คุณสมบัติการยับยั้งจุลินทรีย์และคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของชาสมุนไพรไทย

นางสาวกัลย์กมล แก้วกัน

นางสาวพรธนา ชนะปราชญ์

นายสุปริญญา เกตุฉันท์

โครงงานพิเศษเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Antimicrobial and Antioxidant Properties of Thai herbal teas

Miss Kankamon Kaewkan

Miss Porntana Chanapart

Mr. Suprinya Ketchan

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment for the Degree of Bachelor of Science

Department of Applied Biology

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Academic Year 2004

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษเรื่อง	**คุณสมบัติการยับยั้งจุลินทรีย์และคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของชาสมุนไพรไทย**	
นักศึกษา	**นางสาวกัลย์กมล**	**แก้วกัน**
	นางสาวพรธนา	**ชนะปราชญ์**
	นายสุปริญญา	**เกตุฉันท์**
ภาควิชา	**ชีววิทยาประยุกต์**	
สาขาวิชา	**จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม**	
ปีการศึกษา	2547	
อาจารย์ที่ปรึกษา	**ผศ.ดร. สุรีย์ นานาสมบัติ**	

ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการตรวจสอบ		ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ	รศ.ดร. นวลพรรณ ณ ระนอง	.....
กรรมการ	ผศ.ดร. สุรีย์ นานาสมบัติ	.....
กรรมการ	ผศ. ลินจง สุขลำภู	.....

.....

(รศ.ดร. นวลพรรณ ณ ระนอง)

หัวหน้าภาควิชา

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษเรื่อง	คุณสมบัติการยับยั้งจุลินทรีย์และคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของชาสมุนไพรไทย	
นักศึกษา	นางสาวกัลย์กมล	แก้วกัน
	นางสาวพรธนา	ชนะปราชญ์
	นายสุปริญญา	เกตุฉันท์
ภาควิชา	ชีววิทยาประยุกต์	
สาขาวิชา	จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม	
ปีการศึกษา	2547	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.สุรีย์ นานาสมบัติ	

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้ได้ทำการสกัดชาสมุนไพรไทยทั้งหมด 8 ชนิด ได้แก่ ชาจีน (*Camella sinensis*) ใบเตย (*Pandanus amaryllifolius* Roxb) ใบน้อยหน่า (*Annona squamosa* Linn) ใบบัวบก (*Centella asiatica* Linn. Urban) ใบพลู (*Piper betle* Linn.) ใบหม่อน (*Morus alba*) ใบมะยม (*Phyllanthus acidus* Skeels) และผลมะตูม (*Angle marmelos* Correa) ด้วยเอทานอล นำสารสกัดหยาบจากชาสมุนไพรไทยเหล่านี้มาศึกษาฤทธิ์ต้านแบคทีเรียทั้งหมด 9 ชนิดและยีสต์ทั้งหมด 6 ชนิด โดยใช้เทคนิค Agar diffusion เพื่อการคัดเลือกสารสกัดชนิดที่มีการยับยั้งจุลินทรีย์ในขั้นแรก ในบรรดาสารสกัดเหล่านี้สารสกัดจากชาสมุนไพรไทย 5 ชนิด ได้แก่ ชาจีน ใบเตย ใบบัวบก ใบพลู และผลมะตูม มีฤทธิ์ในการยับยั้งจุลินทรีย์ได้ดีจึงได้คัดเลือกมาหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งจุลินทรีย์ (ค่า MIC) ด้วยเทคนิค Microbroth dilution สารสกัดจากชาจีนและผลมะตูมมีฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ได้สูงที่สุด รองลงมาเป็นใบพลู ใบเตย ใบบัวบก ใบหม่อน ใบน้อยหน่าและใบมะยม แบคทีเรียก่อโรคชนิดที่ไวต่อการยับยั้งด้วยสารสกัดจากชาจีนและผลมะตูมมากที่สุดได้แก่ *B. cereus*, *E. coli* และ *S. aureus* (ค่า MIC 10.4-41.7 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) และแบคทีเรียที่ทำให้อาหารเสียที่ไวต่อการยับยั้งโดยสารสกัดทั้ง 2 ชนิดนี้ได้ดีที่สุดคือ *L. mesenteroides* (ค่า MIC 10.4-20.8 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) สำหรับยีสต์ที่ไวต่อสารสกัดจากชาจีนมากที่สุดได้แก่ *H. uvarum* และ *R.glutinis* (ค่า MIC 41.7 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) ส่วนยีสต์ที่ไวต่อสารสกัดจากผลมะตูมที่สุดคือ *C. lipolytica* และ *P. membranaefaciens* (ค่า MIC 83.3 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการศึกษาถึงกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากชาสมุนไพรไทย 8 ชนิด พบว่าสารสกัดจากใบบัวบกมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด รองลงมาเป็นสารสกัดจากใบน้อยหน่า ผลมะตูม ใบพลู ชาจีน ใบมะยม ใบหม่อนและใบเตย ค่า EC_{50} ของสารสกัดจากชาสมุนไพรทั้ง 8 ชนิด อยู่ในช่วง 114.36-1585.45 ไมโครกรัมของสารสกัดต่อมิลลิกรัมของ DPPH ในขณะที่การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลของสารสกัดจากชาสมุนไพรไทย 8 ชนิด พบว่าชาจีนมีปริมาณสารประกอบฟีนอลสูงที่สุด รองลงมาคือ ใบพลู ใบน้อยหน่า ผลมะตูม ใบบัวบก ใบหม่อน ใบมะยมและใบเตย ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดจากชาสมุนไพรไทย 8 ชนิด อยู่ในช่วง 2.55-335.88 ไมโครกรัมของกรดแกลลิกต่อมิลลิกรัมของสารสกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Antimicrobial and Antioxidant Properties of Thai herbal teas	
Name	Miss Kankamon	Kaewkan
	Miss Porntana	Chanapart
	Mr. Suprinya	Ketchan
Department of	Applied Biology	
Program	Microbiology	
Academic Year	2004	
Special Project Advisor	Assist. Prof. Dr. Suree Nanasombat	

Abstract

In this study, eight species of Thai herbal teas, including *Camella sinensis*, *Pandanus amaryllifolius* Roxb, *Annona aquamosa* Linn., *Centella asiatica* Linn. Urban, *Piper betle* Linn., *Morus alba*, *Phyllanthus acidus* Skeels and *Angle marmelos* Correa were extracted using ethanol as a solvent. Crude ethanolic extracts of these Thai herbal teas were tested for their antimicrobial activity against 9 species of bacteria and 6 species of yeasts using agar diffusion method as preliminary screening. Of these, five ethanolic extracts, including *Camella sinensis*, *Pandanus amaryllifolius* Roxb, *Centella asiatica* Linn. Urban, *Piper betle* Linn. and *Angle marmelos* Correa showed great antimicrobial effect on microbial strains tested, and were selected to determine the minimum inhibitory concentration (MIC) using microbroth dilution test. Crude ethanolic extracts of *Camella sinensis* and *Angle marmelos* Correa showed the highest antimicrobial activity, followed by *Piper betle* Linn., *Pandanus amaryllifolius* Roxb, *Centella asiatica* Linn. Urban, *Morus alba*, *Annona aquamosa* Linn. and *Phyllanthus acidus* Skeels. The most susceptible pathogenic bacteria to *Camella sinensis* and *Angle marmelos* Correa extracts were *B. cereus*, *E. coli*, *S. aureus* (the MIC of 10.4-41.7 mg/ml). The most sensitive food spoilage bacteria to those extracts was *L. mesenteroides* (the MIC of 10.4-20.8 mg/ml). The most vulnerable yeast to *Camella sinensis* extracts were *H. uvarum* and *R.glutinis* (the MIC of 41.7 mg/ml), while *C. lipolytica* and *P. membranaefaciens* were the most sensitive yeast strains to *Angle marmelos* Correa. (The MIC of 83.3 mg/ml)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Antioxidant activity of 8 Thai herbal tea extracts was studied. *Centella asiatica* Linn. Urban had the highest antioxidant activity, followed by *Annona aquamosa* Linn., *Angle marmelos* Correa, *Piper betle* Linn., *Camella sinensis*, *Phyllanthus acidus* Skeels, *Morus alba* and *Pandanus amaryllifolius* Roxb. The EC_{50} values of 8 Thai herbal tea extracts were in the range of 114.36-1585.45 µg extract/mg DPPH. Total phenolic contents of those extracts were also analyzed. *Camella sinensis* had the highest phenolic content, followed by *Piper betle* Linn., *Annona aquamosa* Linn., *Angle marmelos* Correa, *Centella asiatica* Linn., *Morus alba*, *Phyllanthus acidus* Skeels and *Pandanus amaryllifolius* Roxb. The total phenolic content of crude ethanolic extracts was in the range of 2.55-335.88 µg gallic acid/ mg extract.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร. สุรีย์ นานาสมบัติ ผศ. ลินจง สุขลำภู และ ผศ.ดร. นวลพรรณ ณ ระนอง อาจารย์ผู้ให้คำปรึกษาชี้แนะแนวทางรวมทั้งการแก้ปัญหาและเอาใจใส่คณะผู้จัดทำมาโดยตลอดการดำเนินงานโครงงานพิเศษ

ขอขอบคุณอาจารย์ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ที่ให้ความกรุณาช่วยถ่ายทอดความรู้ ประสบการณ์ต่างๆ ทั้งในและนอกวิชาเรียนแก่ลูกศิษย์ รวมทั้งคุณพยอม เกียรติกำจร และคุณอนิทัต ทองจันทร์ นักวิทยาศาสตร์ที่ให้คำปรึกษาและอำนวยความสะดวกในด้านเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง รวมทั้งขอขอบคุณคุณดุสิต ลิขิตสุภิณ ที่เอื้อเฟื้อพืชสมุนไพรในการทดลองมาโดยตลอด รวมทั้งขอบคุณเพื่อนๆทุกคนที่เป็นกำลังใจให้กันเสมอมา

ท้ายสุดนี้ขอขอบพระคุณคุณพ่อคุณแม่ของคณะผู้จัดทำที่ให้การสนับสนุนอย่างเต็มที่ทั้งกำลังกาย กำลังใจ และกำลังทรัพย์มาโดยตลอด

นางสาวกัลย์กมล แก้วกัน
นางสาวพรธนา ชนะปราชญ์
นายสุปริญญา เกตุฉันท์

มีนาคม 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของโครงงานพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของโครงงานพิเศษ	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	4
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	33
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	38
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	49
เอกสารอ้างอิง	50
ภาคผนวก ก	56
ภาคผนวก ข	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ตัวอย่างสมุนไพรต้านจุลินทรีย์	12
2	วิธีการต่างๆที่ใช้ในการตรวจสอบความสามารถของสารแอนติออกซิแดนท์ในการยับยั้งอนุมูลอิสระ	23
3	ประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์จากเครื่องเทศและสมุนไพร	24
4	สารสำคัญในน้ำมันหอมระเหยที่มีผลต่อการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์	24
5	ฤทธิ์ในการต้านการเจริญของจุลินทรีย์ชนิดต่างๆในพืชเครื่องเทศและสมุนไพร	25
6	คุณค่าทางอาหารของน้อยหน่าในส่วนที่กินได้ปริมาณ 100 กรัม	26
7	คุณสมบัติการยับยั้งจุลินทรีย์ของสารสกัดหยาบจากชาสมุนไพรไทยด้วยเทคนิค agar diffusion	43
8	ค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งจุลินทรีย์ของสารสกัดจากชาสมุนไพรไทย	44
9	คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของชาสมุนไพรไทย	48
10	ปริมาณสารประกอบฟีนอลในชาสมุนไพรไทย	48
11	คุณสมบัติการยับยั้งจุลินทรีย์ของสารสกัดหยาบจากชาสมุนไพรไทยด้วยเทคนิค agar diffusion ครั้งที่ 1	56
12	คุณสมบัติการยับยั้งจุลินทรีย์ของสารสกัดหยาบจากชาสมุนไพรไทยด้วยเทคนิค agar diffusion ครั้งที่ 2	57
13	คุณสมบัติการยับยั้งจุลินทรีย์ของสารสกัดหยาบจากชาสมุนไพรไทยด้วยเทคนิค agar diffusion ครั้งที่ 3	58
14	ค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งจุลินททรีย์ของสารสกัดจากชาสมุนไพรไทย	59
15	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร ของสารละลาย DPPH ที่ความเข้มข้นต่างๆ	62
16	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร ของสารสกัดจากชาสมุนไพรไทย	64
17	ค่า EC_{50} ของสารสกัดจากชาสมุนไพรไทย	98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
18	ค่า AE ของสารสกัดจากชาสมุนไพรไทย	98
19	ปริมาณสารฟีนอลิกในสารสกัดจากชาสมุนไพรไทย	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	สูตรโครงสร้างขององค์ประกอบบางชนิดในน้ำมันหอมระเหย	7
2	สูตรโครงสร้างของแอลคาลอยด์บางชนิด	7
3	โครงสร้างของไกลโคไซด์ในพืชที่มีผลต่อการทำงานของหัวใจ	8
4	โครงสร้างแอนทราควิโนนในพืช	9
5	โครงสร้างของแอลดีไฮด์ไกลโคไซด์และแล็กโทนไกลโคไซด์	9
6	โครงสร้างของสารประเภทแทนนิน	10
7	สูตรโครงสร้างของสารต้านจุลินทรีย์บางชนิดจากพืชชั้นสูง	11
8	สูตรโครงสร้างของสารต้านเชื้อราบางชนิด	13
9	สูตรโครงสร้างของ Cryotopleurine และ Julandine	13
10	ตัวอย่างสารแอนติออกซิแดนท์กลุ่ม Tocopherols และ Tocotrienols	16
11	การเกิดพันธะไฮโดรเจนภายในโมเลกุลของฟีนอลที่มีหมู่ OH แทนที่ตำแหน่งออร์โท	16
12	ตัวอย่างโมเลกุลของสารประกอบฟีนอลที่มีหมู่แทนที่ต่างกัน	17
13	การจับ LOO ของไขมันโดยแคโรทีนอยด์	17
14	โครงสร้างพื้นฐานการกำหนดตำแหน่งและบริเวณที่แสดงคุณสมบัติแอนติออกซิแดนท์ของสารกลุ่มฟลาโวนอยด์แบบต่างๆ	18
15	การเตรียมสารสกัดหยาบของสมุนไพร	60
16	การเตรียมละลาย DPPH ที่ความเข้มข้นต่างๆ	61
17	การเตรียมสารละลายกรดแกลลิก	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงงานพิเศษ

เมื่อกล่าวถึงสมุนไพรประเทศไทยก็เป็นประเทศหนึ่งที่อุดมสมบูรณ์ไปด้วยพืชสมุนไพรมากมาย ซึ่งสมุนไพรประกอบด้วยสารหลายชนิดมีทั้งอินทรีย์สาร วิตามิน แร่ธาตุ เอนไซม์ และเกลือแร่ต่างๆที่จะแปรสภาพไปเป็นพลังงานเพื่อกระตุ้นและแสดงปฏิกิริยาต่อต้านการทำลายของเชื้อโรคต่างๆให้หยุดการเจริญเติบโตและเพื่อควบคุมระบบต่างๆของร่างกายให้มีพละกำลังที่จะสามารถทำงานต่อไปได้เป็นปกติ มนุษย์ได้รู้จักเอาประโยชน์ที่ได้จากการอุปโภคบริโภคสมุนไพรมาผูกพันกับชีวิตความเป็นอยู่ประจำวันมากขึ้น บางชนิดมีประโยชน์เป็นยารักษาโรค ทั้งนี้เพราะพืชบางชนิดมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ต่างๆได้ (รุ่งรัตน์, 2540)

การใช้ประโยชน์ของสมุนไพรไทยเป็นยารักษาโรคได้มีมานานแล้ว ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากสมุนไพรมีคุณสมบัติการต้านจุลินทรีย์ (Alzoreky และ Nakahara, 2002) ซึ่งการทดลองของ Alzoreky และคณะ(2002) ได้พบว่าสารสกัดจากชาเขียว *(Camella sinensis)* มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อ *S. aureus* และ *B. cereus* ได้ดีกว่าเชื้อแบคทีเรียตัวอื่นๆ ซึ่งในใบชามีสารประกอบโพลีฟีนอล (Polyphenols) ซึ่งเป็นฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ชนิดหนึ่งที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระและคุณสมบัติต้านจุลินทรีย์พวกแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคในคน สัตว์ และแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ (Sakanaka และคณะ, 2000) นอกจากนี้ Sohn และคณะ (2004) ได้ศึกษาผลการต้านเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราของสารฟลาโวนอยด์ 18 ชนิดซึ่งเป็นสารสำคัญที่พบในใบหม่อนพบว่า Papyriflavonol A, Kuraridin และ Sophoraisoflavanone A สามารถยับยั้งเชื้อราและเชื้อแบคทีเรียได้ดี และ Shoba และ Thomas (2001) ได้ศึกษาผลการต้านอาการท้องร่วงจากสมุนไพร พบว่าสารสกัดจากมะตูมด้วยเมทานอลมีประสิทธิภาพในการต้านอาการท้องร่วงได้ดี ทั้งนี้เนื่องจากในมะตูมประกอบด้วยสารแทนนิน (tannin) และสารที่มีลักษณะเป็นเมือก ส่วนในสารสกัดจากใบพลูมีสารสำคัญที่ออกฤทธิ์ในการต้านเชื้อราและแบคทีเรีย ได้แก่ Eugenol และ Hydroxychavicol (Yang และ Chou, 1997) ต่อมา Linda และคณะ (2004) ได้สกัดสาร Pandanin ซึ่งเป็นโปรตีนชนิดหนึ่งพบว่าสารนี้มีฤทธิ์ต้านไวรัสที่ติดเชื้อในคน แต่ยังไม่พบรายงานการต้านเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราจากสารสกัดจากใบเตย นอกจากสมุนไพรจะมีฤทธิ์ในการต้านจุลินทรีย์แล้ว สมุนไพรบางชนิดยังมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ เนื่องจากในสมุนไพรประกอบด้วยสารเคมีธรรมชาติที่เรียกว่า โพลีฟีนอล ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารแอนติออกซิแดนท์เข้มข้น ซึ่งสารเคมีตัวนี้จะช่วยพัฒนากระบวนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ป้องกันสารพิษในร่างกายและมีผลยับยั้งอนุมูลอิสระซึ่งมีปฏิกิริยาต่อต้านในร่างกาย ช่วยต่อต้านโรคหัวใจ เบาหวาน ความดันโลหิตสูง บิด หอบหืด โพลีฟีนอลพบกันทั่วไปในชาหลายประเภท โพลีฟีนอลเป็นฟลาโวนอยด์ชนิดหนึ่งพบมากในผักและผลไม้ซึ่งเชื่อกันว่าสารโพลีฟีนอลช่วยป้องกันโรคมะเร็งบางชนิดได้ (Hertog และ Feskens, 1993)

ในการทดลองนี้ได้นำสารสกัดจากชาสมุนไพรไทย ได้แก่ ชาจีน ใบเตย ใบน้อยหน่า ใบบัวบก ใบพลู ใบหม่อน ใบมะยม และผลมะตูมมาศึกษาฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียและยีสต์หลายชนิดที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดการเน่าเสียในอาหาร เพื่อคัดเลือกสารสกัดจากชาสมุนไพรที่มีคุณสมบัติต้านจุลินทรีย์และต้านอนุมูลอิสระได้ดี ไปประยุกต์ใช้เป็นสารถนอมอาหารจากธรรมชาติต่อไป เพื่อทดแทนการใช้สารเคมีที่เติมลงในอาหารเพื่อป้องกันการเน่าเสียของอาหารจากจุลินทรีย์และเพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงทางเคมี เช่น ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมัน นอกจากนี้ยังทำให้ทราบถึงชนิดของชาสมุนไพรที่มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระได้สูง ซึ่งเป็นแนวทางในการตัดสินใจเลือกซื้อมาชงดื่มหรือรับประทานเพื่อเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพร่างกายและป้องกันโรคภัยไข้เจ็บต่างๆ ได้เช่นกัน

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1. เพื่อศึกษาผลของสารสกัดจากชาและพืชสมุนไพรไทยสายพันธุ์ต่างๆและที่ความเข้มข้นต่างๆต่อการยับยั้งจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคและทำให้อาหารเน่าเสีย

1.2.2. เพื่อศึกษาคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระของชาสมุนไพรไทย

1.3 ขอบเขตของโครงงานพิเศษ

การทดลองโดยใช้ชาและพืชสมุนไพรไทยสายพันธุ์ต่างๆ ซึ่งสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคและทำให้อาหารเน่าเสีย จากนั้นหาความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุดของชาสมุนไพรไทยที่ได้มายับยั้งจุลินทรีย์ได้ดีที่สุด

1.4 ขั้นตอนในการดำเนินงาน

1.4.1. สกัดสารจากพืชสมุนไพรไทยที่นำมาใช้ในการทดลองโดยใช้เอทานอลเป็นตัวสกัด

1.4.2. ศึกษาฤทธิ์ในการยับยั้งจุลินทรีย์ของสารสกัดจากพืชสมุนไพรไทยโดยวิธี Agar Diffusion และหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดจากสมุนไพรไทยที่มีผลต่อการยับยั้งจุลินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.3. ศึกษาผลของการต้านการเกิดอนุมูลอิสระของสารสกัดจากชาสมุนไพรไทยโดยใช้สาร 2,2-diphenyl-1-picrylhydrzine (DPPH) และวิเคราะห์หาปริมาณสารฟีนอลทั้งหมดในสารสกัดจากชาสมุนไพรไทย

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้ทราบถึงผลของสารสกัดจากใบชาและพืชสมุนไพรไทยในการยับยั้งจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคและทำให้อาหารเน่าเสีย สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับอาหารที่มีโอกาสเสี่ยง อีกทั้งยังเป็นการประยุกต์ใช้แทนสารเคมีที่ใช้ป้องกันอาหารเน่าเสีย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 สมุนไพร

สมุนไพร (medicinal plants) ตามความหมายในพจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถานได้ให้คำจำกัดความของคำว่า สมุนไพร หมายถึง พืชที่ใช้ทำยาเป็นเครื่องยา ซึ่งหาได้ตามพื้นเมืองมิใช่เครื่องเทศ ส่วนพระราชบัญญัติยา พ.ศ. 2522 และความหมายในตำรายาไทยให้ความหมายของยาสมุนไพรแตกต่างออกไปเล็กน้อย โดยยาสมุนไพรจะหมายถึงยาที่ได้จากพฤกษชาติ สัตว์ หรือแร่ ซึ่งมิได้ผสมปรุงหรือแปรสภาพ เช่น พืชก็ยังคงสภาพเป็นส่วนราก ลำต้น ใบ ดอก หรือผลอยู่ ยังมิได้ผ่านขั้นตอนการแปรรูปใดๆทั้งสิ้น แต่ความเป็นจริงแล้วในทางการค้าสมุนไพรมักจะถูกดัดแปลงไปเป็นรูปแบบที่แตกต่างกัน อาทิเช่น ตัดแบ่งให้เป็นส่วนๆที่เล็กลงบดเป็นผงอัดเป็นแคปซูล เป็นต้น

2.1.1 การแปรสภาพและการเก็บรักษาสมุนไพร

เมื่อเก็บสมุนไพรมาแล้ว การคงสภาพของตัวยาไว้ก่อนที่จะนำมาใช้ในการบำบัดรักษาเป็นสิ่งที่มีความจำเป็น ดังนั้นหลังจากเก็บเกี่ยวพืชมาแล้วต้องมีการแปรสภาพและเก็บรักษาสมุนไพรไว้ด้วยวิธีที่เหมาะสม รวมทั้งระหว่างการรอการสั่งจำหน่ายด้วย โดยเลือกใช้วิธีการใดวิธีการหนึ่ง เช่น ผึ่งแดดให้แห้ง ผึ่งลมให้แห้งในที่ร่ม ต้มหรือนึ่งแล้วทำให้แห้งหรืออบให้แห้งด้วยตู้อบ

สมุนไพรที่มีแป้ง โปรตีน หรือเอนไซม์เป็นองค์ประกอบ เช่น ขมิ้น กระชาย ก่อนทำแห้งนิยมต้มหรือนึ่งเสียก่อน ในกรณีชิ้นส่วนมีขนาดใหญ่มากควรหั่นให้เป็นชิ้นบางพอสมควรแล้วจึงทำให้แห้ง การทำแห้งต้องคำนึงถึงการรักษาสรรพคุณของตัวยาสมุนไพรไม่ให้สลายตัวไปก่อนที่จะนำไปใช้ประโยชน์โดยการใช้อุณหภูมิที่เหมาะสมใช้เกณฑ์ดังนี้ ส่วนของดอก ใบ และทั้งต้นใช้อุณหภูมิ 20-30 องศาเซลเซียสหรือใช้การผึ่งในที่ร่ม ส่วนของราก กิ่ง เปลือก ใช้อุณหภูมิ 30-65 องศาเซลเซียส ส่วนของผลและเมล็ดใช้อุณหภูมิ 70-90 องศาเซลเซียส สมุนไพรที่มีน้ำมันหอมระเหย เช่น กะเพรา ตะไคร้หอม ใช้อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส สมุนไพรที่มีสารสำคัญเป็นแอลคาลอยด์หรือไกลโคไซด์ เช่น มะขามแขก ดองดึงส์ ใช้อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส (วันดี, 2538)

หลังจากสมุนไพรแห้งสนิทดีแล้ว (ความชื้นไม่เกิน 8 เปอร์เซ็นต์) ควรเก็บในภาชนะที่ป้องกันความชื้นและอากาศเข้าไปทำปฏิกิริยาทำให้สมุนไพรเสื่อมคุณภาพ โดยเก็บในที่แห้งเย็นและอากาศถ่ายเทได้ดี ป้องกันแมลงและสัตว์เลี้ยงทำลาย หรืออาจจะเก็บในห้องควบคุมอุณหภูมิไม่เกิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศไม่เกิน 20 เปอร์เซ็นต์จะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาคุณภาพสมุนไพรได้นานขึ้น สถานที่เก็บควรเป็นสัดส่วนป้องกันความสับสนของสมุนไพรแต่ละชนิด

2.1.2 การสกัดพืชสมุนไพร

2.1.2.2 การสกัดโดยใช้สารที่เป็นตัวทำละลาย

มีการพัฒนาวิธีการสกัดสารที่ให้ความหอมจากพืชโดยใช้สารที่เป็นตัวทำละลายในตอนกลางคริสต์ศตวรรษที่ 19 แตกต่างไปจากเอ็นฟลูเรจแบบร้อน มีการทดลองสกัดน้ำมันหอมทีละมากๆโดยนักทดลองหลายคน บุคคลหนึ่งในจำนวนนั้นคือ Garnier ซึ่งได้จดทะเบียนเครื่องสกัดต้นแบบ มีการนำไปใช้อย่างกว้างขวางในระยะแรกๆในฝรั่งเศสและต่อมามีการนำไปใช้ทั่วโลกแทนที่วิธีการสกัดแบบเอ็นฟลูเรจ (พีรศักดิ์ และคณะ, 2544)

หลักการพื้นฐานของการสกัดโดยใช้สารที่เป็นตัวทำละลายไม่ซับซ้อน นำชิ้นส่วนสดของพืชที่จะสกัดเช่นดอกหรือใบที่หั่นเป็นชิ้นขนาดเล็ก ใส่ในหม้อที่ใช้สกัด เติมสารระเหยบริสุทธิ์อย่างระมัดระวังด้านบนของหม้อให้ซึมซับไปทั่วทุกส่วนของพืชและสารละลายที่ให้ความหอมออกมา รวมทั้งอัลบูมินและสารสีต่างๆ หลังจากนั้นนำสารละลายที่ได้ไประเหยโดยการกลั่นที่อุณหภูมิต่ำภายใต้ความดันบางส่วน ส่วนที่เหลืออยู่เรียกว่าคอนกรีต (concrete) นำไปล้างด้วยแอลกอออล์หลายครั้งเพื่อล้างเอาส่วนที่เป็นไขและสารเจือปนอื่นออก ส่วนที่ได้เรียกว่าแอบโซลูท (absolute) วิธีการสกัดดังกล่าวนี้ทำซ้ำกันหลายครั้งจนกว่าสารสกัดให้ความหอมออกมาได้หมด ในกรณีของเครื่องเทศใช้วิธีการคล้ายๆกัน สารสกัดที่ได้มีสารหอม ไข เรซินและสารสีรวมกันเรียกว่าโอลีโอเรซิน (oleoresins) สารที่นำมาใช้เป็นตัวทำละลายต้องมีการคัดเลือกอย่างระมัดระวัง ควรเป็นสารที่ละลายสารที่มีกลิ่นหอมอย่างรวดเร็วและละลายสารเจือปนเช่น ไข สารสี และอัลบูมินออกมาน้อยที่สุด ต้องไม่ดูดซับน้ำเพราะว่ายากแก่การเอาออกจากส่วนที่สกัดได้ สารที่มีคุณสมบัติเป็นตัวทำละลายที่นิยมใช้ได้แก่ ปิโตรเลียมอีเทอร์ เบนซีน และแอลกอฮอล์ การสกัดเครื่องเทศนิยมใช้เฮกเซนและไดคลอโรมีเทน (dichloromethane) สารที่เป็นตัวทำละลายที่ได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้นในปัจจุบันได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์เหลวหรือที่อยู่ในรูป Supercritical form การสกัดโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์เสียค่าใช้จ่ายสูงแต่มีข้อดีหลายประการเมื่อเทียบกับการใช้สารที่เป็นตัวทำละลายอย่างอื่น โดยเป็นสารที่ไม่มีกลิ่น ไม่มีรสและไม่เป็นพิษ รวมทั้งไม่ติดไฟ มีความหนืดต่ำ ทำให้แทรกซึมไปในส่วนของพืชได้ดีและการมีอุณหภูมิเดือดต่ำทำให้แยกออกมาภายหลังได้ง่าย ในการสกัดโดยคาร์บอนไดออกไซด์สามารถควบคุมการเลือกละลายโดยการควบคุมอุณหภูมิและความดัน

โดยทั่วไปแล้วการสกัดโดยใช้สารที่เป็นตัวทำละลายจัดว่าเสียค่าใช้จ่ายสูงเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำสกัดโดยการต้มด้วยน้ำหรือการสกัดด้วยไอน้ำ ไม่เหมาะสำหรับนำมาปรับใช้ในการสกัดขนาดเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช

แบบง่ายๆ แต่เหมาะสำหรับโรงงานขนาดใหญ่ สารที่เป็นตัวทำละลายหลายชนิดติดไฟได้ง่ายและเสียค่าใช้จ่ายสูงในการทำให้บริสุทธิ์และควรใช้ความระมัดระวังในการนำกลับมาใช้ใหม่เพื่อป้องกันการเกิดมลภาวะ น้ำมันหอมที่สกัดจากดอกโดยปกติมีสีเข้มกว่าและละลายในแอลกอฮอล์ได้ยากกว่าการกลั่น ข้อดีของการสกัดด้วยสารที่เป็นตัวทำละลายได้แก่มีความเที่ยงตรงในแต่ละขั้นตอนและ โดยทั่วไปคอนกรีตและแอบโซลูทที่ได้ใกล้เคียงกับกลิ่นหอมที่แท้จริงของพืช (Arnaudo, 1991; Schügerl, 1994)

2.1.3 ตัวยาสำคัญในพืชสมุนไพร

สรรพคุณของพืชสมุนไพรขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณสารสำคัญซึ่งเป็นสารประกอบเคมีที่มีอยู่ในพืช โดยปริมาณสารจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับพันธุ์พืช สิ่งแวดล้อมที่ปลูกตลอดจนช่วงเวลาที่เก็บเกี่ยวสมุนไพร สารประกอบเคมีที่พบในพืชสมุนไพรจำแนกออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ดังนี้

2.1.3.1 สารปฐมภูมิ (primary metabolite)

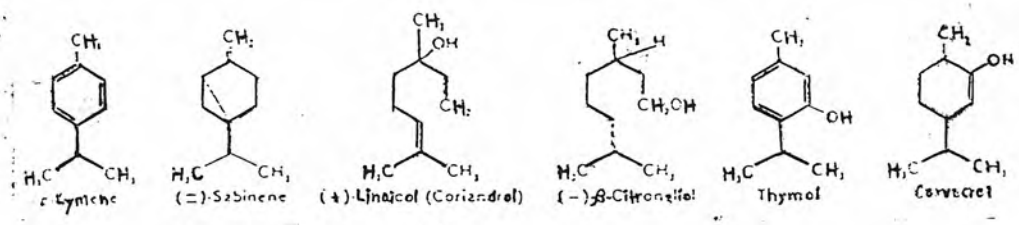
สารกลุ่มนี้จัดเป็นสารที่มีบทบาทในขบวนการเมแทบอลิซึมหลักทั่วๆไปของพืช พบในพืชทุกชนิด มักเป็นสารผลผลิตที่ได้จากกระบวนการหลักในพืช เช่น กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง กระบวนการสังเคราะห์ไขมัน การสังเคราะห์โปรตีน การสังเคราะห์สารสี จะได้คาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน และสารสีตามลำดับ สารเหล่านี้จัดเป็นสารปฐมภูมิของพืช

2.1.3.2 สารทุติยภูมิ (secondary metabolite)

เป็นสารที่พืชสังเคราะห์ขึ้นแตกต่างไปจากสารปฐมภูมิ โดยอาจจะเกิดจากกระบวนการชีวสังเคราะห์ (biosynthesis) ในพืชต่างชนิดกันจะพบสารที่แตกต่างกัน เช่น พบสารอัลลิซิน (allicin) ในกระเทียม แต่พบคาเฟอีน (caffeine) ในกาแฟ เป็นต้น สารประกอบเคมีในกลุ่มนี้ ได้แก่ สารในกลุ่มสารทุติยภูมิ ซึ่งจะกล่าวถึงสารสำคัญบางชนิดดังนี้

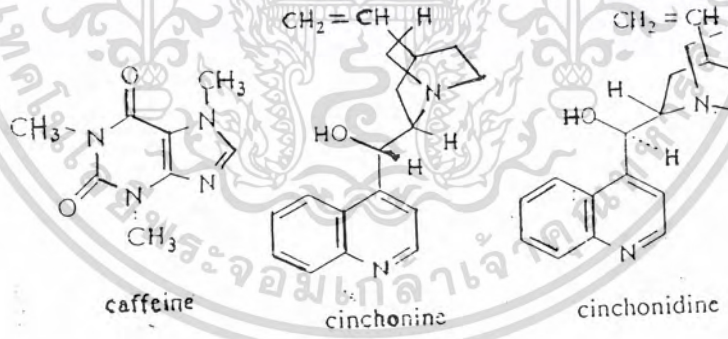
2.1.3.2.1 น้ำมันหอมระเหย (essential oil หรือ volatile oil) จัดเป็นสารทุติยภูมิที่พบในพืชหลายชนิด คุณสมบัติโดยทั่วไปมีกลิ่นเฉพาะตัว ระเหยได้ง่ายที่อุณหภูมิปกติ เบากว่าน้ำ พบมากในพืชสมุนไพรที่เป็นเครื่องเทศแยกออกมาได้โดยการกลั่นไอน้ำ ในน้ำมันอาจมีส่วนผสมของสารเคมีหลายชนิด สรรพคุณทางยามักใช้เป็นยาขับลมและฆ่าเชื้อโรค ตัวอย่างพืชสมุนไพรที่ให้น้ำมันหอมระเหย ได้แก่ กระเทียม ขิง ข่า ตะไคร้ มะกรูด ไพล สะระแหน่ และขมิ้น เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 1 สูตรโครงสร้างขององค์ประกอบบางชนิดในน้ำมันหอมระเหย

2.1.3.2.2 แอลคาลอยด์ (alkaloid) เป็นสารเคมีที่มีฤทธิ์เป็นเบส ซึ่งมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ มีรสขม ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ แต่ถ้าอยู่ในสารประกอบของเกลืออาจจะละลายน้ำได้ สารในกลุ่มแอลคาลอยด์มีผลทางยาต่อระบบต่างๆของร่างกายหลายระบบ เช่น อะโทรพีน (atropine) จากต้นลำโพงมีฤทธิ์ลดการบีบตัวของลำไส้ จึงใช้ผสมในยาแก้ปวดท้อง สารรีเซอร์พีน (reserpine) ในรากกระย่อมมีสรรพคุณลดความดันโลหิต สารควินิน(quinine) ในเปลือกต้นซิงโคนามีสรรพคุณในการรักษาโรคมาลาเรีย มอร์ฟีน (morphine) ในยางของผลฝิ่นระงับปวดได้ และคาเฟอีน (caffeine) ในชา กาแฟมีฤทธิ์กระตุ้นประสาท เป็นต้น



ภาพที่ 2 สูตรโครงสร้างของแอลคาลอยด์บางชนิด

2.1.3.2.3 ไกลโคไซด์ (glycoside) เป็นสารประกอบอีกกลุ่มหนึ่งที่พบมากในพืชสมุนไพรนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง ในสูตรโครงสร้างของสารจะมีส่วนสำคัญสองส่วน คือ ส่วนที่เป็นน้ำตาลและส่วนที่ไม่ใช่น้ำตาล (เรียกว่า aglycone) ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาทำให้แบ่งไกลโคไซด์ออกได้หลายประเภทดังนี้

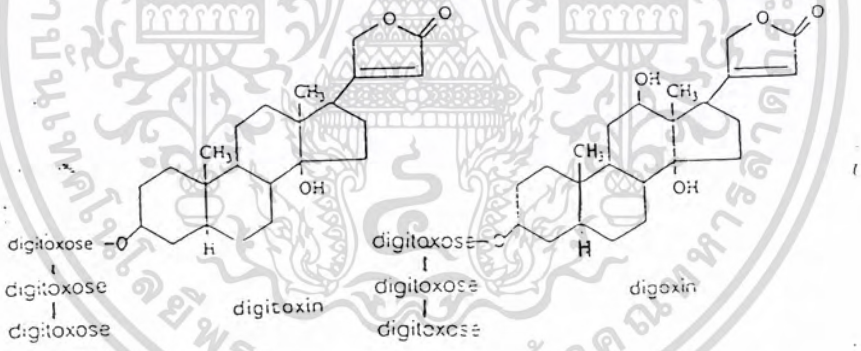
- ฟลาโวนอยด์ (flavonoids หรือ flavonol glycosides) พบเป็นสารสีใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนต่างๆของพืชมีหลายชนิด เช่นในดอกไม้สีเหลืองจะพบฟลาโวน (flavones) ฟลาโวนอล (flavonol) หรือ ออโรน (aurones) แต่ในดอกไม้สีแดง ม่วง น้ำเงิน จะเป็นสารพวกแอนโธไซยานิน (anthocyanins)

- ซาโปนินไกลโคไซด์ (saponin glycosides) สารนี้เมื่อเขย่ากับน้ำจะเกิดฟอง จึงใช้ลดแรงตึงผิวได้ดีและทำให้เม็ดเลือดแดงแตกได้ สารกลุ่มนี้ใช้ประโยชน์ได้หลายประการ คือ ใช้ชะล้างแทนสบู่ ใช้เป็นยาเบื่อปลา ประโยชน์สำคัญในวงการเภสัช คือ ใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตยาประเภทสเตอรอยด์ (steroids) พืชสมุนไพรที่ให้สารกลุ่มนี้ ได้แก่ พืชจำพวกกลอย (*Dioscorea spp.*) ซึ่งมีสารไดออสเจนิน (diosgenin)

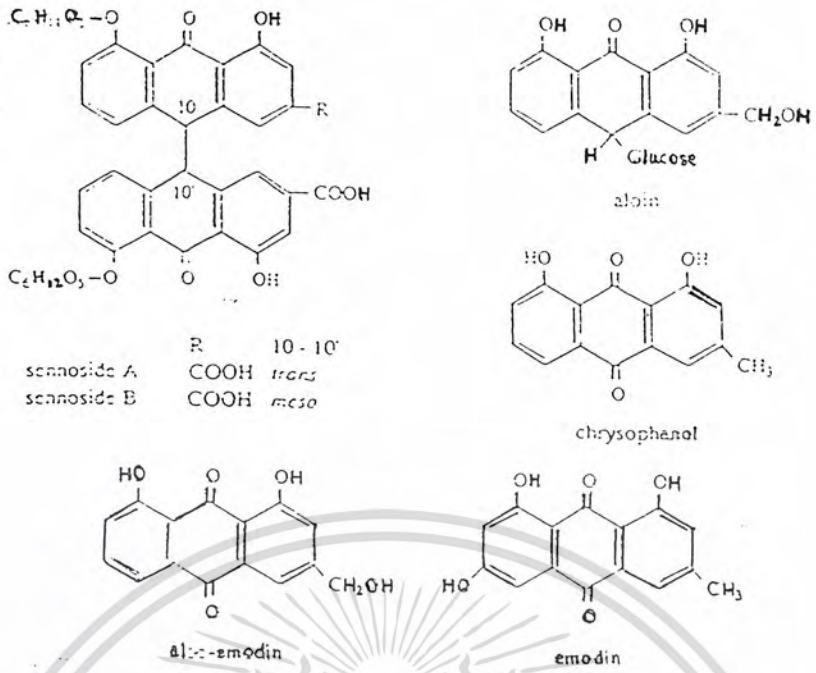
- คาร์ดิแอกไกลโคไซด์ (cardiac glycoside) สารกลุ่มนี้จะออกฤทธิ์ต่อระบบกล้ามเนื้อหัวใจและระบบการไหลเวียนโลหิต ตัวอย่างเช่นพืชในวงศ์อะโพไซเนซีอี (Apocynaceae) หลายชนิดให้สารกลุ่มนี้ ได้แก่ ยี่โถ (*Nerium indicum* Mill.) ให้สาร Oleandroside และ Nerioside ต้นตีนเป็ดน้ำ (*Cerbera odollam* Gaertn.) ให้สาร Thevetin B (cerberoside) Thevobioside สารเหล่านี้เป็นสารที่ออกฤทธิ์ต่อหัวใจทั้งสิ้น



ภาพที่ 3 โครงสร้างของไกลโคไซด์ในพืชที่มีผลต่อการทำงานของหัวใจ

- แอนทราควิโนนไกลโคไซด์ (anthraquinone glycosides) สารกลุ่มนี้ออกฤทธิ์เป็นยาระบาย (laxative) ยาฆ่าเชื้อ (antibiotic) และสีย้อม พืชสมุนไพรที่ให้สารเคมีในกลุ่มนี้ ได้แก่ มะขามแขก โกฐน้ำเต้า คูน ขี้เหล็ก ชุมเห็ด และว่านหางจระเข้ เป็นต้น

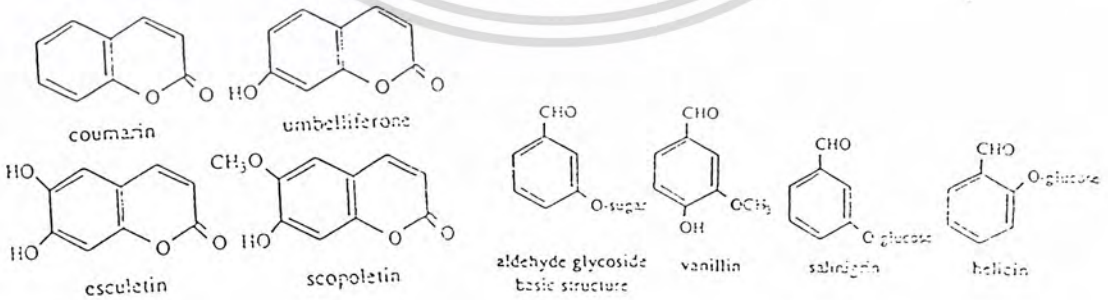
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4 โครงสร้างแอนทราควิโนนในพืช

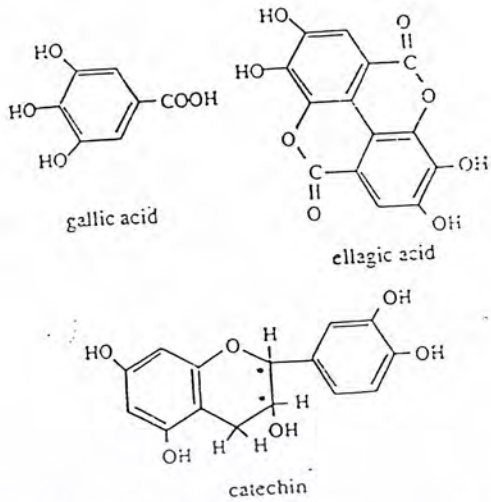
- ไซนาโนเจนีติกไกลโคไซด์ (cyanogenetic glycosides) สารกลุ่มนี้สลายให้สารพิษจำพวกไซยาไนด์ พืชกลุ่มนี้ถ้าจะนำมาเป็นอาหารต้องทำให้สุกก่อนจะด้วยวิธีการเผา ต้ม ดอง หรือย่าง เพื่อให้สารไซยาไนด์สลายตัวก่อน ถ้าสัตว์กินพืชที่มีสารพวกนี้อยู่อาจจะทำให้สัตว์ตายได้ พืชที่ให้สารกลุ่มนี้ ได้แก่ มันสำปะหลัง ลูกกระ ต้นตำแยแมว ผักเสี้ยนผี ใบยางพารา ชะอม หญ้าตีนกา และฝักสะตอ

- แล็กโทนไกลโคไซด์ (lactone glycosides) สารเคมีกลุ่มนี้บางชนิดมี กลิ่นหอม ได้แก่ สารคูมาริน (coumarin) จากเปลือกต้นชะลูด ใช้เป็นสารแต่งกลิ่นหอมในเครื่องสำอาง เป็นส่วนผสมในครีมป้องกันการแพ้แสงแดดหรือผสมในแป้งฝุ่นทาตัว



ภาพที่ 5 โครงสร้างของแอลดีไฮด์ไกลโคไซด์และแล็กโทนไกลโคไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 6 โครงสร้างของสารประเภทแทนนิน

2.1.3.2.4 แทนนิน (Tannin) สารแทนนินพบในพืชทั่วไป มีรสฝาด มีฤทธิ์เป็นกรดอ่อน และสามารถตกตะกอนโปรตีนได้ เมื่อถูกกับเกลือคลอไรด์ของเหล็กจะให้สีเขียว สรรพคุณทางยามีฤทธิ์ฝาดสมาน ฆ่าเชื้อแบคทีเรีย ใช้บรรเทาอาการท้องร่วงได้ พบในใบฝรั่ง เนื้อผล และกล้วยน้ำว้า

2.1.3.2.5 กัม (Gum) เป็นสารที่พืชบางชนิดขับออกมา เมื่อพืชได้รับบาดแผล ลักษณะเป็นสารเหนียว บางชนิดมีสรรพคุณทางยา

2.1.3.2.6 ลาเทกซ์ (Latex) สารที่มีลักษณะคล้ายน้ำยางสีขาวข้น ประกอบด้วยสารจำพวกแป้ง กัม และเรซิน (resin) อาจมีสารอื่นอยู่บ้าง สารกลุ่มนี้บางตัวเมื่อรวมกับสารบางอย่างจะเป็นสาเหตุร่วมในการก่อมะเร็ง (co-carcinogen) ซึ่งเรียกว่า โฟร์บอล (phorbol)

การศึกษาเพื่อให้ทราบถึงคุณสมบัติสารสำคัญชนิดต่างๆในพืชจะทำให้เข้าใจถึงการออกฤทธิ์ ประโยชน์และโทษของพืชสมุนไพรแต่ละชนิด ซึ่งเป็นแนวทางการนำสมุนไพรไปใช้บำบัดรักษาได้อย่างถูกต้องปลอดภัย หรือหลีกเลี่ยงพิษและอันตรายที่เกิดจากความไม่รู้ได้

2.2 ฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ของชาสมุนไพรไทย

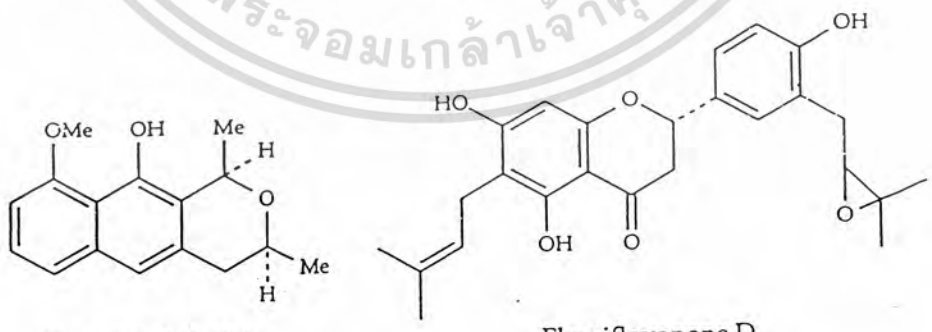
2.2.1 ฤทธิ์ต้านเชื้อจุลินทรีย์ (Antimicrobial)

โดยทั่วๆไปโรคติดเชื้อหมายถึงโรคที่เกิดจากเชื้อจุลินทรีย์ซึ่งรวมถึงเชื้อแบคทีเรีย เชื้อรา และเชื้อไวรัส ได้มีการผลิตผลิตผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติโดยเฉพาะอย่างยิ่งจากพืชชั้นสูงในการรักษาโรคติดเชื้อมาแต่โบราณกาล แต่ความก้าวหน้าครั้งสำคัญในการรักษาโรคติดเชื้อได้แก่ การค้นพบยาปฏิชีวนะ (antibiotic) ชนิดแรกคือเพนนิซิลิน โดย Alexander Fleming ในปี ค.ศ. 1929 และได้มีการทดลองใช้ยานี้ในคนไข้ในปี ค.ศ. 1941 หลังจากนั้นจึงได้มีการศึกษาค้นคว้าหาสารต้านจุลินทรีย์กันอย่างกว้างขวาง ทำให้มีการค้นพบยาปฏิชีวนะจำนวนมาก ซึ่งส่วนใหญ่ได้จากเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุลินทรีย์ที่มีอยู่ในดิน (soil microorganisms) จนถึงปัจจุบันมีผู้ประมาณไว้ว่ามีสารต้านจุลินทรีย์จากธรรมชาติที่พบแล้วประมาณ 5,000 ถึง 10,000 ชนิดด้วยกัน นอกจากนี้ยังมีการสังเคราะห์อนุพันธุ์ของสารเหล่านี้อีกมากมาย แต่ในจำนวนนี้มีไม่เพียงกี่ชนิดที่มีการนำไปใช้เป็นยารักษาโรค จากการสำรวจการใช้ยาในสหรัฐอเมริกาในปี ค.ศ. 1985 พบว่าการใช้ยาปฏิชีวนะมีถึง 20 เปอร์เซ็นต์ของยาทั้งหมด ซึ่งในจำนวนนี้มียาปฏิชีวนะอยู่รวม 114 ชนิด จากสถิติในปีเดียวกันนี้ ปรากฏว่ามีการใช้ยาปฏิชีวนะในตลาดโลกถึง 5,600 ล้านดอลลาร์ด้วยกัน อย่างไรก็ตามยาปฏิชีวนะที่ใช้อยู่ในปัจจุบันเป็นยาต้านเชื้อแบคทีเรีย ในขณะที่ยาต้านเชื้อราและเชื้อไวรัสยังมีจำนวนจำกัด ดังนั้นจึงมีความพยายามที่จะค้นหายาใหม่ๆที่มีฤทธิ์ต้านเชื้อราและไวรัสจากธรรมชาติทั้งจากพืชชั้นต่ำและพืชชั้นสูงตลอดจนพืชและสัตว์ทะเล จากการสำรวจสารสกัดจากพืชชั้นสูงจำนวน 1,248 ชนิด เพื่อหาพืชที่มีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ Mitscher และคณะ พบว่าประมาณ 26 เปอร์เซ็นต์ ของตัวอย่างที่ศึกษามีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ โดยเฉพาะสารสกัดจากพืชในวงศ์ Leguminosae, Rutaceae และ Compositae นอกจากนี้ยังพบว่าพืชมักจะมีสารต้านจุลินทรีย์สูงสุดหลังระยะการออกดอก โดยทั่วไปสารสกัดจากพืชชั้นสูงจะมีผลเฉพาะต่อแบคทีเรียชนิดแกรมบวกเป็นส่วนใหญ่มีเพียงส่วนน้อยที่มีฤทธิ์ต้านแบคทีเรียประเภทแกรมลบ (น้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์)

การศึกษาพืชพื้นบ้านที่มีประวัติการใช้รักษาโรคติดเชื้อทำให้มีการค้นพบพืชที่มีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์หลายชนิดด้วยกัน เช่น *Ptelea trifoliate*, *Strobilanthes cusia* และ *Zanthoxylum elephantiasis* เป็นต้น จากการที่ได้มีการสำรวจหาสารต้านจุลินทรีย์ในพืชกันอย่างกว้างขวาง ทำให้พบสารจากธรรมชาติจำนวนมากที่มีฤทธิ์ดังกล่าว ซึ่งสารเหล่านี้รวมอยู่ในกลุ่มแอลคาลอยด์ คูมาริน ฟลาโวนอยด์ ควิโนน ซาโปนิน เทอร์ปีน และอื่นๆ ดังตัวอย่างที่แสดงในตารางที่ 1



Karwinaphthol A　　Flemiflavanone D

ภาพที่ 7 สูตรโครงสร้างของสารต้านจุลินทรีย์บางชนิดจากพืชชั้นสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 ตัวอย่างสมุนไพรต้านจุลินทรีย์

ชนิดของพืชสมุนไพร	องค์ประกอบทางเคมีที่แสดงฤทธิ์	คุณสมบัติต้านจุลินทรีย์	หมายเหตุ
1. *Foeniculum vulger* Miller. และ Foeniculum อื่นๆ (Umbelliferae)	น้ำมันหอมระเหยจากเมล็ด (2-6%) ซึ่งประกอบด้วยสาร fenchone 12-25%	ยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย (bacteriostatic)	Fenchel oil ใช้แทน fenchel extract ได้ แต่ใช่ในปริมาณที่น้อยกว่า
2. *Brassica nigra* (L.) Koch *Brassica spp.* (Brassicaceae) และพืชสกุล *Sinapsis spp.* และ *Tropaeolum spp.*	น้ำมันจากเมล็ดซึ่งประกอบด้วย allyglucosinolate 1-1.2%	Bacteriostatic	ปัจจุบัน allyglucosinolate ได้จากการสังเคราะห์ isothiocyanate
3. *Catharanthus roseus* (L.) G. Don Synonym : Vinca rosea L Lochnera Rosea (L.) Rchb. (Apocyanaceae)	Vinca alkaloids จากใบ (vinblastin และ vincristin)	Vinblastin ใช้รักษา lymphoma (i.v.) Vincristine ใช้รักษา Luekemia ในเด็ก	

ที่มา : วีณา, 2537

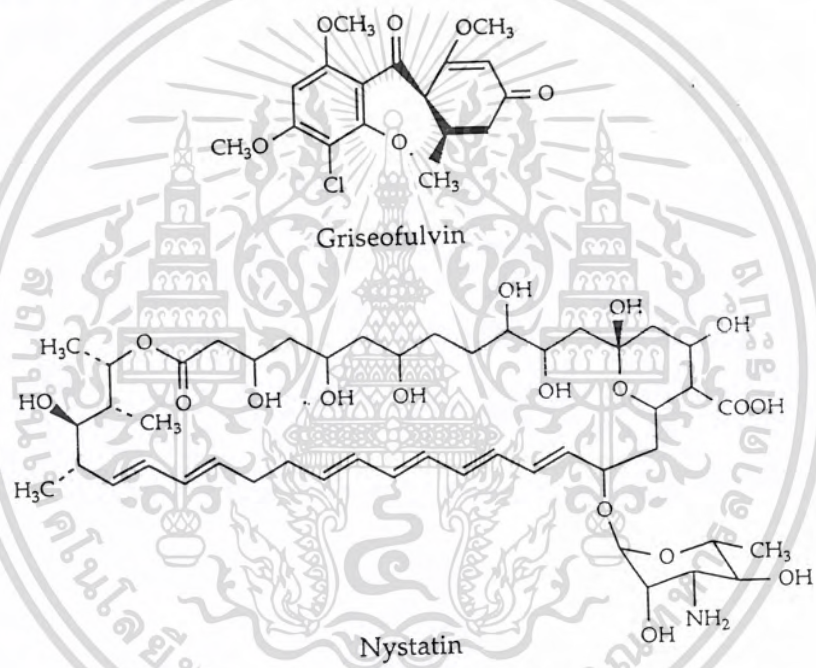
น้ำมันหอมระเหยส่วนมากในความเข้มข้นที่เหมาะสมจะมีฤทธิ์ทำลายจุลินทรีย์ เช่น เชื้อแบคทีเรีย เชื้อรา และไวรัส ยาเตรียมรูปขี้ผึ้ง ครีม เจล ไม่ต้องเติม preservative หากมีน้ำมันหอมระเหย เช่น น้ำมันกานพลู น้ำมันยูคาลิปตัส น้ำมันมัสตาร์ด น้ำมันโรสมารี น้ำมันระกำ เป็นต้น ไอจากน้ำมันหอมระเหยสามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์เมื่อใช้ในรูป Aerosol เพื่อทำความสะอาดบรรยากาศ

2.2.2 ฤทธิ์ต้านเชื้อรา (Antifungal)

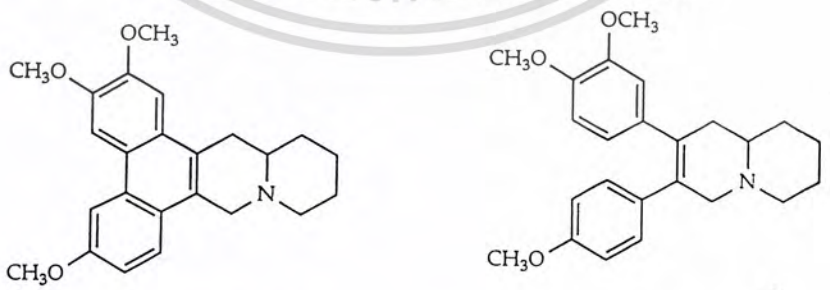
ปัจจุบันยาที่ใช้สำหรับรักษาโรคที่มีสาเหตุมาจากเชื้อรานั้นมีเพียงไม่กี่ชนิด Griseofulvin เป็นยาต้านเชื้อราที่เก่าแก่ที่สุด ถูกค้นพบเมื่อปี ค.ศ. 1939 จากราชนิด *Penicillium griseofulvum* และได้มีการนำมาใช้เป็นยารักษาโรคในปี ค.ศ. 1958 นอกจากนี้ยังมี Nystatin จาก *Streptomyces noursei*, *S. aureus* และ Candicidin จาก *Streptomyces griseus* สารเหล่านี้มีโครงสร้างสำคัญ คือ เป็นสารจำพวกโพลีอีน (polyene) ที่มีโครงสร้างซับซ้อนทั้งสิ้น โครงสร้างดังกล่าวมีความสำคัญในการออกฤทธิ์ต้านเชื้อรา โดยสารเหล่านี้จะออกฤทธิ์โดยการทำลายเยื่อหุ้มเซลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(cellular membrane) เนื่องจากยาต้านเชื้อรายังมีจำนวนจำกัดดังได้กล่าวแล้ว จึงได้มีความพยายามที่จะค้นหาสารที่มีฤทธิ์ต้านเชื้อราจากพืชชั้นสูง จากการศึกษาสมุนไพรที่มีประวัติการใช้ในยาพื้นบ้านเป็นยารักษาโรคผิวหนัง พบว่าพืชพื้นเมืองของประเทศใต้หวันชนิดหนึ่ง คือ *Strobilanthes cusia* วงศ์ Acanthaceae มีสารออกฤทธิ์ คือ Tryptanthrin ซึ่งเป็นแอลคาลอยด์จำพวก Quinazolene สารนี้มีฤทธิ์ต้านเชื้อราที่เป็นสาเหตุของโรคผิวหนังหลายชนิด โดยมีประสิทธิภาพดีกว่า Nystatin ในการทดลองกับเชื้อในหลอดทดลอง ขณะนี้กำลังอยู่ในระหว่างการศึกษาเพื่อหาอนุพันธ์ที่อาจนำมาใช้เป็นยาได้ต่อไป ตัวอย่างของสารอีกกลุ่มหนึ่งซึ่งมีฤทธิ์ต้านเชื้อรา ได้แก่ แอลคาลอยด์จำพวก Phenanthroquinolizidine เช่น Cryotopleurine และ Julandine



ภาพที่ 8 สูตรโครงสร้างของสารต้านเชื้อราบางชนิด



ภาพที่ 9 สูตรโครงสร้างของ Cryotopleurine และ Julandine

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การต้านอนุมูลอิสระของชาสมุนไพร

2.3.1 สารต้านอนุมูลอิสระ

ร่างกายของเราประกอบด้วยหน่วยย่อยที่สุดที่เราเรียกว่า เซลล์ (cells) เซลล์หลายๆ เซลล์ทำงานร่วมกันเป็นเนื้อเยื่อ (tissue) และกลุ่มของเนื้อเยื่อหลายชนิดทำงานด้วยกันนั้น เราจะเรียกว่าอวัยวะ (organs) และตัวอย่างของอวัยวะ ได้แก่ หัวใจ (heart) ไต (kidney) ตับ (liver) ปอด (lung) และเราพบว่าความผิดปกติหรือความบกพร่องใดๆ ของอวัยวะต่างๆ ในร่างกายของเรานั้นก็ล้วนแล้วแต่มีต้นกำเนิดมาจากการตายหรือความเสียหายของส่วนเล็กที่สุดหรือส่วนที่เป็นเซลล์ของอวัยวะนั้นๆแทบทั้งสิ้น และจากการศึกษาทางวิทยาศาสตร์การแพทย์ เราพบว่าสิ่งที่ทำให้เซลล์เกิดความเสียหายหรือเกิดการตายได้มากที่สุด คือสารพิษตกค้างชนิดหนึ่ง ที่เราเรียกว่า อนุมูลอิสระ (free radicals) ที่มีอยู่อย่างมากมายในร่างกายของเราอนุมูลอิสระหรือสารพิษดังกล่าวนี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

1. อนุมูลอิสระที่มาจากสิ่งแวดล้อมภายนอก ได้แก่ ก๊าซออกซิเจน สารเคมีและสิ่งปนเปื้อนที่มากับอากาศที่เราหายใจเข้าไป สารเติมแต่งอาหาร สีผสมอาหาร สารกันบูด หรือสารเคมีต่าง ๆ ที่ใช้ในการเกษตร ฯลฯ

2. อนุมูลอิสระที่ร่างกายของเราสร้างขึ้นเอง ซึ่งได้แก่ สารเคมีที่หลงเหลือจากขบวนการทางชีวเคมี ที่เกิดขึ้นภายในร่างกายและในเซลล์เอง อย่างเช่น ในขบวนการในการสลายไขมันที่เราพบว่าร่างกายจะมีการสร้างสารอนุมูลอิสระชื่อ ไลปิดเปอร์ออกไซด์ (lipid peroxides) ในปริมาณสูงนั้นในผู้ที่ลดน้ำหนักโดยการสลายไขมันออกจากร่างกายมาก ๆ ก็จะทำให้เกิดอนุมูลอิสระชนิดนี้มากด้วย

อนุมูลอิสระเหล่านี้มีคุณสมบัติทางเคมีที่สามารถทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ของเราได้ด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (oxidation) และเมื่อมีการทำลายเยื่อหุ้มเซลล์แล้วก็จะส่งผลทำให้เซลล์เกิดการตาย หากหลายๆเซลล์เกิดการตายก็จะส่งผลทำให้เกิดความบกพร่องของอวัยวะตามมา ภาวะที่พบว่าเกิดจากผลของอนุมูลอิสระนั้นมีมากมาย ตัวอย่างเช่น โรคความเสื่อมชนิดต่างๆ ของอวัยวะ ภาวะผิวพรรณเหี่ยวย่นก่อนวัย โรคความจำเสื่อม (alzheimer's diseases) โรคหัวใจ (heart diseases) ภาวะความเป็นหมัน (infertilities) นอกจากนั้นยังพบว่าสารพิษ หรือสารอนุมูลอิสระเหล่านี้ยังสามารถทำให้เกิดความผิดปกติต่อการแบ่งตัวของเซลล์ได้ หากสารอนุมูลอิสระดังกล่าวเข้าไปทำปฏิกิริยากับสารพันธุกรรม DNA หรือ RNA ภายในเซลล์ทำให้เกิดการแบ่งตัวของเซลล์อย่างผิดปกติที่เป็นสาเหตุของภาวะมะเร็ง (cancers) ชนิดต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นจะเห็นได้ว่า ด้วยวิถีชีวิตการรับประทานอาหารที่ไม่ค่อยมีทางเลือกมากนัก อากาศที่มีแต่มลภาวะ แหล่งของอาหารที่รับประทานที่เราไม่อาจทราบได้เลยว่าจะปราศจากสารเคมีหรือสารปนเปื้อนหรือไม่ รวมทั้งภาวะพิษต่างๆ ของร่างกายของแต่ละคน เช่น การลดไขมันในโปรแกรมการควบคุมน้ำหนัก การออกกำลังกายอย่างหนัก หรือภาวะความเครียดที่เกิดจากการทำงานอย่างหนักนั้นก็ล้วนแล้วแต่จะเป็นการช่วยก่อให้เกิดสารพิษหรืออนุมูลอิสระที่มีผลในการทำลายเซลล์ และก่อความผิดปกติในร่างกาย

จากการศึกษาพบว่าอนุมูลอิสระบางชนิดนั้นไม่เป็นอันตรายและเซลล์เม็ดเลือดขาวใช้อนุมูลอิสระเหล่านี้ฆ่าเชื้อแบคทีเรีย ไวรัส และเซลล์มะเร็ง แต่ถ้ามีอนุมูลอิสระมากเกินกว่าที่ร่างกายต้องการมาก ร่างกายของเราจะผลิตเอนไซม์บางชนิดซึ่งเป็นแอนติออกซิแดนท์เอนไซม์ เพื่อป้องกันอนุมูลอิสระ แต่อย่างไรก็ตามพบว่าถึงแม้จะมีการสร้างแอนติออกซิแดนท์เอนไซม์ขึ้นก็ไม่เพียงพอ ร่างกายยังต้องการแอนติออกซิแดนท์ซึ่งได้แก่ วิตามินเอ เบต้าแคโรทีน วิตามินซี วิตามินอี ไบโอฟลาโวนอยด์ และเกลือแร่ เช่น ซีลีเนียม แมงกานีส ทองแดง สังกะสี และโมลิบดินัม

สารต้านอนุมูลอิสระ จำแนกได้เป็น 2 ชนิด คือ

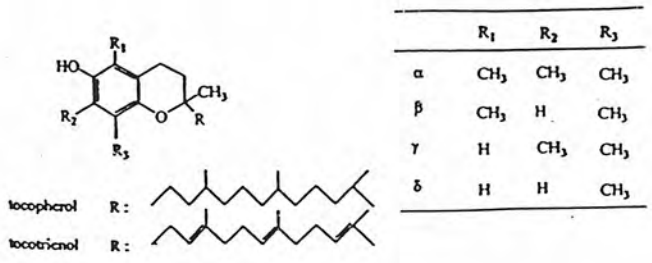
1. Enzymatic antioxidants ได้แก่ Superoxide dismutase, Catalase, Glutathione peroxides, G-6-PD โดยสารประเภทนี้จะปกป้องเซลล์อยู่ภายในร่างกาย

2. Non-enzymatic antioxidants สารกลุ่มนี้จะมีโมเลกุลเล็กทำงานทั้งภายในและภายนอกของร่างกาย โดยส่วนใหญ่จะทำงานภายนอกเซลล์ และในกลุ่มนี้ที่ได้นำมาใช้ในทางการแพทย์อย่างแพร่หลาย และได้มีการคิดค้นเพื่อใช้ป้องกันและรักษาภาวะชราของผิวหนัง ซึ่งได้แก่ วิตามินซี, วิตามินอี, วิตามินเอ, เบต้าแคโรทีน, โคเอนไซม์คิวเทน, กรดแกลลิก, ฟลาโวนอยด์, Trolox, BHT และ BHA

2.3.2 สารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ

สารในธรรมชาติที่มีคุณสมบัติเป็นสารแอนติออกซิแดนท์ได้จะเกี่ยวข้องกับความสามารถในการให้ไฮโดรเจนของหมู่ OH ในสารประกอบฟีนอล ความสามารถในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชั่นของสาร (antioxidant activity, AOA) ขึ้นอยู่กับตำแหน่งและจำนวนของหมู่ไฮดรอกซิล รวมทั้งโครงสร้างอื่นๆของโมเลกุลสารในกลุ่ม Monophenol และ Phenolic acid พบมากในพืชตระกูลถั่ว มีคุณสมบัติเป็นสารแอนติออกซิแดนท์ได้ เช่น Tocopherols และ Tocotrienols โครงสร้างดังภาพที่10

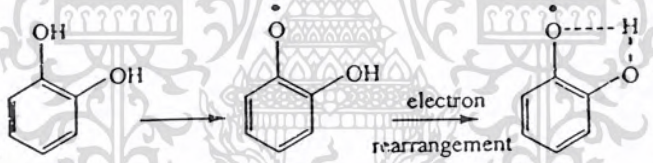
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



	R_1	R_2	R_3
α	CH_3	CH_3	CH_3
β	CH_3	H	CH_3
γ	H	CH_3	CH_3
δ	H	H	CH_3

ภาพที่ 10 ตัวอย่างสารแอนติออกซิแดนท์กลุ่ม Tocopherols และ Tocotrienols

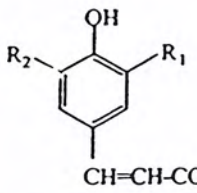
สารประกอบฟีนอลที่มีหมู่แทนเป็นหมู่ให้อิเลกตรอน (electron donating group) เช่น หมู่ไฮดรอกซิล (-OH) หมู่เมทอกซิล (-OCH) หมู่เมทิล ($-CH_3$) หมู่เอทิล ($-C_2H_5$) หรือหมู่ t-buytl $-C(CH_3)_3$ อยู่ที่ตำแหน่งออร์โท (ortho) หรือพารา (para) จะเพิ่มค่า AOA เช่น 1,2-dihydroxybenzene เมื่อเสียไฮโดรเจนไปแล้ว สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนภายในโมเลกุลได้ โมเลกุลจะเสถียรยิ่งขึ้น ทำให้ความสามารถในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชั่นเพิ่มขึ้น ดังภาพที่ 11



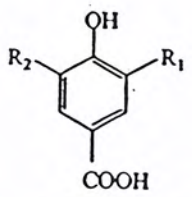
ภาพที่ 11 การเกิดพันธะไฮโดรเจนภายในโมเลกุลของฟีนอลที่มีหมู่ OH แทนที่ตำแหน่งออร์โท

AOA ของสารประกอบฟีนอลในกลุ่ม Cinnamic acid derivertives ลดลงดังนี้ Caffeic acid > Feruic acid > p-Coumeric acid เนื่องจาก Caffeic acid มีหมู่ OH เป็นหมู่แทนที่ที่ตำแหน่งออร์โทของฟีนอล จากภาพที่ 10 คือตำแหน่ง R_1 หรือ R_2 ทำให้เกิดพันธะไฮโดรเจนภายในโมเลกุลได้ ส่วน Feruic acid มีหมู่แทนที่เป็น OCH_3 ซึ่งให้อิเลกตรอนได้น้อยกว่า OH จึงมี AOA น้อยกว่าส่วน p-Coumeric acid ไม่มีหมู่อิเลกตรอนเป็นหมู่แทนที่ที่ตำแหน่งออร์โทของฟีนอลจึงมี AOA น้อยที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่า กลุ่ม Cininamib acid derivertives มีค่า AOA มากกว่ากลุ่ม Benzoic acid derivertives เนื่องจาก Cinnamic acid มีหมู่ แอลลอล (C=C-C) ในโครงสร้างที่ตำแหน่งพารา ทำให้มีเสถียรภาพของโมเลกุลมากกว่าโครงสร้างดังภาพที่ 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



cinnamic acid derivertives



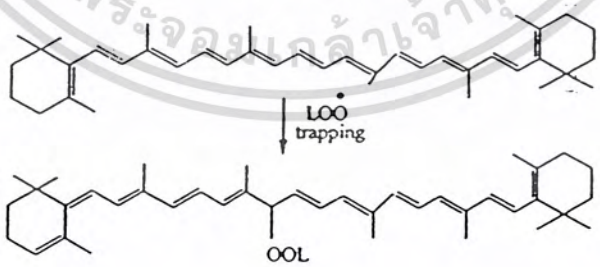
benzoic acid derivertives

compound	R_1	R_2
p-cinnamic acid	H	H
ferulic acid	H	OCH_3
sinapic acid	OCH_3	OCH_3
caffeic acid	OH	H

compound	R_1	R_2
p-hydroxy benzoic acid	H	H
vanillic acid	H	OCH_3
syringic acid	OCH_3	OCH_3
gallic acid	OH	OH

ภาพที่ 12 ตัวอย่างโมเลกุลของสารประกอบฟีนอลที่มีหมู่แทนที่ต่างกัน

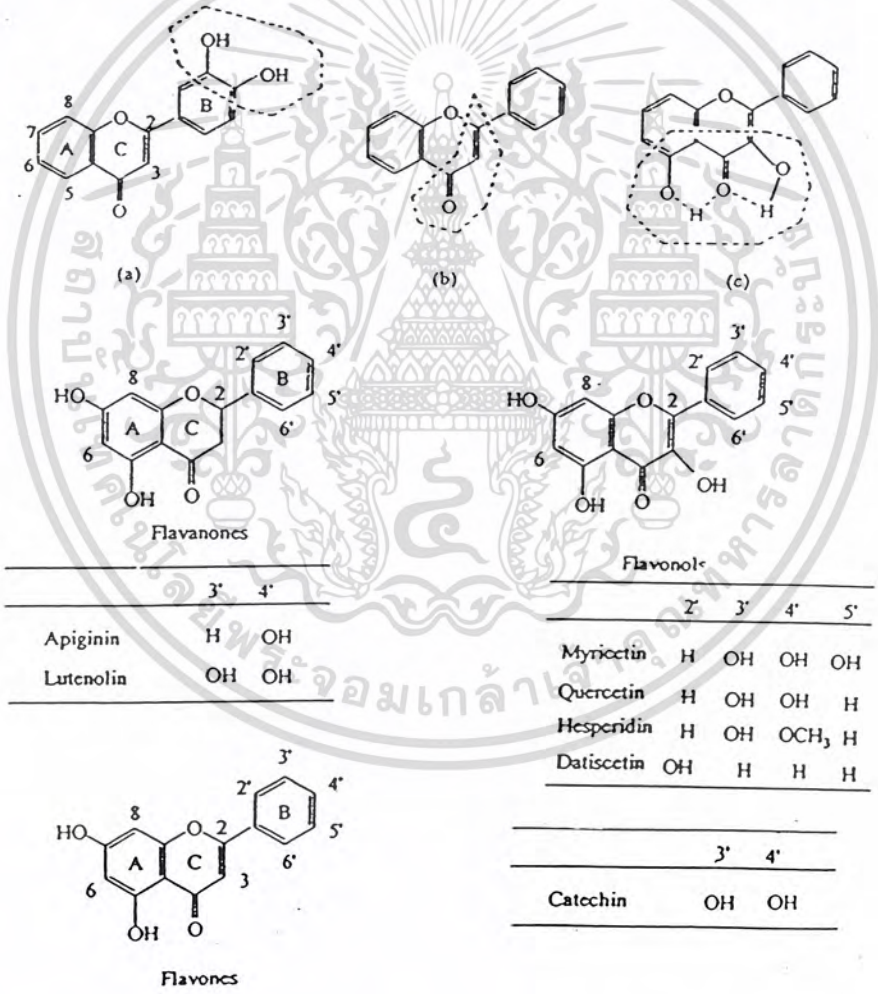
สารในกลุ่มแคโรทีนอยด์ ซึ่งมีพันธะคู่สลับกับพันธะเดี่ยวหรือระบบคอนจูเกต (conjugated system) ในโครงสร้าง เป็นสารที่สามารถยับยั้งการออกซิเดชั่นของไขมันได้ดี โดยจับกับเปอร์ออกซิแรดิคัลของกรดไขมัน ($LOO^{\cdot}$) ทำให้ไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาได้อีก ดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 การจับ LOO ของไขมันโดยแคโรทีนอยด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

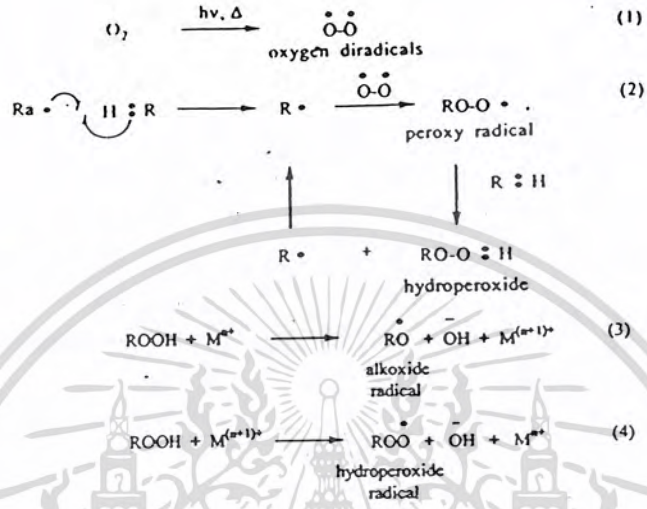
สารแอนติออกซิแดนท์กลุ่มที่พบมากที่สุดในธรรมชาติได้แก่กลุ่มฟลาโวนอยด์ พบได้ในแทบทุกส่วนของพืชไม่ว่าจะเป็นราก ลำต้น ใบ ดอก และผล ในพืชฟลาโวนอยด์เป็นสารอินทรีย์ประเภทโพลีฟีนอล มีโครงสร้างพื้นฐานเป็นไดฟีนิลโพรเพน (diphenylpropane) มีการจัดเรียงตัวแบบ C6-C3-C6 ฟลาโวนอยด์เป็นสารที่มีคุณสมบัติในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นที่ดีมากในอาหารประเภทไขมันและไขมันผสมน้ำ โครงสร้างของสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่เกี่ยวข้องกับการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นจะขึ้นอยู่กับหมู่ OH ที่บริเวณวงแหวน B (ภาพที่ 14 a) พันธะคู่ที่ C2 และ C3 ที่คอนจูเกตอยู่กับหมู่คาร์บอนิล (C=O) ที่ตำแหน่ง C4 ของวงแหวน C กับหมู่ OH ที่ตำแหน่ง C3 หรือ C5 (ภาพที่ 14 c)



ภาพที่ 14 โครงสร้างพื้นฐานการกำหนดตำแหน่งและบริเวณที่แสดงคุณสมบัติแอนติออกซิแดนท์ของสารกลุ่มฟลาโวนอยด์แบบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 กลไกการทำงานของอนุมูลอิสระ

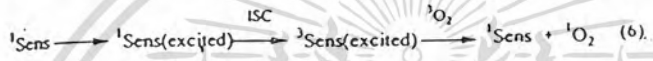


ส่วนใหญ่มักเกิดแบบแรดิคัลหรืออนุมูลอิสระ คือ เมื่อออกซิเจนในอากาศได้รับความร้อนหรือถูกแสงจะเกิดการแตกพันธะแบบเสมอภาค (homolytic cleavage) ได้เป็นอนุมูลอิสระของออกซิเจนที่มีอิเลกตรอนเดี่ยวสองตัวเรียกว่า ไดแรดิคัล (diradicals) ดังสมการที่ 1 และเมื่อมีแรดิคัลอื่นที่เหมาะสม ($Ra^{\cdot}$) มารับไฮโดรเจนจากสารอินทรีย์ไป จะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นได้ ดังสมการที่ 2 แรดิคัลตัวเริ่มต้น ($Ra^{\cdot}$) จะรับเอา H จากโมเลกุลของสารอินทรีย์ (R-H) แล้วให้แอลคิลแรดิคัล ($R^{\cdot}$) ไปรวมกับออกซิเจน กลายเป็นเปอร์ออกซีแรดิคัล ($ROO^{\cdot}$) ซึ่งมีความว่องไวสูงกว่าออกซิเจนไดแรดิคัล ($O\text{-}O^{\cdot}$) จึงสามารถรับเอา H จาก R-H ได้ เกิดเป็นไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (ROOH) และให้แอลคิลแรดิคัลเข้าไปทำปฏิกิริยาลูกโซ่ต่อไป กลไกนี้จะเกิดได้เร็วขึ้นเมื่อมีไอออนของโลหะ (M^{n+}) บางชนิด เช่น Fe^{2+} Cu^{2+} หรือ Co^{2+} ร่วมอยู่ด้วย จะทำให้ช่วงเหนี่ยวนำลดลง โดยไอออนของโลหะทำหน้าที่เป็นตัวให้อิเลกตรอนกับไฮโดรเปอร์ออกไซด์อย่างรวดเร็ว กลายเป็นแอลคอกไซด์แรดิคัล ($RO^{\cdot}$) ดังสมการที่ 3 และเมื่อ $M^{(n+1)+}$ เพิ่มมากขึ้น จะสามารถทำปฏิกิริยากับไฮโดรเปอร์ออกไซด์โมเลกุลอื่น โดยรับอิเลกตรอน 1 ตัว กลับมาเป็น M^{n+} เข้าไปทำปฏิกิริยาออกซิเดชั่นต่อไปได้อีก ดังสมการที่ 4 ไอออนของ Fe^{2+} จะเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชั่นได้ดีกว่า Fe^{3+} และ Fe^{3+} จะเร่งปฏิกิริยาได้ดีกว่า Cu^{2+} นอกจากนี้ ปฏิกิริยาออโตออกซิเดชั่นอาจมีกลไกแบบโฟโตออกซิเดชั่น(photooxidation) โดยกลไกแบบนี้จะไม่มีช่วงเวลาเหนี่ยวนำ ออกซิเจนในสภาวะปกติจะมีอิเลกตรอนอยู่ในสภาวะที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีพลังงานต่ำสุดหรือสภาวะพื้น (ground state) การจัดอิเลกตรอน (electron spin) เป็นแบบ $^3O_2$ (triplet electron state) เมื่อทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ R-H จะได้เป็นไฮโดรเปอร์ออกไซด์ ดังสมการที่ 5

แต่เมื่อมีแสงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาและมีสารที่ว่องไวต่อปฏิกิริยา (sensitiser) ชนิดอื่น เช่น คลอโรฟิลล์ (chlorophylls) พอร์ไพริน (porphyrins) บิลิรูบิน (bilirubin) หรือ ไรโบฟลาวิน (riboflavin) ร่วมอยู่ในปฏิกิริยาด้วย จะทำให้เกิดโฟโตออกซิเดชั่น กลไกดังสมการที่ 6



ออกซิเจนที่สภาวะ $^3O_2$ จะถูกกระตุ้นให้มีพลังงานสูงขึ้น มีการเปลี่ยนแปลงการจัดอิเลกตรอนไปเป็นแบบ $^1O_2$ (siglet electron state) ซึ่งทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ประเภทไขมันไม่อิ่มตัว (polyunnsaturated fatty acid) ได้เป็นไฮโดรเปอร์ออกไซด์ ปฏิกิริยาจะเกิดได้รวดเร็วกว่าเมื่อไม่มีแสงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาถึง 1,500 เท่า ไฮโดรเปอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นจะสลายตัวต่อไปเป็นไฮโดรคาร์บอน แอลกอฮอล์ แอลดีไฮด์และคีโตนที่ระเหยได้เป็นสาเหตุของกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ในอาหาร

2.4 กลไกการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระ

สารต้านอนุมูลอิสระสามารถจำแนกได้อย่างกว้างๆจากกลไกของสารต้านอนุมูลอิสระปฐมภูมิและสารต้านอนุมูลอิสระทุติยภูมิ บางปฏิกิริยาของสารต้านอนุมูลอิสระมีกลไกการทำงานมากกว่า 1 กลไกและจะทำหน้าที่หลายๆอย่างในแต่ละกลไก ปฏิกิริยาต่างๆของสารต้านอนุมูลอิสระค่อนข้างผันแปรมากและสามารถทำปฏิกิริยาได้ทุกขั้นตอนในปฏิกิริยาของอนุมูลอิสระ

2.4.1 สารต้านอนุมูลอิสระปฐมภูมิ

สารต้านอนุมูลอิสระปฐมภูมิ หรือ hain-breaking antioxidant เป็นตัวรับอนุพันธ์อิสระที่ทำให้ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นอัตโนมัติในขั้นตอนแรกเกิดความล่าช้าหรือถูกยับยั้งได้ การเริ่มต้นของ autoxidation เริ่มแรกจะเกิดขึ้นเมื่อโมเลกุลของ α-methylenic hydrogen ถูกดึงจากกรดไขมันไม่อิ่มตัวออกมาอยู่ในรูปของกรดไขมันอิสระ ($R^{\cdot}$) ดังสมการที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$RH \longrightarrow R^{\cdot} + H^{\cdot} \quad (1)$$

กรดไขมันอิสระนี้จะเกิดปฏิกิริยาได้สูง สามารถทำปฏิกิริยากับออกซิเจนเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของเปอร์ออกไซด์อิสระ ($ROO^{\cdot}$) ดังสมการที่ 2

$$R^{\cdot} + O_2 \longrightarrow ROO^{\cdot} + H^{\cdot} \quad (2)$$

ในระหว่างปฏิกิริยาการถ่ายทอดอนุมูลเปอร์ออกไซด์จะทำปฏิกิริยากับไขมันทำให้เกิดไฮโดรเปอร์ออกไซด์และได้อนุมูลของกรดไขมันอิสระตัวใหม่ที่ไม่เสถียรดังสมการที่ 3 กรดไขมันอิสระนี้จะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนให้อนุมูลเปอร์ออกไซด์อิสระอีกตัวหนึ่ง ปฏิกิริยานี้จะมีกลไกดังสมการที่ 4

$$ROO^{\cdot} + RH \longrightarrow ROOH + R^{\cdot} \quad (3)$$

$$R^{\cdot} + O_2 \longrightarrow ROO^{\cdot} + H^{\cdot} \quad (4)$$

ไฮโดรเปอร์ออกไซด์ไม่เสถียรและสามารถแตกสลายให้อนุมูลที่จะไปเร่งปฏิกิริยาต่อไป ปฏิกิริยาเหล่านี้คือปฏิกิริยาลูกโซ่ในสมการที่ 5 และ 6

$$ROOH \longrightarrow RO^{\cdot} + OH^{\cdot} \quad (5)$$

$$RO^{\cdot} + RH \longrightarrow ROH + R^{\cdot} \quad (6)$$

ไฮโดรเปอร์ออกไซด์แตกสลายทำให้เกิดกลิ่นและรสชาติไม่ดีคล้ายๆกับการเกิดกลิ่นเหม็นหืนในปฏิกิริยาออกซิเดชั่น สารต้านอนุมูลอิสระปฐมภูมิจะทำปฏิกิริยากับอนุมูลไขมันและเปอร์ออกไซด์อิสระและจะเปลี่ยนแปลงไปอยู่ในรูปที่เสถียรมากขึ้น สารต้านอนุมูลอิสระจะให้อะตอมของไฮโดรเจนแก่กรดไขมันอิสระทำให้เกิดอนุพันธ์ของไขมันและอนุพันธ์อิสระจากสารต้านอนุมูลอิสระ ($A^{\cdot}$) ซึ่งจะมีความเสถียรและมีน้อยลงที่จะไปทำปฏิกิริยา Autoxidation สารต้านอนุมูลอิสระปฐมภูมิในฐานะที่เป็นตัวให้ไฮโดรเจนจะมีความเฉพาะเจาะจงกับเปอร์ออกไซด์อิสระมากกว่าไขมัน ดังนั้นอนุมูลจะอยู่ในรูปของเปอร์ออกซีและออกซีอิสระที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยาการถ่ายทอด (ดังสมการ 2 และ 4) และปฏิกิริยา Autoxidation ที่เกิดขึ้นต่อกันจะถูกยับยั้งโดยสารต้านอนุมูลอิสระปฐมภูมิ (ดังสมการ 7 และ 8) สารต้านอนุมูลอิสระจะมีปฏิกิริยากับกรดไขมันอิสระโดยตรง (ดังสมการ 9)

$$ROO^{\cdot} + AH \longrightarrow ROOH + A^{\cdot} \quad (7)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$RO^{\cdot} + AH \longrightarrow ROH + A^{\cdot} \quad (8)$$

$$R^{\cdot} + AH \longrightarrow RH + A^{\cdot} \quad (9)$$

อนุมูลของสารต้านอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นเมื่อให้ไฮโดรเจนไปแล้วจะมีความเสถียรโดยจะทำปฏิกิริยากับไขมันได้น้อยมากซึ่งจะทำให้เกิดปฏิกิริยาต่อไปได้น้อย อนุมูลของสารต้านออกซิเดชั่นสามารถเข้าร่วมในปฏิกิริยาสุดท้ายโดยทำปฏิกิริยากับเปอร์ออกซี (สมการที่ 10) ออกซี (สมการที่ 11) และสมการต้านอนุมูลอิสระอื่นๆ (สมการที่ 12) ปฏิกิริยาเหล่านี้คือการหยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ของอนุมูลอิสระอัตโนมัติ

$$ROO^{\cdot} + A^{\cdot} \longrightarrow ROOA \quad (10)$$

$$RO^{\cdot} + A^{\cdot} \longrightarrow ROA \quad (11)$$

$$A^{\cdot} + A^{\cdot} \longrightarrow AA \quad (12)$$

ก่อนที่จะเริ่มปฏิกิริยา Autoxidation จะต้องผ่านช่วงเวลาเหนี่ยวนำซึ่งจะมีการเกิดอนุมูลอิสระและสารต้านออกซิเดชั่นถูกใช้ไป ดังนั้น สารต้านอนุมูลอิสระปฐมภูมิจะมีประสิทธิภาพมากถ้ามีการเติมลงไปในช่วงแรกของการเกิดออกซิเดชั่นเมื่อยังไม่เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ต่อไป การเติมสารต้านอนุมูลอิสระลงไปในไขมันซึ่งมีปริมาณเปอร์ออกไซด์สูงอยู่แล้วจะเป็นผลให้สารต้านอนุมูลอิสระสูญเสียการทำงานไปอย่างรวดเร็ว นอกเหนือจากหน้าที่ในการจับอนุมูลอิสระแล้วสารต้านอนุมูลอิสระปฐมภูมิยังสามารถรีดิวซ์ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ไปเป็นสารประกอบไฮดรอกซี อย่างไรก็ตามกลไกในการต้านอนุมูลอิสระของสารต้านก็คือการจับกับอนุมูลอิสระ

สารต้านอนุมูลอิสระปฐมภูมิเป็น mono หรือ Polyhydroxy phenols ที่มีหลายวงแหวนแทนที่หมู่ที่ให้อิเลกตรอน (ortho และ para) ไปเป็นหมู่ไฮดรอกซีของฟีนอลจะช่วยกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระ การแทนที่ของหมู่ Butyl หรือหมู่ Ethyl para ไปเป็นหมู่ Hydroxyl จะช่วยเพิ่มกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระ ส่วนใหญ่สารต้านอนุมูลอิสระปฐมภูมิในอาหารจะเป็นสารประกอบที่สังเคราะห์ขึ้น ตัวอย่างความสำคัญของฟีนอลิกซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระปฐมภูมิจะประกอบด้วย Butylated hydroxyanisole (BHA), Butylatd hydroxytoluene (BHT), Propyl gallate (PG) และ Tertiary butylhydrogiunone (TBHQ) อย่างไรก็ตามองค์ประกอบธรรมชาติในอาหารจะมีกระบวนการทำงานเหมือนกับสารต้านอนุมูลอิสระปฐมภูมิ วิตามินอีส่วนใหญ่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระปฐมภูมิตามธรรมชาติ แคโรทีนอยด์ก็จะเป็นสารต้านอนุมูลอิสระปฐมภูมิจากธรรมชาติถึงแม้ว่ากลไกการทำงานจะแตกต่างกับสารต้านอนุมูลอิสระที่อยู่ในรูปของสารประกอบฟีนอลก็ตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 การตรวจหาคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของสารต้านอนุมูลอิสระ

การทดสอบสาร DPPH เป็นการตรวจวัดฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ โดยทำการตรวจสอบการลดลงของค่า Absorbance ที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตรซึ่งเกิดปฏิกิริยารีดักชั่นโดยสารต้านอนุมูลอิสระ (AH) ดังสมการ

$$DPPH^{\cdot} + AH \longrightarrow DPPH\text{-}H + A^{\cdot}$$

$$DPPH^{\cdot} + R^{\cdot} \longrightarrow DPPH\text{-}R$$

ในการตรวจสอบ DPPH ในสารฟีนอล จะเกิดปฏิกิริยาอย่างรวดเร็วในช่วงแรกแต่ต่อมาปฏิกิริยาจะเกิดช้าลง หากในสารสกัดมีสารต้านอนุมูลอิสระจะมีการลดลงของค่า Absorbance ดังนั้นสภาวะที่เสถียรจะเกิดขึ้นโดยใช้เวลาไม่นาน พบว่าจะเกิดหลังจากเวลาผ่านไป 15-30 นาที ทำให้สามารถทราบค่า EC_{50} ซึ่งเป็นค่าความเข้มข้นของอนุมูลอิสระที่เหลือ 50 เปอร์เซ็นต์ (Pokorny, 2001)

ตารางที่ 2 วิธีการต่างๆที่ใช้ในการตรวจวัดความสามารถของสารแอนติออกซิแดนท์ในการยับยั้งอนุมูลอิสระ

Radical generator (ตัวกำเนิดอนุมูลอิสระ)	Radical detector (วิธีตรวจวัดอนุมูลอิสระ)	Measuring (เวลาที่ใช้)
Methyl oleate + O_2	Peroxide	12-16 h
Brain homogenate + O_2	O_2 consumption	1 h
Oil + O_2	Electr. Conductivity	1-3 h
ABAP	O_2 consumption	30-60 min
Luminol + UV-A	Chemiluminescence	1-3 min
ABAP	O_2 consumption	30-60 min
Egg yolk + Fe^{2+}	Chemiluminescence	10-20 min
ABTS + Peroxidase + H_2O_2	VIS spectrophotometry	5 min
AAPH	Fluorencence , R/β-phycoerythrin	70 min/sample (12 parallel)
Meth-Hb	Luminescence, O_2	20-40 min
ABAP	Fluorencence , R/β-phycoerythrin	20-40 min
Luminol + H_2O_2	Chemiluminescence	10-20 min

ที่มา: Pokorny, 2001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การใช้สมุนไพรในการถนอมอาหาร

ในการถนอมอาหารนอกจากจะใช้สารประกอบทางเคมีพวก Benzoic acid, Sorbic acid และ Alkyl ester of p-Hydroxybenzoic acid (parabens) ยังมีการใช้สารสกัดจากพืชในการป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้อาหารเกิดการเน่าเสีย พืชสมุนไพรและเครื่องเทศที่ใช้ในการถนอมอาหารได้แก่ กระเทียม (garlic) หัวหอม (onions) ได้มีการรายงานเกี่ยวกับคุณสมบัติของเครื่องเทศและสมุนไพร (spices and herbs) ในการต้านการเจริญของจุลินทรีย์มาเป็นเวลานานถึง 19 ศตวรรษ จากการศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติของเครื่องเทศและสมุนไพร เช่น กระเทียม หัวหอม กานพลู (cloves) อบเชย (cinamons) และ ไทม์ (thyme) ในการต้านการเจริญของแบคทีเรียแกรมบวกและแกรมลบ ยีสต์ และเชื้อรา ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้อาหารเกิดการเน่าเสีย จึงได้มีการนำเครื่องเทศและสมุนไพรเหล่านี้มาใช้ในการถนอมอาหาร เช่น ผักดอง ขนมปัง ข้าว และผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ โดยที่สารสกัดจากพืชเหล่านี้จะส่งผลกระทบทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของ ไขมัน โปรตีน น้ำ และเกลือแร่ในอาหารซึ่งจะทำให้เกิดการขัดขวางการเจริญของจุลินทรีย์ดังแสดงในตารางที่ 3 (Shelef, 1983)

ตารางที่ 3 ประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์จากเครื่องเทศและสมุนไพร

ชนิดของเครื่องเทศ	ผลการยับยั้ง
Cinnamon, cloves, mustard	แรง
Allspice, bay, leaf, caraway,coriander, cumin, oregano	ปานกลาง
Black pepper, red pepper, ginger	อ่อน

ที่มา : Zaika, 1998

ตารางที่ 4 สารสำคัญในน้ำมันหอมระเหยที่มีผลต่อการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์

ชนิดของสมุนไพร	ปริมาณน้ำมันหอมระเหย (%)	สารต้านจุลินทรีย์
Garlic	0.3-0.5	Allicin
Mustard	0.5-1.0	Allyl isothiocyanate
Cinnamon	0.5-2.0	Cinnamaldehyde, Eugenol
Cloves	16-18	Eugenol
Sage	0.7-2.0	Thymol, Eugenol
Oregano	0.7-2.0	Thymol, Carvacrol

ที่มา : Shelef, 1983

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 ฤทธิ์ในการต้านการเจริญของจุลินทรีย์ชนิดต่างๆในพืชเครื่องเทศและสมุนไพร

ชนิดของสมุนไพร	ชนิดของจุลินทรีย์
Garlic	*Salmonella typhymurium*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis*, Mycotoxigenic, *Aspergillus*, *Candida albicans*
Onion	*Aspergillus flavis*, *Aspergillus parasiticus*
Cinnamon	Mycotoxigenic, *Aspergillus parasiticus*
Cloves	Mycotoxigenic, *Aspergillus*
Mustard	Mycotoxigenic, *Aspergillus*
Allspice	Mycotoxigenic, *Aspergillus*
Oregano	Mycotoxigenic , *Aspergillus*, *Salmonella spp.*, *Vibrio parahaemolyticus*
Rosemary	*Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Vibrio parahaemolyticus*
Bay leaf	*Clostridium botulinum*
Sage	*Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Vibrio parahaemolyticus*
Thyme	*Vibrio parahaemolyticus*

ที่มา : Shelef, 1983

สาร Allicin (สารประกอบซัลเฟอร์) ซึ่งสกัดได้จากน้ำมันหอมระเหยของกระเทียม มีผลต่อการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียทั้งแกรมบวกและแกรมลบ และสารสำคัญนี้จะพบในพืชพวกหัวหอม, Leeks และ Chives ส่วนสาร Eugenol, Carvacrol และ Thymol ซึ่งเป็นสารประกอบพวกฟีนอล พบในอบเชย, กานพลู, Sages และ Oregano ซึ่ง Eugenol จะพบในการพลูมากที่สุดถึง 95 เปอร์เซ็นต์ และได้มีการรายงานว่า สารสกัดจากอบเชยและกานพลูเมื่อผสมลงในเบเกอรี่จะทำให้เกิดการยับยั้งการเจริญของเชื้อราและเป็นตัวเพิ่มกลิ่นรสที่ดีของผลิตภัณฑ์ Paster และคณะ(1995) ได้ศึกษาพบว่าน้ำมันหอมระเหยจาก Oregano และ Thyme ซึ่งมีสารสำคัญพวก Carvacrol และ Thymol จะมีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราในเมล็ดข้าว จากการศึกษานี้จึงได้นำมาใช้ประโยชน์ในการป้องกันการเจริญของเชื้อราในโรงเก็บข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 สมุนไพรที่ใช้ในการทดลอง

2.7.1 น้อยหน่า

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Annona squamosa* Linn. วงศ์ Annonacea สารสำคัญ เมล็ดมี แอลคาลอยด์ ไกลโคไซด์ สเตอรอยด์ เรซิน และน้ำมัน เปลือกมีสาร Alkaloid anonaine รากและใบมีกรด Hydrocyanic acid คุณค่าทางอาหารของน้อยหน่า น้อยหน่ามีคุณค่าทางอาหาร ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 คุณค่าทางอาหารของน้อยหน่าในส่วนที่กินได้ปริมาณ 100 กรัม

คุณค่าทางอาหาร	ปริมาณ
น้ำ (เปอร์เซนต์)	69.5
แคลอรี่ (แคลอรี่)	10.9
ไขมัน (กรัม)	0.5
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	28.2
โปรตีน (กรัม)	1.2
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	31
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	0.8
วิตามิน เอ (หน่วยสากล)	40
วิตามิน บี1 (มิลลิกรัม)	0.11
วิตามิน บี2 (มิลลิกรัม)	0.06
วิตามิน ซี (มิลลิกรัม)	47

ที่มา : โภชนาการ (2510)

คุณสมบัติของน้อยหน่า ดังนี้

1. เปลือกของลำต้นเป็นยาสมานแผลและห้ามเลือด แก้โรคท้องร่วงและเป็นยาบำรุงกำลัง
2. ใบ เมล็ด และผลดิบเป็นยาฆ่าแมลง ฆ่าเหา และหิด ใช้เป็นยาเบื่อปลา ยาแก้จี๊ด
3. ใบตำกับเกลือใช้เป็นยาพอกฝี แผลพุพอง เป็นหนอง
4. รากใช้เป็นยาระบายอย่างแรงและบางครั้งใช้รักษาโรคบิด
5. ผลดิบใช้เป็นยาสมานแผลและห้ามเลือด เป็นยาแก้ท้องร่วง โรคบิดและเป็นยาบำรุงธาตุ
6. ผลสุกเป็นอาหารที่มีคุณค่ามากสำหรับคนที่เพิ่งฟื้นไข้ เนื้อของผลอุดมไปด้วยวิตามินซี
7. เมล็ดในใช้รับประทานขับเสมหะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2 พลู

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Piper betel* Linn. วงศ์ Piperaceae สารสำคัญใบพลูมีน้ำมันหอมระเหย Chavicol, Chavibetol, Eugenol, P-Cymene, Cincole, Eugenol Methyl Ether, Caryophyllene และ Cadinene โดยเฉพาะอย่างยิ่ง Chavicol ที่มีฤทธิ์ระงับอาการคัน

คุณสมบัติของพลู ดังนี้

1. มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อโรคที่ทำให้เกิดหนองที่แผลหรือฝี และลดอาการอักเสบของแผล มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรีย ใช้รักษาอาการอักเสบของเยื่อจมูกและคอ ยับยั้งการเจริญของเชื้อวัณโรค
2. รักษาและบรรเทาความเจ็บปวดของอาการเคล็ด ขัด ยอก
3. มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อราที่เป็นสาเหตุของโรคกลากเกลื้อนและฮ่องกงฟุต มีฤทธิ์ลดอาการคัน
4. น้ำมันหอมระเหยจากใบพลูช่วยลดอาการเกร็งของลำไส้ รักษาอาการปวดท้องและท้องเสีย
5. ใช้รักษาอาการท้องอืด ท้องเฟ้อ
6. มีฤทธิ์กระตุ้นสมองอ่อนๆทำให้กระปรี้กระเปร่า สมองแจ่มใส
7. รักษาแผลช้ำบวม
8. รักษาลมพิษ รักษาเลือดกำเดาไหล
9. เป็นยาเฉพาะที่
10. แก้ไอและขับเสมหะ
11. ใช้ห้ามเลือดและช่วยให้แผลหายเร็ว
12. ช่วยให้เส้นเลือดหดตัวและฆ่าเชื้อโรค
13. ใช้กันหืนหรือกลิ่นเหม็นในน้ำมันพืชหรือน้ำมันหมู (รุ่งรัตน์, 2535)

2.7.3 บัวบก

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Centella asiatica* (Linn.) Urban วงศ์ Umbelliferae สารสำคัญของ บัวบก ประกอบด้วย กลูโคไซม์ มีชื่อว่า Astiaticoside อันเป็นสารพวก Triterpenoid, Sitosterol, แทนนิน, เรซิน, สารที่มีรสขม Vallarine โดยสาร Astiaticoside ใช้เป็นยาฆ่าแมลงได้ และน้ำมันจากใบใช้เป็นเครื่องดื่ม เป็นยาบำรุง

บัวบกเป็นพืชสมุนไพรที่มีอนาคตไกลมาก เพราะมีคุณสมบัติเด่นหลายประการที่ตลาดยาและเครื่องสำอางต้องการ เช่น กระตุ้นการสร้างเนื้อเยื่อสมอง เนื้อเยื่อของผิวหนังลบรอยเหี่ยวย่น ลดริ้วรอยบนใบหน้า ลดการอักเสบ ลบรอยแผลเป็นชนิดธรรมดาและนูน (keloid) ลดความดันโลหิตสูง ลดโคเลสเตอรอล ป้องกันโรคหัวใจ รักษาแผลในกระเพาะอาหาร กระตุ้นการงอกของเส้นผม เพิ่มความจำและความสามารถในการเรียนรู้ (สัตว์ทดลอง) และฤทธิ์ต้านมะเร็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในตำรายาไทย นอกจากระบุสรรพคุณในการแก้ช้ำในแล้ว บางเล่มบอกว่าช่วยบำรุงหัวใจ แก้อ่อนเพลีย เมื่อยล้า ขับปัสสวะ บำรุงกำลัง แก้โรคปากเหม็น ปากเปื่อย ร้อนใน เจ็บคอ กระหายน้ำ ท้องเสีย ช่วยในการหมุนเวียนของโลหิต แก้โรคผิวหนัง ขจัดเลือดเสีย แก้ท้องร่วง รักษาบาดแผล รักษากลากเกลื้อน (แสงไทย และคณะ, 2545)

2.7.4 มะยม

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Phyllanthus acidus* Skeels วงศ์ Euphorbiaceae สารสำคัญของมะยมประกอบด้วยแทนนิน, เดกโตรส, Levulose, ซูโครส, วิตามินซี, เบต้าอะไมริน , Phyllamin, Saponin, กรดแกลลิก, แคโรทีนอยด์ คุณสมบัติของมะยม ดังนี้

1.ใบ ใช้ต้มอาบน้ำแก้คัน หืด หัด อีสุกอีใส

2. ราก ปรุงแก้โรคผิวหนัง แก้ไข้ น้ำเหลืองเสีย ผื่นคัน

2.7.5 มะตูม

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Aegle marmelos* Correa วงศ์ Rutaceae สารสำคัญของมะตูมประกอบด้วยผลห่ามมีสารที่เป็นเมือก (mucilage), เพคติน, น้ำมันหอมระเหย ผลสุกมีแทนนินเพิ่มขึ้นมาจากผลห่าม ผลมะตูมในประเทศอินเดียใช้เป็นยาแก้ท้องเสียและโรคที่เกี่ยวกับลำไส้ ปัจจุบันพบว่าเพคตินมีฤทธิ์ช่วยแก้ท้องเสียได้ โดยเพคตินรวมกับทอกซิน (toxin) ของเชื้อโรคที่อยู่ในลำไส้

นอกจากนี้ในมะตูมดิบซึ่งมีสารแทนนินที่สามารถแก้ท้องเดิน เจ็บคอและล้างแผล เคยมีการวิจัยพบสารแทนนินซึ่งสกัดจากใบมะตูมไปทดสอบกับหนูขาวที่เป็นโรคเบาหวานทำให้หนูขาวมีระดับน้ำตาลลดลง เนื่องจากเกิดการหลั่งของอินซูลิน หรือฮอร์โมนควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดมากขึ้น

2.7.6 เตยหอม

ชื่อวิทยาศาตร์ *Pandanus amaryllifolius* Roxb วงศ์ Pandanaceae เมื่อนำใบเตยมาสกัดด้วยไอน้ำพบว่ามีสารหอมประกอบด้วย Linalyl acetate, Benzyl acetate, Linalool และ Geraniol เมื่อนำมาสกัดด้วยแอลกอฮอล์พบสาร Coumarin และ Ethyl vanillin คุณสมบัติของใบเตยใช้แต่งกลิ่นและสีของขนมได้หลายอย่าง เช่น วุ้นหวาน ขนมชั้น ขนมเปียกปูน ลอดช่อง ฯลฯ อาหารคาวก็มีผู้ใช้ใบเตยหอมห่อไก่และนำไปอบให้มีกลิ่นหอม (นิจศิริ และ พยอม, 2534)

2.7.7 ใบหม่อน

ชื่อวิทยาศาสตร์ Morus alba L. วงศ์ Moraceae สารสำคัญของใบหม่อนประกอบด้วยสารจำพวก ฟลาโวนอยด์ ไฟโตสเตียรอล ไตรเทอร์ปีน แอลคาลอยด์ เซราไมด์ และน้ำมันหอมระเหย นอกจากนี้ยังมีสารอาหารต่าง ๆ ในปริมาณสูง เช่น คาร์โบไฮเดรต เพคติน โปรตีน เส้นใย รวมทั้งไวตามินบี ซี และแคโรทีนด้วย รากและเปลือกราก มีสารแอลคาลอยด์ คูมารินส์ เทอร์ปีน สติลปีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟลาโวนอยด์เบนซินอยด์ กิ่งอ่อน มีสารมอริน (morin) มัลเบอริน (mulberrin) มัลเบอโรโครมีน (mulberrochromene) ผลมีน้ำมันหอมระเหย ฟลาโวนอยด์ น้ำตาลและวิตามินซี

2.7.7.1 ผลการศึกษาฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของใบหม่อน ศึกษาในสัตว์ทดลองหรือในหลอดทดลอง พบว่าสารสกัดหรือสารสำคัญของหม่อนมีฤทธิ์ทางยาหลายประการ ดังนี้

2.7.7.1.1 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ น้ำคั้นและสารสกัดจากใบมีสารต้านอนุมูลอิสระหลายชนิด และมีสารสำคัญที่ยับยั้งออกซิเดชั่น ของ LDL ได้

2.7.7.1.2 ฤทธิ์ยับยั้งการสร้างเมลานิน (melanin) สาร 2-oxyresveratrol จากกิ่งหม่อน และสาร mulberroside F จากใบและสารสกัดจากเปลือกราก มีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ tyrosinase ซึ่งเกี่ยวข้องในขบวนการสร้างเม็ดสีที่ผิวหนัง จึงมีการนำสารสกัดรากหม่อนมาใช้เป็น whitening agent ในเครื่องสำอาง

2.7.7.1.3 ฤทธิ์ลดน้ำตาลในเลือด สารสกัดด้วยน้ำและสาร 2-O-Beta-D-galactopyranosyl-1-deoxynojirimycin (GAL-DNJ) จากใบหม่อน มีฤทธิ์ลดน้ำตาลในสัตว์ทดลองที่เป็นเบาหวาน และสาร 1-deoxynojirimycin มีฤทธิ์แรงในการยับยั้งเอนไซม์ Beta-glucosidase ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม จึงช่วยยับยั้งการย่อยแป้งในอาหารช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือด ทำให้ใบหม่อนมีศักยภาพในการนำมาใช้ในผู้ป่วยเบาหวาน หรือใช้ควบคุมน้ำหนัก

2.7.7.1.4. ฤทธิ์ลดความดันโลหิต สารสกัดเอทานอลจากใบและบิวทานอลจากเปลือกราก มีสารฟลาโวนอยด์ที่มีฤทธิ์ลดความดันโลหิตในหนู

2.7.7.1.5 ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาอื่น ๆ เมื่อศึกษาในหลอดทดลองสารสกัดและสารสำคัญจากเปลือกรากหม่อนมีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ของเชื้อเอชไอวี ฤทธิ์ต้านเชื้อรา และต้านเชื้อไวรัสที่ก่อโรคเริมที่อวัยวะเพศ ส่วนการศึกษาในสัตว์ทดลอง พบฤทธิ์แก้ไอ ขับปัสสาวะ และลดอาการบวม

2.7.7.2 ประสิทธิผลในการรักษาโรคของใบหม่อนจากรายงานการวิจัยทางคลินิก ฤทธิ์ลดระดับน้ำตาลในเลือด เมื่อให้ยาชงซึ่งมีส่วนผสมของใบหม่อน ร่วมกับฝักถั่ว (*Phaseolus vulgaris*) และใบ *Vaccinium myrtillus* L. ขนาด 150 มิลลิกรัมต่อคน แก่ผู้ป่วยเบาหวาน จำนวน 82 คน วันละ 3 เวลา เป็นเวลา 2 เดือน พบว่าผู้ป่วย 74 ราย มีระดับน้ำตาลในเลือดลดลงถึง 24 เปอร์เซนต์ ของระดับก่อนให้ยา จากการวิจัยที่โรงพยาบาลสำโรง จังหวัดอุบลราชธานี ให้ผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ที่รับยา glibenclamide พบว่า เมื่อให้แคปซูลหม่อนร่วมด้วยในขนาด 20 กรัม ต่อวัน นาน 8 สัปดาห์ มีผลช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือดก่อนอาหารเช้า และระดับฮีโมโกลบิน เอวันซี (HbA1c) อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับเมื่อก่อนรับประทานหม่อน ขณะที่กลุ่มที่ได้รับยาหลอกไม่มีการเปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การนำใบหม่อนในรูปแบบของชาชงหรือสารสกัดมาใช้ในการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด ยังต้องศึกษาวิจัยทางคลินิกเพิ่มเติม

2.7.8 ชา

ชื่อวิทยาศาตร์ *Camella sinensis* วงศ์ Theaceae สารสำคัญของชาประกอบด้วยสารพวกโพลีฟีนอลในกลุ่มของ ฟลาโวนอยด์, คาเทชิน, Epicatechin, Epicatechin gallate, Proanthocyanidins ชามีคุณสมบัติสำคัญดังนี้ สารพวกโพลีฟีนอลในชาเขียวช่วยในการควบคุมระดับโคเลสเตอรอลในกระแสเลือด โดยไปเพิ่มปริมาณของ HDL ในขณะเดียวกันก็ช่วยลด LDL และไตรกลีเซอไรด์ สารในกลุ่มโพลีฟีนอล โดยเฉพาะ Epicatechin gallate ที่พบในชาเขียวมีคุณสมบัติต้านสารก่อมะเร็ง (anticarcinogenic) และเชื่อว่าช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งได้ ฤทธิ์ในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของชาเขียว ยังมีส่วนช่วยลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคหลอดเลือดและหัวใจ การใช้สารสกัดจากชาเขียวในผู้ป่วยมะเร็งที่ได้รับการฉายแสง และเคมีบำบัด จะทำให้เซลล์ปกติถูกทำลายน้อยลง กลไกการออกฤทธิ์สารในกลุ่มของโพลีฟีนอล โดยเฉพาะ Epigallocatechin gallate (EGCG) มีคุณสมบัติในการต้านการกลายพันธุ์ของเซลล์ (antimutagenic) ต้านสารก่อมะเร็ง (anticarcinogenic) และต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่น โดยสารชนิดนี้จะไปยับยั้งการเจริญเติบโตและการแบ่งตัวของเซลล์มะเร็ง

The American Journal of Clinical Nutrition ตีพิมพ์ผลการศึกษาที่มหาวิทยาลัยเจนีวาในสวิสเซอร์แลนด์ นักวิจัยพบว่าผู้ที่ดื่มทั้งสารสกัดคาเฟอินและชาเขียวมีการ เผาไหม้แคลลอรี่มากกว่าคนที่ได้คาเฟอินอย่างเดียว นอกจากนั้นชาเขียวยังช่วยป้องกันฟันผุได้ด้วย ความสามารถในการทำลายแบคทีเรียของชาเขียว สามารถป้องกันอาหารเป็นพิษได้ และยังช่วยฆ่าแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดคราบพลัคในช่องปาก ในขณะ เดียวกันผลิตภัณฑ์ถนอมผิวที่มีส่วนผสมของชาเขียว ไม่ว่าจะเป็นน้ำยาดับกลิ่นตัวหรือครีมบำรุงผิวก็เริ่มมีวางขายในตลาด

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุมาลี (2530) ได้ทดสอบฤทธิ์ในการต้านการเจริญของแบคทีเรียจากใบบัวบก ซึ่งสกัดโดยใช้น้ำและเอทานอลโดยวิธีแช่ยุ่ยและสกัดแบบต่อเนื่อง พบว่า สารสกัดจากใบบัวบกในน้ำในวิธีแช่ยุ่ยสามารถยับยั้งการการเจริญของ *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus* GroupA และ *Pseudomonas aeruginosa* เป็น 1 ต่อ 10 เท่ากัน ส่วนสารสกัดจากใบบัวบกในเอทานอลโดยวิธีการสกัดแบบต่อเนื่อง สามารถยับยั้งการเจริญของ *S. aureus* และ *Streptococcus* ได้ที่ MIC 1 ต่อ 20 และ 1ต่อ 40 ตามลำดับ แต่ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของ *P. aeruginosa*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Hara และคณะ (1989) ได้ศึกษา พบว่าสารคาเทชินในชาเขียวญี่ปุ่น มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของการเกิดอาหารเป็นพิษ ได้แก่ *S. aureus*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Clostridium perfringens*, *B. cereus*, *Plesiomonas shigelloides*, *Aeromonas sobria* และ *Clostridium botulinum* ซึ่งแบคทีเรียเหล่านี้จะไม่สามารถเจริญได้ในสารคาเทชินที่มีความเข้มข้นมากกว่า 0.1 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป และมีการรายงานว่า ชาเขียวสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *V. parahaemolyticus* ได้มากที่สุด นอกจากนี้ยังมีผลต่อการทำลายทอกซินที่สร้างโดยแบคทีเรียอันเป็นสาเหตุของอาหารเป็นพิษ

Shuze และคณะ (2001) รายงานว่าการใช้คาเทชินในชาเขียวสามารถยับยั้งการหืนในน้ำมันหมูและน้ำสลัดได้ และพบว่าการใช้น้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่จะสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียบางสายพันธุ์ได้

Rana และคณะ (1997) ได้ศึกษาคุณสมบัติของน้ำมันหอมระเหยจาก ใบมะตูมต่อการยับยั้งการเจริญของสปอร์จากเชื้อรา พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบมะตูมที่มีความเข้มข้น 400 พีพีเอ็ม สามารถยับยั้งการเจริญของสปอร์ *Fusarium udam* ได้ผลถึง 80 เปอร์เซ็นต์ และที่ความเข้มข้น 500 พีพีเอ็ม สามารถยับยั้งการเจริญของสปอร์ *Alternaria alternate*, *Alternaria brassiae*, *Alternaria carthuni*, *Colletotrichum capsici*, *Curcularia lunata*, *Fusarium oxysporum* และ *Ustilago cynodontis* ได้ผลการยับยั้ง100 เปอร์เซ็นต์

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากพญายอและการนำมาใช้เพื่อป้องกันเซลล์ตับบาดเจ็บจากการตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากใบพญายอ ซึ่งได้จากการสกัดใบพญายอแห้งด้วยแอลกอฮอล์ มีการวิจัยพบว่า สารสกัดใบพญายอมีฤทธิ์จับกับอนุมูลอิสระ diphenylpicrylhydrazyl (scavenging activity) โดยมีค่า IC50 เท่ากับ 110.40 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และในการทดสอบความสามารถในการรีดิวซ์ Fe^{3+} สารสกัดความเข้มข้น 56.88 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรจะมีฤทธิ์เทียบเท่า วิตามินซี 1 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร นอกจากนี้ยังพบว่าสารสกัดพญายอสามารถป้องกันเม็ดเลือดแดงแตกเนื่องจากอนุมูลอิสระ 2,2 – azobis (2- amidinopropane) hydrochloride ได้ โดยมีค่า IC50 เท่ากับ 359.38 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และเป็นที่น่าสนใจอย่างยิ่งที่ตรวจพบ สารสกัดพญายอสามารถออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ถูกกระตุ้นให้สร้างขึ้นภายในเซลล์ macrophage โดยสาร PMA ได้ ซึ่งข้อมูลสำคัญนี้ช่วยบ่งชี้ว่า อาจจะสามารถนำสารสกัดไปประยุกต์ใช้รักษาหรือป้องกันโรคต่างๆ ที่มีสาเหตุจากภาวะมีอนุมูลอิสระมากเกินได้ แต่อย่างไรก็ตามจากการใช้ภาวะตับอักเสบเนื่องจากได้รับยา Acetaminophen ในขนาดที่เป็นพิษมาเป็นแบบจำลองของการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดพญายอในตัวสัตว์ทดลองนั้น มีการวิจัยไม่พบฤทธิ์ป้องกันตับอักเสบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจวัดสารต้านอนุมูลอิสระในอาหารสามารถช่วยป้องกันโรคต่างๆ ที่มีสาเหตุมาจากการทำลายของอนุมูลอิสระ มีงานวิจัยต่างๆ ที่พบว่าใน ผักผลไม้ และสมุนไพรต่างประเทศ เช่น องุ่นแดง (ไวน์แดง) แอปเปิ้ล สตอเบอรี่ ผักขม ชาเขียว ฯลฯ มีสารแอนติออกซิแดนท์ดังกล่าว จึงสนใจศึกษาหาปริมาณสารแอนติออกซิแดนท์ในน้ำสกัดจากสมุนไพร 16 ชนิด ผลไม้ 15 ชนิด ผักพื้นบ้านของไทย และผักเศรษฐกิจที่หาซื้อได้ในตลาดของกรุงเทพฯ รวม 50 ชนิด โดยใช้วิธี Trolox eqivalent antioxidant capacity (TEAC) assay พบว่า ผักพื้นบ้านของไทย เช่น ผักติ้ว ขี้เหล็ก ใบมะกอก ใบทำมัง ผักบุ้งนา ใบย่านาง ยอดกระถิน ใบสะระแหน่ มีปริมาณสารแอนติออกซิแดนท์ทั้งหมด (มิลลิโมลต่อ100 กรัมของสารสกัดเปียก) 24.8 , 17.6 , 15.2 , 13.4 , 11.4 , 10.1 , 8.9 และ 8.9 ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณมากกว่าในผักขม (มิลลิโมลต่อ 5.8 กรัมของสารสกัดเปียก) ผลไม้ไทย เช่น กระท้อน มะขาม มีปริมาณสารแอนติออกซิแดนท์ทั้งหมด (มิลลิโมลต่อ100 กรัมของสารสกัดเปียก) 6.5 และ 3.7 ซึ่งมีปริมาณ สูงกว่า แอปเปิ้ล สมุนไพรแห้ง เช่น ชาเขียว ชาจีน ชาใบหม่อน ดอกคำฝอย ใบมะขามแขก ซึ่งมีปริมาณสารแอนติออกซิแดนท์ทั้งหมด (มิลลิโมลต่อ100 กรัมของสารสกัดเปียก) สูงมาก คือ 69.4 , 68.0 , 22.0 , 20.3 และ 16.1 ตามลำดับ สมุนไพรสด เช่น ต้นลูกใต้ใบ และ ใบชุมเห็ด มีปริมาณสารแอนติออกซิแดนท์ทั้งหมด (มิลลิโมลต่อ100 กรัมของสารสกัดเปียก) 11.7 และ 6.1 ตามลำดับ ดังนั้นอาจจะสรุปได้ว่า การกินผัก ผลไม้ และสมุนไพรไทย ก็สามารถได้รับสารแอนติออกซิแดนท์ไม่น้อยกว่า ผัก ผลไม้ และสมุนไพรต่างชาติ ซึ่งช่วยป้องกันโรคต่างๆ ที่มีสาเหตุมาจากการทำลายของอนุมูลอิสระได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 อุปกรณ์

3.1.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ชาจีน *(Camella sinensis)* ตระไคร้ *(Pandanus amaryllifolius* Roxb*)* ใบน้อยหน่า *(Annona squamosa* Linn.) ใบบัวบก *(Centella asiatica* Linn. Urban) ใบพลู *(Piper betle* Linn.) ใบหม่อน *(Morus alba)* ใบมะยม *(Phyllanthus acidus* Skeels) และผลมะตูม *(Aegle marmelos)* จากตลาดในกรุงเทพมหานคร

3.1.2 เชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดลองได้แก่ *Bacillus cereus* DMST 5040, *Escherichia coli* DMST 4212, *Listeria monocytogenes* DMST 11256 และ *Salmonella* Enteritidis DMST 10633 ได้มาจากศูนย์เก็บรักษาและรวบรวมสายพันธุ์จุลินทรีย์ทางการแพทย์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข *Staphylococcus aureus* TISTR 118, *Pseudomonas fluorescens* TISTR 358, *Lactobacillus plantarum* TISTR 050, *Leuconostoc mesenteroides* TISTR 053, *Candida lipolytica* TISTR 5655, *Hanseniaspora uvarum* TISTR 5153, *Pichia membranaefaciens* TISTR 5093, *Rhodotolurular glutinis* TISTR 5159, *Schizosaccharomyces pombe* TISTR 5205 และ *Zygosaccharomyces rouxii* TISTR 5044 ได้มาจากศูนย์จุลินทรีย์สถาบันจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย และ *Lactobacillus fermentum* BCC 4398 ได้มาจากศูนย์พันธุและวิศวกรรมและเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

3.1.3 อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ ได้แก่ Nutrient Agar / Nutrient Broth (NA/NB, pH 6.8 ± 0.2 , Difco laboratories), Potato Dextose Agar (PDA, pH 5.6 ± 0.2, Difco), deMan Rogosa Sharpe Agar (MRS, pH 6.5 ± 0.2 Difco), Mueller Hinton Agar/Mueller Hinton Broth (MHA/MHB, pH 7.3 ± 0.2 Difco), Brain Heart Infusion (BHI, pH 7.4 ± 0.2, Difco) และ Saboraud Dextose Agar /Saboraud Dextrose Broth (SDA/SDB, pH 5.6 ± 0.2, Difco)

3.1.4 สารเคมีที่ใช้ ได้แก่ DPPH (2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl), DMSO (dimethyl sulphoxide), เอทานอล , เมทานอล , แอมโฟเทอริซินบี (amphotericin B, Bistol-Myers Squibb), กระดาษกรองที่มีเพนนิซิลินจีความเข้มข้น 10 ยูนิตต่อแผ่น วิตามินอี (α-tocopherol), Folin-Ciocatteu (folin-ciocalteu's phenol) กรดแกลลิก (gallic acid, Fluka), Sodium carbonate (Na_2CO_3, Ajax Finechem)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.5 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ ได้แก่ เครื่องปั่น เครื่องปั่นเหวี่ยง เครื่อง Rotary Evaporator (BUCHI Rovapor R-200/205, Model R205V800) ตู้อบลมร้อน ไมโครเวฟ ตู้บ่มเชื้อ ตู้เย็น ตู้เขี่ยเชื้อ (laminar air flow) หม้อนึ่งความดัน เครื่องเขย่า เครื่องฟรีสดรายซ์ (freeze drier, Labconco Model Lyph.Lockb) เครื่อง microplate reader (iEMS Reader MF, Labsystems) เครื่องสเปคโตโฟโตมิเตอร์ (Model, HACH DR/4000V Spectophotometer) จานหลุมปราศจากเชื้อ (microtiter plate) กระดาษกรองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิลิตร

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 การศึกษาฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ของสารสกัดจากชาสมุนไพรไทย

3.2.1.1 การเตรียมสารสกัดจากชาสมุนไพรด้วยเอทานอล

นำสมุนไพรมาทั้งหมด 8 ชนิด ได้แก่ ชาจีน ใบเตย ใบน้อยหน่า ใบบัวบก ใบพลู ใบหม่อน ใบมะยม และผลมะตูม ล้างน้ำให้สะอาดและหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ จากนั้นนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่น แล้วชั่งสมุนไพรให้ได้ 20 กรัมใส่ลงในขวดรูปชมพู่ เติมเอทานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 100 มิลลิลิตรลงไป นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าเป็นเวลา 4 วัน แล้วนำมากรองด้วยผ้าขาวบางทิ้งส่วนที่เป็นกาก จากนั้นนำสารละลายของสารสกัดในเอทานอลไประเหยโดยเครื่อง Rotary Evaporator ให้เหลือปริมาตรประมาณ 5 มิลลิลิตร จากนั้นถ่ายสารสกัดของสมุนไพรลงในบีกเกอร์ขนาด 10 มิลลิลิตร นำไปทำให้แห้งเป็นผงด้วยเครื่องฟรีสดรายซ์เป็นเวลา 2 วัน นำสารสกัดไปชั่งหาน้ำหนัก จากนั้นทำการเจือจางสารสกัดด้วยตัวทำละลาย DMSO ความเข้มข้น10 เปอร์เซ็นต์ ในอัตราส่วนของสารสกัดต่อสารละลาย DMSO เท่ากับ 1 กรัมต่อ 2.5 มิลลิลิตรจะได้สารสกัดหยาบของสมุนไพรที่มีความเข้มข้น 400 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

3.2.1.2 การเตรียมเชื้อจุลินทรีย์

เขี่ยเชื้อแบคทีเรียจากหลอดอาหารที่เก็บไว้ลงในหลอดอาหาร NA นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นถ่ายเชื้ออีกหนึ่งครั้ง บ่มที่อุณหภูมิและเวลาเช่นเดียวกัน สำหรับเชื้อยีสต์ทำเช่นเดียวกันแต่ถ่ายเชื้อลงในอาหาร SDA นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อได้เชื้อทุกชนิดที่เจริญบนหลอดอาหารแล้ว ในกรณีที่เป็นเชื้อแบคทีเรีย เขี่ยเชื้อแต่ละชนิด 1 ลูปลงในหลอดอาหาร NB แต่ละหลอด นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สำหรับเชื้อยีสต์ทำเช่นเดียวกันแต่ถ่ายเชื้อลงในอาหาร SDB นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำเชื้อที่เจริญในอาหารเหลวทุกหลอดไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 3000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที เทส่วนใสทิ้งไป เติมสารละลายเปปโตนความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันกับเซลล์นำไปปั่นเหวี่ยงและเทส่วนใส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทิ้งไปเป็นการล้างเซลล์ 1 ครั้ง จากนั้นทำการล้างเซลล์ด้วยขั้นตอนเช่นเดียวกันนี้อีกหนึ่งครั้ง ทำให้อยู่ในรูปของสารแขวนลอยของเซลล์ด้วยสารละลายเปปโตนความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ปรับความขุ่นของเซลล์ให้เท่ากันทุกหลอดด้วย McFarland Standard เบอร์ 5 ยกเว้นแบคทีเรียแลคติกปรับความขุ่นด้วย McFarland Standard เบอร์ 0.5 จะได้ความเข้มข้นของเซลล์ประมาณ 10^7 CFUต่อมิลลิลิตร

3.2.1.3 การศึกษาฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ของสารสกัดจากชาสมุนไพรไทยด้วยเทคนิคการแพร่บนอาหารวุ้น (agar diffusion technique)

ทำการทดลองด้วยวิธีการของ Jorgensen และคณะ (1999) ดังนี้ เขียนระบุตำแหน่งที่วางแผ่นกระดาษขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตรบนจานอาหาร MHA ใช้ไม้พันสำลีปราศจากเชื้อจุ่มลงในสารแขวนลอยของเซลล์ที่เตรียมไว้ ทำการถู (swab) ให้ทั่วผิวอาหาร MHA ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 3-5 นาที จากนั้นใช้ปากคีบที่ปราศจากเชื้อคีบแผ่นกระดาษกรองที่ปราศจากเชื้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตรวางตรงตำแหน่งที่ระบุไว้ หยดสารสกัดแต่ละชนิดที่จะทดสอบความเข้มข้น 400 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรปริมาตร 20 ไมโครลิตรลงบนแผ่นกระดาษกรองรวมทั้งหยดสารละลาย DMSO ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 20 ไมโครลิตรซึ่งใช้เป็น Negative control แล้วคีบแผ่นกระดาษกรองที่มีเพนนิซิลินจีความเข้มข้น 10 ยูนิตวางลงบนผิวหน้าอาหารซึ่งใช้เป็น Positive control ทิ้งไว้ 15 นาที สังเกตดูว่าสารสกัดซึมเข้าสู่ผิวหน้าอาหารแล้วจากนั้นจึงคว่ำจานอาหาร และนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง บันทึกผลการทดลองโดยวัดขนาดโซนใสรอบๆแผ่นกระดาษกรองที่หยดสารสกัดจากชาสมุนไพร ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ

3.2.1.4 การหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดหยาบจากชาสมุนไพรที่มีฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ด้วยวิธีการเจือจางในอาหารเหลว (broth dilution technique)

ทำการทดลองด้วยวิธีการของ Jorgensen และคณะ (1999) ดังนี้ สำหรับการทดลองที่ใช้เชื้อแบคทีเรียทดสอบ เติมอาหาร MHB ปริมาตร 100 ไมโครลิตรลงในจานหลุมที่ปราศจากเชื้อทุกหลุมจากนั้นเติมสารสกัดหยาบของสมุนไพรแต่ละชนิดที่เตรียมไว้ซึ่งมีความเข้มข้น 400 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 100 ไมโครลิตรลงในหลุมแรกของแต่ละแถว (หนึ่งแถวต่อสารสกัดหนึ่งชนิด) ทำการเจือจางสารสกัด (2 เท่า) ด้วยอาหาร MHB ที่เติมไว้แล้วในหลุมไปเรื่อยๆจนครบ 8 หลุมจากนั้นเติมสารแขวนลอยของเซลล์แบคทีเรียที่เตรียมไว้ปริมาตร 20 ไมโครลิตร จะได้ความเข้มข้นของสารสกัดสุดท้ายเป็น 166.7, 83.3, 41.7, 20.8, 10.4, 5.2 และ 2.6 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับในแต่ละหลุม ในกรณีที่ใช้ยีสต์ทดสอบใช้อาหาร SDB แทนอาหาร MHB ทำการเจือจางกับสารสกัดเช่นเดียวกับวิธีข้างต้น สำหรับ Positive control ใช้สารปฏิชีวนะ 2 ชนิด คือ เพนนิซิลินจี และ แอมโฟเทอริซินบี ในกรณีของเพนนิซิลินจี ทำการเจือจางเพนนิซิลินจี 10 เท่า ตั้งแต่ 5,000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยูนิตต่อมิลลิลิตรไปเรื่อยๆจนกระทั่งได้ความเข้มข้นเป็น 0.005 ยูนิตต่อมิลลิลิตร ปิเปตเพนนิซิลินจีแต่ละความเข้มข้นลงไปในหลุม ส่วนกรณีของแอมโฟเทอริซินบีเติมแอมโฟเทอริซินบีความเข้มข้นเริ่มต้น 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรลงในหลุมปริมาตร 100 ไมโครลิตร ทำการเจือจาง 2 เท่าไปเรื่อยๆ จนครบ 8 หลุมและเติมสารแขวนลอยของเซลล์ 20 ไมโครลิตร จะได้ความเข้มข้นสุดท้ายของแอมโฟเทอริซินบีเป็น 4.17, 2.08, 1.04, 0.52, 0.26, 0.13 และ 0.065 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สำหรับ Negative control เติมสารละลาย DMSO ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ปริมาตร 100 ไมโครลิตรแทนสารสกัดหยาบจากสมุนไพร จากนั้นนำ Microtiter plate ทั้งหมดไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตรโดยใช้เครื่อง Microplate reader ก่อนที่จะนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แต่ในกรณีของยีสต์ให้นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Microplate reader อีกครั้ง ค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดหยาบจากสมุนไพรที่สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ คือค่า Minimum Inhibitory Concentration (MIC) ถ้าหากสารสกัดหยาบของสมุนไพรสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้จะมีค่าการดูดกลืนแสงหลังบ่มน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าการดูดกลืนแสงก่อนบ่ม

3.2.2 การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของสารสกัดหยาบจากชาสมุนไพรไทย

3.2.2.1 การวิเคราะห์หาคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบจากชาสมุนไพรไทย

ทำการทดลองตามวิธีการทดลองของ Brand-Williams และคณะ (1995) โดยนำตัวอย่างของสารสกัดแต่ละชนิดที่ได้จากข้อ 3.2.1.1 นำมาเจือจางให้ได้ความเข้มข้น 5 ระดับได้แก่ 1,000, 500, 100, 10 และ 1 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร นำสารสกัดแต่ละความเข้มข้นปริมาตร 75 ไมโครลิตรมาผสมกับสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.025 กรัมต่อลิตร(ในเมทานอล) ปริมาตร 2.925 มิลลิลิตรในคิวเวตแต่ละอันและใช้เมทานอลแทนสารสกัดเพื่อใช้เป็นแบลงค์ (Blank) จากนั้นจึงนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 515 นาโนเมตรด้วยเครื่องสเปคโตโฟโตมิเตอร์ ในช่วงเวลาต่างๆ ดังนี้ ได้แก่ 0, 0.5, 1, 2, 5, 10, 20 และ 30 นาที และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 515 นาโนเมตรของ DPPH ที่ความเข้มข้นต่างๆดังนี้ 0.025, 0.0125, 0.00625, 0.003125, 0.0015265 และ 0.00078125 กรัมต่อลิตร เพื่อทำกราฟมาตรฐานและหาสมการเส้นตรงของกราฟมาตรฐาน

คำนวณหาความเข้มข้นของ DPPH ที่เหลืออยู่ (เปอร์เซ็นต์ $DPPH_{REM}$) จากปฏิกิริยาในคิวเวตแต่ละอันของสารสกัดแต่ละความเข้มข้นจากสมการเส้นตรงของกราฟมาตรฐานของ DPPH ที่ความเข้มข้นต่างๆ การหาเปอร์เซ็นต์ของ DPPH ที่เหลือ (เปอร์เซ็นต์ $DPPH^{\cdot}_{REM}$) คำนวณได้โดยใช้สมการดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$[\%\ DPPH^{\cdot}_{REM}] = [DPPH^{\cdot}]_T/[DPPH^{\cdot}]_{T=0} \times 100$$

โดย $[DPPH^{\cdot}]_T$ หมายถึงความเข้มข้นของ $[DPPH^{\cdot}]$ ที่เวลาใดๆ และ $[DPPH^{\cdot}]_{T=0}$ หมายถึงความเข้มของDPPH$^{\cdot}$ ที่เวลา 0 นาที จากนั้นจึงนำค่าเปอร์เซ็นต์ของ DPPH ที่เหลือของสารสกัดแต่ละชนิด ณ ที่เวลาเสถียร (ดูจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ DPPH ที่เหลือกับเวลาซึ่งอยู่ในช่วงเวลา 30 นาทีในภาคผนวก ข) มาพลอตกราฟกับอัตราส่วนระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดต่อความเข้มข้นของ DPPH (ไมโครกรัมของสกัดต่อมิลลิกรัมของ DPPH) หาสมการเส้นตรงจากกราฟเพื่อคำนวณหาค่า EC_{50} (effective concentration) และค่า AE (antiradical efficiency) ของสารสกัดแต่ละชนิด (วิธีคำนวณแสดงในภาคผนวก ข)

3.2.2.2 การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในสารสกัดหยาบจากชาสมุนไพรไทย

ทำการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดตามวิธีการของ Tepe และคณะ (2005) ดังนี้ เตรียมสารสกัดหยาบของชาสมุนไพรให้มีความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปิเปตสารสกัดความเข้มข้นนี้ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตรใสในขวดรูปชมพู่ เติมน้ำกลั่น 46 มิลลิลิตรและเติมสาร Folin-Ciocalteu reagent ลงไป 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันทิ้งไว้ 3 นาที จากนั้นเติมสารละลายแคลเซียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ปริมาตร 3 มิลลิลิตรลงไป ทิ้งไว้นาน 2 ชั่วโมง เขย่าเป็นระยะๆ นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปคโตโฟโตมิเตอร์ นำค่าการดูดกลืนแสงมาคำนวณหาปริมาณของสารประกอบฟีนอลทั้งหมดจากสมการเส้นตรงของกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก การทำกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิกทำได้ดังนี้

ทำการเตรียมสารละลายกรดแกลลิกที่ความเข้มข้น 100, 50, 25, 10, 1 และ 0.1 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (ตามวิธีการในภาคผนวก ข) ทำการทดลองตามวิธีการหาปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดด้วยวิธีการเช่นเดียวกับที่กล่าวข้างต้น แต่ใช้สารละลายกรดแกลลิกที่ความเข้มข้นต่างๆแทนสารสกัดจากชาสมุนไพร เมื่อได้ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตรของสารละลายกรดแกลลิกที่ความเข้มข้นต่างๆ แล้วนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาพลอตกราฟกับความเข้มข้นของสารละลายกรดแกลลิกจะได้ความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง หาสมการเส้นตรงของกราฟมาตรฐาน เพื่อใช้ในการคำนวณหาปริมาณของสารประกอบฟีนอลทั้งหมดของตัวอย่างที่วิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 ฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ของสารสกัดจากชาสมุนไพรไทย

4.1.1 ผลการศึกษาฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ของสารสกัดจากชาสมุนไพรไทยด้วยเทคนิคการแพร่บนอาหารวุ้น

จากผลการทดลองศึกษาคุณสมบัติการยับยั้งจุลินทรีย์ทั้งหมด 15 ชนิดของสารสกัดหยาบจากสมุนไพรไทยด้วยเทคนิค Agar diffusion ดังตารางที่ 7 แสดงให้เห็นว่า สารสกัดหยาบจากใบพลูมีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้กว้างที่สุด โดยสามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้เกือบทั้งหมด (14 ชนิด) รองลงมาเป็นสารสกัดหยาบจากชาจีน (11 ชนิด) ผลมะตูม (10 ชนิด) ใบหม่อน (8 ชนิด) ใบเตย (7 ชนิด) ใบบัวบก (6 ชนิด) ใบมะยม (4 ชนิด) และน้อยหน่า (4 ชนิด) ซึ่งชนิดของจุลินทรีย์ที่สารสกัดจากใบพลูสามารถยับยั้งได้ดีที่สุดคือ *H. uvarum* (เส้นผ่านศูนย์กลางของโซนใส 14 มิลลิเมตร) สารสกัดหยาบจากชาจีนสามารถยับยั้งเชื้อ *L. mesenteroides*, *P. membranaefaciens* และ *Z. rouxii* ได้ดีที่สุด (มีเส้นผ่านศูนย์กลางของโซนใส 20 มิลลิเมตรทั้ง 3 ชนิด) สารสกัดจากผลมะตูมสามารถยับยั้งเชื้อ *S.* Enteritidis ได้ดีที่สุด (10 มิลลิเมตร) สารสกัดหยาบจากใบหม่อน สามารถยับยั้งเชื้อ *B. cereus* ได้ดีที่สุด (10 มิลลิเมตร) สารสกัดหยาบจากใบเตยสามารถยับยั้งเชื้อ *P. fluorescens* ได้ดีที่สุด (10 มิลลิเมตร) สารสกัดหยาบจากใบบัวบกสามารถยับยั้งเชื้อ *L. fermentum* ได้ดีที่สุด (20 มิลลิเมตร) สารสกัดหยาบจากมะยมแทบไม่มีการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์เลย ส่วนสารสกัดหยาบจากใบน้อยหน่าสามารถยับยั้งเชื้อ *C. lipolytica* ได้ดีที่สุด (9 มิลลิเมตร)

เมื่อเปรียบเทียบฤทธิ์การยับยั้งแบคทีเรียและยีสต์ของสารสกัดหยาบจากสมุนไพรไทย พบว่าสารสกัดหยาบจากใบพลูมีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียและยีสต์ได้ดี ยกเว้น *L. plantarum* ซึ่งไม่ถูกยับยั้งโดยสารสกัดจากใบพลู สารสกัดหยาบจากชาจีนมีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อยีสต์ (7.5-20 มิลลิเมตร) และเชื้อแบคทีเรียที่ทำให้เกิดการเน่าเสีย (*P. fluorescens*, *L. fermentum*, *L. plantarum* และ *L. mesenteroides*, 12-20 มิลลิเมตร) ได้ดีกว่าแบคทีเรียกลุ่มก่อให้เกิดโรคซึ่งยับยั้งได้เพียง 2 ชนิด คือ *L. monocytogenes* (8.5 มิลลิเมตร) และ *S.* Enteritidis (7.7 มิลลิเมตร, แต่ไม่ยับยั้ง *B. cereus*, *E. coli* และ *S. aureus*) สารสกัดหยาบจากผลมะตูมและใบหม่อนมีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค (8.5-10 มิลลิเมตร) ได้ดีกว่าเชื้อแบคทีเรียที่ทำให้เกิดการเน่าเสียและเชื้อยีสต์ (7.5-9.3 มิลลิเมตร) สารสกัดจากใบเตยมีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้จำนวนมากกว่าเชื้อยีสต์ โดยเฉพาะแบคทีเรียพวกที่ทำให้เกิดการเน่าเสียยับยั้งได้มากชนิดกว่า สารสกัดหยาบจากใบบัวบกมีฤทธิ์ยับยั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบคทีเรียที่ทำให้เกิดการเน่าเสีย (10-20 มิลลิเมตร) ได้แก่ *L. fermentum* และ *L. mesenteroides* ได้ดีกว่ายีสต์และแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค (7-7.7 มิลลิเมตร) สารสกัดหยาบจากใบมะยมไม่มีผลในการยับยั้งแบคทีเรียส่วนใหญ่ยกเว้น *L. mesenteroides* ซึ่งมีฤทธิ์ยับยั้งเพียงเล็กน้อย (7.5 มิลลิเมตร) ส่วนยีสต์ก็มีการยับยั้งเพียงเล็กน้อยเช่นกัน (7.5 มิลลิเมตร) และสารสกัดจากใบน้อยหน่าแทบไม่มีฤทธิ์ในการยับยั้งยีสต์และแบคทีเรียที่ทำให้เน่าเสีย ยกเว้น *C. lipolytica* และ *L. mesenteroides* ซึ่งถูกยับยั้งโดยสารสกัดจากใบน้อยหน่า ส่วนแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค สารสกัดจากใบน้อยหน่ายับยั้งได้เพียง 2 ชนิดเท่านั้น คือ *B. cereus* (8 มิลลิเมตร) และ *S.* Enteritidis (8.5 มิลลิเมตร) ดังนั้นจากผลการทดลองนี้จึงได้คัดเลือกสารสกัดจากชาจีน ใบบัวบก ใบพลู ใบเตย และผลมะตูม ซึ่งมีฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ได้ดีมาหาค่าความเข้มข้นต่ำสุด (MIC) ที่สามารถยับยั้งจุลินทรีย์ได้ต่อไป สำหรับผลการตรวจสอบของ Negative control โดยใช้ DMSO ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ พบว่าไม่มีผลต่อการยับยั้งจุลินทรีย์ทุกชนิดที่ทดสอบ ส่วนการใช้เพนนิซิลินจีเป็น Positive control พบว่าให้ผลยับยั้งจุลินทรีย์ทุกชนิดได้

4.1.2 ผลการหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดหยาบจากชาสมุนไพรไทยที่มีฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ด้วยวิธีการเจือจางในอาหารเหลว

จากการทดสอบค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ยับยั้งจุลินทรีย์ (MIC) ของสารสกัดจากชาสมุนไพรไทยซึ่งสกัดโดยเอทานอล 5 ชนิด ได้แก่ ชาจีน ใบบัวบก ใบพลู ใบเตย และผลมะตูม ในการยับยั้งจุลินทรีย์ทั้งหมด 15 ชนิด ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 8 เมื่อพิจารณาจากค่า MIC โดยรวม พบว่าสารสกัดจากผลมะตูม ชาจีน และใบพลูสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ดี (ค่า MIC ส่วนใหญ่น้อยกว่า 166.7 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) กว่าสารสกัดจากใบบัวบกและใบเตย (ค่า MIC ส่วนใหญ่มากกว่า 166.7 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) และเมื่อพิจารณาค่า MIC ของชาจีน ผลมะตูม และใบพลู พบว่าชาจีนและผลมะตูมมีฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์สูงกว่าใบพลูเนื่องจากมีค่าความความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ต่ำกว่าของใบพลู ในบรรดากลุ่มจุลินทรีย์ก่อโรคที่ทดสอบ พบว่า *B. cereus*, *E. coli* และ *S. aureus* ค่อนข้างไวต่อสารสกัดจากชาจีนและผลมะตูม (ค่า MIC อยู่ในช่วง 10.4-41.7 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) มากกว่า *L. monocytogenes* และ *S.* Enteritidis (ค่า MIC อยู่ในช่วง 83.3- มากกว่า 166.7 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) สำหรับกลุ่มแบคทีเรียที่ทำให้อาหารเน่าเสียจะเห็นได้ว่าเชื้อ *L. mesenteroides* สามารถถูกยับยั้งโดยสารสกัดทั้งสองชนิดนี้ได้ดีที่สุด (ค่า MIC อยู่ในช่วง 10.4-20.8 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) รองลงมาได้แก่ *L. plantarum*, *P. fluorescens* และ *L. fermentum* สำหรับเชื้อยีสต์ ยีสต์ที่ไวต่อสารสกัดจากชาจีนมากที่สุดคือ *H. uvarum* และ *R. glutinis* (ค่า MIC เท่ากับ 41.7 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) และยีสต์ที่ไวต่อสารสกัดจากผลมะตูมมากที่สุดได้แก่ *C. lipolytica* และ *P. membranaefaciens* (ค่า MIC เท่ากับ 83.3 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) สำหรับผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจสอบของ Negative control โดยใช้ DMSO ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ พบว่าไม่มีผลต่อการยับยั้งจุลินทรีย์ทุกชนิดที่ทดสอบ ส่วนการใช้เพนนิซิลินจีเป็น Positive control พบว่าให้ผลยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ดี (ค่า MIC อยู่ในช่วง 2.6-166.7 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) ซึ่งเชื้อแบคทีเรียที่ไวต่อเพนนิซิลินจีมากที่สุดคือ *S. aureus* และ *L. monocytogenes* (ค่า MIC เท่ากับ 2.6 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) ส่วนยีสต์ที่ไวต่อเพนนิซิลินจีมากที่สุดคือ *H. uvarum* (ค่า MIC เท่ากับ 41.7 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) การใช้แอมโฟเทอริซิน บีเป็น Positive control พบว่าให้ผลยับยั้งเชื้อยีสต์ได้ดีกว่าเชื้อแบคทีเรีย (ค่า MIC อยู่ในช่วง 2.6-166.7 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) ซึ่งยีสต์ที่ไวต่อแอมโฟเทอริซินบีคือ *S. pombe* (ค่า MIC เท่ากับ 2.6 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) รองลงมาได้แก่ *P. membranaefaciens*, *R. glutinis*, *H. uvarum*, *C. lipolytica* และ *Z. rouxii* สำหรับแบคทีเรียที่ทำให้อาหารเน่าเสียจะไวต่อแอมโฟเทอริซินบีมากกว่าแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค (ค่า MIC อยู่ในช่วง 41.7-166.7 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)

ในการทดลองนี้ซึ่งได้มีการศึกษาฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ของชาสมุนไพรไทยทั้งหมด 8 ชนิด ได้แก่ ชาจีน ใบเตย ใบน้อยหน่า ใบบัวบก ใบพลู ใบหม่อน ใบมะยม และผลมะตูม ซึ่งคุณสมบัติการต้านจุลินทรีย์ของสารสกัดจากสมุนไพรแต่ละชนิดพิจารณาได้จากค่า MIC ของจุลินทรีย์แต่ละชนิดที่นำมาทดสอบ ค่า MIC ที่ต่ำแสดงถึงฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ที่ดี จากผลการทดลองที่ได้ ใบพลูมีฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ได้ดีเนื่องจากใบพลูมีน้ำมันหอมระเหยประกอบด้วยสารที่มีฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์หลายชนิด ได้แก่ Chavicol, Chavibetol, Eugenol, p-Cymene, Eugenol, Methyl Ether, Cadinene และ Caryophyllene จากผลการทดลองซึ่งพบว่าสารสกัดจากใบพลูสามารถยับยั้งจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ได้ดี ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการทดลองของอุไรวรรณ และคณะ (2543) ซึ่งได้ทำการสกัดใบพลูด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์และนำกากที่ได้มาสกัดต่อด้วยเอทานอลและได้ศึกษาฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์จากสารสกัดจากใบพลู 148 ตัวอย่างในการยับยั้งเชื้อ *Aspergillus niger*, *Trichophyton mentagrophytes*, *S. aureus*, *Streptococcus sp.* ด้วยวิธี Disc agar diffusion พบว่าสารสกัดจากใบพลูมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญ *T. mentagrophytes* ได้ดีที่สุด รองลงมาได้แก่ *S. aureus*, *A niger* และ *Streptococcus sp.* นอกจากนี้ Harborne และ Williams (2002) ยังได้กล่าวว่าใบพลูมีคุณสมบัติด้านชีวภาพหลายประการ ซึ่งได้แก่คุณสมบัติการต้านจุลินทรีย์ การต้านไวรัส การต้านการอักเสบ การต้านการแข็งตัวของเลือด (antiplatelet) การต้านอนุมูลอิสระ การต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่น และคุณสมบัติทำให้หลอดเลือดขยายตัว

สำหรับสารสกัดจากผลมะตูมซึ่งพบว่ามีฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ได้หลายชนิด โดยเฉพาะยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคได้ดี เช่น *B. cereus*, *E. coli*, *S. aureus*, *L. monocytogenes* และ *Salmonella* ได้ดีดังเช่นการรายงานของ Shoba และThomas (2001) ซึ่งพบว่าสารสกัดจากมะตูมด้วยเมทานอลมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิภาพในการต่อต้านโรคท้องเสียได้ดี ทั้งนี้เนื่องจากมะตูมประกอบด้วยสารแทนนินและสารที่มีลักษณะเป็นเมือก ส่วนฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ของมะตูมได้มีผู้ศึกษาฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ของน้ำมันหอมระเหยที่แยกได้จากใบของมะตูม พบว่าสามารถยับยั้งเชื้อราได้หลายชนิด ซึ่งเชื้อรามีความต้านทานต่อน้ำมันหอมระเหยจากใบมะตูม คือ *Fusarium udum* ซึ่งถูกยับยั้ง 80 เปอร์เซ็นต์ที่ความเข้มข้น 400 พีพีเอ็ม นอกจากนี้น้ำมันหอมระเหยจากมะตูมยังยับยั้งการงอกของสปอร์ทุกชนิดเกือบ 100 เปอร์เซ็นต์ (Rana และคณะ, 1997) ในการทดลองนี้สารสกัดจากใบชามีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ได้ดีโดยเฉพาะแบคทีเรียแกรมบวกที่ก่อให้เกิดโรค ได้แก่ *B. cereus* และ *S. aureus* รวมทั้งจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสียได้แก่ *L. plantarum*, *L. mesenteroides* และ *P. fluorescens* ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการทดลองของ Chou และคณะ (1999) ซึ่งได้ทำการทดลองพบว่า *P. fluorescens* เป็นแบคทีเรียที่ไวต่อสารสกัดจากชามากที่สุด ขณะที่ *B. subtilis* เป็นแบคทีเรียที่ไวต่อสารสกัดน้อยที่สุด นอกจากนี้ Yam และคณะ (1997) พบว่าสารสกัดจากชาเขียวสามารถทำลายเชื้อ *S. aureus* และ *Staphylococcus epidermidis* โดยมีค่า MIC เป็น 0.28 และ 0.41มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรตามลำดับ ฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ของสารสกัดจากชาเขียวคาดว่าอาจเป็นผลจากการที่ชามีโพลีฟีนอลเป็นส่วนประกอบ โดยทั่วไปชาประกอบด้วยสารโพลีฟีนอล 3 กลุ่มใหญ่ๆ ได้แก่ คาเทชิน, Theaflavins และ Thearubigins Catechins ชนิดที่เรียกว่า (-)-Epigallocatechin gallate (EGCG) (Yanishlieva-Maslarova, 2001) ดังการทดลองของ Sakanaka และคณะ (2000) ได้ศึกษาฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ของสารโพลีฟีนอลจากชาเขียวต่อการยับยั้งแบคทีเรียที่ชอบอุณหภูมิสูงที่สร้างสปอร์ (thermophillic sporeforming bacteria) พบว่าในบรรดาแบคทีเรียตระกูล *Bacillus* ที่ทดสอบสารโพลีฟีนอลจากชาเขียวสามารถยับยั้งเชื้อ *B. stearothermophilus* ได้ดี สาร EGCG มีฤทธิ์ต้านเชื้อ *B. stearothermophilus* และ *Clostridium thermoceticum* ได้สูงสำหรับฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ของชาจีน Limsong และคณะ (2004) ได้ทดลองพบว่าชาจีนมีฤทธิ์ยับยั้งการเกาะของเชื้อ *Streptococcus mutans* ได้ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสมุนไพรชนิดอื่นที่ศึกษาอีก 5 ชนิด ได้แก่ *Casia alata* (ชุมเห็ดเทศ), *Psidium guajava* (ฝรั่ง), *Andrographis paniculata*, *Harrisonia perforate* และ *Streblus asper*

สำหรับสารสกัดจากใบเตย เป็นพืชที่มีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับสารสกัดชนิดอื่น ซึ่งในการทดลองนี้ ค่า MIC ส่วนใหญ่ในการยับยั้งจุลินทรีย์ที่ทดสอบมีค่ามากกว่า 166.7 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร Linda และคณะ (2004) ได้สกัดสาร Pandanin จากใบเตยซึ่งสารนี้เป็นโปรตีนชนิดหนึ่ง (unglycosylate protein) ที่มีมวลโมเลกุล 8 กิโลดาลตัน พบว่าสาร Pandanin นี้มีฤทธิ์ต้านไวรัสที่ติดเชื้อในคน เช่น Herpes simplex virus type-1 (HSV-1) และ Influenza virus (H1N1) สำหรับฤทธิ์ต้านแบคทีเรียและยีสต์ของสารสกัดจากใบเตยยังไม่มีผู้ใดรายงานไว้ เนื่องมาจากใบเตย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกอบด้วยสารประกอบระเหยหลายชนิด โดยเฉพาะ 2- acethyl-1-pyroline (Laksanalamai และ Ilangantileke, 1993) นอกจากนี้ยังพบสารแอลคาลอยด์ เช่น Pandanamine และ Pandanamerilactones ที่มีโครงสร้างที่เรียกว่า Pyrroline-derived (Takayama และคณะ, 2001) อย่างไรก็ตามสารที่เป็นส่วนประกอบของใบเตยชนิดใดที่มีผลในการยับยั้งจุลินทรีย์ยังไม่ทราบแน่ชัด

สำหรับสารสกัดจากใบบัวบก ในการทดลองนี้มีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ไม่มากนักโดยสามารถยับยั้งจุลินทรีย์ที่ทดสอบได้ ซึ่งเกือบทั้งหมดของเชื้อที่ใช้ทดสอบมีค่า MIC มากกว่า 166.7 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร Cheeptham และ Towers (2002) ได้ศึกษาคุณสมบัติการต้านแบคทีเรียของสารสกัดจากใบบัวบกด้วยเอทานอล พบว่าสารสกัดจากใบบัวบกมีฤทธิ์ยับยั้ง *S. aureus* และ *B. subtilis* บัวบกเป็นพืชที่ได้มีการรายงานการใช้ประโยชน์ในการรักษาแผล ช่วยให้ความจำดี จิตใจแจ่มใส รักษาโรคหลอดลมอักเสบ หอบหืด บิด โลหิตจาง โรคไต และท่อปัสสาวะอักเสบ (Jaganath และ NG, 1999) นอกจากนี้ยังป้องกันการเกิดภูมิแพ้ และสามารถป้องกันการเกิดมะเร็งได้ด้วย (Kan, 1986) คุณสมบัติของสารสกัดจากบัวบกที่ให้ประโยชน์ดังกล่าวเนื่องมาจากสารสำคัญในบัวบกได้แก่ Asiatic acid, Asiaticoside, Madecassic acid และ Madecassoside (Inamdar และคณะ, 1996)

สำหรับฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์จากใบหม่อน ได้มีผู้รายงานไว้โดย Nomura (1998) ได้พบว่าเปลือกของรากหม่อนมีฤทธิ์ต้านเชื้อ *S. aureus*, *Sreptococcus faecalis*, *B. subtilis* และ *Mycobacterium smegmatis* นอกจากนี้ Park และคณะ (2003) ยังได้แยกสาร Kuwanon G จากสารสกัดของเปลือกรากหม่อน พบว่าสารนี้สามารถยับยั้ง *S. mutans* ซึ่งเป็นสาเหตุของฟันผุ และมีค่า MIC เท่ากับ 8 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และสาร Kuwanon G นี้ยังสามารถยับยั้งเชื้อ *Streptococcus sobrinus*, *S. sanguis* และ *Porpyromonas gingivalis* ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคเยื่อหุ้มฟันอักเสบ (Kim และคณะ, 1993) จากการทดลองนี้ซึ่งพบว่าสารสกัดจากใบน้อยหน่า สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้เพียงเล็กน้อย ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Kotkar และคณะ (2002) ซึ่งพบว่าสารฟลาโวนอยด์ที่ทำให้บริสุทธิ์เพียงบางส่วนของสารสกัดจากใบน้อยหน่าสามารถมีฤทธิ์ในการยับยั้งจุลินทรีย์และฆ่าแมลงได้ สำหรับสารที่มีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ยังไม่ทราบแน่ชัด

ส่วนสารสกัดจากใบมะยมจากการทดสอบพบว่ามีฤทธิ์การต้านจุลินทรีย์ค่อนข้างน้อย โดยยังไม่เคยมีผู้รายงานถึงฤทธิ์การต้านจุลินทรีย์ของสารสกัดจากใบมะยม Hadi และ Bremner (2001) ได้เก็บตัวอย่างพืช 100 ชนิดที่คาดว่ามีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์รวมถึงฤทธิ์ต้านมาลาเรียตามที่ได้มีการใช้ประโยชน์กันทั่วไปในทางยา โดยพืชทั้งหมดที่ทดสอบอยู่ใน 49 Family และ 80 ตระกูล ปรากฏว่า 23 เปอร์เซ็นต์ของพืชที่ทดสอบมีสารฟลาโวนอยด์ ซึ่งเป็นสารที่เกี่ยวข้องกับการมีคุณสมบัติต้านจุลินทรีย์ สำหรับสารสกัดจากใบ เปลือก และรากของมะยมไม่พบว่ามีสารแอลคาลอยด์เป็นส่วนประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 คุณสมบัติการยับยั้งจุลินทรีย์ของสารสกัดหยาบจากชาสมุนไพรไทยด้วยเทคนิค agar diffusion

ชนิดของจุลินทรีย์	เส้นผ่านศูนย์กลางของโซนใส (มม.)[a]							
	ชาจีน	ใบเตย	ใบน้อยหน่า	ใบบัวบก	ใบพลู	ใบหม่อน	ใบมะยม	ผลมะตูม
Bacillus cereus	-[b]	-	8.0±0.0	7.0±0.0	9.7±3.8	10.0±1.4	-	-
Escherichia coli	-	-	-	-	10.3±1.2	-	-	9.7±3.8
Listeria monocytogenes	8.5±0.7	8.5±0.7	-	-	9.5±0.7	9.5±2.1	-	9.7±1.2
Salmonella Enteritidis	7.7±1.2	-	8.5±0.7	-	7.3±0.6	8.5±2.1	-	10±1.4
Staphylococcus aureus	-	8.5±0.7	-	7.0±0.0	9.3±2.1	8.5±0.7	-	9.0±3.5
Pseudomonas fluorescens	12.7±4.4	10.0±4.0	-	-	8.0±1.4	-	-	8.0±1.4
Lactobacillus fermentum	12.0±5.3	8.5±2.1	-	20.0±0.0	10.0±1.4	-	-	-
Lactobacillus plantarum	12.3±5.9	-	-	-	-	7.5±0.7	-	-
Leuconostoc mesenteroides	20.0±0.0	9.0±1.0	7.5±0.7	10±1.4	11.3±2.5	8.5±1.6	7.5±0.7	8.3±0.6
Candida lipolytica	10.0±4.2	9.0±1.0	9.0±0.0	7.0±0.0	8.3±0.6	9.3±2.3	7.5±0.7	9.3±1.5
Hanseniaspora uvarum	9.0±2.0	-	-	-	14±0.0	-	-	-
Pichia membranaefaciens	20.0±0.0	-	-	-	9.3±0.6	-	-	8.3±0.6
Rhodotolurular glutinis	7.5±0.7	8.3±1.2	-	-	8.0±1.4	7.7±1.2	7.5±0.7	8.5±2.1
Schizosaccharomyces pombe	-	-	-	-	11.7±1.5	-	-	-
Zygosaccharomyces rouxii	20.0±0.0	-	-	7.7±0.6	10.7±0.6	-	7.5±0.7	7.3±0.6

[a] ค่าเฉลี่ยของข้อมูลจากการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ

[b] ไม่พบการยับยั้ง (เส้นผ่านศูนย์กลางของโซนใส < 6 มม.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 ค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งจุลินทรีย์ของสารสกัดจากชาสมุนไพรไทย

เชื้อจุลินทรีย์	ค่าความเข้มข้นต่ำสุด (mg/ml)						
	ชาจีน	ใบเตย	ใบบัวบก	ใบพลู	ผลมะตูม	Penicillin G	Amphotericin B
Bacillus cereus	10.4	>166.7	>166.7	>166.7	41.7	20.8	83.3
Escherichia coli	83.3	166.7	166.7	83.3	41.7	20.8	166.7
Listeria monocytogenes	166.7	>166.7	>166.7	>166.7	83.3	2.6	83.3
Salmonella Enteritidis	>166.7	166.7	>166.7	83.3	83.3	166.7	>166.7
Staphylococcus aureus	20.8	>166.7	>166.7	>166.7	41.7	2.6	>166.7
Pseudomonas fluorescens	41.7	>166.7	>166.7	>166.7	83.3	10.4	83.3
Lactobacillus fermentum	166.7	>166.7	>166.7	>166.7	83.3	20.8	166.7
Lactobacillus plantarum	20.8	166.7	>166.7	166.7	83.3	166.7	41.7
Leuconostoc mesenteroides	20.8	>166.7	>166.7	>166.7	10.4	10.4	166.7
Candida lipolytica	83.3	166.7	>166.7	>166.7	83.3	166.7	41.7
Hanseniaspora uvarum	41.7	>166.7	>166.7	>166.7	>166.7	41.7	41.7
Pichia membranaefaciens	166.7	>166.7	>166.7	166.7	83.3	>166.7	10.7
Rhodotolurular glutinis	41.7	>166.7	>166.7	83.3	166.7	>166.7	20.8
Schizosaccharomyces pombe	>166.7	>166.7	>166.7	>166.7	>166.7	166.7	2.6
Zygosaccharomyces rouxii	>166.7	>166.7	>166.7	>166.7	166.7	>166.7	166.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 คุณสมบัติทางเคมีของสารสกัดจากชาสมุนไพรไทย

4.2.1 คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ

ในการทดลองนี้ได้ศึกษากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากชาสมุนไพรไทยทั้งหมด 8 ชนิด ได้แก่ ชาจีน ใบเตย ใบน้อยหน่า ใบบัวบก ใบพลู ใบมะยม ใบหม่อน และผลมะตูม ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 9 คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของชาสมุนไพรไทยแสดงได้ในรูปของค่า EC_{50} ซึ่งเป็นค่าความเข้มข้นของสารต้านอนุมูลอิสระที่มีอยู่ในสารสกัดที่จำเป็นต้องใช้ในการลดความเข้มข้นของ DPPH เริ่มต้นลง 50 เปอร์เซ็นต์ (Sanchez และคณะ, 1998) ค่า EC_{50} เป็นค่าที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการวัดกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ สำหรับค่า AE (antiradical efficiency, $AE = 1/EC_{50}$) หรือ Antiradical power (ARP) เป็นค่าอีกค่าหนึ่งที่ใช้ในการวัดกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ พบว่าถ้าหากค่า EC_{50} ของสารต้านอนุมูลอิสระยิ่งต่ำมากเท่าใดหรือมีค่า AE ยิ่งสูงมาก นั่นแสดงว่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของสารนั้นก็จะยิ่งมาก (Brand-Williams และคณะ, 1995) จากการทดลองเมื่อพิจารณาค่า EC_{50} และค่า AE จะเห็นได้ว่าสารสกัดจากใบบัวบกมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด (ค่า EC_{50} เท่ากับ 114.36 ไมโครกรัมของสารสกัดต่อมิลลิกรัมของ DPPH) รองลงมาเป็นสารสกัดจากใบน้อยหน่า ผลมะตูม ใบพลู ชาจีน ใบมะยม ใบหม่อน และใบเตย สำหรับ Positive control ที่ใช้คือ วิตามินอี มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าใบบัวบกคือ มีค่า EC_{50} เท่ากับ 73.6 ไมโครกรัมของสารสกัดต่อมิลลิกรัมของ DPPH

4.2.2 ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดจากชาสมุนไพรไทย

จากการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดจากชาสมุนไพรไทย ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 10 จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า สารสกัดจากชาสมุนไพรไทยที่มีสารประกอบฟีนอลทั้งหมดสูงที่สุดคือ ชาจีน (335.88 ไมโครกรัมของกรดแกลลิกต่อมิลลิกรัมของสารสกัด) รองลงมาเป็นสารสกัดจากใบพลู ใบน้อยหน่า ผลมะตูม ใบบัวบก ใบหม่อน ใบมะยม และใบเตย

จากการทดลองนี้ที่พบว่าสารสกัดจากใบบัวบกมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระสูง การที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากสารประกอบฟีนอลในใบบัวบกซึ่งจากผลการทดลองนี้พบว่าสารสกัดจากใบบัวบกมีปริมาณสารประกอบฟีนอล ทั้งหมด 11.05 ไมโครกรัมของกรดแกลลิกต่อมิลลิกรัมของสารสกัด Zainol และคณะ (2003) ได้วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในใบบัวบกพบว่าส่วนของใบมีสารประกอบฟีนอลสูงที่สุด (8.13-11.7 กรัมต่อ100 กรัม) เมื่อเปรียบเทียบกับส่วนอื่นๆของบัวบก สารประกอบฟีนอลเป็นสารต้านอนุมูลอิสระธรรมชาติ ซึ่งพบได้ทั่วไปในเครื่องเทศและสมุนไพร ได้มีผู้แยกและจำแนกสารประกอบฟีนอลที่สำคัญจากเครื่องเทศและสมุนไพรหลายชนิดได้แก่ Rosemary, Sage, ไทม์, Mace, Oregano, ขมิ้น, ขิง, พริกไทย, กานพลู และพริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารประกอบส่วนใหญ่ที่แยกได้มีปฏิกิริยาในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่นได้ดีพอกับสาร BHA, BHT หรือ α-tocopherol (Rajilakshmi และ Narasimhan, 1996) สารประกอบในกลุ่มของฟลาโวนอยด์ จัดเป็นสารประกอบฟีนอลกลุ่มหนึ่งซึ่งพบได้ในผักผลไม้หลายชนิดรวมทั้งในใบน้อยหน่าซึ่งสารนี้เป็นสารที่ให้กลิ่นรสและสี สารประกอบนี้มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระโดยจะไปแตกสลายปฏิกิริยาลูกโซ่ของการเกิดอนุมูลอิสระ (free radical chain reaction) สารประกอบที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระจะต้องสามารถชะลอหรือป้องกันการเกิดออกซิเดชั่นของสารตั้งต้นเมื่อมีสารนี้ในความเข้มข้นต่ำ และอนุมูลอิสระที่ถูกสร้างขึ้นจะต้องมีความเสถียรเพื่อที่จะป้องกันตัวมันเองไม่ให้กระทำตัวเป็นอนุมูลที่จะไปก่อให้เกิดปฏิกิริยาเกิดอนุมูลอิสระต่อไป (Croft, 1999) ปัจจุบันมีผู้ให้ความสนใจกับสารประกอบฟีนอลมาก เนื่องจากสามารถป้องกันการเกิดโรคหัวใจและการเกิดโรคมะเร็งได้ดังการทดลองของ Gnanapragasam และคณะ (2004) พบว่าบัวบกมีผลป้องกันโรคหัวใจในหนู

สำหรับสารสกัดจากผลมะตูมพบว่ามีคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระสูงรองจากใบบัวบกและใบน้อยหน่า ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการทดลองของ Kamalakanan และ Prince (2003) ซึ่งได้รายงานว่าสารสกัดจากผลมะตูมมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระในหนู Lampronti และคณะ (2003) ได้รายงานว่าสารสกัดจากเปลือกของต้นมะตูมสามารถยับยั้งการเกิดเนื้องอกในคนและได้วิเคราะห์หาสารสำคัญในสารสกัดจากมะตูมด้วย GC-MS พบสารสำคัญได้แก่ Butyl p-tolyl sulfide, 6-methyl-4-chromanone และ Butylated hydroxyanisole จากผลการทดลองนี้สารสกัดจากใบพลูมีค่า EC_{50} เท่ากับ 352.59 ไมโครกรัมของสารสกัดต่อมิลลิกรัมของ DPPH และมีสารประกอบฟีนอลทั้งหมดค่อนข้างสูงเท่ากับ 137.05 ไมโครกรัมของกรดแกลลิกต่อมิลลิกรัมของสารสกัดเช่นเดียวกับ Runnie และคณะ (2004) ซึ่งได้วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในใบพลู พบว่ามีปริมาณ 67 มิลลิกรัมต่อกรัมของสารสกัดแห้ง นอกจากนี้ Brown และ Hu (2001) ยังศึกษาพบว่าสารสกัดจากใบพลูยังมีคุณสมบัติในการต้านการเกิดโรคเรื้อรังต่างๆ ได้แก่ ความดันโลหิตสูง (hypertension) เบาหวาน (diabetes) และโรคผนังหลอดเลือดแดงหนา (atherosclerosis) ส่วนสารสกัดจากชาจีน พบว่าในใบชามีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เนื่องจากในใบชาประกอบด้วยสารประกอบฟีนอลปริมาณมากซึ่งจะมีอยู่ทั้งในชาเขียว (ยังไม่ผ่านการหมัก) และชาที่ผ่านการหมักแล้ว (Yamamoto และ Chu, 1997) และยังพบว่าสารสกัดจากชาดำ (black tea) ซึ่งเป็นชาที่ผ่านการหมักเป็นเวลานานมากที่สุด จะมีปฏิกิริยาในการต้านอนุมูลอิสระน้อยที่สุดเนื่องจากสารคาเทชิน ซึ่งเป็นสารประกอบที่สำคัญในสารฟีนอลิกได้ถูกออกซิไดซ์ในระหว่างกระบวนการหมัก Atoui และคณะ (2004) ได้ตรวจสอบคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากพืชสมุนไพรต่างๆ ได้แก่ Chinese green tea (ชาจีน), Black tea (ชาดำ), Dictamnus, Eucalyptus, Sage,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Linden, Mint, Chamomile และ Mountain tea พบว่าชาจีนมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด ซึ่งมีค่า EC_{50} เท่ากับ 0.15 มิลลิกรัม quercetinต่อมิลลิกรัม DPPH และค่า AE เท่ากับ 6.65 รองลงมาได้แก่ Black tea ขณะที่ Moutain tea มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระต่ำที่สุด ในส่วนของการทดลองนี้พบว่าในชาจีนมีค่า EC_{50} เท่ากับ 549.66 ไมโครกรัมของสารสกัดต่อมิลลิกรัมของ DPPH มีค่า AE เท่ากับ 0.0018 และมีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดเท่ากับ 335.88 ไมโครกรัมของกรดแกลลิกต่อมิลลิกรัมของสารสกัดซึ่งสูงกว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลในสารสกัดจากชาสมุนไพรชนิดอื่นๆที่ทำการทดลอง ด้วยเหตุนี้ชาจีนจึงมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระสูง

สำหรับสารสกัดจากใบมะยม จากผลการทดลองนี้พบว่าสารสกัดจากใบมะยมมีคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระค่อนข้างน้อย โดยมีค่า EC_{50} เท่ากับ 1169.39 ไมโครกรัมของสารสกัดต่อมิลลิกรัมของ DPPH มีค่า AE เท่ากับ 0.00086 ซึ่งยังไม่เคยมีผู้ศึกษาคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดจากใบมะยมมาก่อน ในสารสกัดจากใบหม่อนจากผลการทดลองพบว่ามีค่า EC_{50} เท่ากับ 1492.08 ไมโครกรัมของสารสกัดต่อมิลลิกรัมของ DPPH มีค่า AE เท่ากับ 0.00067 จากการทดลองของ Ohsugi และคณะ (1999) พบว่าในสารสกัดจากผลหม่อนที่สกัดด้วยน้ำ มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระค่อนข้างต่ำเนื่องจากมีสารสำคัญที่มีผลต่อการต้านอนุมูลอิสระอยู่ค่อนข้างน้อยโดยสารเหล่านั้นได้แก่ Cafeic acid, Protocatechuic acid, Gakkic acid, (-)-Epigakkoucatechin 3-*O*-gallate, 3-*O*-galloylepigallocatechin-(4β⟶8)-epigallocatechin 3-*O*-gallate, Heterodendrin และ Gallic acid 4-*O*- β-D-glucopyranoside ส่วนในสารสกัดจากใบเตยได้มีผู้รายงานว่าในสารสกัดจากใบเตยประกอบด้วยสารสำคัญได้แก่ น้ำมันหอมระเหย, 2-acetyl-1-pyrroline (Apintanapong และ Noomhorn, 2003) ได้มีผู้ศึกษาฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดจากใบเตยที่สกัดโดยเมทานอล พบว่าคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระค่อนข้างต่ำมากเมื่อเปรียบเทียบกับผักชนิดอื่นๆ เช่น *Anacardium occidentale*, *Cosmos caudatus*, *Curcuma mangga*, *Melicope ptelefolia*, *Persicaria tenella* และ *Portulaca oleracea* (Abas และคณะ, 2005) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองนี้โดยมีค่า EC_{50} เท่ากับ 1585.45 ไมโครกรัมของสารสกัดต่อมิลลิกรัมของ DPPH มีค่า AE เท่ากับ 0.00084 และมีปริมาณสารประกอบฟีนอลที่น้อยมาก จึงทำให้สารสกัดจากใบเตยมีคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระน้อย จากผลการทดลองนี้ โดยรวมแล้วพบว่าสารสกัดจากใบบัวบก ใบน้อยหน่า ผลมะตูม ใบพลู และชาจีนมีค่า EC_{50} ค่อนข้างต่ำ และมีค่า AE ที่สูง ซึ่งมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารประกอบฟีนอลที่สูงจึงทำให้สารสกัดเหล่านี้มีคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระค่อนข้างสูงมากกว่าใบมะยม ใบหม่อน และใบเตย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของชาสมุนไพรไทย

ชนิดของชาสมุนไพรไทย	EC_{50} (ไมโครกรัมของสารสกัดต่อมิลลิกรัมของ DPPH)[a]	AE[b]
ชาจีน	549.66 ±420.6	0.0018
ใบเตย	1585.45 ±1726.8	0.00084
ใบน้อยหน่า	225.52 ±210.8	0.0044
ใบบัวบก	114.36 ±0.0	0.0087
ใบพลู	352.59 ±5.7	0.0028
ใบหม่อน	1492.08 ±462.9	0.00067
ใบมะยม	1169.39 ±810.7	0.00086
ผลมะตูม	303.47 ±0.0	0.0032
วิตามินอี	73.60 ±0.0	0.01

[a] ข้อมูลเฉลี่ยของผลการทดลอง 3 ซ้ำ

[b] ค่า AE คำนวณจาก $1/EC_{50}$

ตารางที่ 10 ปริมาณสารประกอบฟีนอลในชาสมุนไพรไทย

ชนิดของชาสมุนไพรไทย	ปริมาณสารประกอบฟีนอล[a] (ไมโครกรัมของกรดแกลลิกต่อมิลลิกรัมกรัมของสารสกัด)
ชาจีน	335.88 ±135.2
ใบเตย	-[b]
ใบน้อยหน่า	27.217 ±3.2
ใบบัวบก	11.05 ±5.3
ใบพลู	137.05 ±17.6
ใบหม่อน	3.72 ±9.0
ใบมะยม	2.55 ±139.9
ผลมะตูม	19.05 ±17.6

[a] ค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้ง 3 ซ้ำ

[b] ค่าที่คำนวณได้ คือ -2.45±8.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

เมื่อศึกษาคุณสมบัติในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด 15 ชนิด ของสารสกัดหยาบจากชาสมุนไพรไทยด้วยเทคนิค Agar diffusion และหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดในการยับยั้งจุลินทรีย์ที่ทดสอบด้วยเทคนิค Broth dilution ผลปรากฏว่า สารสกัดจากชาจีนและผลมะตูมมีฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์สูง รองลงมาเป็นใบพลู ใบเตย ใบบัวบก ใบหม่อน ใบน้อยหน่าและใบมะยม เมื่อพิจารณาชนิดของแบคทีเรียที่ทดสอบ *B. cereus*, *E. coli*, *S. aureus* เป็นแบคทีเรียที่ก่อโรคที่ค่อนข้างไวต่อการยับยั้งต่อสารสกัดจากชาจีนและผลมะตูมซึ่งมีค่า MIC อยู่ในช่วง 10.4-41.7 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ส่วนแบคทีเรียในกลุ่มที่ทำให้อาหารเน่าเสีย *L. mesenteroides* เป็นเชื้อที่ถูกยับยั้งโดยสารสกัดทั้ง 2 ชนิดได้ดีที่สุด (10.4-20.8 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) สำหรับยีสต์ที่ไวต่อสารสกัดจากชาจีนมากที่สุดได้แก่ *H. uvarum* และ *R. glutinis* (ค่า MIC เท่ากับ 41.7 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) และยีสต์ที่ไวต่อสารสกัดจากมะตูมมากที่สุดได้แก่ *C. lipolytica* และ *P. membranaefaceins* (ค่า MIC เท่ากับ 83.3 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)

เมื่อศึกษาถึงกิจกรรมในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากชาสมุนไพรไทย 8 ชนิด ผลปรากฏว่า สารสกัดจากใบบัวบกมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด (ค่า EC_{50} เท่ากับ 114.36 ไมโครกรัมของสารสกัดต่อมิลลิกรัมของ DPPH) รองลงมาคือ ใบน้อยหน่า ผลมะตูม ใบพลู ชาจีน ใบมะยม ใบหม่อนและใบเตย สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดพบว่าสารสกัดจากชาจีนมีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดสูงที่สุดเป็น 335.88 ไมโครกรัมของกรดแกลลิกต่อมิลลิกรัมของสารสกัด รองลงมาเป็นสารสกัดจากใบพลู ใบน้อยหน่า ผลมะตูม ใบบัวบก ใบหม่อน ใบมะยม และใบเตย

กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากชาสมุนไพรไทยส่วนใหญ่มีค่าสูง ได้แก่ ในกลุ่มของใบบัวบก ใบน้อยหน่า ผลมะตูม ใบพลูและชาจีน(ค่า EC_{50} เท่ากับ 114.36-549.66 ไมโครกรัมของสารสกัดต่อมิลลิกรัมของ DPPH) ซึ่งมีความสอดคล้องกับปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดจากชาสมุนไพรไทยทั้ง 5 ชนิดดังกล่าวที่มีปริมาณสูงเช่นเดียวกัน (สารประกอบฟีนอลเท่ากับ 11.05- 335.88 ไมโครกรัมของกรดแกลลิกต่อมิลลิกรัมของสารสกัด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

คณะอนุกรรมการ สาขาโภชนาศาสตร์. 2510. **โภชนาการ.** กรุงเทพฯ: [ม.ป.ท.]

นิจศิริ เรืองรังษี และ พยอม ตันติวัฒน์. 2534. **พืชสมุนไพร.** พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพฯ:สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

พีรศักดิ์ วรสุนทโรสุด, สุนทร ดุริยะประพันธ, ทักษิน อาชวาคม, สายยันต์ ตันพานิช, ชลธิชา นิวาสประกฤติ และ ปรียานันท์ ศรสูงเนิน. 2544. **ทรัพยากรพืชในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้.**พิมพ์ครั้งที่2. กรุงเทพฯ:ชวนพิมพ์.

รุ่งรัตน์ เหลืองนทีเทพ. 2540. **พืชเครื่องเทศและสมุนไพร.** กรุงเทพฯ: โอ. เอส. พริ้นท์ติ้งเฮาส์.

วันดี กฤษณพันธ์. 2538.**สมุนไพรสารพัดประโยชน์.** กรุงเทพฯ:ภาควิชาเภสัชวินิจฉัย คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

วีณา จิรัจฉริยากูล. 2537. **ประวัติและพัฒนาการของสมุนไพรที่ใช้เป็นยาต้านจุลชีพ.**กรุงเทพฯ:คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

แสงไทย เค้าภูไทย และ ชัยวัฒน์ ลันตติวุฒิ. 2545. **เจาะงานวิจัยสมุนไพรหมื่นล้าน.** กรุงเทพฯ: อินฟอร์มีเดีย บุ๊คส์.

สุมาลี เหลืองสกุล. 2530. **คุณสมบัติของสมุนไพรบางชนิดในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย.** กรุงเทพฯ:ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.

อุไรวรรณ ดิลกคุณานันท์, ยุพา มงคลสุข, วารุณี ธนะแพสย, วิชัย หฤทัยธนาสันติ์, บุญส่ง คงคาทิพย์, อุดมลักษณ์ สุขอัตตะ, วิภารัตน์ รัตนะ, พงษ์ศิริ วินิจฉัย, กวิศร์ วานิชกุล, รักเกียรติ ชอบเชื้อ, ประภัสสร รักถาวร, นิธิวดี วงษ์เจริญ และ พัสตราภรณ์ ห้วยศรีจันทร์. 2543. **การพัฒนาการผลิตสารสกัดจากพลูและการใช้ประโยชน์เพื่อวิสาหกิจขนาดกลางและย่อม.** การสัมมนา การเผยแพร่ผลงานวิจัยด้านการพัฒนาสมุนไพร. กรุงเทพฯ:สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

Abas, F.; Nordin, H.; Lajis, D. A.; Israf, S.; Khozirah, Y. and Kalsom, U. 2005. Antioxidant and nitric oxide inhibition activities of selected Malay Traditional vegetables. **Food Chemistry. xx**: 1-8.

Alzoreky, N. S. and Nakahara, K. 2002. Antibacterial activity of extracts from some edible plants commonly consumed in Asia. **Journal of food Microbiology**. 80:223-230.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Apintanapong, M. and Noomhorn, A. 2003. The use of spray drying to microencapsulate 2-acetyl-1- pyrroline, a major flavour compoment of aromatic rice. **International Journal Food Science Technology**. 38:95-102.

Arnaudo, J. F.1991. The taste of nature. **Industrial methods of natural products extraction Bio landes**. France:Labrit.

Atoui, K.; Mansouri, A. A.; Boskou, G. and Kefalas, P. 2004. Tea and herbal infusion : Their antioxidant activity and phenolic profile. **Food Chemistry**. xx:xx.

Brand-Williams, W.; Cuvelier, M. and Bersert, E. C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittle wissenschaft and-Technologie**. 28(1): 25-30.

Brown, A.A. and Hu, F.B. 2001. Dietary modulation of endothelic function:implication for cardiovascular disease. **American Journal of Clinical Nutrition**. 73:673-686.

Cheeptham, N. and Tower G.H.N. 2002. Light-mediated activities of some Thai medical plant teas. **Fitoterapia**. 73:651-662.

Chou, C. C.; Lon-Leu, L. and King-Thom C. 1999. Antimicrobial activity of tea as effected by the degree of fermentation and manufacturing season. **International Journal of food Microbiology**. 48:125-130.

Croft, K. D. 1999. Antioxidant effects of plant phenolic compounds. In: **Antioxidants in human health and disease**, pp. 100-121. Basu, T. K.; Temple, N. J. and Garg, M. L.,eds. UK: CABI Publishing.

Davidson P.M. and Harrison. 2002. Food presentation techniques. In: **Peter zeuthen and leif Bogh-Sorensen**, pp. 6-48. SA,T. J. International Limited Padstow. cornwall: Univrsity of Tnnesse USA.

Gnanapragasam, A.; Ebenezar, K. K.; Sathish, V., Govindaraju, P. and Devaki, T. 2004. Protctive effect of *Centella asiatica* on antioxidant tissue defence system against adrismycin induced cardiomyopathy in rats. **Life Sciences**. 76:585-504.

Haeborne, J. B. and Williams, C. A. 2002. In flanoid research since 1992. **Phytochemistry**. 55:481-504.

Hadi, S. and Bremner, J. 2001. Initial studies on alkaloids from Lombok medical plants. **Molecules**. 6:117-129.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Hara, Y.; Stapleton, D. P.; Shah, S.; Hamilton-Miller, J. M. T.; Nagaoka, Y.; Kumagai, A.;Uesato, S. and Taylor, P. W. 1989. Anti-*Staphylococcus aureus* activity and oxacillin resistance modulating capacity of 3-O-acyl-catechins. **International Journal of Antimicrobial Agent.** 24(4):374-380.

Hertog, M. G. L. and Feskens E. J. M. 1993. Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart disease:the zulphen Elderly study. **The Lancet.** 432(8878):1001-1007.

Inamdar, P. K.; Yeole, R.D.; Ghogare, A.B. and Souza, N.J. d. 1996. Determination of biologically active constituents in *Centella asiatica*. **Journal of Chromatography A.** 742:127-130.

Jaganath, I. B. and NG L. T. 1999. **Herbs: the green pharmacy of Malaysia**. Kuala Lumper : Vinpress Sdn. Bhd.

Jorgensen, J.H.; Turnidge, J. D., and Washington, J. A. 1999. Antibacterial susceptibility test: dilution and disk diffusion methods. In: **Manual of clinical Microbiology**, pp. 1526-1562. Murray, P. R.; Barron, E. R.; Praller, M. A.; Tenover, F. C. and Yolken, R. H., eds. Washington, D.C.: ASMPress.

Kamalakkanan, N. and Princ, P.S.M. 2003. Effects of *Angle marmelos* Correa (Bael) fruit extract on tissue antioxidants in streptozotocin diabetic rats. **Indian Journal of Experimental Biology**. 41: 1285-1288.

Kan, W.S. 1986. **Pharmaceutical botany**. Taiwan: National Reserch Institable of Chinese Medicine.

Kim, S. H.; Kim, N. J.; Choi, J. S. and Park, J. C. 1993. Determination of flavonoid by HPLC and biological activities from the leaves of cudrania tricuspidata bureau. **Journal of Korean Society of Food Science and Nutrition**. 22: 67-68.

Kotkar, H. M.; Mendki, P. S.; Sadan, S. V.; Jhs, S. R.; Upasani, S.M. and Mahoshwari, V. V. 2002. Antimicrobial and posticidal activity of partially purified flavonoids of *Annona squamosa.* **Pest Management Science**. 58: 33-37.

Laksanalamai, V. and Ilangantileke, S. 1993. Comparison of aroma compound (2-acethyl-1-pyrroline) in leaves from pandan (*Pandanus amaryllifolius*) and Thai fragment rice (Khao Dawk Mali 105). **Cereal Chemistry**. 70:381-384.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lampronti, I.; Martelle, N.; Bianchi, B.; Lambertini, E.; Piva, R.; Jabbar, S.; Shahabuddin, M.; Choudhuri, M.; Tareq, H. K. and Gambari, R. 2003. In vitro antiproliferative effect on human tumor cell lines of extract from the Bangladeshi medicinal plant *Aegle marmelos* Correa. **Phytomedicine**. 10:300-308.

Limsong, J.; Benjavongkulchai, E. and Kuvatanasuchai, J. 2004. Inhibitory effect of some herbal extracts on adherence of *Streptococcus mutans*. **Journal of Ethnopharmacology**. 92:281-289.

Linda, S. M.; Ooi, S. S. M. and Sun, V. E. 2004. Purification and characterization of a new antiviral protein from the leaves of *Pandanus amaryllifolius* (Pandanaceae). **The International Journal of Biochemistry and Cell Biology**. 36:1440-1446.

Nomura, T. 1998. Biological activities of phenolic constituents of mulberry tree and relate plants. In: **Progress in Chemistry of organic National Products**, p.189. Herz, W.; Griscbach, H.; Kirby, G.W. and Tamm, C.H., eds. Springer: Verlag.

Ohsugi, M.; Fan, W.; Hase, K.; Xiong, Q.; tezuka, Y.; Komatsu, K.; Namba, T.; Kenji, T. T. and Kadota, S. 1999. Active-Oxigen scavenging activity of traditional nourishingtonic herbal medicines and active constituents of *Rhodiola sacra.* **Journal of Ethnopharmacology**. 67:111-119.

Park, K. M.; You, J. S.; Lee, H. Y.; Beak, N. I., and Hwang, J. K. 2003. Kuwanon G:an antibacterial agent from the root bark of *Morus alba* against oral pathogens. **Journal of Ethnopharmacology**. 84:181-185.

Park, U.Y.; Kim, Y.M. S.H.; Chang, D.S. 1995. Investigation of optimum extracting condition and antimicrobial activity of the extract condition and antimicrobial activity of the extract from the root bark of *Morus alba.* **Journal of Food Hygiene Safety**. 10:139-145.

Paster, N.; Menasherov, M.; Ravid, U. and Juven, B. 1995. Antifungal activity of oregano and thyme essential oils applied as fumigants against fungi attacking stored grain. **Journal of Food Protect**. 58:81-85.

Pokorny, J. 2001. **Antioxidants in food. In: Practical application**. Yanishlieva, N. and Gardon, M., eds. USA: CRC Press.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rajalakshmi, D. and Narasimhan, S. 1996. Food antioxidants technological, toxicological, and health perspectives. In: **Food Antioxidants : Sources and Methods of Evalution**, pp. 65-265. Madhavi, D. L.; Deshpande, S. S. and Sulunkhe, D. K., eds.xx: xx.

Rana, B.K.; Singh, U. P. and Teneja, V. 1997. Antifungal activity and kinentics of inhibition by essential oil isolated from leaves of *Aegle marmelos*. **Jounal of Ethopharmacology.** 57:29-34.

Runnie I.; Salleh, M. N.; Mohamed, S.; Head, R. J. and Abeywardena, M. Y. 2004. Vasorelaxation induced by common edible tropical plant extracts in isolated rat arota and mesenteric vascular bed. **Journal of Ethnopharmacology**. 92:311-316.

Sakanaka, S.; Lekh, R. J. and Makoto, T. 2000. Antimicrobial effects of green tea polyphenols on thermophellic spore-forming bacteria. **Journal of Bioscience and Bioengineering.** 90 (1):81-85.

Sanchez, M. C.; Larrauri, J. A., and Saura, C. F. 1998. A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. 76:270-276.

Schügerl, K. 1994. **Solvent extraction in biotechnology:recovery of primary and secondary metabolises**. Berlin, Germany : Springer Verlag.

Shelef, L. A. 1983. Antimicrobial effects of spices. **Journal Food Safety**. 6:29-44.

Shoba, G. F. and Thomus M. 2001. Study of antidiarrhoeal activity of four medicinal plants in castor-oil induced diarroheal. **Journal of Ethopharmacology**. 76:73-76.

Shuze, T.; Kerry, P. J.; Sheehan, D.;Buckley, J. D. and Morrissey, A. P. 2001. Antioxidative effect of added tea catechin on susceptibility of cooked red meat, poultry and lipid oxidation. **Food Research International**. 34(8):651-657.

Sohn, H. Y.; Son, K. H.; Kwon, C. S.; Kwon, G. S. and Kang, S. S. 2004. Antimicrobial and cytotoxic activity of prenylated flavonoids isolated from medicinal plant : *Morus alba* L., *Morus mongolica* Schneider, *Broussnetia papyrifera* (L.) Vent, *Sophora flavescens* Ait and *Echinosophora koreensis* Nakai. **Phytomedicine.** 11:666-672.

Takayama, H.; Ichikawa, T.; Kitajima, M.; Aimi, D. L. and Nonato, M. G. 2001. A new alkaloid, pandanamine; finding of an anticipate biogenic intermediate in *Pandanus amyryllifolius* Roxb.**Tetrahedron Letters**. 42:2995-2996.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Tepe, B.; Daferera, D.; Sokman, A.; Sokman, M. and Polissiou, M. 2005. Antimicrobial and antioxidant activities of essential oil and various extracts of *Salvia tomentosa* Miller (Lamiaceae). **Food Chemistry**. 90:333-340.

Yang, J. and Chou, C. 1997. Antimicrobial activity of various solvent extracts of betel quid ingredients. **Chem. Abstr**. 128:8407bb.

Yam, T. S.; Sarioj, S. and Hamilton-Miller, J. M. T. 1997. Microbiology activity of whole and fractional crude extracts of tea (*Camella sinensis*), and of tea components. **FEMS Microbiology Letters**. 152:169-174.

Yamamoto, T. J.and Chu, D. C. K. M. 1997. **Chemistry and Application of Green Tea**. Berlin Boca Raton: Springeer CRC Press.

Yanishlieva-Maslarova. 2001. Source of natural antioxidants vegetables, fruits, herbs, spices and tea. In: **Antioxidants in food:Practical application**, pp. 210-263. Pokorny, J.; Yanishlieva, N. and Gordan, M., eds. Boca Raton: CRC Press.

Zaika, L. L. 1998. Spices and herbs: Their antimicrobial activity and its determination. **Journal Food Safety**. 9:97-118.

Zainol, M. K.; Add-Hamid, S. and Yusof, R. M. 2003. Antioxidative activity and total phenolic compounds of leaf, root and petiole of four accessions of *Centella asiatica* Urban. **Food Chemistry**. 81:575-581.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

1. ผลการศึกษาต้านจุลินทรีย์ของสารสกัดจากชาสมุนไพรไทยด้วยเทคนิคการแพร่บนอาหารวุ้น

ตารางที่ 11 คุณสมบัติการยับยั้งจุลินทรีย์ของสารสกัดหยาบจากชาสมุนไพรไทยด้วยเทคนิค agar diffusion ครั้งที่ 1

ชนิดของสมุนไพร	เส้นผ่านศูนย์กลางของโซนใส (มม.)[a]							
	ชาจีน	ใบเตย	ใบน้อยหน่า	ใบบัวบก	ใบพลู	ใบหม่อน	ใบมะยม	ผลมะตูม
Bacillus cereus	-[b]	-	8	7	7	9	7	-
Escherichia coli	-	-	-	-	11	-	-	8
Listeria monocytogenes	-	8	-	-	-	8	-	9
Salmonella Enteritidis	9	-	-	8	8	10	-	-
Staphylococcus aureus	7	9	-	7	7	9	8	7
Pseudomonas fluorescens	14	-	-	-	-	-	-	9
Lactobacillus fermentum	18	10	-	20	11	-	-	10
Lactobacillus plantarum	19	8	-	-	10	8	-	19
Leuconostoc mesenteroides	20	9	7	-	14	7	-	10
Candida lipolytica	13	10	9	-	8	8	8	11
Hanseniaspora uvarum	9	-	-	-	14	7	7	-
Pichia membranaefaciens	20	-	-	7	10	-	-	9
Rhodotolurular glutinis	7	9	7	-	-	7	8	7
Schizosaccharomyces pombe	-	-	7	-	13	-	-	9
Zygosaccharomyces rouxii	20	-	-	7	11	-	8	7

[a] ค่าเฉลี่ยของข้อมูลจากการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ

[b] ไม่พบการยับยั้ง (เส้นผ่านศูนย์กลางของโซนใส < 6 มม.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 12 คุณสมบัติการยับยั้งจุลินทรีย์ของสารสกัดหยาบจากชาสมุนไพรไทยด้วยเทคนิค agar diffusion ครั้งที่ 2

ชนิดของสมุนไพร	เส้นผ่านศูนย์กลางของโซนใส (มม.)[a]							
	ชาจีน	ใบเตย	ใบน้อยหน่า	ใบบัวบก	ใบพลู	ใบหม่อน	ใบมะยม	ผลมะตูม
Bacillus cereus	-[b]	-	-	-	14	-	-	11
Escherichia coli	7	10	-	7	9	-	-	7
Listeria monocytogenes	8	9	-	8	10	-	8	11
Salmonella Enteritidis	7	8	9	-	7	-	-	9
Staphylococcus aureus	-	8	-	7	11	8	-	13
Pseudomonas fluorescens	11	12	-	-	9	-	-	7
Lactobacillus fermentum	8	-	-	11	9	-	-	-
Lactobacillus plantarum	10	-	-	11	-	7	-	-
Leuconostoc mesenteroides	10	8	-	11	11	-	7	7
Candida lipolytica	-	8	9	7	9	12	-	8
Hanseniaspora uvarum	-	-	-	-	10	-	-	-
Pichia membranaefaciens	-	10	11	-	9	12	-	8
Rhodotolurular glutinis	-	7	-	-	9	8	-	-
Schizosaccharomyces pombe	-	-	-	-	10	-	-	-
Zygosaccharomyces rouxii	8	7	-	8	10	7	-	8

[a] ค่าเฉลี่ยของข้อมูลจากการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ

[b] ไม่พบการยับยั้ง (เส้นผ่านศูนย์กลางของโซนใส < 6 มม.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 13 คุณสมบัติการยับยั้งจุลินทรีย์ของสารสกัดหยาบจากชาสมุนไพรไทยด้วยเทคนิค agar diffusion ครั้งที่ 3

ชนิดของสมุนไพร	เส้นผ่านศูนย์กลางของโซนใส (มม.)[a]							
	ชาจีน	ใบเตย	ใบน้อยหน่า	ใบบัวบก	ใบพลู	ใบหม่อน	ใบมะยม	ผลมะตูม
Bacillus cereus	-[b]	-	8	7	8	11	-	-
Escherichia coli	-	-	-	-	11	-	-	14
Listeria monocytogenes	9	-	7	-	9	11	-	9
Salmonella Enteritidis	7	-	8	-	7	7	-	11
Staphylococcus aureus	-	-	8	7	10	-	-	7
Pseudomonas fluorecens	13	8	-	-	7	-	-	-
Lactobacillus fermentum	10	7	8	-	-	-	-	-
Lactobacillus plantarum	8	-	-	-	-	-	-	-
Leuconostoc mesenteroides	13	10	8	9	9	9	8	8
Candida lipolytica	7	9	9	7	8	8	7	9
Hanseniaspora uvarum	7	-	-	-	-	-	-	-
Pichia membranaefacien	10	7	-	-	9	-	-	8
Rhodotolurular glutinis	8	9	-	-	7	8	7	10
Schizosaccharomyces pombe	-	-	-	-	12	-	-	-
Zygosaccharomyces rouxii	11	-	-	8	11	-	7	7

[a] ค่าเฉลี่ยของข้อมูลจากการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ

[b] ไม่พบการยับยั้ง (เส้นผ่านศูนย์กลางของโซนใส < 6 มม.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ผลของค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดหยาบจากชาสมุนไพรไทยที่มีฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ด้วยวิธีการเจือจางในอาหารเหลว

ตารางที่ 14 ค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งจุลินทรีย์ของสารสกัดจากชาสมุนไพรไทย

เชื้อจุลินทรีย์	ค่าความเข้มข้นต่ำสุด (mg/ml)						
	ชาจีน	ใบเตย	ใบบัวบก	ใบพลู	ผลมะตูม	Penicillin G	Amphotericin B
Bacillus cereus	10.4	>166.7	>166.7	>166.7	41.7	20.8	83.3
Escherichia coli	83.3	166.7	166.7	83.3	41.7	20.8	166.7
Listeria monocytogenes	166.7	>166.7	>166.7	>166.7	83.3	2.6	83.3
Salmonella Enteritidis	>166.7	166.7	>166.7	83.3	83.3	166.7	>166.7
Staphylococcus aureus	20.8	>166.7	>166.7	>166.7	41.7	2.6	>166.7
Pseudomonas fluorescens	41.7	>166.7	>166.7	>166.7	83.3	10.4	83.3
Lactobacillus fermentum	166.7	>166.7	>166.7	>166.7	83.3	20.8	166.7
Lactobacillus plantarum	20.8	166.7	>166.7	166.7	83.3	166.7	41.7
Leuconostoc mesenteroides	20.8	>166.7	>166.7	>166.7	10.4	10.4	166.7
Candida lipolytica	83.3	166.7	>166.7	>166.7	83.3	166.7	41.7
Hanseniaspora uvarum	41.7	>166.7	>166.7	>166.7	>166.7	41.7	41.7
Pichia membranaefaciens	166.7	>166.7	>166.7	166.7	83.3	>166.7	10.7
Rhodotolurular glutinis	41.7	>166.7	>166.7	83.3	166.7	>166.7	20.8
Schizosaccharomyces pombe	>166.7	>166.7	>166.7	>166.7	>166.7	166.7	2.6
Zygosaccharomyces rouxii	>166.7	>166.7	>166.7	>166.7	166.7	>166.7	166.7

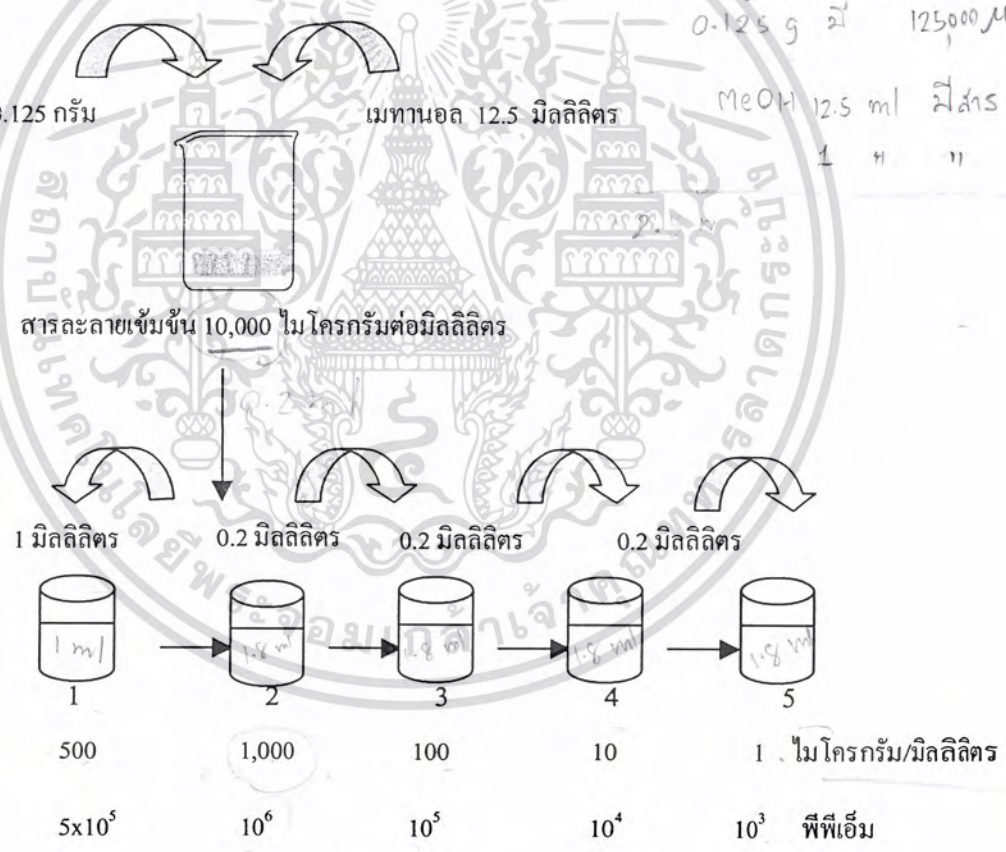
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

1 การเตรียมสารละลายต่างๆสำหรับวิเคราะห์หาคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ

1.1 การเตรียมสารสกัดหยาบของสมุนไพรและสารละลาย α-tocophenol ที่ความเข้มข้นต่างๆ

ชั่งสารสกัด 0.125 กรัม ลงในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร จากนั้นเติมเมทานอลปริมาตร 12.5มิลลิลิตร จะได้ความเข้มข้นของสารสกัดเริ่มต้นเท่ากับ 10,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ทำการเจือจางไปเรื่อยๆ ด้วยเมทานอลจนได้ความเข้มข้นของสารสกัดเป็น 1,000, 500, 100, 10 และ 1 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร



บีกเกอร์ 1 เติม เมทานอล 1 มิลลิลิตร

บีกเกอร์ 2-5 เติม เมทานอล 1.8 มิลลิลิตร

ภาพที่ 15 การเตรียมสารสกัดหยาบของสมุนไพร

สำหรับการเตรียมสารละลายจากวิตามินอีที่ความเข้มข้นต่างๆ ทำการชั่งวิตามินอี 0.125 กรัม ลงในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร จากนั้นเติมเมทานอลปริมาตร 12.5 มิลลิลิตร จะได้

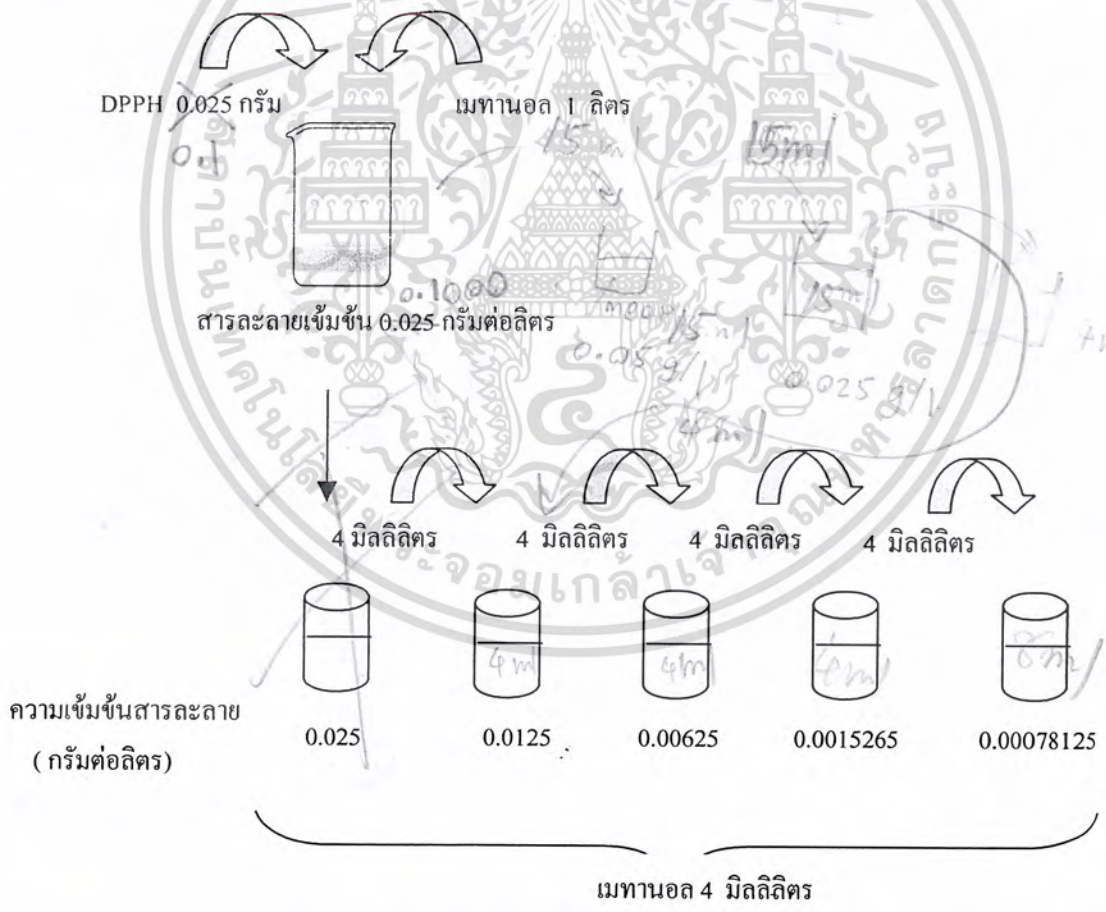
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเข้มข้นของวิตามินอีเริ่มต้นเท่ากับ 10,000ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรแล้ว ทำการเจือจางต่อไปเช่นเดียวกับการเจือจางสารสกัดทุกประการจนได้ความเข้มข้นของวิตามินอีเป็น 1,000, 500, 100, 10 และ 1 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

2. การทำกราฟมาตรฐานของ DPPH

2.1 การเตรียมสารละลาย DPPH ที่ความเข้มข้นต่างๆ

ชั่ง DPPH 0.025 กรัม ลงในบีกเกอร์ขนาด 1,000 มิลลิลิตร จากนั้นเติมเมทานอลปริมาตร 1 ลิตรจะได้ความเข้มข้นของสารละลาย DPPH เริ่มต้นเท่ากับ 0.025 กรัมต่อลิตร จากนั้นนำมาทำการเจือจาง 10 เท่าไปเรื่อยๆด้วยเมทานอลจนได้ความเข้มข้นของสารละลาย DPPH เป็น 0.025, 0.0125, 6.25×10^{-3}, 3.125×10^{-3}, 1.5625×10^{-3} และ 7.8125×10^{-4} กรัมต่อลิตร



ภาพที่ 16 การเตรียมละลาย DPPH ที่ความเข้มข้นต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

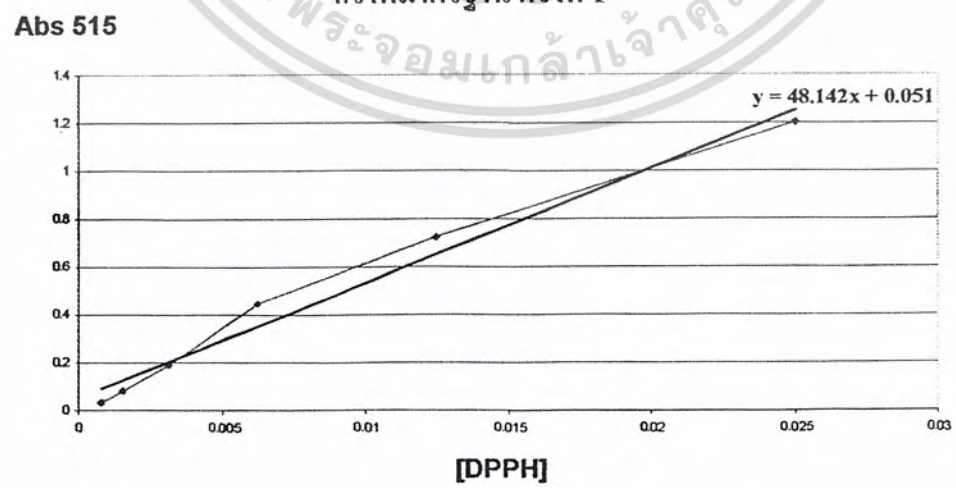
2.2 การทำกราฟมาตรฐานของสารละลาย DPPH

ปิเปตสารละลาย DPPH ที่ความเข้มข้น 0.025, 0.0125, $6.25x10^{-3}$, $3.125x10^{-3}$, $1.5625x10^{-3}$ และ $7.8125x10^{-4}$ กรัมต่อลิตร ลงในคิวเวตแต่ละอันปริมาตร 3 มิลลิลิตร นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร โดยใช้เมทานอลเป็นแบลงค์ สร้างกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตรกับความเข้มข้นของ DPPH พร้อมหาสมการเส้นตรงของกราฟ ซึ่งได้กราฟมาตรฐานดังนี้

ตารางที่ 15 ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร ของสารละลาย DPPH ที่ความเข้มข้นต่างๆ

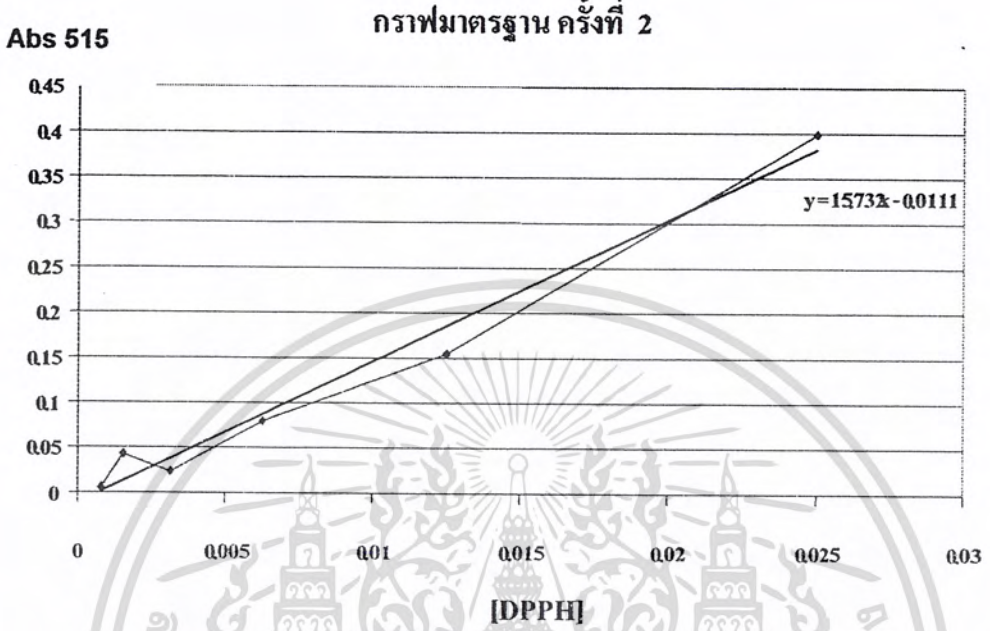
ความเข้มข้นของสารละลาย DPPH	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร		
	กราฟมาตรฐาน	กราฟมาตรฐาน	กราฟมาตรฐาน
(กรัมต่อลิตร)	1	2	3
0.025	0.126	0.399	0.282
0.0125	0.8	0.155	0.106
0.00625	0.049	0.08	0.04
0.003125	0.02	0.024	0.038
0.0015265	0.00816	0.043	0.018
0.00078125	0.002548	0.006	0.007

กราฟมาตรฐาน ครั้งที่ 1

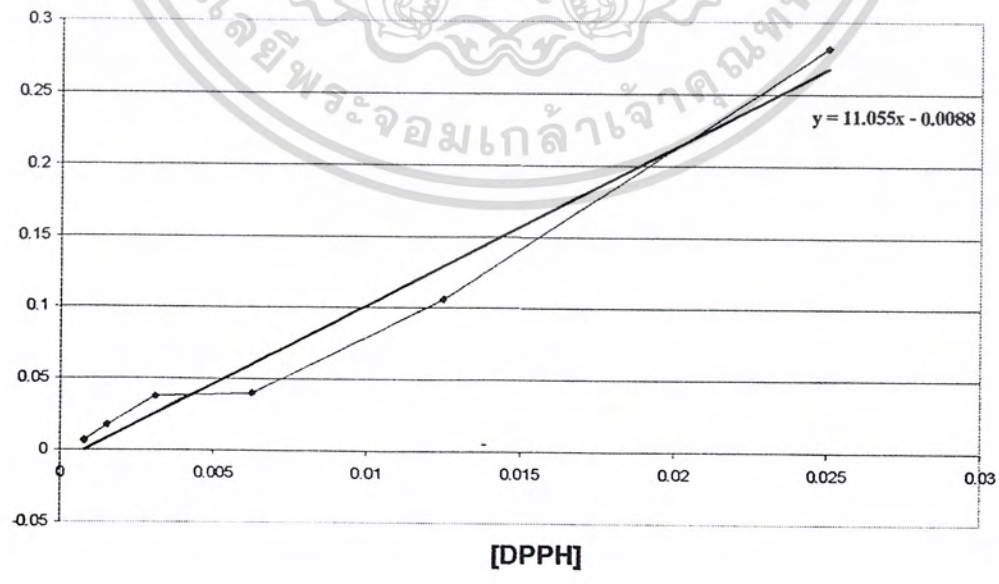


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟมาตรฐาน ครั้งที่ 2



กราฟมาตรฐาน ครั้งที่ 3



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ผลการทดลองหาคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ

ตารางที่ 16 ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร ของสารสกัดจากชาสมุนไพรไทย

ชนิดของสมุนไพร / ค่าความเข้มข้น	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร							
	0 นาที	0.5 นาที	1 นาที	2 นาที	5 นาที	10 นาที	20 นาที	30 นาที
ครั้งที่ 1 ชาจีน								
100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.360	0.359	0.345	0.330	0.315	0.311	0.302	0.297
50 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.402	0.408	0.403	0.401	0.391	0.389	0.382	0.380
10 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.474	0.470	0.465	0.464	0.477	0.478	0.475	0.482
1 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.505	0.497	0.494	0.501	0.502	0.505	0.505	0.510
0.1 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.493	0.495	0.486	0.483	0.485	0.486	0.490	0.413
ครั้งที่ 1 ใบเตย								
100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.463	0.469	0.463	0.464	0.463	0.461	0.461	0.460
50 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.460	0.462	0.467	0.468	0.467	0.468	0.468	0.471
10 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.480	0.474	0.471	0.462	0.449	0.445	0.439	0.438
1 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.489	0.468	0.470	0.478	0.488	0.487	0.493	0.498
0.1 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.476	0.469	0.470	0.463	0.473	0.482	0.486	0.490
ครั้งที่ 1 ใบน้อยหน่า								
100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.479	0.482	0.480	0.481	0.483	0.484	0.488	0.491
50 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.479	0.475	0.478	0.484	0.484	0.488	0.491	0.495
10 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.479	0.482	0.477	0.477	0.486	0.500	0.507	0.507
1 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.472	0.475	0.474	0.475	0.478	0.482	0.465	0.490
0.1 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.464	0.466	0.472	0.477	0.476	0.477	0.480	0.480

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 16 (ต่อ) ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร ของสารสกัดจากชาสมุนไพรไทย

ชนิดของสมุนไพร/ ค่าความเข้มข้น	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร							
	0 นาที	0.5 นาที	1 นาที	2 นาที	5 นาที	10 นาที	20 นาที	30 นาที
ครั้งที่ 1 ใบบัวบก								
100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.455	0.468	0.470	0.471	0.472	0.466	0.464	0.463
50 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.445	0.449	0.450	0.450	0.453	0.454	0.468	0.459
10 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.461	0.465	0.465	0.471	0.473	0.475	0.478	0.480
1 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.460	0.459	0.463	0.459	0.471	0.481	0.485	0.486
0.1 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.456	0.465	0.465	0.468	0.468	0.465	0.466	0.469
ครั้งที่ 1 ใบพลู								
100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.401	0.394	0.390	0.392	0.382	0.379	0.373	0.368
50 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.480	0.422	0.419	0.481	0.448	0.447	0.437	0.428
10 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.453	0.438	0.439	0.450	0.462	0.465	0.470	0.477
1 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.470	0.464	0.457	0.457	0.466	0.486	0.486	0.487
0.1 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.478	0.470	0.469	0.471	0.471	0.473	0.475	0.479
ครั้งที่ 1 ใบหม่อน								
100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.513	0.497	0.491	0.491	0.501	0.499	0.504	0.504
50 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.494	0.493	0.487	0.487	0.495	0.499	0.501	0.502
10 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.501	0.503	0.498	0.495	0.494	0.491	0.499	0.503
1 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.504	0.495	0.499	0.503	0.508	0.510	0.512	0.513
0.1 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.487	0.497	0.480	0.481	0.485	0.488	0.492	0.493
ครั้งที่ 1 ใบมะยม								
100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.478	0.474	0.478	0.474	0.473	0.477	0.492	0.496
50 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.481	0.473	0.473	0.470	0.478	0.488	0.492	0.493
10 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.484	0.480	0.478	0.475	0.484	0.499	0.504	0.508
1 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.498	0.503	0.496	0.485	0.490	0.490	0.495	0.497
0.1 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.460	0.463	0.467	0.468	0.469	0.470	0.473	0.478

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 16 (ต่อ) ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร ของสารสกัดจากชาสมุนไพรไทย

ชนิดของสมุนไพร/ ค่าความเข้มข้น	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร							
	0 นาที	0.5 นาที	1 นาที	2 นาที	5 นาที	10 นาที	20 นาที	30 นาที
ครั้งที่ 1 ผลมะตูม								
100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.465	0.467	0.467	0.469	0.474	0.474	0.474	0.477
50 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.475	0.476	0.475	0.479	0.481	0.483	0.484	0.488
10 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.484	0.487	0.486	0.485	0.490	0.492	0.498	0.500
1 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.507	0.504	0.496	0.497	0.500	0.502	0.502	0.507
0.1 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.498	0.495	0.496	0.492	0.491	0.486	0.487	0.487
ครั้งที่ 1 วิตามินอี								
100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.348	0.315	0.311	0.300	0.304	0.306	0.318	0.319
50 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.408	0.394	0.392	0.389	0.384	0.409	0.428	0.427
10 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.451	0.451	0.451	0.451	0.449	0.448	0.448	0.450
1 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.468	0.471	0.476	0.476	0.474	0.480	0.481	0.488
0.1 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.487	0.476	0.471	0.470	0.476	0.489	0.498	0.499
ครั้งที่ 2 ชาจีน								
1,000 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.044	0.029	0.029	0.029	0.028	0.028	0.028	0.028
500 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.086	0.049	0.033	0.034	0.058	0.075	0.085	0.088
100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.355	0.286	0.248	0.234	0.210	0.194	0.175	0.164
10 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.403	0.403	0.397	0.393	0.401	0.408	0.407	0.410
1 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.055	0.057	0.057	0.058	0.060	0.059	0.054	0.051
ครั้งที่ 2 ใบเตย								
1,000 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.357	0.352	0.339	0.327	0.345	0.348	0.349	0.352
500 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.429	0.428	0.432	0.429	0.438	0.442	0.445	0.447
100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.454	0.450	0.449	0.448	0.452	0.453	0.454	0.454
10 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.491	0.488	0.493	0.494	0.496	0.498	0.499	0.499
1 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.482	0.483	0.483	0.485	0.488	0.489	0.491	0.493

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 16 (ต่อ) ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร ของสารสกัดจากชาสมุนไพรไทย

ชนิดของสมุนไพร/ ค่าความเข้มข้น	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร							
	0 นาที	0.5 นาที	1 นาที	2 นาที	5 นาที	10 นาที	20 นาที	30 นาที
ครั้งที่ 2 ใบน้อยหน่า								
1,000 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.429	0.424	0.426	0.427	0.425	0.428	0.427	0.430
500 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.350	0.325	0.305	0.281	0.263	0.247	0.225	0.209
100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.450	0.452	0.450	0.453	0.455	0.456	0.460	0.460
10 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.461	0.463	0.464	0.465	0.471	0.477	0.478	0.481
1 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.472	0.475	0.473	0.471	0.480	0.483	0.485	0.491
ครั้งที่ 2 ใบบัวบก								
1,000 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.249	0.245	0.238	0.227	0.192	0.163	0.129	0.112
500 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.440	0.437	0.430	0.432	0.434	0.434	0.432	0.433
100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.461	0.459	0.462	0.463	0.466	0.467	0.469	0.470
10 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.475	0.477	0.478	0.476	0.472	0.474	0.478	0.481
1 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.459	0.459	0.463	0.465	0.467	0.469	0.469	0.473
ครั้งที่ 2 ใบพลู								
1,000 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.092	0.090	0.083	0.070	0.061	0.060	0.037	0.058
500 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.281	0.221	0.192	0.179	0.168	0.163	0.148	0.149
100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.440	0.437	0.436	0.437	0.442	0.449	0.451	0.452
10 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.469	0.469	0.468	0.465	0.467	0.471	0.471	0.474
1 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.341	0.340	0.342	0.338	0.341	0.347	0.349	0.353
ครั้งที่ 2 ใบหม่อน								
1,000 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.406	0.403	0.402	0.399	0.398	0.397	0.396	0.399
500 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.428	0.430	0.428	0.427	0.429	0.423	0.436	0.443
100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.442	0.442	0.440	0.441	0.441	0.441	0.445	0.455
10 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.428	0.427	0.427	0.426	0.428	0.431	0.436	0.446
1 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.440	0.437	0.439	0.438	0.441	0.443	0.447	0.455

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 16 (ต่อ) ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร ของสารสกัดจากชาสมุนไพรไทย

ชนิดของสมุนไพร/ ค่าความเข้มข้น	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร							
	0 นาที	0.5 นาที	1 นาที	2 นาที	5 นาที	10 นาที	20 นาที	30 นาที
ครั้งที่ 2 ใบมะยม								
1,000 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.440	0.443	0.440	0.440	0.438	0.437	0.434	0.434
500 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.447	0.445	0.445	0.445	0.442	0.442	0.447	0.451
100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.443	0.445	0.449	0.441	0.440	0.445	0.446	0.449
10 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.461	0.463	0.454	0.457	0.461	0.465	0.468	0.469
1 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.449	0.452	0.453	0.453	0.455	0.457	0.459	0.459
ครั้งที่ 2 ผลมะตูม								
1,000 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.401	0.400	0.411	0.413	0.420	0.422	0.423	0.427
500 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.450	0.450	0.453	0.449	0.448	0.453	0.455	0.456
100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.471	0.473	0.474	0.475	0.480	0.483	0.484	0.485
10 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.484	0.485	0.487	0.484	0.491	0.492	0.495	0.495
1 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.496	0.499	0.497	0.498	0.501	0.503	0.502	0.502
ครั้งที่ 2 วิตามินอี								
1,000 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.171	0.092	0.056	0.044	0.046	0.049	0.046	0.045
500 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.245	0.148	0.144	0.161	0.154	0.152	0.150	0.150
100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.425	0.395	0.387	0.387	0.397	0.395	0.399	0.402
10 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.421	0.419	0.420	0.420	0.422	0.425	0.430	0.437
1 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.457	0.462	0.462	0.462	0.462	0.463	0.467	0.475
ครั้งที่ 3 ชาจีน								
1,000 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.370	0.342	0.342	0.346	0.340	0.327	0.319	0.318
500 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.371	0.350	0.348	0.354	0.361	0.361	0.357	0.357
100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.310	0.278	0.280	0.282	0.277	0.269	0.262	0.263
10 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.410	0.395	0.385	0.386	0.388	0.384	0.385	0.396
1 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.410	0.384	0.383	0.391	0.385	0.386	0.390	0.400

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 16 (ต่อ) ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร ของสารสกัดจากชาสมุนไพรไทย

ชนิดของสมุนไพร/ ค่าความเข้มข้น	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร							
	0 นาที	0.5 นาที	1 นาที	2 นาที	5 นาที	10 นาที	20 นาที	30 นาที
ครั้งที่ 3 ใบเตย								
1,000 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.370	0.370	0.368	0.362	0.349	0.336	0.322	0.313
500 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.356	0.361	0.362	0.361	0.359	0.353	0.346	0.344
100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.370	0.379	0.379	0.380	0.388	0.386	0.390	0.394
10 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.404	0.406	0.406	0.408	0.405	0.405	0.408	0.416
1 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.401	0.402	0.399	0.400	0.398	0.398	0.400	0.406
ครั้งที่ 3 ใบน้อยหน่า								
1,000 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.221	0.155	0.142	0.113	0.079	0.053	0.047	0.045
500 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.249	0.201	0.187	0.171	0.146	0.109	0.081	0.065
100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.402	0.396	0.394	0.392	0.387	0.381	0.392	0.392
10 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.387	0.372	0.370	0.370	0.385	0.386	0.387	0.389
1 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.390	0.400	0.402	0.403	0.400	0.399	0.397	0.396
ครั้งที่ 3 ใบบัวบก								
1,000 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.388	0.384	0.383	0.379	0.374	0.363	0.358	0.353
500 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.394	0.391	0.387	0.385	0.381	0.375	0.380	0.397
100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.409	0.404	0.400	0.399	0.395	0.397	0.399	0.399
10 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.427	0.424	0.419	0.420	0.418	0.417	0.414	0.410
1 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.434	0.436	0.432	0.435	0.427	0.426	0.430	0.431
ครั้งที่ 3 ใบพลู								
1,000 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.085	0.046	0.048	0.049	0.051	0.055	0.058	0.058
500 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.100	0.102	0.104	0.104	0.108	0.106	0.106	0.105
100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.274	0.275	0.277	0.280	0.261	0.264	0.268	0.269
10 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.312	0.314	0.310	0.311	0.329	0.321	0.324	0.324
1 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.344	0.340	0.341	0.345	0.348	0.351	0.352	0.356

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

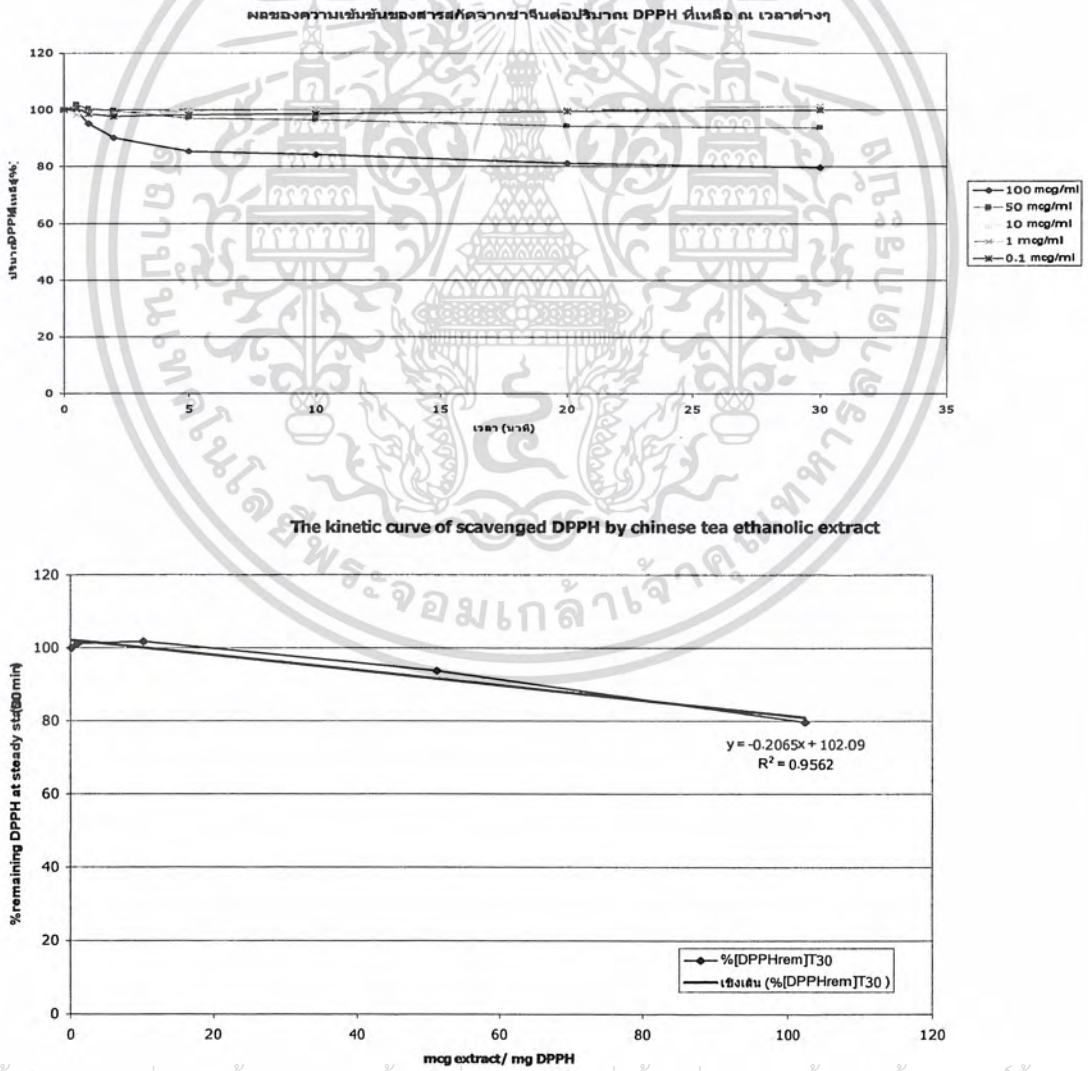
ตารางที่ 16 (ต่อ) ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร ของสารสกัดจากชาสมุนไพรไทย

ชนิดของสมุนไพร/ ค่าความเข้มข้น	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร							
	0 นาที	0.5 นาที	1 นาที	2 นาที	5 นาที	10 นาที	20 นาที	30 นาที
ครั้งที่ 3 ใบหม่อน								
1,000 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.054	0.054	0.049	0.045	0.045	0.045	0.036	0.036
500 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.039	0.034	0.029	0.026	0.027	0.027	0.043	0.042
100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.205	0.180	0.172	0.158	0.137	0.129	0.110	0.125
10 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.402	0.387	0.382	0.381	0.378	0.317	0.372	0.377
1 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.406	0.404	0.402	0.397	0.399	0.396	0.400	0.404
ครั้งที่ 3 ใบมะยม								
1,000 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.334	0.336	0.331	0.329	0.316	0.310	0.305	0.300
500 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.393	0.375	0.378	0.372	0.360	0.357	0.356	0.356
100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.399	0.379	0.376	0.381	0.378	0.377	0.380	0.384
10 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.419	0.404	0.402	0.406	0.405	0.404	0.406	0.411
1 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.398	0.401	0.396	0.394	0.394	0.396	0.401	0.407
ครั้งที่ 3 ผลมะตูม								
1,000 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.357	0.385	0.381	0.328	0.318	0.312	0.300	0.291
500 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.375	0.358	0.354	0.351	0.346	0.336	0.335	0.332
100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.387	0.372	0.375	0.379	0.378	0.380	0.384	0.388
10 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.412	0.396	0.402	0.403	0.407	0.409	0.414	0.419
1 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.399	0.395	0.394	0.397	0.398	0.397	0.406	0.410
ครั้งที่ 3 วิตามินอี								
1,000 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.035	0.033	0.032	0.032	0.033	0.034	0.037	0.040
500 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.038	0.028	0.027	0.027	0.027	0.028	0.030	0.032
100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.192	0.150	0.138	0.130	0.123	0.122	0.125	0.126
10 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.336	0.328	0.326	0.328	0.329	0.332	0.336	0.341
1 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	0.365	0.353	0.348	0.348	0.346	0.345	0.347	0.350

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

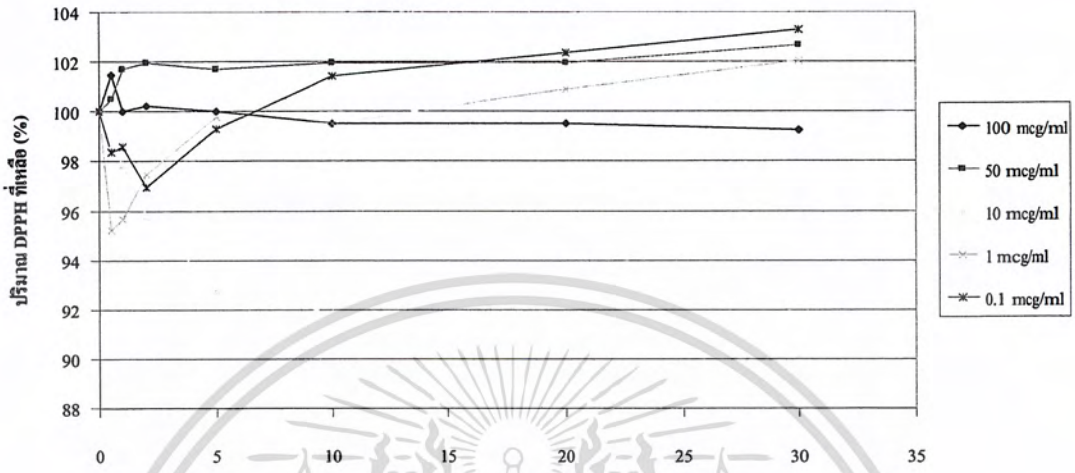
4. ภาพแสดง Kinetic curve ของ scavenged DPPH โดยสารสกัดจากชาสมุนไพรไทยทั้ง 8 ชนิด จากการทดลอง 3 ซ้ำ ภาพบน: เป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ DPPH ที่เหลือ (%) กับเวลา เพื่อหาเวลา ณ จุดเสถียรของปฏิกิริยา ภาพล่าง: เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ DPPH ที่เหลือ (%) ณ เวลาเสถียรคือที่ 30 นาที กับอัตราส่วนระหว่างปริมาณสารสกัดต่อปริมาณ DPPH (ไมโครกรัมของสารสกัดต่อมิลลิกรัมของ DPPH) โดยจะได้ความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง หาค่า EC_{50} ได้โดยแทนค่า y เป็น 50 ในสมการเส้นตรงที่ได้ แล้วคำนวณหาค่า x ค่า x ที่ได้คือค่า EC_{50}

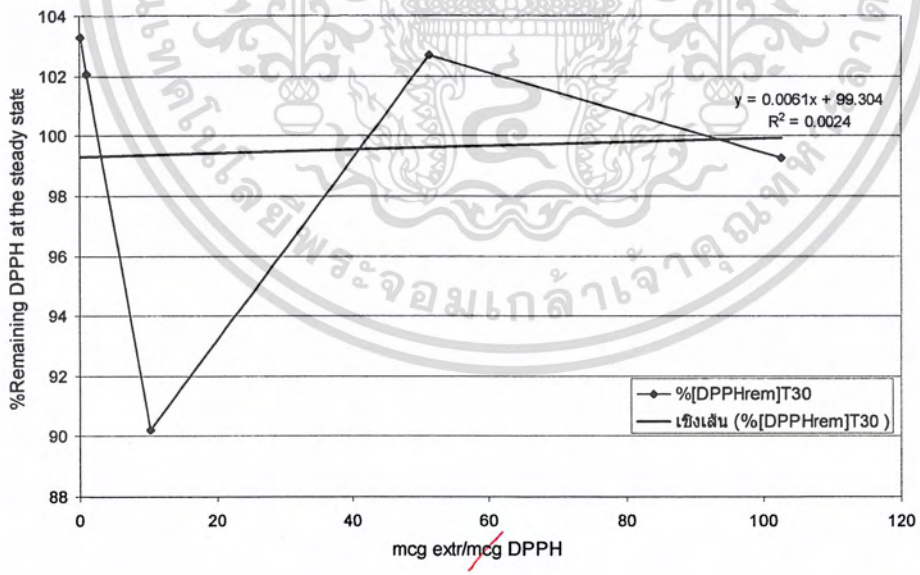
<u>ชาจีน ครั้งที่ 1</u>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบเตย ครั้งที่ 1

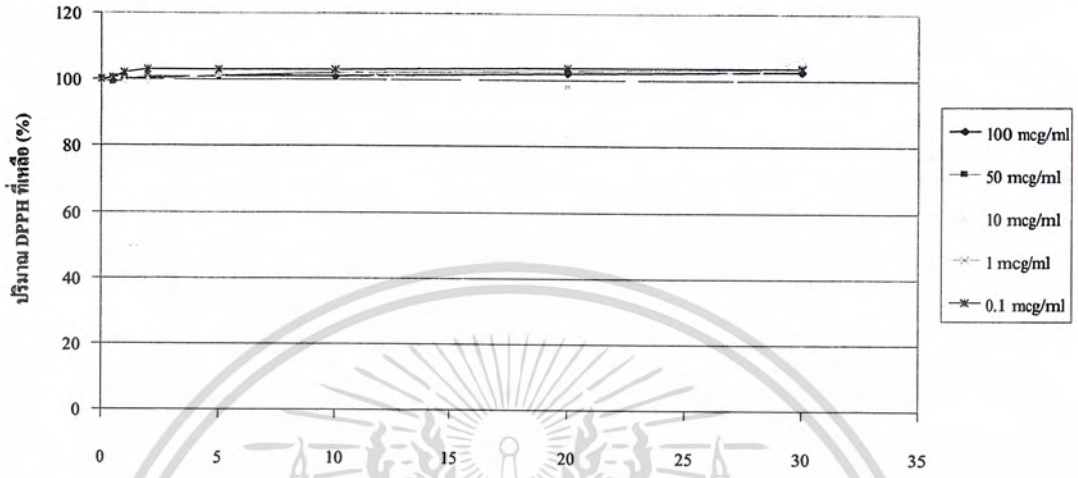


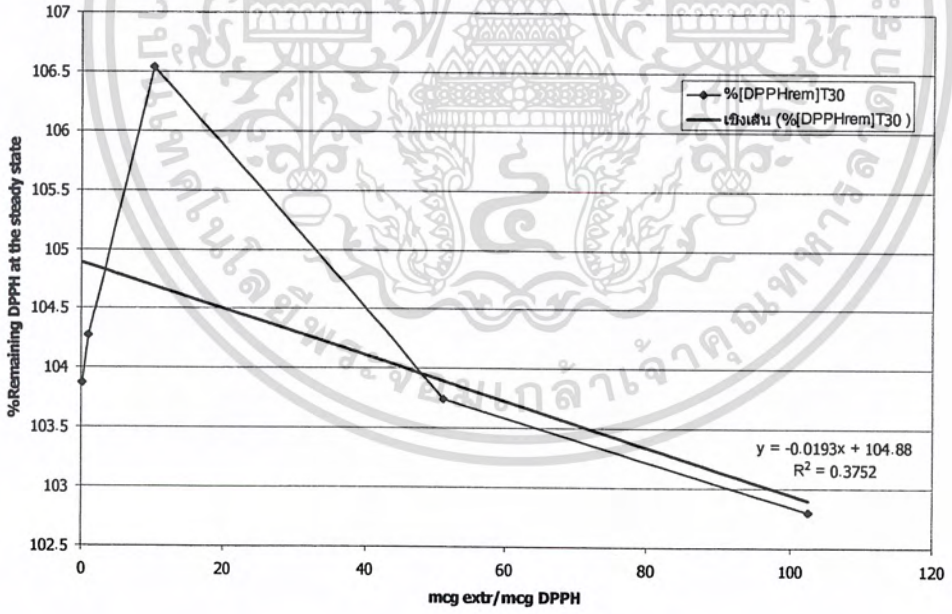


mg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

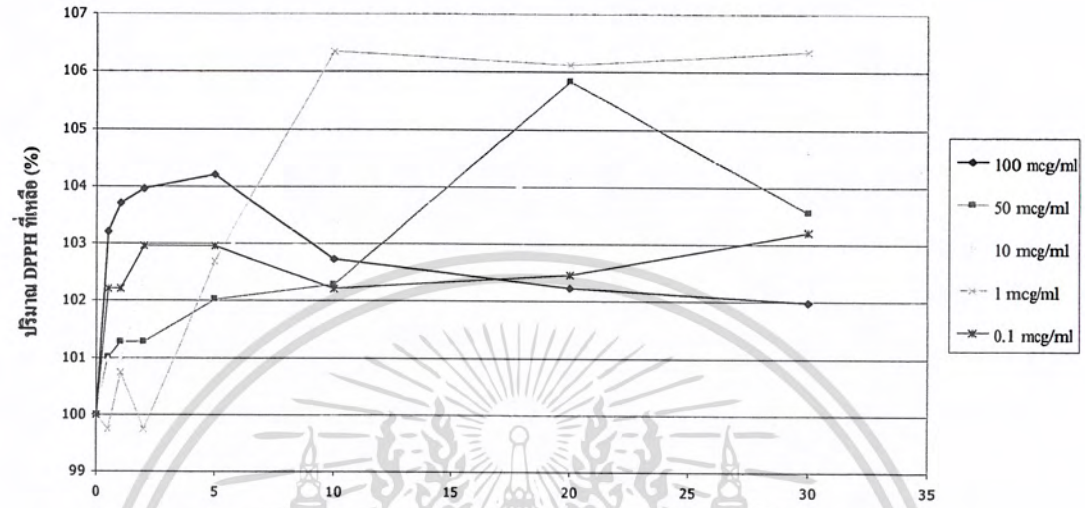
ใบน้อยหน่า ครั้งที่ 1

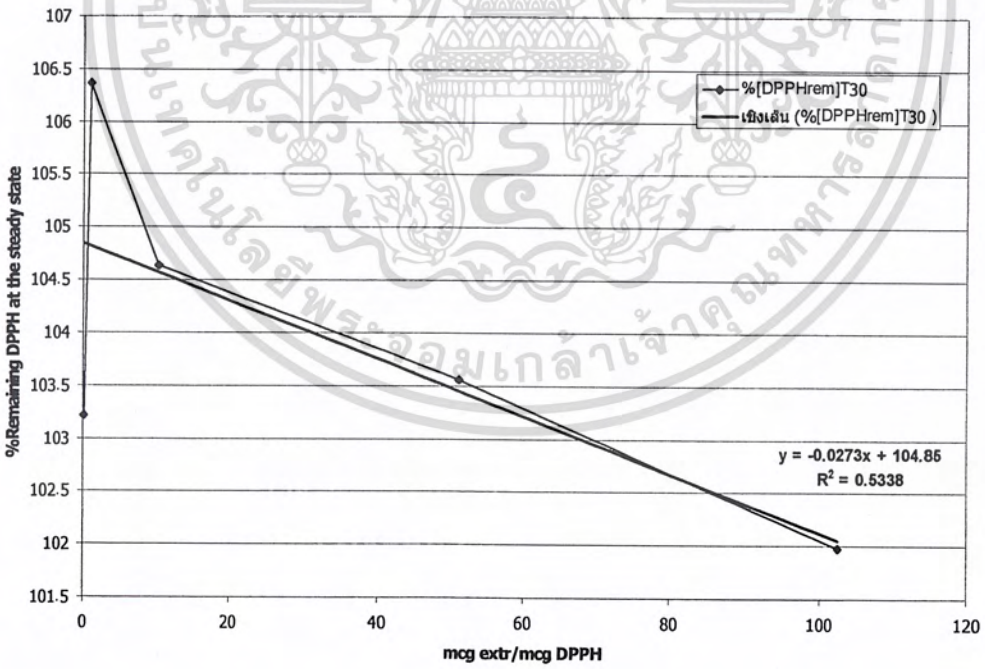




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

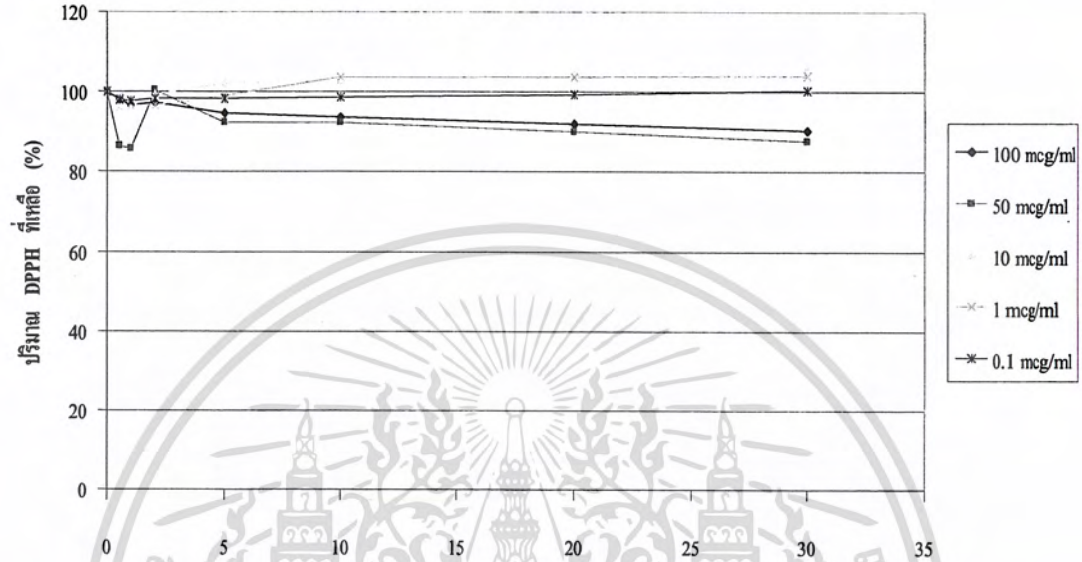
ใบบันทึก ครั้งที่ 1

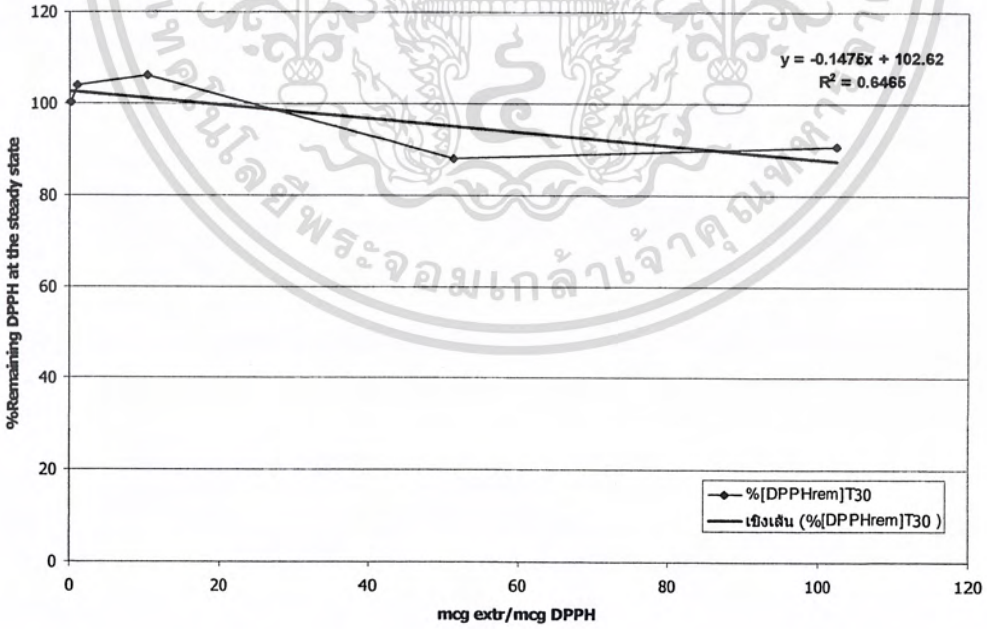




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

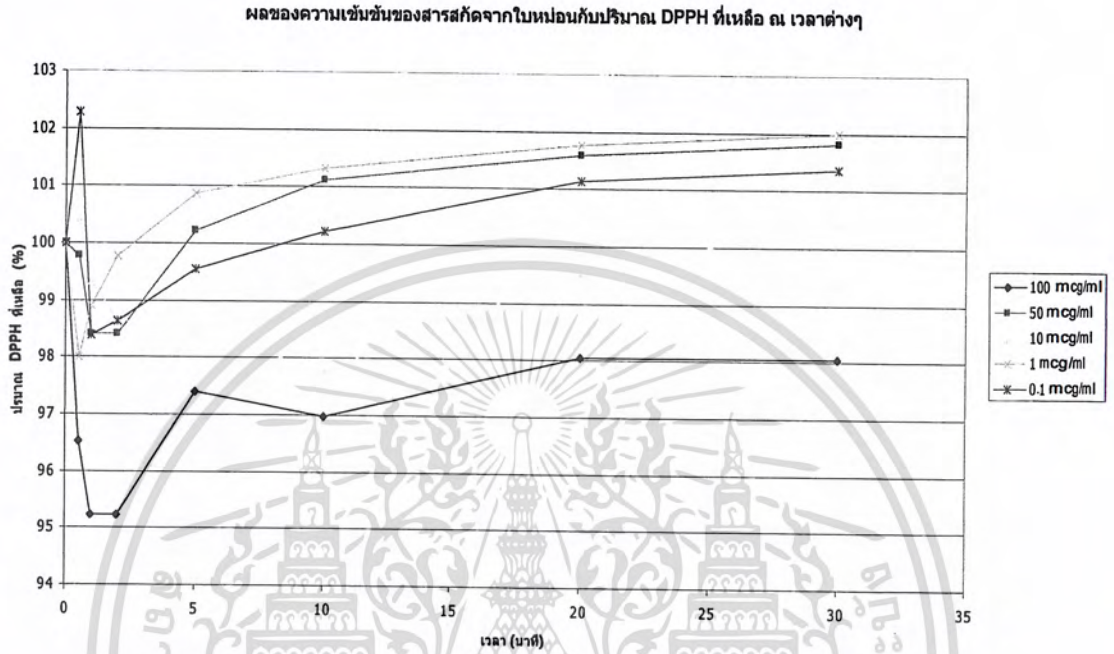
ใบพลู ครั้งที่ 1

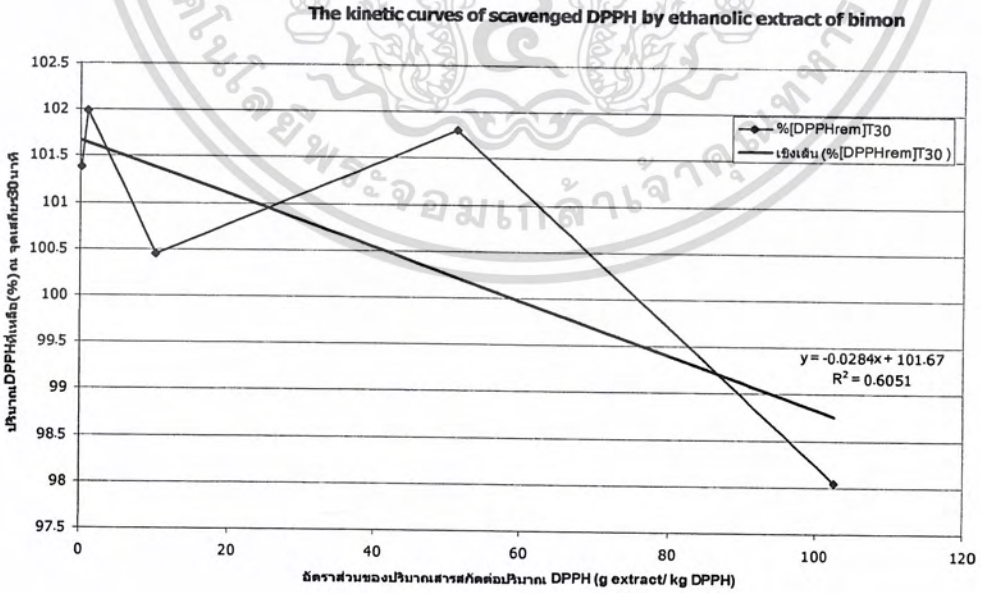




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

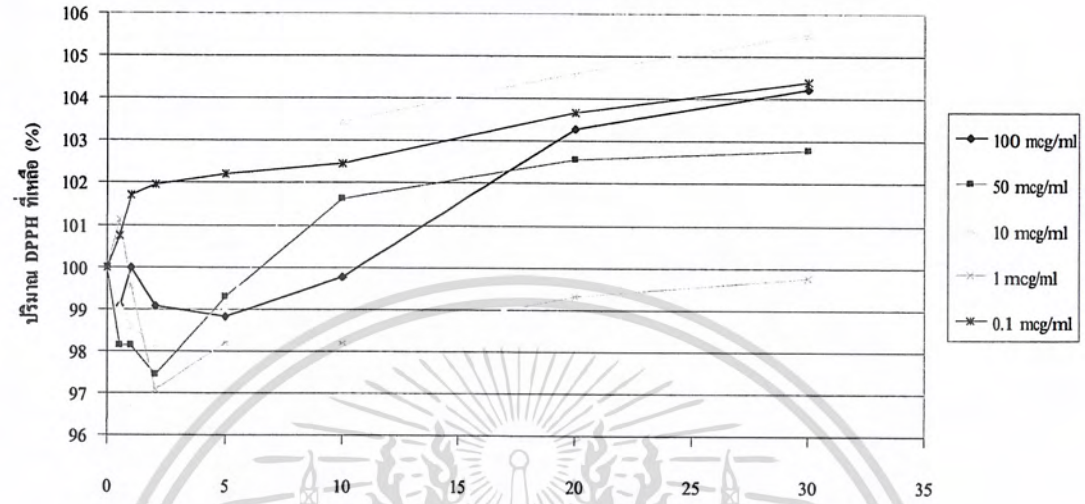
ใบหม่อน ครั้งที่ 1

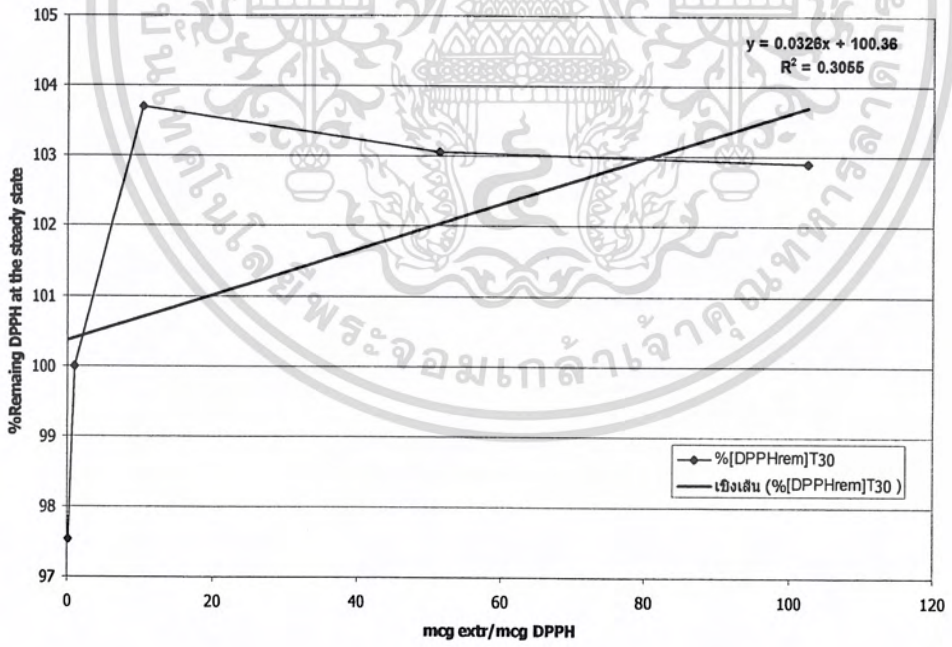




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

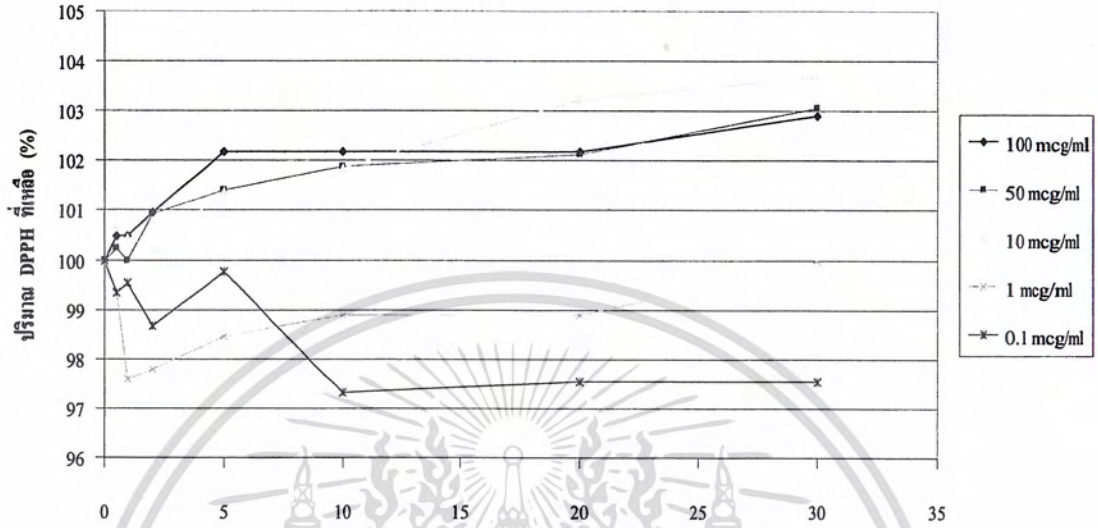
ใบมะยม ครั้งที่ 1

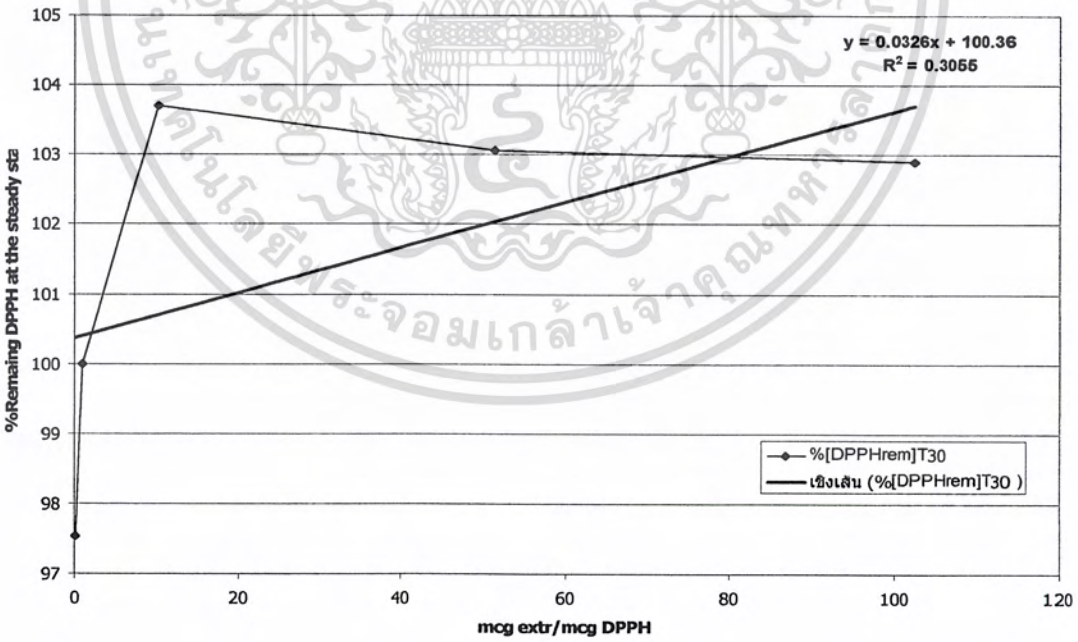




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

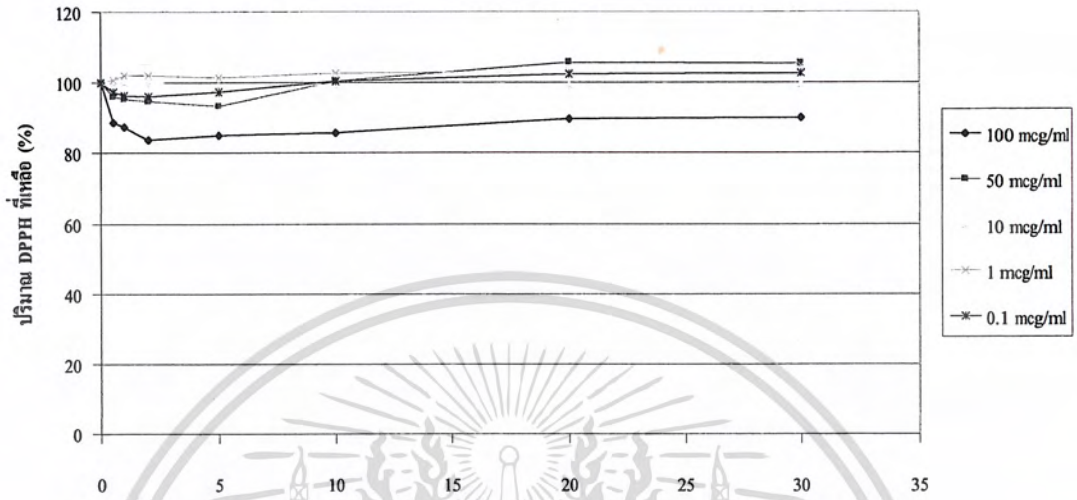
ผลมะตูม ครั้งที่ 1

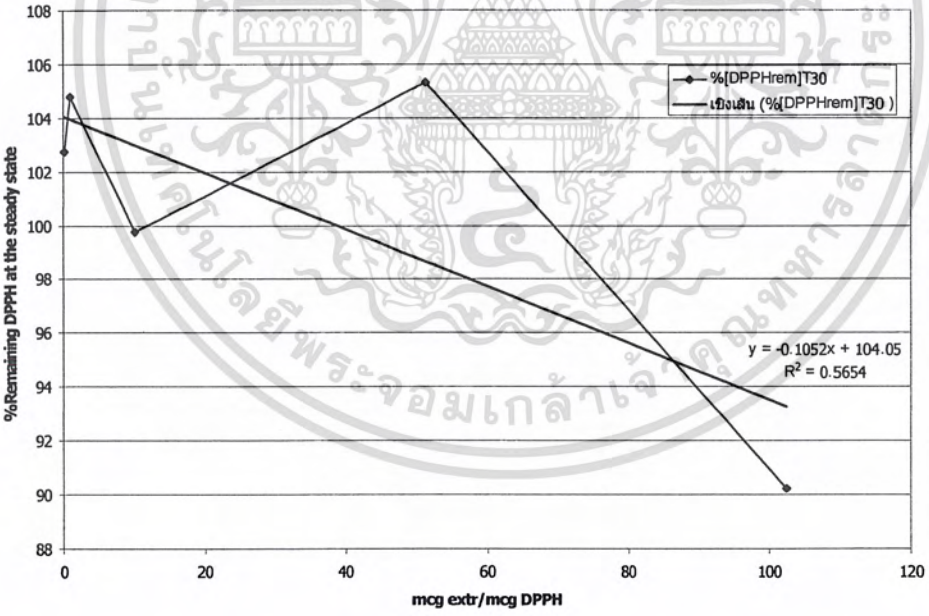




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

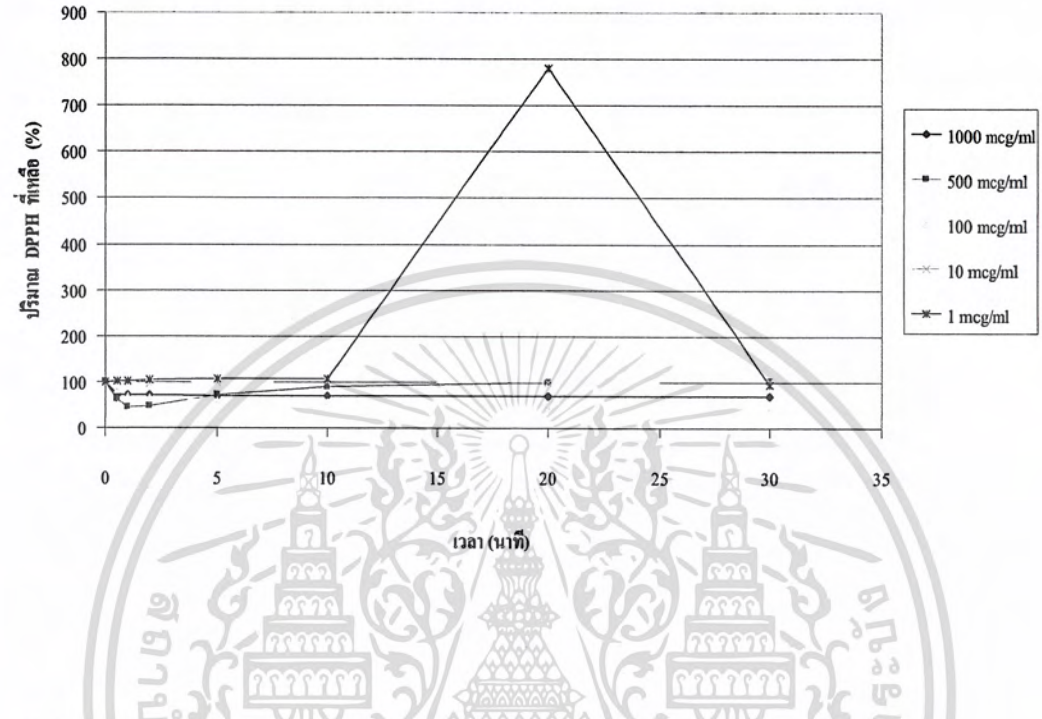
วิตามินอี ครั้งที่ 1

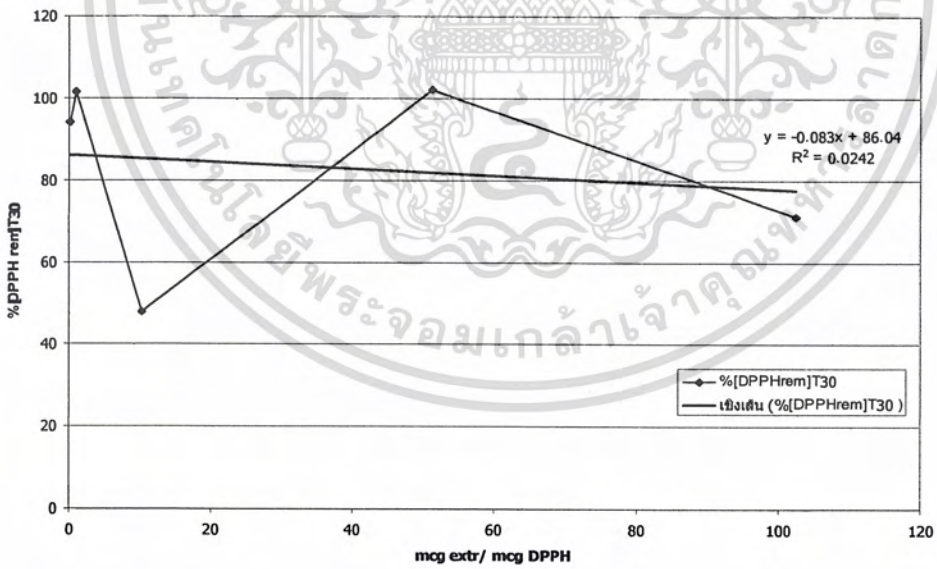




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

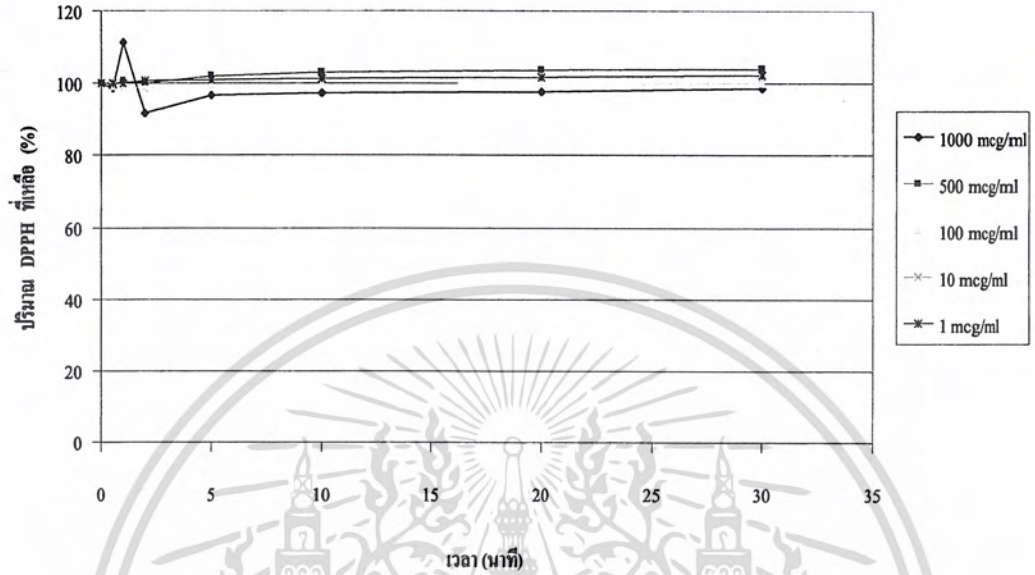
ชาจีน ครั้งที่ 2

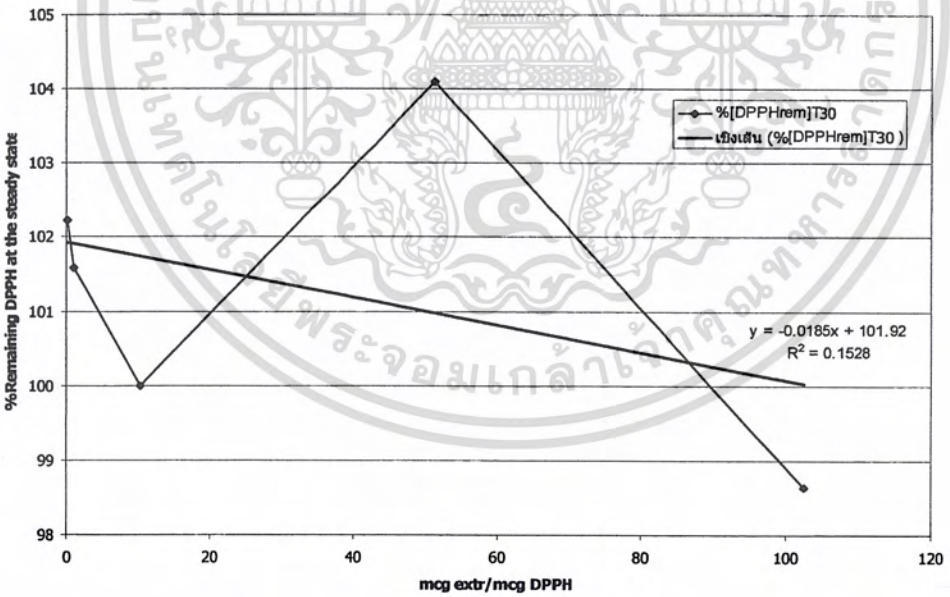




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

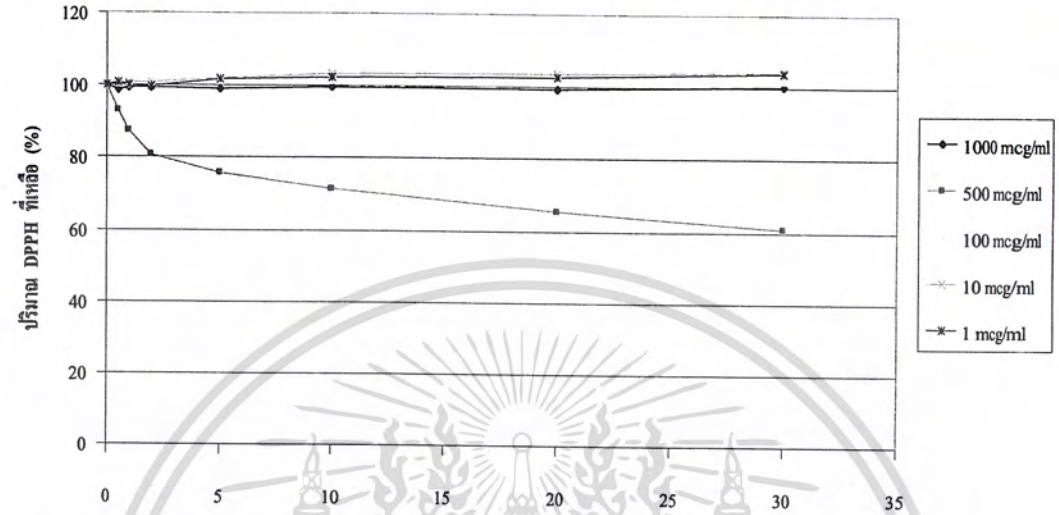
ใบเตย ครั้งที่ 2

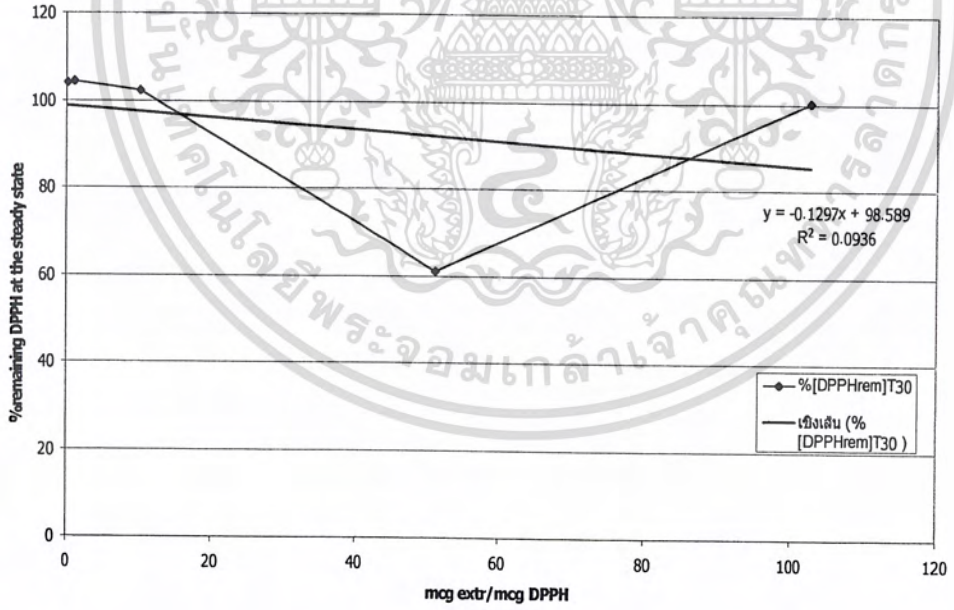




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

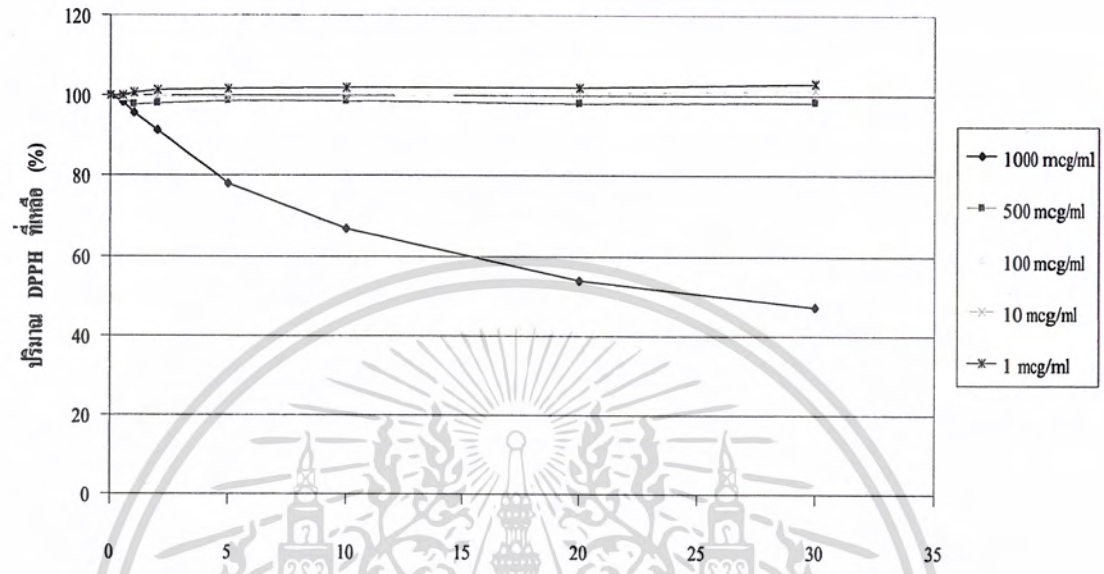
ใบน้อยหน่า ครั้งที่ 2

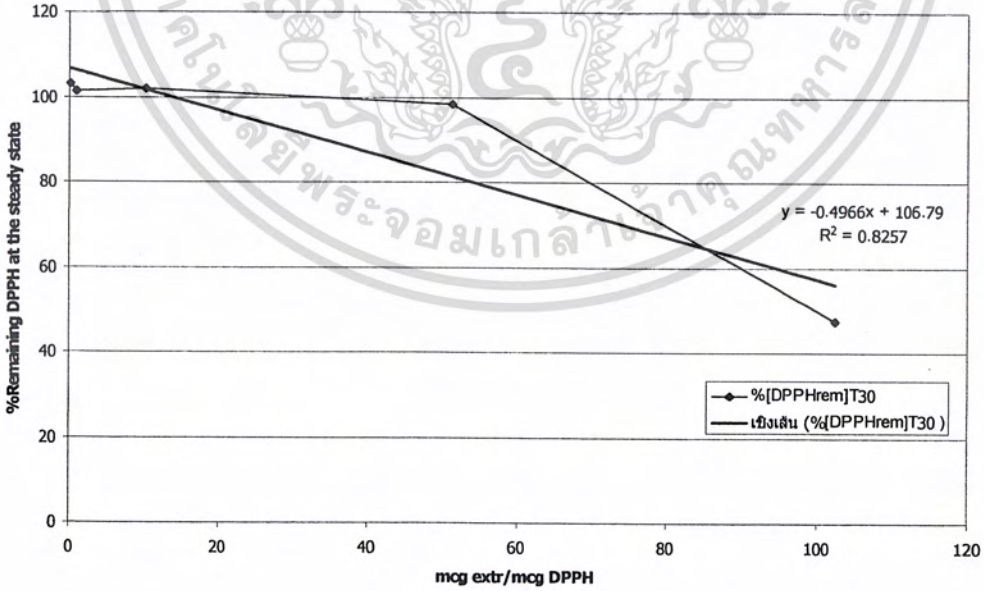




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

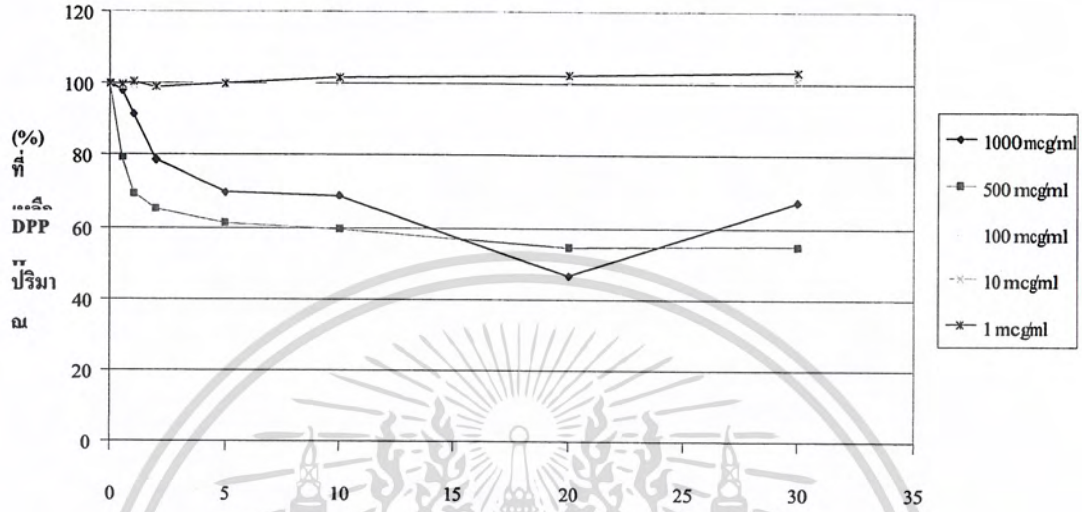
ใบบันทึก ครั้งที่ 2

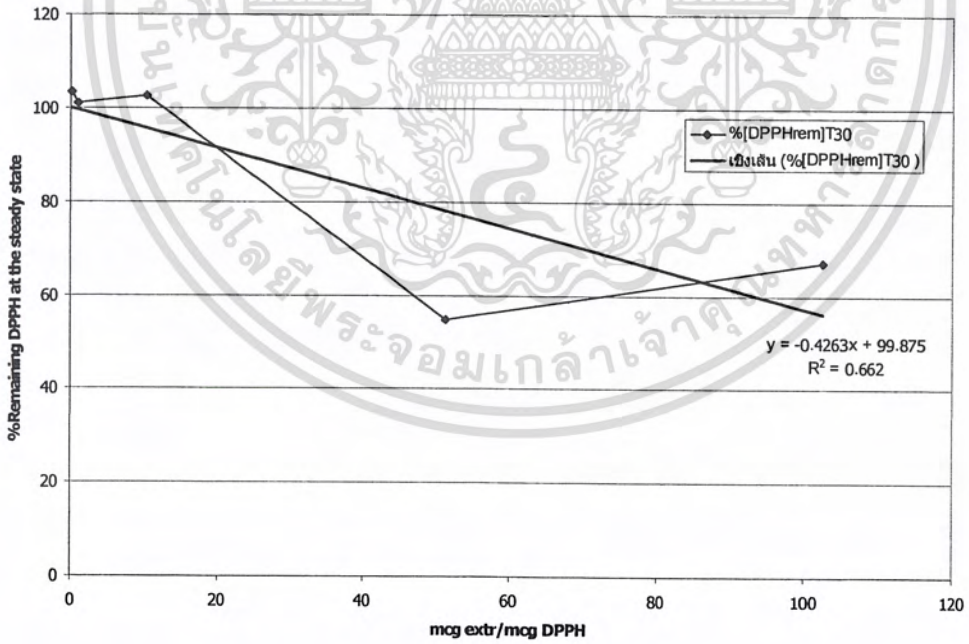




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

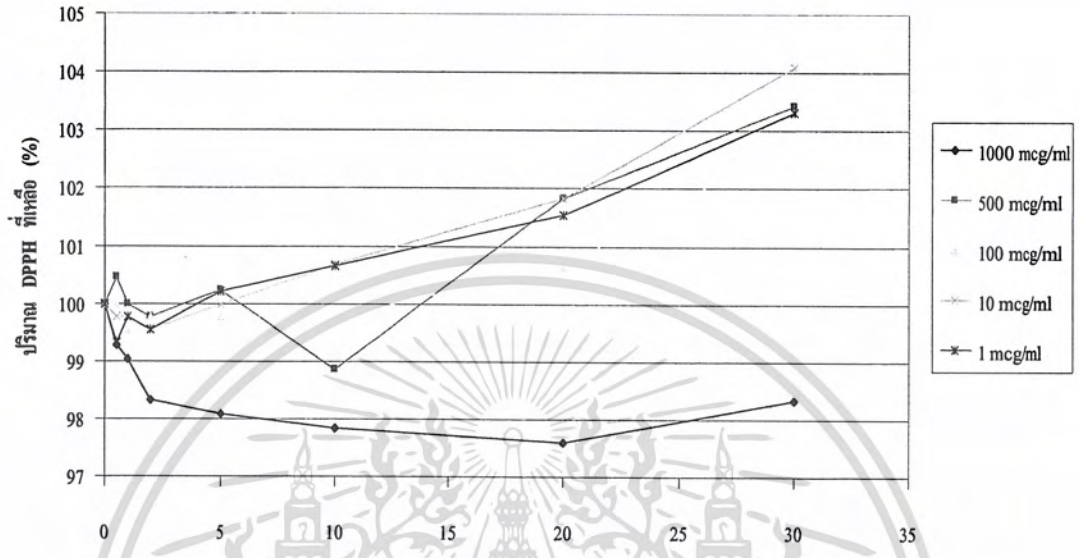
ใบพลู ครั้งที่ 2

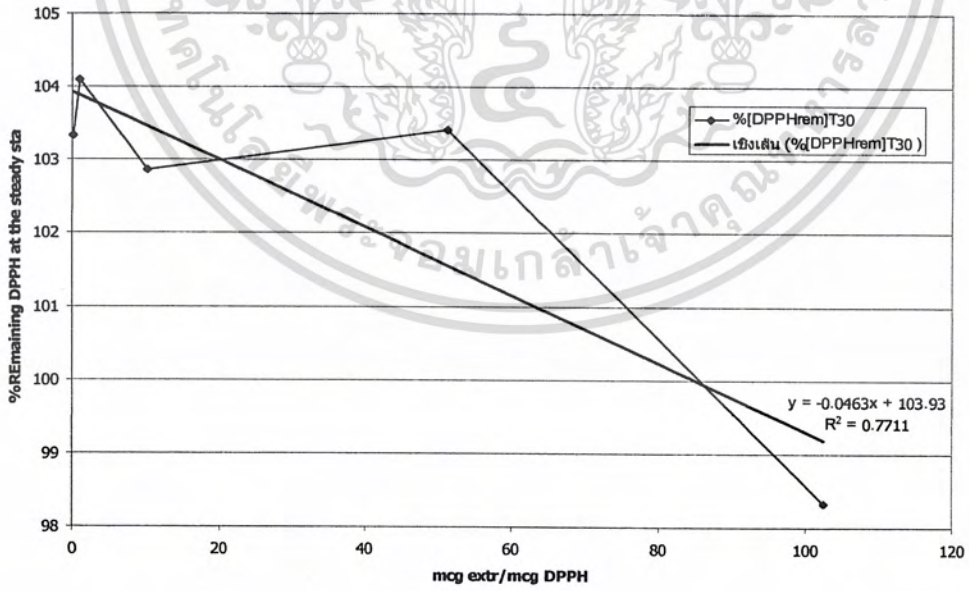




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

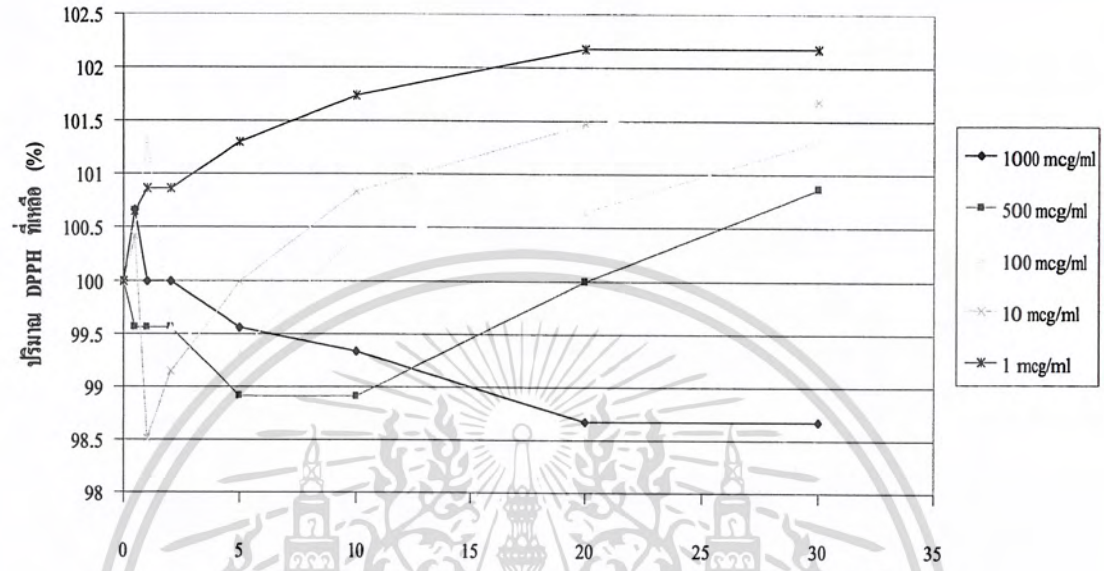
ใบหม่อน ครั้งที่ 2

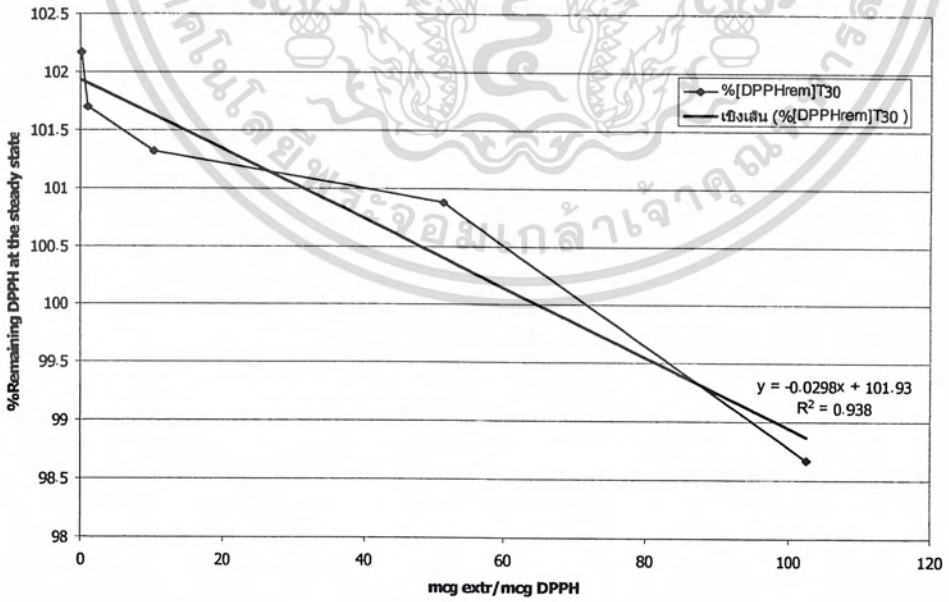




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

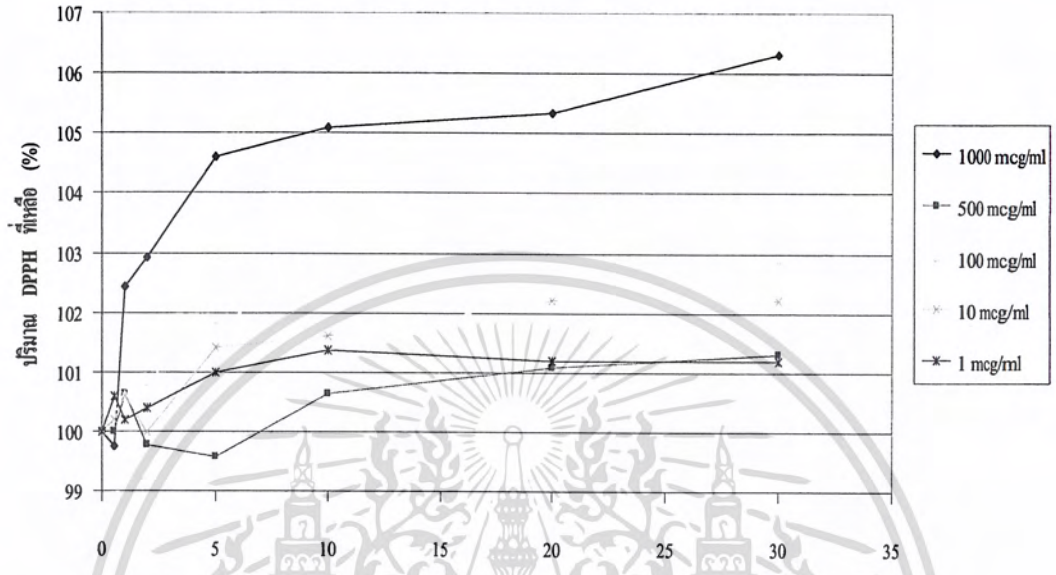
ใบมะยม ครั้งที่ 2

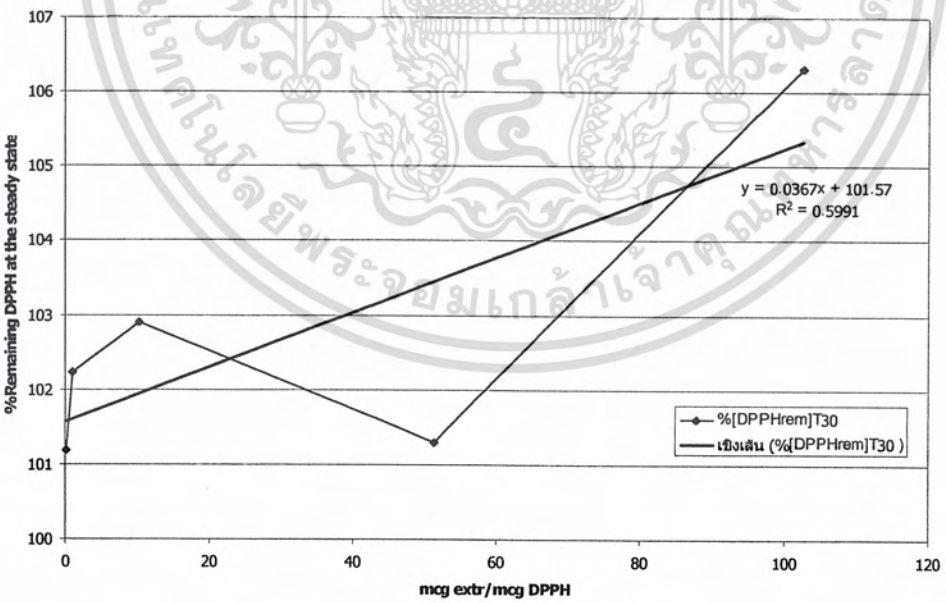




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

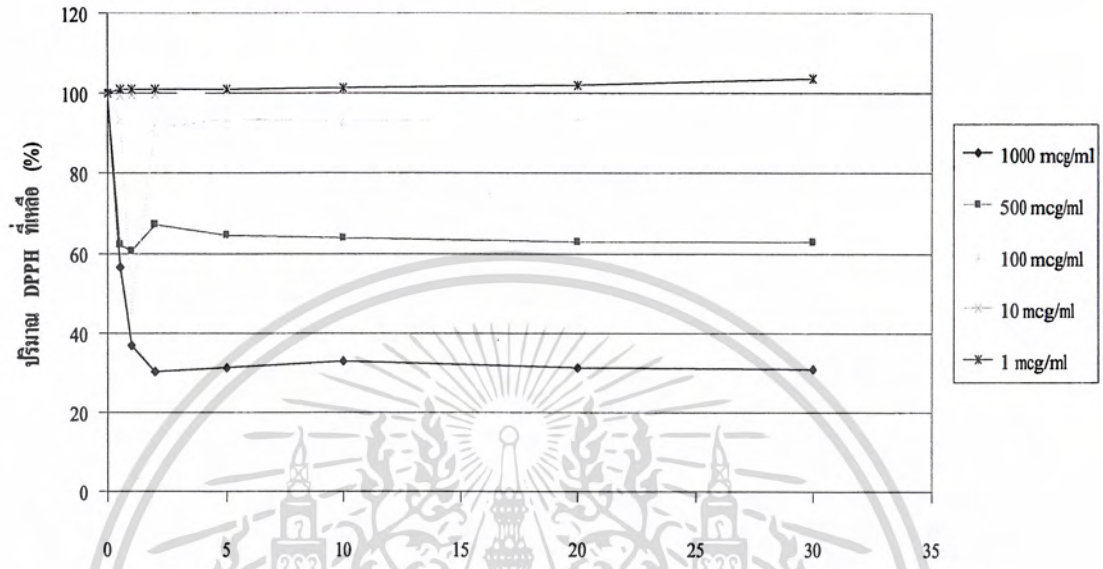
ผลมะตูม ครั้งที่ 2

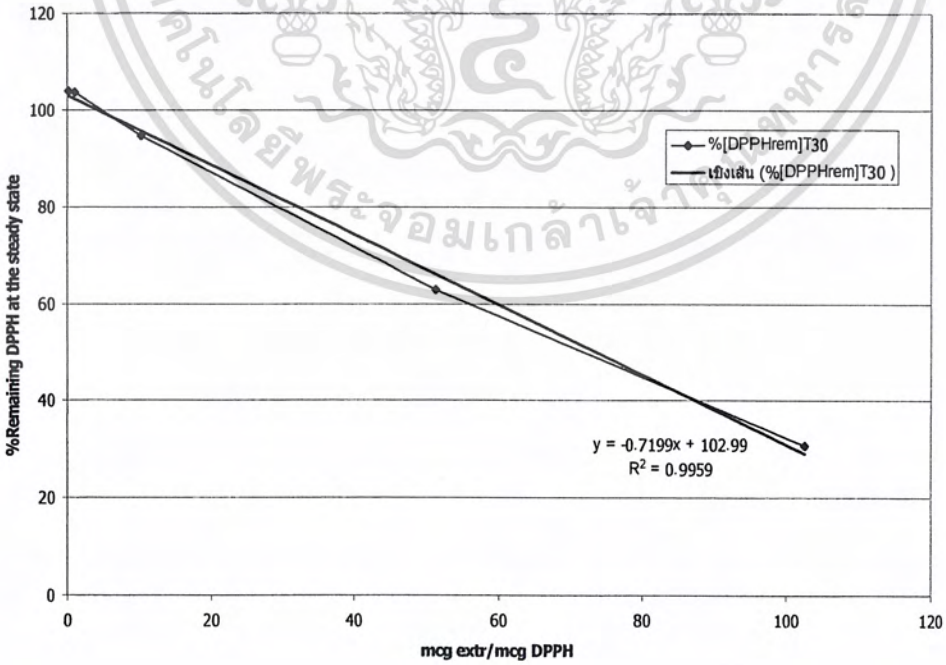




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

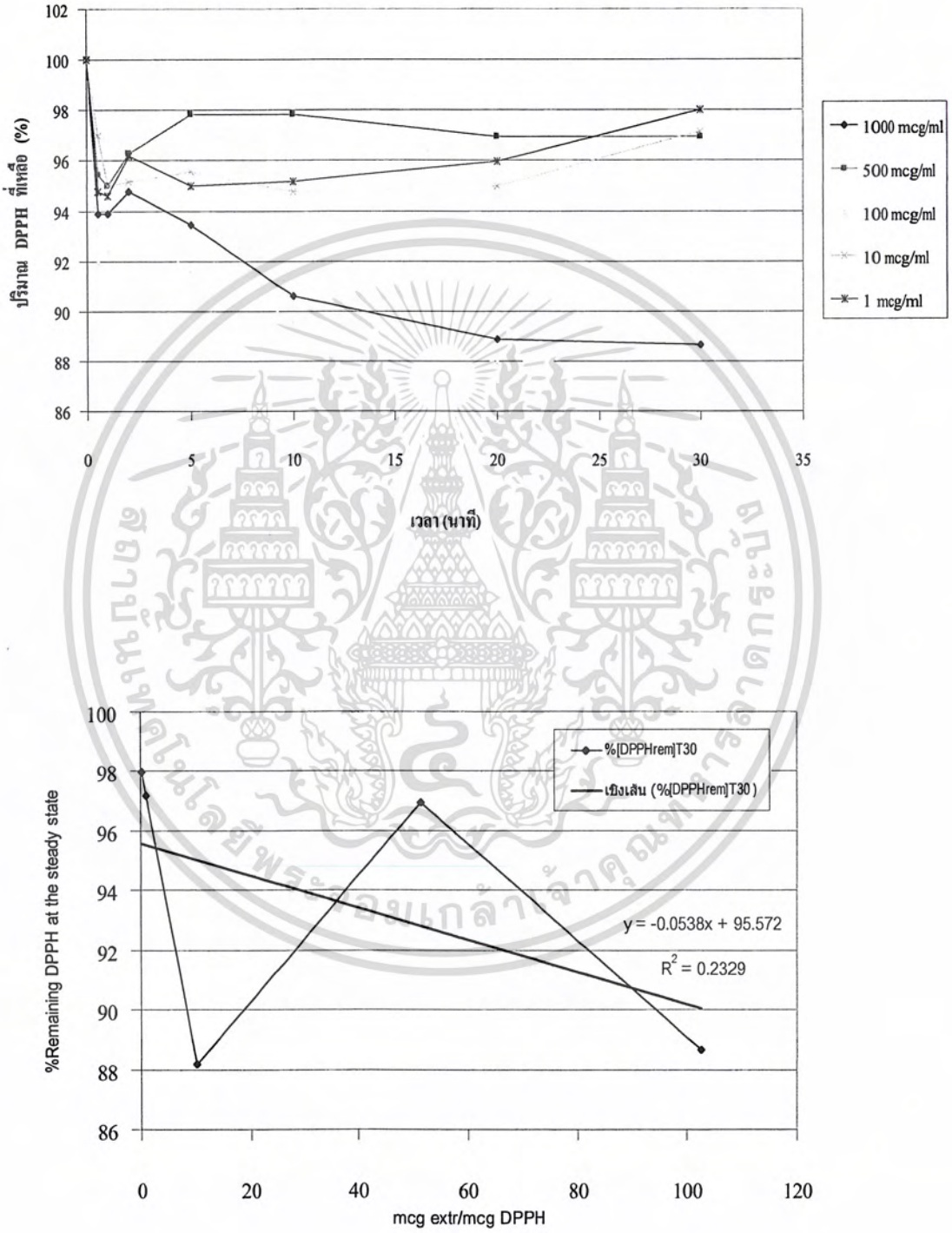
วิตามินอี ครั้งที่ 2





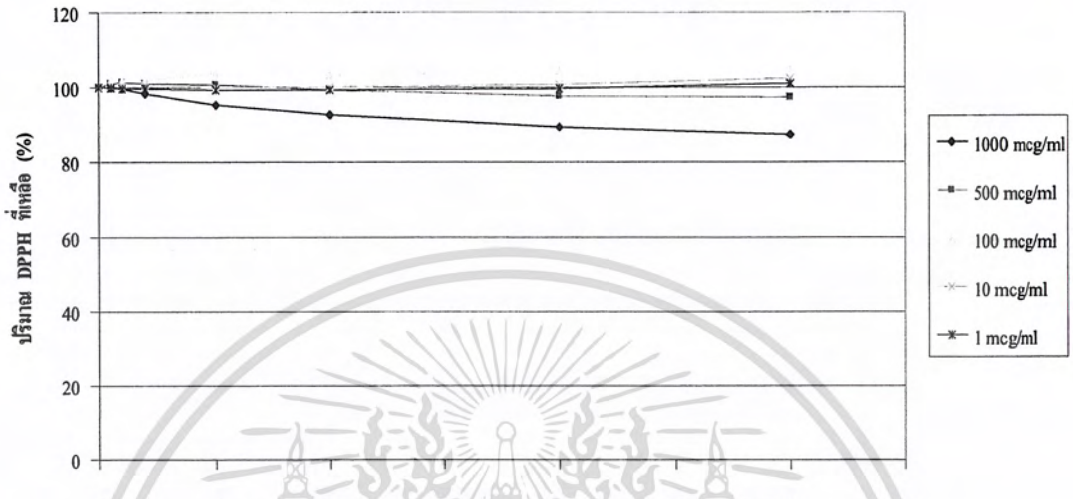
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

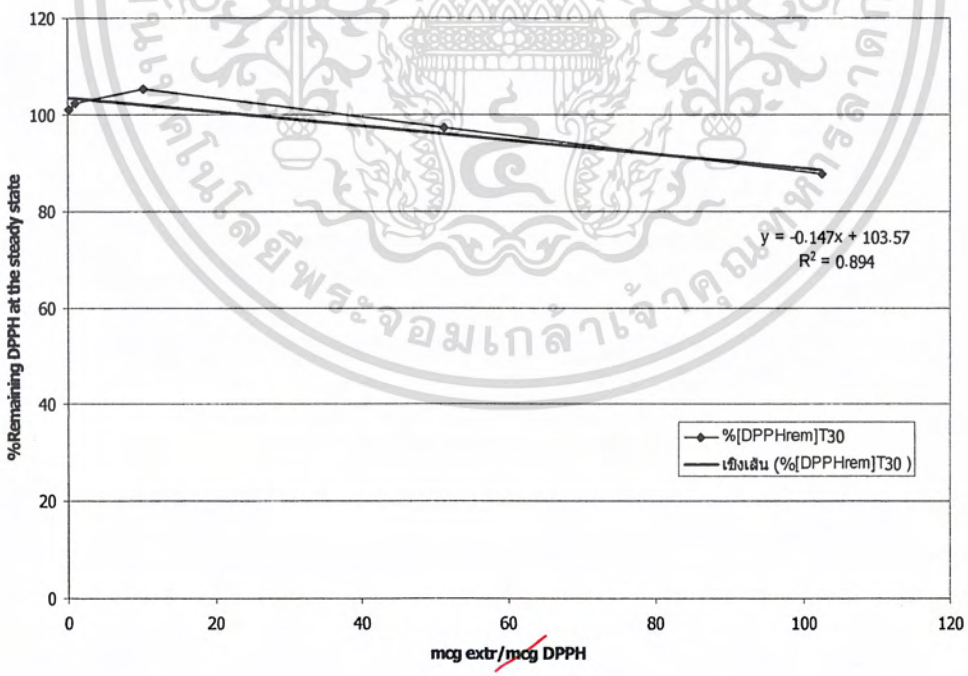
ชาจีน ครั้งที่ 3



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบเตย ครั้งที่ 3

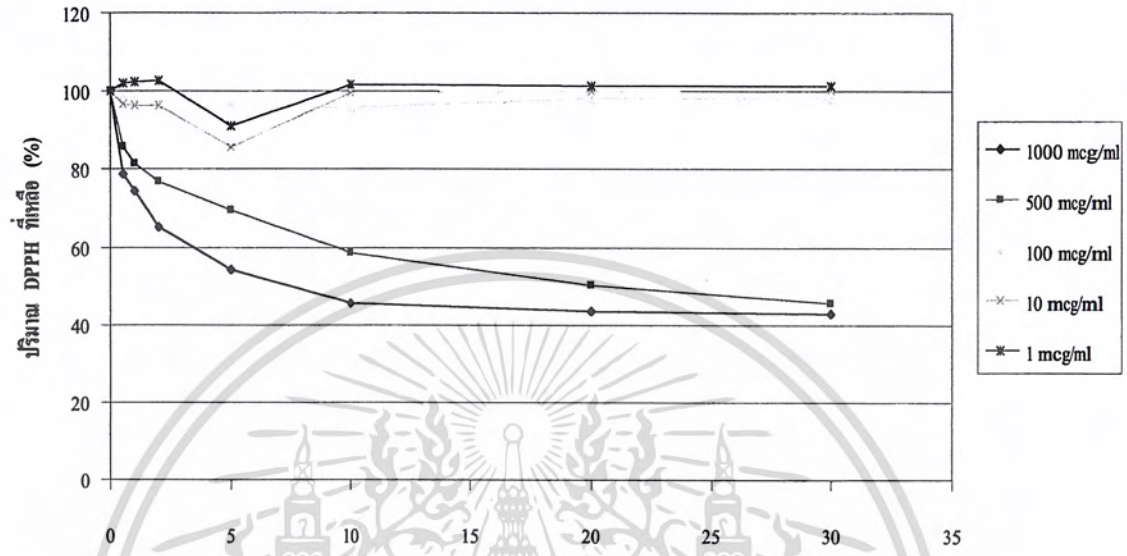


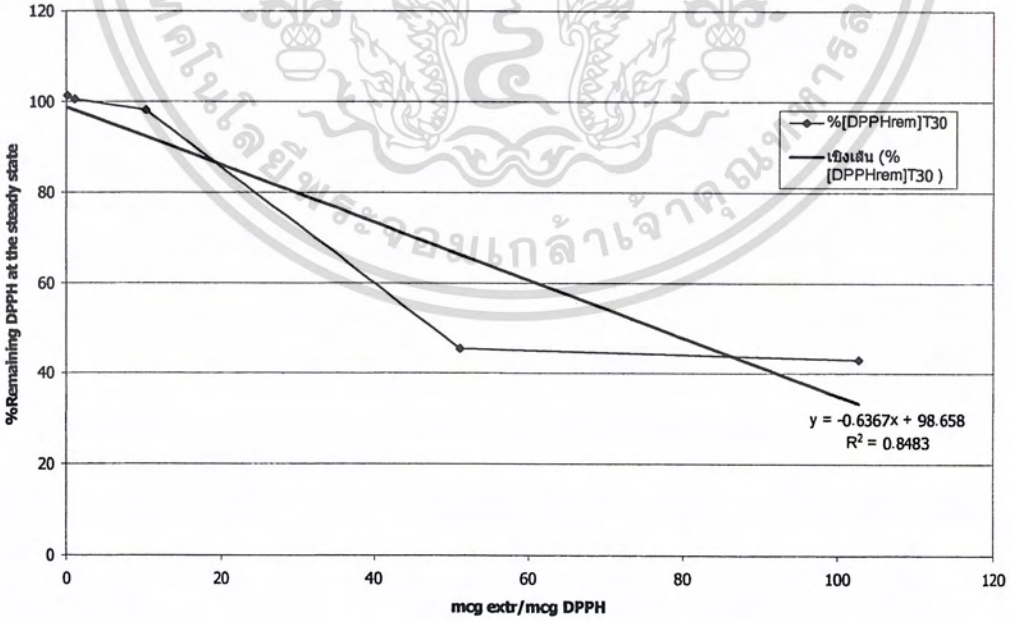


mg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

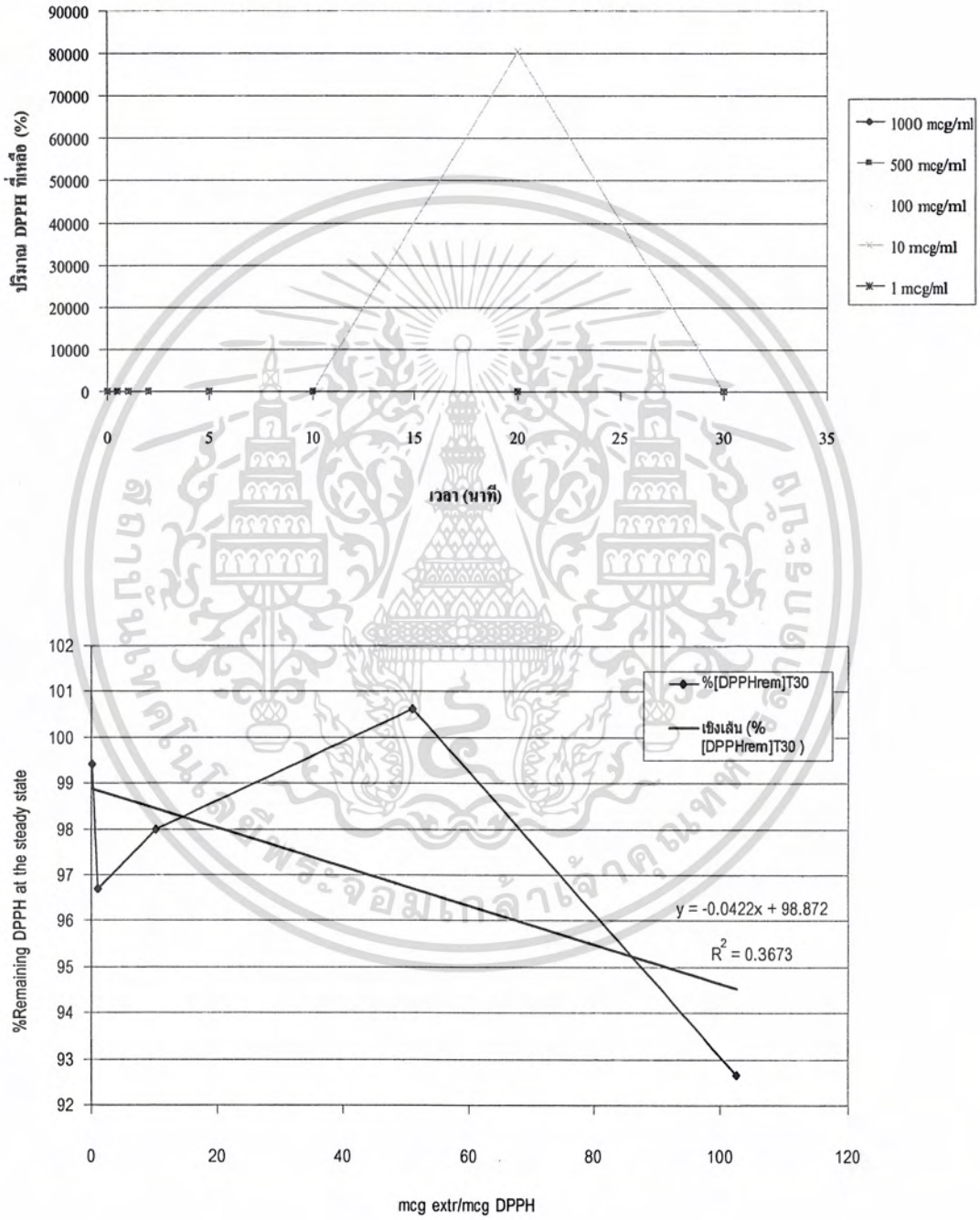
ใบน้อยหน่า ครั้งที่ 3





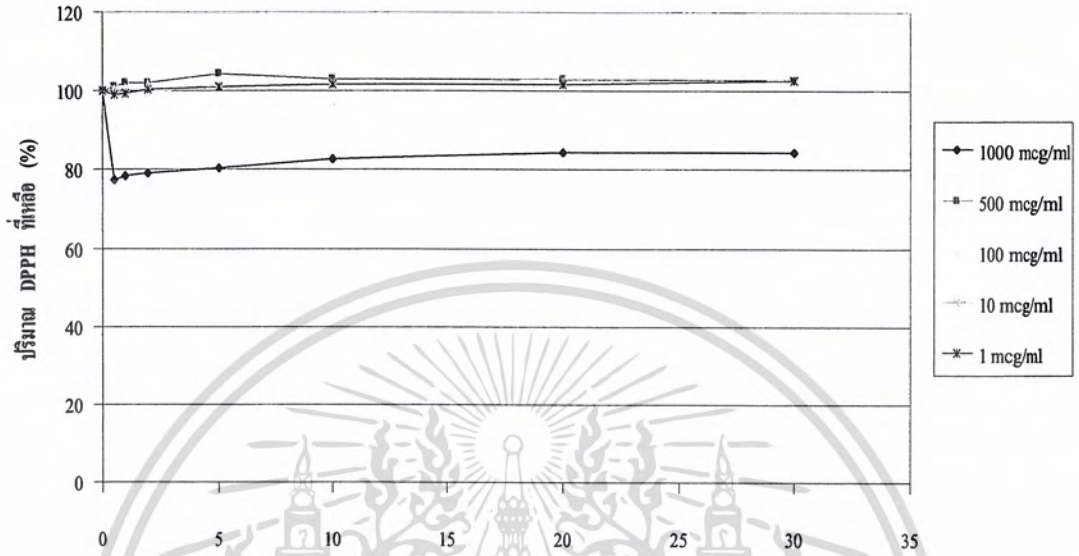
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

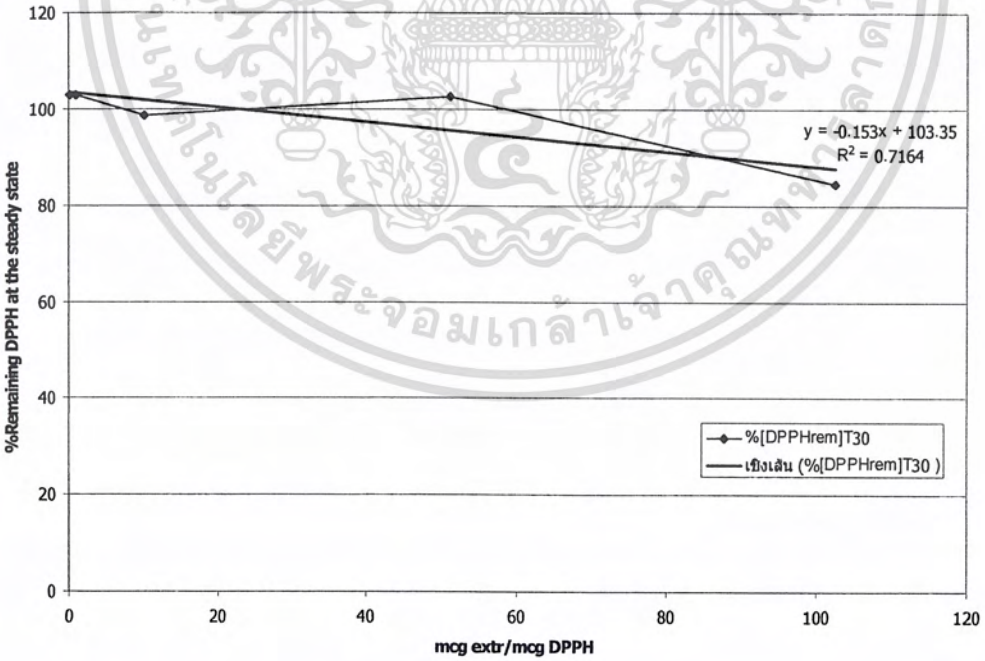
ใบบันทึก ครั้งที่ 3



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

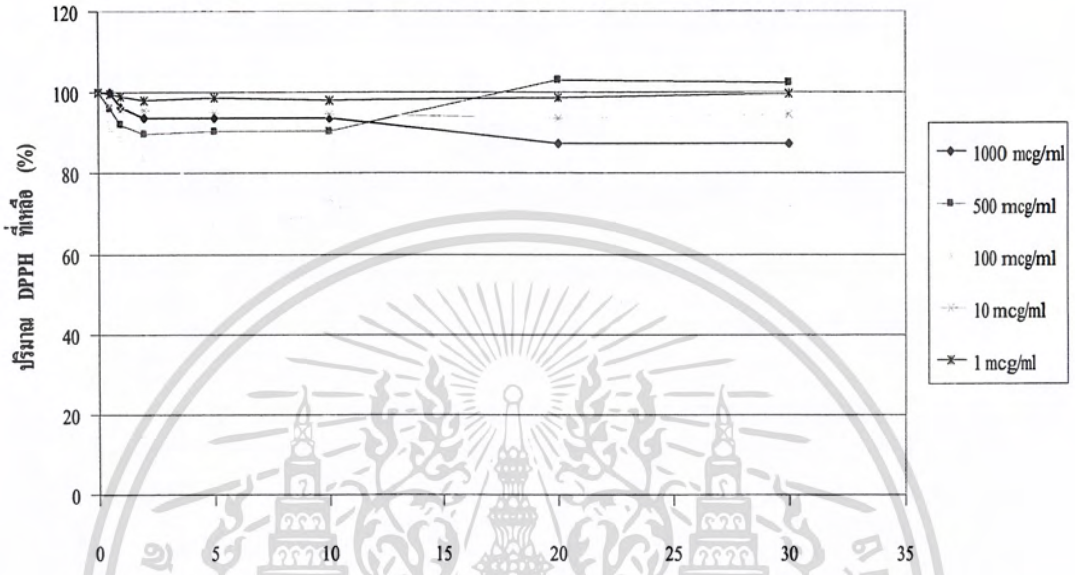
ใบพลู ครั้งที่ 3

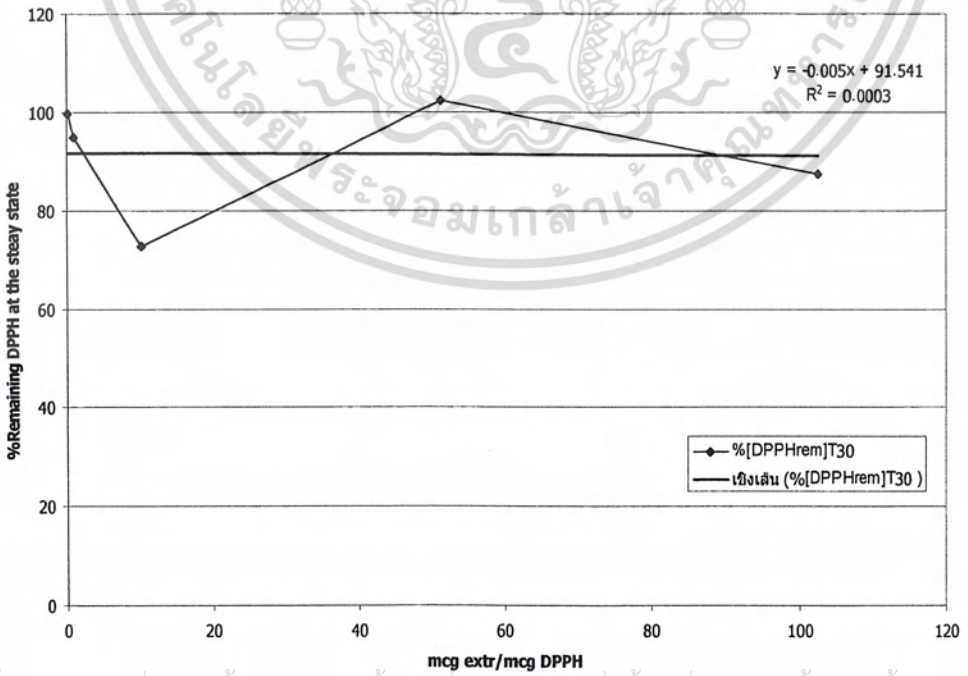




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

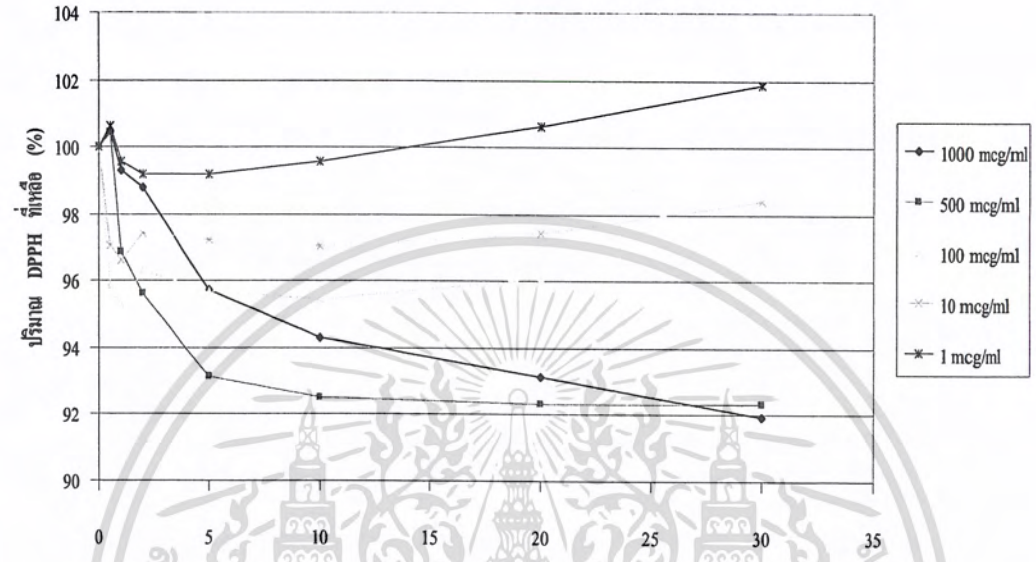
ใบหม่อน ครั้งที่ 3

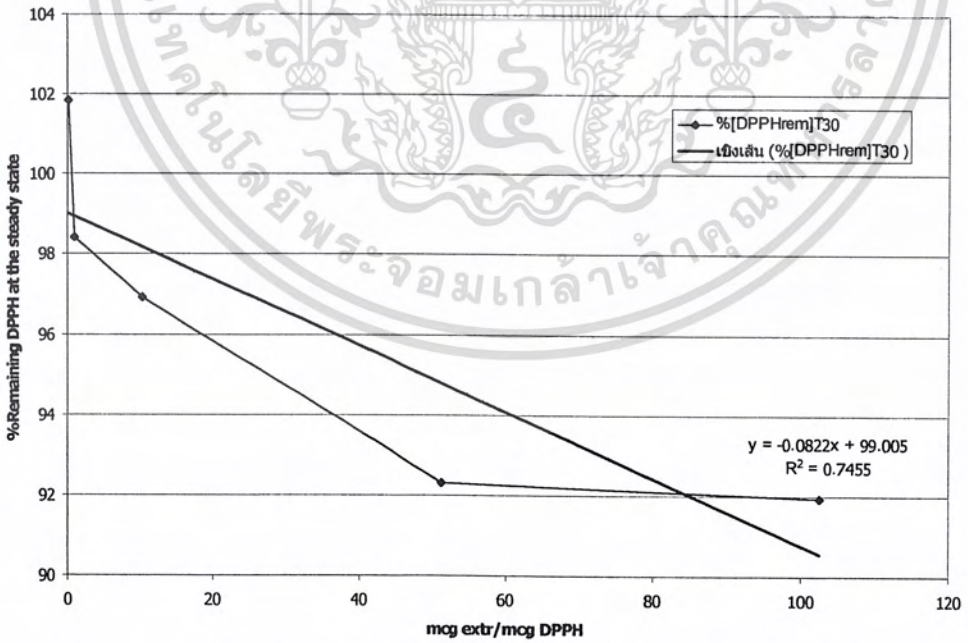




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

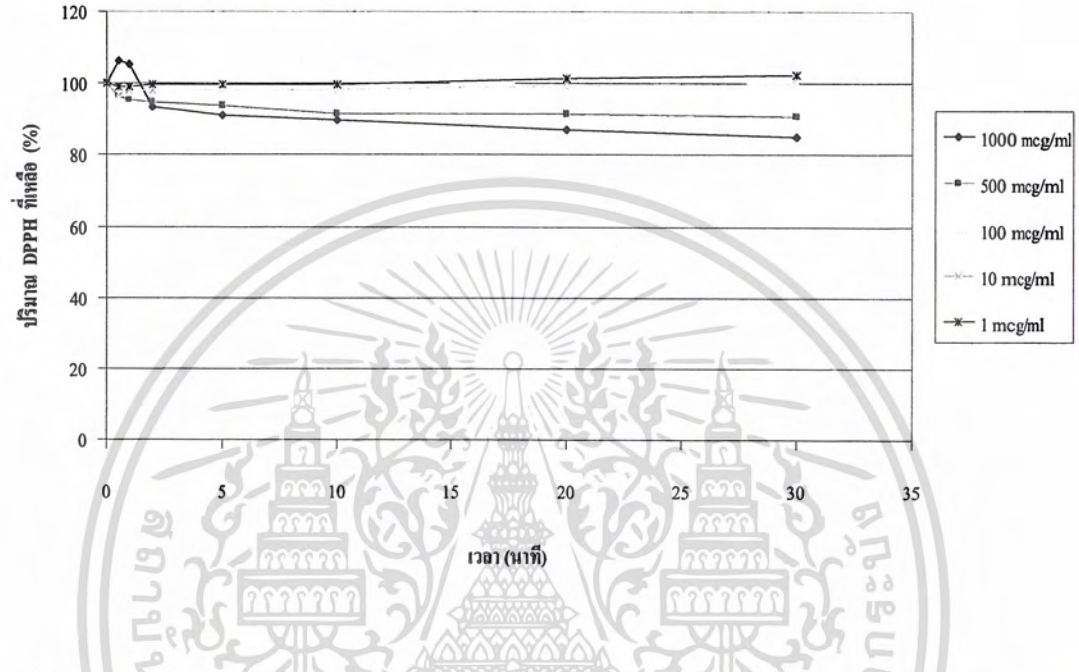
ใบมะยม ครั้งที่ 3

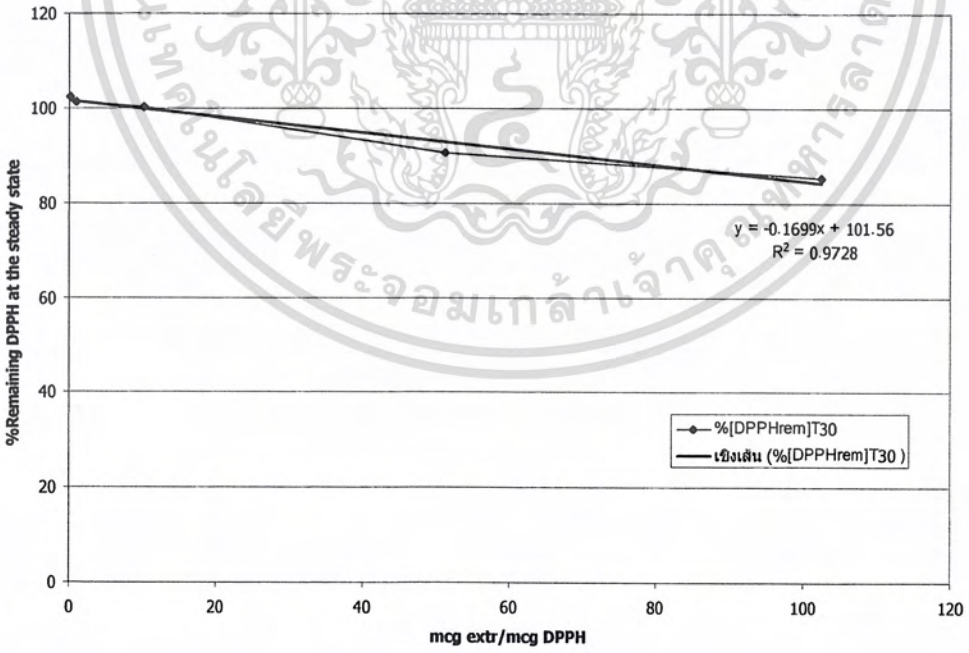




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

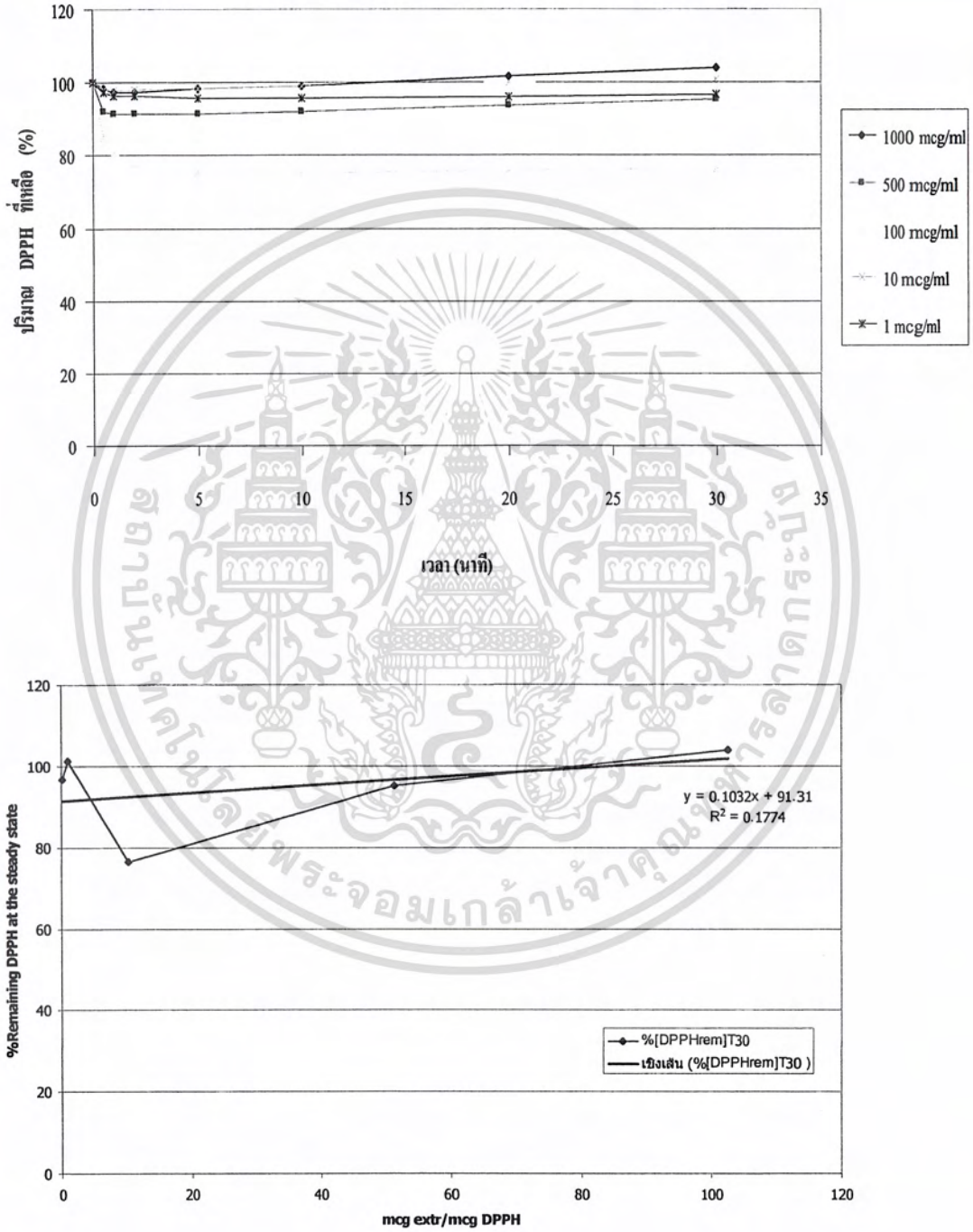
ผลมะตูม ครั้งที่ 3





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิตามินอี ครั้งที่ 3



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ผลของการคำนวณหาค่า EC_{50} และ ค่าAE จากสมการเส้นตรงของกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณDPPH ที่เหลือ (%) ณ เวลาเสถียรคือที่ 30 นาที กับอัตราส่วน ระหว่างปริมาณสารสกัดต่อปริมาณ DPPH (ไมโครกรัมของสารสกัดต่อมิลลิกรัมของ DPPH)

ตารางที่ 17 ค่าEC_{50} ของสารสกัดจากชาสมุนไพรไทย

ชนิดของชาสมุนไพรไทย	ค่า EC_{50} (ไมโครกรัมของสารสกัดต่อมิลลิกรัมของ DPPH)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
ชาจีน	252.252	4342.217*	847.063
ใบเตย	-8082.623*	2806.486	364.421
ใบน้อยหน่า	2843.523*	374.626	76.422
ใบบัวบก	0.002*	114.358	1158.104
ใบพลู	356.746	116.795	8308.2*
ใบหม่อน	1819.366	1164.795	8308.2*
ใบมะยม	-5197.059*	1742.617	596.168
ผลมะตูม	-1544.785*	-1405.177*	303.473
วิตามินอี	513.783*	73.607	-400.291*

* ค่าที่ไม่นำมาคำนวณ

ตารางที่ 18 ค่า AE ของสารสกัดจากชาสมุนไพรไทย

ชนิดของชาสมุนไพรไทย	ค่า AE		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
ชาจีน	0.039	0.0002	0.0011
ใบเตย	-0.0001	0.0004	0.0027
ใบน้อยหน่า	0.0004	0.0026	0.0131
ใบบัวบก	500	0.0087	0.0009
ใบพลู	0.0028	0.0085	0.0028
ใบหม่อน	0.0005	0.0009	0.0001
ใบมะยม	-0.0002	0.0006	0.0017
ผลมะตูม	-0.0006	-0.0007	0.0033
วิตามินอี	0.0019	0.0135	-0.0025

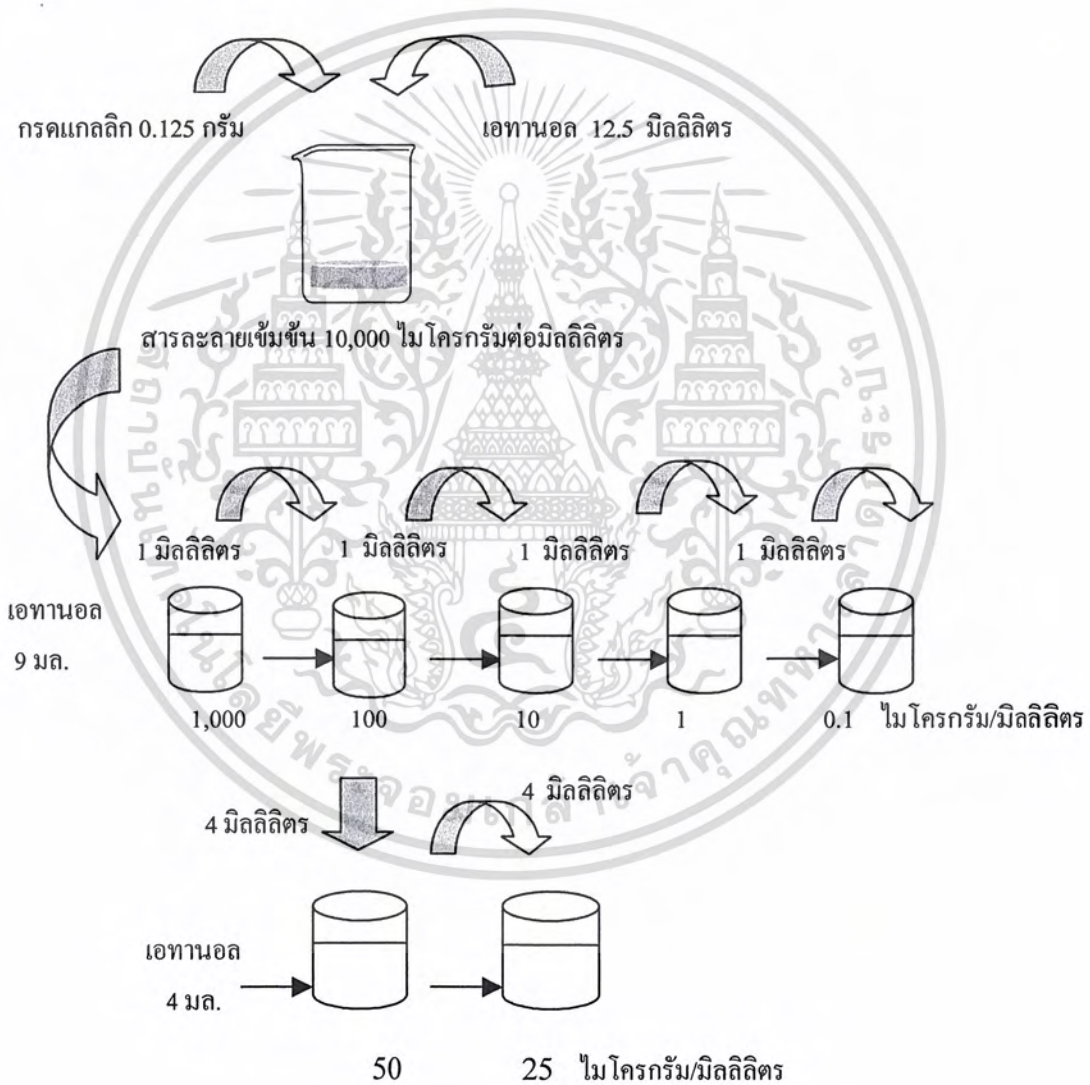
* ค่าที่ไม่นำมาคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ผลการทดลองหาปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดจากชาสมุนไพรไทย

6.1 การเตรียมสารละลายกรดแกลลิกที่ความเข้มข้นต่างๆ

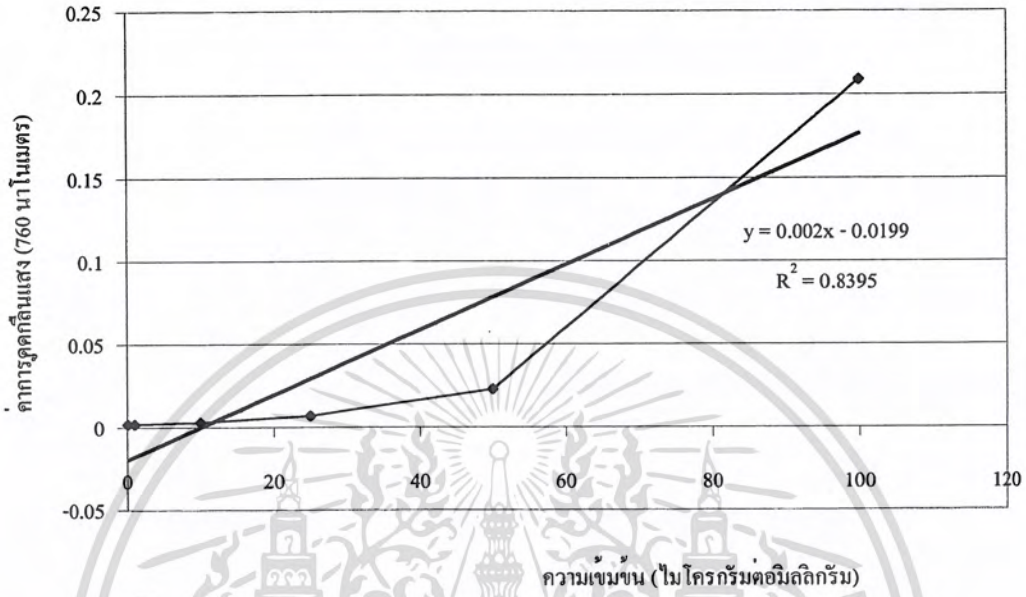
ชั่งกรดแกลลิก 0.125 กรัม ลงในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร จากนั้นเติมเอทานอลปริมาตร 12.5 มิลลิลิตร จะได้ความเข้มข้นของสารสกัดเริ่มต้นเท่ากับ 10,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ทำการเจือจางไปเรื่อยๆ ด้วยเอทานอลจนได้ความเข้มข้นของสารสกัดเป็น 1,000, 100, 50, 25, 1 และ 0.1 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร



ภาพที่ 17 การเตรียมสารละลายกรดแกลลิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟมาตรฐานกรดแกลลิก



ตารางที่ 19 ปริมาณสารฟีนอลิกในสารสกัดจากชาสมุนไพรไทย

ชนิดของชาสมุนไพรไทย	ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด (ไมโครกรัมของกรดแกลลิกต่อมิลลิกรัมของสารสกัด)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
ชาจีน	222.550	485.550	299.550
ใบเตย	-0.950	-1.950	-4.450
ใบน้อยหน่า	25.050	27.050	29.550
ใบบัวบก	7.550	10.550	15.050
ใบพลู	45.050	68.050	298.050
ใบหม่อน	-1.450	14.050	-1.450
ใบมะยม	0.550	11.550	-4.450
ผลมะตูม	6.050	39.050	12.050

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้