

20405



T096935

### ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

คุณค่าทางโภชนเภสัชจากชาสมุนไพร  
(Nutraceutical evaluations of herbal teas)

จัดทำโดย

นางสาว ชาลิตา ศิลปรัตมี รหัสนักศึกษา 44040901  
นางสาว ลัคณ์วิวัฒน์ เมืองทองอ่อน รหัสนักศึกษา 44040908  
นางสาว ปาจารย์ย์ ปัญญาสุ รหัสนักศึกษา 440401917

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..... *Signature* ..... 25 / ธันวาคม / 2548 ..... อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

( ดร. วรวิทย์ ฮารีกุล )

ไปท

ศ 526 ค

2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ได้ข่มขืนที่... ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลขทะเบียน 96935

วันเดือนปี ๖ ธค ๒๕๔๘

นางสาวชาติดา ศิลปรัศมี นางสาวลัดคนัวัฒน์ เมืองทองอ่อน และนางสาวปาจารย์ ปัญญาสุ.  
2547. คุณค่าทางโภชนเภสัชจากชาสมุนไพร สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการจัดตั้ง  
คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

### บทคัดย่อ

ชาสมุนไพรทั้ง 3 ชนิดที่ทำการศึกษาค้นคว้าได้แก่ ชาปู่เฒ่าลิ้มไม้เท้า (*Aspidistra sp*)  
เบญจขันธ์ (*Gynostemma pentaphyllum*) และอัญจาริกา (*Angelica acutiloba*) ประกอบ  
ด้วยปริมาณโพลีฟีนอลเรียงลำดับจากมากไปน้อยดังนี้ เบญจขันธ์ อัญจาริกา และปู่เฒ่าลิ้มไม้-  
เท้า ในขณะที่ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่วิเคราะห์โดยวิธีการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH  
(2, 2 -diphenyl-1-picrylhydrazyl radical) มีค่าสูงสุดคือ เบญจขันธ์ รองลงมาได้แก่ ปู่เฒ่าลิ้ม  
ไม้เท้า และอัญจาริกา ตามลำดับ กระบวนการผลิตชาสมุนไพรมีผลต่อการลดลงของปริมาณ  
โพลีฟีนอลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยลดลงประมาณ  
35-58 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณโพลีฟีนอลในตัวอย่างสดของชาทั้ง 3 ชนิดและ ในขั้นตอนการ  
อบแห้งมีการลดปริมาณโพลีฟีนอลสูงสุด และในขั้นตอนการอบแห้งมีการลดปริมาณโพลีฟิ-  
นอลสูงสุด ในขณะที่ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระลดลงมากที่สุดใน 35.4 เท่าชาอัญ  
จาริกา และมีปริมาณลดลงในชาเบญจขันธ์ และปู่เฒ่า-ลิ้มไม้เท้า 4.2, 1.1 เท่า และ นอกจากนี้  
ในขั้นตอนการคั่วจะพบการเพิ่มขึ้นของสารต้านอนุมูลอิสระในชาทั้ง 3 ชนิด อันเนื่องมาจาก  
intermediates ของปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล

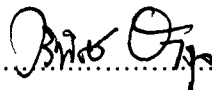
ส่วนขั้นตอนการนวดของชาสมุนไพรก็มีแนวโน้มของการลดลงของสารประกอบ  
โพลีฟีนอลและสารต้านอนุมูลอิสระ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ปริมาณ โพลีฟีนอลในชาอัญจาริกา ซึ่ง  
ลดลงประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ ในการนวด 10 นาที และสารต้านอนุมูลอิสระในเบญจขันธ์  
ประมาณ 51เปอร์เซ็นต์ในการนวด 30 นาที

..... อภิศดา ศิลปรัศมี .....

..... ลัดคนัวัฒน์ เมืองทองอ่อน .....

..... ปาจารย์ ปัญญาสุ .....

(ลายมือนักศึกษา)

.....  .....

ดร. วรพิชย์ อารีกุล

อาจารย์ที่ปรึกษา

..... 25 / 3 / 2547 .....

( วัน/เดือน/ปี)

## กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษในหัวข้อเรื่องการศึกษาคุณค่าทางโภชนเภสัชจากชาสมุนไพรฉบับนี้ สำเร็จลงด้วยดี คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณอาจารย์วิรัช อารีกุล อาจารย์ที่ปรึกษาของข้าพเจ้า ที่กรุณาสละเวลาอันมีค่ามาคอยแนะนำ ให้คำปรึกษา ให้อุปกรรมและสถานที่ในการทดลอง ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลในการจัดทำรวมทั้งตรวจแก้ไขรายงานปัญหาพิเศษฉบับนี้ให้มีความถูกต้องและมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นและขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่านที่กรุณาให้คำแนะนำและช่วยให้ปัญหาพิเศษสำเร็จลงได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณบิดา มารดาทางบ้านที่คอยเป็นกำลังใจและสนับสนุนด้านงบประมาณ ทำให้ปัญหาพิเศษสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการทุกท่านที่อำนวยความสะดวกในการเก็บยืมอุปกรณ์ สารเคมี รวมทั้งพี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร ลาดกระบังที่ให้คำแนะนำดีๆ และช่วยเหลือให้กำลังใจข้าพเจ้าตลอดมา

ชาลิตา ศิลปรัศมี

ลัคน์วัฒน์ เมืองทองอ่อน

ปารย์ย์ ปัญญาสุ

25 มีนาคม 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 บทนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
บทที่ 2 วารสารปริทัศน์	
2.1 ชาสมุนไพร	2
2.2 อนุมูลอิสระ (Free Radicle)	3
2.3 สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant)	7
2.4 สารประกอบสำคัญในชา	8
2.5 ประโยชน์ของสารประกอบโพลีฟีนอล	12
บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง	
3.1 วัสดุคิบ	16
3.2 อุปกรณ์	16
3.3 สารเคมี	17
3.4 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง	17
บทที่ 4 ผลการทดลอง	
4.1 ผลการทดลอง	21
4.1.1 การเปลี่ยนแปลงในระหว่างกระบวนการผลิตชาเบญจขันธ์	21
4.1.2 การเปลี่ยนแปลงในขั้นตอนการนวดชาเบญจขันธ์	23
4.1.3 การเปลี่ยนแปลงในระหว่างกระบวนการผลิตชาปู่เผ่าลืมไม้เท้า	24
4.1.4 การเปลี่ยนแปลงในขั้นตอนการนวดชาปู่เผ่าลืมไม้เท้า	26
4.1.5 การเปลี่ยนแปลงในระหว่างกระบวนการผลิตชาอัญจาริกา	28
4.1.6 การเปลี่ยนแปลงในขั้นตอนการนวดชาอัญจาริกา	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปลผลการทดลอง	35
เอกสารอ้างอิง	36
ภาคผนวก	37



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 องค์ประกอบที่สำคัญของชา	3
ตารางที่ 2 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น, ปริมาณโพลีฟีนอล และ $EC_{50}$ ของเบญจขันธ์ ในแต่ละขั้นตอนการผลิต	21
ตารางที่ 3 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น, ปริมาณโพลีฟีนอล และ $EC_{50}$ ของชาปู่เต่าลี้มไม้เท้า ในแต่ละขั้นตอนการผลิต	25
ตารางที่ 4 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น, ปริมาณโพลีฟีนอล และ $EC_{50}$ ของชาอัญจาริกา ในแต่ละขั้นตอนการผลิต	29



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 โครงสร้างพื้นฐานและการระบุตำแหน่งคาร์บอนอะตอมในโมเลกุลฟลาโวนอยด์	9
ภาพที่ 2 ลักษณะโครงสร้างพื้นฐาน คาเทชิน	10
ภาพที่ 3 ลักษณะโครงสร้างของ กรดแกลลิก	11
ภาพที่ 4 แสดงปริมาณ โพลีฟีนอลของเบญจจันต์ที่ผ่านการนวดที่ระยะเวลาต่างๆ	23
ภาพที่ 5 แสดงความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระของเบญจจันต์ที่ผ่านการนวดที่ระยะเวลาต่างๆ	24
ภาพที่ 6 แสดงปริมาณ โพลีฟีนอลของปูเฒ่าลิ้มไม้เท้าที่ผ่านการนวดที่ระยะเวลาต่างๆ	27
ภาพที่ 7 แสดงความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระของปูเฒ่าลิ้มไม้เท้าที่ผ่านการนวดที่ระยะเวลาต่างๆ	28
ภาพที่ 8 แสดงปริมาณ โพลีฟีนอลของอัญจริกาที่ผ่านการนวดที่ระยะเวลาต่างๆ	31
ภาพที่ 9 แสดงความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระของอัญจริกากับการนวดที่ระยะเวลาต่างๆ	32
ภาพที่ 10 เปรียบเทียบปริมาณ โพลีฟีนอลของชา 3 ชนิดในแต่ละขั้นตอน	33
ภาพที่ 11 เปรียบเทียบค่า $EC_{50}$ ของชาสมุนไพรรัง 3 ชนิดมาในแต่ละขั้นตอน	34

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 บทนำ

ชา (*Camellia sinensis*) เป็นพืชที่ใช้เป็นเครื่องดื่มมานานกว่า 2,000 ปี โดยเฉพาะชนชาติจีนและอินเดีย ต่อมาได้แพร่หลายไปทั่วโลกและถือว่าเป็นเครื่องดื่มสากลชนิดหนึ่ง คุณภาพของชาขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศ ดังนั้นชาที่ได้จากแต่ละพื้นที่ในแต่ละฤดูกาล จะมีรสชาติที่แตกต่างกัน โดยทั่วไปแล้วชาที่ปลูกในที่สูงจะมีกลิ่นและรสชาติที่ดีกว่าชาที่ปลูกในพื้นที่ที่ต่ำกว่ามากจึงนิยมปลูกกันมากในพื้นที่ลาดชันบนภูเขาทางภาคเหนือของประเทศไทย ชามีกลิ่นรสและสรรพคุณต่างๆ โดยมีองค์ประกอบที่สำคัญ คือสารประกอบโพลีฟีนอล ซึ่งสารประกอบดังกล่าวบางชนิด มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

ชาสมุนไพรคือสมุนไพรที่นำมาบริโภคในรูปแบบเช่นเดียวกับชา ซึ่งมีสรรพคุณทางยา อีกทั้งประกอบด้วยกลุ่มของสารประกอบ โพลีฟีนอล แต่อย่างไรก็ตามยังไม่มีการศึกษาถึงคุณค่าทางโภชนเภสัชของชาอัญจาริกา ชาปู่เฒ่าส้มไม้เท้า ชาเบญจขันธ์ ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอล ขึ้นอยู่กับชนิดของชาสมุนไพรและกระบวนการผลิต ดังนั้นการศึกษาถึงปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลรวมทั้งการเปลี่ยนแปลงในกระบวนการผลิตต่อคุณค่าทางโภชนเภสัชของชาสมุนไพร อาจนำไปใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตในระดับอุตสาหกรรม

( [www.ipst.ac.th/ThaiVersion/publication/in\\_sci/tea.htm](http://www.ipst.ac.th/ThaiVersion/publication/in_sci/tea.htm) )

#### 1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในระหว่างกระบวนการผลิตชาสมุนไพร
2. เพื่อศึกษาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่ระยะเวลาการหมักต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### วารสารปริทัศน์

#### 2.1 ชาสมุนไพร

ชาสมุนไพร คือ สมุนไพรที่ใช้รูปแบบในการบริโภคเช่นเดียวกับชา ซึ่งส่วนใหญ่มักจะเป็นสมุนไพรที่มีกลิ่น และต้องการคงคุณสมบัติไว้ไม่ให้สูญเสียไปกับความร้อนในระหว่างกระบวนการผลิตและระหว่างการชงชา ผู้บริโภคที่นิยมบริโภคชาสมุนไพร นอกจากต้องการฤทธิ์ทางยาแล้วยังต้องการสัมผัสกลิ่นที่ละเอียดละไมจากสมุนไพรด้วย

คุณค่าทางยาของชาสมุนไพรนั้น ขึ้นกับชนิดของชาสมุนไพร เนื่องจากฤทธิ์ทางยานี้เองทำให้ชาสมุนไพรบางชนิด อาจเป็นอันตรายสำหรับผู้บริโภคได้ ดังนั้นในการบริโภคชาสมุนไพรจะต้องเรียนรู้ข้อมูลของสมุนไพรแต่ละชนิด ที่ใช้ในการบริโภคเป็นอย่างดีก่อน เนื่องจากสมุนไพรแต่ละชนิด มีชื่อระวัง และสรรพคุณทางยาต่างกัน โดยเฉพาะสมุนไพรที่ใช้ในการรักษาโรคก็ต้องเพิ่มความระมัดระวังเป็นพิเศษ อย่างไรก็ตามชาสมุนไพรส่วนใหญ่ จะมีสรรพคุณในการบำรุงสุขภาพ ช่วยย่อยอาหาร ช่วยขับลม เช่น **ชาลูกผสม** ชื่อวิทยาศาสตร์ *Camellia sinensis* ชื่อวงศ์ Theaceae สรรพคุณ ใช้ใบสดนำมาหนึ่งถ้วยแก้กระหายน้ำ แก้หวัดนอน ทำให้ชุ่มคอ กระตุ้นหัวใจ แก้ปวดเมื่อยตามร่างกาย แก้ท้องร่วงและขับปัสสาวะ และชงดื่ม **อัญจาริกา** หรือ **โสมตั้งถุย** ชื่อวิทยาศาสตร์ *Angelica acutiloba* ชื่อวงศ์ Umbelliferae สรรพคุณ เป็นยาบำรุงกำลัง รักษาอาการปวดกระดูก วัณโรค ปอด โรคผอมแห้ง การตกเลือด โรคโลหิตจาง บรรเทาอาการปวดในระหว่างการคลอดบุตร ขับลม ขับน้ำนม แก้อาการอาหารไม่ย่อย และทำให้เจริญอาหาร **ปู่เฒ่าลิ้มไม้เท้า** ชื่อวิทยาศาสตร์ *Aspidistra sp.* ชื่อวงศ์ Convallariaceae สรรพคุณ ใช้ใบต้มดื่มแก้ไข้ใน แก้ปวดหลัง ปวดเอว ใช้รากและลำต้นคองเหล้าเพื่อบำรุงกำลัง ใช้ใบตากแห้งชงดื่มแทนน้ำชา **เบ็ญจขันธ์** หรือ **เจียวกู่หลาน** ชื่อวิทยาศาสตร์ *Gynostemma pentaphyllum* ชื่อวงศ์ Gynostemma pentaphyllum สรรพคุณ สามารถลดปริมาณคอเลสเตอรอล เพิ่มกำลังของหัวใจขาดเลือด ชะลอความชรา ยืดอายุของเซลล์ และเพิ่มจำนวนอสุจิ เสริมสร้างการรวมตัวของโปรตีนและกรดไขมันในตับ เสริมสร้างเซลล์ไขกระดูก บำรุงสมอง ด้านโรคมะเร็งและโรคกระเพาะเป็นแผล ใช้ใบและต้นนำมาทำเป็นชาชงดื่ม (สุธรรม. 2547)

องค์ประกอบที่สำคัญในชา สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 องค์ประกอบที่สำคัญของชา

สารประกอบ	ฤทธิ์
คาเฟอีน (Caffeine)	กระตุ้นระบบประสาทส่วนกลาง บรรเทาความปวด การหลั่งน้ำย่อย pepsin เพิ่มการใช้คาร์โบไฮเดรตในร่างกาย ลดโคเลสเตอรอลในเลือด
ธีโอโบรมีน (Theobromine)	เพิ่มการทำงานของกล้ามเนื้อหัวใจ
ธีโอฟีลลีน (Theophylline xanthine)	ขยายหลอดลม ขับปัสสาวะ
แคทชินินส์ (Catechines)	ป้องกันมะเร็งปอด มะเร็งผิวหนัง กระเพาะ อาหาร ตับ ลำไส้เล็ก
อีจีซีจี (E G C G) (Epigallocatechin Gallate)	ลดน้ำตาลในเลือด ลดการออกซิเดชันไขมัน (Lipid peroxidation) ในตับ
ซาโปนิน (Saponin)	ลดอัตราการแบ่งตัวของไวรัส

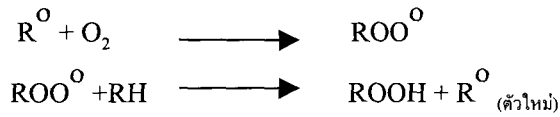
ที่มา : [http://www.doa.go.th/data-agri/02\\_LOCAL/oard1/tea/main.html](http://www.doa.go.th/data-agri/02_LOCAL/oard1/tea/main.html)

## 2.2 อนุมูลอิสระ (Free Radicle)

อนุมูลอิสระ (Free Radicle) คือ โมเลกุลที่มีการสูญเสียอิเล็กตรอนหรือมีการรับอิเล็กตรอนเพิ่มขึ้น โดยปกติอิเล็กตรอนจะอยู่เป็นคู่ หากอิเล็กตรอนขาดคู่จะทำให้โมเลกุลไม่เสถียรและทำให้สารนั้นมีคุณสมบัติเป็น oxidizing agent ที่ไวต่อปฏิกิริยามากและจะดึง อิเล็กตรอนจากสารอื่นมาไว้ให้เป็นคู่ หรือให้อิเล็กตรอน โดดเดี่ยวแก่สารอื่น เพื่อทำให้อะตอมหรือโมเลกุลมีความเสถียรอยู่ได้ ([www.greenlife.co.th/resources\\_th\\_05.html](http://www.greenlife.co.th/resources_th_05.html))

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเกิดปฏิกิริยาของอนุมูลอิสระกับออกซิเจนจะเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ดังสมการ



อนุมูลเปอร์ออกซี ( $ROO^\circ$ ) ไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (ROOH) และอนุมูลไฮดรคาร์บอน ( $R^\circ$ ) อนุมูลที่เกิดขึ้นใหม่ จะเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องกับออกซิเจนต่อไป

อนุมูลอิสระมีแหล่งที่มาจากทั้งภายนอกและภายในร่างกาย โดยแหล่งภายนอก ได้แก่ มลพิษในอากาศ โอโซน ไนโตรออกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ ฝุ่น กัมมันตภาพรังสี อาหารที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัว หรือธาตุเหล็กมากกว่าปกติ แสงแดด ความร้อน รังสีแกมมา หรือ ยาบางชนิด เช่น Doxorubicin, Penicillamine, paracetamol, คาร์บอนเตตระคลอไรด์ ( $CCl_4$ ) เป็นต้น ส่วนแหล่งของอนุมูลอิสระภายในร่างกาย เกิดจาก เมตาบอลิซึมของออกซิเจนภายในเซลล์ ซึ่งร้อยละ 98 ของออกซิเจนจะถูกเปลี่ยนไปเป็นน้ำ ในขณะที่ร้อยละ 2 จะอยู่ในรูปของอนุมูลอิสระ นอกจากนี้ยังพบจากการย่อยทำลายแบคทีเรียภายในเซลล์ของระบบภูมิคุ้มกัน อีกทั้งในโมเลกุลไขมันที่ร่างกายได้รับออกซิเจนส่วนเกินและการบาดเจ็บของเนื้อเยื่อ

อนุมูลอิสระสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลาในร่างกายจากขบวนการเมตาบอลิซึมภายในร่างกาย โดยเฉพาะ ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) และในภาวะที่ผิดปกติ เช่น ภาวะของโรค หรือภาวะที่ร่างกายแวดล้อมด้วยมลพิษ แต่ในภาวะที่ผิดปกติจะเกิดการสะสมของอนุมูลอิสระเพิ่มมากขึ้น ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของดีเอ็นเอ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และเกิดการทำลายกลุ่มโมเลกุลที่มีพันธะ S-H การสะสมของอนุมูลอิสระในระยะสั้นมีผลต่อการทำลายเนื้อเยื่อและเยื่อหุ้มเซลล์ ซึ่งก่อให้เกิดผลเสียและทำลายเซลล์ของร่างกาย เป็นสาเหตุของการเกิดโรคเสื่อมและทำให้เสียชีวิตในที่สุด (ปาริฉัตตก์. 2546)

กลุ่มโรคที่เกิดจากอนุมูลอิสระสามารถแบ่งเป็น 3 ประเภท (ปาริฉัตตก์. 2546)

- กลุ่มโรคเสื่อม ได้แก่ โรคไขมันในเลือดสูง โรคอ้วน โรคความดันโลหิตสูง โรคหัวใจ อัมพาต โรคข้อ ต้อกระจก ผิวหนังเป็นริ้วรอยเหี่ยวย่น
- กลุ่มโรคภูมิคุ้มกันบกพร่อง ได้แก่ โรคภูมิแพ้ หอบหืด โรคข้ออักเสบรูมาตอยด์ โรคภูมิคุ้มกันทำลายตนเอง (SLE) โรคภูมิคุ้มกันบกพร่อง รวมถึงโรคภูมิคุ้มกันบกพร่องไม่ดีหรือบกพร่อง
- กลุ่มโรคมะเร็ง มะเร็งหลายชนิดก็เกิดจากปฏิกิริยาอนุมูลอิสระ ได้แก่ มะเร็งผิวหนัง มะเร็งในลำไส้ มะเร็งเต้านม เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร่างกายจะสร้างระบบแอนติออกซิแดนซ์ (antioxidative systems) เพื่อป้องกันการเกิดและทำลายสารอนุมูลอิสระ ซึ่งระบบนี้ประกอบด้วยสารต้านทานอนุมูลอิสระ (สารแอนติออกซิแดนซ์) และเอนไซม์ต่างๆ ที่สามารถชะลอหรือป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบภายในร่างกายที่มีความไวต่อการเกิดปฏิกิริยาที่อยู่ ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระหรือเอนไซม์ ดังกล่าว เช่น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และ ดีเอ็นเอ เป็นต้น โดยสารต้านอนุมูลอิสระจะไปจับตัวกับอนุมูลอิสระทำให้โมเลกุลมีความเสถียร และถูกขับออกจากร่างกาย แต่อย่างไรก็ตาม ในบางสภาวะที่ปริมาณอนุมูลอิสระมีมากเกินไปที่ระบบแอนติออกซิแดนซ์จะสามารถจัดการได้ จะเกิดภาวะที่เรียกว่า oxidative stress ที่จะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตดังที่กล่าวไปแล้วข้างต้น

## 2.3 สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant)

สารต้านอนุมูลอิสระแบ่งตามการสังเคราะห์ได้เป็น สารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ (natural antioxidant) และสารต้านอนุมูลอิสระจากการสังเคราะห์ (synthetic antioxidant) (ปาริฉัตตก. 2546)

### 2.3.1 สารต้านอนุมูลอิสระธรรมชาติ (natural antioxidant)

#### 2.3.1.1 เอนไซม์ที่สร้างได้ในเซลล์ร่างกาย

- ซูเปอร์ออกซิเดส ดิสมิวเตส (Superoxidase Dismutase หรือ SOD) เป็นเอนไซม์ที่พบในไมโทคอนเดรีย ทำหน้าที่เปลี่ยนไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ให้เป็นน้ำกับออกซิเจน เอนไซม์นี้สามารถพบในอาหาร ได้แก่ ในเมล็ดที่กำลังงอก เช่น ถั่วงอกหัวโต ถั่วงอก เป็นต้น แต่ปริมาณเอนไซม์จะถูกทำลายในระหว่างการให้ความร้อน

- คาตาเลส (Catalase) เป็นเอนไซม์ที่สามารถกักกันและทำลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

- กลูตาไธโอน เปอร์ออกซิเดส (Glutathione Peroxidase) เป็นเอนไซม์ที่ทำงานร่วมกับเซเลเนียมเพื่อสะเทินอนุมูลอิสระ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเลนส์ตา ดังนั้นจึงสามารถชะลอการเกิดต้อกระจกได้ เอนไซม์ชนิดนี้สามารถพบในพืชตระกูลกะหล่ำ (กะหล่ำปลี กะหล่ำดอก กะหล่ำม่วง กะหล่ำรูปหัวใจ กะหล่ำใบหยิก บร็อคโคลี เป็นต้น

#### 2.3.1.2 วิตามิน

- วิตามินอี เป็นวิตามินที่พบในเมล็ดธัญพืชทุกชนิด เช่น ในข้าวกล้อง ถั่วทุกชนิด จมูกข้าว และข้าว

- วิตามินซี มีมากในผักสดและผลไม้สด

### 2.3.1.3 แร่ธาตุ

- เซเลเนียม (Selenium) เป็น โคเอนไซม์ (Coenzyme) ของเบต้าแคโรทีน วิตามินซีและอี ซึ่งหมายถึงว่า เบต้าแคโรทีน วิตามินซีและวิตามินอีจะทำงานร่วมกับเซเลเนียม กำจัดอนุมูลอิสระ

### 2.3.1.4 สารเคมีจากพืช (Phytochemicals)

เป็นสารเคมีจากพืชและสารอาหาร เช่น แคโรทีน ไลคปีน แซนโทฟิลล์ เทนิน และ สารประกอบโพลีฟีนอล

### 2.3.1.5 แหล่งน้ำมันพืช

- Tocopherols (Vitamin E) จะพบมากในน้ำมันปาล์ม น้ำมันถั่วเหลือง ซอสถั่วเหลือง และ พบในพืชมากกว่าในสัตว์ เป็นสารประเภทที่ละลายได้น้ำมัน ปัจจุบันมีการใช้สารต้านอนุมูลอิสระ ชนิดนี้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมอาหาร Tocopherols ในธรรมชาติพบอยู่ 4 รูป คือ  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  tocopherals แต่ละโครงสร้างแตกต่างกันที่ตำแหน่งของกลุ่ม methyl ที่ aromatic ring จะมี phenolic hydroxy ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของการเกิดปฏิกิริยา มีกลไกการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาเติมออกซิเจนของไขมันเหมือนกับสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ การหยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ของอนุมูลอิสระสามารถเกิดได้โดยการให้ไฮโดรเจนอะตอมแก่ hydroperoxyl radical ซึ่งอนุพันธ์ของ tocopherols radical มีความคงตัวทำให้ไม่เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่  $\alpha$ -tocopherols จะมีปริมาณสูงในน้ำมันพืช

- Hydroxytyrosol และ Caffeic acid เป็นสารสกัดได้จากน้ำมันมะกอกบริสุทธิ์ สารทั้ง 2 ชนิดนี้สามารถป้องกันการเกิดปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนของน้ำมันมะกอกบริสุทธิ์สูงกว่า บิวทิลเลทเตดไฮดรอกซีโทลูอีน (butylated hydroxytoluene หรือBHT)

- Phytic acid พบมากในพืช เช่น พืชตระกูลถั่ว, พืชน้ำมัน, ธัญพืช เป็นสารที่สามารถเกิดการฟอร์ม chelate กับเหล็ก เป็นการป้องกันไม่ให้เหล็กซึ่งเป็นตัวเร่งการเกิด hydroxy radical ที่เร่งเกิดปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนของไขมันและน้ำมันในน้ำที่มีลักษณะเป็นอิมัลชัน (emulsion)

- Ferulate พบมากในน้ำมันรำดิบซึ่งใช้ได้ดีกับน้ำมันพืช

### 2.3.1.6 แหล่งเครื่องเทศและพืชสมุนไพร

ส่วนใหญ่เป็นพวกที่ให้กลิ่นรสและเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในตัวได้แก่ กานพลู, อบเชย, โรสแมรี่(rosemary), ออริกาโน(oregano), ลูกจันทน์, ออลสไปซ์(allspice) ซึ่งป้องกันการปฏิกิริยาหืนและเสริมสารกันหืนเมื่อใช้ร่วมกับบิวทิลเลทเตดไฮดรอกซีโทลูอีน (butylated hydroxytoluene หรือ BHT)

- โรสแมรี่ สารสกัดจากพืชนี้เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีคุณภาพสูง ประกอบด้วยสาร rosmanol, rosmaridiphenol, rosmariquinone, rosmarinic acid และ carnosol ซึ่งสามารถป้องกันการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทียบเท่าหรือสูงกว่าบิวทีเลทเตด ไฮดรอกซีนิโซล (butylated hydroxyanisol หรือ BHA) และพบว่าเมื่อใช้ร่วมกับ sodium tripolyphosphate จะช่วยป้องกันการหืนของเนื้อที่ใส่ทำสแต็คได้ดี

- ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) เช่น quercetin มักพบในพืช
- วานิลลิน (vanillin) ซึ่งได้จากวานิลลา
- ชา มีสิทธิบัตรเกี่ยวกับการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระจากชา ซึ่งละลายได้ในน้ำมัน ไม่มีกลิ่น และมีประสิทธิภาพสูงมาก ( ปรินซ์ตต์ . 2546 )

### 2.3.2 สารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์

สารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ที่นิยมใช้กันมาก ได้แก่ บิวทีเลทเตด ไฮดรอกซีนิโซล (butylated hydroxyanisol หรือ BHA), บิวทีเลทเตดไฮดรอกซีโทลูอีน (butylated hydroxytoluene หรือBHT), เทอทีอารีบิวทิลไฮโดรควิโนน (tertiary butylhydroquinone หรือ TBHQ) และ โพรพิล-แกลเลต (propyl gallate หรือPG) หลายประเทศอนุญาตให้ใช้สารต้านอนุมูลอิสระเหล่านี้กับไขมันและน้ำมันในปริมาณความเข้มข้นต่างๆกัน

- BHA ใช้ได้ดีกับผลิตภัณฑ์อาหารทอดและอบเมื่อใช้สารร่วมกับ BHT, TBHQ หรือ PG จะช่วยเสริมให้มีคุณสมบัติการต้านทานอนุมูลอิสระได้สูงกว่าการใช้ชนิดเดียว โดยเฉพาะ BHA ผสมกับ BHT ละลายในน้ำมันพืชใช้ป้องกันการหืนได้ดีในไขมันสัตว์ อย่างไรก็ตาม การทดลอง BHA เกินปริมาณที่ FDA กำหนดในสัตว์ทดลองอาจมีอันตรายทำให้เกิดสารก่อมะเร็งและเนื้องอก ดังนั้นจึงนิยมใช้ BHT แทนเพราะยังไม่มียางานเกี่ยวกับอันตรายของ BHT

- BHT ใช้ได้ดีพอสมควรในอาหารทอด อบและสามารถใช้ร่วมกับ BHA, PG หรือ TBHQ ได้

- TBHQ ใช้ได้ดีกับผลิตภัณฑ์ที่ทอดแล้ว แต่ใช้ไม่ได้ผลกับผลิตภัณฑ์อาหารหลังจากอบแล้ว โดยใช้ผสมกับกรดซิตริกใน propylene glycol ป้องกันการหืนในน้ำมันพืชและอาหารที่ทอดในน้ำมันพืช เช่น มันฝรั่งทอด กฎหมายอนุญาตให้ใช้ร่วมกับ BHA หรือ BHT เท่านั้น ในประเทศแคนาดาไม่อนุญาตให้ใช้สารชนิดนี้ เพราะยังไม่แน่ใจความปลอดภัยของสารต้านอนุมูลอิสระชนิดนี้

- PG ใช้กับไขมันสัตว์ได้ดี แต่จะเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับโลหะทำให้เกิดสีดำหรือม่วงเข้ม ซึ่งจะป้องกันได้โดยเติมสารพวก chelating ลงไปเพื่อไปรวมกับไอออนของโลหะ เช่น เหล็ก, ทองแดง สารพวกนี้ ได้แก่ กรดซิตริก, กรดแอสคอร์บิกและเลซิทีน เมื่อใช้ PG ร่วมกับ BHA และ BHT ให้ได้ผลในการป้องกันการหืนได้ดี แต่ไม่สามารถใช้ร่วมกับ TBHQ ได้

( ปรินซ์ตต์.2546 )

## 2.4 สารประกอบสำคัญในชา

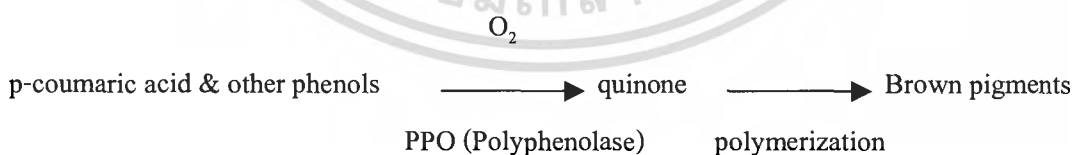
### 2.4.1 สารประกอบโพลีฟีนอล

สารประกอบโพลีฟีนอลเป็นสารในกลุ่ม secondary metabolites ที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อประโยชน์ในการเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ของพืชแต่ละชนิด ซึ่งคุณภาพของชาขึ้นกับสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศ ชาได้จากแต่ละพื้นที่ ในแต่ละฤดู จึงมีรสชาติที่แตกต่างกัน ดังนั้นสารประกอบโพลีฟีนอลในพืชแต่ละชนิดจึงมีความแตกต่างกันออกไป

สารประกอบโพลีฟีนอลสามารถพบได้ในเครื่องดื่มที่ได้มาจากพืช เช่น ผัก ผลไม้ ธัญพืชต่างๆ ไวน์ เบียร์ เป็นต้น แต่จะพบในปริมาณที่แตกต่างกันออกไปในพืชแต่ละชนิด หรือแม้แต่ในพืชชนิดเดียวกันแต่มาจากสถานที่ผลิตแตกต่างกัน เนื่องจากการสร้างสารประกอบโพลีฟีนอลของพืชจะมีทั้งปัจจัยทั้งทางด้านพันธุกรรมและด้านสิ่งแวดล้อมเข้ามาเกี่ยวข้อง นอกจากนี้ยังพบว่า วิธีการปลูก ระดับความสูง กระบวนการแปรรูปหรือแม้แต่วิธีการเก็บรักษาก็ล้วนมีผลต่อปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งสิ้น ( วรรณฐานและสุพัตรา,2546 )

สารประกอบโพลีฟีนอลมีบทบาททั้งต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสและคุณค่าทางโภชนาการของอาหารจากพืช เนื่องจากเป็นสารประกอบที่มีรสฝาดและขม และมีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในระหว่างกระบวนการแปรรูปและการเก็บรักษา โดยจะทำให้อาหารเกิดสีน้ำตาล เกิดการพัฒนากลิ่น และมีการสูญเสียสารอาหารบางชนิดได้ ซึ่งลักษณะดังกล่าวนี้อาจเป็นสิ่งที่ต้องการในบางกรณี เช่น การผลิตชาดำหรือโกโก้ แต่อาจเป็นลักษณะที่ไม่ต้องการในบางกรณี เช่น การแปรรูปผัก ผลไม้ เป็นต้น ( วรรณฐานและสุพัตรา,2546 )

การเกิดสีน้ำตาลของสารประกอบโพลีฟีนอล

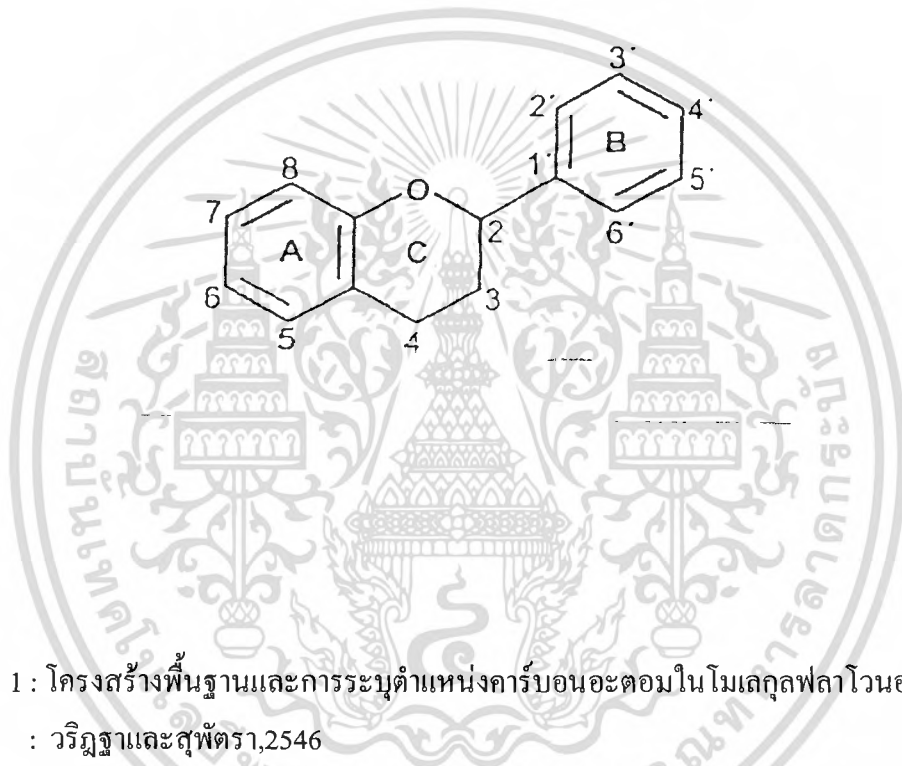


สารประกอบโพลีฟีนอลแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ ฟลาโวนอยด์และนอนฟลาโวนอยด์

**2.4.1.1 ฟลาโวนอยด์ (flavonoid)** จัดเป็นกลุ่มของสารประกอบฟีนอลที่พบมากที่สุดได้ในสารประกอบโพลีฟีนอลจากพืชทั้งหมด ประกอบด้วยสารประกอบฟีนอลมากกว่า 5,000 ชนิด สารกลุ่มนี้มีโครงสร้างพื้นฐานแบบ Diphenylpropanes ( $C_6 - C_3 - C_6$ ) ประกอบด้วยวงแหวน 2 วงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชื่อมกันด้วยคาร์บอนสามอะตอมซึ่งมักอยู่ในลักษณะของ Oxygenated heterocycle และมีระบบที่ใช้ในการระบุตำแหน่งของคาร์บอนอะตอมในโมเลกุลของฟลาโวนอยด์ดังรูป



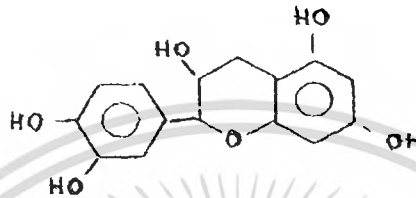
ภาพที่ 1 : โครงสร้างพื้นฐานและการระบุตำแหน่งคาร์บอนอะตอมในโมเลกุลฟลาโวนอยด์  
ที่มา : วารุณาและสุพัตรา,2546

สารประกอบในกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่พบมากที่สุดอยู่ในกลุ่ม ฟลาโวน (flavones) เช่น apigenin, luteolin, diosmetin และฟลาโวนอยส์ (flavonois) เช่น quercetin, myricetin, kaemferol สำหรับฟลาโวนอยด์ในกลุ่มอื่นๆที่น่าสนใจ ได้แก่ ฟลาโวนอน (flavonones) เช่น naringenin, hesperidin และฟลาโวนอล (flavonals) เช่น catechin, epicatechin, galocatechin เป็นต้น

2.4.1.1.1 คาเทชิน (catechins) เป็นสารประกอบฟลาโวนอยด์ที่คล้ายคลึงกันกับสารประกอบ leucoanthocyanidins คือเป็นสารที่ไม่มีสีและพบทั่วไปในพืชชั้นสูงหลายชนิดโดยเฉพาะไม้ยืนต้นและ มักพบในส่วนเนื้อไม้มาก อาจพบอยู่ในส่วนของใบด้วย สารประกอบคาเทชินถือว่าเป็นสารตั้งต้น(precursor) อีกชนิดหนึ่งของการชีวสังเคราะห์ฟลาโวนอยด์ชนิดคอนเดนซ์แทนนิน (condensed tannin) เช่นเดียวกับสารประกอบ leucoanthocyanidins โครงสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางเคมีจะเกิดนิวเคลียสของ benzo- $\gamma$ -pyrone ตรงตำแหน่งคาร์บอนิล (ตำแหน่งที่ 4) ถูกรีดิวซ์ไป เป็นธาตุไฮโดรเจนจึงเรียกชื่ออีกอย่างหนึ่งว่า flavan-3-ol และมีสูตร โครงสร้างพื้นฐานหลักคือ



ภาพที่ 2 : ลักษณะ โครงสร้างพื้นฐาน คาเทชิน

ที่มา : วริฐฐาและสุพัตรา,2546

สารประกอบ คาเทชิน ที่เป็นสารประกอบหลักในชาเขียวมี 4 ชนิด คือ epicatechin (EC), (-)-epicatechin-3-gallate (ECG), (-)-epigallocatechin (EGC), (-)-epigallocatechin-3-gallate (EGCG)

สาร EGCG เป็นสารที่พบในปริมาณมากที่สุด คือ ประมาณ 40 % ของสาร polyphenolic ทั้งหมด ส่วนชาดำนั้นมีการผ่านกระบวนการหมักทำให้ สาร catechins บางส่วนจะถูกเปลี่ยนเป็น theaflavin และ thearubigins ซึ่งเป็นสาร โพลีเมอร์ของสาร โพลีฟีนอลิก(polyphenolic) แต่ก็ยังคงมีคุณสมบัติของการเป็น โพลีฟีนอลิกอยู่

2.4.1.1.2 Quercetin เป็นสารประกอบฟลาโวนอยด์ชนิดหนึ่งซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ หรือที่รู้จักกันในชื่อ ไบโอฟลาโวนอยด์ (bioflavonoids) การบริโภคสารนี้ ปริมาณมาก อาจลดความเสี่ยงต่อการเป็นมะเร็งและโรคหัวใจได้ เนื่องจากมีประสิทธิภาพการเป็น สารต้านออกซิเดชัน โดยทำงานร่วมกับทองแดง

2.4.1.1.3 แทนนิน (tannin) อยู่ในรูปสารประกอบเชิงซ้อนเป็นส่วนใหญ่ เป็นสารประกอบที่สำคัญของใบชา ซึ่งเป็นสารประกอบเชิงซ้อนฟีนอลิก (complex phenolic compound) ประกอบด้วยคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน มีรูปร่างไม่แน่นอนและไม่สามารถตกตะกอนได้ มีลักษณะ เฉพาะ มีรสฝาด แทนนินของใบชาที่เก็บจากต้นใหม่ๆ ประกอบด้วยสารประกอบ 5 ชนิด คือ epigallocatechin gallate, epigallocatechin, epicatechin gallate, epicatechin, Gallatecatechin และ catechin ในสัดส่วนที่แตกต่างกันตามแหล่งที่ปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

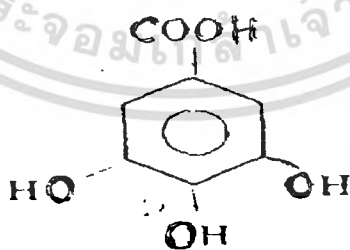
แบ่งแทนนินออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. ไฮโดรไลซ์เซเบิลแทนนิน (hydrolyzable tannin)
2. คอนเดนซ์แทนนิน (condensed tannin)

คอนเดนซ์แทนนิน ที่พบในชา เป็นสารประกอบที่มีโครงสร้างของโมเลกุลซับซ้อนมาก รวมตัวกันแน่น จัดอยู่ในประเภทโพลีฟีนอล มีน้ำหนักโมเลกุลระหว่าง 500-3,000 ขึ้นไป ถูกย่อยสลายได้ยาก ประกอบด้วยโพลีไฮดรอกซีฟีนอล ซึ่งเชื่อมกันเป็น โมเลกุลใหญ่ด้วย C-C linkage และไม่สามารถไฮโดรไลซ์ได้ด้วยกรดหรือด่าง แต่สามารถละลายได้ดีในน้ำร้อน แอลกอฮอล์และอะซิโตน คอนเดนซ์แทนนินทุกตัวถูกสร้างขึ้นมาจากสารตั้งต้น คือ คาเทชิน เป็นโครงสร้างหลักโดยจะรวมตัวกับกรดหรือสารอินทรีย์ต่างๆ ทำให้น้ำหนักโมเลกุลสูงขึ้น เมื่อน้ำคอนเดนซ์แทนนินไปดื่มกับกรดจะเกิดโพลีเมอร์ไลเซชัน ได้ตะกอนสีแดง เรียกแทนนินชนิดนี้ว่า tannin red หรือ insoluble amorphous phlophenone

แม้ว่าแทนนินจะทำหน้าที่เป็นตัวให้รสแก่อ่อนของชาและให้น้ำหนักเมื่อคั้น แต่ไม่ควรดื่มชานานเกินไป เพราะแทนนินจะละลายออกมาจนทำให้ชามีรสฝาดมากเกินไป หากเติมครีมหรือนมสดลงไป น้ำชา รสฝาดจะลดลง เนื่องจากโปรตีนชนิดเคซีนในน้ำนมเข้าไปรวมกับแทนนิน แทนนินในน้ำชาจึงทำให้การเคลื่อนไหวของลำไส้ลดลงจึงช่วยลดอาการท้องเดินในคนที่ท้องเสียรุนแรง

2.4.1.2 นอนฟลาโวนอยด์ (non-flavonoid) เช่น กรดแกลลิก (gallic acid) ไฮดรอกซีซินนามेट (hydroxycinnamate) สติลบีเนส (stilbinase)



ภาพที่ 3 : ลักษณะ โครงสร้างของ กรดแกลลิก

ที่มา : วิชาและสุพัตรา ,2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณ, ชนิด, และสมบัติของฟลาโวนอยด์ ( วิชาและสุพัตรา,2546 )

1. พันธุ์ พืชแต่ละชนิดมีปริมาณและชนิดของฟลาโวนอยด์ แตกต่างกัน แม้ว่าจะเป็นพืชชนิดเดียวกัน แต่แตกต่างกันสายพันธุ์ก็มีปริมาณและชนิดของฟลาโวนอยด์ต่างกัน

2. ความแก่ – อ่อน ผลไม้ที่สุกจะมีปริมาณของฟลาโวนอยด์ลดลง ชาที่มีคุณภาพดีที่สุด คือ ชาใบอ่อน ใบชาคุณภาพดีที่เหมาะสมเอามาทำชานั้นอยู่ในส่วนของยอดที่เป็นหน่ออ่อนและใบอ่อน 2 ใบเท่านั้น

3.กระบวนการแปรรูป การใช้ความร้อนสูงเวลาสั้นจะช่วยป้องกันสารประกอบโพลีฟีนอลไม่ให้สูญเสียไป เนื่องจากการทำงานของเอนไซม์ polyphenol oxidase

### 4.ความแตกต่างของอากาศ – อุณหภูมิ

คุณภาพและรสชาติของใบชาขึ้นอยู่กับปัจจัยแวดล้อมอีกหลายอย่าง เช่น ความชื้น ฤดูกาล สายลม แสงแดด รวมไปถึงคุณภาพของดิน

### ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณโพลีฟีนอลและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระเริ่มต้น

ในชาสมุนไพรสดแต่ละชนิดมีปริมาณ โพลีฟีนอลและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่แตกต่างกันเนื่องจาก ( Ramaswamy Ravichandarn และคณะ ,1997 )

1. สายพันธุ์ ชาสมุนไพรแต่ละชนิดมีสายพันธุ์ที่ต่างกันจึงทำให้องค์ประกอบภายในชาแต่ละชนิดต่างกัน เช่น Assam >> Cambod > China

2. สภาพภูมิอากาศ/ภูมิประเทศ คุณสมบัติของดิน, การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ และความชื้นในอากาศมีผลต่อการกระตุ้นหรือยับยั้งการสังเคราะห์โพลีฟีนอลและสารต้านอนุมูลอิสระ

3. เวลาในการเก็บเกี่ยวชา ชาสมุนไพรแต่ละชนิดมีช่วงระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมในช่วงที่ต่างกันและการเก็บเกี่ยวชาสมุนไพรเป็นสิ่งที่สำคัญมาก เพราะการผลิตชาให้ได้คุณภาพดีนั้น ต้องเริ่มจากใบชาสดที่มีคุณภาพ

## 2.5 ประโยชน์ของสารประกอบโพลีฟีนอล

ผลงานวิจัยหลายชิ้นยืนยันอย่างแน่ชัดว่า สารประกอบฟีนอลที่ละลายได้จะสามารถถูกเมตาบอไลซ์ ฟลาโวนอยด์ที่แตกต่างกันสามารถถูกเมตาบอไลซ์ได้ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ โดยสารประกอบฟีนอลอย่างง่ายที่อยู่ในรูปอิสระ เช่น caffeic acid, cinnamic acid, และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

aglycones จะสามารถถูกดูดซึมได้โดยตรงที่บริเวณผิวผนังลำไส้เล็ก ในขณะที่ไกลโคไซด์จะถูกย่อยออกเป็น aglycone และน้ำตาลก่อนจึงจะสามารถถูกดูดซึมได้ แต่เนื่องจากในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ไม่มีเอนไซม์  $\beta$ -glycosidases ที่เหมาะสมจึงไม่สามารถดูดซึมที่บริเวณลำไส้เล็ก ไกลโคไซด์จึงต้องผ่านไปที่บริเวณลำไส้ใหญ่ ซึ่งมีจุลินทรีย์ต่างๆ ช่วยย่อยสลายให้อยู่ในรูปของ aglycone ก่อนแล้วจึงจะมีการดูดซึมที่บริเวณส่วนปลายของลำไส้ใหญ่ได้ แต่อย่างไรก็ตามก็มีรายงานว่า จุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่ไม่สามารถที่จะย่อยสารประกอบฟีนอลได้ทุกชนิด ตัวอย่างของสารประกอบฟีนอลที่จุลินทรีย์ไม่สามารถย่อยได้ คือ insoluble condenser tannin ซึ่งสารประกอบเหล่านี้จะถูกขับออกมาพร้อมกับอุจจาระทั้งหมด ( วรรณฐาและสุพัตรา,2546 )

### 2.5.1 บทบาทต่อการใช้ประโยชน์สารอาหารของร่างกาย

คุณสมบัติของสารประกอบฟีนอล ได้แก่ ความสามารถในการรวมตัวและตกตะกอนโปรตีน ซึ่งความสามารถในการรวมตัวกับโปรตีนนั้นเป็นคุณสมบัติของสารประกอบฟีนอลทั่วไปและไม่ก่อปัญหาใดๆต่อการย่อยโปรตีนของร่างกายมนุษย์ แต่สารประกอบฟีนอลที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ คือประกอบด้วยฟลาโวนอยด์อย่างน้อย 3 หน่วยขึ้นไป จะสามารถทำปฏิกิริยาและตกตะกอนโปรตีนได้ ทำให้โปรตีนในอาหารจะอยู่ในรูปที่ไม่ละลายมีผลให้ไม่สามารถการย่อยสลายโปรตีนได้และทำให้เอนไซม์ทำงานได้น้อยลง และมีผลต่อเนื่องต่อการย่อยสลายโปรตีน คาร์โบไฮเดรตและไขมัน นอกจากนี้ยังพบว่าสารประกอบฟีนอลโมเลกุลใหญ่ยังสามารถรวมตัวกับโพลีแซคคาไรด์เป็นสารประกอบเชิงซ้อน มีผลทำให้ร่างกายสามารถนำคาร์โบไฮเดรตไปใช้ประโยชน์ได้น้อยลง

สารประกอบฟีนอลมีผลทำให้มีการขับไขมันออกมาพร้อมกับอุจจาระในปริมาณมากขึ้น การศึกษาบทบาทในการลดระดับโคเลสเตอรอลในเลือดกับสัตว์ทดลองที่ถูกเลี้ยงด้วยอาหารที่มี tannin, tannic acid และ tea catechin ซึ่งพบว่าสามารถเพิ่มปริมาณ High-density lipoprotein (HDL) cholesterol ที่เป็นโคเลสเตอรอลชนิดดี และลดปริมาณ Low-density lipoprotein (LDL) cholesterol ซึ่งเป็นโคเลสเตอรอลชนิดเลวลงได้ ซึ่งน่าจะมีผลมาจากการลดการดูดซึมโคเลสเตอรอลและเพิ่มการขับกรดน้ำดีออกจากร่างกาย ทำให้ร่างกายจำเป็นต้องใช้โคเลสเตอรอลที่มีอยู่ในการสร้างกรดน้ำดีมากขึ้น

สำหรับสารประกอบฟีนอลสามารถรวมตัวกับโลหะที่มีประจุบวกทำให้เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งธาตุเหล็ก ซึ่งมีผลมาจาก galloyl group และ catechol group ในโมเลกุลของสารประกอบฟีนอล จึงพบว่าสารประกอบฟีนอลในชาเขียว ชาดำ ชาสมุนไพร กาแฟ โกโก้และไวน์ ล้วนมีผลในการดูดซึมธาตุเหล็กของร่างกายทั้งสิ้น ส่วนเกลือแร่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดอื่นที่สารประกอบโพลีฟีนอลมีบทบาทต่อการลดการดูดซึม ได้แก่ ทองแดง สังกะสี โซเดียม และอะลูมิเนียม แต่สารประกอบโพลีฟีนอลไม่มีผลต่อการดูดซึมแมกนีเซียม แคลเซียมและแมงกานีส ( วริฐฐาและสุพัตรา,2546 )

### 2.5.2 คุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารประกอบโพลีฟีนอล

สารประกอบโพลีฟีนอล ทำหน้าที่กำจัดอนุมูลอิสระและไอออนของโลหะที่สามารถเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันและโมเลกุลอื่นๆ ด้วยการให้อะตอมไฮโดรเจนแก่อนุมูลอิสระอย่างรวดเร็ว เมื่อสารประกอบฟีนอลให้อะตอมไฮโดรเจนแก่อนุมูลอิสระไปแล้ว อนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลจะค่อนข้างมีเสถียรภาพ ดังนั้นจึงไม่สามารถทำปฏิกิริยากับโมเลกุลอื่นต่อไป ดังนั้นจึงมีรายงานว่า สารประกอบโพลีฟีนอลสามารถป้องกันโรคต่างๆที่เกิดจากอนุมูลอิสระ โดยเฉพาะโรคหัวใจ และมะเร็ง แต่ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลยังขึ้นอยู่กับระบบแอนติออกซิแดนซ์ด้วย ดังนั้นการศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติดังกล่าวจึงจำเป็นต้องระบุรายละเอียดให้ชัดเจน

สารประกอบโพลีฟีนอลมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ สามารถพบได้ในส่วนต่างๆของพืช เช่น เมล็ด ได้แก่ ถั่วเหลือง ถั่วลิสง เมล็ดฝ้าย มีสตาร์ด ข้าว และงา ผล ได้แก่ องุ่น ส้ม พริกไทยดำ และโอลีฟ ใบ ได้แก่ ชา และเครื่องดื่มต่างๆ และส่วนอื่นๆ ได้แก่ หัวหอม และมันเทศ ( วริฐฐาและสุพัตรา,2546 )

### 2.5.3 บทบาทการป้องกันมะเร็ง

โรคมะเร็งสามารถเกิดขึ้นได้เมื่อร่างกายได้รับสารเคมี รังสี หรือไวรัสจากสิ่งแวดล้อม ที่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระดับของดีเอ็นเอ และต่อมาทำให้เกิดความผิดปกติของเซลล์และเนื้อเยื่อ

Epigallocatechin Gallate (EGCG) เป็นสารประกอบในสารกลุ่ม Polyphenol ที่มีคุณสมบัติในการป้องกันการเกิดมะเร็ง โดยมีฤทธิ์ในการยับยั้งการก่อมะเร็งได้สูงกว่า วิตามิน ซี ถึง 2 เท่า และสามารถยับยั้งการสร้างสารไนโตรซามีน ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งรุนแรง ที่เกิดจาก แร่ธาตุไนโตรเจนในร่างกาย ทำปฏิกิริยากับ อามีน ที่อยู่ในอาหาร โดยเฉพาะอาหารทะเล

กลไกในการป้องกันการเกิดโรคมะเร็งของสารประกอบฟีนอลสามารถแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ คือ

1. การป้องกันการเกิดสารก่อมะเร็งและการป้องกันการดูดซับสารก่อมะเร็ง
2. การป้องกันไม่ให้สารก่อมะเร็งทำปฏิกิริยากับ โมเลกุลเป้าหมาย (blocking agents)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การยับยั้งหรือหยุดการเปลี่ยนแปลงของเซลล์ที่ได้รับสารก่อมะเร็งไม่ให้เปลี่ยนเป็นเซลล์มะเร็ง (suppressing agents) ( วิชาและสุพัตรา,2546 )

#### 2.5.4 บทบาทของสารประกอบโพลีฟีนอลต่อโรคหัวใจ

สาร คาเทชิน สามารถลดปริมาณไขมันในเส้นเลือด และลดคลอเรสเตอรอล โดยสารตัวนี้เมื่อเข้าสู่ร่างกาย จะไปทำให้ไขมันแตกตัวและละลาย อีกทั้งยังช่วยระงับการเพิ่มปริมาณของไขมัน และคลอเรสเตอรอลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

และสามารถลดปริมาณไขมันที่ไปเกาะตามผนังของเส้นโลหิตทำให้ไม่เกิดการสะสมของไขมันที่บริเวณผนังหลอดเลือดที่ทำหน้าที่สูบลัดโลหิตไปสู่หัวใจ และทำให้เส้นโลหิตฝอยมีความยืดหยุ่น ไม่เปราะ และไม่แตกหักได้ง่าย ลดความเหนียว และชะลอการจับตัวของโลหิต เป็นการเพิ่มความคล่องตัวต่อการไหลของโลหิต ทำให้การไหลเวียนของโลหิตดีขึ้น ( วิชาและสุพัตรา,2546 )



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

#### 3.1 วัตถุดิบ

ตัวอย่างชาสมุนไพรทั้ง 3 ตัวอย่าง ได้รับจากสถานีวิจัยหลวงอ่างขา มูลนิธิโครงการหลวง อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ แบ่งเป็น

- อัญจาริกา หรือ โสมตังกุย (*Angelica acutiloba*)
- ปู่เต่าลิ่มไม้เท้า (*Aspidistra sp.*)
- เบ็ญจขันธ์ หรือ เจียวกู่หลาน (*Gynostemma pentaphyllum*)

#### 3.2 อุปกรณ์

1. ตู้อบ
2. aluminium can
3. ที่คีบ (tong)
4. Desiccator
5. ซ้อนตักสาร
6. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (HR-200, A&D Company Limited, Japan)
7. UV-Spectrophotometer (UV-1601, Shimadzu)
8. ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร
9. ขวดวัดปริมาตรขนาด 250 มิลลิลิตร
10. บีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร
11. บีกเกอร์ขนาด 1 ลิตร
12. บีกเกอร์ขนาด 5 มิลลิลิตร
13. บีกเกอร์ขนาด 10 มิลลิลิตร
14. หลอดทดลอง
15. บีกเกอร์
16. ปีเปต
17. Vortex
18. water bath

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 19. Vacuum pump

## 3.3 สารเคมี

1. กรดแกลลิก (Gallic acid) (Fluka Chemical, Switzerland)
2. Folin-Ciocalteu reagent (Merck, Germany)
3. สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) 10 เปอร์เซ็นต์
4. เอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์
5. สารเคมี 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical (DPPH) (SIGMA, Germany)
6. กรดแอสคอร์บิก (SIGMA, Germany)

## 3.4 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

## 1. วิธีทางกายภาพ

## 1.1 วิธีวิเคราะห์หาความชื้น ( Hot Air Oven )

นำภาชนะที่จะใส่ตัวอย่าง (aluminium can) ออบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชม. ทิ้งให้เย็นในโถแก้ว (desicator) จากนั้น ชั่งน้ำหนัก aluminium can อย่างละเอียดด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง แล้วนำชาสมุนไพรตัวอย่างประมาณ 2 กรัมใส่ลงใน aluminium can ทำการชั่งน้ำหนักอย่างละเอียด หลังจากนั้น นำไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 ชั่วโมงตั้งทิ้งให้เย็นในโถแก้ว (desicator) นำออกมาชั่งน้ำหนักจนได้น้ำหนักคงที่บันทึก แล้วคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นในชาสมุนไพรดังกล่าว

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักสด} - \text{น้ำหนักแห้ง}}{\text{น้ำหนักสด}} \times 100$$

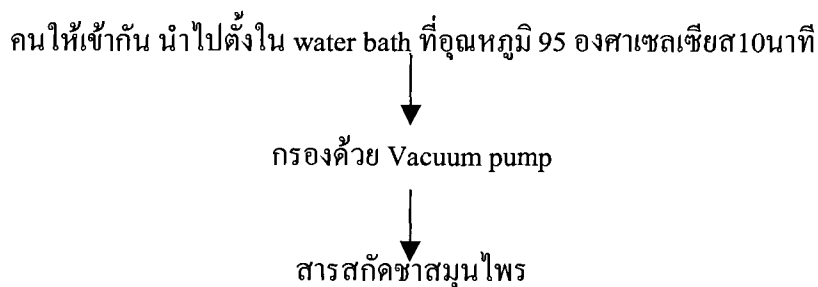
## 2. วิธีทางเคมี

## 2.1 การสกัดตัวอย่าง

ชั่งตัวอย่างสมุนไพร 10 กรัม

ใส่ในน้ำเดือด 100 ml

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## 2.2 วิธีวิเคราะห์หาปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด (Total polyphenols)

(Yiedirim และคณะ 2001)

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดจะใช้ Folin – Ciocalteu reagent ทำปฏิกิริยากับสารประกอบโพลีฟีนอลและคิดตามสีน้ำเงินที่เกิดขึ้น โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร มีวิธีการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดดังนี้

ปีเปตสารสกัดชาสมุนไพร 0.5 ml ลงในหลอดทดลอง เติมน้ำกลั่นปรับปริมาตรเป็น 10 ml

↓

เติม Folin-Ciocalteu 0.5 ml ทิ้งไว้ 5 นาที

↓

เติม  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  2 ml (10%) ทิ้งไว้ 10 นาทีในที่มืด

↓

วัดค่าการดูดแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร

↓

นำค่า Absorbance ไปคำนวณปริมาณโพลีฟีนอลโดยใช้ standard curve ของ Gallic acid

นำค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ของสารละลายตัวอย่างชาสมุนไพรไปคำนวณปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดโดยใช้กราฟมาตรฐานของสารละลายกรดแกลลิก โดยใช้สารละลายมาตรฐานของกรดแกลลิกความเข้มข้น 0, 20, 60, 80, 100, 120 และ 140 ไมโครกรัม/ไมโครลิตร นำไปเขียนกราฟของสารละลายมาตรฐานเพื่อใช้ในการคำนวณปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในสารสกัดจากชาสมุนไพร (ภาคผนวก ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3 วิธีการหาความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ

ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระสามารถวิเคราะห์โดยวิธี DPPH free radical scavenging assay ที่ดัดแปลงมาจาก Brand-Williams และคณะ (1995) โดยการวัดการลดจำนวนลงของอนุมูลอิสระ DPPH ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร มีวิธีการวิเคราะห์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระดังนี้

นำสารสกัดจากชาสมุนไพร มาทำการเจือจางด้วยน้ำกลั่น 4 ระดับ

เปิดสารสกัดปริมาตร 1 มิลลิลิตรลงในหลอดทดลอง

เติม 3 มิลลิลิตรของสารละลาย DPPH

(ความเข้มข้น- 0.2 มิลลิโมลใน เอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์) ลงในหลอดทดลอง

ผสมให้เข้ากันโดยใช้ vortex

ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด เป็นเวลา 30 นาที

นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร

นำค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดชาสมุนไพร ไปคำนวณหา % inhibition (ภาคผนวก ข)

ดังสมการ

$$\% \text{ Inhibition} = (1 - A_{\text{sample}} / A_{\text{control}}) \times 100$$

โดย % Inhibition	หมายถึงความสามารถในการยับยั้งสารต้านอนุมูลอิสระ
$A_{\text{control}}$	หมายถึงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH
$A_{\text{sample}}$	หมายถึงค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างสารสกัดจากชาสมุนไพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- นำ % inhibition ไปเขียนกราฟความสัมพันธ์กับปริมาณสารสกัดจากชาสมุนไพร เพื่อหาสมการความสัมพันธ์และจุดตัดแกน Y ที่ 50 จะได้ค่า  $EC_{50}$  (Effective Concentration) แสดงในภาคผนวก ก

## 2.4 วิเคราะห์ทางสถิติ

นำผลการทดลองมาคำนวณหาความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้การวิเคราะห์แบบ Duncan ด้วยโปรแกรม SPSS version 11



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

#### 4.1 ผลการทดลอง

##### 4.1.1 การเปลี่ยนแปลงในระหว่างกระบวนการผลิตชาเบญจขันธ์

จากการทดลองวิเคราะห์ทางกายภาพและเคมีในชาเบญจขันธ์ของแต่ละขั้นตอนการผลิต เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น ปริมาณโพลีฟีนอล และค่า EC<sub>50</sub> ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น, ปริมาณ โพลีฟีนอล และ EC<sub>50</sub> ของเบญจขันธ์ ในแต่ละขั้นตอนการผลิต

ขั้นตอน	Moisture content (%)	Polyphenol µg/g (dry basis)	EC <sub>50</sub> µg (dry basis)
สด	81.35	3400 ± 191c	1790
นวด	71.37	1870 ± 58b	2776
อบแห้ง	7.47	1020 ± 89a	8591
คั่ว	6.47	1130 ± 92a	7661
บรรจุ	3.27	1190 ± 170a	7592

หมายเหตุ ตัวเลข ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง 8 ซ้ำ

ตัวอักษรเดียวกัน ในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ความเชื่อมั่น 95%

ปริมาณความชื้นมีแนวโน้มลดลงตลอดขั้นตอนการผลิตชาสมุนไพรเบญจขันธ์ โดยเฉพาะขั้นตอนการอบแห้งที่มีการใช้ลมร้อนเพื่อการระเหยน้ำออกจากใบชาที่มีจุดประสงค์เพื่อลดการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์และชะลอการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี ทำให้สามารถเก็บรักษาได้ที่อุณหภูมิห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

หลังจากขั้นตอนการอบแห้ง ปริมาณความชื้นจะลดลงเรื่อยๆ จนถึงขั้นตอนการบรรจุ ชาสมุนไพร เบญจจันต์มีความชื้นลดลงจาก 81.4 เปอร์เซ็นต์ในใบสด เป็น 3.3 เปอร์เซ็นต์ในผลิตภัณฑ์

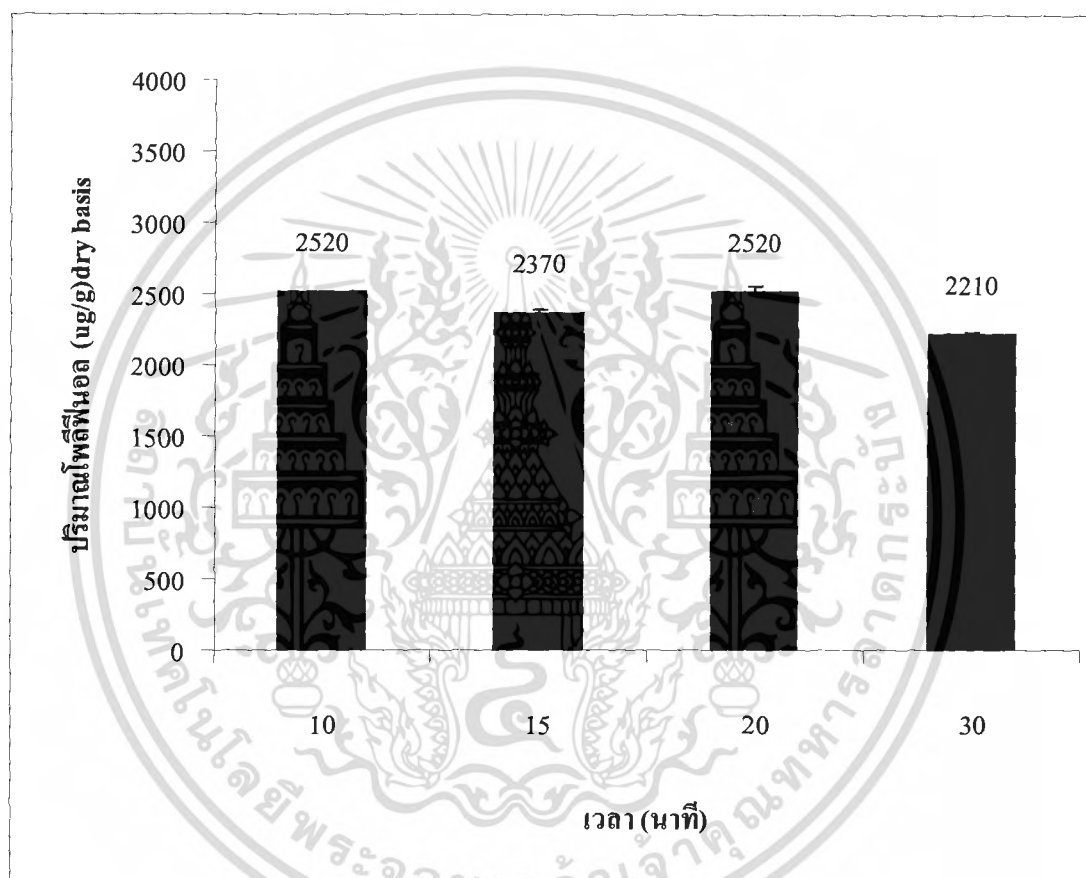
ปริมาณโพลีฟีนอลของชาสมุนไพรเบญจจันต์มีแนวโน้มลดลงในแต่ละขั้นตอนการผลิต โดยเฉพาะขั้นตอนการนวดและการอบแห้งที่มีการลดลงของปริมาณโพลีฟีนอลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ในขั้นตอนนวด จะทำให้เกิดการฉีกขาดของผนังเซลล์พืช มีผลให้เอนไซม์ต่างๆ สามารถเข้าทำปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) และ ปฏิกิริยาโพลิเมอไรซ์เซชัน (polymerization) ทำให้โครงสร้างของโพลีฟีนอลเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของสารประกอบอื่น หรือการเกิดปฏิกิริยาเคมีอื่นๆ ที่ส่งผลให้ปริมาณโพลีฟีนอลลดลง (Mehmet and Saadettin, 1996) ในขณะที่ขั้นตอนอบแห้งและคั่ว มีการให้ความร้อนเพื่อระเหยน้ำออก หรือทำให้เกิดกลิ่นรสในชา ซึ่งความร้อนนี้จะทำให้เอนไซม์สูญเสียกิจกรรม แต่มีผลในการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันทำให้ปริมาณโพลีฟีนอลทำให้ลดปริมาณลงอย่างรวดเร็ว

ค่า  $EC_{50}$  เป็นค่าที่บ่งถึงปริมาณของตัวอย่างที่ใช้ในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ให้ลดลง 50 เปอร์เซ็นต์ของอนุมูลอิสระเริ่มต้น ดังนั้นถ้าในตัวอย่างมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูง ก็จะใช้ปริมาณตัวอย่างน้อยในการลดจำนวนอนุมูลอิสระ DPPH ลง 50 เปอร์เซ็นต์ หรือกล่าวได้ว่าค่า  $EC_{50}$  จะมีค่าผกผันกับปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ จากผลการทดลองพบว่าในตัวอย่างสดของ เบญจจันต์ มีค่า  $EC_{50}$  เท่ากับ 1790 ไมโครกรัมและจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในระหว่างกระบวนการผลิต โดยเฉพาะในขั้นตอนการนวดและการทำแห้ง แสดงว่าสารต้านอนุมูลอิสระในชาจะถูกทำลายโดยขบวนการทางชีวเคมีและทางเคมี เนื่องจากในขั้นตอนการนวดจะทำให้เกิดการปลดปล่อยเอนไซม์ออกจากเซลล์ เช่น โพลีฟีนอลเลส และเอนไซม์นี้จะไปเร่งปฏิกิริยาที่มีสารตั้งต้น (substrate) เป็นสารประกอบที่มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระเช่น สารประกอบโพลีฟีนอล ทำให้สูญเสียสมบัติดังกล่าวไป ในขณะเดียวกัน การนวดทำให้เกิดการผสมอากาศในพืช ทำให้สารที่มีความไวออกซิเจน เช่น วิตามินซี และสารประกอบคาร์โรทีนอยด์ อัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันสูงขึ้น ซึ่งปฏิกิริยาทางเคมีและชีวเคมีที่เกิดขึ้นส่งผลให้ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในชาลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนในขั้นตอนการอบแห้ง การให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลาประมาณ 15 ชั่วโมง จะมีผลในการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้เกิดการสูญเสียปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับขั้นตอนอื่นๆ ในการผลิตชาสมุนไพร อย่างไรก็ตามในขั้นตอนการคั่ว พบการลดของค่า  $EC_{50}$  แสดงให้เห็นว่า ชามีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้น ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจาก การเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลหรือ

ปฏิกิริยา เมลลาร์ด ที่ทำให้เกิด intermediates ต่างๆ ที่มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (ปาริฉัตน์. 2546)

#### 4.1.2 การเปลี่ยนแปลงในขั้นตอนการนวดชาเบญจขันธ์

เมื่อนำส่วนของต้นและใบเบญจขันธ์มาขนาดที่ระยะเวลาต่างๆ คือ 10 , 15 , 20 และ 30 นาที ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโพลีฟีนอลกับระยะเวลาการนวดสามารถแสดงในภาพที่ 1

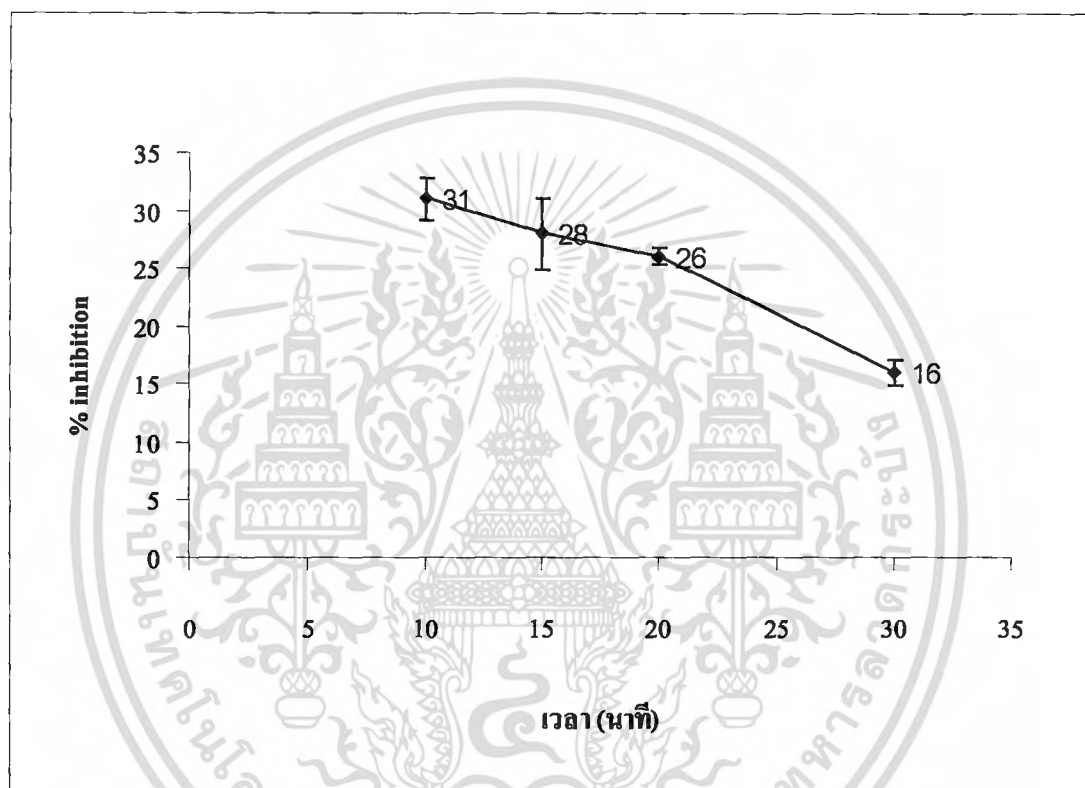


ภาพที่ 4 แสดงปริมาณ โพลีฟีนอลของเบญจขันธ์ที่ผ่านการนวดที่ระยะเวลาต่างๆ

จากผลการทดลอง พบว่า เมื่อเพิ่มเวลาในการนวดจาก 10 นาที เป็น 30 นาที ปริมาณโพลีฟีนอลจะลดลงประมาณ 12 เปอร์เซ็นต์ อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของโพลีฟีนอลที่เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีและเอนไซม์ (Mehmet and Saadettin, 1996) ที่ทำให้เกิดการออกซิเดชันและ โพลีเมอร์ไรซ์เซชันของสารประกอบโพลีฟีนอล เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการนวดจะทำให้ปฏิกิริยาต่างๆ เกิดมากขึ้น รวมทั้งมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโพลีฟีนอลให้อยู่ในรูปของสารประกอบอื่นๆ เช่น สาร catachins ในใบชา จะเปลี่ยนเป็น theaflavin และ thearubigins ที่อยู่ในรูปไดเมอร์ (dimer) จึงทำผลการวิเคราะห์ปริมาณ โพลีฟีนอลลดลง (วริฎฐาและสุพัศตรา, 2546)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลอง พบว่า เมื่อเพิ่มเวลาในการนวดจาก 10 นาที เป็น 30 นาที เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระของเบญจจันต์จะลดลงจาก 31 เปอร์เซ็นต์ เป็น 16 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 2) อันเนื่องมาจากการสูญเสียสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระต่างๆ ของสารประกอบต่างๆ เช่น โพลีฟีนอล คาร์โรทีนอยด์ วิตามินซี วิตามินอี ที่พบทั่วไปในพืช โดยขบวนการทางชีวเคมีและทางเคมี



ภาพที่ 5 แสดงความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระของเบญจจันต์ที่ผ่านการนวดที่ระยะเวลาต่างๆ

#### 4.1.3 การเปลี่ยนแปลงในระหว่างกระบวนการผลิตชาปูเฒ่าลิ้มไม้เท้า

จากการทดลองวิเคราะห์ทางกายภาพและเคมีในชาปูเฒ่าลิ้มไม้เท้าของแต่ละขั้นตอนการผลิต เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น ปริมาณโพลีฟีนอล และค่า  $EC_{50}$  ผลการทดลองสามารถแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น, ปริมาณโพลีฟีนอล และ EC<sub>50</sub> ของชาปู่เผ่าลีมไม้  
เท่าในแต่ละขั้นตอนการผลิต

ขั้นตอน	Moisture content (%)	Polyphenol μg/g (dry basis)	EC <sub>50</sub> μg (dry basis)
สด	77.64	1760 ± 320c	11830
นวด	76.64	1730 ± 64c	9660
อบแห้ง	1.99	660 ± 13a	28260
คั่ว	0.84	870 ± 33b	12970
ผลิตภัณฑ์	1.46	670 ± 35a	12870

หมายเหตุ ตัวเลข ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง 8 ซ้ำ

ตัวอักษรเดียวกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ความเชื่อมั่น 95%

ปริมาณความชื้นมีแนวโน้มลดลงตลอดขั้นตอนการผลิตชาสมุนไพรปู่เผ่าลีมไม้เท่าซึ่งให้ผลเช่นเดียวกันกับในชาเบญจขันธ์ ชาสมุนไพรปู่เผ่าลีมไม้เท่ามีความชื้นลดลงจาก 77.6 เปอร์เซ็นต์ในใบสด เป็น 1.5 เปอร์เซ็นต์ในผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพร ขั้นตอนการอบแห้งที่ปริมาณความชื้นลดลงสูงสุด คือประมาณ 75.7 เปอร์เซ็นต์ของความชื้นในวัตถุดิบ และปริมาณความชื้นจะลดลงอีกในขั้นตอนการคั่ว แต่จะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยประมาณ 0.4 เปอร์เซ็นต์ในผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการดูดซับความชื้นจากบรรยากาศ หรือเป็นการปรับสมดุลความชื้นของผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์

ปริมาณโพลีฟีนอลของชาสมุนไพรปู่เผ่าลีมไม้เท่ามีแนวโน้มลดลงในแต่ละขั้นตอนการผลิต ในขั้นตอนนวดไม่พบการเปลี่ยนแปลงปริมาณโพลีฟีนอลอย่างมีนัยสำคัญ แต่ในขั้นตอนการอบแห้งพบการลดลงของปริมาณโพลีฟีนอลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยมีการลดลงประมาณ 62.0 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าความร้อนมีผลต่อการเร่งปฏิกิริยาทางเคมี ที่ส่งผลให้เกิดการออกซิเดชันของโพลีฟีนอลทำให้ปริมาณโพลีฟีนอลลดลงอย่างรวดเร็ว แต่ในกระบวนการคั่วพบปริมาณโพลีฟีนอลเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความผิดพลาดในการทดลอง เนื่องจากถ้าสารประกอบที่มีอยู่ในชาสมุนไพรสามารถเปลี่ยนแปลงโครงสร้างไปเป็น

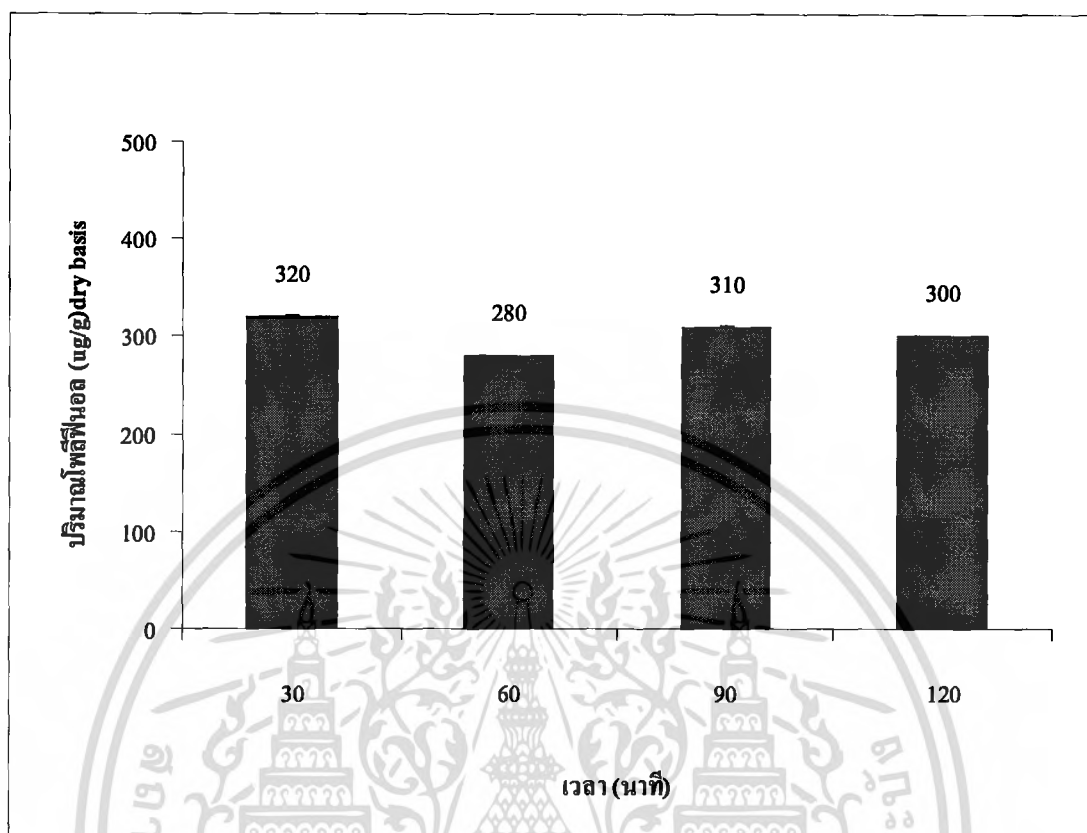
สารประกอบที่มีคุณสมบัติคล้ายสารประกอบโพลีฟีนอลทำให้ปริมาณโพลีฟีนอลเพิ่มสูงขึ้นในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารประกอบที่มีคุณสมบัติคล้ายสารประกอบโพลีฟีนอลทำให้ปริมาณโพลีฟีนอลเพิ่มสูงขึ้นในขั้นตอนการคั่ว ( Martin และคณะ , 2001) ในผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรญี่ปุ่นเผ่าลิ้มไม้เท้าก็น่าจะมีปริมาณโพลีฟีนอลที่ใกล้เคียงกัน แต่จากผลการทดลองพบว่า ปริมาณโพลีฟีนอลในผลิตภัณฑ์ มีค่าใกล้เคียงกับปริมาณโพลีฟีนอลภายหลังการอบแห้ง ดังนั้นจึง ปริมาณโพลีฟีนอลที่เพิ่มสูงขึ้นภายหลังการคั่ว อาจเนื่องมาจากความผิดพลาดในการทดลอง

จากผลการทดลองพบว่าในตัวอย่างสดของญี่ปุ่นเผ่าลิ้มไม้เท้า มีค่า  $EC_{50}$  เท่ากับ 11830 ไมโครกรัมและมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญในระหว่างกระบวนการผลิต โดยเฉพาะในขั้นตอนการนวดและการทำแห้ง โดยในขั้นตอนการนวด พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ แสดงว่าปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการนวดทำให้ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้น หรือ อาจทำให้เกิดสารที่มีสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระที่ดีกว่า ทำให้ค่า  $EC_{50}$  ลดลงเท่ากับ 9660 ไมโครกรัม ในขณะที่ภายหลังการอบแห้ง พบการลดลงของสารต้านอนุมูลอิสระ ประมาณ 2.3 เท่า เนื่องจากความร้อนจะเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้เกิดการสูญเสียปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับขั้นตอนอื่นๆ ในการผลิตชาสมุนไพรญี่ปุ่นเผ่าลิ้มไม้เท้า อย่างไรก็ตาม ภายหลังจากผ่านขั้นตอนการคั่ว พบว่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในตัวอย่างมีค่าสูงขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก intermediates ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลหรือปฏิกิริยาเมลลาร์ดในขั้นตอนการคั่ว และการเพิ่มของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในขั้นตอนนี้เอง ทำให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในตัวอย่างสดและในผลิตภัณฑ์มีค่าใกล้เคียงกัน คือเท่ากับ 11830 และ 12870 ไมโครกรัมตามลำดับ

#### 4.1.4 การเปลี่ยนแปลงในขั้นตอนการนวดชาญี่ปุ่นเผ่าลิ้มไม้เท้า

เมื่อนำส่วนของก้านและใบญี่ปุ่นเผ่าลิ้มไม้เท้ามาขนาดที่ระยะเวลาต่างๆ คือ 30 , 60 , 90 และ 120 นาที ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโพลีฟีนอลกับระยะเวลาการนวดสามารถแสดงในภาพที่ 3

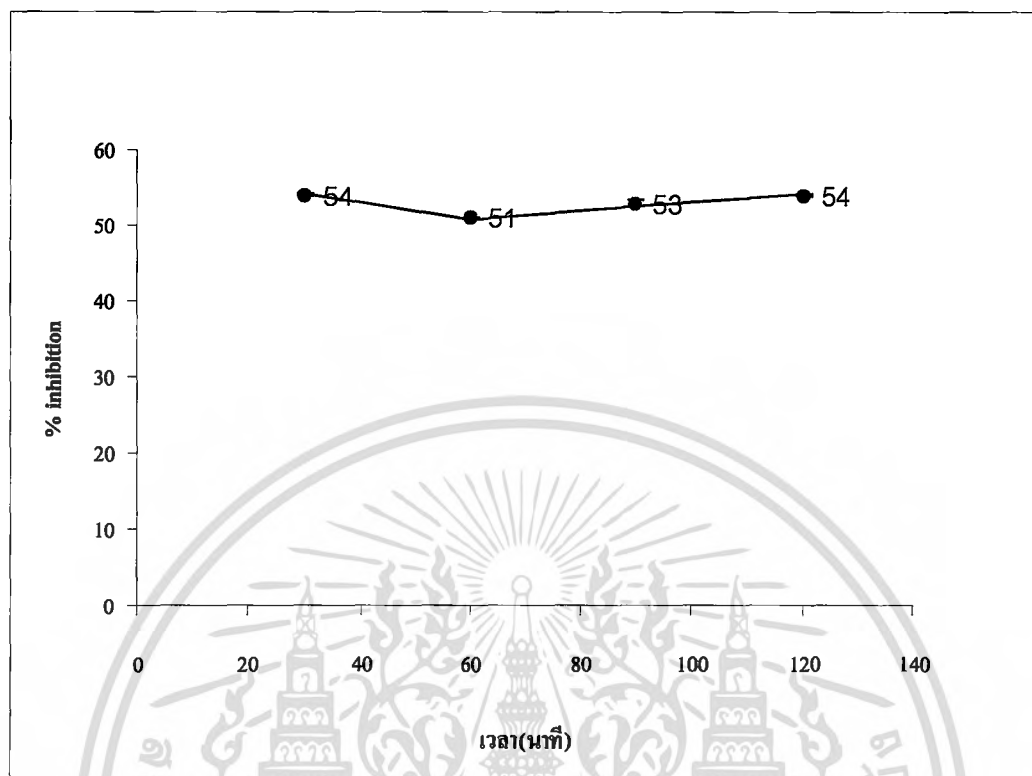


ภาพที่ 6 แสดงปริมาณ โพลีฟีนอลของปู้เฒ่าลิ้มไม้เท้าที่ผ่านการนวดที่ระยะเวลาต่างๆ

จากผลการทดลอง พบว่า เมื่อเพิ่มเวลาในการนวดจาก 30 นาที เป็น 120 นาที ปริมาณโพลีฟีนอลค่าใกล้เคียงกัน สอดคล้องกับผลการทดลองการเปลี่ยนแปลงของปริมาณโพลีฟีนอลในระหว่างกระบวนการผลิต แสดงว่า การนวดมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโพลีฟีนอลเพียงเล็กน้อย อาจเนื่องมาจาก ลักษณะของปู้เฒ่าลิ้มไม้เท้า เช่น ก้านของปู้เฒ่าลิ้มไม้เท้าที่แข็งและใบปู้เฒ่าลิ้มไม้เท้ามีลักษณะหนา ทำให้การนวดไม่สามารถทำลายผนังเซลล์ของพืชลงได้ ซึ่งทำให้เกิดการปลดปล่อยเอนไซม์ออกจากเซลล์ หรืออาจเนื่องมาจากองค์ประกอบทางเคมีของปู้เฒ่าลิ้มไม้เท้า ที่มีเอนไซม์ที่ใช้ในการเร่งเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและโพลีเมอร์ไรซ์เซชันของสารประกอบโพลีฟีนอลมีในปริมาณน้อยจึงไม่เกิดปฏิกิริยาที่ส่งผลถึงการเปลี่ยนแปลงปริมาณโพลีฟีนอล อย่างมีนัยสำคัญ

จากผลการทดลอง พบว่า ความสามารถในการทำลายอนุโมลอิสระของปู้เฒ่าลิ้มไม้เท้าในควมมีแนวโน้มคงที่ เมื่อเพิ่มเวลาในการนวดจาก 30 นาที เป็น 120 นาที (ภาพที่ 4) แสดงว่าในขั้นตอนการนวดปู้เฒ่าลิ้มไม้เท้าไม่มีการสูญเสียสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระของสารประกอบต่างๆ เช่น โพลีฟีนอล และ คาร์โรทีนอยส์ เป็นต้น หรือ อาจมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยแต่ไม่ส่งผลต่อสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 7 แสดงความสามารถในการทำลายนูคลีโอไซด์ของ *P. fluorescens* ในที่ผ่านกรวดที่ระยะเวลาต่างๆ

#### 4.1.5 การเปลี่ยนแปลงในระหว่างกระบวนการผลิตชาอัญจาริกา

จากการทดลองวิเคราะห์ทางกายภาพและเคมีในชาอัญจาริกาของแต่ละขั้นตอนการผลิต เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น ปริมาณ โพลีฟีนอล และค่า  $EC_{50}$  ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น, ปริมาณโพลีฟีนอล และ EC<sub>50</sub> ของชาอัญจาริกา ในแต่ละขั้นตอนการผลิต

ขั้นตอน	Moisture content (%)	Polyphenol μg/g (dry basis)	EC <sub>50</sub> μg (dry basis)
สด	86.48	1810 ± 366b	3100
นวด	84.77	2060 ± 38b	5140
อบแห้ง	3.06	1280 ± 17a	44040
คั่ว	1.50	2300 ± 913b	26660
บรรจุ	5.32	1100 ± 110a	109700

หมายเหตุ ตัวเลข ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง 8 ซ้ำ

ตัวอักษรเดียวกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ความเชื่อมั่น 95%

เช่นเดียวกันกับในชาเบญจขันธ์และชาปู่เฒ่าลิ้มไม้เท้า ปริมาณความชื้นมีแนวโน้มลดลงตลอดขั้นตอนการผลิตชาสมุนไพร โดยชาสมุนไพรอัญจาริกามีความชื้นลดลงจาก 86.5 เปอร์เซ็นต์ในใบสด เป็น 1.5 เปอร์เซ็นต์ภายหลังผ่านการคั่ว และเพิ่มเป็น 5.3 เปอร์เซ็นต์ในผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรซึ่งมีค่าสูงสุดในชาสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความสามารถในการดูดซับน้ำจากบรรยากาศขององค์ประกอบในชาอัญจาริกาได้ดีกว่าชนิดอื่น ปริมาณความชื้นที่สูงในผลิตภัณฑ์และความสามารถในการดูดซับน้ำจากบรรยากาศนี้ อาจมีผลต่ออายุการเก็บรักษาของชาสมุนไพรอัญจาริกา

ปริมาณ โพลีฟีนอลของชาสมุนไพรอัญจาริกามีแนวโน้มลดลงในแต่ละขั้นตอนการผลิต โดยเฉพาะขั้นตอนการอบแห้งที่มีการลดลงของปริมาณโพลีฟีนอลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ในขั้นตอนนวดไม่พบการเปลี่ยนแปลงปริมาณโพลีฟีนอลอย่างมีนัยสำคัญ อาจเนื่องจาก ชาอัญจาริกามีส่วนของรากที่มีความหนาและแข็ง ซึ่งยากแก่การทำให้ส่วนของพืชนุ่มในขั้นตอนการนวด ดังนั้น การฉีกขาดของผนังเซลล์พืชอาจเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยและไม่ส่งผลให้เอนไซม์ต่างๆ สามารถเข้าทำปฏิกิริยาออกซิเดชันและปฏิกิริยาโพลีเมอร์ไรซ์เซชัน จึงไม่มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสารประกอบโพลีฟีนอล หรือการเกิดปฏิกิริยาเคมีอื่นๆ ที่ส่งผลให้

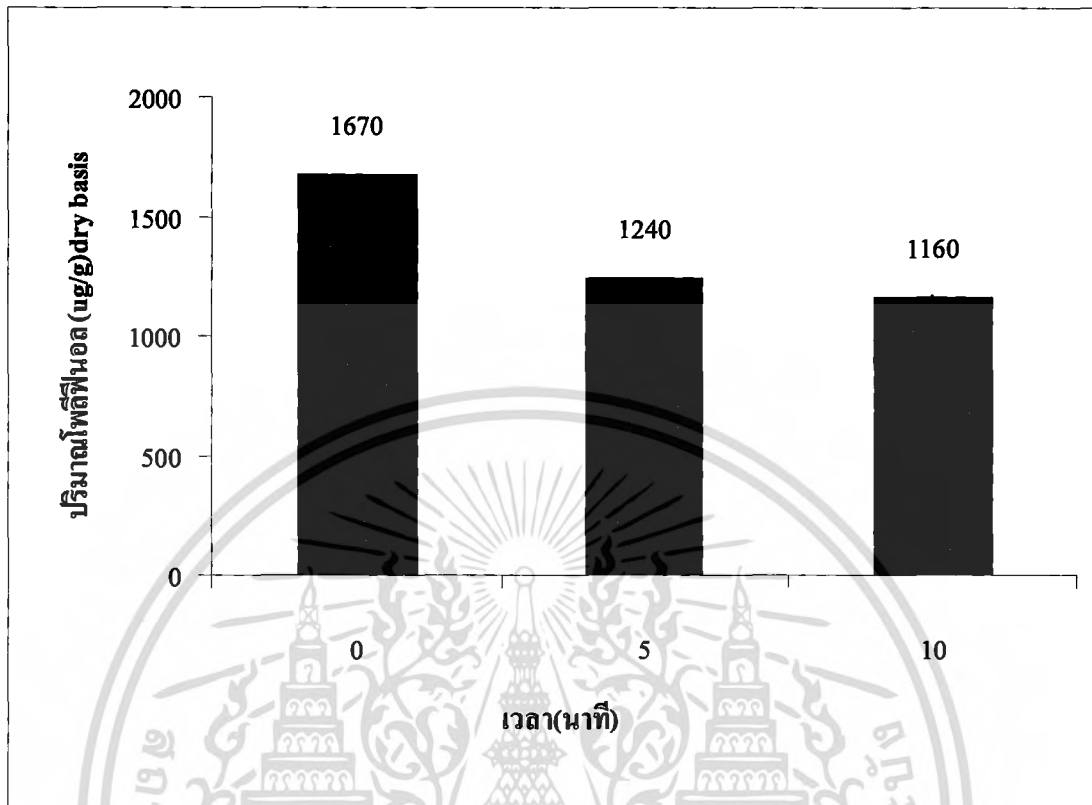
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณโพลีฟีนอลลดลง (Mehmet and Saadettin, 1996) ในขณะที่ขั้นตอนอบแห้ง มีการให้ความร้อนที่สามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบโพลีฟีนอลทำให้มีปริมาณลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ส่วนในขั้นตอนการคั่วพบปริมาณโพลีฟีนอลเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความผิดพลาดในการทดลอง เช่นเดียวกับผลการทดลองในชาสมุนไพรปู้เต่าลิ้มไม้เท้า

จากผลการทดลองพบว่าในตัวอย่างสดของอัญจาริกา มีค่า  $EC_{50}$  เท่ากับ 3100 ไมโครกรัม และจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระหว่างกระบวนการผลิต โดยเฉพาะในขั้นตอนการอบแห้งและในผลิตภัณฑ์ชา แสดงว่าสารต้านอนุมูลอิสระในชาสามารถถูกทำลายโดยความร้อนที่มีผลในการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือปฏิกิริยาอื่นๆ ที่ส่งผลให้เกิดการสลายตัวของสารต้านอนุมูลอิสระอย่างรวดเร็ว ทำให้ค่า  $EC_{50}$  สูงขึ้น 14 เท่าจากในตัวอย่างสด และในขั้นตอนการคั่วพบการลดของค่า  $EC_{50}$  แสดงให้เห็นว่า ชามีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้นที่อาจเนื่องมาจาก intermediates ของปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ อย่างไรก็ตามพบว่าในผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพร มีค่า  $EC_{50}$  สูงขึ้น 35 เท่าจากในตัวอย่างสด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก intermediates ที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเป็นสารประกอบที่ไม่เสถียร และเปลี่ยนแปลงไปเป็นสารประกอบอื่นที่มีความเสถียร แต่ไม่แสดงสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระทำให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระลดลง

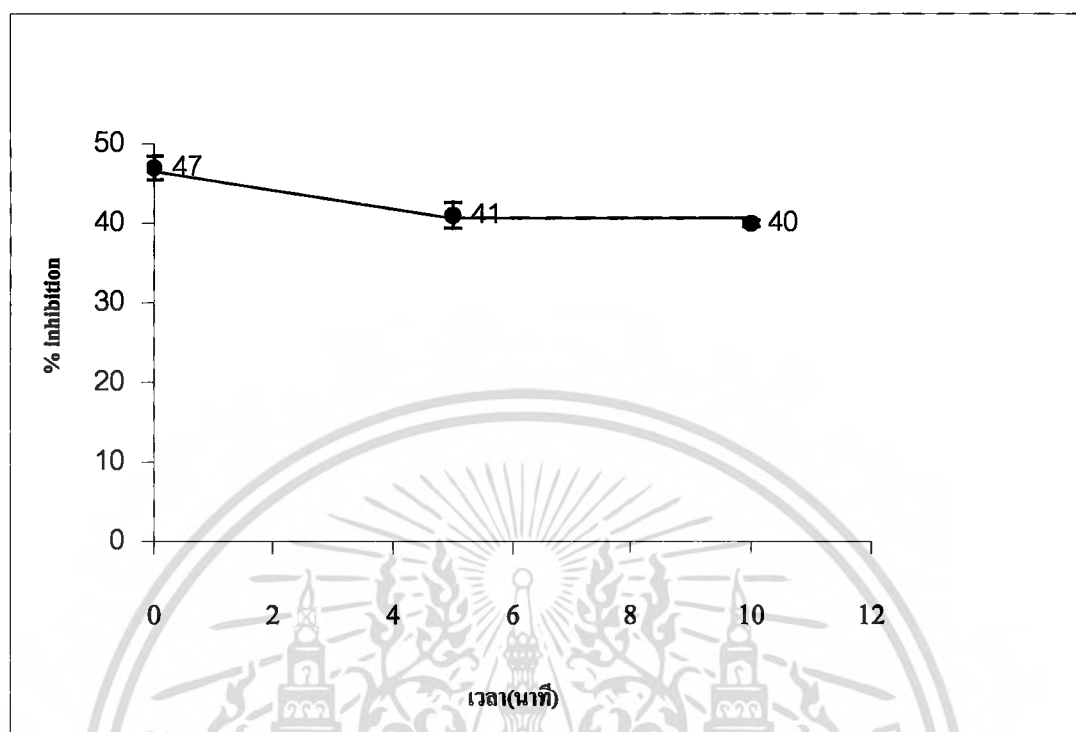
#### 4.1.6 การเปลี่ยนแปลงในขั้นตอนการนวดชาอัญจาริกา

เมื่อนำส่วนของต้นและรากของอัญจาริกามาขนาดที่ระยะเวลาต่างๆ คือ 0 , 10 และ 15 นาที ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ โพลีฟีนอลกับระยะเวลาการนวดสามารถแสดงในภาพที่ 5 จากผลการทดลอง พบว่า เมื่อเพิ่มเวลาในการนวดจาก 0 นาที เป็น 15 นาที ปริมาณโพลีฟีนอลมีแนวโน้มลดลงมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่า การนวดมีผลต่อการสูญเสียสารประกอบโพลีฟีนอลจากปฏิกิริยาทางเคมีและชีวเคมี ซึ่งให้ผลการทดลองไม่สอดคล้องกับการวิเคราะห์ในขั้นตอนการผลิต ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจาก ตัวอย่างที่ใช้ไม่สด ทำให้ผนังเซลล์อ่อนตัวลง และเมื่อทำการนวดทำให้เกิดการทำลายผนังเซลล์ของพืชมากกว่าในตัวอย่างที่มีความสด จึงทำให้เกิดการปลดปล่อยเอนไซม์ออกจากเซลล์และเกิดปฏิกิริยาที่ส่งผลถึงการเปลี่ยนแปลงปริมาณโพลีฟีนอลอย่างมีนัยสำคัญ หรือ อาจเนื่องมาจากความผิดพลาดในการวิเคราะห์



ภาพที่ 8 แสดงปริมาณฟิโธลของอัญจาริกาที่ผ่านการนวดที่ระยะเวลาต่างๆ

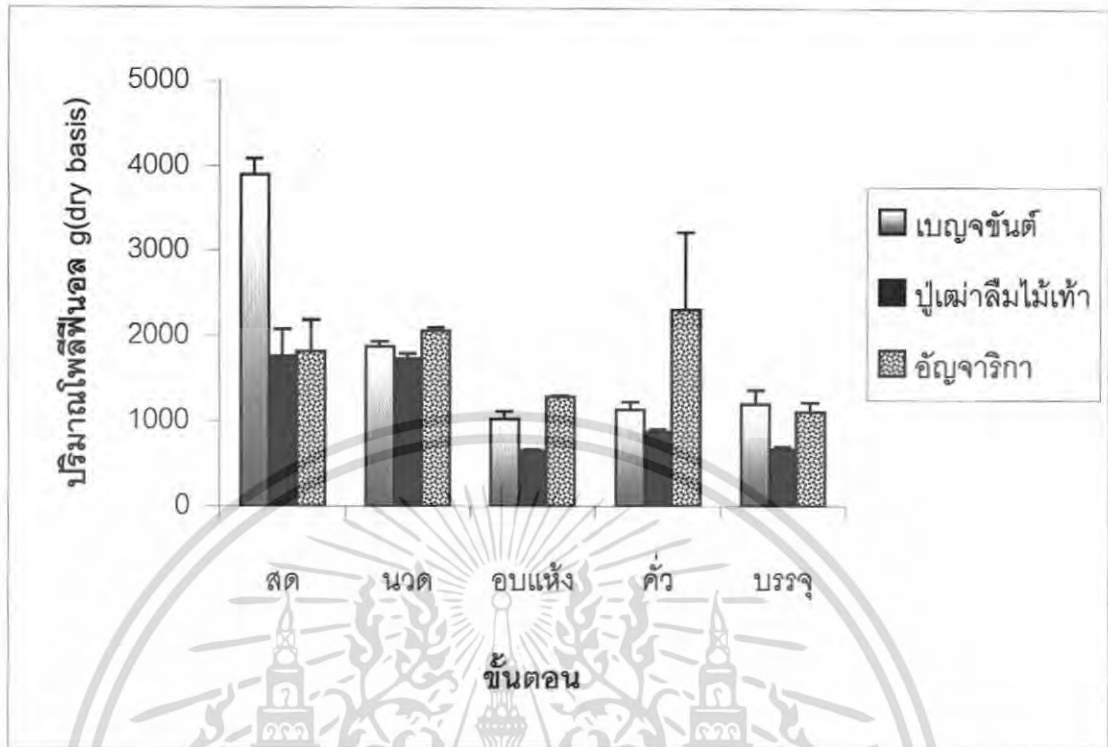
จากผลการทดลอง พบว่า ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระของอัญจาริกามีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มเวลาในการนวดจาก 0 นาที เป็น 15 นาที (ดังภาพที่ 6) แสดงว่าในขั้นตอนการนวด อัญจาริกามีปฏิกิริยาทั้งทางเคมีและชีวเคมีที่ส่งผลให้เกิดการสูญเสียสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระของสารประกอบต่างๆ เช่น ฟิโธล และ คาร์โรทีนอยส์ เป็นต้น



กราฟที่ 9 แสดงความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระของอัญจาริก้ากับการนวดที่ระยะเวลาต่างๆ

จากกราฟเมื่อนำความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระมาเขียนกราฟกับระยะเวลาในการหมักของอัญจาริก้า หรือ โสมตั้งกวนนวด พบว่าความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระจะมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะเวลาในการหมักเพิ่มขึ้น

เมื่อนำชาสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด มาเปรียบเทียบปริมาณโพลีฟีนอลของแต่ละชั้นตอนจะได้ปริมาณโพลีฟีนอล ดังแสดงในกราฟที่ 7

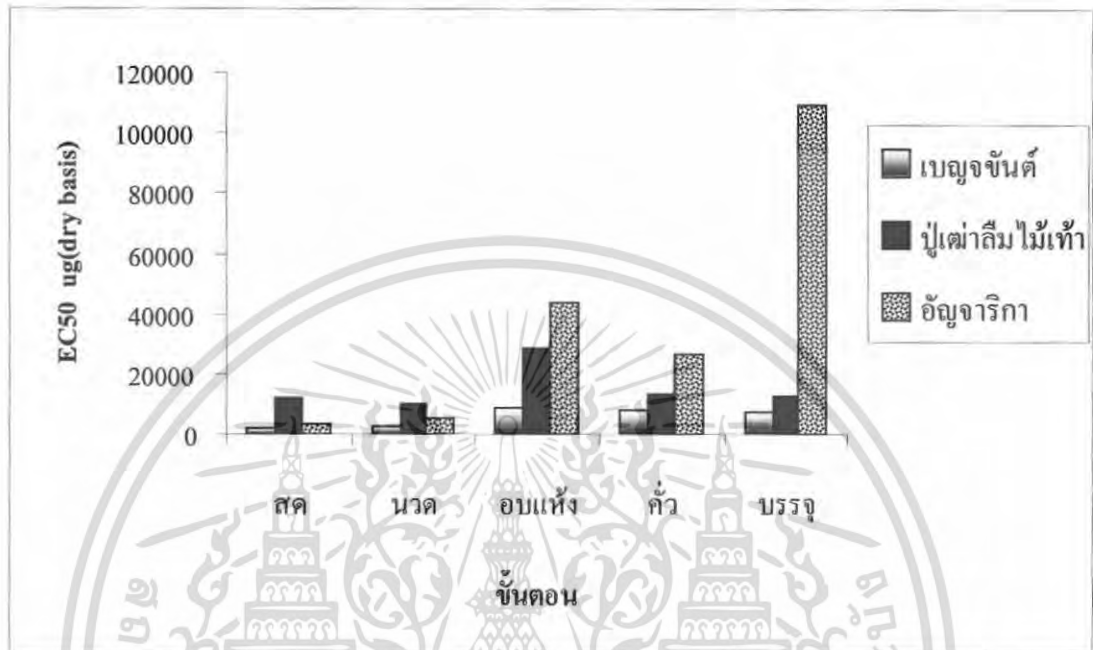


ภาพที่ 10 เปรียบเทียบปริมาณ โพลีฟีนอลของชา 3 ชนิดในแต่ละขั้นตอน

จากกราฟเมื่อนำชาสมุนไพรทั้ง 3 ชนิดในแต่ละขั้นตอนมาเปรียบเทียบพบว่าในสมุนไพรสด เบญจขันธ์มีปริมาณโพลีฟีนอลสูงสุดคือเท่ากับ  $(3897 \pm 191$  ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักชาสมุนไพรแห้ง) รองลงมา ได้แก่ อัญจาริกา  $(1814 \pm 365$  ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักชาสมุนไพรแห้ง) และ ปู่เต่าทั้งไม้เท้า  $(1757 \pm 320$  ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักชาสมุนไพรแห้ง) ตามลำดับ ปริมาณโพลีฟีนอลของชาสมุนไพรมีแนวโน้มลดลงในแต่ละกระบวนการผลิตในชาทั้ง 3 ชนิด โดยเฉพาะในขั้นตอนการนวดและการอบแห้งมีการลดของปริมาณโพลีฟีนอลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และพบว่าในผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรเบญจขันธ์ มีปริมาณโพลีฟีนอลมากที่สุด รองลงมา ได้แก่ อัญจาริกา และ ปู่เต่าทั้งไม้เท้า คือมีปริมาณโพลีฟีนอล เท่ากับ  $1190 \pm 170$ ,  $1103 \pm 110$  และ  $666 \pm 35$  ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักชาสมุนไพรแห้ง ตามลำดับ และในกระบวนการผลิตชาสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด พบว่าเบญจขันธ์มีการลดจำนวนของปริมาณโพลีฟีนอลสูงที่สุดคือ เท่ากับ 69.5 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ ในชาปู่เต่าทั้งไม้เท้า ชาอัญจาริกา ลดลงเท่ากับ 62.1 และ 39.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขั้นตอนการนวดของใบเบญจขันธ์ พบว่ามีปริมาณโพลีฟีนอลลดลงมากกว่ากระบวนการอื่น ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากลักษณะมีลักษณะที่บางกว่าชาสมุนไพรชนิดอื่นๆ ทำให้การนวดสามารถทำลายผนังเซลล์ได้ดีกว่า และทำให้เกิดการปลดปล่อยเอมไซม์ต่างๆ ออกจากเซลล์จึงเกิดปฏิกิริยาที่ส่งผลถึงการเปลี่ยนแปลงปริมาณโพลีฟีนอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำค่า  $EC_{50}$  ของชาสมุนไพรทั้ง 3 ชนิดมาแต่ละชั้นตอนมาเขียนกราฟเปรียบเทียบ แสดงในกราฟที่ 8



กราฟที่ 11 เปรียบเทียบค่า  $EC_{50}$  ของชาสมุนไพรทั้ง 3 ชนิดมาในแต่ละชั้นตอน

จากกราฟที่ 11 พบว่าปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ ในค่า  $EC_{50}$  ของสมุนไพรสด เบญจจันต์มีค่าต่ำสุด (7592 ไมโครกรัม) รองลงมาได้แก่ ปู่เต่าลิมไม้เท้า (12870 ไมโครกรัม) และ อัญจาริกา (109700 ไมโครกรัม) ตามลำดับ และจากผลการทดลอง พบว่า ในชาทั้ง 3 ชนิด ในชั้นตอนอบแห้งมีผลต่อการลดปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ แต่มีการเพิ่มปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในชั้นตอนการคั่วอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งในชั้นตอนอบแห้ง มีการทำลายสารต้านอนุมูลอิสระในชาโดยขบวนการทางชีวเคมีและเคมี ที่มีความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และการเพิ่มปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในชั้นตอนการคั่ว อาจเนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลหรือปฏิกิริยาเมลลาร์ด ที่ทำให้เกิด intermediates ต่างๆ ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ(ปาริฉัตต์, 2546) และในผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป พบว่า ชาเบญจจันต์มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูงสุด รองลงมาได้แก่ ปู่เต่าลิมไม้เท้า และอัญจาริกา โดยมีค่า  $EC_{50}$  เท่ากับ 7592, 12870 และ 109700 ไมโครกรัมตามลำดับ

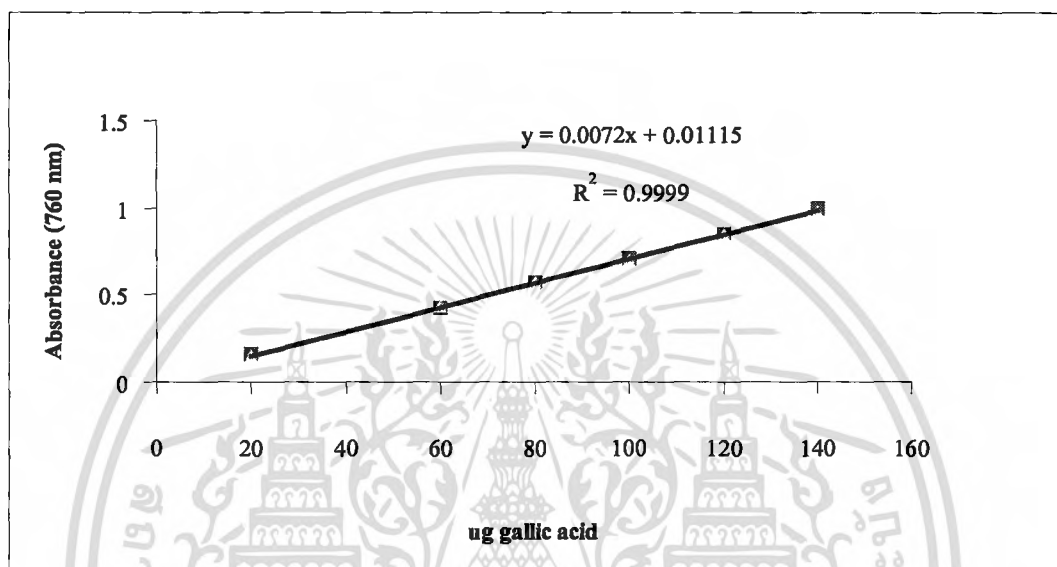
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

- วริฏฐา วีระจริยะ และ สุพัตรา มหาสุวรรณ. 2546. การศึกษาปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์ในชา. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร. โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ : หน้า 10-21
- ปาริฉัตรกั ใจจักรคำ. ผลกระทบจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ. รายงานวิชาอาหารเสริมสุขภาพและโภชนเภสัช. สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร. โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ : หน้า 8-17
- สุธรรม อารีกุล. 2547. รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการองค์ความรู้เรื่องพืชป่าที่ชาวเขาได้ใช้ประโยชน์ทางภาคเหนือของไทย. โครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย
- Brand-Williams W., Cuelier M. and Berset M. E. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm.-Wiss. U. Technol.* 28: 25-30.
- Bravo, L. 1998. Polyphenols: Chemistry, Dietary Sources, Metabolism and Nutritional Significance. *Nutr. Rev.* 56(11): 317-333.
- Obanda M., Owuor P. O. and Mang'oka R. 2001. Changes in the chemical and sensory quality parameters of black tea due to variations of fermentation time and temperature. *Food Chemistry* 75; 395-404.
- Tufekci M. and Guner S. 1996. The determination of optimum fermentation time in Turkish black tea manufacture. *Food Chem.* 60(1); 53-56.
- Ravichandran R. and Parthiban R. 1997. The impact of processing techniques on tea volatiles. *Food Chem.* 62(3); 347-353.
- Yilddirin A., Mavi A. and Kara A.A. 2001 . Determination of Antioxidant and Antimicrobial of *Rumex Crispus* L. Extract. *J. Agric. Food Chem.* 49: 4083-4089
- ชา [ออนไลน์]. ค้นหาค้นหาได้จากที่มา : [www.doa.go.th/data-agri/02\\_LOCAL/oard1/tea/main.html](http://www.doa.go.th/data-agri/02_LOCAL/oard1/tea/main.html)
- สารต้านอนุมูลอิสระ. [ออนไลน์]. ค้นหาค้นหาได้จาก: [www.thaiclinc.com/antioxidant.html](http://www.thaiclinc.com/antioxidant.html)
- Camellia. [ออนไลน์]. ค้นหาค้นหาได้จาก: [www.ipst.ac.th/ThaiVersion/publication/in\\_sci/tea.htm](http://www.ipst.ac.th/ThaiVersion/publication/in_sci/tea.htm)

## ภาคผนวก ก

## การคำนวณหาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลในชาสมุนไพร



จากสมการกราฟสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก  $Y = 0.0072x + 0.01115$  โดยมีค่า  $R^2 = 0.9999$  สามารถคำนวณหาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในสารสกัดชาสมุนไพรได้ จากสมการ

$$\text{ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (}\mu\text{g/g wet basis)} = \frac{2 \times \text{Total dilution factor} \times A}{m \times \text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

หมายเหตุ  $m$  หมายถึง ค่าความชันของกราฟสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก (มีค่าเท่ากับ 0.0072)

$A$  หมายถึง ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดชาสมุนไพร

จากนั้น นำมาคำนวณปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างชาสมุนไพร ดังสมการ

$$\text{ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด} = \frac{\mu\text{g/g wet basis}}{1 - (\%M.C./100)}$$

หมายเหตุ %M.C หมายถึง เปอร์เซ็นต์ความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ข

## การคำนวณหา % inhibition นวดต่างระดับเวลา

ตัวอย่างการคำนวณ

เบี่ยงเบนค่า หรือ เจียวกู่หลาน นวดเกลือระดับเวลาที่ 10 นาที ครั้งที่ 1 ค่าBlank=1.526

ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง = 1.062

สูตรการคำนวณหา % inhibition =  $[ 1 - ( \frac{A_s}{A_b} ) ] \times 100$

% inhibition ที่ระดับการนวดเกลือ 10 นาที

$$= [ 1 - ( \frac{1.062}{1.526} ) ] \times 100$$

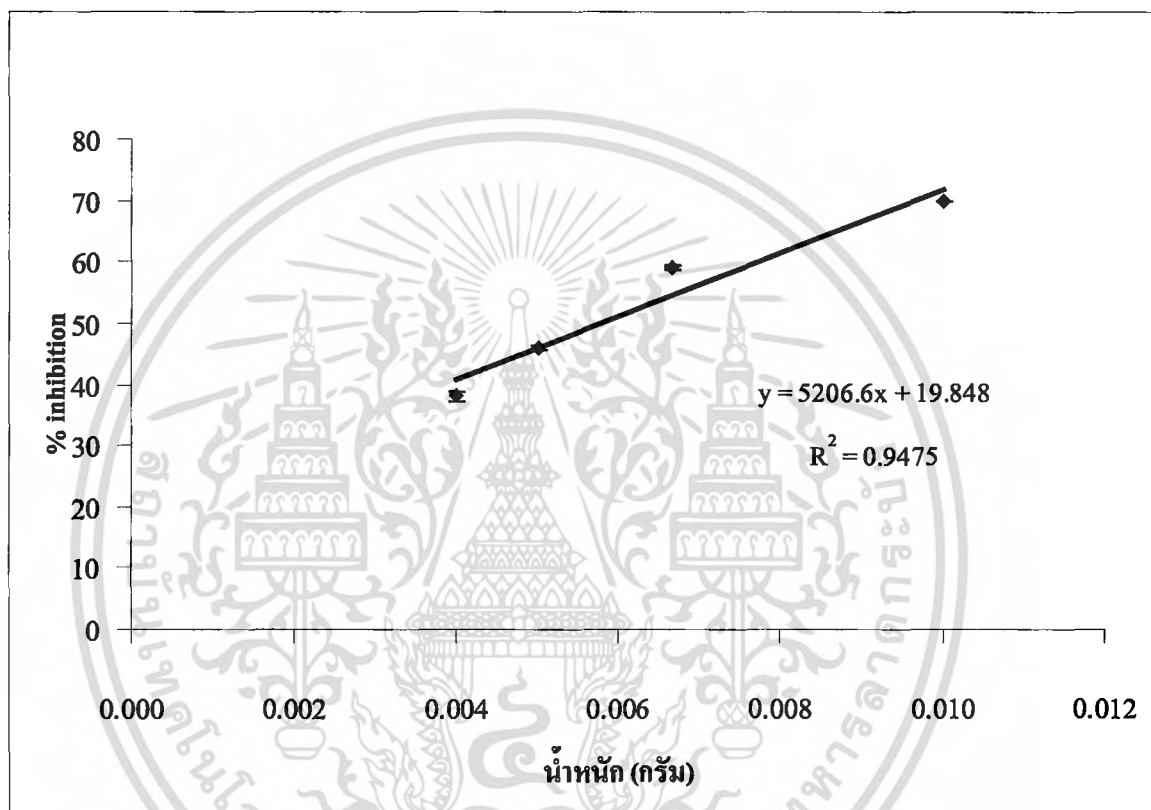
$$= 30.406 \%$$

หมายเหตุ As หมายถึง ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง

Ab หมายถึง ค่าการดูดกลืนแสงของBlank

## ภาคผนวก ก

## การวิเคราะห์ปริมาณความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ

ตัวอย่างกราฟค่า  $EC_{50}$  ของเบญจขันธ์ หรือ เจียวกู่หลาน สดวิธีการหาค่า  $EC_{50}$  ของเบญจขันธ์ สดจากสมการเส้นตรงของ เบญจขันธ์ สด  $Y = 5206.6x + 19.848$ 

$$50 = 5206.6x + 19.848$$

$$= 0.009603 \text{ g (wet basis)}$$

คำนวณเป็นความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระต่อน้ำหนักแห้ง

$$= \text{g (wet basis)} \times \frac{(100 - \%M.C.)}{100}$$

$$100$$

$$= 0.001791 \text{ g (dry basis)}$$

$$= 1791 \mu\text{g (dry basis)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นางสาว ซาลิตา ศิลปรัศมี เกิดเมื่อวันที่ 18 เมษายน พ.ศ. 2525 ปัจจุบันอยู่บ้านเลขที่ 628 ซ.ลาดพร้าว 87 ถ. ลาดพร้าว แขวงคลองจั่น เขตบางกะปิ กทม 10240 ปี พ.ศ. 2544 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนสตรีวิทยา 2 ปี พ.ศ.2547 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร) โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

นางสาว ลัคณ์วิวัฒน์ เมืองทองอ่อน เกิดเมื่อวันที่ 28 มีนาคม พ.ศ. 2525 ปัจจุบันอยู่บ้านเลขที่ 240/53 หมู่ 2 ต.ปากนคร อ.เมือง จ.นครศรีธรรมราช 80000 ปีพ.ศ. 2544 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนกัลยาณีศรีธรรมราช จ.นครศรีธรรมราช ปีพ.ศ. 2547 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร) โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

นางสาว ปาจารย์ ปัญญาสุ เกิดเมื่อวันที่ 14 ตุลาคม พ.ศ. 2525 ปัจจุบันอยู่บ้านเลขที่ 118 หมู่ 4 ต.บุญเรือง อ.เขียงทอง จ.เขียงราย 57140 ปีพ.ศ. 2544 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนสามัคคีวิทยาคม จ.เขียงราย ปีพ.ศ. 2547 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร) โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลอง

ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลในชาสมุนไพร 3 ชนิดที่ทำการศึกษา พบปริมาณสูงสุดในชาเบญจขันธ์ อัญจาริกา และ ปู่เต่าลี้มไม้เท้า ตามลำดับ โดยมีปริมาณเท่ากับ  $3897 \pm 191$ ,  $1814 \pm 366$  และ  $1757 \pm 320$  ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักชาสมุนไพรแห้ง ในขณะที่ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมีค่าสูงสุดในชาเบญจขันธ์ รองลงมาได้แก่ ชาปู่เต่าลี้มไม้เท้า และอัญจาริกา ตามลำดับ

กระบวนการผลิตชาสมุนไพรมีผลต่อการลดลงของปริมาณโพลีฟีนอลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยลดลงประมาณ 35-58 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณโพลีฟีนอลในตัวอย่างสดของชาทั้ง 3 ชนิด และในขั้นตอนการอบแห้งมีการลดปริมาณโพลีฟีนอลสูงสุด ส่วนความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญตลอดกระบวนการผลิต โดยพบว่า มีปริมาณลดลง 35.4 เท่าในชาอัญจาริกา ส่วนในชาเบญจขันธ์ และชาปู่เต่าลี้มไม้เท้ามีการลดลง 4.2 และ 1.1 เท่าตามลำดับ นอกจากนี้ในขั้นตอนการคั่วจะพบการเพิ่มขึ้นของสารต้านอนุมูลอิสระในชาทั้ง 3 ชนิด อันเนื่องมาจาก intermediates ของปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล

ขั้นตอนการนวด พบแนวโน้มการลดลงของสารประกอบโพลีฟีนอลและสารต้านอนุมูลอิสระในชาสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด ที่ระยะเวลาต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ปริมาณโพลีฟีนอลในอัญจาริกา และ สารต้านอนุมูลอิสระในเบญจขันธ์