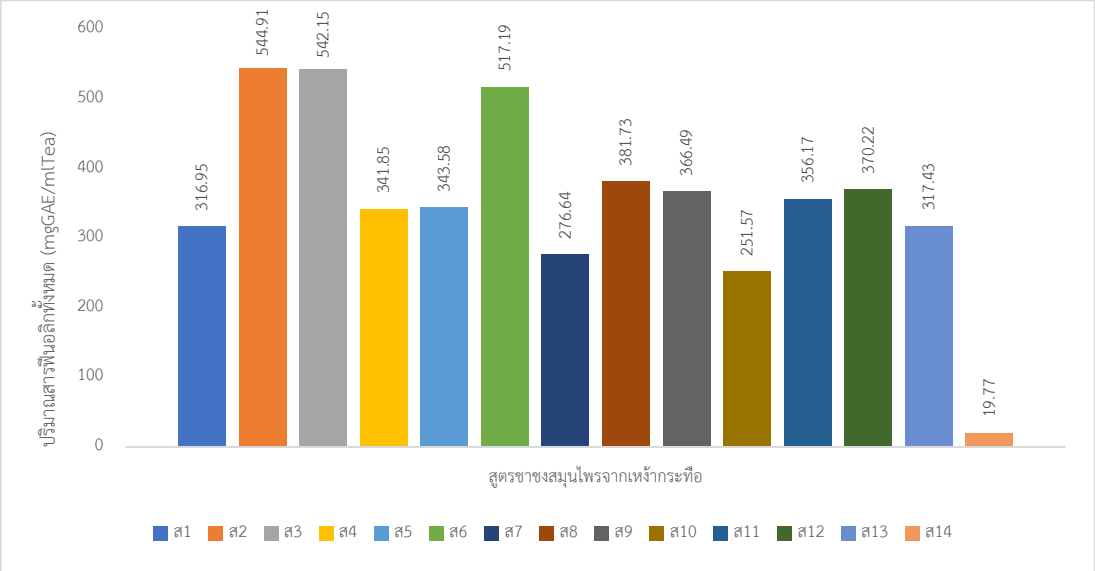
จากการทดลองพบว่า สารละลาย ABTS ซึ่งมีสีน้ำเงิน เมื่อเติมน้ำชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือแต่ละสูตรลงไป สารละลาย ABTS จะมีสีจางลงเนื่องจากการละลายตัวอย่างไปยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS โดยพบว่าชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือสูตรที่ 2 (กระทือ : มะตูม : ใบเตย อัตราส่วน 1 : 3 : 2) สูตรที่ 3 (กระทือ : มะตูม : ใบเตย อัตราส่วน 1 : 2 : 1) และ สูตรที่ 6 (กระทือ : มะตูม : ใบเตย อัตราส่วน 2 : 3 : 1) ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS มากที่สุดตามลำดับ มีค่าร้อยละของการยับยั้ง เท่ากับ 53.56 ± 0.15 50.52 ± 0.15 และ 48.92 ± 0.10 ตามลำดับ และชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือสูตรที่ 14 ซึ่งมีส่วนผสมของกระทือเพียงอย่างเดียว ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 10.59 ± 0.10 ซึ่งฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS ของชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือทั้งหมด 14 สูตร มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกรวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH

ตารางที่ 7 ปริมาณฟีนอลิกรวม ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS ของชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือทั้ง 14 สูตร

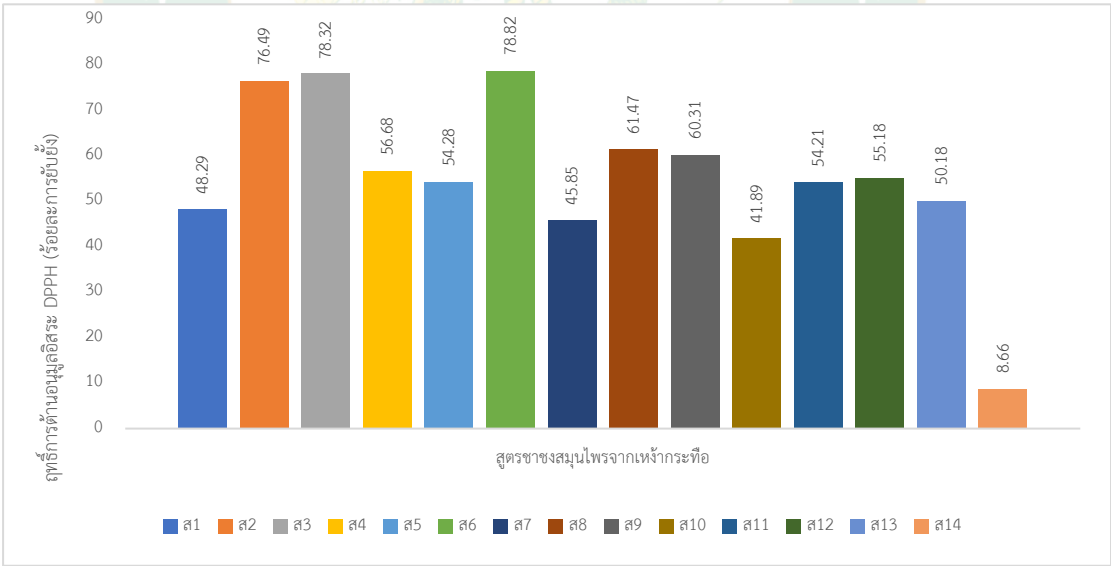
สูตร	ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด (mgGAE/mlTea)	ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH (ร้อยละการยับยั้ง)	ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ABTS (ร้อยละการยับยั้ง)
1	316.95 ± 0.43^{j}	48.29 ± 0.15^{j}	31.50 ± 0.06^{i}
2	544.91 ± 0.49^{a}	76.49 ± 0.06^{c}	53.56 ± 0.15^{a}
3	542.15 ± 1.05^{b}	78.32 ± 0.20^{b}	50.52 ± 0.15^{b}
4	341.85 ± 0.52^{i}	56.68 ± 0.06^{f}	30.16 ± 0.15^{k}
5	343.58 ± 0.19^{h}	54.28 ± 0.15^{h}	33.10 ± 0.11^{h}
6	517.19 ± 0.09^{c}	78.82 ± 0.10^{a}	48.92 ± 0.10^{c}
7	276.64 ± 0.41^{k}	45.85 ± 0.10^{k}	27.55 ± 0.10^{m}
8	381.73 ± 0.66^{d}	61.47 ± 0.15^{d}	38.27 ± 0.06^{d}
9	366.49 ± 0.34^{f}	60.31 ± 0.06^{e}	34.31 ± 0.10^{g}
10	251.57 ± 0.52^{l}	41.89 ± 0.06^{l}	28.17 ± 0.06^{l}
11	356.17 ±0.43^{g}	54.21 ± 0.06^{h}	37.88 ± 0.15^{e}
12	370.22 ± 0.57^{e}	55.18 ± 0.15^{g}	36.80 ± 0.06^{f}
13	317.43 ± 0.49^{j}	50.18 ± 0.21^{i}	31.24 ± 0.15^{j}
14	19.77 ± 1.31^{m}	8.66 ± 0.21^{m}	10.59 ± 0.10^{n}
F-test 0.05	*	*	*

หมายเหตุ: * หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคันทางสถิติ (P<0.05)

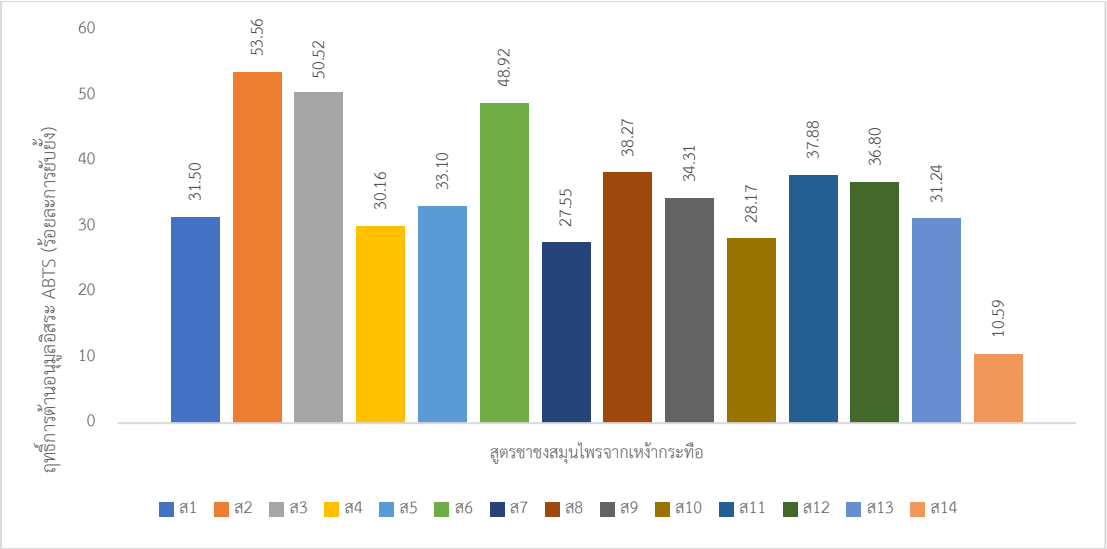
$^{a, b, c,...n}$ หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ต่อสูตรชาที่กำหนด โดย DMRT (Duncan's Multiple Range Test)



ภาพที่ 11 ปริมาณสารฟีนอลิกรวมทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ชาชงสมุนไพร
จากเหง้ากระทือแต่ละสูตร
(หมายเหตุ : ส1, ส2, ส3,.....ส14 คือสูตรชาที่ 1 ถึง 14 ตามลำดับ)



ภาพที่ 12 ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของผลิตภัณฑ์ชาชงสมุนไพร
จากเหง้ากระทือแต่ละสูตร
(หมายเหตุ : ส1, ส2, ส3,.....ส14 คือสูตรชาที่ 1 ถึง 14 ตามลำดับ)



ภาพที่ 13 ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ABTS ของผลิตภัณฑ์ชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือแต่ละสูตร
(หมายเหตุ **:** ส1, ส2, ส3,.....ส14 คือสูตรชาที่ 1 ถึง 14 ตามลำดับ)

จากการศึกษาผลของปริมาณสารสำคัญในชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือทั้ง 14 สูตร ผู้วิจัยได้คัดเลือกสูตรที่มีสารสำคัญมากที่สุด 5 สูตรตามลำดับ และมีความสอดคล้องกันของทุกสารสำคัญ ได้แก่ สูตรที่ 2 (กระทือ : มะตูม : ใบเตย อัตราส่วน 1 : 3 : 2) สูตรที่ 3 (กระทือ : มะตูม : ใบเตย อัตราส่วน 1 : 2 : 1) สูตรที่ 6 (กระทือ : มะตูม : ใบเตย อัตราส่วน 2 : 3 : 1) สูตรที่ 8 (กระทือ : มะตูม : ใบเตย อัตราส่วน 2 : 3 : 3) และ สูตรที่ 12 (กระทือ : มะตูม : ใบเตย อัตราส่วน 3 : 2 : 1) มาทดสอบประสาทสัมผัส เพื่อคัดเลือกสูตรที่มีการยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุดไปวิเคราะห์คุณค่าโภชนาการ จากการทดลองพบว่าชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือสูตรที่ 3 มีค่าความชอบโดยรวมสูงที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 5.97 ± 0.93 ค่าสี 5.80 ±0.66 ค่ากลิ่น 5.37 ± 0.89 ค่ารสชาด 5.47 ± 1.11 ซึ่งสอดคล้องกับการทดสอบหาสารฟีนอลลิกรวม ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS ผลการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือแสดงดังตารางที่ 8 และภาพที่ 14 ตามลำดับ

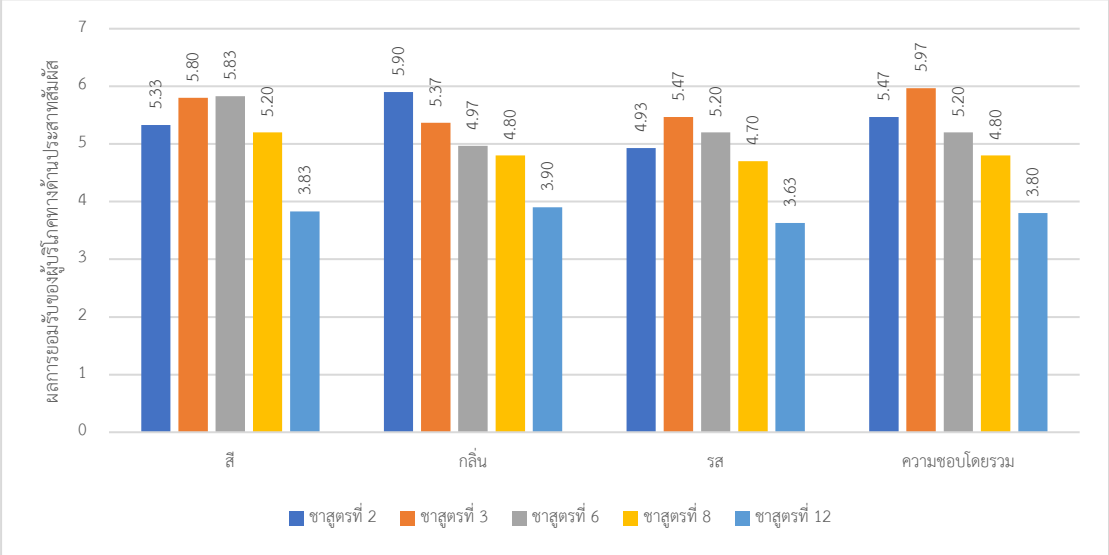
จากนั้น นำชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือสูตรที่ 3 (กระทือ : มะตูม : ใบเตย อัตราส่วน 1 : 2 : 1) ไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ผลการทดสอบพบว่าในชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือ 100 กรัมมี เถ้า 0.03 กรัม ความชื้น 99.41 กรัม โปรตีน 0.05 กรัม ไขมัน 0.48 กรัม โซเดียม 7.65 มิลลิกรัมแต่ไม่พบ คาร์โบไฮเดรต ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และคลอเลสเตอรอล ผลวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 9 และเมื่อนำผลการวิเคราะห์มาจัดทำฉลากโภชนาการแบบย่อ จะได้ดังภาพที่ 15 และ 16

ตารางที่ 8 ผลการยอมรับของผู้บริโภคทางด้านประสาทสัมผัส

สูตร	ผลการทดสอบประสาทสัมผัส			
	สี	กลิ่น	รส	ความชอบโดยรวม
สูตรที่ 2	5.33 ± 1.18^{ab}	5.90 ± 1.47^{a}	4.93 ± 1.31^{ab}	5.47 ± 1.04^{ab}
สูตรที่ 3	5.80 ± 0.66^{a}	5.37 ± 0.89^{b}	5.47 ± 1.11^{a}	5.97 ± 0.93^{a}
สูตรที่ 6	5.83 ± 0.95^{a}	4.97 ± 0.89^{bc}	5.20 ± 0.92^{ab}	5.20 ± 0.96^{bc}
สูตรที่ 8	5.20 ± 1.21^{b}	4.80 ± 0.96^{c}	4.70 ± 1.15^{b}	4.80 ± 1.03^{c}
สูตรที่ 12	3.83 ± 1.32^{c}	3.90 ± 0.84^{d}	3.63 ± 0.81^{c}	3.80 ± 1.06^{d}
F-test (0.05)	*	*	*	*

หมายเหตุ : * หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคันทางสถิติ (P<0.05)

$^{a, b, c,...d}$ หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ต่อสูตรชาที่กำหนด โดย DMRT (Duncan's Multiple Range Test)



ภาพที่ 14 การยอมรับของผู้บริโภคทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือ

ตารางที่ 9 คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือ

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	หน่วย	วิธีทดสอบ
เถ้า	0.03	กรัมต่อ 100 กรัม	AOAC (2012), 940.26
ความชื้น	99.41	กรัมต่อ 100 กรัม	AOAC (2012), 934.06
โปรตีน	0.05	กรัมต่อ 100 กรัม	AOAC (2012), 991.20
ไขมัน	0.48	กรัมต่อ 100 กรัม	AOAC (2012), 989.05
คาร์โบไฮเดรต	ไม่พบ	กรัมต่อ 100 กรัม	By difference
ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด	ไม่พบ	กรัมต่อ 100 กรัม	Phenol and sulfuric method (Dubois et al., 1956)
คลอเลสเตอรอล	ไม่พบ	มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม	In – house AOAC official method, 994.10
โซเดียม	7.65	มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม	In – house method : T – 013 based on AOAC (2019), 999.10 detected by ICP - OES
พลังงานทั้งหมด	5.60	กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม	By calculation

ข้อมูลโภชนาการ

ปริมาณสุทธิ 250 มิลลิลิตร
หนึ่งหน่วยบริโภค : 1 ซอง (2 กรัม ต่อน้ำ 250 มิลลิลิตร)
จำนวนหน่วยบริโภคต่อซอง : 1

คุณค่าทางโภชนาการต่อหนึ่งหน่วยบริโภค
พลังงานทั้งหมด 10 กิโลแคลอรี

		ร้อยละของปริมาณที่แนะนำต่อวัน*
ไขมันทั้งหมด	1.5 ก.	2 %
โคเลสเตอรอล	0 มก.	0 %
โปรตีน	0 ก.	
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด	0 ก.	0 %
น้ำตาล	0 ก.	
โซเดียม	20 มก.	1 %

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

ภาพที่ 15 ฉลากโภชนาการฉบับย่อของผลิตภัณฑ์ชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือ

ภาพที่ 16 ฉลากโภชนาการแบบจีดีเอของผลิตภัณฑ์ชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือ

บทที่ 5
วิจารณ์และสรุปผล

วิจารณ์ผล

ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกรวมของชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือ พบว่าชาทุกสูตรให้ผลการวิเคราะห์ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยสูตรที่ 2 (กระทือ : มะตูม : ใบเตย อัตราส่วน 1 : 3 : 2) สูตรที่ 3 (กระทือ : มะตูม : ใบเตย อัตราส่วน 1 : 2 : 1) และสูตรที่ 6 (กระทือ : มะตูม : ใบเตย อัตราส่วน 2 : 3 : 1) มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมมากที่สุด ซึ่งทั้ง 3 สูตรนี้เป็นสูตรที่มีส่วนผสมของมะตูมในปริมาณที่สูง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากมะตูมเป็นพืชที่มีสารประกอบฟีนอลิกรวมในปริมาณสูง เมื่อนำมาผสมกับกระทือจึงทำให้มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมในน้ำชาสูงกว่าสูตรอื่น ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ ชมพูนุท และคณะ (2558) ที่ศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรชนิดปรุงสำเร็จพร้อมบริโภค และชนิดอบแห้งบรรจุซองพร้อมชง จำนวน 4 ชนิด คือ ชามะตูม ชากระเจี๊ยบ ชาเก๊กฮวย และชาตะไคร้ จากการศึกษาพบว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมในชามะตูมชนิดปรุงสำเร็จพร้อมบริโภคและชนิดอบแห้งบรรจุซองพร้อมชงสูงกว่าชากระเจี๊ยบ ชาเก๊กฮวย และชาตะไคร้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) โดยชามะตูม ชากระเจี๊ยบ ชาเก๊กฮวย และชาตะไคร้ ชนิดปรุงสำเร็จพร้อมบริโภคมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมเท่ากับ 0.82 0.33 0.22 และ 0.06 มิลลิกรัมของกรดแกลลิก/มิลลิลิตรน้ำชา ตามลำดับ ส่วนชาสมุนไพรชนิดอบแห้งบรรจุซองพร้อมชงพบว่า ชามะตูม ชากระเจี๊ยบ ชาเก๊กฮวย และชาตะไคร้ มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมเท่ากับ 0.42 0.18 0.23 และ 0.11 มิลลิกรัมของกรดแกลลิก/มิลลิลิตรน้ำชา ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระในชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือ พบว่าสูตรที่ 2 (กระทือ : มะตูม : ใบเตย อัตราส่วน 1 : 3 : 2) สูตรที่ 3 (กระทือ : มะตูม : ใบเตย อัตราส่วน 1 : 2 : 1) และ สูตรที่ 6 (กระทือ : มะตูม : ใบเตย อัตราส่วน 2 : 3 : 1) ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS มากที่สุดตามลำดับ ส่วนฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH พบว่าสูตรที่ 6 (กระทือ : มะตูม : ใบเตย เท่ากับ 2 : 3 : 1) สูตรที่ 3 (กระทือ : มะตูม : ใบเตย อัตราส่วน 1 : 2 : 1) และ สูตรที่ 2 (กระทือ : มะตูม : ใบเตย อัตราส่วน 1 : 3 : 2) มีค่ามากที่สุดตามลำดับ ซึ่งฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS และ DPPH ให้ค่าร้อยละของการยับยั้งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งจะเห็นได้ว่าชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือ สูตรที่ 2 3 และ 6 ให้ผลของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่สอดคล้องกัน อีกทั้งยังให้ผลที่สอดคล้องกับการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกรวม ซึ่งสอดคล้องกับดวงเพ็ญ และคณะ (2558) ที่พบว่า

imperatorin หรือ marmelosin เป็นสารเคมีที่พบในผลมะตูม เป็นสารกลุ่ม furanocoumarin มีคุณสมบัติที่สามารถละลายได้ในน้ำร้อนแต่ไม่ละลายในน้ำเย็น ละลายได้ใน chloroform, benzene, alcohol, ether และ petroleum ether ซึ่งสาร imperatorin มีฤทธิ์ทางชีวภาพหลากหลาย เช่น ต้านออกซิเดชัน ต้านเนื้องอก ขยายหลอดเลือด ต้านการเกาะกลุ่มของเลือด ต้านชัก ยับยั้งการแบ่งตัวของเชื้อไวรัสเอดส์ (HIV) และยับยั้ง Cytochrome P450 เป็นต้น และยังมีองค์ประกอบทางเคมีชนิดอื่น ๆ ที่พบในผลมะตูม เช่น luvangetin, aurapten, psoralen, marmelide และ tannin

ผลการศึกษาการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัส พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญสถิติ ($p<0.05$) โดยผู้บริโภคให้คะแนนเฉลี่ยด้านสีมากที่สุดในสูตรที่ 6 (กระทือ : มะตูม : ใบเตย อัตราส่วน 2 : 3 : 1) และให้คะแนนเฉลี่ยด้านกลิ่นมากที่สุดในสูตรที่ 2 (กระทือ : มะตูม : ใบเตย อัตราส่วน 1 : 3 : 2) ซึ่งเป็นกลิ่นจากมะตูมคั่ว และใบเตยที่ใส่ในปริมาณมากกว่าสูตรอื่น จึงทำให้มีผลต่อกลิ่นและรสชาติของชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ณฐมน (2549) ที่กล่าวว่าการคั่วไม่เพียงแต่ส่งผลต่อสีของเมล็ดกาแฟ แต่ยังส่งผลต่อรสชาติของกาแฟ เมื่อระดับการคั่วมากขึ้นจะเพิ่มกลิ่นหอมมากขึ้นและรสขมเพิ่มขึ้น ส่วนในด้านรสชาติ พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนเฉลี่ยด้านรสชาติมากที่สุด ในสูตรที่ 3 (กระทือ : มะตูม : ใบเตย อัตราส่วน 1 : 2 : 1) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสูตรที่ 3 มีสวนผสมของมะตูมในอัตราส่วนที่มากกว่าสูตรอื่น ๆ จึงส่งผลให้ชาไม่มีรสชาติขม

ผลการทดสอบคุณค่าทางโภชนาการในชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือ สูตรที่ 3 (กระทือ : มะตูม : ใบเตย อัตราส่วน 1 : 2 : 1) ซึงเป็นสูตรที่ผู้บริโภคให้ความชอบโดยรวมมากที่สุดพบว่าในหนึ่งหน่วยบริโภคให้พลังงาน 10 กิโลแคลอรี และยังเป็นสูตรที่ตรวจไม่พบน้ำตาลจึงดีต่อสุขภาพในผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวาน หรือบุคคลที่ต้องการควบคุมน้ำตาล

มูลค่าของกระทือสดตามท้องตลาดราคา 10 – 25 บาท/กิโลกรัม ราคามะตูมแห้ง 60 – 85 บาท/กิโลกรัม ราคาใบเตยแห้ง 300 – 400 บาท/กิโลกรัม จากการคำนวณเมื่อนำกระทือมาแปรรูปจะมีมูลค่าเพิ่มขึ้น โดยเหง้ากระทือสด 1 กิโลกรัม แปรรูปเป็นเหง้ากระทือแห้งได้ประมาณ 200 กรัม และเมื่อนำมาผสมตามสูตร โดยอ้างอิงจากสูตรที่ 3 (กระทือ : มะตูม : ใบเตย ในอัตราส่วน 1 : 2 : 1) จะได้ชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือจำนวน 2,000 ซอง หากตั้งราคาขายซองละ 4 บาท จะจำหน่ายได้ในราคา 8,000 บาท โดยต้นทุนอยู่ที่ 450 – 700 บาท งานวิจัยนี้จึงสามารถเพิ่มมูลค่าและคุณค่าให้กับเหงากระทือได้เป็นอย่างดี

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษากระบวนการแปรรูปเหง้ากระทือเพื่อเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือนั้น มีกระบวนการอยู่หลายขั้นตอน อาทิเช่น การล้าง การหั่น การอบ และการคั่ว เป็นต้น เมื่อเตรียมวัตถุดิบตามกระบวนการแล้วนั้น จึงนำวัตถุดิบมาผสมตามสูตรที่คำนวณโดยโปรแกรม Design-Expert ได้สูตรชาชงทั้งหมด 14 สูตร แล้วนำมาวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม และสารต้านอนุมูลอิสระ พบว่าชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือ สูตรที่ 2 (กระทือ : มะตูม : ใบเตย อัตราส่วน 1 : 3 : 2) สูตรที่ 3 (กระทือ : มะตูม : ใบเตย อัตราส่วน 1 : 2 : 1) และ สูตรที่ 6 (กระทือ : มะตูม : ใบเตย อัตราส่วน 2 : 3 : 1) ให้ปริมาณฟีนอลิกรวมมากที่สุด ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 544.91 ± 0.49 542.15 ± 1.05 และ 517.19 ±0.09 มิลลิกรัมกรดแกลลิก/ มิลลิลิตรน้ำชา ส่วนการต้านอนุมูลอิสระแบบ DPPH นั้น พบว่าชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือสูตรที่ 6 (กระทือ : มะตูม : ใบเตย อัตราส่วน 2 : 3 : 1) สูตรที่ 3 (กระทือ : มะตูม : ใบเตย อัตราส่วน 1 : 2 : 1) และสูตรที่ 2 (กระทือ : มะตูม : ใบเตย อัตราส่วน 1 : 3 : 2) ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH มากที่สุดตามลำดับ มีค่าร้อยละของการยับยั้ง เท่ากับ 78.82 ± 0.10 78.32 ± 0.20 และ 76.49 ± 0.06 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือสูตรที่ 2 3 และ 6 ที่ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS มากที่สุดเช่นกัน มีค่าร้อยละของการยับยั้ง เท่ากับ 53.56 ± 0.15 50.52 ± 0.15 และ 48.92 ± 0.10 ตามลำดับ

การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคด้านประสาทสัมผัสต่อผลิตภัณฑ์ชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือ โดยการคัดเลือกชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือมา 5 สูตร จากทั้งหมด 14 สูตร โดยเลือกจากสูตรชาที่มีสารฟีนอลิกรวม และสารต้านอนุมูลอิสระที่สอดคล้องกัน พบว่าชาชงสมุนไพรจากเหง้ากระทือสูตรที่ 3 (กระทือ : มะตูม : ใบเตย อัตราส่วน 1 : 2 : 1) มีความชอบโดยรวมมากที่สุด และเมื่อนำไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ พบว่าในน้ำหนักชา 100 กรัม ให้พลังงานทั้งหมด 5.60 กิโลแคลอรี

ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาอิทธิพบของอุณหภูมิในการอบวัตถุดิบที่ส่งผลต่อปริมาณสารสำคัญชนิดอื่น ๆ เพิ่มเติม

2. ในชาแต่ละสูตรควรแต่งรสชาติเพิ่ม อย่างเช่น รสหวานจากหญ้าหวาน เพื่อให้ชาดื่มง่ายขึ้น

3. ควรศึกษาการออกแบบภาชนะบรรจุชาชงเพิ่มเติม เพื่อความน่าสนใจและขยายโอกาสทางด้านธุรกิจในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อจำหน่าย

บรรณานุกรม

ขันทอง เพ็ชรนอก และก่อเกียรติ ศาสตรินร์. 2564. คุณภาพชาสมุนไพรจากการประเมินด้านสิ่งแปลกปลอมขนาดเล็กน้ำหนักเบา. **วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์**, 63(3), 732-742.

จารุวรรณ ภูฆัง และขวัญดาว แจ่มแจ้ง. 2559. การผลิตชาต้านอนุมูลอิสระจากรางจืดและใบย่านาง. ใน **รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการระดับชาติ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ครั้งที่ *3* น. 599 - 607**. กำแพงเพชร: มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร.

จินดาพร บุญวัฒนา. 2555. **UV-Visible spectrophotometer.** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา www.mfu.ac.th/center/stic/index.php/component/k2/item/140-uv-visible-spectrophotome (21 เมษายน 2566).

เจนจิรา จิรัมย์ และประสงค์ สีหานาม. 2554. อนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ. **วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏกาฬสินธุ์**, 1(1), 59-70.

ชมพูนุท สินธุพิบูลยกิจ, ณัฐติญา กลั่นวารี, ธัญรัศม์ ศรีวิศาลจรัส, ชนันท์พร เดชขุน และพูนภัทร จันทร์แซ่มช้อย. 2558. **งานวิจัยเรื่องฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรชนิดปรุงสำเร็จพร้อมบริโภค และชนิดอบแห้งบรรจุซองพร้อมชง**. สมุทรปราการ: มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ.

ณฐมน รุ่งสร้างธรรม. 2549. **งานวิจัยเรื่องการเปลี่ยนแปลงสารประกอบระเหยในเมล็ดกาแฟอาราบิก้าคั่วระหว่างการเก็บรักษา**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ณัฐกานต์ หนูรุ่น. 2553. **ผลของสารสกัดใบเตยหอมต่อการลดระดับน้ำตาลในเลือด**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ดวงเพ็ญ ปัทมดิลก, อภิรักษ์ ศักดิ์เพ็ชร, พีรธรรม เทียมเทียบรัตน์, ธนอริยโรจน์, สิริกาญจน์, ศักดิ์วิชัย อ่อนทอง และณุฉัตรา จันทร์สุวานิชย์. 2558. **การหาปริมาณ imperatorin ในผลมะตูมด้วยวิธี Ultra Performance Liquid Chromatography (UPLC) สูง** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://dmsc2.dmsc.moph.go.th/net/BDMS/data/ (12 เมษายน 2566).

นพดล ชุ่มอินทร์ และชื่นจิต พงษ์พูล. 2561. **การพัฒนาสารละลายธาตุอาหารต่อคุณค่าทางโภชนาการของผักสลัดในระบบไฮโดรโพนิกส์แบบ NFT**. นครสวรรค์: มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

นรินทร์ ท้าวแก่นจันทร์, ภาวิณี อารีศรีสม และรุ่งทิพย์ กาวารี. 2560. **งานวิจัยเรื่องการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรจากฝาง**. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

เนตรนภา เหมยกลาง และเฉลิม เรืองวิริยะชัย. 2557. **งานวิจัยเรื่องการหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในเครื่องดื่มผลไม้**. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

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

ปพณวีณ์ รัตนาปนนท์. ม.ป.ป. **เอกสารประกอบคำสอนการทดสอบและการประเมินคุณภาพอาหารด้วยวิธีทางประสาทสัมผัส**. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. ม.ป.ป. **สารประกอบฟีนอล**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2585/phenolic-compound (12 เมษายน 2566).

มหาวิทยาลัยมหิดล คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล. 2565. **มะตูมกับอาการท้องร่วง**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://si.mahidol.ac.th/th/healthdetail.asp?aid=1501 (30 กรกฎาคม 2565).

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี คณะเภสัชศาสตร์. ม.ป.ป. **กระทือ**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.thaicrudedrug.com/main.php?action=viewpage&pid=17 (21 เมษายน 2566).

_____. ม.ป.ป. **มะตูม**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา ttps://apps.phar.ubu.ac.th/phargarden/main.php?action=viewpage&pid=262 (12 เมษายน 2566).

รุ่งฤดี ศรีสวัสดิ์. 2555. **งานวิจัยเรื่องผลของการสกัดจากพืชสมุนไพรบางชนิดในเขตพื้นที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่มีต่อการทำงานของเอนไซม์ไลเปส เอนไซม์อะไมเลส และเอนไซม์กลูโคซิเดส**. นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

โรงพยาบาลอานันทมหิดล กองเภสัชกรรม. ม.ป.ป. **เตยหอม**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.ananhosp.go.th (21 เมษายน 2566).

วิลาสินี จิตน์บรรจง. 2564. **เตยหอม**. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร.

วัฒนา วิริวุฒิกร. 2562. **ผลของสารให้ความหวานต่อการผลิตชาสมุนไพรตะไคร้ผสมใบเตย**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://ag2.kku.ac.th/kaj/PDF. (12 เมษายน 2566).

สุนันทา คะเนนอก. 2556. **งานวิจัยเรื่องการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาเปลือกกล้วยน้ำว้าเพื่อสุขภาพ**. พระนครศรีอยุธยา: มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา.

อนันต์ สกุลกิม. 2551. อนุมูลอิสระ สารอันตรายต่อสุขภาพและร่างกาย. **ก้าวทันโลกวิทยาศาสตร์**, 8(1), 28-30.

โอภา วัชระคุปต์, ปรีชา บุญจูง, จันทนา บุญยะรัตน์ และมาลีรักษ์ อัตต์สินทอง. 2550. **สารต้านอนุมูลอิสระ**. กรุงเทพฯ: นิวไทยมิตรการพิมพ์.

Ames, B. N. Shigenaga, M. K. & Hagen, T. M. 1993. Oxidant, antioxidant and the degenerative dsease of aging. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, 90, 7915-7922.

Burton, G. W. & Traber, M. G. 1990. Vitamin E antioxidant activity biokineties and bioavailability. **Annual Review of Natrittion**, 10, 357-382.

Cornish, M. L. and Garbary, D. J. 2010. Antioxidant from microalgae: potential application in human health and nutrition. **Free Radical Biology & Medicine**, 25, 155-171.

Frankel, E. N. 1998. **Lipid oxidation**. Scotland: The Oily Press Dundee.

Halliwell, B., Aeschbach, R., Loliger J. & Aruoma, O. I. 1995. The characterization of antioxidants. **Food chemistry**, 33, 601-617.

Nawar, W. W. 1996. **Lipids in Food Chemistryistry**. New York: Marcel Dekker.

Puerta, T. 1999. Inhibition of leukocytes lipoxygenase by phenolics from virgin olive oil. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, 57, 445-449.

Sies, H., Stahl, W. & Sundquist, A. 1992. Antioxidant functions of vitamins, vitamin E and C, beta-carotene and other carotenoids. **Annuls of the New York Academy of sciences**, 368, 7-19.

Valacchi, G., Pagnin, E., Corbacho, A. Gano, M., Davis, E. A. P., Packer, L. & Cross, E. C. 2004. In vivo ozone exposure induces antioxidant stress-related responses in murine lung and skin. **Free Radical Biology and Medicine** 36(5), 673-681.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

แบบทดสอบประสาทสัมผัส

แบบทดสอบประสาทสัมผัส ชาชงจากเหง้ากระทือ

แบบ 7 – Point Hedonic scale

คำชี้แจง : กรุณาทดสอบตัวอย่าง แล้วโปรดใส่ตัวเลข 1- 7 ลงในช่องระดับคะแนนที่ท่านพึงพอใจตรงตามคะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ โดยกำหนดให้

7 = ชอบมากที่สุด 6 = ชอบมาก 5 = ชอบปานกลาง 4 = เฉยๆ

3 = ไม่ชอบเล็กน้อย 2 = ไม่ชอบปานกลาง 1 = ไม่ชอบมากที่สุด

ข้อมูลทั่วไป

1. เพศ ( ) ชาย ( ) หญิง
2. อายุ ( ) ต่ำกว่า 15 ปี ( ) 15 – 20 ปี ( ) 21 – 25 ปี ( ) 26 – 30 ปี
   ( ) 31 – 35 ปี ( ) สูงกว่า 35 ปี
3. การศึกษา ( ) ไม่ได้ศึกษา ( ) ประถมศึกษา ( ) มัธยมศึกษา/ปวช.
   ( ) อนุปริญญา/ปวส. ( ) ปริญญาตรี ( ) สูงกว่าปริญญาตรี

แบบประเมิน

สูตร	ลักษณะคุณภาพ			
	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
1				
2				
3				
4				
5				

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ข

รายงานผลการทดสอบทางคุณค่าโภชนาการ

ฝ่ายบริการห้องปฏิบัติการ สถาบันบริการตรวจสอบคุณภาพและมาตรฐานผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
Laboratory Services Department, Institute of Product Quality and Standardization, Maejo University
63 หมู่ที่ 4 ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290
63 Moo 4 Nongharn, Sansai, Chiang Mai, Thailand 50290
โทร.: 0 5387 5646 Tel.: +66(0) 5387 5646

รายงานผลการทดสอบ

หมายเลขรายงานผลการทดสอบ 3220/66

หมายเลขปฏิบัติการ 66/C-02423
ใบคำขอรับบริการเลขที่ IQS-0475/66
ชื่อ-ที่อยู่ของผู้ขอรับบริการ ผศ.ดร.ภาวณี อารีศรีสม
อาคารรัตนโกสินทร์ 200 ปี คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้
เลขที่ 63 หมู่ที่ 4 ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290
ชื่อตัวอย่าง ชาสมุนไพรจากเหง้ากระทือ
ลักษณะตัวอย่าง ผงแห้งละเอียด สีเขียว บรรจุในถุงซิปล็อค ปิดสนิท, จำนวน : 1 ถุง, น้ำหนัก : 38 กรัม
วันที่รับตัวอย่าง 19 มิถุนายน 2566
วันที่ทดสอบ 21 มิถุนายน – 7 กรกฎาคม 2566
วันที่ออกรายงานผลทดสอบ 11 กรกฎาคม 2566

ผลการทดสอบ

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	หน่วย	วิธีทดสอบ
เถ้า	0.03	กรัมต่อ 100 กรัม	AOAC (2012), 940.26
ความชื้น	99.41	กรัมต่อ 100 กรัม	AOAC (2012), 934.06
โปรตีน	0.05	กรัมต่อ 100 กรัม	AOAC (2012), 991.20
ไขมัน	0.48	กรัมต่อ 100 กรัม	AOAC (2012), 989.05
คาร์โบไฮเดรต	ไม่พบ	กรัมต่อ 100 กรัม	By difference
ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด	ไม่พบ	กรัมต่อ 100 กรัม	Phenol and sulfuric method (Dubois et al., 1956)
คลอเลสเตอรอล	ไม่พบ	มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม	In-house AOAC official method, 994.10
โซเดียม	7.65	มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม	In-house method : T-013 based on AOAC (2019), 999.10 detected by ICP-OES
พลังงานทั้งหมด	5.60	กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม	By calculation

หมายเหตุ : ทดสอบจากตัวอย่าง 2 กรัม ต่อน้ำ 250 มิลลิลิตร วิเคราะห์เฉพาะน้ำที่ได้จากการกรองตัวอย่างเท่านั้น

รายงานนี้รับรองผลเฉพาะชิ้นตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น
ห้ามคัดถ่ายรายงานผลการทดสอบแต่เพียงบางส่วนโดยไม่ได้รับอนุญาตจากสถาบันบริการตรวจสอบคุณภาพและมาตรฐานผลิตภัณฑ์

ฝ่ายบริการห้องปฏิบัติการ สถาบันบริการตรวจสอบคุณภาพและมาตรฐานผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
Laboratory Services Department, Institute of Product Quality and Standardization, Maejo University
63 หมู่ที่ 4 ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290
63 Moo 4 Nongham, Sansai, Chiang Mai, Thailand 50290
โทร.: 0 5387 5646 Tel.: +66(0) 5387 5646

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

รายงานผลการทดสอบ

หมายเลขรายงานผลการทดสอบ 3220/66

หมายเลขปฏิบัติการ 66/C-02423

ผลการทดสอบ (ต่อ)

ฉลากโภชนาการแบบไทย

ข้อมูลโภชนาการ

ปริมาณสุทธิ 250 มิลลิลิตร
หนึ่งหน่วยบริโภค : 1 ซอง (2 กรัม ต่อน้ำ 250 มิลลิลิตร)

จำนวนหน่วยบริโภคต่อซอง : 1

คุณค่าทางโภชนาการต่อหนึ่งหน่วยบริโภค
พลังงานทั้งหมด 10 กิโลแคลอรี

		ร้อยละของปริมาณที่แนะนำต่อวัน*
ไขมันทั้งหมด	1.5 ก.	2 %
โคเลสเตอรอล	0 มก.	0 %
โปรตีน	0 ก.	
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด	0 ก.	0 %
น้ำตาล	0 ก.	
โซเดียม	20 มก.	1 %

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

รายงานนี้รับรองผลเฉพาะชิ้นตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น
ห้ามคัดถ่ายรายงานผลการทดสอบแต่เพียงบางส่วนโดยไม่ได้รับอนุญาตจากสถาบันบริการตรวจสอบคุณภาพและมาตรฐานผลิตภัณฑ์

ฝ่ายบริการห้องปฏิบัติการ สถาบันบริการตรวจสอบคุณภาพและมาตรฐานผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
Laboratory Services Department, Institute of Product Quality and Standardization, Maejo University
63 หมู่ที่ 4 ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290
63 Moo 4 Nonghan, Sansai, Chiang Mai, Thailand 50290
โทร.: 0 5387 5646 Tel.: +66(0) 5387 5646
มหาวิทยาลัยแม่โจ้

รายงานผลการทดสอบ

หมายเลขรายงานผลการทดสอบ 3220/66

หมายเลขปฏิบัติการ 66/C-02423

ผลการทดสอบ (ต่อ)

ฉลากโภชนาการแบบจีดีเอ

คุณค่าทางโภชนาการต่อซอง
ควรแบ่งกิน 1 ครั้ง

พลังงาน	น้ำตาล	ไขมัน	โซเดียม
10 กิโลแคลอรี	0 กรัม	1.5 กรัม	20 มิลลิกรัม
* 1 %	* 0 %	* 2 %	* 1 %

* คิดเป็นร้อยละของปริมาณสูงสุดที่บริโภคได้ต่อวัน

-End of Report-

ผู้รับรอง/ผู้อนุมัติ

(นางสาวสุปราณี แก้วเทียน)
นักวิทยาศาสตร์

รายงานนี้รับรองผลเฉพาะชิ้นตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น
ห้ามคัดถ่ายรายงานผลการทดสอบแต่เพียงบางส่วนโดยไม่ได้รับอนุญาตจากสถาบันบริการตรวจสอบคุณภาพและมาตรฐานผลิตภัณฑ์
F-036, 21/02/66/5

รายงานนี้รับรองผลเฉพาะชิ้นตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น
ห้ามคัดถ่ายรายงานผลการทดสอบแต่เพียงบางส่วนโดยไม่ได้รับอนุญาตจากสถาบันบริการตรวจสอบคุณภาพและมาตรฐานผลิตภัณฑ์
F-036, 21/02/66/5

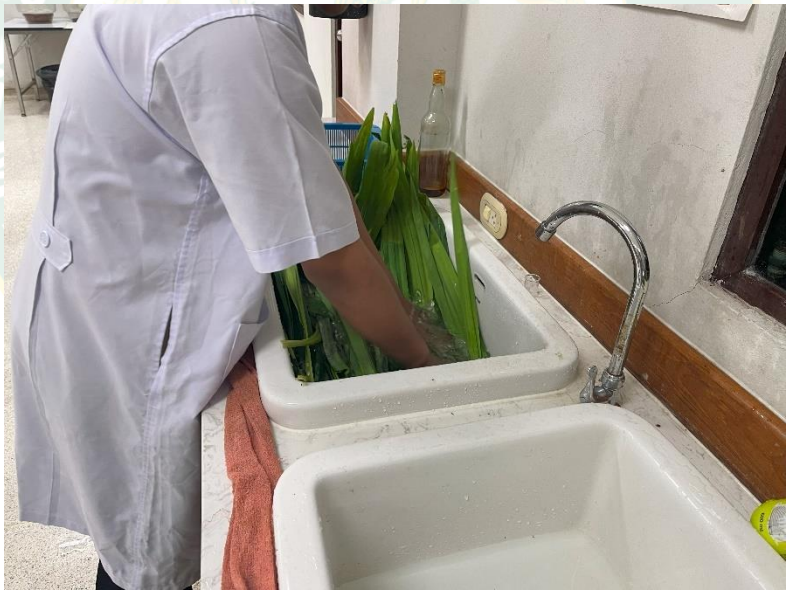
ภาคผนวก ค

ภาพประกอบการวิจัย

ภาพที่ 17 เหง้ากระทืออ่อน

ภาพที่ 18 เหง้ากระทือแก่และดอกกระทือ

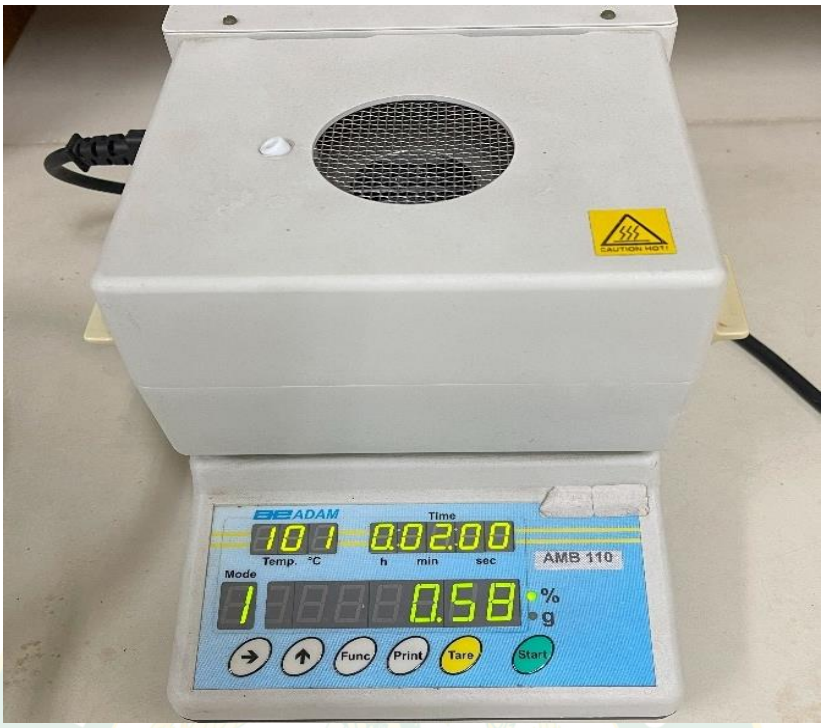
ภาพที่ 19 เนื้อในเหง้ากระทือ



ภาพที่ 20 การล้างวัตถุดิบ

ภาพที่ 21 การหั่นวัตถุดิบ

ภาพที่ 22 การอบวัตถุดิบ



ภาพที่ 23 เครื่องวัดความชื้น

ภาพที่ 24 การคั่วมะตูม

ภาพที่ 25 การปั่นวัตถุดิบให้ละเอียด

ภาพที่ 26 ตัวอย่างน้ำชาจากเหง้ากระทือทั้งหมด 14 สูตร

ภาพที่ 27 การทดสอบประสาทสัมผัสของผู้บริโภค

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นายศักย์สรณ์ จันทสิทธิ์

เกิดเมื่อ 5 พฤศจิกายน 2540

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2560-2564	ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการสมุนไพร คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่
พ.ศ. 2557-2559	มัธยมศึกษาตอนปลาย แผนก วิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ และ IT โรงเรียนเบญจมราชูทิศจันทบุรี
พ.ศ. 2554-2556	มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนเบญจมราชูทิศจันทบุรี

ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2565	ผู้ช่วยนักวิจัยศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่

E-mail Peetnice2468@gmail.com