แมลงศัตรูชาบัวบก

INSECT PESTS OF ASIATIC PENNYWORT TEA

เจนจิรา นามี

JANEJIRA NAME

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเกษตรศาสตร์

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2557

KMITL-2014-AG-M-065-173

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

แมลงศัตรูชาบัวบก

INSECT PESTS OF ASIATIC PENNYWORT TEA

T148462

เจนจิรา นามี

JANEJIRA NAME

.b........................
.i........................

เลขหมู่........................
เลขทะเบียน 148462
วัน.เดือน.ปี 30 ต.ค. 2560

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเกษตรศาสตร์

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2557

KMITL-2014-AG-M-065-173

INSECT PESTS OF ASIATIC PENNYWORT TEA

JANEJIRA NAME

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN AGRICULTURE
FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2014

KMITL-2014-AG-M-065-173

COPYRIGHT 2014

FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ แมลงศัตรูชาบัวบก

Insect Pests of Asiatic Pennywort Tea

นักศึกษา นางสาวเจนจิรา นามี

รหัสประจำตัว 56604023

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา เกษตรศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.สุวรินทร์ บำรุงสุข

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม -

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		**ลายมือชื่อ**
รศ.ดร.สมยศ	เดชภิรัตนมงคล	
รศ.ดร.วรเดช	จันทรสร	
รศ.ภัญชนา	มีแก้วกุญชร	
ผศ.ดร.พอใจ	ถามากร	
รศ.ดร.สุวรินทร์	บำรุงสุข	สุวรินทร์ บำรุงสุข

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ 3 พฤศจิกายน 2557

สถานที่สอบ ห้องประชุมคณะเทคโนโลยีการเกษตร (ชั้น 1 ตึกบุนนาค L)

คณบดีรับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ศักดิ์ชัย ชูโชติ)

คณบดีคณะเทคโนโลยีการเกษตร

วันที่ 12 **เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2557**

หัวข้อวิทยานิพนธ์	แมลงศัตรูชาบัวบก
นักศึกษา	นางสาวเจนจิรา นามี
รหัสประจำตัว	56604023
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เกษตรศาสตร์
พ.ศ.	2557
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.สุวรินทร์ บำรุงสุข

บทคัดย่อ

การศึกษาแมลงศัตรูชาบัวบก พบว่ามีแมลงศัตรูเพียงชนิดเดียวที่เข้าทำลายชาบัวบกได้แก่ มอดยาสูบ ซึ่งมอดยาสูบจะกัดกินถุงชาบัวบกแล้วเข้าทำลายชาบัวบก ทำให้ชาบัวบกมีกลิ่นเหม็น มอดยาสูบเป็นแมลงขนาดเล็ก ตัวเต็มวัยรูปร่างกลมรี สีน้ำตาลแดง มีขนละเอียดปกคลุมลำตัว ลำตัวลักษณะโค้งนูน ส่วนหัวและอกปล้องแรกงองุ้มลงด้านล่าง หนวดยาวลักษณะแบบฟันเลื่อยมีจำนวน 11 ปล้อง เพศเมียมอดยาสูบ วางไข่แบบฟองเดี่ยว รูปร่างกลมรีสีขาวครีม เพศเมียสามารถวางไข่ได้ถึง 100 ฟอง ไข่ฟักออกเป็นตัวหนอนภายใน 7.97±0.06 วัน ระยะตัวหนอนใช้เวลานาน 21-28 วัน โดยระยะดักแด้ใช้เวลานาน 7.41±3.13 วัน จึงออกมาเป็นตัวเต็มวัย ซึ่งมีชีวิตอยู่ได้นานประมาณ 21.85±4.70 วัน ระยะเวลาที่ใช้ในการเจริญเติบโตจากไข่จนกระทั่งออกเป็นตัวเต็มวัยใช้ระยะเวลา 43-50 วันมอดยาสูบ มีแมลงศัตรูธรรมชาติ 1 ชนิด ได้แก่ แตนเบียน *Anisopteromalus calandrae* (Howard) อยู่ในวงศ์ Pteromalidae อันดับ Hymenoptera วงศ์ Pteromalidae เป็นแตนเบียนภายนอก ของแมลงศัตรูในโรงเก็บ ตัวเต็มวัยแตนเบียน *A. calandrae* จะเข้าเบียนระยะหนอน

การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และปริมาณสารฟีนอลิกโดยรวม ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu assay ในชาบัวบกที่เก็บไว้ 1, 3, 6, 9 และ 12 เดือนพบว่าความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระของชาบัวบกที่ทำจากใบอ่อน มีค่า 188.85, 66.86, 20.91 10.47 และ 9.18 ไมโครกรัมของโทรลอกซ์/กรัม ตามลำดับ และของชาบัวบกที่ทำจากใบแก่ มีค่า 76.01, 57.13, 16.70, 9.60 และ 6.29 ไมโครกรัมของโทรลอกซ์/กรัม ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในชาบัวบกที่ทำจากใบอ่อนมีค่ามากกว่าในชาบัวบกที่ทำจากใบแก่ และปริมาณสารฟีนอลิกในชาบัวบกที่ทำจากใบอ่อน ที่พบคือ 20.84, 20.46, 19.33, 10.56 และ 7.55 ไมโครกรัมของแกลลิก/กรัม ตามลำดับ ของชาบัวบกที่ทำจากใบแก่ คือ 8.41, 8.11, 7.26, 6.45 และ 4.48 ไมโครกรัมของแกลลิก/กรัม ตามลำดับ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในชาบัวบกที่ทำจากใบอ่อนมีปริมาณมากกว่าชาบัวบกที่ทำจากใบแก่ และจะมีปริมาณลดลงเล็กน้อยจากเดือนแรกถึง 6 เดือน และปริมาณฟีนอลิกในชาบัวบกที่ทำจากใบอ่อนจะลดลงอย่างมากช่วง 6-9 เดือน หลังจากนั้นลดลงเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบค่า EC_{50} และ IC_{50}ของชาบัวบกจากใบอ่อนและใบแก่ ที่

เวลาการชงชา 1-5 นาที พบว่าความสามารถในการต้านออกซิเดชั่นของชาบัวบกจากใบอ่อน 5 นาที มีค่าดีที่สุด ที่ 1.27 และรองลงมา คือ ชาที่ทำจาก ก้านใบอ่อนใบแก่ และก้านใบแก่ มีค่า 1.63, 2.23 และ 2.57 ตามลำดับ ระยะเวลาที่ใช้ในการชงชาบัวบกมีผลต่อความสามารถในการต้านออกซิเดชั่น โดยเรียงลำดับจากมากไปน้อยดังนี้ 5>4>3>2>1 นาที ตามลำดับ

การศึกษาการเข้าทำลายของมอดยาสูบในชาบัวบกที่ทำจากใบอ่อนและใบแก่ที่เก็บรักษาไว้นาน 1 ปี เริ่มพบการเข้าทำลายของมอดยาสูบในชาบัวบกที่เก็บไว้นาน 6 เดือน โดยจะพบประชากรมอดยาสูบในระยะตัวเต็มวัยเข้าทำลายชาบัวบกมากกว่าระยะตัวหนอนและระยะดักแด้ เข้าทำลายชาบัวบกที่ทำจากใบแก่มากกว่าใบอ่อน การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างประชากรมอดยาสูบ กับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในชาบัวบกเป็นระยะเวลานาน 1 ปี ผลการทดลองพบว่าปริมาณมอดยาสูบในระยะตัวเต็มวัยมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับปริมาณสารฟีนอลิกในชาบัวบกที่ทำจากใบอ่อน เมื่อปริมาณสารฟีนอลิกลดลงมีผลทำให้ประชากรมอดยาสูบเพิ่มขึ้น (r^2=0.80) ซึ่งในระยะหนอนและระยะดักแด้มีความสัมพันธ์น้อยกับปริมาณสารฟีนอลิก (r^2=0.40 และ r^2=0.56 ตามลำดับ) ผลการทดลองในทำนองเดียวกันในชาบัวบกที่ทำจากใบแก่ ประชากรมอดยาสูบในระยะตัวเต็มวัยมีความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณสารฟีนอลิก เมื่อปริมาณสารฟีนอลิกลดลงประชากรมอดยาสูบเพิ่มขึ้น (r^2=0.81) ซึ่งในระยะหนอนและระยะดักแด้มีความสัมพันธ์น้อยกับปริมาณสารฟีนอลิก (r^2=0.35 และ r^2=0.42 ตามลำดับ)

Thesis	Insect Pests of Asiatic Pennywort Tea
Student	Miss. Janejira Name
Student ID	56604023
Degree	Master of Science
Programe	Agriculture
Year	2014
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Suvarin Bumroongsook

ABSTRACT

Insect pests of asiatic pennywort tea were studied, and found that there was only one insect pest of asiatic pennywort tea, cigarette beetle. This insect species bit and damaged tea bags, resulted in bad smells. The cigarette beetle is a small insect with reddish brown color and has a rounded, oval shape with fine hair. The head and pronotum bent downward. A long serrated antennae has 11 segments. A female lays a single creamy white, oval shaped egg. It can lay up to 100 eggs. The eggs hatch into larvae within 7.97 ± 0.06 days. Larval stages take 21-28 days. Pupal development was 7.41 ± 3.13 days. Then, it became an adult. Adults live for about 21.85±4.70 days. The developmental time it takes from egg to adult takes 43-50 days. There is one parasitoid of cigarette beetle, *Anisopteromalus calandrae*(Howard) belonged to family Pteromalidae, order Hymenoptera. It is an ectoparasitoid of stored product insect pests. The adult wasp of *A. calandrae* attack larval stage of the beetle.

Analysis of antioxidant capacity by DPPH assay and total phenolic content by Folin-Ciocalteu assay of asiatic pennywort tea stored at room temperature for 1, 3, 6, 9, and 12 months was assessed. The results showed that the antioxidant activity of asiatic pennywort made from young leaves were 188.85, 66.86, 20.91 and 10.47 micrograms of trolox equivalent per grams of sample, respectively and the ones from the mature leaves were 76.01, 57.13, 16.70, 9.60 and 6.29 micrograms of trolox equivalent per grams of sample, respectively. It indicated that the antioxidant capacity of the pennywort tea made from juvenile leaves was more than the one from mature leaves and the total phenolic compounds in pennywort tea made from the young leaves was at 20.84, 20.46, 19.33, 10.56 and 7.55 micrograms of gallic acid equivalent per grams of sample, respectively and for mature leaves of pennywort teas was 8.41, 8.11, 7.26, 6.45 and 4.48 micrograms of gallic acid equivalent per grams of sample, respectively. The amount of phenolic compounds in tea made from the young leaves was more than the one from the mature leaves. It

slightly decreased from the first month to the sixth month, sharply reduced over 6-9 months and slightly decreased after that. The analysis of EC_{50} and IC_{50} of pennywort tea in juvenile and mature leaves of pennywort tea with steep times 1-5 minutes. The results showed that the antioxidation activity of 5 minute steeping time from the juvenile leaves of pennywort tea was highest at 1.27 followed by the petioles of young leaves, mature leaves and mature petioles at 1.63, 2.23 and 2.57, respectively. The steep time of pennywort tea affect antioxidation capacity in descending order : 5> 4> 3> 2> 1 minute, respectively.

A study of cigarette beetle infestation of pennywort tea made from the juvenile and mature leaves and kept for 1 year. The studies showed that cigarette beetle infestation of tea bags at 6 month storage. Cigarette beetle adult population was found more than larvae and pupa. Number of cigarette beetles was found more in pennywort tea made from the mature leaves than the one from the young leaves. The relationship between cigarette beetle populations and the amount of phenolic compounds in pennywort tea storage for 1 year was analysed. The results showed that the cigarette beetle adult population had negative correlation with the amount of phenolic compounds in pennywort tea of young leaves. When the total phenolic compound decreased, resulted in increasing of cigarette beetle populations ($r^2 = 0.80$). The larva and pupa population showed slightly negative relation to the amount of phenolic compounds ($r^2 = 0.40$ and $r^2 = 0.56$, respectively). The similar results was found in pennywort tea made from the mature leaves. The adult population of cigarette beetles increased as amount of phenolic compound decreasing ($r^2 = 0.81$). The larva and pupa population had slightly correlation to the amount of phenolic compounds ($r^2 = 0.35$ and $r^2 = 0.42$, respectively).

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ รศ.แสน ติกวัฒนานนท์ ที่คอยให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางการศึกษาในการแก้ปัญหา ตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดี

ขอขอบคุณ รศ.ดร.สมยศ เดชภิรัตนมงคล ประธานการสอบวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร.วรเดช จันทรสร รศ.ภัญชนา มีแก้วกุญชร และ ผศ.ดร.พอใจ ถามากร กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ช่วยแนะนำแนวทางในการแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้ให้สมบูรณ์และสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยดีด้วยอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.สุวรินทร์ บำรุงสุข ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะในการแก้ปัญหา ตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และญาติมิตร ทุกท่านที่ให้การสนับสนุนในทุกๆ ด้าน สุดท้ายนี้ขอขอบคุณเพื่อนๆ และน้องปริญญาตรี ทุกท่าน ที่คอยช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจให้เสมอมา

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน ตลอดจนผู้ที่สามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไป

เจนจิรา นามี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	III
กิตติกรรมประกาศ	V
สารบัญ	VI
สารบัญตาราง	IX
สารบัญภาพ	X
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา	3
1.3 สถานที่ดำเนินงาน	3
1.4 ขั้นตอนการศึกษา	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ลักษณะของบัวบก	4
2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของบัวบก	4
2.1.2 ประเภทและชนิดของบัวบก	5
2.1.3 วิธีการปลูกบัวบก	5
2.1.4 การเลือกพื้นที่ปลูกบัวบก	6
2.1.5 การใส่ปุ๋ย	6
2.1.6 การให้น้ำ	6
2.1.7 การเก็บเกี่ยวบัวบก	6
2.1.8 คุณค่าทางโภชนาการของบัวบกและสรรพคุณทางยาของใบบัวบก	7
2.1.9 ชาบัวบก	8
2.1.10 แมลงศัตรูที่สำคัญของบัวบก	10
2.2 แมลงศัตรูชาบัวบก	12
2.2.1 มอดยาสูบ (cigarette beetle)	12
2.2.2 มอดหัวป้อม (lesser grain borer)	12

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2.3 มอดแป้ง(red flour beetle)........ 12

2.2.4 ด้วงงวงข้าว(rice weevil)........ 13

2.2.5 ผีเสื้อข้าวสาร(rice moth)........ 13

2.3 สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant)........ 13

2.3.1 สารต้านอนุมูลอิสระ........ 14

2.3.2 สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds)........ 18

2.4 วิธีวิเคราะห์สมบัติการต้านออกซิเดชันของตัวอย่าง........ 18

2.4.1 2,2-Diphenyl-1-picrythydrazyl radical scavenging capacity assay (DPPH assay)........ 18

2.4.2 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด........ 20

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง........ 20

2.5.1 ความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระของบัวบก........ 20

2.5.2 การผลิตและพัฒนาชาบัวบก........ 22

2.5.3 บทบาทของสารฟีนอลิกต่อแมลงศัตรูพืช........ 24

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง........ 26

3.1 อุปกรณ์และสารเคมี........ 26

3.1.1 ศึกษาชนิดแมลงศัตรูของชาบัวบก........ 26

3.1.2 ชีววิทยาของแมลงศัตรูของชาบัวบก........ 26

3.1.3 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ........ 26

3.1.4 การวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด........ 27

3.2 วิธีการทดลอง........ 27

3.2.1 ศึกษาชนิดแมลงศัตรูชาบัวบก........ 27

3.2.2 ชีววิทยาของมอดยาสูบ........ 27

3.2.3 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ........ 28

3.2.4 การวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด........ 30

3.2.5 การหาค่า EC_{50} และIC_{50} ของชาบัวบก........ 31

3.2.6 การเปลี่ยนแปลงประชากรมอดยาสูบ........ 32

3.2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างสารฟีนอลิกในชาบัวบก และการเปลี่ยนแปลงประชากรมอดยาสูบ........ 32

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผล 33

4.1 แมลงศัตรูชาบัวบก 33

4.2 ชีววิทยาของมอดยาสูบ 33

4.3 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ 45

4.4 ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด 49

4.5 ค่า EC_{50} และ IC_{50} ของชาบัวบก 52

4.6 การเปลี่ยนแปลงประชากรมอดยาสูบ 59

4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างสารฟีนอลิกในชาบัวบก และการเปลี่ยนแปลงประชากรมอดยาสูบ 61

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 64

5.1 แมลงศัตรูชาบัวบก 64

5.2 ชีววิทยาของมอดยาสูบ 64

5.3 ความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระ 65

5.4 ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด 65

5.5 ค่า EC_{50} และ IC_{50} ของชาบัวบก 65

5.6 การเปลี่ยนแปลงประชากรมอดยาสูบ 65

5.7 ความสัมพันธ์ระหว่างสารฟีนอลิกในชาบัวบก และการเปลี่ยนแปลงประชากรมอดยาสูบ 66

บรรณานุกรม 67

ภาคผนวก 74

ภาคผนวก ก 75

ภาคผนวก ข 80

ภาคผนวก ค 82

ภาคผนวก ง 83

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ 113

แมลงศัตรูในโรงเก็บของชาบัวบก Stored Pest of Asiatic Pennywort Tea

ประวัติผู้เขียน 123

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

2.1 คุณค่าทางโภชนาการของบัวบก........ 8

3.1 DPPH assay ของสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์........ 32

4.1 ระยะการเจริญเติบโตของไข่ ตัวหนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัยของมอดยาสูบ........ 36

4.2 เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH และปริมาณโทรลอกซ์ในหน่วยไมโครกรัม........ 45

4.3 เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH และปริมาณวิตามินซีในหน่วยไมโครกรัม........ 46

4.4 ผลของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของชาบัวบกทำจากใบอ่อน และใบแก่เก็บรักษาไว้นาน 1 ปี........ 47

4.5 ผลของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของชาบัวบกทำจากใบอ่อน และใบแก่เก็บรักษาไว้นาน 1 ปี........ 48

4.6 ค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณกรดแกลลิกในหน่วยไมโครกรัม........ 50

4.7 ผลของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของชาบัวบกทำจากใบอ่อน และใบแก่เก็บรักษาไว้นาน 1 ปี........ 51

4.8 DPPH assay ของสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ (n=5)........ 52

4.9 ค่า EC_{50} และ IC_{50} ของสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ โดย DPPH assay........ 54

4.1 ค่า EC_{50} และ IC_{50} ของน้ำชาบัวบก........ 54

4.11 ปริมาณประชากรมอดยาสูบที่เข้าทำลายชาบัวบกทำจากใบอ่อน และใบแก่ที่เก็บรักษาไว้นาน 1 ปี........ 74

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	บัวบก (*Centella asiatica*)	4
2.2	หนอนกระทู้บัวบก *Zonoplusia ochreata* (Walker)	10
2.3	หนอน *Diasemia accalis* (Walker)	11
2.4	เพลี้ยจั๊กจั่นฝอย *Amrasca splendens* Ghauri	11
2.5	โครงสร้างทางเคมีของสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์(A)Propyl gallate, (B)3-Butylated hydroxyanisole, (C) 2-Butylated hydroxyanisole, (D) Butylated hydroxytoluene, (E)Tertiary butyl hydroquinone	16
2.6	โครงสร้างสารประกอบฟีนอลิก	16
2.7	ตัวอย่างของกลุ่มฟลาโวนอยด์	19
2.8	สูตรโครงสร้างของ 2,2-Diphenyl-1-picrythydrazyl radical (DPPH radical)	19
2.9	กลไกการเกิดปฏิกิริยาของ DPPH˙ กับสาร antioxidant (RO-H)	19
3.1	ใบบัวบกปั่นละเอียดบรรจุใส่ถุงชา	28
3.2	ลักษณะของสีน้ำชาบัวบกที่ชง	28
4.1	มอดยาสูบเข้าทำลายผลิตภัณฑ์ที่ทำจากพืชอบแห้ง	34
4.2	มอดหัวป้อมลักษณะลำตัวสีน้ำตาลแก่ ตัวกลมป้อมและสั้น	34
4.3	มอดแป้งมีลักษณะสีน้ำตาลปนแดงลำตัวค่อนข้างแบน	35
4.4	ด้วงงวงข้าวตัวเต็มวัยมีสีน้ำตาลดำ ส่วนหัวจะมีลักษณะยื่นออกมาเป็นงวง	35
4.5	ผีเสื้อข้าวสารตัวเต็มวัยมีสีน้ำตาลปนเทา	36
4.6	ตัวเต็มวัยมอดยาสูบ *Lasioderma serricorne* (Fabricius)	37
4.7	ตัวเต็มวัยมีปล้องท้องด้านล่างทั้งหมด 5 ปล้อง	37
4.8	ลักษณะการผสมพันธ์ของตัวเต็มวัยมอดยาสูบเป็นแบบ end to end position	38
4.9	ลักษณะการผสมพันธ์ของตัวเต็มวัยมอดยาสูบเป็นแบบ male above	38
4.10	เพศเมียมอดยาสูบวางไข่แบบฟองเดี่ยว	39
4.11	เพศเมียมอดยาสูบวางไข่ตามช่องหรือรอยแตกของผลิตภัณฑ์	40
4.12	หนอนวัยแรกมอดยาสูบที่เพิ่งฟักออกจากไข่	40
4.13	ระยะหนอนวัย 2 ของมอดยาสูบ	41
4.14	ระยะหนอนวัย 3 ของมอดยาสูบ	41
4.15	หนอนวัยสุดท้ายมีสีเหลืองปนขาว โค้งเป็นรูปตัวซี "C"	42

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.16 ดักแด้ของมอดยาสูบ เข้าในปลอกที่ตัวหนอนสร้างขึ้นมา.......... 42

4.17 ลักษณะภายนอกดักแด้ของมอดยาสูบ.......... 43

4.18 ตัวเต็มวัยเข้าทำลายโดยการกัดเจาะเข้าไปหรือมุดเข้าไปตามช่อง
หรือรอยแตกของภาชนะบรรจุ.......... 44

4.19 แตนเบียนหนอน *Anisopteromalus calandrae* (Howard).......... 44

4.20 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH
และปริมาณโทรลอกซ์ในหน่วยไมโครกรัม.......... 46

4.21 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH
และปริมาณวิตามินซีในหน่วยไมโครกรัม.......... 47

4.22 ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ(สมมูลย์ของโทรลอกซ์/กรัมของตัวอย่าง)
ของชาบัวบกทำจากใบอ่อนและใบแก่เก็บรักษาไว้นาน 1 ปี.......... 48

4.23 ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ(สมมูลย์ของวิตามินซี/ปริมาณของตัวอย่าง)
ของชาบัวบกทำจากใบอ่อนและใบแก่เก็บรักษาไว้นาน 1 ปี.......... 49

4.24 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณกรดแกลลิกในหน่วยไมโครกรัม.......... 50

4.25 การเปลี่ยนแปลงสารฟีนอลิกในชาบัวบกทำจากใบอ่อนและใบแก่
เก็บรักษาไว้นาน 1 ปี.......... 51

4.26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ%Remaining กับความเข้มข้นของสารละลาย
มาตรฐานโทรลอกซ์โดย DPPH assay (n=5).......... 52

4.27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Inhibition กับความเข้มข้นของสารละลาย
มาตรฐานโทรลอกซ์โดย DPPH assay (n=5).......... 53

4.28 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Remaining กับความเข้มข้นของชาบัวบก
ทำจากใบอ่อน(ใบ) ชง 1 นาที.......... 54

4.29 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Inhibition กับความเข้มข้นของชาบัวบก
ทำจากใบอ่อน(ใบ)ชง 1 นาที.......... 55

4.30 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Remaining กับความเข้มข้นของชาบัวบก
ทำจากใบอ่อน(ใบ) ชง 2 นาที.......... 55

4.31 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Inhibition กับความเข้มข้นของชาบัวบก
ทำจากใบอ่อน(ใบ) ชง 2 นาที.......... 56

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.32 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Remaining กับความเข้มข้นของชาบัวบก ทำจากใบอ่อน(ใบ) ชง 3 นาที.......... 56

4.33 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Inhibition กับความเข้มข้นของชาบัวบก ทำจากใบอ่อน(ใบ) ชง 3 นาที.......... 57

4.34 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Remaining กับความเข้มข้นของชาบัวบก ทำจากใบอ่อน(ใบ) ชง 4 นาที.......... 57

4.35 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Inhibition กับความเข้มข้นของชาบัวบก ทำจากใบอ่อน(ใบ) ชง 4 นาที.......... 58

4.36 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Remaining กับความเข้มข้นของชาบัวบก ทำจากใบอ่อน(ใบ) ชง 5 นาที.......... 58

4.37 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Inhibition กับความเข้มข้นของชาบัวบก ทำจากใบอ่อน(ใบ) ชง 5 นาที.......... 59

4.38 ปริมาณมอดยาสูบที่พบในชาบัวบก(ใบแก่) ระยะเวลา 1 ปี.......... 60

4.39 ปริมาณมอดยาสูบที่พบในชาบัวบก(ใบอ่อน) ระยะเวลา 1 ปี.......... 60

4.40 ความสัมพันธ์ระหว่างประชากรมอดยาสูบและปริมาณสารฟีนอลิกในชาบัวบก ทำจากใบอ่อนที่เก็บรักษานาน 1 ปี.......... 62

4.41 ความสัมพันธ์ระหว่างประชากรมอดยาสูบและปริมาณสารฟีนอลิกในชาบัวบก ทำจากใบแก่ที่เก็บรักษานาน 1 ปี.......... 63

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

บัวบก มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Centella asiatica* (Linn.) Urban มีชื่อสามัญว่า Asiatic pennywort อยู่ในวงศ์ Apiaceae พบมากในประเทศแถบยุโรป เรื่อยมาจนถึงแถบแอฟริกาใต้ อินเดีย ปากีสถาน และศรีลังกา พบว่าส่วนสำคัญที่มีคุณสมบัติพิเศษคือ ส่วนของใบและรากในประเทศไทยมีชื่อเรียกกันไปตามท้องถิ่นต่างๆ เช่น ผักหนอน ผักแว่น ปะหนะ เอขาเด๊าะ เป็นพืชล้มลุกขนาดเล็กที่มีลักษณะคล้ายบัว ลำต้นเลื้อยแผ่ไปตามดิน มีรากงอกออกมาตามลำต้น ก้านใบงอกตรงจากดิน ใบมีสีเขียว ใบรูปกลมรีเล็กน้อย ดอกสีม่วงแดงเข้ม บัวบกมีกลิ่นหอม รสขมเล็กน้อย มีประวัติการใช้ประโยชน์ในทางยามานาน เป็นยาบำรุงหัวใจ แก้ร้อนใน กระหายน้ำ แก้ช้ำใน ลดความดันโลหิตสูง ยับยั้งเซลล์มะเร็ง รักษาแผลอักเสบมีหนองได้ดี เป็นต้น (ยุวดี จอมพิทักษ์. 2537; นิภาพร ตะเภาพงษ์. 2547) ใบบัวบกประกอบไปด้วยสาระสำคัญหลายชนิด เช่น สารมาดิแคสโซไซซึ่งเป็นไกลโคไซด์(glycosides)ทำหน้าที่เป็นสารต่อต้านอนุมูลอิสระลดอัตราการเสื่อมของเซลล์และกระตุ้นการสร้างคอลลาเจน ช่วยฝาดสมานแผล และลดการอักเสบ นอกจากนี้ ใบบัวบกยังอุดมไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุมากมาย เช่น ไตรเตอพีนอยด์(อะซิเอติโคไซ) บราโมไซ บรามิโนไซ กรดมาดิแคสซิค วิตามินเอ วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 วิตามินบี 6 ซึ่งมีส่วนช่วยบำรุงระบบประสาทบำรุงสายตาและการทำงานของสมองได้เป็นอย่างดีและยังมีโปรตีน คาร์โบไฮเดรท ไขมัน เส้นใย ฟอสฟอรัส เหล็กและวิตามินหลายอย่าง

ปัจจุบันใบบัวบกเป็นพืชสมุนไพร(medicinal plant หรือ herb) ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจในประเทศไทย ประกอบกับเป็นพืชที่ปลูกได้ง่ายในทุกพื้นที่ มีราคาถูกและเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่า และสร้างทางเลือกในการพัฒนาผลิตภัณฑ์สมุนไพรโดยเฉพาะนำมาผลิตเป็นน้ำใบบัวบกพร้อมดื่ม ชาบัวบกตลอดจนเครื่องสำอางค์ ใบบัวบกเป็นพืชสมุนไพรที่มีฤทธิ์ต้านสารอนุมูลอิสระหรือสารต้านออกซิเดชัน(antioxidant) เป็นสารที่สามารถชะลอหรือป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารที่ไวต่อการเกิดปฏิกิริยาไม่ให้ทำลายสารชีวโมเลกุลในร่างกาย เช่น ดีเอ็นเอ ไขมัน โปรตีน เป็นต้น ซึ่งหากเกิดปฏิกิริยาจะนำไปสู่การเกิดโรคต่าง ๆ สารต้านอนุมูลอิสระได้ทั้งจากการสังเคราะห์และจากธรรมชาติ สารจากธรรมชาติที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้แก่ สารในกลุ่มโพลิฟีนอล (polyphenols) เช่น ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ไอโซฟลาโวน (isoflavone) นอกจากนี้ยังรวมถึงสารแคโรทีนอยด์ (carotenoids) และสารกลุ่มสเตอรอลในพืช (phytosterols) สารต้านอนุมูลอิสระจากพืชสมุนไพรให้ผลดีและปลอดภัยกว่าสารเคมีสังเคราะห์จึงเป็นที่นิยมของผู้บริโภค ใบบัวบกมีประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและสามารถยับยั้ง

การทำงานของเอนไซม์ tyrosinase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่มีบทบาทในการเร่งปฏิกริยาการสังเคราะห์เมลานิน(จินดาพร คงเดช และคณะ. 2552; Nerya *et al*., 2003; Wang *et al*., 2006)

ผลิตภัณฑ์สมุนไพรบัวบกมีหลากหลายทั้งผลิตภัณฑ์รักษาสุขภาพและเสริมความงาม ในชีวิตประจำวันจะพบเห็นการรับประทานบัวบกในรูปผักสด นำมาสกัดเป็นน้ำดื่มสุขภาพ ในส่วนของน้ำใบบัวบกที่มีจำหน่ายอาจไม่สะดวกสำหรับชีวิตคนทำงานในปัจจุบัน หาซื้อได้ยาก มีจำหน่ายเป็นบางพื้นที่ และเก็บไว้ไม่ได้นาน ดังนั้นการแปรรูปเป็นชาสำเร็จรูปพร้อมชงดื่มซึ่งเป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพที่ดื่มง่าย สะดวกและปลอดภัย จึงเป็นแนวทางหนึ่งและสามารถเพิ่มมูลค่าสินค้าได้ตลอดจนเกษตรกรและผู้ประกอบการรายย่อยสามารถดำเนินการได้โดยไม่ต้องใช้ต้นทุนสูง

การแปรรูปบัวบกเป็นชาสำเร็จพร้อมชงดื่มจะทำให้เก็บไว้ได้นาน มีสารประกอบฟลาโวนอยด์อยู่และมีสรรพคุณทางยาสามารถทดแทนเครื่องดื่มที่ไม่มีประโยชน์ได้ในอนาคต ปัจจุบันกรมการค้าต่างประเทศพบว่าสินค้าที่นำเข้าจากต่างประเทศเป็นสินค้าอุปโภคบริโภคมีอัตราการขยายตัวต่อเนื่อง ในจำนวน นั้นรวมไปถึงเครื่องดื่มและชาด้วย ซึ่งก่อให้เกิดการขาดดุลการค้าและสูญเสียเงินตราต่างประเทศ ดังนั้นการผลิตชาบัวบกสำเร็จรูปเพื่อทดแทนการนำ เข้าชาจากต่างประเทศจึงเป็นแนวทางหนึ่ง และเป็นโอกาสของประเทศไทยในการผลิตชาสุขภาพและคุณภาพมาตรฐานที่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคที่มีกำลังซื้อเจาะตลาดสินค้าเครื่องดื่มเกษตรอินทรีย์ที่มีความต้องการเพิ่มมากขึ้น ในกลุ่มประเทศสหภาพยุโรป ญี่ปุ่น และสหรัฐอเมริกา(กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. 2547; สถาบันส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม. 2552) นอกจากนี้ตลาดในระดับบนสินค้าเพื่อสุขภาพเป็นที่นิยมและมีการเจริญเติบโตสูง ดังนั้นการ นำบัวบกมาแปรรูปในลักษณะชาสุขภาพพร้อมชงดื่มจะช่วยเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์และส่งเสริมให้เกษตรกร มีรายได้ดีขึ้น

การผลิตบัวบกเพื่อเป็นวัตถุดิบในการทำชา พบปัญหาโรคแมลงศัตรูของบัวบก ที่พบได้แก่หนอนคืบที่มากัดกินใบ เป็นศัตรูบัวบกชนิดหนึ่ง ถ้าหนอนชนิดนี้ระบาดมากมันจะกัดกินใบจนเหลือแต่ก้าน หรืออาจทำความเสียหายได้ทั่วทั้งแปลงเกษตรกรส่วนใหญ่นิยมใช้สารเคมีกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในการป้องกันกำจัดหนอนผีเสื้อกินใบบัวบก ซึ่งพบเข้าทำลายบัวบกมากที่สุด และใช้สารเมทาแลกซิล ในการป้องกันกำจัดโรคซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากเชื้อรา เกษตรกรมีการพ่นสารกำจัดศัตรูพืชทุก 7 วัน โดยใช้เครื่องพ่นสารแบบเครื่องยนต์(สถาบันวิจัยสมุนไพร. 2550)

ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จะเน้นในเรื่องศึกษาชนิดแมลงที่เข้าทำลายชาบัวบกและความเสียหายที่พบระหว่างการเก็บรักษาชาบัวบก ปริมาณสารฟีนอลิกและสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในชาบัวบกสำเร็จรูป และความสัมพันธ์ระหว่างประชากรมอดยาสูบและปริมาณสาร ฟีนอลิก

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. ชนิดแมลงศัตรูในโรงเก็บของชาบัวบก
2. ชีววิทยาของแมลงศัตรูในโรงเก็บของชาบัวบก
3. การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารฟีนอลิกและความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระในชาบัวบกที่เก็บรักษาไว้นาน 1 ปี
4. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารฟีนอลิกและปริมาณแมลงที่พบในระหว่างการเก็บรักษา

1.3 สถานที่ดำเนินงาน

1. แปลงทดลอง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2. ห้องปฏิบัติการกีฏวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

1. ศึกษาชนิดแมลงศัตรูในโรงเก็บของชาบัวบกที่เก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลา 1 ปี
2. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารฟีนอลิกและความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระในชาบัวบกที่เก็บรักษาไว้นาน 1 ปี
3. ศึกษาปริมาณสารฟีนอลิกและความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระในชาบัวบกที่ระยะเวลาการชง 1- 5 นาที
4. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสารฟีนอลิกและประชากรมอดยาสูบ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบชนิดแมลงศัตรูชาบัวบก
2. อายุการเก็บรักษาชาบัวบก
3. การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารฟีนอลิกและความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระในชาบัวบกที่เก็บรักษาไว้นาน 1 ปี
4. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารฟีนอลิกและปริมาณแมลงที่พบในระหว่างการเก็บรักษาชา

บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ลักษณะของบัวบก

2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของบัวบก

บัวบกมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Centella asiatica*(Linn.) Urban มีชื่อสามัญว่า Asiatic pennywort อยู่ในวงศ์ Apiaceae (ภาพที่ 2.1) เป็นพืชสมุนไพรที่มีแหล่งกำเนิดในเขตร้อน รวมทั้งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และแพร่กระจายต่อไปยังเขตกึ่งร้อน พบมากในประเทศแถบยุโรป เรื่อยมาจนถึงแถบแอฟริกาใต้ อินเดีย ปากีสถาน และศรีลังกา พบว่าส่วนสำคัญที่มีคุณสมบัติพิเศษคือส่วนของใบและราก ในประเทศไทยมีชื่อเรียกกันไปตามท้องถิ่นต่างๆ เช่น ผักหนอน ผักแว่น ปะหนะเอขาเด๊าะ

ภาพที่ 2.1 บัวบก (*Centella asiatica*)

บัวบกเป็นไม้ล้มลุกใบมีลักษณะคล้ายใบบัว ไหลทอดเลื้อยไปตามพื้นดิน มีรากออกที่ข้อ ใบอ่อนจะมีขนที่ใบ ลักษณะของใบบัวบกจะเป็นใบเดี่ยว รูปร่างกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 1-7 เซนติเมตร ขอบยักซี่ฟันหรือหยักมน สม่ำเสมอ โคนใบเว้าลึก เส้นใบแตกแบบนิ้วมือ ก้านใบยาว 1- 40 เซนติเมตร โคนขยายกว้างเป็นกาบ ช่อดอกออกที่ซอกใบ แบบซี่ร่มเดี่ยว มี 3 ดอก ดอกกลางไม่มีก้านดอก ใบประดับมี 2 ใบ รูปไข่ ก้านช่อดอกยาว 0.5-5 เซนติเมตร ดอกอยู่รวมกัน 1-5 ดอก ดอก

สมบูรณ์เพศ มี 5 กลีบ กลีบเลี้ยงฝ่อ กลีบดอก จะมีรูปร่างกลมหรือวงรี กว้าง ยาว 1-1.5 มิลลิเมตร มีสีเขียว แดงเรื่อ หรือม่วงแกมชมพู เกสรเพศผู้ เรียงสลับกับกลีบดอก จานรองดอกมี 2 หยัก ลาดเอียงไปที่ขอบ เกสรเพศเมีย ก้านเกสรมี 2 อัน รังไข่อยู่ใต้วงกลีบ ภายในเกสรตัวเมียมี 2 เซลล์ หนึ่งเซลล์ มี 2 ผล (1 เมล็ดต่อผล) ติดกัน บางส่วนแยกจากกันเมื่อแก่ จะมีรูปร่างกลม ขนาดกว้าง 0.3 เซนติเมตร ยาว 0.3-0.4 เซนติเมตร มีสันกลีบ 7-9 กลีบ แต่ละสันกลีบเชื่อมถึงกันด้วยเส้นใยลักษณะคล้ายเส้นใบ ในแต่ละสันกลีบจะมีเมล็ดอ่อนลักษณะเป็นขน เมื่อเมล็ดแก่จะเกลี้ยง(Djoko *et al*., 1999)

อนุกรมวิธานของบัวบก

Domain:	Eukaryota
Kingdom:	Plantae - Plants
Subkingdom:	Viridaeplantae
Phylum:	Tracheophyta - Vascular Plants
Subphylum:	Euphyllophytina
Infraphylum:	Angiospermae - Auct.
Class:	Magnoliopsida - Dicotyledons
Subclass:	Asteridae
Order:	Apiales
Family:	Umbelliferae
Subfamily:	Mackinlayoideae
Tribe:	Notocacteae
Scientific name:	*Centella asiatica* (L.) Urb.

2.1.2 ประเภทและชนิดของบัวบก

บัวบกหรือใบบัวบกแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. บัวบก (*Centella asiatica*) อยู่ในวงศ์ Apiaceae มีชื่อสามัญว่า ผักแว่น ผักหนอก ซึ่งบัวบกชนิดนี้ใช้ทำน้ำใบบัวบก
2. บัวบก (*Stephania pierrei* Diels) อยู่ในวงศ์ Menispermaceae มีชื่อสามัญว่า บัวกึด บัวเด๊อ บัวเครือ สบู่เลือด

2.1.3 วิธีการปลูกบัวบก

เตรียมดินให้ร่วนซุย เก็บเศษวัชพืชออก ให้นำต้นกล้าบัวบกหรือแขนงที่เตรียมไว้จำนวน 1 ต้นไปปลูก โดยใช้ระยะปลูก ระยะห่างระหว่างต้นและระยะห่างระหว่างแถว 50 x 50 เซนติเมตร เมื่อปลูกเสร็จแล้ว ให้ทำการรดน้ำให้ชุ่มบัวบกชอบดินที่มีความชื้นสูงมาก และชอบร่มเงา ต้นจะ

เจริญเติบโตและขยายพันธุ์ด้วยไหล ต้นบัวบกสามารถปลูกได้ตลอดปี นิยมใช้ไหลในการขยายพันธุ์ได้รวดเร็ว เริ่มเก็บเกี่ยวได้หลังปลูก 60-90 วัน

2.1.4 การเลือกพื้นที่ปลูกบัวบก

พื้นที่ปลูกบัวบกต้องเป็นพื้นที่ดอนไม่มีน้ำขังหรือควบคุมน้ำได้ดี พื้นที่ปลูกที่เป็นดินนาค่อนข้างเหนียวการเตรียมดินได้ทำการไถพรวนดินให้ร่วนซุยเช่นเดียวกันกับการปลูกพืชผักทั่ว ๆ ไป แล้วตากแดดทิ้งไว้ประมาณ 10 วันก่อนปลูกจะช่วยป้องกันกำจัดโรคแมลงศัตรูพืชที่ฝังตัวอยู่ในดินได้ระดับหนึ่งหรือหมดไป จากนั้นยกร่องแปลงปลูกกว้าง 4 เมตร ส่วนทางด้านความยาวของแปลงปลูกให้ปล่อยไปตามพื้นที่ ระยะห่างระหว่างแปลงปลูกจัดเป็นร่องน้ำและทางเดินกว้าง 50 เซนติเมตร และลึก 15 เซนติเมตร สำหรับระยะปลูกหรือการปักชำที่เหมาะสมคือปลูกห่างกันระยะ 15×15 เซนติเมตร หลังจากการปลูกประมาณ 7 วัน ลำต้นของบัวบกจะเจริญเติบโตแตกยอดออกมาใหม่ 1-2 ยอด เมื่อบัวบกเจริญเติบโตเต็มที่ไหลหรือลำต้นของบัวบกจะแผ่กระจายออกเต็มพื้นที่แปลงเพาะปลูก พร้อมที่จะเก็บเกี่ยวผลผลิต

2.1.5 การใส่ปุ๋ย

ตลอดระยะเวลาการปลูกบัวบกจะมีการใส่ปุ๋ย 2 ครั้ง คือ ครั้งแรกจะใส่ปุ๋ยหลังจากการปลูก 15 - 20 วัน โดยจะใส่ปุ๋ยสูตร 16-20-0 อัตรา 5 กิโลกรัมต่อไร่ หรือบางครั้งจะใส่ปุ๋ยสูตร 25-7-7 อัตรา 3 - 4 กิโลกรัมต่อไร่ การใส่ปุ๋ยครั้งที่สองจะใส่ห่างจากครั้งแรกเป็นระยะเวลา 15 - 20 วัน ที่โดยจะใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 3 กิโลกรัมต่อไร่ ทุกครั้งที่มีการใส่ปุ๋ยเสร็จแล้วต้องรดน้ำให้ชุ่ม สำหรับการใส่ปุ๋ยทุกครั้งจะต้องดูที่ระยะการเจริญเติบโต ความอุดมสมบรูณ์ของดินและความสมบรูณ์ของต้นบัวบกอีกด้วย เพื่อที่จะทำให้เกิดประโยชน์และคุ้มค่า

2.1.6 การให้น้ำ

น้ำเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช ดังนั้นการให้น้ำบัวบกจะต้องให้ในปริมาณที่พอดีและเหมาะสม โดยจะใช้บัวรดน้ำในการรดน้ำบัวบก เช้า – เย็น รดน้ำให้ชุ่มพอสมควร

2.1.7 การเก็บเกี่ยวบัวบก

หลังจากปลูกประมาณ 60 - 90 วัน ก็จะเริ่มเก็บเกี่ยวใบและเถาได้โดยวิธีการเก็บได้ใช้เสียมเหล็กขนาดเล็กขุดเซาะบริเวณใต้รากแล้วดึงเอาต้นเถาบัวบกออกมาล้างน้ำ ทำความสะอาดเก็บใบเหลืองเศษวัชพืชอื่น ๆ ออกจากใบบัวบก ใช้มีดบางตัดบริเวณโคนต้นให้ได้ความยาวประมาณ 1 คืบนับจากปลายใบลงมา นำใบบัวบกมาจัดเป็นกำ กำละ 1 ขีด นำใบบัวบกไปบรรจุถุงพลาสติกถุงละ 50 กำ หรือ 5 กิโลกรัม จัดขึ้นรถยนต์นำไปขายส่งให้กับพ่อค้าส่งที่ตลาดไท ตลาดสี่มุมเมือง จังหวัดปทุมธานี อีกตลาดค้าส่งอีกแห่งหนึ่ง คือที่จังหวัดอ่างทอง และจังหวัดนครปฐม ในเดือนเมษายน - พฤษภาคม เป็นช่วงที่บัวบกออกสู่ตลาดน้อยจะขายได้ราคาดี คือ 150 บาทต่อกิโลกรัม แต่ถ้าเป็นช่วงเดือนมิถุนายน - กรกฎาคม บัวบกจะออกสู่ตลาดจำนวนมากจะขายในราคา 60 บาทต่อ

กิโลกรัม การวางแผนการปลูกที่ดีจะทำให้สามารถเก็บบัวบกได้ตลอดปี(กรมส่งเสริมการเกษตร. 2543)

2.1.8 คุณค่าทางโภชนาการของบัวบกและสรรพคุณทางยาของใบบัวบก

บัวบกมีสรรพคุณทางยาหลายอย่าง ช่วยให้ความจำดี ช่วยบำรุงร่างกาย บำรุงหัวใจ แก้ช้ำในร้อนในกระหายน้ำ แก้ท้องเสีย ขับปัสสาวะ รักษาแผลเปื่อย แผลไฟไหม้ น้ำร้อนลวก ลดรอยเหี่ยวย่น ลดการอักเสบ และเป็นยาอายุวัฒนะ (นันทวัน บุณยะประภัศร. 2541) สารสำคัญ ในบัวบกประกอบด้วยสารสำคัญหลายชนิด ได้แก่ ไตรเตอพีนอยด์(อะซิเอติโคซัยด์) บราโมซัยด์ บรามิโนซัยด์ มาดิแคสโซซัยด์ (ซึ่งเป็นไกลโคซัยด์ที่มีฤทธิ์ต้านการอักเสบ) กรดมาดิแคสซิค ไธอะมิน (วิตามินบี 1) ไรโบฟลาวิน (วิตามินบี 2) ไพริดอกซิน (วิตามินบี 6) วิตามินเค แอสพาเรต กลูตาเมต ซีริน ทรีโอนีน อะลานีน ไลซีน ฮีสทิดิน แมกนีเซียม แคลเซียม โซเดียมสารสำคัญที่ได้จากใบบัวบกมีฤทธิ์ในการสมานแผล ทำให้แผลหายเร็ว มีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย ฆ่าเชื้อราและลดอาการอักเสบ(วัจนา ตั้งความเพียร. 2550) จะเห็นได้ว่าใบบัวบกเป็นพืชสมุนไพรที่มีประโยชน์ในทางยา และยังมีคุณค่าทางโภชนาการสูงโดยเฉพาะวิตามินเอสูงมาก(ตารางที่ 2.1) เหมาะกับการนำใบบัวบกมาเป็นอาหารและเครื่องดื่มบำรุงร่างกาย(สถาบันวิจัยสมุนไพร. 2550)

สารไตรเตอพีนอยด์(triterpenoids) ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสร้างคอลลาเจน ซึ่งเปรียบเสมือนร่างแหที่ประกอบกันเป็นโครงสร้างหลักของเซลล์ในส่วนต่างๆ ของร่างกาย และยังเป็นผนังที่หุ้มล้อมรอบหลอดเลือดอีกด้วยใบบัวบกจึงสามารถลดความดันเลือดได้เนื่องจากจะช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นให้แก่เส้นเลือด ใบ บัวบกมีประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับผู้ที่เป็นโรคเบาหวาน ช่วยเพิ่มการไหลเวียนผ่านเส้นเลือดฝอย รวมทั้งการแลกเปลี่ยนออกซิเจน ช่วยลดความเสี่ยงที่จะเกิดการบวม เส้นประสาทเสื่อม เหน็บชา และแขนขาอ่อนแรง ทำให้ผิวหนังเต่งตึงและมีความยืดหยุ่นขึ้นตลอดจนช่วยป้องกันการเกิดแผลเป็น และช่วยในขบวนการหายของแผล เนื่องจากใบบัวบกจะควบคุมไม่ให้เกิดการสร้างคอลลาเจนบริเวณแผลมากจนเกินไปนิยมนำใบบัวบกไปใช้ในการรักษาแผลต่างๆ อาทิเช่น แผลผ่าตัด การปลูกถ่ายผิวหนัง แผลไฟไหม้น้ำร้อนลวก แผลเรื้อรัง หรือแม้แต่แผลจากโรคเรื้อน การรักษาแผลของใบบัวบก พบว่ามีสารไกลโคไซด์ที่ได้จากใบบัวบกยังส่งผลในการช่วงเร่งการสร้างสารคอลลาเจน ที่เป็นโครงสร้างของผิวหนัง จึงถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการกระตุ้นให้แผลสมานตัวได้เร็วขึ้น การศึกษาในสัตว์ทดลอง พบว่าสารไตรเตอพีนอยด์ มีผลเสริมความแข็งแรงของผิวหนัง เพิ่ม ปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระในบาดแผล และช่วยเพิ่มปริมาณเลือดไหลเวียนไปยังบริเวณบาดแผลผลิตภัณฑ์ ใบบัวบกชนิดทาผิวหนังมีหลายรูปแบบในท้องตลาด เหมาะสำหรับแผลไฟไหม้ น้ำร้อนลวก โรคสะเก็ดเงิน ป้องกันแผลผ่าตัดและแผลฝีเย็บเกิดแผลเป็น และใช้รักษาแผลรูเปิดทวารหนักชนิดภายนอก สารอะซิเอติโคไซในใบบัวบกสามารถทำลายสารเคลือบผิวที่หุ้มแบคทีเรีย ทำให้ภูมิคุ้มกันเข้าไปจัดการกับเชื้อแบคทีเรียได้โดยตรง ใช้เป็นยาภายนอกรักษาแผลเปื่อย แผลไฟไหม้น้ำร้อนลวก โดยใช้ใบสด 1 กำมือ ล้างให้สะอาด ตำ

ละเอียด คั้นเอาน้ำทาบริเวณแผลบ่อยๆ ใช้กากพอกด้วยก็ได้ แผลจะสนิท และเกิดแผลเป็นชนิดนูนน้อยลง สาร ที่ออกฤทธิ์คือ กรดมาดิแคสซิค กรดอะเชียติก และสารอะเชียติโคซัยด์ ซึ่งมีฤทธิ์ช่วยสมานแผล และเร่งการสร้างเนื้อเยื่อ สามารถระงับการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของบัวบก

สารอาหาร	ปริมาณที่พบในบัวบก 100 กรัม
พลังงาน(กิโลแคลอรี)	44.0
โปรตีน(กรัม)	1.8
ไขมัน(กรัม)	0.9
คาร์โบไฮเดรต(กรัม)	7.1
ใยอาหาร(กรัม)	26.0
แคลเซียม(กรัม)	146.0
เบต้าแคโรทีน(RE)	238.23
ฟอสฟอรัส(มิลลิกรัม)	30.0
เหล็ก(มิลลิกรัม)	3.9
วิตามินบี1(มิลลิกรัม)	0.24
วิตามินบี2(มิลลิกรัม)	0.02
ไนอะซีน(มิลลิกรัม)	0.8
วิตามินซี(มิลลิกรัม)	4.0
วิตามินเอ(IU)	11,800

ที่มา: สถาบันวิจัยสมุนไพร. 2550

ที่ทำให้เกิดหนอง และช่วยลดการอักเสบได้อีกด้วย ใบบัวบกมีสารกระตุ้นการสร้างคอลลาเจนและอิลาสตินให้ทำงาน ใช้ใบบัวบกสดๆ ล้างให้สะอาด หั่นฝอยประมาณ 1/2 ถ้วย เติมน้ำต้มสุกนิดหน่อย นำไปปั่นให้เป็นน้ำข้นๆ กรองเอาแต่น้ำใช้ สำลีชุบทาทั่วใบหน้า หรือจะใช้สำลีแปะไว้ที่ผิวใบหน้า ทิ้งไว้ประมาณ 15 นาที ล้างออกด้วยน้ำสะอาด จะช่วยบำรุงผิวหน้าให้เต่งตึงไร้ริ้วรอย เพื่อลดรอยตีนกา

2.1.9 ชาบัวบก

อุตสาหกรรมอาหารในปัจจุบัน มีต้นกำเนิดมาจากครั้งก่อนประวัติศาสตร์ซึ่งมีการแปรรูปอา หารเป็นครั้งแรกเพื่อถนอมรักษาหรือปรับปรุงคุณภาพการบริโภคอาหาร การตากเมล็ดธัญพืชเป็นตัวอย่างการยืดอายุเพื่อการเก็บรักษา ต่อมาจึงได้มีการพัฒนาเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ มาใช้

ในกระบวนการแปรรูปเพื่อลดเวลาและแรงงาน เช่น การใช้แรงน้ำ แรงลม หรือแรงงานสัตว์ในการสีข้าว กระบวนการทางชีวเคมีเกิดขึ้นครั้งแรกในประเทศอียิปต์ เช่น แต่การแปรรูปอาหารดังกล่าวนั้นทำขึ้นเพื่อรองรับความต้องการบริโภคในครัวเรือนเท่านั้น เมื่อสังคมพัฒนาขึ้นจึงทำให้เกิดความชำนาญเฉพาะทางและเริ่มมีธุรกิจการค้าด้านอุตสาหกรรมอาหารเกิดขึ้น เช่น การผลิตเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ การผลิตอาหารอบ ซึ่งนับเป็นจุดเริ่มต้นสำหรับอุตสาหกรรมอาหารในปัจจุบันนี้ (วิไล รังสาดทอง. 2543)

ในปัจจุบันการแปรรูปสำหรับอุตสาหกรรมอาหารมีวัตถุประสงค์ เพื่อ

1. ยืดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้น โดยใช้วิธีเก็บรักษารูปแบบต่างๆ เพื่อยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์และชะลอการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นโดยมีเอนไซม์เป็นตัวเร่ง

2. เพิ่มชนิดและรูปแบบของอาหารให้มีความหลากหลายรวมทั้งมีสี กลิ่น รสชาติและลักษณะเนื้อสัมผัสที่แตกต่างกัน เรียกว่า คุณภาพการบริโภค (eating quality) หรือคุณภาพทางประสาทสัมผัส (sensory quality) รวมทั้งการแปรรูปอาหารให้มีรูปแบบที่เปลี่ยนไป เช่น เปลี่ยนจากเมล็ดธัญพืชเป็นแป้งเพื่อให้นำไปใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น

3. ปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการหรือปริมาณสารอาหารให้เหมาะสมกับสุขภาพร่างกายของกลุ่มบุคคล เรียกว่า คุณภาพทางโภชนาการ (nutritional quality)

4. เพื่อทำให้เกิดผลกำไรในเชิงธุรกิจของอุตสาหกรรมอาหาร

เนื่องจากปัจจุบันวิถีชีวิตความเป็นอยู่ของคนไทยเปลี่ยนไปจากเดิมความต้องการ ประเภทอาหารก็เปลี่ยนแปลงไปด้วย เช่น เคยต้องการอาหารที่เก็บได้นาน ก็เปลี่ยนเป็นต้องการอาหารที่สะดวกและง่ายต่อการปรุงและบริโภค เป็นอาหารที่เก็บรักษาในสภาพแช่แข็งได้ และเป็นอาหารที่ทำให้มีสุขภาพดี ทำให้อุตสาหกรรมแปรรูปอาหารต้องมีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของผลิตภัณฑ์อาหารและกระบวนการผลิต รวมทั้งต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่ายที่จะเกิดขึ้น โดยเปลี่ยนไปใช้กระบวนการที่เสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด ผลิตภัณฑ์ที่ได้ยังคงคุณภาพทางประสาทสัมผัสและคุณค่าทางโภชนาการเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค (นิธิยา รัตนาปนนท์. 2544)

เนื่องจากคุณประโยชน์ของบัวบกที่มีมากมาย จึงมีการนำบัวบกมาใช้อย่างหลากหลายทั้งในรูปอาหาร สมุนไพร และเครื่องสำอาง นอกจากนี้เป็นที่ทราบกันดีว่าน้ำบัวบกเป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ ในอดีตการเตรียมน้ำบัวบกมักจะเตรียมสดวันต่อวัน โดยเก็บรักษาในที่เย็นเพื่อรักษาสีและกลิ่นรสของน้ำบัวบกซึ่งจะต้องขายให้หมดภายในหนึ่งวัน ทั้งนี้เพื่อป้องกันการเน่าเสียอันเกิดจากเชื้อจุลินทรีย์และสูญเสียรสชาติ ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาการแปรรูปน้ำบัวบกเพื่อให้สามารถเก็บได้นานขึ้นโดยการทำเป็นเครื่องดื่มผง นอกจากนี้ยังมีความสะดวกในการรับประทานอีกด้วยและเพื่อรองรับการพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์ชุมชน สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้จัดทำ “โครงการมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน” โดยได้กำหนดมาตรฐานคุณภาพของผลิตภัณฑ์บัวบกผง

ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ใบบัวบกผงชงดื่ม มผช.167/2546(สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2546)

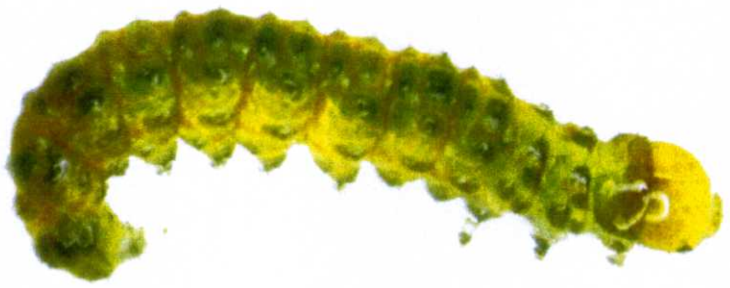
2.1.10 แมลงศัตรูที่สำคัญของบัวบก

แมลงศัตรูบัวบกได้แก่ เพลี้ยจักจั่นฝอย ด้วงกินใบ และ หนอนผีเสื้อทำลายใบ(มาลี ตั้งระเบียบ และคณะ. 2540) พณาไพร เงินอยู่ (2555) พบว่ามีหนอนผีเสื้อ 2 ชนิด ได้แก่ ผีเสื้อหนอนกระทู้บัวบก *Zonoplusia ochreata* (Walker) และ *Diasemia accalis* (Walker) เข้าทำลายบัวบก หากระบาดก่อให้เกิดผลผลิตเสียหายเกือบทั้งแปลง

หนอนกระทู้บัวบก ตัวเต็มวัยเป็นผีเสื้อกลางคืน ขนาดกลางค่อนข้างเล็ก วัดจากส่วนหัวถึงปลายท้องยาว 12.51 มิลลิเมตร ปีกและลำตัวมีสีน้ำตาล ปีกคู่หน้ามีแถบสีเทาคาดเฉียง มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างแบบ holometabolous จากไข่เป็นตัวหนอน ดักแด้ และผีเสื้อตัวเต็มวัย ตัวหนอนมี 5 ระยะการเจริญเติบโต ไข่ของหนอนกระทู้บัวบกจะฟักเป็นตัวอ่อนวัยที่ 1 ภายในระยะเวลา 3.90 วัน ระยะการเจริญเติบโตของหนอนทั้ง 5 วัย ใช้เวลา 3.70, 2.70, 2.80, 3.70 และ 2.00 วัน ตามลำดับ ระยะดักแด้ 8.70 วัน และกลายเป็นตัวเต็มวัยมีอายุ 12.30 วัน ระยะที่สร้างความเสียหายแก่บัวบกมากที่สุดคือหนอนวัยที่ 3-4 (ภาพที่ 2.2)

Diasemia accalis เป็นผีเสื้อขนาดเล็ก ปีกคู่หน้าและปีกคู่หลังมีลวดลาย ขนาดลำตัววัดจากส่วนหัวถึงปลายท้องยาว 7.59 มิลลิเมตร มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างแบบ holometabolous จากไข่ เป็นตัวหนอน ดักแด้และตัวเต็มวัย ตัวหนอนมี 5 ระยะการเจริญเติบโต ไข่จะฟักเป็นตัวอ่อนภายในระยะเวลา 3.20 วัน หนอนวัยที่ 1 ถึงวัยที่ 5 ใช้เวลา 2.20, 2.00, 2.00, 1.40 และ 1.80 วัน ตามลำดับ ระยะดักแด้ 7 วัน ตัวเต็มวัยมีอายุ 3.80 วัน ระยะที่สร้างความเสียหายให้แก่บัวบกมากที่สุดคือหนอนวัยที่ 3-4 (ภาพที่ 2.3)

ภาพที่ 2.2 หนอนกระทู้บัวบก *Zonoplusia ochreata* (Walker)



ภาพที่ 2.3 หนอน *Diasemia accalis* (Walker)

เพลี้ยจั๊กจั่นฝอย ตัวเต็มวัยมีขนาดเล็ก 2.5 มิลลิเมตร สีเขียว หัวสี แดงเข้ม มีจุดสีดำระหว่างตา 2 จุด หลังสีแดงมีจุดสีดำและขาวกระอยู่ ปีกใสสีเขียวอมเหลือง(ภาพที่ 2.4) ลักษณะไข่มีสีเหลืองใส มักวางฟองเดี่ยวๆ บริเวณเส้นกลางใบของใบอ่อนด้านใต้ใบ ระยะไข่ 4 วัน ระยะตัวอ่อน 7-10 วัน ลักษณะการทำลายตัวอ่อนและตัวเต็มวัยจะเกาะอยู่ใต้ใบอ่อนเพื่อดูดกินน้ำเลี้ยง ทำให้ขอบใบหงิกงอ แห้งกรอบและหดสั้น ใบอ่อนจะร่วงหล่น อาการปลายใบจะคล้ายการทำลายของเพลี้ยไฟ แต่ปลายใบจะแห้งและโค้งงอลงด้านใต้ใบ(มาลี ตั้งระเบียบ และคณะ. 2540)

ภาพที่ 2.4 เพลี้ยจั๊กจั่นฝอย *Amrasca splendens* Ghauri

2.2 แมลงศัตรูชาบัวบก

การเก็บวัตถุดิบจำพวกชาสมุนไพรไว้ในโรงเรือนเกษตรกรและผู้ผลิตมักประสบปัญหาจากแมลงเข้าทำลายผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพร แมลงศัตรูที่พบในการเข้าทำลายชาสมุนไพรได้แก่ มอดยาสูบ มอดหัวป้อม มอดแป้ง ด้วงงวงข้าว และผีเสื้อข้าวสาร

2.2.1 มอดยาสูบ (cigarette beetle)

เป็นด้วงปีกแข็งมีขนาดเล็ก มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Lasioderma serricorne* (Fabricius) จัดอยู่ในวงศ์ Anobiidae อันดับ Coleoptera ลำตัวยาวประมาณ 2-3 มิลลิเมตร ตัวเต็มวัยรูปร่างกลมรี สีน้ำตาลแดง ลำตัวมีลักษณะโค้งนูน ส่วนหัวและอกปล้องแรกงองุ้มลงด้านล่าง หนวดยาวลักษณะแบบฟันเลื่อย แมลงชนิดนี้สามารถปรับตัวอยู่ได้ทุกสภาพแวดล้อม กินได้ทั้งพืชและสัตว์ พบแพร่กระจายอยู่ทั่วโลก มีการแพร่กระจายโดยการขนส่งสินค้า แมลงชนิดนี้เป็นแมลงศัตรูที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ที่ทำจากพืชอบแห้ง เช่น ใบยาสูบ บุหรี่ ซิการ์ เครื่องเทศ ดอกไม้แห้ง โกโก้ แป้งมันสำปะหลัง กระเทียม พริก พริกไทยและผลิตภัณฑ์จากข้าว เป็นแมลงที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจมากตัวหนึ่งทั้งในด้านการนำเข้าและส่งออกสินค้าเป็นศัตรูสำคัญ ของชาและสินค้าที่ผลิตจากพืชและสัตว์ รวมทั้งเครื่องเทศและสมุนไพรอบแห้งด้วย เมื่อประเทศคู่ค้าตรวจพบมอดยาสูบปนเปื้อนอยู่ในสินค้าจะทำลายทันที โดยการเผาทำลาย ทำให้ผู้ส่งต้องสูญเสียสินค้าและค่าใช้จ่ายในการทำลายอีกด้วย ส่งผลให้ประเทศสูญเสียรายได้ทางเศรษฐกิจและความน่าเชื่อถือของประเทศ(ชูวิทย์ ศุขปราการ. 2535)

2.2.2 มอดหัวป้อม (lesser grain borer)

เป็นแมลงศัตรูสำคัญของข้าวเปลือก มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Rhyzopertha dominica* F. โดยตัวอ่อนจะอาศัยและกัดกินอยู่ภายในเมล็ด จนกลายเป็นตัวจึงเจาะออกมาจากเมล็ด ทำให้เมล็ดเหลือแต่เปลือก ส่วนตัวเต็มวัยจะแทะเล็มเมล็ดให้เป็นรอยหรือเป็นรู และสามารถบินได้ไกล จึงทำให้ระบาดไปยังโรงเก็บอื่นๆได้ง่าย ตัวเต็มวัยมีรูปร่างทรงกระบอกสีน้ำตาลเข้มปนแดง มีความยาว 2.5-3.0 มิลลิเมตร ส่วนหัวสั้นและงุ้มซ่อนอยู่ใต้อกปล้องแรก เมื่อมองดูด้านบนจะเห็นส่วนของอกเป็นหัว จึงทำให้มีชื่อว่า มอดหัวป้อม ไข่เมื่อฟักเป็นตัวหนอนมีลักษณะขาวขุ่น ระยะตัวอ่อน 21-28 วัน และเข้าดักแด้ภายในเมล็ด 6-8 วัน แล้วจึงเจาะเมล็ดออกมาเมื่อเป็นตัวเต็มวัย วงจรชีวิตใช้เวลา 1 เดือนขึ้นไป ตัวเต็มวัยมีชีวิตอยู่นาน 5 เดือน หรือมากกว่า(สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว. 2556)

2.2.3 มอดแป้ง(red flour beetle)

มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Tribolium castaneum* (Herbst) มอดแป้งตัวเต็มวัยมีสีน้ำตาลแดง หัวมีหนวดค่อนข้างสั้น ด้านบนของหัวมีสันเหนือตาทั้งสองข้าง ส่วนตัวทางด้านหัวกว้างกว่าด้านท้ายรูปร่างเกือบเป็นสี่เหลี่ยมและมีสีเข้มกว่าส่วนปีก เพศเมียวางไข่บนถุงอาหาร ตามร่องพื้น ยุ้งฉางหรือบนข้าวในสภาพที่เหมาะสม ไข่มีขนาดเล็กสีขาว แต่มียางเหนียว ตัวอ่อนเป็นหนอนมีสีขาวปน

น้ำตาลมีขนทั่วตัว จากนั้นจะกลายเป็นดักแด้และเติบโตเป็นตัวเต็มวัยต่อไป(สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว. 2556)

2.2.4 ด้วงงวงข้าว(rice weevil)

มีชื่อท้องถิ่นหรือชื่อเรียกอื่นๆ มอดข้าวสาร ชื่อวิทยาศาสตร์ *Sitophilus oryzae* (Linnaeus) ด้วงงวงข้าวตัวเต็มวัยมีสีน้ำตาลดำ ส่วนหัวจะมีลักษณะยื่นออกมาเป็นงวง มีรอยบุ๋มเป็นจุดกลมๆ ที่หัวและที่ปีก หนวดมี 8 ปล้อง ด้านข้างของปีกตอนบนและตอนล่างจะมีจุดสีเหลืองรวมอยู่ 4 จุด โดยเพศเมียจะวางไข่ที่เมล็ดข้าวขณะเริ่มเป็นตัวเต็มวัย โดยเจาะเข้าไปวางไข่ภายในเมล็ดข้าว เมล็ดละ 4-6 ฟอง จากนั้นขับเมือกออกมาปิดปากรูไว้ เมื่อไข่ฟักออกเป็นตัวอ่อนมีลักษณะสีขาวลำตัวป้อมโค้งเหมือนตัว “c” แล้วอาศัยอยู่ในเมล็ดข้าวจนเติบโตเป็นตัวเต็มวัยจึงเจาะเมล็ดข้าวออกมาทำให้เมล็ดข้าวเป็นรูด้วงงวงข้าวตัวเต็มวัยมักปรากฏอยู่บนหรือภายในเมล็ดข้าว เมล็ดข้าวจะถูกตัวอ่อนกัดกินอยู่ภายใน จนเป็นตัวเต็มวัยก็จะเจาะเมล็ดข้าวออกมาทำให้เมล็ดข้าวเป็นรู ถ้ามีการทำลายรุนแรงเมล็ดข้าวจะเหลือแต่เปลือกไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้(สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว. 2556)

2.2.5 ผีเสื้อข้าวสาร(rice moth)

ผีเสื้อข้าวสาร ชื่อวิทยาศาสตร์ *Corcyra cephalonica* (Stainton) ตัวเต็มวัยมีสีน้ำตาลปนเทาอ่อนขนาดกลาง ที่หัวและตามลำตัวมีลักษณะเป็นขน ปีกคู่หน้ามีเส้นปีกสีค่อนข้างดำ ปีกหลังมีสีเทา ปีกหน้าจะสั้นกว่าปีกหลัง เวลาเกาะส่วนหัวจะชูขึ้นสูงจากระดับพื้น ปากแหลมยื่นออกมาเห็นได้ชัดและปีกจะหุบขนานกับลำตัว ตัวอ่อนเป็นหนอนสีขาวหรือขาวปนเทา จากนั้นตัวอ่อนก็จะสร้างใยปกคลุมตัวเองไว้เพื่อเข้าดักแด้ในปลอกที่สร้างขึ้นภายหลังจนกลายเป็นตัวเต็มวัย ลักษณะการทำลายของผีเสื้อข้าวสาร โดยตัวหนอนของผีเสื้อข้าวสารจะเข้าทำลายด้วยการเข้าไปกัดกินและชักใยที่เมล็ดข้าวสารให้ติดกันเป็นกลุ่มก้อน ตัวอ่อนจะอาศัยอยู่และกัดแทะเมล็ดข้าวสารอยู่ภายในใยนั้น นอกจากนั้นตัวอ่อนยังขับถ่ายของเสียออกเป็นเม็ดเล็กๆ กระจายอยู่เต็มกองข้าวอีกด้วย ส่วนตัวเต็มวัยของผีเสื้อจะไม่ทำลายข้าว แต่จะเกาะเฉยๆ ตามกระสอบหรือยุ้งฉางข้าวเท่านั้น (สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว. 2556)

2.3 สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant)

สารต้านอนุมูลอิสระ คือสารปริมาณน้อยที่สามารถป้องกันหรือชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของอนุมูลอิสระได้ (Halliwell. 2009) สารเหล่านี้มี กลไกในการต้านอนุมูลอิสระหลายแบบ เช่น ดักจับ (scavenge) อนุมูลอิสระโดยตรง ยับยั้งการสร้างอนุมูลอิสระหรือเข้าจับ (chelate) กับโลหะ เพื่อป้องกันการสร้างอนุมูลอิสระ(Sies. 1992) สารต้านอนุมูลอิสระเป็นสารประกอบที่ทนต่อการเกิด ปฏิกิริยาออกซิเดชันในเซลล์ (Chattopadhyay *et al*., 2008) โดยทั่วไป สารต้านอนุมูล

อิสระสามารถพบได้ในธรรมชาติจากสารหลายชนิด เช่น สารประกอบฟีนอลิก(phenolic compounds) สารประกอบไนโตรเจน(nitrogen compounds) และแคโรทีนอยด์ (carotinoid) (Velioglu *et al*., 1998) บทบาทสำคัญของสารต้านอนุมูลอิสระคือ ป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในร่างกาย ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดโรคต่างๆของมนุษย์ ป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันที่เป็นสาเหตุหลักของการเสื่อมคุณภาพในอาหาร ปัจจุบันองค์กรที่เกี่ยวข้องในอุตสาหกรรมอาหารและยา ได้พยายามพัฒนาสารต้านอนุมูลอิสระที่มาจากธรรมชาติ เช่น สาหร่ายทะเล แบคทีเรีย เชื้อรา และพืชชั้นสูง (Chattopadhyay *et al*., 2008) อย่างไรก็ตาม ในภาวะปกติ ร่างกายของคนเรา จะมีการป้องกันการสะสมสารอนุมูลอิสระอยู่แล้วซึ่งแบ่งออกเป็นสองส่วน คือ ส่วนแรกเกิดจากร่างกายสร้างเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระขึ้นมาควบคุมปริมาณอนุมูลอิสระให้อยู่ในภาวะที่สมดุล และส่วนที่สองคือ กลุ่มของสารต้านอนุมูลอิสระที่มาจากวิตามินเอ วิตามินซี วิตามินอี หรือ เบต้าแคโรทีน (β-carotinoid) รวมทั้งสารประกอบโพลิฟีนอล ซึ่งเป็นพฤษเคมีที่สามารถพบได้ในพืชผักและผลไม้ เพื่อเข้าไปช่วยเสริมสร้างระบบการต่อต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในร่างกายให้มีประสิทธิภาพในการทำลายอนุมูลอิสระได้ดียิ่งขึ้น ตัวอย่างสารต้านอนุมูลอิสระที่พบในร่างกาย เช่น เอนไซม์คะตะเลส (catalase), กลูตาไธโอนเพอรอกซิเดส(glutathione peroxidase) และซุปเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทส (superoxide dismutase) หรือสารประกอบโปรตีนบางอย่าง เช่น อัลบูมิน(albumin), บิลิรูบิน (bilirubin), เซอรูโลพลาสมิน(ceruloplasmin), กลูตาไธโอน (glutathione), ทรานสเฟอริน (transferrin) , ยูบิควินอล(ubiquinol) และยูเรต(urate) เป็นต้น สารเหล่านี้มีหน้าที่คอยควบคุมอนุมูลอิสระต่าง ๆ ให้อยู่ในระดับพอเหมาะ แต่ถ้าเมื่อใดที่มีอนุมูลอิสระเกิดขึ้นในปริมาณมากเกินกว่าที่ระบบป้องกันจะยับยั้งได้หมด จะทำให้เกิดสภาวะที่เรียกว่า “oxidative stress” ขึ้น ภายใต้สภาวะดังกล่าวอนุมูลอิสระจะทำอันตรายต่ออวัยวะและเนื้อเยื่อต่าง ๆ ของร่างกาย ซึ่งถ้าสะสมมาก ๆ อาจนำ ไปสู่ความผิดปกติหรือพยาธิสภาพหลายอย่าง

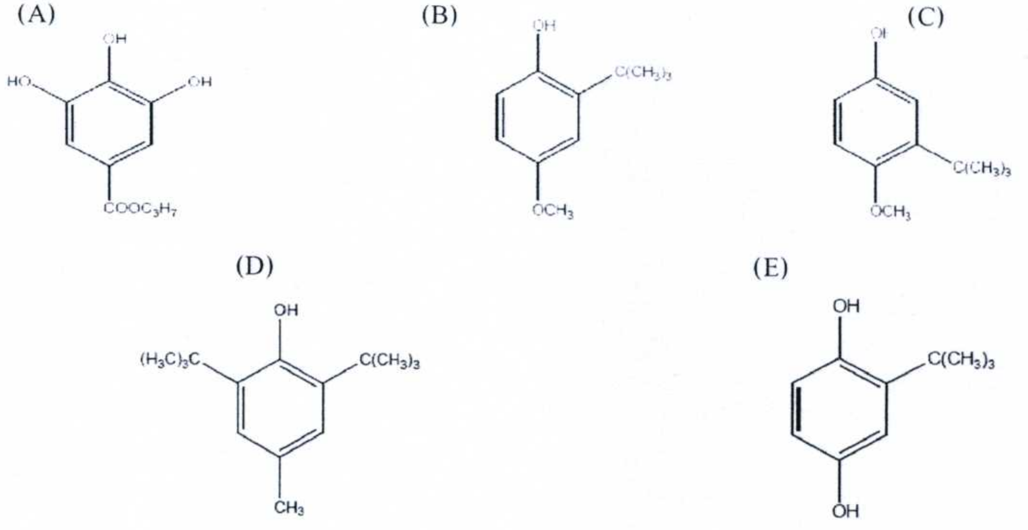
2.3.1 สารต้านอนุมูลอิสระ

สารต้านอนุมูลอิสระ ส่วนใหญ่เป็นสารประกอบฟีนอลิก สารกลุ่มนี้มีหลากหลายชนิดโดยทั่วไปการสกัดสารประกอบฟีนอลิกมักใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ ซึ่งมีความแตกต่างกันตามแต่ลักษณะและองค์ประกอบของสาร ตัวทำละลายอินทรีย์ที่นิยมใช้สำหรับสกัดสารประกอบฟีนอลิก ได้แก่ น้ำ เมธานอล เอธานอล เอธิลอะซิเตค เป็นต้น(Ramamoorthy and Bono. 2007 ; Lai *et al*., 2009) และตัวทำละลายที่มีขั้วต่ำเช่น เฮกเซน(C_6H_{14}), อะซีโตน(C_3H_6O), คลอโรฟอร์ม($CHCl_3$), ปิโตรเลียมอีเทอร์ หรือ คาร์บอนเตตระคลอไรด์(CCl_4) ปัจจุบันพบว่า พืชผักและผลไม้ที่มีสี เช่น สีแดง ดำ หรือ ม่วง จะมีสารต้านอนุมูลอิสระในปริมาณสูง(Zang *et al*., 2006)

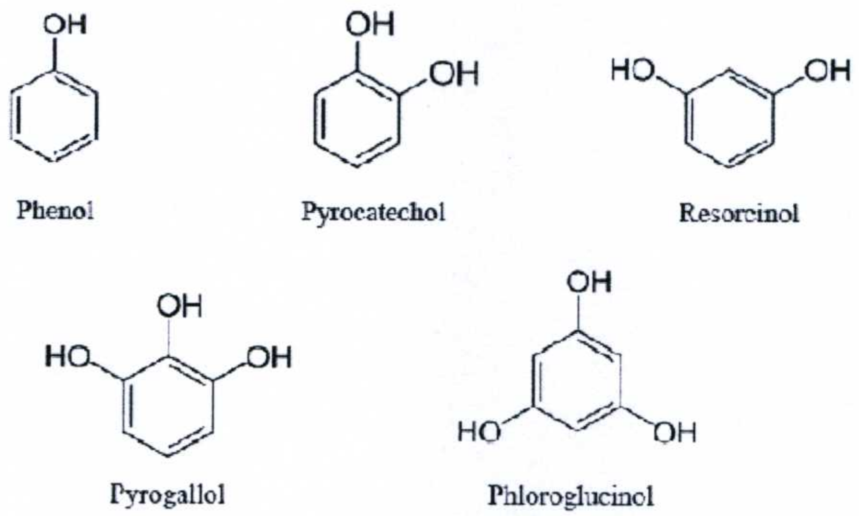
สารต้านอนุมูลอิสระโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ได้มาจากพืชผัก เครื่องเทศ องุ่น และสมุนไพร ได้รับความสนใจ และมีการศึกษากันอย่างกว้างขวาง เนื่องจากกระแสเรื่องความปลอดภัยของสารสกัดจากธรรมชาติต่อผู้บริโภค สารต้านอนุมูลอิสระแบ่งตามแหล่งที่มาได้ 2 ชนิดได้แก่

1. สารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์(Synthetic antioxidants) สารประกอบฟีนอลิกสังเคราะห์มี 5 ชนิดได้แก่ propyl gallate, 2-butylated hydroxyanisole, 3- butylate hydroxyanisole, BHT (butylated hydroxytoluene) และ tertiary butylhydroquinone ซึ่งมีสูตรโครงสร้างดัง(ภาพที่ 2.5) เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันอันเป็นสาเหตุให้อาหารมีกลิ่น สี และรสชาติที่เปลี่ยนไป สารสังเคราะห์เหล่านี้มีประสิทธิภาพและความคงตัวสูงกว่าสารสกัดจากธรรมชาติ แต่มีข้อจำกัดของการใช้เนื่องจากปัญหาด้านความปลอดภัยในการบริโภค (Yang *et al*., 2000; Pokorny *et al*., 2001)

2. สารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ(Natural antioxidants) สารกลุ่มนี้ได้รับความสนใจและมีการค้นคว้าอย่างมากในปัจจุบันเนื่องจากความเชื่อมั่นว่ามีความปลอดภัยในการบริโภคมากกว่าสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ สารต้านอนุมูลอิสระเหล่านี้ พบได้ทั้งในจุลชีพ สัตว์ และพืช ซึ่งมีทั้งที่เป็นวิตามิน เช่น วิตามินซี วิตามินอี เบต้าแคโรทีน และสารที่ไม่ให้คุณค่าทางโภชนาการ (nonnutrient)ซึ่งมีโครงสร้างเป็นสารประกอบฟีนอลิกมีหมู่ไฮดรอกซิลมากกว่าหรือเท่ากับ 1 หมู่(ภาพที่ 2.6)โดยเฉพาะกลุ่มโพลีฟีนอล (polyphenols) เช่น แซนโธน (xanthone) และฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ซึ่งประกอบด้วยหมู่ ไฮดรอกซิลที่เกาะบนวงเบนซีน(aromatic hydroxyl) ตั้งแต่ 2 หมู่ขึ้นไป หมู่ฟังก์ชั่น(functional group) เหล่านี้มีบทบาทสำคัญในการดักจับอนุมูลอิสระไม่ให้ไปกระตุ้น หรือก่อให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ โดยการให้อนุมูล $H^{\cdot}$ แก่อนุมูลอิสระเหล่านั้น นอกจากนี้สารประกอบโพลีฟีนอล ที่มีโครงสร้างของ ortho-dihydroxyl phenol อยู่ในโมเลกุลยังสามารถยับยั้งการเกิดอนุมูล $OH^{\cdot}$ ในปฏิกิริยาที่มีอนุมูลโลหะทรานซิชัน คือ Fe^{2+} และ Cu^{2+} เป็นตัวเหนี่ยวนำได้โดยการเข้าจับกับโลหะดังกล่าวเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน (complex substances)(Sanchez-Moreno *et al*., 2000)



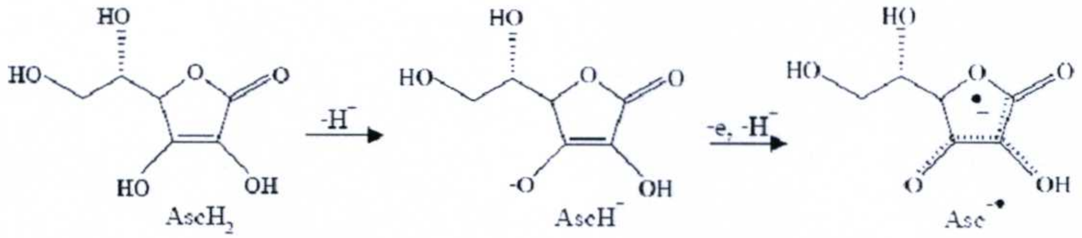
ภาพที่ 2.5 โครงสร้างทางเคมีของสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์(A)Propyl gallate, (B)3-Butylated hydroxyanisole, (C) 2-Butylated hydroxyanisole, (D) Butylated hydroxytoluene, (E)Tertiary butyl hydroquinone (ที่มา: Howell and Saeed. 1999)



ภาพที่ 2.6 โครงสร้างสารประกอบฟีนอลิก (ที่มา: Vermerris และ Nicholson. 2009)

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัจจุบันพบว่า ผัก ผลไม้ และพืชสมุนไพร มีสมบัติต้านอนุมูลอิสระ เนื่องจากมีสารเคมีหลายชนิดที่มีสมบัติต้านอนุมูลอิสระเป็นองค์ประกอบ เช่น วิตามินซี พบมากในผักและผลไม้สด เช่น ดอกขี้เหล็ก ผักหวาน มะรุม ส้ม มะขามป้อม เมื่อวิตามินซี($AscH_2$) อยู่ในร่างกายจะแตกตัวให้ไฮโดรเจนแล้วเปลี่ยนให้อยู่ในรูป ascorbate anion (AscH-) ซึ่งเมื่อให้อิเล็กตรอนและไฮโดรเจนแก่อนุมูลอิสระ เช่น อนุมูลไฮดรอกซิล อนุมูลเปอร์ออกซิล และอนุมูลซุปเปอร์ออกไซด์แอนอิออนจะได้อนุมูล semidehydroascorbate (Asc) ที่เสถียร ดังสมการ

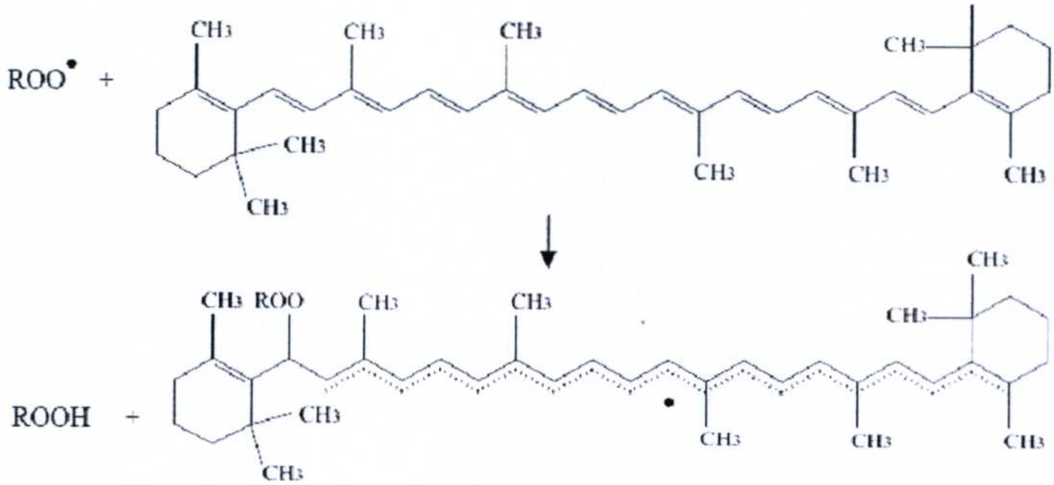


$$AscH^- + {}^{\bullet}OH \longrightarrow H_2O + Asc^{-\bullet}$$

$$AscH^- + LOO^{\bullet} \longrightarrow LOOH + Asc^{-\bullet}$$

$$AscH^- + O_2^{-\bullet} + H^+ \longrightarrow H_2O_2 + Asc^{-\bullet}$$

เบต้าแคโรทีน (β-carotene) พบในผัก ผลไม้ที่มีสีเหลืองส้ม เช่น ฟักทอง แครอท มะละกอ มะเขือเทศ ยอดแค ใบกะเพรา ใบขี้เหล็ก ผักเซียง เมื่อเบต้าแคโรทีนดักจับอนุมูลอิสระจะได้อนุมูลใหม่ที่เสถียรเพราะสามารถเกิดการเรโซแนนท์ของอิเล็กตรอนในโครงสร้างได้ ดังสมการ



148462

2.3.2 สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds)

สารประกอบฟีนอลิกหรือสารประกอบโพลีฟีนอล (polyphenol) เป็นสารกลุ่ม secondary metabolite ที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อประโยชน์ในกระบวนการเจริญเติบโต และการขยายพันธุ์ของพืชแต่ละชนิด โดยทั่วไปมีหมู่ไฮดรอกซิล มากกว่าหรือเท่ากับ 1 หมู่เกาะกับวงแหวนอะโรมาติก (aromatic ring) (ภาพที่ 2.6) สารประกอบฟีนอลิกที่มีหมู่ไฮดรอกซิลมากกว่า 1 หมู่ นิยมเรียกว่า สารประกอบโพลีฟีนอล (polyphenol)โดยส่วนใหญ่สารประกอบ ฟีนอลิกเป็นสารที่ละลายน้ำ มักพบอยู่กับน้ำตาลในรูปไกลโคไซด์ โดยน้ำตาลดังกล่าวอาจเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว น้ำตาลโมเลกุลคู่ หรือโอลิโกแซ็กคาร์ไรด์ แต่น้ำตาลที่พบมากสุดในโมเลกุลของสารประกอบฟีนอล คือ กลูโคส ส่วนน้ำตาลชนิดอื่นที่พบได้แก่ กาแล็คโตส แรมโนส ไซโลส อะราบิโนส และอนุพันธ์ของน้ำตาลเหล่านี้ เช่น กรดกลูโคโรนิก กรดกาแลกตูโรนิก และอื่นๆ นอกจากนี้ยังพบว่าอาจมีการรวมตัวกันระหว่างสารประกอบฟีนอลิกกับสารประกอบอื่น เช่น กรดคาร์บอกซิลิก กรดอินทรีย์ อะมีน และไขมัน การสร้างสารประกอบฟีนอลิกของพืชจะมีทั้งปัจจัยทางด้านพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อมเข้ามาเกี่ยวข้อง นอกจากนี้ยังพบว่าวิธีการเพาะปลูก ระดับความสุก กระบวนการแปรรูป หรือแม้แต่กระบวนการเก็บรักษาก็ล้วนแต่มีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งสิ้น (Bravo. 1998)

สารกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoids) แบ่งเป็นกลุ่มย่อยได้หลายกลุ่ม ตามความแตกต่างของสูตรโครงสร้างโดยเฉพาะที่วงที่มีอะตอมออกซิเจนอยู่ในรูปแบบต่างๆ เช่น อีเทอร์ คีโตน รวมทั้งการมีหมู่ไฮดรอกซีแทนที่บนวงอะโรมาติกในโมเลกุล ตัวอย่างของสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ได้แก่ ฟลาแวน(flanvanes), ฟลาวาโนน (flavanols), ฟลาวานอล (flavanols), ฟลาโวนอล (flavonols), ฟลาโวน(flavonoes) และแอนโทไซยานิดิน (anthocyanidins) เป็นต้น โครงสร้างของกลุ่มฟลาโวนอยด์บางชนิดดัง(ภาพที่ 2.7)

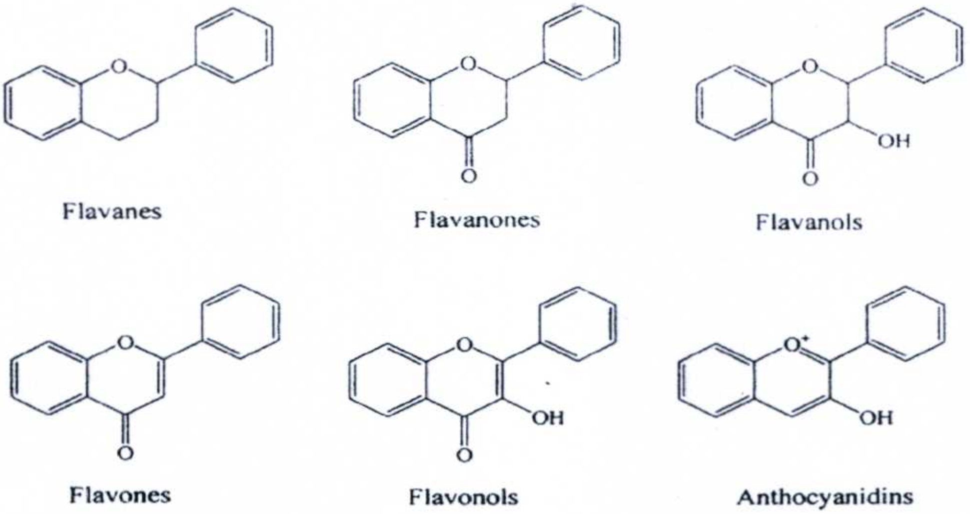
2.4 วิธีวิเคราะห์สมบัติการต้านออกซิเดชันของตัวอย่าง

ในการวิเคราะห์สมบัติการต้านออกซิเดชันของตัวอย่างสารสกัดจากพืชจะมีปัจจัยหลายประการที่มีอิทธิพลต่อสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่วิเคราะห์ได้ เช่น ความสามารถในการกระจายตัวในเฟสของน้ำมันและน้ำของสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน สภาวะการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและสภาวะทางกายภาพของสารตั้งต้นของปฏิกิริยาออกซิเดชัน เป็นต้น จากอิทธิพลของพารามิเตอร์เหล่านี้ ทำให้ไม่สามารถใช้วิธีหนึ่งในการตรวจสอบสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารใดๆ วิธีที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของอาหารหรือสารประกอบต่างๆ มีหลายวิธี สำหรับวิธีที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้มี 2 วิธีดังนี้

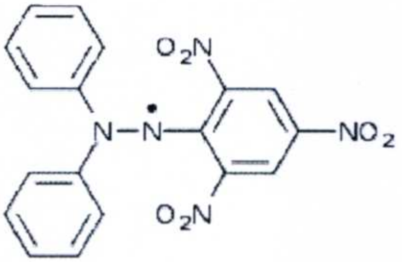
2.4.1 2,2-Diphenyl-1-picrythydrazyl radical scavenging capacity assay (DPPH assay)

DPPH assay เป็นวิธีการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านออกซิเดชัน ซึ่งใช้ reagent คือ

2,2-Diphenyl-1-picrythydrazyl (ภาพที่ 2.8) เป็น stable radical ในตัวทำละลาย methanol ซึ่งสารละลายนี้มีสีม่วง ซึ่งดูดกลืนแสงได้ดีที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร



ภาพที่ 2.7 ตัวอย่างของกลุ่มฟลาโวนอยด์ (ที่มา : โอภา วัชระคุปต์. 2550)



ภาพที่ 2.8 สูตรโครงสร้างของ 2,2-Diphenyl-1-picrythydrazyl radical (DPPH radical)

โดย $DPPH^{\cdot}$ จะเกิดปฏิกิริยากับ antioxidant(AH) หรือกับ radical species($R^{\cdot}$) ได้ดังสมการที่ (1) และ (2)(ภาพที่ 2.9)

$$DPPH^{\cdot} + AH \longrightarrow DPPH\text{-}H + A^{\cdot} \quad ....(1)$$

$$DPPH^{\cdot} + R^{\cdot} \longrightarrow DPPH\text{-}R \quad ....(2)$$

ภาพที่ 2.9 กลไกการเกิดปฏิกิริยาของ $DPPH^{\cdot}$ กับ สาร antioxidant (RO-H)

ถ้าตัวอย่างมีความสามารถในการต้านออกซิเดชันได้สูง ความเข้มข้นของสารละลายสีม่วงก็จะลดลง ซึ่งจะรายงานผลการทดลองเป็นค่า 50% effective concentration (EC_{50}) ซึ่งหมายถึง

ปริมาณสารต้านออกซิเดชันที่ทำให้ความเข้มข้นของ DPPH˙ เหลืออยู่ 50% (Lo and Cheung. 2005)

การศึกษาความสามารถในการต้านออกซิเดชัน ในสารตัวอย่างนิยมรายงานเป็นค่า EC_{50} ทำโดยสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง % Remaining DPPH˙ กับความเข้มข้นของสารมาตรฐานตัวอย่าง เพื่อหาค่า EC_{50} โดยคำนวณ % Remaining DPPH˙ ตามสมการที่ (3)

$$\% \text{ Remaining DPPH}^{\cdot} = \left(\frac{Abs_{sample}}{Abs_{control}}\right) \times 100 \quad \text{..........(3)}$$

และนอกจากนี้แล้วก็ยังมีการรายงานในรูปค่า IC_{50} ด้วย ซึ่งทำโดยการสร้างกราฟความความสัมพันธ์ระหว่าง % Inhibition DPPH˙ กับความเข้มข้นของสารตัวอย่าง เพื่อหาค่า IC_{50} โดยคำนวณ % Inhibition DPPH˙ ตามสมการที่ (4)

$$\% \text{ Inhibition DPPH}^{\cdot} = \left(\frac{Abs_{control} - Abs_{sample}}{Abs_{control}}\right) \times 100 \quad \text{.........(4)}$$

2.4.2 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด

การตรวจวัดปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอลทั้งหมดมีหลักการ คือ วัดปริมาณความเข้มข้นของสารประกอบทั้งหมดที่มีหมู่ไฮดรอกซิลอยู่ในโมเลกุล และไม่คำนึงถึงน้ำหนักโมเลกุลของสารประกอบโพลิฟีนอลนั้นๆ ดังนั้นการวิเคราะห์ในรูปแบบนี้ จึงไม่มีการระบุชนิดของสารประกอบโพลิฟีนอลที่มีอยู่ในตัวอย่าง ซึ่งปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยารีดักชัน-ออกซิเดชัน (reduction-oxidation) โดยที่สารประกอบโพลิฟีนอลถูกออกซิไดซ์ในสภาวะที่เป็นด่าง จากนั้นผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจะไปรีดิวซ์สารประกอบเชิงซ้อนฟอสโฟทังสติก-ฟอสโฟโมลิบดิก (phosphotungstic-phosphomolybdic complex) ได้ผลิตภัณฑ์เชิงซ้อนที่มีสีน้ำเงินและสามารถวัดค่าดูดกลืนแสงได้ที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร และนิยมใช้กรดแกลลิกเป็นสารประกอบโพลิฟีนอลมาตรฐาน (Waterman และ Mole. 1994)

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.5.1 ความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระของบัวบก

Zainol *et al*. (2003) ได้ศึกษาสมบัติการต้านออกซิเดชันและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของราก ใบ ก้านของ บัวบก 4 พันธุ์ (CA 01, CA 05, CA 08 และ CA 11) จากประเทศมาเลเซีย โดยใช้วิธี Ferric thiocyanate (FTC) และ Thiobarbituric acid (TBA) ซึ่งวิธี FTC จะวัดการเกิดอนุมูลอิสระเปอร์ออกไซด์ (peroxide) ในขั้นเริ่มต้นของปฏิกิริยา lipid peroxidation ซึ่งเป็น

ปฏิกิริยาการหืนของกรดไขมันไม่อิ่มตัว ส่วนวิธี TBA จะวัดในขั้นตอนสุดท้ายของปฏิกิริยา lipid peroxidation เป็นขั้นตอนที่เกิดการทำปฏิกิริยาของอนุมูลอิสระสองโมเลกุล ทำให้เกิดสารประกอบที่คงตัว ซึ่งจะสลายตัวให้สารประกอบที่มีจำนวนคาร์บอนต่ำ เช่น อัลดีไฮด์ คีโตน และกรดระเหยง่าย ทำให้เกิดกลิ่นหืนในอาหาร จากผลการทดลองพบว่าเมื่อเปรียบเทียบสมบัติการต้านออกซิเดชันของสารสกัดเมทานอลในแต่ละพันธุ์และส่วน ราก ใบ และก้านของบัวบกพบว่าพันธุ์ต่างชนิดกันสมบัติการต้านออกซิเดชันก็แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และใบของทุกสายพันธุ์แสดงสมบัติการต้านออกซิเดชันสูงที่สุด หลังจากนั้นเมื่อนำสารสกัดบัวบกมาวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Total phenols พบว่าสารสกัดจากใบของบัวบกในทุกพันธุ์มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมากที่สุด (8.13-11.70 กรัมต่อ 100 กรัมแห้ง) รองลงมาคือสารสกัดจากราก (6.46-10.50 กรัมต่อ 100กรัมแห้ง) ส่วนสารสกัดจากก้านบัวบกพบสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดน้อยที่สุด (3.23-4.91 กรัมต่อ 100 กรัมแห้ง) ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและสมบัติการต้านออกซิเดชันไปในทางเดียวกัน(r=0.90) ซึ่งแสดงว่าสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดอาจจะเป็นสารสำคัญในบัวบกที่แสดงคุณสมบัติการต้านออกซิเดชัน ตัวทำละลายมีผลต่อคุณสมบัติการต้านออกซิเดชันของสารสกัดบัวบก Hamid *et al.* (2002) ได้ศึกษาคุณสมบัติการต้านออกซิเดชันของสารสกัดบัวบกด้วยตัวทำละลายต่างชนิดกันพบว่าเมื่อนำสารสกัดบัวบกวัดสมบัติการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี Conjugated diene เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน α-tocopherol พบว่าสารสกัดเอทานอลจากส่วน ราก ใบ และก้านมีสมบัติการต้านออกซิเดชันสูงที่สุด รองลงมาคือ สารสกัดด้วยน้ำและไลท์ปิโตรเลียม ตามลำดับ ซึ่งแสดงว่าสารสำคัญในบัวบกที่แสดงสมบัติการต้านออกซิเดชันเป็นสารประกอบที่สามารถละลายน้ำ เมื่อเปรียบเทียบสมบัติการต้านออกซิเดชันของสารสกัดเอทานอลจากใบ ก้าน และรากของบัวบกด้วยวิธี 2-Thiobarbituric acid สารสกัดเอทานอลจากราก แสดงสมบัติต้านออกซิเดชันสูงที่สุด รองลงมาคือ สารสกัดเอทานอล จากใบ และก้าน ตามลำดับ และเมื่อนำสารสกัดเอทานอลของทุกส่วน (ราก ใบ ก้าน) บ่มไว้ที่อุณหภูมิต่างๆ (30, 50, 70 และ 90 องศาเซลเซียส) สารสกัดเอทานอลของทุกส่วน จะมีความคงตัว ในช่วงอุณหภูมิที่ 30 ถึง 50 องศาเซลเซียส(ปริยาภรณ์ ชัยชนะ และพรทิพย์ คงวัดใหม่. 2555)ศึกษาสมบัติการต้านสารอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging และวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin-Ciocalteau ในส่วนต่างๆ ของบัวบก ได้แก่ ใบ ก้าน และเถา ทั้งตัวอย่างชนิดสดและชนิดแห้ง พบว่า สารสกัดของบัวบกในตัวทำละลายเมทานอลที่มีค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระที่ 50 เปอร์เซ็นต์ ที่ดีที่สุดคือเถาบัวบกแห้งมีค่า IC_{50} เท่ากับ 7.94 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อเปรียบเทียบกับสารต้านอนุมูลอิสระมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก ซึ่งมีค่า IC_{50} เท่ากับ 11.73 มิลลิกรัม/ลิตร และสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในสารสกัดพบในก้านบัวบกสดมากที่สุดคือ 804 มิลลิกรัม/100 กรัมพืช ทั้งนี้ไม่มีความสัมพันธ์กันระหว่างปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดกับสมบัติการต้านสารอนุมูลอิสระในสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของบัวบก

การตรวจสอบคุณสมบัติการต้านออกซิเดชันของตัวอย่างบัวบกอบแห้ง น้ำชาบัวบก น้ำบัวบกพาสเจอร์ไรส์ และบัวบกผงชงดื่ม ด้วยวิธี Total phenol assay, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity assay และ 2,2'-azino-bis (3- ethylbenzo-6-thiazoline-sulfonic acid) (ABTS) radical scavenging activity assay พบว่าบัวบกอบแห้งมีคุณสมบัติการต้านออกซิเดชันสูงที่สุด รองลงมา คือ บัวบกทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง บัวบกทำแห้งแบบพ่นฝอย น้ำชาบัวบก และน้ำบัวบกพาสเจอร์ไรส์ ตามลำดับ และเมื่อวัดคุณสมบัติการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี Oxygen radical absorbance capacity (ORAC) assay พบว่าน้ำชามีคุณสมบัติการต้านออกซิเดชันทั้งหมดสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p<0.05$) รองลงมาคือบัวบกทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง บัวบกทำแห้งแบบพ่นฝอย และน้ำบัวบกพาสเจอร์ไรส์ ตามลำดับและเมื่อสกัดแยกส่วนที่เป็น hydrophilic และ lipophilic ในตัวอย่างบัวบกทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง และบัวบกอบแห้งพบว่าส่วนใหญ่สารสกัด hydrophilic มีคุณสมบัติการต้านออกซิเดชันสูงกว่าสารสกัด lipophilic ของบัวบก (นฤมล น้อยหวอย และ ศศิธร จันทนวรางกูร. 2550)

2.5.2 การผลิตและพัฒนาชาบัวบก

คุณค่าและสารอาหารของใบบัวบก สภาวะอุณหภูมิที่เหมาะสมที่ใช้ในการอบแห้งใบบัวบกเปรียบเทียบคุณสมบัติก่อนและหลังอบ โดยศึกษาจากกระบวนการอบแห้งโดยเครื่องเป่าลมแห้งเพื่อจะได้นำเอาผลการศึกษาที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับกระบวนการผลิตที่เหมาะสม และแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ใบบัวบกแห้งสำเร็จรูป ครบถ้วนด้วยสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายการทดลองดังกล่าวใช้เครื่องเป่าลมแห้งอบแห้งที่อุณหภูมิ 75 90 และ 105 องศาเซลเซียส ระดับความเร็วลมคือ 6.53 เมตรต่อวินาที 8.43 เมตรต่อวินาที และ 8.80 เมตรต่อวินาที ภายในระยะเวลาการอบ 75 นาที เพื่อนำมาเปรียบคุณสมบัติทางกายภาพ และประสาทสัมผัสของน้ำใบบัวบกสดและชาใบบัวบก ที่ได้จากการอบแห้งที่ปริมาณความชื้นน้อยกว่า 10% wb พบว่า อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบมีผลกระทบต่ออัตราการทำแห้ง และส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าสี ในขณะที่ความเร็วลมไม่ส่งผลกระทบต่อค่าดังกล่าวมากนัก ในการทดสอบทางประสาทสัมผัสนั้น เลือกใช้ใบบัวบกที่อบแห้งที่ทุกอุณหภูมิ ทุกระดับความเร็วลม ที่เวลา 45 นาที เปรียบเทียบกับน้ำใบบัวบกสด พบว่าที่ความเร็วลม 8.43 เมตรต่อวินาทีอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส มีสีที่สวยกว่า รสชาติดีกว่าและมีกลิ่นหอมมากกว่าน้ำใบบัวบกสดและชาใบบัวบกที่อบด้วยอุณหภูมิและความเร็วลม อื่นๆ (กนกภรณ์ เกาะเกตุ และคณะ. 2554)

สุจินดา ศรีวัฒนะและอิศรพงษ์ พงษ์ศิริกุล(2547)ได้ทำการศึกษาการผลิตชาบัวบกสำเร็จรูปจากการศึกษาวิธีการเตรียมใบบัวบกก่อนอบแห้งด้วยวิธีต่างๆ พบว่ามีวิธีการเตรียมใบบัวบกที่เหมาะสมคือ นำใบบัวบกมาเด็ดเอาเฉพาะใบ โดยมีส่วนก้านยาวไม่เกิน 3 มิลลิเมตร ล้างน้ำสะอาด 3 ครั้ง จากนั้นนวด 5 นาทีโดยใช้ลูกกลิ้งไม้นวดด้วยแรงคนที่กดโดยสม่ำเสมอ ลวกด้วย 0.1% $NaHCO_3$ ในน้ำร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 60 วินาที แช่น้ำเย็นทันทีนาน 5 นาที

สะเด็ดน้ำ แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จะใช้เวลา 50 นาที ถ้าอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จะใช้เวลา 45 นาทีถ้าอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จะใช้เวลา 25 นาที จากนั้นนำไปชงชาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค(n=60) พบว่ามีคะแนนความชอบมากที่สุดระดับ 7 จากการศึกษาอุณหภูมิและเวลาอบที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ใบบัวบกที่มีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 7 พบว่าที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เวลา 50 นาที อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 45 นาที และอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 25 นาที มีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 7

การพัฒนาชาชงจากใบบัวบก มีหลายแบบขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของผู้ผลิต การผลิตชาชงจากใบบัวบกที่มีปริมาณสาร asiaticoside มากที่สุด และวิธีการเก็บรักษาชาชงจากใบบัวบกที่เหมาะสมที่สุด กิตติยา เที่ยงจิตร์ และรุ่งทิวา ทศานนท์(2553) พบว่าชาชงที่ได้จากวัตถุดิบใบบัวบกที่ผ่านการตากแดด 15 ชั่วโมง อบแห้งใน hot air oven ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 8 12 และ 16 ชั่วโมง มีลักษณะทางกายภาพที่ไม่แตกต่างกัน โดยชาชงจากใบบัวบกที่ได้จากการอบใบบัวบกนาน 16 ชั่วโมง มีปริมาณสาร asiaticoside มากที่สุด ชาชงใบบัวบกได้จากผงใบบัวบกบดหยาบ (sieve No.10) 1 กรัม ที่ชงในน้ำร้อน 125 มิลลิลิตร เป็นเวลา 2-3 นาที จะมีปริมาณ asiaticoside เท่ากับ 0.8460 มิลลิกรัม ส่วนชาชงที่ได้จากผงใบบัวบกบดละเอียด (sieve No.18) จะมีปริมาณ asiaticoside เท่ากับ 0.6404 มิลลิกรัม นอกจากนี้ผงชาแบบหยาบจะมีความคงตัวทางกายภาพดีกว่าผงแบบละเอียด และชาชงใบบัวบกที่บรรจุในถุง aluminum foil มีความคงตัวทางกายภาพดีกว่าการบรรจุด้วยถุงพลาสติก และซองกระดาษ การอบแห้งใบบัวบกด้วยรังสีอินฟราเรดเปรียบเทียบกับการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่า กำลังของรังสีอินฟราเรดและอุณหภูมิอบแห้งมีผลต่อจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งใบบัวบก โดยระยะเวลาในการอบแห้งจะลดลงเมื่อเพิ่มกำลังของรังสีอินฟราเรดและอุณหภูมิในการอบแห้ง ในขณะที่ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะในการอบแห้งมีค่าลดลง การอบแห้งใบบัวบกด้วยรังสีอินฟราเรดกำลัง 1,500 วัตต์ อุณหภูมิอบแห้ง 70 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งน้อยที่สุด 30 นาที และ มีความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะต่ำสุด (0.31 MJ/kg of water evaporated) สมบัติทางกายภาพ ของใบบัวบกโดยใช้การทดสอบแบบประสาทสัมผัสโดยวิเคราะห์ในรูปของสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะรูปร่างและความชอบโดยรวมไม่แตก ต่างกัน ใบบัวบกที่ตากแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ แสดงว่า มีความเป็นไปได้ที่จะนำรังสีอินฟราเรดมาประยุกต์ใช้เป็นแหล่งพลังงานในการอบแห้ง ใบบัวบกเพื่อผลิตเป็นใบบัวบกแห้งชงดื่ม ด้วยรังสีอินฟราเรดกำลัง 1,500 วัตต์ อุณหภูมิอบแห้ง 70 องศาเซลเซียส เนื่องจากการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดใช้ระยะเวลาอบแห้งสั้น มีความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะต่ำสุด(สุภวรรณ ฏิระวณิชย์กุล และคณะ. 2556) การผลิตชาบัวบกสำเร็จรูปของ(สุจินดา ศรีวัฒนะ และอิศรพงษ์ พงษ์ศิริกุล. 2547) มีวิธีการเตรียมใบบัวบกก่อนอบแห้ง นำใบบัวบกมาเด็ดเอาเฉพาะใบ โดยมีส่วนก้านยาวไม่เกิน 3 มิลลิเมตร ล้างน้ำสะอาด 3 ครั้ง จากนั้นนวด 5 นาทีโดยใช้ลูกกลิ้งไม้นวดด้วยแรงคนที่กดโดยสม่ำเสมอ ลวกด้วย 0.1% $NaHCO_3$ ในน้ำร้อน 90

องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 60 วินาที แช่น้ำเย็นทันทีนาน 5 นาที สะเด็ดน้ำ แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จะใช้เวลา 50 นาที ถ้าอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จะใช้เวลา 45 นาทีถ้าอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จะใช้เวลา 25 นาที จากนั้นนำไปชงชาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค(n=60) พบว่ามีคะแนนความชอบมากที่สุดระดับ 7 จากการศึกษาอุณหภูมิและเวลาอบที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ใบบัวบกที่มีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 7 พบว่าที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เวลา 50 นาที อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 45 นาที และอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 25 นาที มีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 7 แสงมณี ชิงดวง และสุวรินทร์ บำรุงสุข (2553) ศึกษาผลของการชงชาใบบัวบกในน้ำร้อนเป็นเวลา 5, 10 และ 15 นาที ต่อความพึงพอใจของผู้บริโภค 1-7 ระดับจากระดับน้อยไปหามาก ในลักษณะโดยรวมโดยใช้ผู้ทดสอบ 30 คน พบว่าจำนวนเปอร์เซ็นต์ของจำนวนคนประเภทที่มีความพึงพอใจมาก คือในระดับที่พึงพอใจสูงสุดที่ระดับ 7 อยู่ที่ประมาณ 28 เปอร์เซ็นต์ ของจำนวนคนทั้งหมดที่ทดสอบ โดยพึงพอใจในชาที่ชงในน้ำร้อนนาน 15 นาที ส่วนชาชงในน้ำร้อน 5 และ 10 นาที มีความพึงพอใจในระดับปานกลาง แต่มีจำนวนมากกว่า คือ ประมาณ 50% ของจำนวนคนที่ทดสอบทั้งหมด สำหรับความพึงพอใจในรสชาติ อยู่ในระดับต่ำ-ปานกลาง ที่เวลานาน 10 และ 15 ส่วนความพึงพอใจในกลิ่น และสี อยู่ในระดับปานกลางทั้ง 3 เวลา ดังนั้นจึงต้องทำการปรับปรุงรสชาติและกลิ่นชาใบบัวบกต่อไปเพื่อให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

2.5.3 บทบาทของสารฟีนอลิกต่อแมลงศัตรูพืช

สารประกอบฟีนอลิก(phonolic compounds) เป็นโมเลกุลวงแหวนเชื่อมต่อกันเป็นสารประกอบโมเลกุลใหญ่ จัดเป็นสารพฤกษเคมี(phytochemicals) เป็นสารที่พืชสร้างขึ้นด้วยกระบวนการเมตาบอลิซึมรวมถึงพวกอนุพันธ์ของสารเหล่านี้ สารทุติยภูมิที่พืชสร้างขึ้นเป็นส่วนประกอบของใบ ดอก ผล เพื่อทำหน้าที่ต่างๆ รวมทั้งเพื่อปกป้องตัวเองจากสภาวะแวดล้อมไม่เหมาะสม ต่อต้านเชื้อ แมลง แบคทีเรีย เชื้อรา รังสียูวีจากแสงแดด กำจัดโลหะหนัก (chelation) และต้านอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้น จากกระบวนการสังเคราะห์แสง (Manach *et al*., 2004; Butterfield *et al*., 2002) (Mann. 1987; Torssell. 1997) สารทุติยภูมิจึงเป็น non-essential metabolites ของชีวิตพืช แต่ช่วยเป็น species fitness สำหรับการดำรงชีพให้รอด เช่น ใช้เป็นสารเคมีป้องกันศัตรูพืช ป้องกันการถูกขูดขีด และป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลตหรือใช้ช่วยในการผสมเกสรพืช และยังสามารถผลิตสารพิษ หรือสารเลียนแบบสารที่ศัตรูพืชผลิต เช่น growth hormone หรือ pheromone สารที่ไม่เป็นที่พึงประสงค์ สารมีกลิ่นหอม สารลดการย่อยอาหารหรือการกินอาหารของศัตรูพืช สารไล่แมลง สารต้าน oxidation เป็นต้น บทบาทของสารฟีนอลิกในการป้องกันตัวของพืชต่อแมลงที่เข้าทำลายซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของทฤษฎีการป้องกันตัวของพืช(Appel. 1993; Bi. *et al*., 1997) สารฟีนอลิกนั้นเป็นปัจจัยหนึ่งที่พืชใช้ในการป้องกันตัวและมีความเป็นพิษต่อแมลงศัตรูพืชขึ้นกับปริมาณสารฟีนอลิกที่พบ(Elliger *et al*. 1981) จากการศึกษาในมะม่วงพันธุ์ต้านทาน(Langra, EC-95862) มีสารฟี

นอลิกสูงกว่าพันธุ์อ่อนแอ(Banganapalli) 4-7 เท่าไม่พบการเข้าทำลายของแมลงวันผลไม้ส่วนพันธุ์อ่อนแอมีแมลงวันทองทำลาย 22-64% (Verghese *et al*., 2012) แต่มีรายงานของ Bernays and Woodhead(1982) สารฟีนอลิกกระตุ้นการกินและการเจริญเติบโตในแมลงบางชนิด ส่วนสารสกัดจากใบบัวบกมีประสิทธิภาพในการเข้าทำลายแมลงพวก เห็บ พยาธิในแกะ และ ยุง แสดงให้เห็นประสิทธภาพของเฮกเซน คลอโรฟอร์ม เอทิลอะซิเตท อะซิโตน และ เมททานอล ที่สกัดจากใบบัวบกแต่สารสกัดจากเมททานอลมีผลการทบต่อพยาธิในแกะและยุงมากที่สุด(Bagavan *et al*., 2009) สารไตรเทอร์ปีนอยด์ไกลโคไซด์สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของผีเสื้อ *Spilarctia obliqua* ในระยะหนอน(Shukla *et al*., 2000).

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 อุปกรณ์และสารเคมี

3.1.1 ศึกษาชนิดแมลงศัตรูของชาบัวบก

1. กล่องบรรจุซองชา ขนาด 6×12×6 ลูกบาศก์เซนติเมตร
2. ชาบัวบก
3. ถุงบรรจุชา ขนาด 5×5 เซนติเมตร
4. กระดาษบันทึกข้อมูล
5. กล้องจุลทรรศน์สเตริโอไมโคสโคป (Nikon SZ61TR)

3.1.2 ชีววิทยาของแมลงศัตรูของชาบัวบก

1. กล่องบรรจุซองชา ขนาด 6×12×6 ลูกบาศก์เซนติเมตร
2. ชาบัวบก
3. ถุงบรรจุชา ขนาด 5×5 เซนติเมตร
4. กระดาษบันทึกข้อมูล
5. เทปกาว
6. กล้องจุลทรรศน์สเตริโอไมโคสโคป (Nikon SZ61TR)

3.1.3 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

1. UV-Vis Spectophotometer (Spekol 2000)
2. เครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง (Precisa XT 220A)
3. ออโตปิเปตและทิป (Auto pipette and tip) ขนาด 5-50, 50-200 และ 200-1000 uL
4. ปิเปต (Measuring pipettes) ขนาด 5 และ 10 มิลลิลิตร
5. กระบอกตวง (Measuring cylinder) ขนาด 100 มิลลิลิตร
6. บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 50 และ 100 มิลลิลิตร
7. ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 500 มิลลิลิตร
8. ขวดวัดปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 50 และ 100 มิลลิลิตร
9. เครื่องเขย่า (Vortex)
10. ตู้อบลมร้อน (Memmert um200)
11. เครื่องบดปั่น
12. เอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ (Ethanol)
13. โทรลอกซ์ (Trolox) (Aldrich, รัสเซีย)

14. 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical (DPPH) (Aldrich, เยอรมัน)
15. กรดแกลลิก (Gallic acid) (Aldrich, เยอรมัน)

3.1.4 การวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด

1. UV-Vis Spectophotometer (Spekol 2000)
2. เครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง (Precisa XT 220A)
3. ออโตปิเปตและทิป (Auto pipette and tip) ขนาด 5-50, 50-200 และ 200-1000 uL
4. ปิเปต (Measuring pipettes) ขนาด 5 และ 10 มิลลิลิตร
5. กระบอกตวง (Measuring cylinder) ขนาด 100 มิลลิลิตร
6. บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 50 และ 100 มิลลิลิตร
7. ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 500 มิลลิลิตร
8. ขวดวัดปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 50 และ 100 มิลลิลิตร
9. เครื่องเขย่า (Vortex)
10. ตู้อบลมร้อน (Memmert um200)
11. เครื่องบดปั่น
12. Folin-Ciocalteu (Loba chemie, อินเดีย)
13. โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) (Ajax finechem, ออสเตรเลีย)
14. น้ำกลั่น

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 ศึกษาชนิดแมลงศัตรูชาบัวบก

เก็บใบบัวบกจากแปลงปลูกบัวบก คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง นำใบบัวบกมาล้างทำความสะอาดแล้วผึ่งให้แห้ง นำไปอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็น เวลา 8 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปปั่นให้ละเอียดโดยใช้เครื่องปั่น นำบัวบกที่ปั่นละเอียดบรรจุใส่ซองชาขนาด 5×5 เซนติเมตร ปริมาณ 2 กรัม หลังจากนั้นนำซองชาที่บรรจุแล้วใส่ในกล่องกระดาษขนาด 6×12×6 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่กล่องละ 10 ซอง แล้วนำตัวเต็มวัยมอดหัวป้อม มอดแป้ง มอดยาสูบ ผีเสื้อข้าวสาร และด้วงงวงข้าว ใส่ในกล่องชาบัวบก จำนวนกล่องละ 10 ตัว ตัวอย่างละ 10 กล่อง ทำการบันทึกข้อมูลลักษณะการเข้าทำลายของแมลงแต่ละชนิด

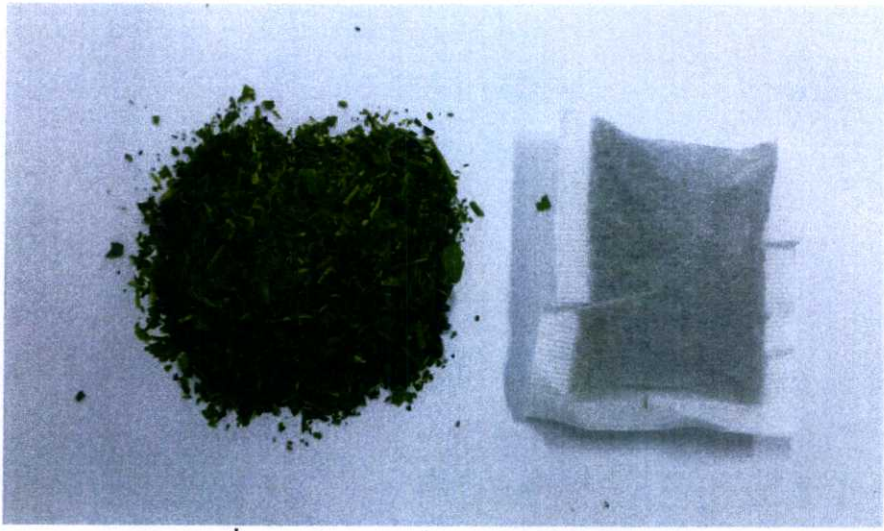
3.2.2 ชีววิทยาของมอดยาสูบ

นำบัวบกที่ปั่นละเอียดบรรจุใส่ซองชาขนาด 5×5 เซนติเมตร ปริมาณ 2 กรัม หลังจากนั้นนำซองชาที่บรรจุแล้วใส่ในกล่องกระดาษขนาด 6×12×6 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่กล่องละ 10 ซอง เก็บรักษาชาไว้ที่อุณหภูมิห้อง บันทึกลักษณะการเข้าทำลายของมอดยาสูบ ระยะเวลาที่เข้าทำลาย

และวัดขนาดของไข่ ตัวหนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย ตลอดจนพฤติกรรมการผสมพันธุ์ของมอดยาสูบ

3.2.3 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

นำใบบัวบกระยะใบอ่อนและใบแก่เก็บจากแปลงทดลอง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มาล้างทำความสะอาดแล้วผึ่งให้แห้ง นำมาอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 8 ชั่วโมง นำไปปั่นให้ละเอียด แล้วบรรจุใส่ถุงชา ขนาด 5×5 เซนติเมตร ปริมาณ 2 กรัม(ภาพที่ 3.1) แล้วมาชงด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 98-100 องศาเซลเซียส ปริมาณ 120 มิลลิลิตร เป็นเวลา 2 นาที ได้น้ำชาใบบัวบกที่มีสีออกเหลือง(ภาพที่ 3.2) นำตัวอย่างนำชาที่ชงไปวิเคราะห์หาความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระ



ภาพที่ 3.1 ใบบัวบกปั่นละเอียด บรรจุใส่ถุงชา

ภาพที่ 3.2 ลักษณะของสีน้ำชาบัวบกที่ชง

การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH

การเตรียมกราฟมาตรฐาน เตรียมสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ โดยให้ความเข้มข้นในแต่ละหลอดทดลองเป็น 5, 10, 15, 20, 25, 30 และ 35 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร โดยเตรียมโทรลอกซ์ที่ความเข้มข้น 250 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร โดยชั่งโทรลอกซ์ 0.025 กรัม ปรับปริมาตรด้วยเอทานอลให้มีปริมาตรรวมเป็น 100 มิลลิลิตร ปิเปตสารละลายมาตรฐานดังกล่าวลงในหลอดทดลอง โดยปิเปตมา 0.02 , 0.04, 0.06, 0.08, 0.10, 0.12 และ 0.14 มิลลิลิตร ตามลำดับ แล้วปรับปริมาตรด้วยเอทานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ให้มีปริมาตรรวมในแต่ละหลอดเป็น 5.4 มิลลิลิตร ปิเปตสารละลาย DPPH ความเข้นข้น 0.8 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 0.6 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมสาร ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยใช้เอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์เป็น blank คำนวณเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ตามสมการต่อไปนี้ โดยค่าดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาควบคุม คือ ค่าดูดกลืนแสงของหลอดที่ไม่มีโทรลอกซ์ ซึ่งประกอบด้วย เอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ 5.4 มิลลิลิตร และสารละลาย DPPH 0.6 มิลลิลิตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH} = \left(1 - \left(\frac{A_{sample}}{A_{control}}\right)\right) \times 100$$

โดย A_{sample} = ค่าการดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาของสารมาตรฐานโทรลอกซ์

$A_{control}$ = ค่าการดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาควบคุม

ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH จะรายงานในหน่วยของมิลลิกรัมสมมูลย์ของโทรลอกซ์ต่อกรัมตัวอย่าง โดยใช้กราฟมาตรฐานของโทรลอกซ์

การวิเคราะห์ตัวอย่าง ปิเปตตัวอย่างน้ำชาใบบัวบกที่เจือจางให้มีความเข้มข้นที่เหมาะสมและเอทานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยให้ปริมาตรรวมของตัวอย่างและเอทานอลเท่ากับ 5.4 มิลลิลิตร ปิเปตสารละลาย DPPH ความเข้นข้น 0.8 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 0.6 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมสาร ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยใช้เอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์เป็น blank คำนวณเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ตามสมการต่อไปนี้โดย ค่าดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาควบคุม คือ ค่าดูดกลืนแสงของหลอดที่ไม่มีตัวอย่าง ซึ่งประกอบด้วย เอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ 5.4 มิลลิลิตร และสารละลาย DPPH 0.6 มิลลิลิตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH} = \left(1 - \left(\frac{A_{sample}}{A_{control}}\right)\right) \times 100$$

โดย A_{sample} = ค่าการดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาของสารมาตรฐานโทรลอกซ์

$A_{control}$ = ค่าการดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาควบคุม

ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH จะรายงานในหน่วยของมิลลิกรัมสมมูลย์ของโทรลอกซ์ต่อกรัมตัวอย่าง โดยใช้กราฟมาตรฐานของโทรลอกซ์

วิธีการเตรียมกราฟวิตามินซี

เตรียมสารละลายมาตรฐานวิตามินซีความเข้มข้น 50 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ปิเปตสารละลายมาตรฐานดังกล่าวใส่ในหลอดทดลองหลอดละ 0.1 , 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6 และ 0.7 มิลลิลิตร โดยให้ความเข้มข้นในแต่ละหลอดทดลองเป็น 5, 10, 15, 20, 25, 30 และ 35 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยเอทานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ให้มีปริมาตรรวมในแต่ละหลอดเป็น 5.4 มิลลิลิตร ปิเปตสารละลาย DPPH ความเข้นข้น 0.8 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 0.6 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมสาร ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยใช้เอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์เป็น blank

การวิเคราะห์ตัวอย่าง ปิเปตตัวอย่างน้ำชาใบบัวบกที่เจือจางให้มีความเข้มข้นที่เหมาะสมและเอทานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยให้ปริมาตรรวมของตัวอย่างและเอทานอลเท่ากับ 5.4 มิลลิลิตร ปิเปตสารละลาย DPPH ความเข้นข้น 0.8 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 0.6 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมสาร (vortex mixer) ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยใช้เอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์เป็น blank คำนวณเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ตามสมการต่อไปนี้โดยวัด ค่าดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาควบคุม คือ ค่าดูดกลืนแสงของหลอดที่ไม่มีตัวอย่าง ซึ่งประกอบด้วยเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ 5.4 มิลลิลิตร และสารละลาย DPPH 0.6 มิลลิลิตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH} = \left(1 - \left(\frac{A_{sample}}{A_{control}}\right)\right) \times 100$$

โดย A_{sample} = ค่าการดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาของสารมาตรฐานโทรลอกซ์

$A_{control}$ = ค่าการดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาควบคุม

ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH จะรายงานในหน่วยของมิลลิกรัมสมมูลย์ของโทรลอกซ์ต่อกรัมตัวอย่าง โดยใช้กราฟมาตรฐานของโทรลอกซ์

3.2.4 การวิเคราะห์ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด

การวิเคราะห์ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดในจากชาใบบัวบกสำเร็จรูปที่ผลิตจากใบอ่อนและใบแก่ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu method ตามวิธีที่รายงานโดย (Singleton และ Lamuela, 1999) สารโพลิฟีนอลจะทำปฏิกิริยากับ Folin-Ciocalteu ได้สารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำเงินที่มีค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร และใช้กรดแกลลิกเป็นสารประกอบฟีนอลิกมาตรฐาน ดังนี้

การเตรียมกราฟมาตรฐาน (standard curve) เตรียมสารละลายกรดแกลลิก 400 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ปิเปตสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกใส่หลอดทดลอง หลอดละ 0, 0.05, 0.15, 0.20, 0.30 และ0.35 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตรรวม 10 มิลลิลิตร เติมสารละลาย Folin- Ciocalteu ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ผสมให้เขากันด้วยเครื่องผสมสาร ตั้งทิ้งไว้ที่

อุณหภูมิห้อง 5 นาที เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสม ให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมสาร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 730 นาโนเมตร เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณกรดแกลลิก

การวิเคราะห์ตัวอย่าง ปิเปตตัวอย่างน้ำชาใบบัวบกให้มีความเข้มข้นที่เหมาะสมปริมาตร 0.05-0.1 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตรรวม 10 มิลลิลิตร เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมสาร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมสาร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 730 นาโนเมตร สำหรับ blank ใช้น้ำกลั่นแทนตัวอย่างในปริมาณเท่ากัน คำนวณค่าปริมาณโพลิฟีนอลเทียบกับกราฟมาตรฐาน

3.2.5 การหาค่า EC_{50} และ IC_{50} ของชาบัวบก

เตรียมสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ที่ความเข้มข้น 250 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร โดยให้ความเข้มข้นในแต่ละหลอดทดลองเป็น 5, 10, 15, 20, 25, 30 และ 35 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยเอทานอลให้มีปริมาตรรวมเป็น 100 มิลลิลิตร โดยปิเปตมา 0.02 , 0.04, 0.06, 0.08, 0.10, 0.12 และ 0.14 มิลลิลิตร ตามลำดับ แล้วปรับปริมาตรด้วยเอทานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ให้มีปริมาตรรวมในแต่ละหลอดเป็น 5.4 มิลลิลิตร ปิเปตสารละลายมาตรฐานดังกล่าวลงในหลอดทดลอง ปรับปริมาตรแต่ละหลอดให้ได้ปริมาตรรวม 5.4 มิลลิลิตร ปิเปตสารละลาย DPPH ปริมาตร 0.6 มิลลิลิตร (ดังแสดงในตารางที่ 3.1) ผสมให้เข้ากัน ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยใช้เอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์เป็น blank ทำการทดลองซ้ำ 5 ครั้ง

ในกรณีที่วัดค่า EC_{50}

จากค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร ของสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ และ control ที่วัดได้ นำมาคำนวณหา % Remaining $DPPH^{\bullet}$ ตามสมการ

$$\%\ \text{Remaining DPPH}^{\bullet} = \left(\frac{Abs_{sample}}{Abs_{control}}\right)\times 100$$

สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง % Remaining $DPPH^{\bullet}$ (แกน y) กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ (แกน x) เพื่อหาค่า EC_{50}

ในกรณีที่วัดค่า IC_{50}

จากค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร ของสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ และ control ที่วัดได้ นำมาคำนวณหา % Inhibition $DPPH^{\bullet}$ ตามสมการ

$$\%\ \text{Inhibition DPPH}^{\bullet} = \left(\frac{Abs_{control}-Abs_{sample}}{Abs_{control}}\right)\times 100$$

สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง % Inhibition $DPPH^{\bullet}$ (แกน y) กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ (แกน x) เพื่อหาค่า IC_{50}

ตารางที่ 3.1 DPPH assay ของสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์

ปริมาตร DPPH˙ (mL)	ปริมาตร เอทานอล (mL)	ปริมาตร Std. โทรลอกซ์ 250 ug/mL	Final conc. โทรลอกซ์ (ug/mL)
0.6	5.40	0.00	0
0.6	5.38	0.02	5
0.6	5.36	0.04	10
0.6	5.34	0.06	15
0.6	5.32	0.08	20
0.6	5.30	0.10	25
0.6	5.28	0.12	30
0.6	5.26	0.14	35

การหาค่า EC_{50} และ IC_{50} ของชาบัวบก

ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ ชาบัวบกใบอ่อน และใบแก่ โดยเตรียมสารละลายตัวอย่าง ชงชาในน้ำ ปริมาตร 120 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 98-100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1, 2, 3, 4 และ 5 นาที ผสมสารละลายตัวอย่างกับ DPPH reagent ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความ ยาวคลื่น 517 นาโนเมตร บันทึกค่าการดูดกลืนแสงที่ได้นำไปคำนวณและสร้างกราฟเช่นเดียวกับการทดลองกับสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ ทำการทดลองซ้ำตัวอย่างละ 5 ซ้ำ

3.2.6 การเปลี่ยนแปลงประชากรมอดยาสูบ

นำใบบัวบกระยะใบอ่อนและใบแก่ที่อบแห้งไปปั่นให้ละเอียด แล้วบรรจุใส่ถุงชาปริมาณ 2 กรัม ขนาด 5×5 เซนติเมตร นำชาบัวบกทั้ง 2 แบบที่บรรจุใส่ถุงมาใส่กล่องกระดาษขนาด 6x12x6 ซม^3 จำนวนกล่องละ 10 ถุง ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง และสุ่มหยิบซองชาบัวบกเพื่อตรวจหามอดยาสูบที่เข้าทำลายชาบัวบกและนับจำนวนแมลงที่พบทุกเดือนเป็นเวลา 1 ปี

3.2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างสารฟีนอลิกในชาบัวบกและการเปลี่ยนแปลงประชากรมอดยาสูบ

นำข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของประชากรมอดยาสูบจากหัวข้อ 3.2.2 และปริมาณสารฟีนอลิกของชาบัวบกที่ทำจากระยะใบอ่อนและใบแก่ มาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล โดยใช้ การวิเคราะห์การถดถอยและสหสัมพันธ์(regression and correlation analysis) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 17

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

4.1 แมลงศัตรูชาบัวบก

จากการศึกษาแมลงศัตรูในโรงเก็บของชาบัวบก จะพบว่ามีแมลงศัตรูในโรงเก็บเพียงชนิดเดียวที่เข้าทำลายชาบัวบกได้แก่ มอดยาสูบ เนื่องจากว่าแมลงชนิดนี้เป็นแมลงศัตรูที่ชอบเข้าทำลายผลิตภัณฑ์ที่ทำจากพืชอบแห้ง(ภาพที่ 4.1) เช่น ใบยาสูบ บุหรี่ ซิการ์ เครื่องเทศ ข้าว ข้าวโอ๊ต ชาชนิดต่าง ๆ ซึ่งชาบัวบกทำจากพืชอบแห้ง อาจจะเป็นส่วนทำให้มอดยาสูบเข้าทำลายเพียงชนิดเดียว มอดหัวป้อม ลักษณะลำตัวสีน้ำตาลแก่ ตัวกลมป้อมและสั้น(ภาพที่ 4.2) อาหารที่มอดหัวป้อมเข้าทำลายเป็นส่วนใหญ่ได้แก่อาหารจำพวกเมล็ดธัญพืชได้แก่ ข้าวเปลือก ข้าวสาร ข้าวโพด ข้าวบาร์เลย์ ข้าวสาลี ข้าวฟ่าง แป้งและพืชหัว และมอดแป้งมีลักษณะสีน้ำตาลปนแดงลำตัวค่อนข้างแบน(ภาพที่ 4.3)ชอบทำลายเมล็ดพืชที่ถูกมอดหัวป้อมเข้าทำลายไว้ก่อน ด้วงงวงข้าวตัวเต็มวัยมีสีน้ำตาลดำ ส่วนหัวจะมีลักษณะยื่นออกมาเป็นงวง(ภาพที่ 4.4) พืชอาหารที่ด้วงงวงข้าวเข้าทำลายได้แก่ เมล็ดธัญพืช ข้าว ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ข้าวสาลี และผีเสื้อข้าวสารตัวเต็มวัยมีสีน้ำตาลปนเทา(ภาพที่ 4.5)จะไม่ค่อยกินอาหารการเข้าทำลายส่วนใหญ่จะเป็นตัวหนอนซึ่งจะชักใยอยู่ระหว่างเมล็ดธัญพืช และพืชอาหารของผีเสื้อข้าวสารได้แก่ ข้าวสาร ถั่วเหลือง ถั่วลิสง ข้าวโพด โกโก้ แป้ง และเนื้อมะพร้าว ซึ่งอาจจะเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ มอดหัวป้อม มอดแป้ง ด้วงงวงข้าวและผีเสื้อข้าวสารไม่เข้าทำลายชาบัวบก เนื่องจากไม่ใช่พืชอาหารที่เข้าทำลาย

4.2 ชีววิทยาของมอดยาสูบ

มอดยาสูบ (Cigarette beetle) ซึ่งเป็นแมลงปีกแข็งที่มีขนาดเล็ก มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Lasioderma serricorne* (Fabricius) จัดอยู่ในวงศ์ Anobiidae อันดับ Coleoptera โดย มอดยาสูบตัวเต็มวัยเป็นแมลงขนาดเล็กลำตัวยาว 3.57-3.67 มม.(เฉลี่ย 3.59 ± 0.03 มม.) ลำตัวกว้าง 2.27-2.38 มม. (เฉลี่ย 2.30 ± 0.04 มม.) (ตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.6) ตัวเต็มวัยรูปร่างกลมรี สีน้ำตาลแดง มีขนละเอียดปกคลุมลำตัว ลำตัวลักษณะโค้งนูน ส่วนหัวและอกปล้องแรกงองุ้มลงด้านล่าง หนวดยาวลักษณะแบบฟันเลื่อยมีจำนวน 11 ปล้อง ปีกสีน้ำตาลคลุมท้องมิด ปล้องท้องด้านล่างมีทั้งหมด 5 ปล้อง(ภาพที่ 4.7) ลักษณะการผสมพันธ์ของตัวเต็มวัยมอดยาสูบมี 2 แบบ คือ แบบ end to end position(ภาพที่ 4.8)และแบบ male above (ภาพที่ 4.9) มีขาสีน้ำตาล เพศเมียมอดยาสูบ วางไข่แบบฟองเดี่ยว รูปร่างกลมรีสีขาวครีม(ภาพที่ 4.10)

ภาพที่ 4.1 มอดยาสูบเข้าทำลายผลิตภัณฑ์ที่ทำจากพืชอบแห้ง

ภาพที่ 4.2 มอดหัวป้อมลักษณะลำตัวสีน้ำตาลแก่ ตัวกลมป้อมและสั้น

ภาพที่ 4.3 มอดแป้งมีลักษณะสีน้ำตาลปนแดงลำตัวค่อนข้างแบน

ภาพที่ 4.4 ด้วงงวงข้าวตัวเต็มวัยมีสีน้ำตาลดำ ส่วนหัวจะมีลักษณะยื่นออกมาเป็นงวง

ภาพที่ 4.5 ผีเสื้อข้าวสารตัวเต็มวัยมีสีน้ำตาลปนเทา

ตารางที่ 4.1 ระยะการเจริญเติบโตของไข่ ตัวหนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัยของมอดยาสูบ

ระยะการเจริญเติบโต	พิสัย		ค่าเฉลี่ย ± SD		ระยะเวลา (วัน)
	กว้าง	ยาว	กว้าง	ยาว	
ไข่	0.19-0.21	0.35-0.38	0.20±0.00	0.36±0.01	7.97±0.06
หนอนวัย 1	0.18-0.21	0.40-0.42	0.20±0.01	0.41±0.01	4.41±1.19
วัย 2	0.54-0.67	1.87-2.09	0.61±0.03	2.00±0.07	3.49±1.04
วัย 3	1.58-1.73	3.64-3.79	1.67±0.05	3.71±0.05	3.48±1.89
วัย 4	2.18-2.37	4.28-4.61	2.26±0.06	4.45±0.10	4.23±2.10
ดักแด้	1.21-1.30	2.79-2.90	1.26±0.03	2.87±0.04	7.405±3.13
ตัวเต็มวัย	2.27-2.38	3.57-3.67	2.30±0.04	3.59±0.03	21.85±4.70

ภาพที่ 4.6 ตัวเต็มวัยมอดยาสูบ *Lasioderma serricorne* (Fabricius)

ภาพที่ 4.7 ตัวเต็มวัยมีปล้องท้องด้านล่างทั้งหมด 5 ปล้อง

ภาพที่ 4.8 ลักษณะการผสมพันธุ์ของตัวเต็มวัยมอดยาสูบเป็นแบบ end to end position

ภาพที่ 4.9 ลักษณะการผสมพันธุ์ของตัวเต็มวัยมอดยาสูบเป็นแบบ male above

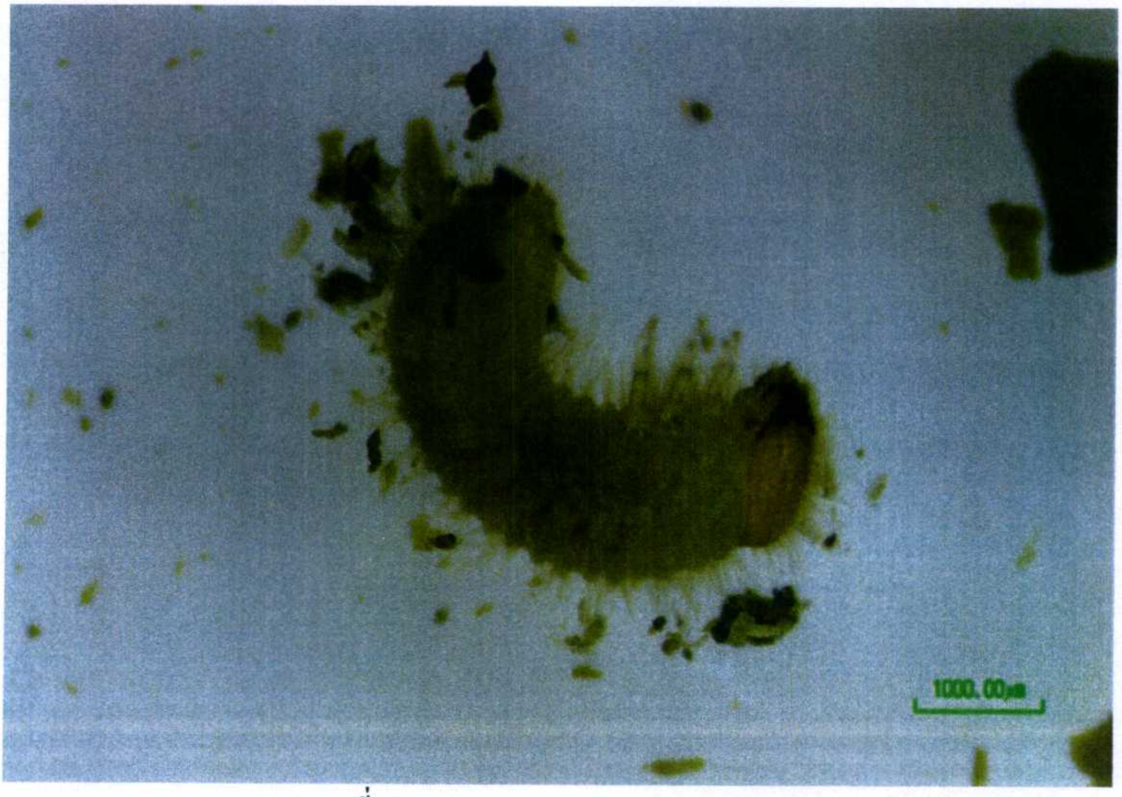
ภาพที่ 4.10 เพศเมียมอดยาสูบวางไข่แบบฟองเดี่ยว

โดยวางไข่ตามช่องหรือรอยแตกของผลิตภัณฑ์(ภาพที่ 4.11) ไข่มีความยาว 0.35-0.38 มม.(เฉลี่ย 0.36 ± 0.01 มม.) และกว้าง 0.19-0.21 มม.(เฉลี่ย 0.20 ± 0.00 มม.) เพศเมียสามารถวางไข่ได้ถึง 100 ฟอง ไข่ฟักออกเป็นตัวหนอนภายใน 7.91-8.03 วัน (เฉลี่ย 7.97 วัน) หนอนวัยแรกมีความยาว 0.40-0.42 มม.(เฉลี่ย 0.36 ± 0.01 มม.)และกว้าง 0.19-0.21 มม.(เฉลี่ย 0.20 ± 0.01 มม.) อายุของหนอนวัยแรก 3.57-5.25 วัน(เฉลี่ย 4.41 วัน) เมื่อหนอนวัยแรกฟักจะเคลื่อนที่หาช่องหรือรอยแตก(ภาพที่ 4.12) เพื่อเข้าไปกัดกินอาหารที่อยู่ภายในช่องหรือรอยแตก ตัวหนอนวัย 2 มีสีเหลืองปนขาว(ภาพที่ 4.13) มีความยาว 1.87-2.09 มม.(เฉลี่ย 2.00 ±0.01 มม.)และกว้าง 0.54-0.67 มม.(เฉลี่ย 0.61 ± 0.03) อายุหนอนวัย 2 ประมาณ 2.76-4.23 วัน(เฉลี่ย 3.50 วัน) หนอนวัย 3 มีความยาว 3.64-3.79 มม.(เฉลี่ย 3.71±0.04 มม.)และกว้าง 1.58-1.73 มม.(เฉลี่ย 1.67 ± 0.05 มม.) (ภาพที่ 4.14) หนอนวัยสุดท้ายมีความยาว 4.28-4.61 มม.(เฉลี่ย 4.45 ± 0.10 มม.) และกว้าง 2.18-2.37 มม.(เฉลี่ย 2.26 ± 0.06 มม.) โค้งเป็นรูปตัวซี “C” (ภาพที่ 4.15)ระยะตัวหนอนวัยสุดท้ายใช้เวลานาน 2.74-5.71วัน (เฉลี่ย 4.23 วัน) หลังจากนั้นจึงเข้าดักแด้ในปลอกที่ตัวหนอนสร้างขึ้นมา (ภาพที่ 4.16) ดักแด้(ภาพที่ 4.17)มีความยาว 2.79-2.90 มม.(เฉลี่ย 2.87 ± 0.04 มม.) และความกว้าง 1.21-1.30 มม.(เฉลี่ย 1.26 ± 0.03 มม.)โดยระยะดักแด้ใช้เวลานาน 5.19-9.62 วัน(เฉลี่ย 7.41 วัน) จึงออกมาเป็นตัวเต็มวัย ตัวเต็มวัยจะมีอายุประมาณ 18.53-25.17 วัน(เฉลี่ย 21.85 วัน) ตัวเต็มวัยไม่กินอาหารหรือกินอาหารน้อยมาก มีความสามารถในการบินสูง เคลื่อนที่ได้รวดเร็ว ตัวเต็มวัยแกล้งทำเป็นตาย เมื่อถูกรบกวน

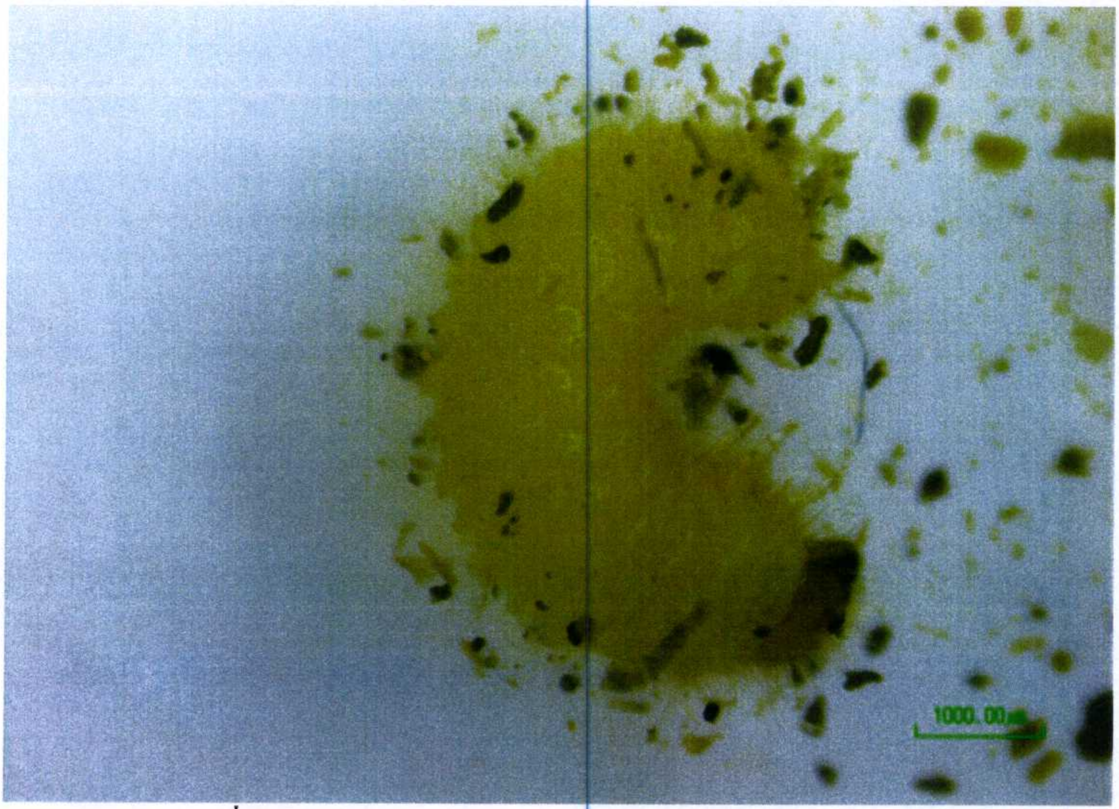
ภาพที่ 4.11 เพศเมียมอดยาสูบวางไข่ตามช่องหรือรอยแตกของผลิตภัณฑ์

ภาพที่ 4.12 หนอนวัยแรกมอดยาสูบที่เพิ่งฟักออกจากไข่

ภาพที่ 4.13 ระยะหนอนวัย 2 ของมอดยาสูบ



ภาพที่ 4.14 ระยะหนอนวัย 3 ของมอดยาสูบ



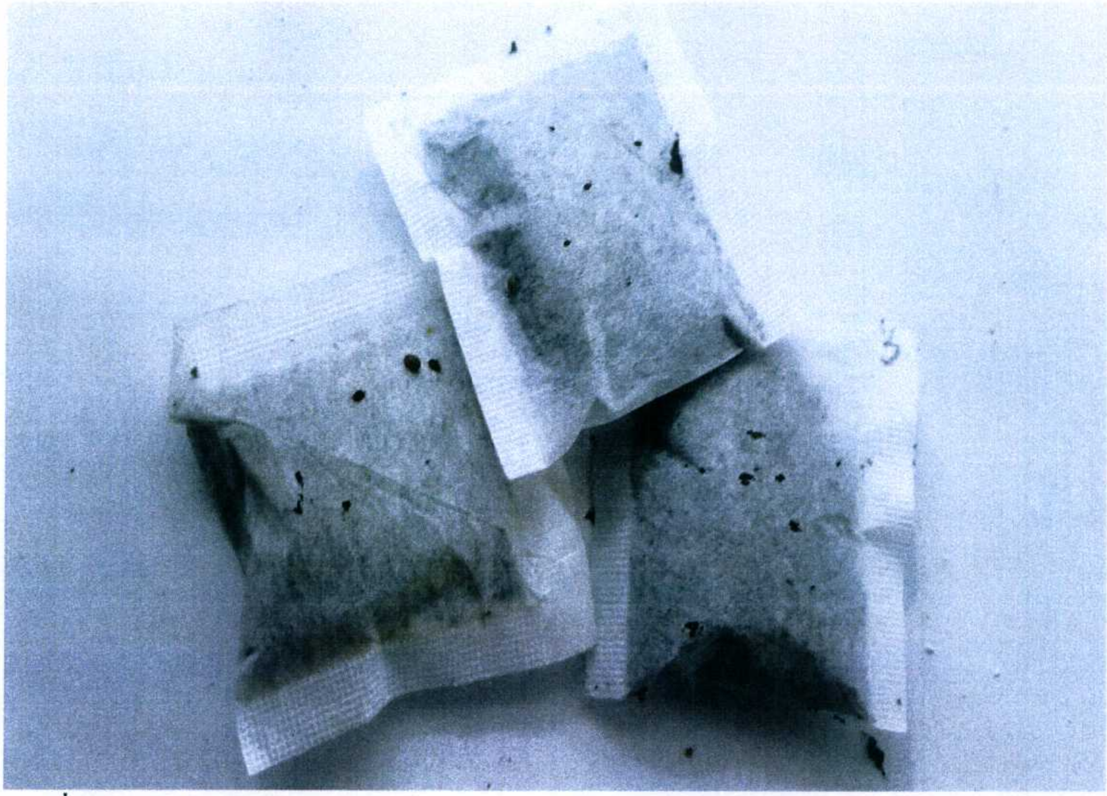
ภาพที่ 4.15 หนอนวัยสุดท้ายมีสีเหลืองปนขาว โค้งเป็นรูปตัวซี “C”

ภาพที่ 4.16 ดักแด้ของมอดยาสูบ เข้าในปลอกที่ตัวหนอนสร้างขึ้นมา

ภาพที่ 4.17 ลักษณะภายนอกดักแด้ของมอดยาสูบ

กวนโดยงอตัวนิ่งและไม่เคลื่อนไหว เมื่อรู้สึกว่าปลอดภัยแล้วจะเดินและบินหนีไปอย่างรวดเร็ว ระยะเวลาที่ใช้ในการเจริญเติบโตจากไข่จนกระทั่งออกเป็นตัวเต็มวัยใช้ระยะเวลา 43-50 วัน ตัวเต็มวัยเข้าทำลายโดยการกัดเจาะเข้าไปหรือมุดเข้าไปตามช่องหรือรอยแตกของภาชนะบรรจุ(ภาพที่ 4.18) ซึ่งสอดคล้องกับชูวิทย์ ศุขปราการ(2535) และ Mahroof and Phillips(2008) ได้รายงานว่าตัวเต็มวัยของมอดยาสูบจะเข้าทำลายถุงบรรจุภัณฑ์ เช่น พลาสติก กระดาษ อลูมิเนียมฟอยล์ และกล่องที่ทำด้วยไม้ เพื่อเข้าไปวางไข่ เมื่อตัวหนอนฟักออกจากไข่ แล้วจึงเข้าไปกัดกินอาหารที่อยู่ภายในบรรจุภัณฑ์ ทำให้อาหารที่บรรจุอยู่ภายในถูกกัดกินเป็นรูพรุน โดยจะพบมูลที่ถ่ายทิ้งไว้และเศษชิ้นส่วนของพืชที่ถูกกัดกินอยู่ภายในถุงหรือบรรจุภัณฑ์ ถ้าเป็นผลิตภัณฑ์จำพวกชาจะทำให้สูญเสียความหอมของตัวชาไป

จากการศึกษาพบว่ามอดยาสูบ มีแมลงศัตรูธรรมชาติ 1 ชนิด ได้แก่ แตนเบียน *Anisopteromalus calandrae* (Howard) อันดับ Hymenoptera วงศ์ Pteromalidae เป็นแตนเบียนภายนอก (ectoparasitoid) (ภาพที่ 4.19) ของแมลงศัตรูในโรงเก็บหลายชนิด (พรทิพย์ วิสารทานนท์ และคณะ. 2548; Hayashi *et al*., 2004; Ghimire and Phillips. 2007) แตนเบียน *A. calandrae* จะเบียนระยะหนอนของแมลงศัตรูในโรงเก็บที่กำลังกัดกินและเจริญเติบโตอยู่ในเมล็ดธัญพืช



ภาพที่ 4.18 ตัวเต็มวัยเข้าทำลายโดยการกัดเจาะเข้าไปหรือมุดเข้าไปตามช่องหรือรอยแตกของภาชนะบรรจุ

ภาพที่ 4.19 แตนเบียนหนอน *Anisopteromalus calandrae* (Howard)

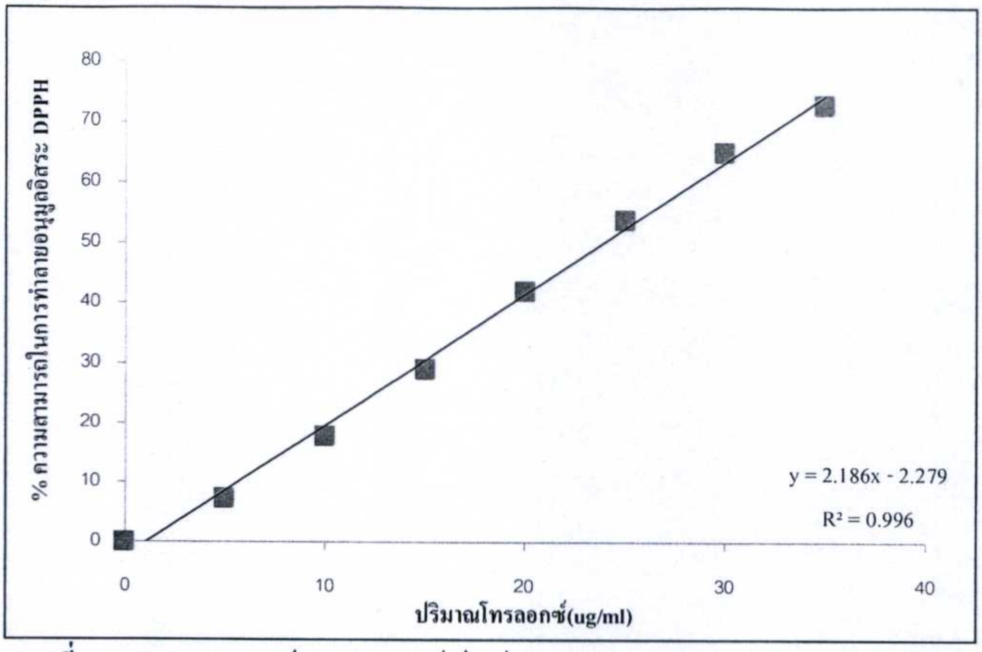
4.3 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

ผลการศึกษาความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH assay ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ได้กราฟมาตรฐาน (standard curve) จากเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH และปริมาณโทรลอกซ์ (ตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.20) พบว่าที่ความเข้มข้น 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 และ 35 ไมโครกรัม มีเปอร์เซ็นต์การทำลายอนุมูลอิสระ 0.00, 7.40, 17.82, 29.08, 42.05, 53.75, 65.00 และ 72.81 ไมโครกรัม ตามลำดับ และจากเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH และปริมาณวิตามินซี(ตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.21) มีเปอร์เซ็นต์การทำลาย 0.00, 7.05, 17.24, 28.49, 41.70, 54.36, 62.90 และ 76.03 ไมโครกรัม ตามลำดับ

จากตารางที่ 4.4 และ 4.5 จะแสดงให้เห็นว่าความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระ ในส่วนของใบอ่อนและใบแก่ ที่เก็บรักษาไว้นาน 1 ปี จะพบว่าความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระของชาบัวบกที่ทำจากใบอ่อนในช่วง 1-12 เดือน มีค่า 188.85, 66.86, 20.91, 10.47 และ 9.18 ไมโครกรัมของโทรลอกซ์/กรัม ตามลำดับ ความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระชาบัวบกที่ทำจากใบแก่ในช่วง 1-12 เดือนมีค่า 76.01, 57.13, 16.70, 9.60 และ 6.29 ไมโครกรัมของโทรลอกซ์/กรัม ตามลำดับ เทียบเท่ากับในวิตามินซีในชาบัวบกที่ทำจากใบอ่อนมีค่า 173.53, 67.74, 20.68, 10.16 และ 7.03ไมโครกรัมของวิตามินซี/กรัม และในชาบัวบกที่ทำจากใบแก่มีค่า 77.57, 53.78, 16.17, 9.06 และ 4.24 ไมโครกรัมของวิตามินซี/กรัม ซึ่งจะเห็นได้ว่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในชาบัวบกที่ทำจากใบอ่อนมีเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมากกว่าในชาบัวบกที่ทำจากใบแก่ ในช่วง 3 เดือนแรกของการเก็บรักษา(ภาพที่ 4.22 และ 4.23)

ตารางที่ 4.2 เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH และปริมาณโทรลอกซ์ในหน่วยไมโครกรัม

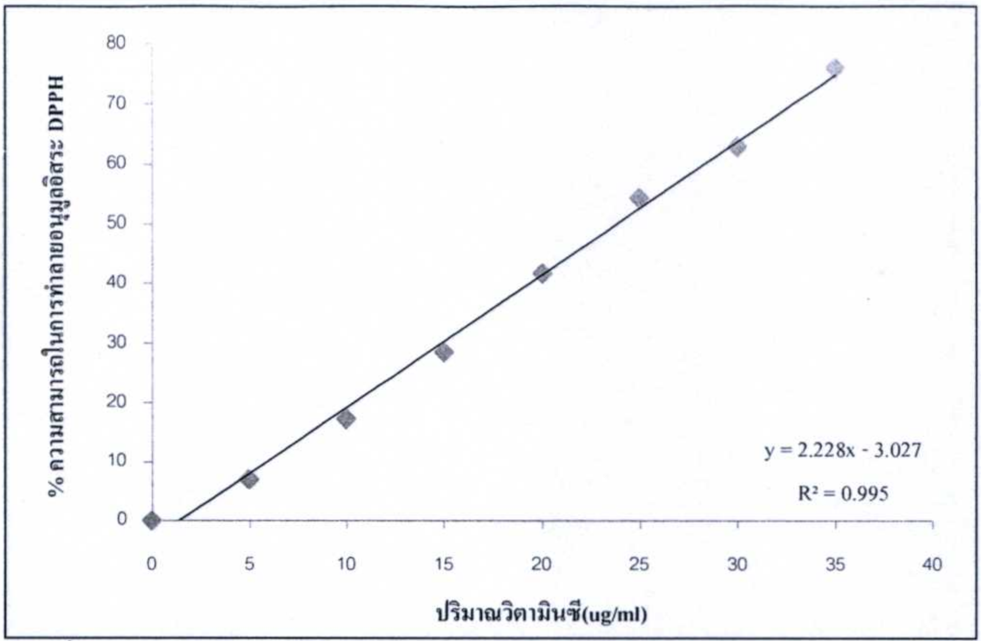
โทรลอกซ์ (ug/ml)	Replication R1	R2	R3	ค่าเฉลี่ย	%การทำลาย
0	0.88	0.88	0.88	0.88	0.0000
5	0.81	0.81	0.81	0.81	7.40
10	0.72	0.72	0.72	0.72	17.82
15	0.62	0.62	0.62	0.62	29.08
20	0.51	0.51	0.51	0.51	42.05
25	0.40	0.41	0.41	0.41	53.75
30	0.36	0.26	0.30	0.31	65.00
35	0.26	0.24	0.22	0.24	72.81



ภาพที่ 4.20 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระDPPH และปริมาณโทรลอกซ์ในหน่วยไมโครกรัม

ตารางที่ 4.3 เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH และปริมาณวิตามินซีในหน่วยไมโครกรัม

วิตามินซี (ug/ml)	Replication			ค่าเฉลี่ย	%การทำลาย
	R1	R2	R3		
0	0.90	0.90	0.90	0.90	0.0000
5	0.84	0.84	0.83	0.84	7.05
10	0.74	0.74	0.75	0.74	17.24
15	0.65	0.63	0.64	0.64	28.49
20	0.55	0.57	0.45	0.52	41.70
25	0.41	0.45	0.37	0.41	54.36
30	0.35	0.33	0.32	0.33	62.90
35	0.21	0.21	0.22	0.22	76.02

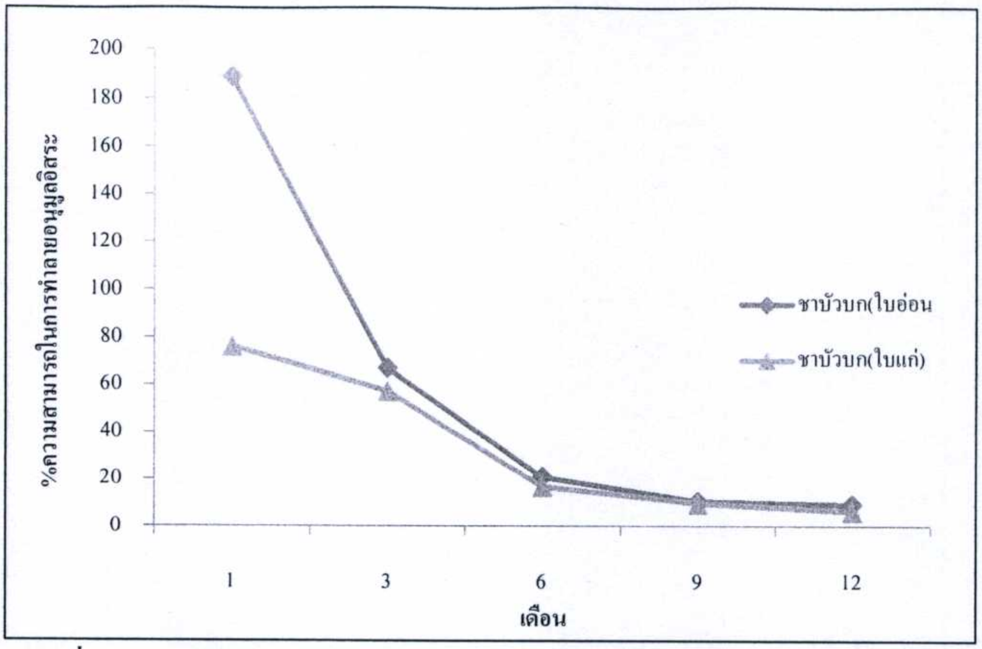


ภาพที่ 4.21 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH และปริมาณวิตามินซีในหน่วยไมโครกรัม

ตารางที่ 4.4 ผลของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของชาบัวบกทำจากใบอ่อนและใบแก่เก็บรักษาไว้นาน 1 ปี

ระยะเวลาเก็บรักษา(เดือน)	ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ(ug of trolox equivalent/g of sample)	
	ชาบัวบก(ใบอ่อน)	ชาบัวบก(ใบแก่)
1	188.85[a]±1.79	76.01[a]±0.74
3	66.86[b]±0.23	57.13[b]±1.70
6	20.91[c]±0.04	16.70[c]±0.23
9	10.47[d]±0.02	9.60[d]±0.10
12	9.18[e]±0.07	6.29[e]±0.07

[1]ตัวเลขที่มีตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดย DMRT

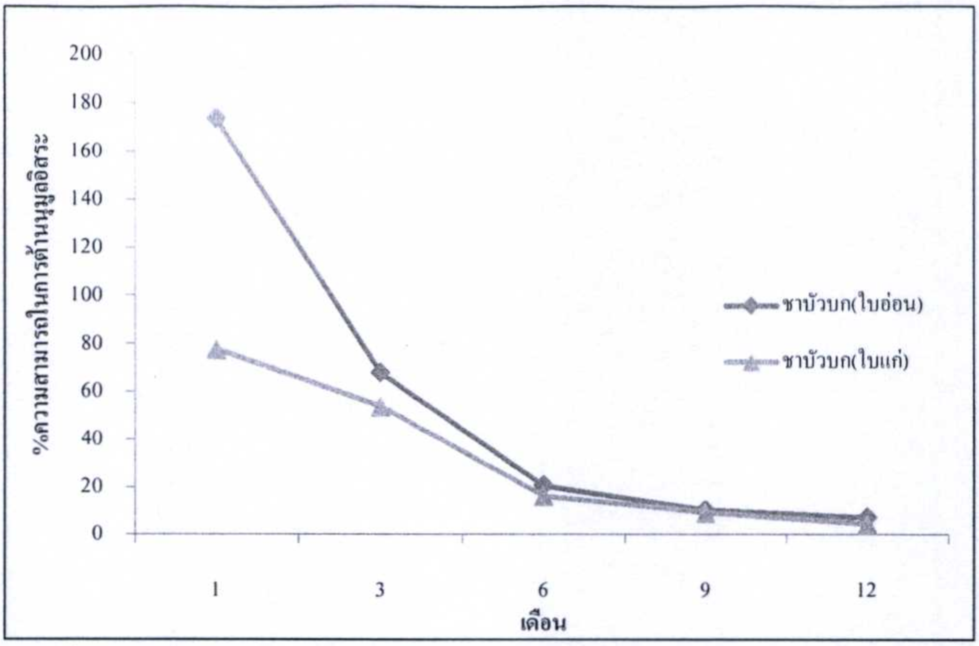


ภาพที่ 4.22 ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (สมมูลย์ของโทรลอกซ์/กรัมของตัวอย่าง)ของชาบัวบกทำจากใบอ่อนและใบแก่เก็บรักษาไว้นาน 1 ปี

ตารางที่ 4.5 ผลของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของชาบัวบกทำจากใบอ่อนและใบแก่เก็บรักษาไว้นาน 1 ปี

ระยะเวลาเก็บรักษา(เดือน)	ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ(ug ascorbic acid equivalent/g of sample)	
	ชาบัวบก(ใบอ่อน)	ชาบัวบก(ใบแก่)
1	$173.53^{a}\pm1.43$	$77.57^{a}\pm3.08$
3	$67.74^{b}\pm2.01$	$53.78^{b}\pm5.57$
6	$20.68^{c}\pm0.19$	$16.17^{c}\pm0.10$
9	$10.16^{d}\pm0.03$	$9.06^{cd}\pm0.05$
12	$7.03^{e}\pm0.05$	$4.24^{d}\pm0.00$

[1]ตัวเลขที่มีตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดย DMRT



ภาพที่ 4.23 ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (สมมูลย์ของวิตามินซี/ปริมาณของตัวอย่าง)ของชาบัวบกทำจากใบอ่อนและใบแก่เก็บรักษาไว้นาน 1 ปี

4.4 การวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด

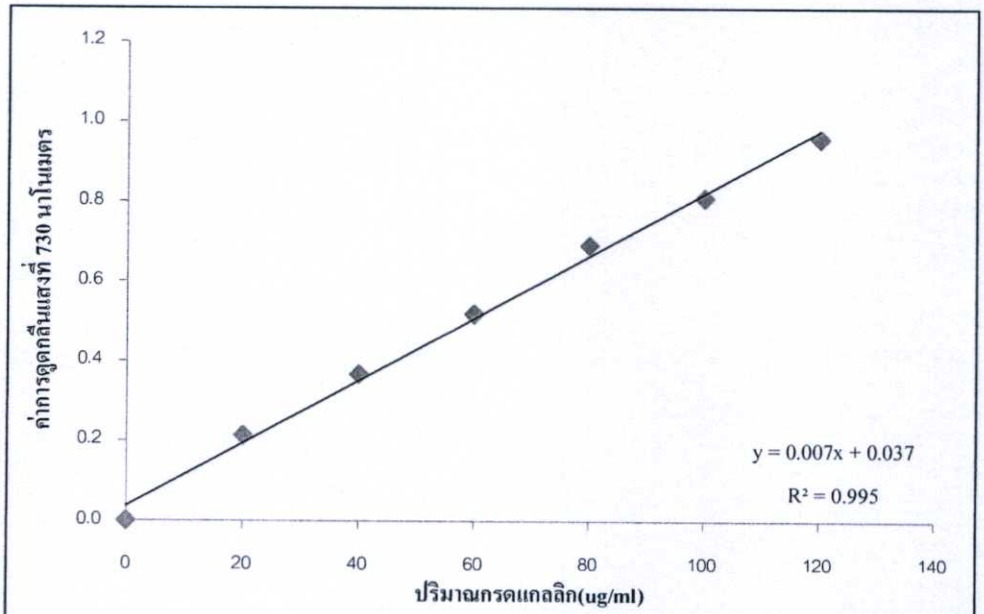
ผลการศึกษาการวิเคราะห์สารฟีนอลิกทั้งหมดในชาบัวบกด้วยวิธี Folin-Ciocalteu พบว่า ปริมาณกรดแกลลิก(ตารางที่ 4.6 และภาพที่ 4.24) กรดแกลลิกที่ความเข้มข้น 0, 20, 40, 60, 80, 100 และ 120 ไมโครกรัม มีค่าการดูดกลืนแสงที่ 730 นาโนเมตร เท่ากับ 0.00, 0.21, 0.37, 0.51, 0.69, 0.81 และ 0.96 ไมโครกรัม ตามลำดับ

ปริมาณสารฟีนอลิกในชาบัวบกที่ทำจากใบอ่อนในช่วง 1-12 เดือน มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่พบคือ 20.84, 20.46, 19.33, 10.56 และ7.55 ไมโครกรัมของแกลลิก/กรัม ตามลำดับ ชาบัวบกที่ทำจากใบแก่ ในช่วง 1-12 เดือน มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่พบคือ 8.41, 8.11, 7.26, 6.45 และ 4.48 ไมโครกรัมของแกลลิก/กรัม ตามลำดับ จากตารางที่ 4.7 จะเห็นได้ว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในชาบัวบกที่ทำจากใบอ่อนมีปริมาณมากกว่าชาบัวบกที่ทำจากใบแก่ และจะมีปริมาณลดลงเล็กน้อยจากเดือนแรกถึง 6 เดือน และจะลดลงอย่างมากหลังจาก 6 เดือน จากผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.7 สามารถนำมาเขียนในรูปของกราฟแสดงผลได้ดังภาพที่ 4.25 สอดคล้องกับการทดลองของ Zainol *et al*. (2003) (Chan. 1987) พบว่าสารสกัดจากใบของบัวบกมีสมบัติการต้านออกซิเดชันและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมากที่สุด นอกจากนี้ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดยังมีความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติการต้านออกซิเดชันไปในทางเดียวกัน(r^2=0.9) ซึ่งอาจเป็นไปได้ที่สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเป็นสารสำคัญในบัวบกที่แสดงคุณสมบัติการต้านออกซิเดชันสำหรับในประเทศไทยมีรายงานว่าบัวบกเป็นพืชสมุนไพร

พื้นบ้านของไทยที่มีค่าดัชนีแอนติออกซิแดนท์สูง(นวลศรี รักอริยะธรรม และอัญชนา เจนวิธีสุข. 2545)

ตารางที่ 4.6 ค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณกรดแกลลิกในหน่วยไมโครกรัม

แกลลิก (ug/ml)	Replication			ค่าเฉลี่ย
	R1	R2	R3	
0	0.00	0.00	0.00	0.00
20	0.21	0.21	0.21	0.21
40	0.37	0.37	0.36	0.37
60	0.52	0.52	0.52	0.52
80	0.67	0.70	0.70	0.69
100	0.81	0.81	0.81	0.81
120	0.95	0.96	0.96	0.96

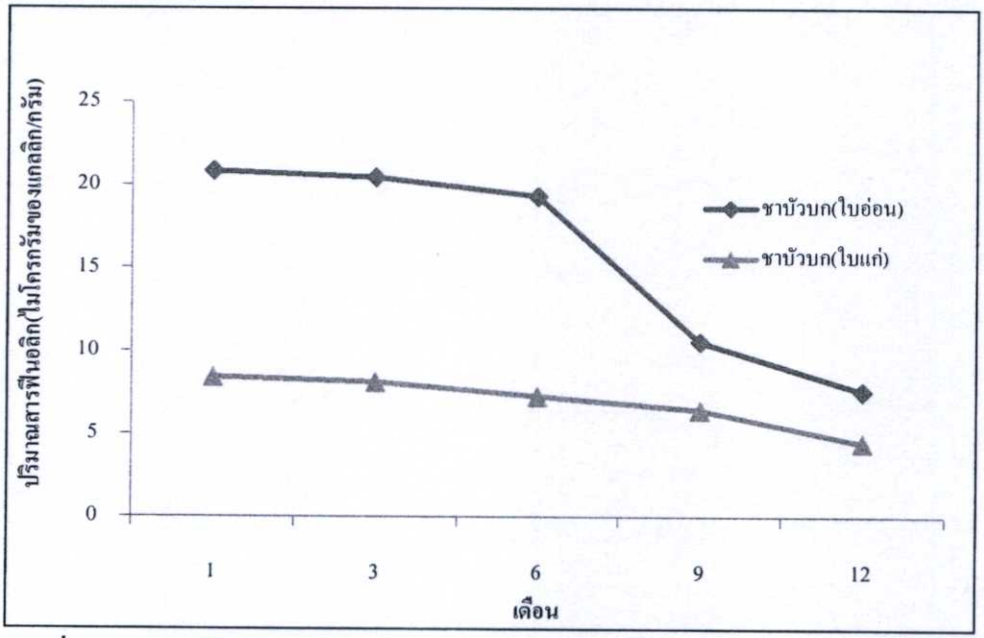


ภาพที่ 4.24 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณกรดแกลลิกในหน่วยไมโครกรัม

ตารางที่ 4.7 ผลของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของชาบัวบกทำจากใบอ่อนและใบแก่ เก็บรักษาไว้นาน 1 ปี

ระยะเวลาเก็บรักษา(เดือน)	ปริมาณสารฟีนอลิก(ug of gallic acid equivalent/g of sample)	
	ชาบัวบก(ใบอ่อน)	ชาบัวบก(ใบแก่)
1	20.84[a] ± 0.05	8.41[a] ± 0.09
3	20.46[b] ± 0.06	8.11[b] ± 0.11
6	19.33[c] ± 0.06	7.26[c] ± 0.07
9	10.56[d] ± 0.05	6.45[d] ± 0.03
12	7.55[e] ± 0.08	4.48[e] ± 0.10

[1]ตัวเลขที่มีตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดย DMRT



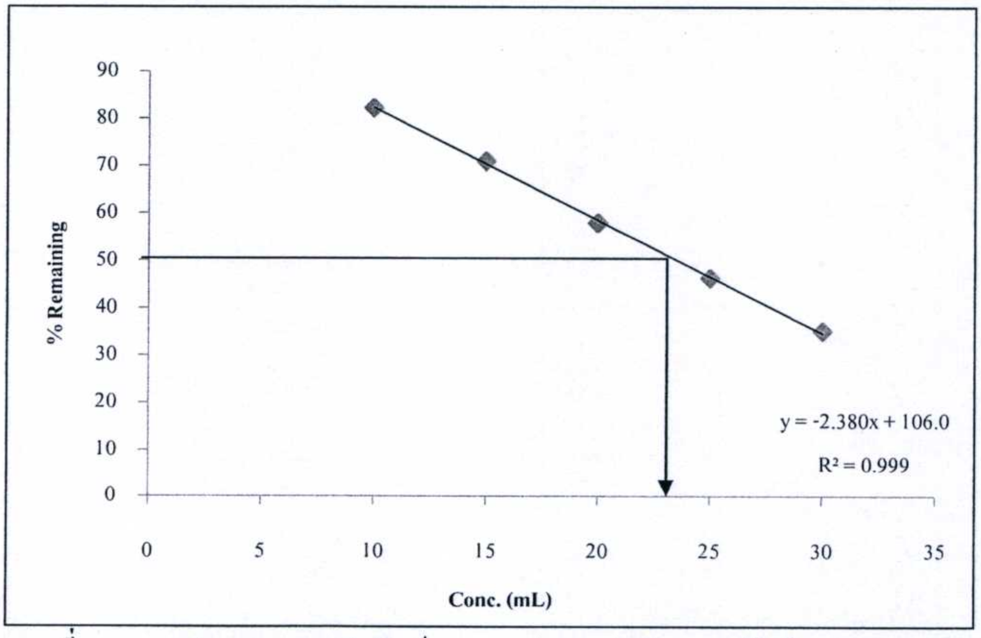
ภาพที่ 4.25 การเปลี่ยนแปลงสารฟีนอลิกในชาบัวบกทำจากใบอ่อนและใบแก่เก็บรักษาไว้นาน 1 ปี

4.5 การรายงานค่า EC_{50} และ IC_{50}

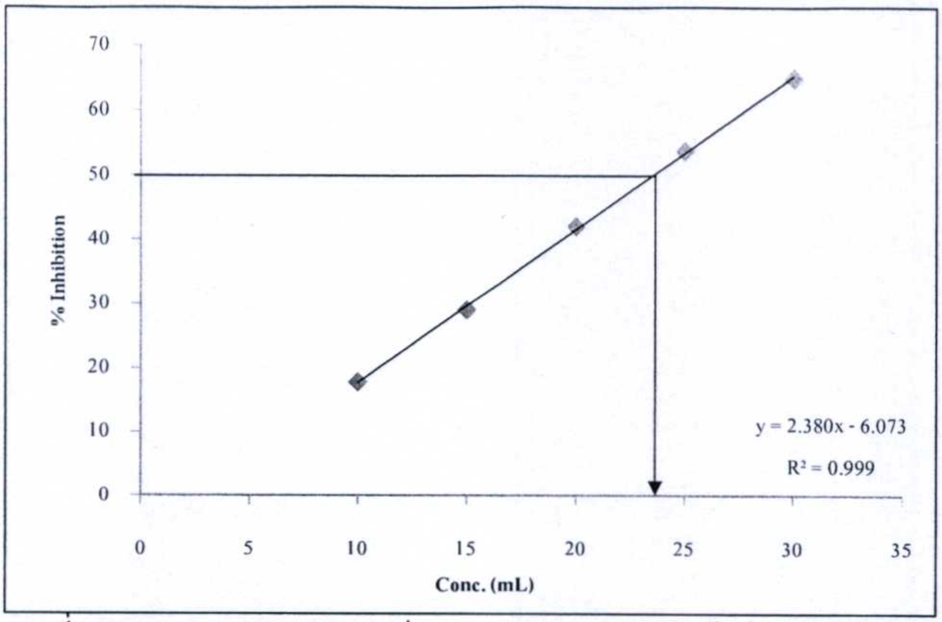
ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านออกซิเดชันโดยวิธี DPPH จากวิธีการทดลอง คำนวณ % Remaining และ % Inhibition จากค่า $A_{517\ nm}$ ของสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % Remaining กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ ได้ผลการทดลองดังภาพที่ 4.26 และ % Inhibition กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ ได้ผลดังภาพที่ 4.27 และคำนวณค่า EC_{50} และ IC_{50} จากกราฟได้ผลดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.8 DPPH assay ของสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ (n=5)

Final conc. โทรลอกซ์ (mL)	A_{517nm} ($\overline{X}$)	% Remaining ($\overline{X}$±SD)	% Inhibition ($\overline{X}$±SD)
0	0.88	0.00	0.0000
10	0.72	82.18±0.00	17.82±0.00
15	0.62	70.92±0.00	29.08±0.00
20	0.51	57.95±0.00	42.05±0.00
25	0.41	46.25±0.00	53.75±0.00
30	0.31	35.00±0.05	65.00±0.05



ภาพที่ 4.26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Remaining กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์โดย DPPH assay (n=5)



ภาพที่ 4.27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Inhibition กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์โดย DPPH assay (n=5)

4.5.1 ค่า EC_{50} และ IC_{50} ของสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์

จากภาพที่ 4.26 และ 4.27 ได้สมการความสัมพันธ์ %Remaining และ %Inhibition ของสารละลายมาตรฐานเป็น $y = -2.380x+106.0$ (R^2=0.999) และ $y = 2.380x-6.073$ (R^2=0.999) ตามลำดับ นำไปคำนวณค่า EC_{50} และ IC_{50} ของสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ ซึ่ง EC_{50} และ IC_{50} เป็นค่าที่แสดงถึงความสามารถในการต้านออกซิเดชันของสารฟีนอลิกที่อยู่ในสารตัวอย่าง โดยที่ EC_{50} หมายถึง ปริมาณของสารต้านออกซิเดชันที่ทำให้ความเข้มข้นของ DPPH เหลืออยู่ 50% และ IC_{50} ซึ่งหมายถึง ปริมาณของสารต้านออกซิเดชันที่ทำให้ความเข้มข้นของ DPPH ลดลง 50% (ตารางที่ 4.9)

4.5.2 ค่า EC_{50} และ IC_{50} ของสารตัวอย่าง

ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านออกซิเดชันโดยวิธี DPPH จากวิธีการทดลองคำนวณ % Remaining และ % Inhibition จากค่า $A_{517\ nm}$ ของสารตัวอย่างชาบัวบกระยะใบอ่อนและใบแก่ ในแต่ละครั้งได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.10 จากนั้นสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % Remaining กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ และ % Inhibition กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ และคำนวณค่า EC_{50} และ IC_{50} จากกราฟของแต่ละตัวอย่างได้ผลดังภาพที่ 4.28-4.37

จากค่า EC_{50} และ IC_{50} ความสามารถในการต้านออกซิเดชั่นของชาบัวบก ชาบัวบกทำจากใบอ่อน 5 นาที ที่ 1.27 มีความสามารถในการต้านออกซิเดชั่นดีที่สุด และรองลงมา คือ ก้านใบอ่อน ใบแก่ และก้านใบแก่ 5 นาที ที่ 1.63, 2.23 และ 2.57 ตามลำดับ ระยะเวลาที่ใช้ในการชงชาบัวบกมี

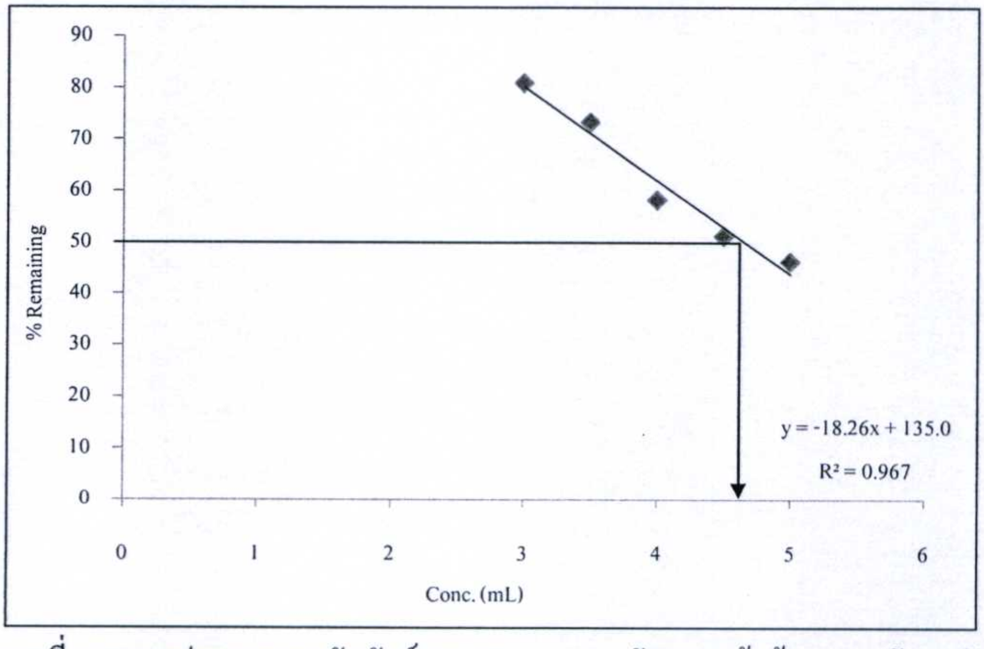
ผลต่อความสามารถในการต้านออกซิเดชั่น โดยเรียงลำดับดังนี้ 5>4>3>2>1 นาที ตามลำดับ(ตารางที่ 4.10)

ตารางที่ 4.9 ค่า EC_{50} และ IC_{50} ของสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ โดย DPPH assay

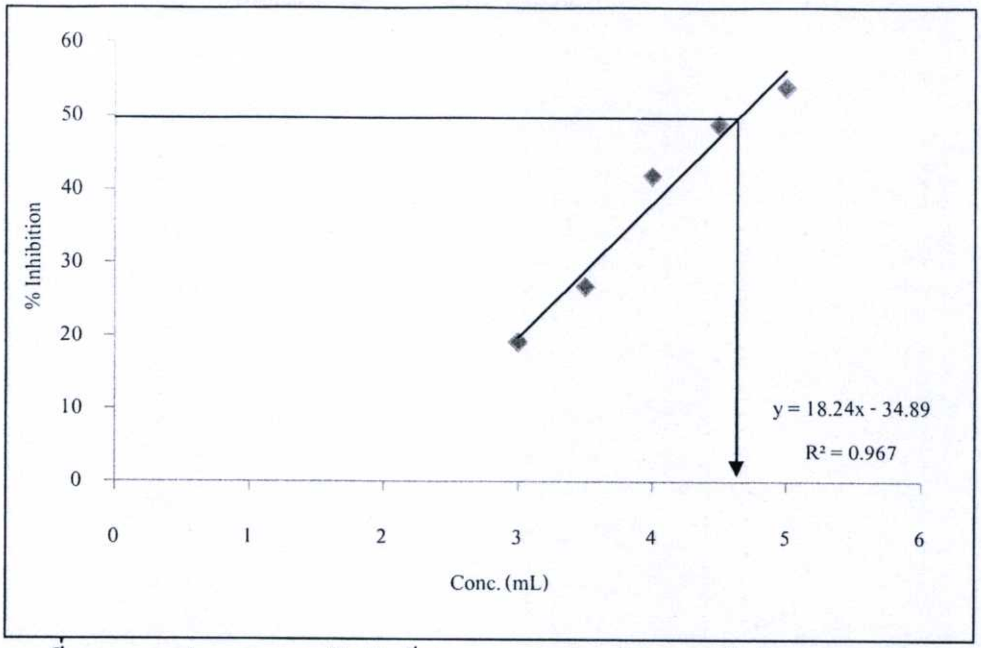
สมการที่ fit ข้อมูล	R^2	EC_{50} จาก DPPH assay (mL)	IC_{50} จาก DPPH assay (mL)
Y= -2.380x+106.0	0.999	2.3529	-
Y= 2.380x-6.073	0.999	-	2.3529

ตารางที่ 4.10 ค่า EC_{50} และ IC_{50} ของน้ำชาบัวบก

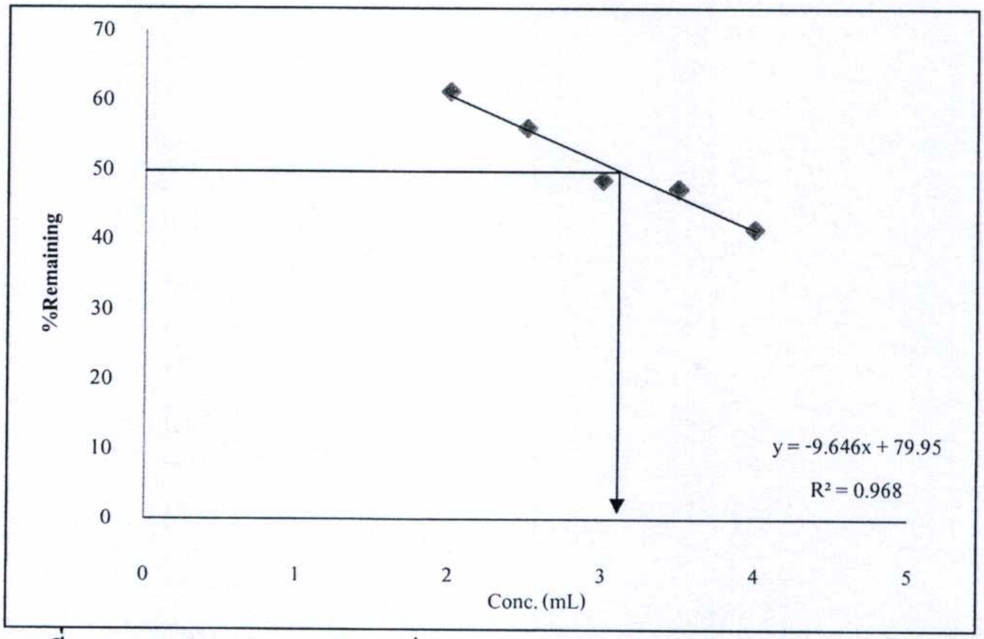
ชนิดของชา		EC_{50}/IC_{50}				
	เวลา	1	2	3	4	5
ใบอ่อน	ใบ	4.65	3.11	1.96	1.94	1.27
	ก้าน	4.82	3.95	2.78	1.72	1.63
ใบแก่	ใบ	>5.40	>5.40	3.49	2.24	2.23
	ก้าน	>5.40	>5.40	4.88	3.50	2.57



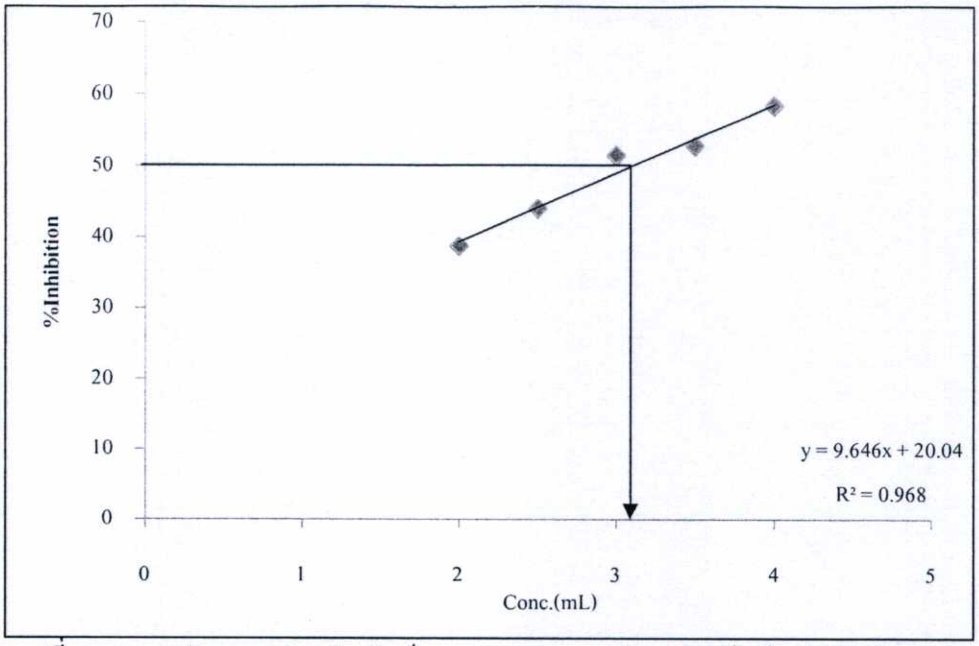
ภาพที่ 4.28 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Remaining กับความเข้มข้นของชาบัวบกทำจากใบอ่อน(ใบ) ชง 1 นาที



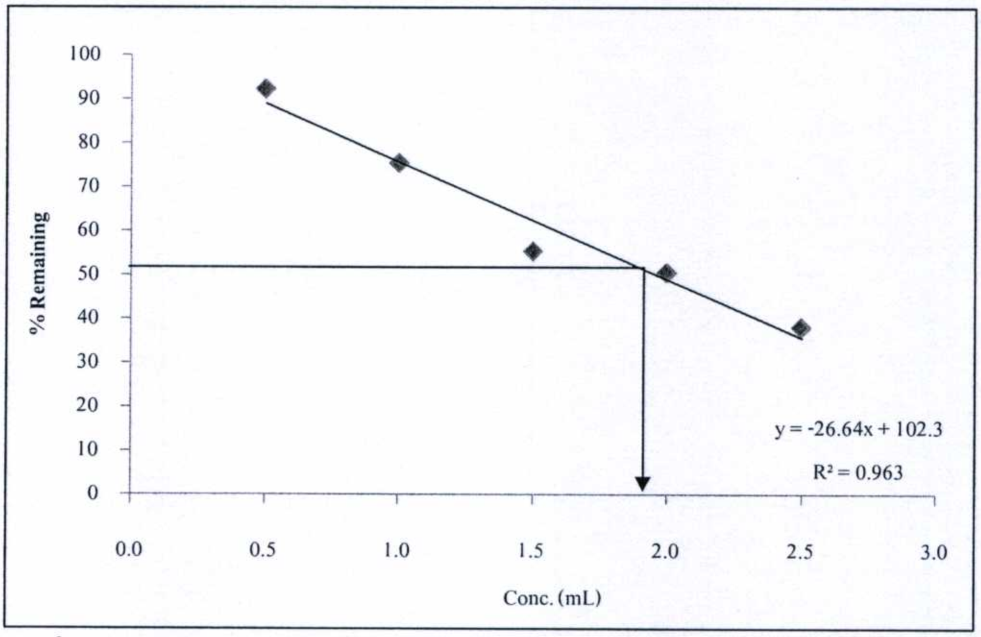
ภาพที่ 4.29 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Inhibition กับความเข้มข้นของชาบัวบกทำจากใบอ่อน(ใบ)ชง 1 นาที



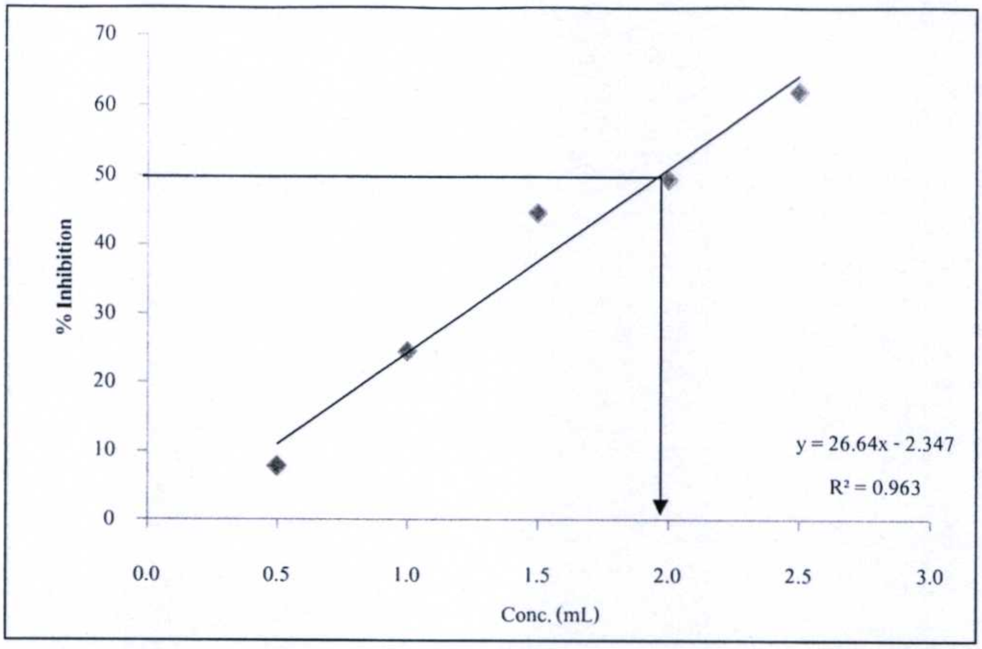
ภาพที่ 4.30 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Remaining กับความเข้มข้นของชาบัวบกทำจากใบอ่อน(ใบ) ชง 2 นาที



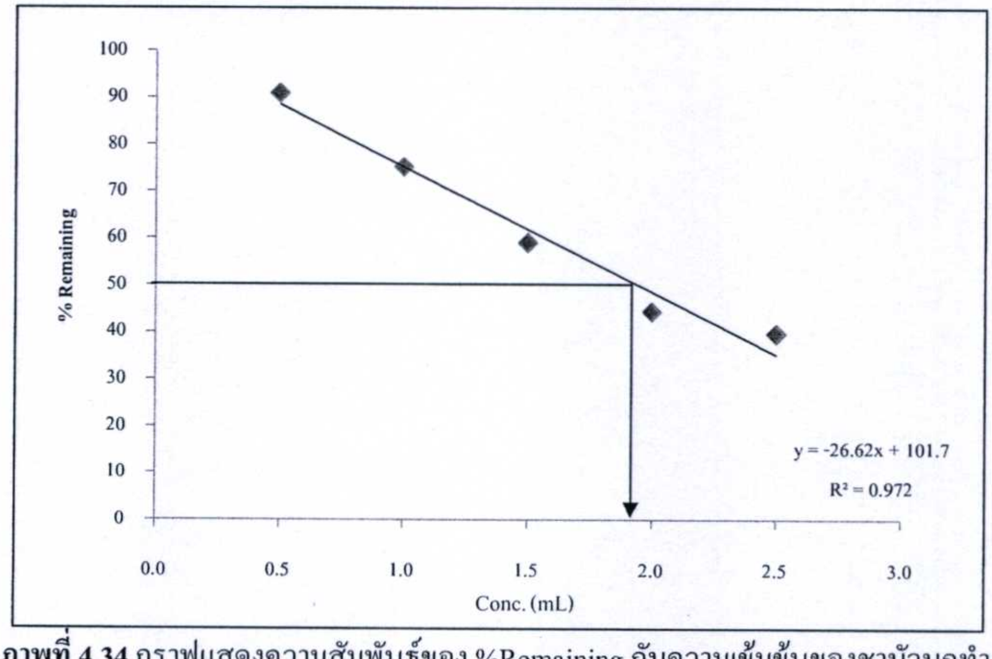
ภาพที่ 4.31 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Inhibition กับความเข้มข้นของชาบัวบกทำจากใบอ่อน(ใบ) ชง 2 นาที



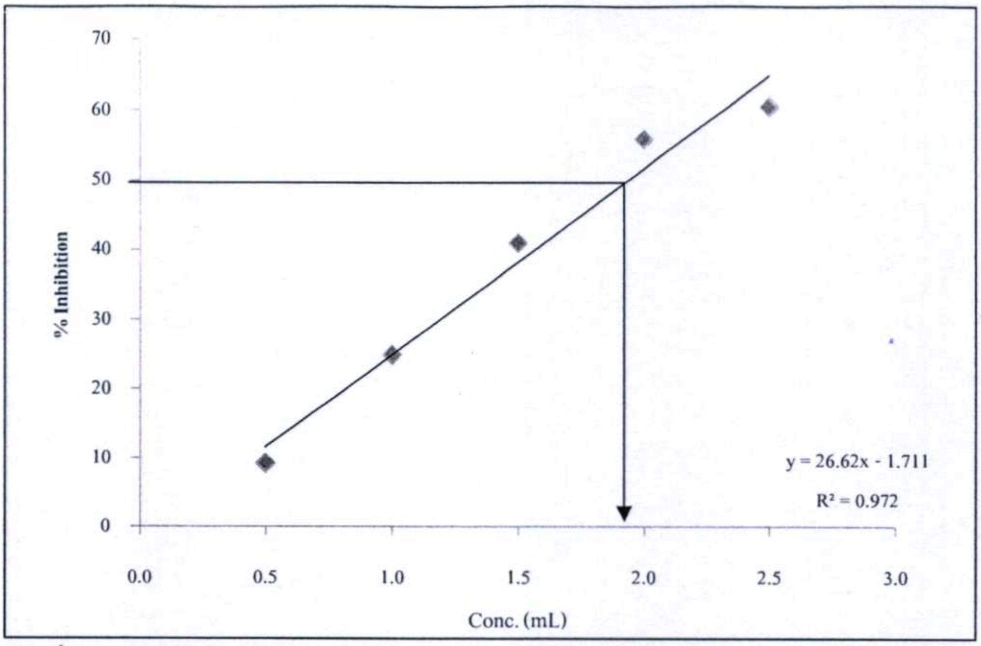
ภาพที่ 4.32 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Remaining กับความเข้มข้นของชาบัวบกทำจากใบอ่อน(ใบ) ชง 3 นาที



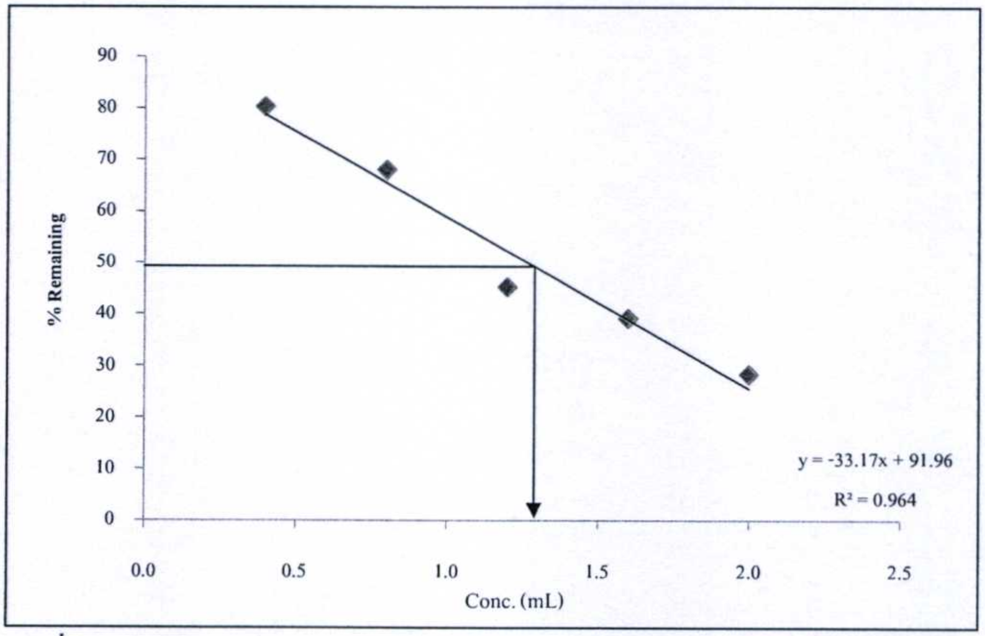
ภาพที่ 4.33 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Inhibition กับความเข้มข้นของชาบัวบกทำจากใบอ่อน(ใบ) ชง 3 นาที



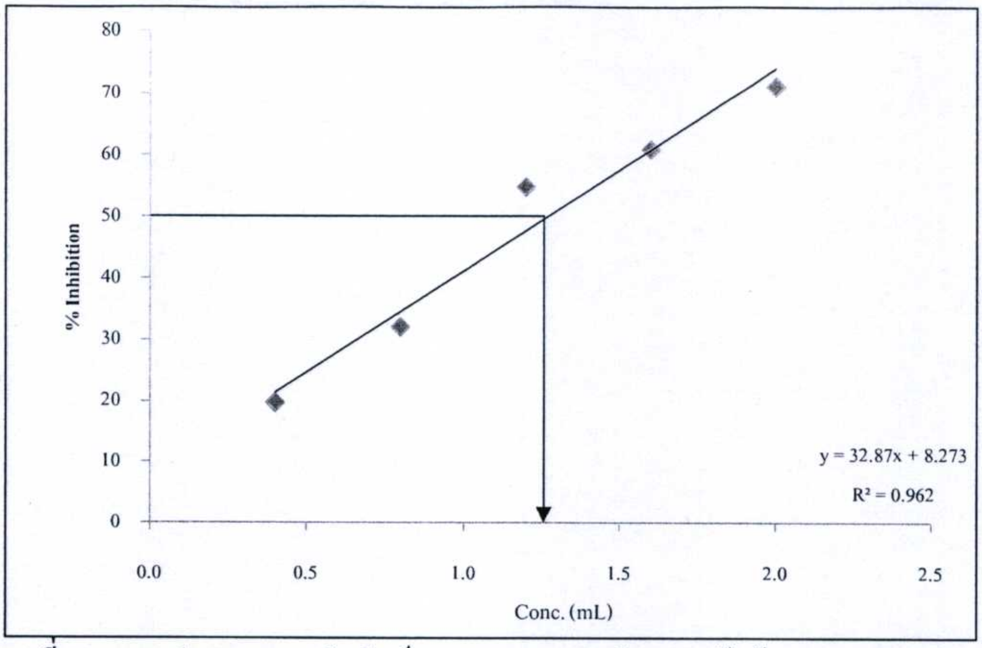
ภาพที่ 4.34 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Remaining กับความเข้มข้นของชาบัวบกทำจากใบอ่อน(ใบ) ชง 4 นาที



ภาพที่ 4.35 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Inhibition กับความเข้มข้นของชาบัวบกทำจากใบอ่อน(ใบ) ชง 4 นาที



ภาพที่ 4.36 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Remaining กับความเข้มข้นของชาบัวบกทำจากใบอ่อน(ใบ) ชง 5 นาที



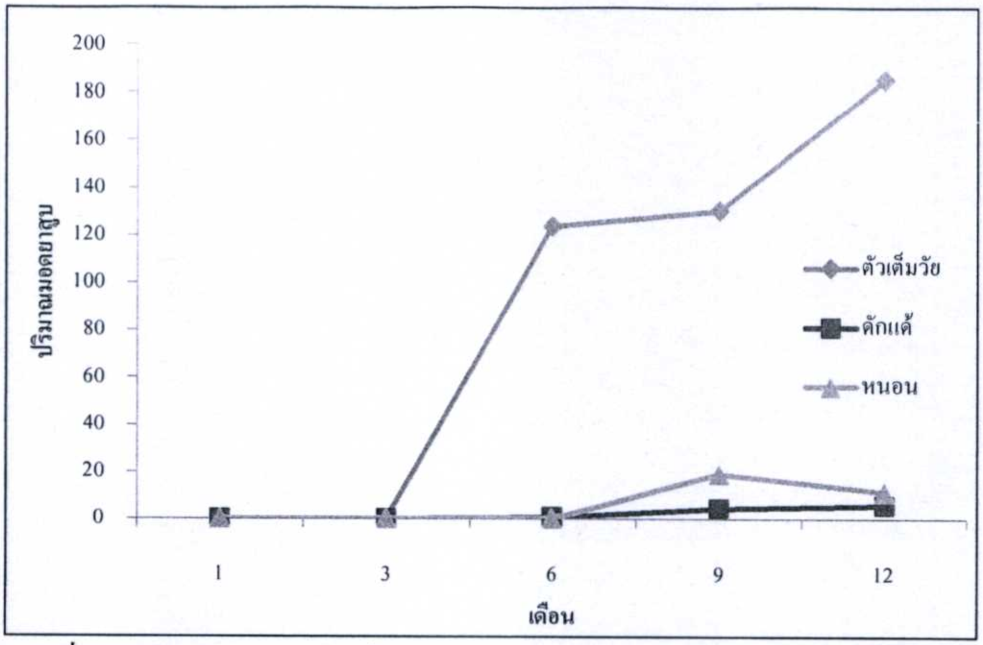
ภาพที่ 4.37 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Inhibition กับความเข้มข้นของชาบัวบกทำจากใบอ่อน(ใบ) ชง 5 นาที

4.6 การเปลี่ยนแปลงประชากรมอดยาสูบ

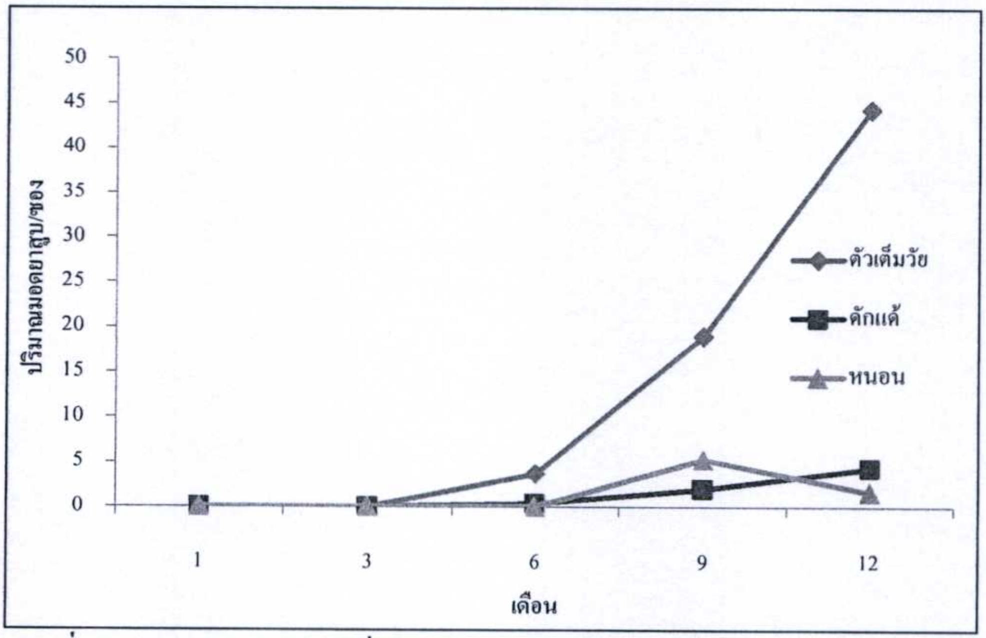
จากการศึกษาการเข้าทำลายของมอดยาสูบในชาบัวบกที่ทำจากใบอ่อนและใบแก่เก็บรักษาไว้นาน 1 ปี ภายใน 3 เดือนแรกไม่พบการเข้าทำลายของมอดยาสูบทุกระยะการเจริญเติบโต หลังจากนั้นที่ระยะการเก็บรักษา 6 เดือน พบตัวเต็มวัยและดักแด้ในชาบัวบกทำจากใบแก่ 123.67 และ 0.67 ตัว/ซอง ตามลำดับ ส่วนในชาบัวบกที่ทำจากใบอ่อน พบ 3.67 และ 0.33 ตัว/ซอง ตามลำดับ และมีปริมาณมอดยาสูบเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เก็บ โดยจะพบปริมาณตัวเต็มวัยมอดยาสูบมากกว่าตัวหนอนและดักแด้ โดยจะพบว่ามอดยาสูบเข้าทำลายที่ชาบัวบกใบแก่มากกว่าใบอ่อน(ตารางที่ 4.11 และภาพที่ 4.68-4.69)

ตารางที่ 4.11 ปริมาณประชากรมอดยาสูบที่เข้าทำลายชาบัวบกทำจากใบอ่อนและใบแก่ที่เก็บรักษาไว้นาน 1 ปี

	ชาบัวบก(ใบแก่)			ชาบัวบก(ใบอ่อน)		
	หนอน	ดักแด้	ตัวเต็มวัย	หนอน	ดักแด้	ตัวเต็มวัย
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0.00	0.67	123.67	0.00	0.33	3.67
9	19.00	4.33	130.33	5.33	2.00	19.00
12	11.33	5.67	185.00	1.67	4.33	44.33



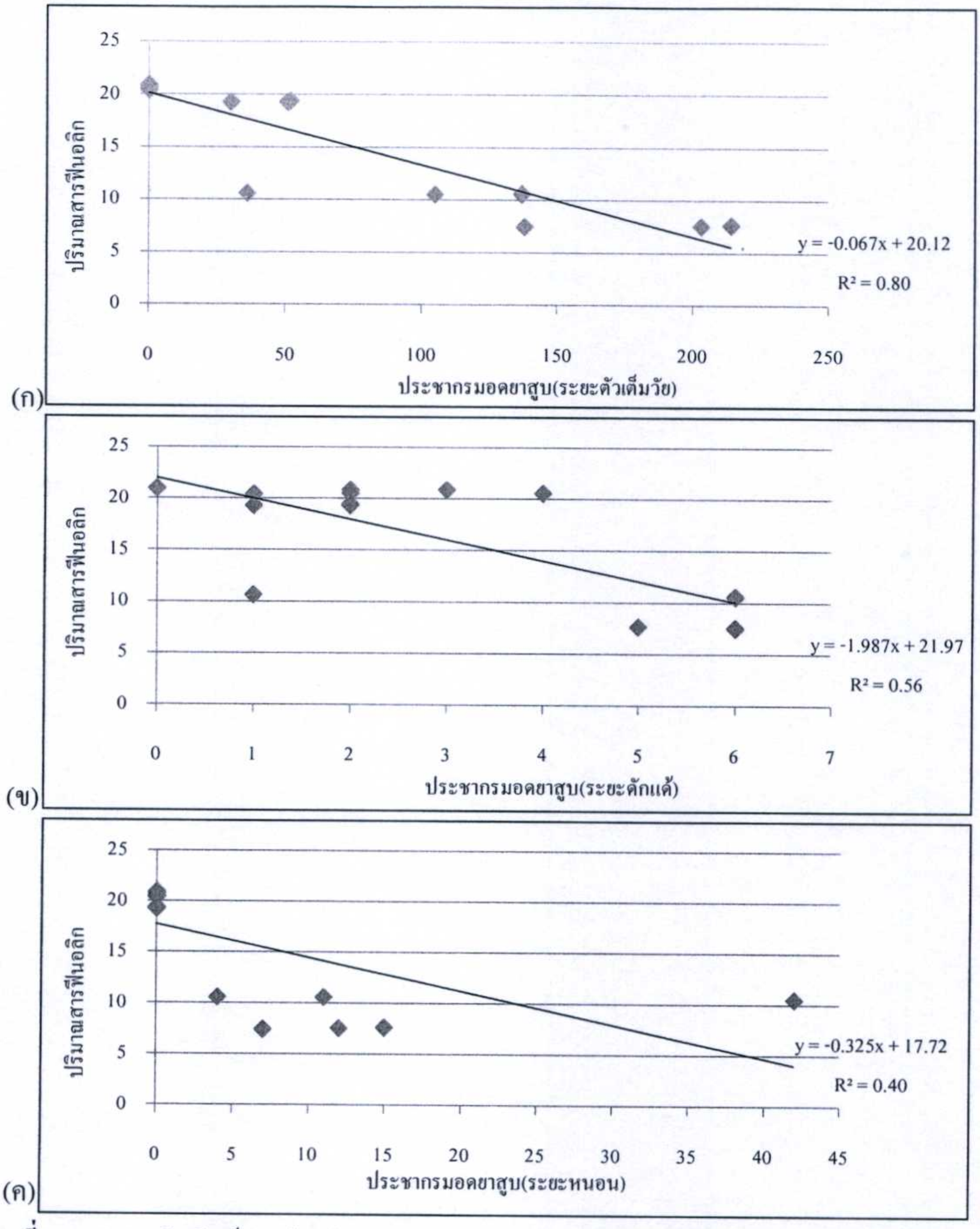
ภาพที่ 4.38 ปริมาณมอดยาสูบที่พบในชาบัวบก(ใบแก่) ระยะเวลา 1 ปี



ภาพที่ 4.39 ปริมาณมอดยาสูบที่พบในชาบัวบก(ใบอ่อน) ระยะเวลา 1 ปี

4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างสารฟีนอลิกในชาบัวบกและการเปลี่ยนแปลงประชากรมอดยาสูบ

ความสัมพันธ์ระหว่างประชากรมอดยาสูบในระยะตัวเต็มวัย หนอนและดักแด้ กับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในชาบัวบกที่ทำจากใบอ่อน จากการเก็บข้อมูลการเข้าทำลายของมอดยาสูบเป็นระยะเวลานาน 1 ปี พบว่าปริมาณมอดยาสูบในระยะตัวเต็มวัยมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับปริมาณสารฟีนอลิกในชาบัวบกที่ทำจากใบอ่อน เมื่อปริมาณสารฟีนอลิกลดลงในแต่ละเดือนมีผลทำให้ประชากรมอดยาสูบเพิ่มขึ้น (r^2=0.80) ซึ่งในระยะหนอนและระยะดักแด้มีความสัมพันธ์น้อยกับปริมาณสารฟีนอลิกโดย r^2=0.40 และ r^2=0.56 ตามลำดับ (ภาพที่ 4.70) ปริมาณมอดยาสูบในระยะตัวเต็มวัยมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับปริมาณสารฟีนอลิกในชาบัวบกที่ทำจากใบแก่ เมื่อปริมาณสารฟีนอลิกลดลงในแต่ละเดือนมีผลทำให้ประชากรมอดยาสูบเพิ่มขึ้น (r^2=0.81) ซึ่งในระยะหนอนและระยะดักแด้มีความสัมพันธ์น้อยกับปริมาณสารฟีนอลิกโดยที่ r^2=0.35 และ r^2=0.42 ตามลำดับ (ภาพที่ 4.71) วิภาภรณ์ วรรณธนาเลิศ และจุฑารัตน์ อรรถจารุสิทธิ์(2546) มีรายงานว่าในน้ำยางของมันเทศทำหน้าที่ปกป้องแมลงที่มากิน และในน้ำยางประกอบด้วย amino acid, fatty acids, tetracyclic triterpenoids, flavonoids และ phenolic compounds ซึ่งน้ำยางของมันเทศเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการป้องกันการเข้าทำลายของด้วงงวงมันเทศ (Data *et al.*, 1996) พบว่ามันเทศแต่ละสายพันธุ์มีปริมาณน้ำยางที่แตกต่างกัน โดยพันธุ์มันเทศที่มีน้ำยางมากจะพบการเข้าทำลายของด้วงงวงมันเทศน้อย ซึ่งสอดคล้องกับ Nutt *et, al.* (2004) ที่พบว่าปริมาณฟีนอลิกในรากของอ้อยมีผลในการยับยั้งการเข้าทำลายรากอ้อยของแมลงนูนหลวง และยังสอดคล้องกับงการทดลองของกนก อุไรสกุล(2540) รัชดาภรณ์ พิทักษ์ธรรม(2544) Palsson and Jaeson(1999) และTanprasit (2005) ที่พบว่าสารประกอบฟีนอลิกในแมงลักคามีผลต่อการเข้าทำลายของ เพลี้ยอ่อนฝ้าย *Aphis gossypii*, *Orthaga* sp., American bollworms (*Heliothis armigera* Hubn.), แมลงในโรงเก็บผลิตผลและยุง

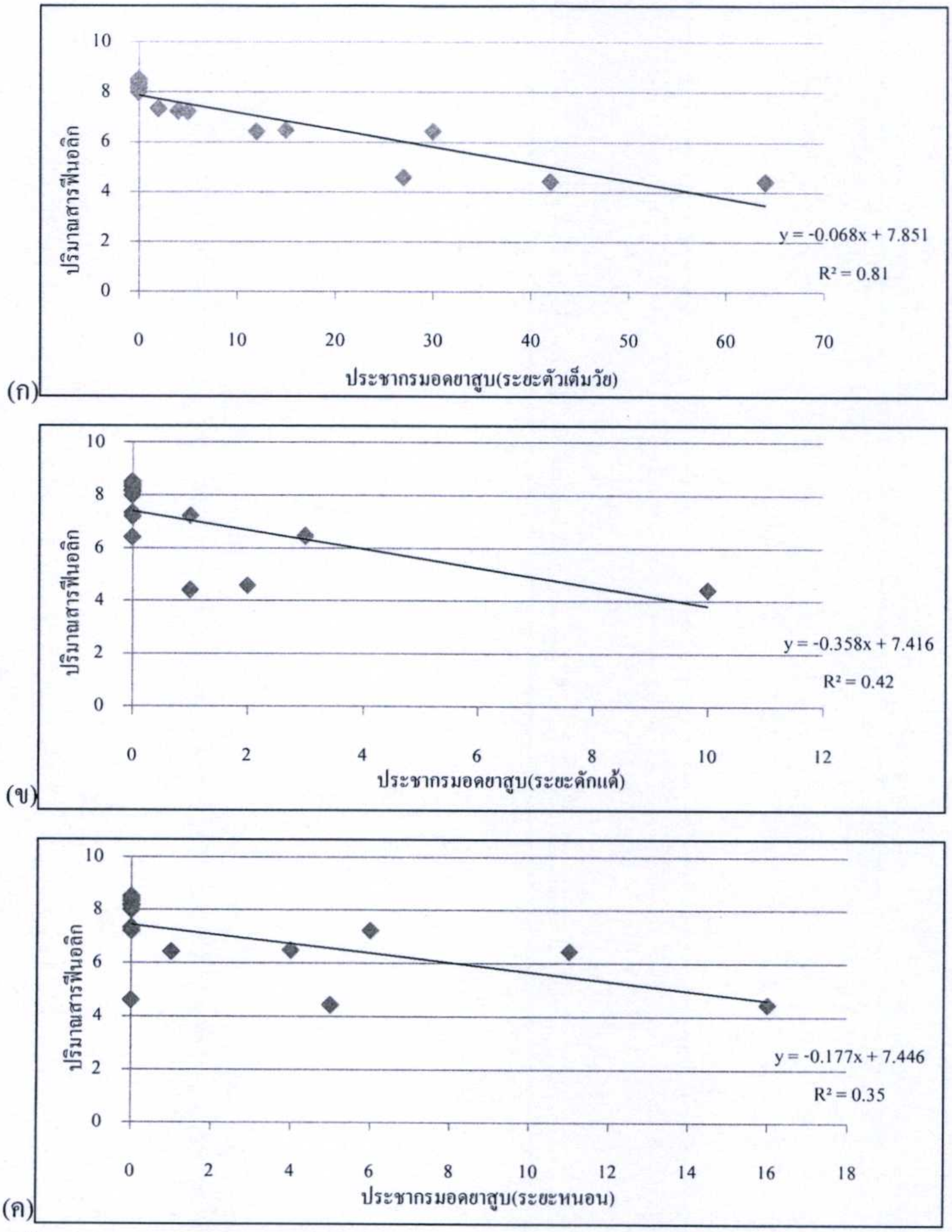


ภาพที่ 4.40 ความสัมพันธ์ระหว่างประชากรมอดยาสูบและปริมาณสารฟีนอลิกในชาบัวบกทำจากใบอ่อนที่เก็บรักษานาน 1 ปี

(ก) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารฟีนอลิกกับมอดยาสูบ(ระยะตัวเต็มวัย)

(ข) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารฟีนอลิกกับมอดยาสูบ(ระยะดักแด้)

(ค) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารฟีนอลิกกับมอดยาสูบ(ระยะหนอน)



ภาพที่ 4.41 ความสัมพันธ์ระหว่างประชากรมอดยาสูบและปริมาณสารฟีนอลิกในชาบัวบกทำจากใบแก่ที่เก็บรักษานาน 1 ปี

(ก) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารฟีนอลิกกับมอดยาสูบ(ระยะตัวเต็มวัย)

(ข) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารฟีนอลิกกับมอดยาสูบ(ระยะดักแด้)

(ค) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารฟีนอลิกกับมอดยาสูบ(ระยะหนอน)

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 แมลงศัตรูชาบัวบก

จากการศึกษาแมลงศัตรูชาบัวบก จะพบว่ามีแมลงศัตรูเพียงชนิดเดียวที่เข้าทำลายชาบัวบก ได้แก่ มอดยาสูบ ซึ่งมอดยาสูบจะกัดกินถุงชาบัวบกและเขาทำลายชาบัวบก ทำให้ชาบัวบกมีกลิ่นเหม็น

5.2 ชีววิทยาของมอดยาสูบ

ตัวเต็มวัยเป็นแมลงขนาดเล็ก ตัวเต็มวัยรูปร่างกลมรี สีน้ำตาลแดง มีขนละเอียดปกคลุมลำตัว ลำตัวลักษณะโค้งนูน ส่วนหัวและอกปล้องแรกงอุ้มลงด้านล่าง หนวดยาวลักษณะแบบฟันเลื่อยมีจำนวน 11 ปล้อง ปีกสีน้ำตาลคลุมท้องมิด ปล้องท้องด้านล่างมีทั้งหมด 5 ปล้อง มีลักษณะการผสมพันธ์ของตัวเต็มวัยมอดยาสูบแบบ(end to end position) ขาสีน้ำตาล เพศเมียมอดยาสูบวางไข่แบบฟองเดี่ยว รูปร่างกลมรีสีขาวครีม โดยวางไข่ตามช่องหรือรอยแตกของผลิตภัณฑ์ เพศเมียสามารถวางไข่ได้ถึง 100 ฟอง ไข่ฟักออกเป็นตัวหนอนภายใน 7.97±0.06 วัน หนอนแรกฟักจะเคลื่อนที่หาช่องหรือรอยแตก เพื่อเข้าไปกัดกินอาหารที่อยู่ภายในช่องหรือรอยแตกตัวหนอนมีสีเหลืองปนขาว โค้งเป็นรูปตัวซี “C” ระยะตัวหนอนใช้เวลานาน 21-28 วัน หลังจากนั้นจึงเข้าดักแด้ในปลอกที่ตัวหนอนสร้างขึ้นมา โดยระยะดักแด้ใช้เวลานาน 7.41±3.13 วัน จึงออกมาเป็นตัวเต็มวัย ตัวเต็มวัยมีชีวิตอยู่ได้นานประมาณ 21.85±4.70 วัน ตัวเต็มวัยไม่กินอาหารหรือกินอาหารน้อยมาก มีความสามารถในการบินสูงและเคลื่อนที่ได้รวดเร็ว ตัวเต็มวัยแกล้งทำเป็นตาย เมื่อถูกรบกวนโดยงอตัวนิ่งและไม่เคลื่อนไหว เมื่อรู้สึกว่าปลอดภัยแล้วจะเดินและบินหนีไปอย่างรวดเร็ว ระยะเวลาที่ใช้ในการเจริญเติบโตจากไข่จนกระทั่งออกเป็นตัวเต็มวัยใช้ระยะเวลา 43-50 วัน ตัวเต็มวัยเข้าทำลายโดยการกัดเจาะเข้าไปหรือมุดเข้าไปตามช่องหรือรอยแตกของภาชนะบรรจุ เช่น พลาสติก กระดาษอลูมิเนียมฟอยล์ และกล่องที่ทำด้วยไม้ เพื่อเข้าไปวางไข่ เมื่อตัวหนอนฟักออกจากไข่ แล้วจึงเข้าไปกัดกินอาหารที่อยู่ภายในบรรจุภัณฑ์ ทำให้อาหารที่บรรจุอยู่ภายในถูกกัดกินเป็นรูพรุน โดยเราจะพบซากของปลอกดักแด้และซากของตัวเต็มวัยที่ตายแล้วอยู่ภายในถุงหรือบรรจุภัณฑ์

มอดยาสูบ มีแมลงศัตรูธรรมชาติ 1 ชนิด ได้แก่ แตนเบียน *Anisopteromalus calandrae* (Howard) อันดับ Hymenoptera วงศ์ Pteromalidae เป็นแตนเบียนภายนอก (ectoparasitoid) ของแมลงศัตรูในโรงเก็บ ตัวเต็มวัยแตนเบียน *A. calandrae* จะเข้าเบียนระยะหนอนของแมลงศัตรูในโรงเก็บที่กำลังกัดกินและเจริญเติบโต

5.3 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระ

จะพบว่าความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระของชาบัวบกที่ทำจากใบอ่อนในช่วง 1-12 เดือน มีค่า 188.85, 66.86, 20.91, 10.47 และ 9.18 ไมโครกรัมของโทรลอกซ์/กรัม ตามลำดับ ความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระชาบัวบกที่ทำจากใบแก่ในช่วง 1-12 เดือน มีค่า 76.01, 57.13, 16.70, 9.60 และ 6.29 ไมโครกรัมของโทรลอกซ์/กรัม ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่า ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในชาบัวบกที่ทำจากใบอ่อนมีเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมากกว่าในชาบัวบกที่ทำจากใบแก่

5.4 ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด

ปริมาณสารฟีนอลิกในชาบัวบกที่ทำจากใบอ่อนในช่วง 1-12 เดือน มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่พบคือ 20.84, 20.46, 19.33, 10.56 และ 7.55 ไมโครกรัมของแกลลิก/กรัม ตามลำดับ ชาบัวบกที่ทำจากใบแก่ ในช่วง 1-12 เดือน มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่พบคือ 8.41, 8.11, 7.26, 6.45 และ 4.48 ไมโครกรัมของแกลลิก/กรัม ตามลำดับ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในชาบัวบกที่ทำจากใบอ่อนมีปริมาณมากกว่าชาบัวบกที่ทำจากใบแก่ และจะมีปริมาณลดลงเล็กน้อยจากเดือนแรกถึง 6 เดือน และปริมาณฟีนอลิกในชาบัวบกที่ทำจากใบอ่อนจะลดลงอย่างมากช่วง 6-9 เดือน และลดลงเล็กน้อยหลังจาก 9 -12 เดือน

5.5 ค่า EC_{50} และ IC_{50} ของชาบัวบก

การรายงานค่าความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระจะนิยมรายงานค่าในรูปของค่า EC_{50} และ IC_{50} โดยที่ EC_{50} หมายถึง ปริมาณของสารต้านออกซิเดชันที่ทำให้ความเข้มข้นของ DPPH เหลืออยู่ 50% และนอกจากนี้ยังมีการรายงานค่า IC_{50} ซึ่งหมายถึง ปริมาณของสารต้านออกซิเดชันที่ทำให้ความเข้มข้นของ DPPH ลดลง 50% และเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ จากผลการทดลองเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างน้ำชาบัวบกในระยะใบอ่อนและใบแก่ที่เวลาการชงชา 1-5 นาที พบว่าความสามารถในการต้านออกซิเดชั่นของชาบัวบกจากใบอ่อน 5 นาที ที่ 1.27 มีความสามารถในการต้านออกซิเดชั่นดีที่สุด และรองลงมา คือ ก้านใบอ่อนใบแก่และก้านใบแก่ ที่ 1.63 2.23 และ 2.57 ตามลำดับ ระยะเวลาที่ใช้ในการชงชาบัวบกมีผลต่อความสามารถในการต้านออกซิเดชั่น โดยเรียงลำดับดังนี้ 5>4>3>2>1 นาที ตามลำดับ

5.6 การเปลี่ยนแปลงประชากรมอดยาสูบ

จากการศึกษาการเข้าทำลายของมอดยาสูบในชาบัวบกที่ทำจากใบอ่อนและใบแก่ที่เก็บรักษาไว้นาน 1 ปี พบการเข้าทำลายของมอดยาสูบ ที่ระยะเวลา 6 เดือน โดยจะพบประชากรมอด

ยาสูบในระยะตัวเต็มวัยเข้าทำลายชาบัวบกมากกว่าระยะตัวหนอนและระยะดักแด้ โดยจะพบว่ามอดยาสูบเข้าทำลายชาบัวบกที่ทำจากใบแก่มากกว่าใบอ่อน

5.7 ความสัมพันธ์ระหว่างสารฟีนอลิกในชาบัวบกและการเปลี่ยนแปลงประชากรมอดยาสูบ

ความสัมพันธ์ระหว่างประชากรมอดยาสูบในระยะตัวเต็มวัย หนอนและดักแด้ กับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในชาบัวบกที่ทำจากใบอ่อน จากการเก็บข้อมูลการเข้าทำลายของมอดยาสูบเป็นระยะเวลานาน 1 ปี พบว่าปริมาณมอดยาสูบในระยะตัวเต็มวัยมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับปริมาณสารฟีนอลิกในชาบัวบกที่ทำจากใบอ่อน เมื่อปริมาณสารฟีนอลิกลดลงในแต่ละเดือนมีผลทำให้ประชากรมอดยาสูบเพิ่มขึ้น (r^2=0.80) ซึ่งในระยะหนอนและระยะดักแด้มีความสัมพันธ์น้อยกับปริมาณสารฟีนอลิก (r^2=0.40 และ r^2=0.56 ตามลำดับ) ปริมาณมอดยาสูบในระยะตัวเต็มวัยมีความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณสารฟีนอลิกในชาบัวบกที่ทำจากใบแก่ เมื่อปริมาณสารฟีนอลิกลดลงในแต่ละเดือนมีผลทำให้ประชากรมอดยาสูบเพิ่มขึ้น (r^2=0.81) ซึ่งในระยะหนอนและระยะดักแด้ไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณสารฟีนอลิก (r^2=0.35 และ r^2=0.42 ตามลำดับ)

บรรณานุกรม

กนก อุไรสกุล. 2540. “**การทดสอบสารสกัดแมงลักคากับเพลี้ยอ่อนพริก (*Aphis gossypii* Glov) และหนอนรังห่อใบมะม่วง (*Orthaga* sp.).**” โครงการการศึกษาองค์ประกอบและทดสอบสารสกัดแมงลักคากับเพลี้ยอ่อน (*Aphis gossypii* Glov). สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครศรีอยุธยา หันตรา.

กนกภรณ์ เกาะเกตุ สุกัญญา กระตุดนาค และ มุจลินท์ จันมณี. 2554. “**วิจัยอบแห้งบัวบกทำน้ำดื่มสุขภาพ.**” ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมการเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2543. **“ผักพื้นบ้าน.”** กลุ่มพืชผักกองส่งเสริมพืชสวน.กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

กิตติยา เที่ยงจิตร์ และ รุ่งทิวา ทศานนท์. 2553. **“การพัฒนาชาชงจากใบบัวบก.”** ปริญญาเภสัชศาสตรบัณฑิต. ภาควิชาเภสัชเคมี คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

จรัสรัตน์ ปานโคก อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์. 2555. ‘‘ประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากพืช 3 ชนิด.’’ **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร.** 43(2)(พิเศษ) : 381-384.

จินดาพร คงเดช ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น. 2552. “ประสิทธิภาพของการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสของสารสกัดจากพืช 5 ชนิด.” **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร.** 40(1) พิเศษ : 83-86.

ชูวิทย์ ศุขปราการ. 2535. “แมลงศัตรูผลิตผลเกษตรและการป้องกันกำจัด.” **วารสารกีฏและสัตววิทยา**. 14(1) : 60-64

นฤมล น้อยหวอย และ ศศิธร จันทนวรางกูร. 2550. ‘‘ผลกระทบของการแปรรูปต่อคุณสมบัติการต้านออกซิเดชันในบัวบก.’’ หน้า 681-688. ใน **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 45 สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์ สาขาอุตสาหกรรมเกษตร.** กรุงเทพฯ.

นวลศรี รักอริยะธรรม และ อัญชนา เจนวิธีสุข. 2545. **“แอนติออกซิแดนท์ : สารต้านมะเร็งในผักสมุนไพรไทย.”** เชียงใหม่ : นพบุรีการพิมพ์. 281 หน้า

นันทวัน บุณยะประภัศร. 2541. **“สมุนไพรไม้พื้นบ้าน.”** พิมพ์ครั้งที่ 1. ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2544. **หลักการแปรรูปอาหารเบื้องต้น.** กรุงเทพฯ. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. 160 หน้า

นิภาพร ตะเภาพงษ์. 2547. **สมุนไพรเพื่อสุขภาพ.** กรุงเทพฯ. สำนักพิมพ์แฮนด์บุ๊ค. 264 หน้า

นุชรีย์ ศิริ และ ทัศนีย์ แจ่มจรรยา. 2546. **เทคนิคการเพาะเลี้ยงศัตรูธรรมชาติและการควบคุมหนอนกออ้อยโดยชีววิธี**. เอกสารประกอบการฝึกอบรม ศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 61 หน้า.

ปรียาภรณ์ ชัยชนะ และ พรทิพย์ คงวัดใหม่. 2555. **"สมบัติการต้านอนุมูลอิสระจากบัวบก."** มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช.

พรทิพย์ วิสารทานนท์ กุสุมา นวลวัฒน์ บุษรา จันทร์แก้วมณี ใจทิพย์ อุไรชื่น รังสิมา เก่งการพานิช กรรณิการ์ เพ็งคุ้ม จิราภรณ์ ทองพันธ์ ดวงสมร สทุธิสทุธิ์ ลักขณา ร่มเย็น และ ภาวินี หนูชนะภัย. 2548. **แมลงที่พบในผลิตผลเกษตรและการป้องกันกำจัด.** สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด.

มาลี ตั้งระเบียบ พิทักษ์ พุทธวรชัย กิตติ บุญญเลส นิรันตร์ บุญมี กองสมบัติ พองาม เดชคำรณ และจินันทนา จอมดวง. 2540. "การสำรวจชนิดของแมลงศัตรูตำลึง บัวบก และผักในจังหวัดลำปาง." หน้า 317-335. ใน **รายงานประชุมสัมมนาทางวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 14. สาขาพืชศาสตร์**. ลำปาง.

รัชดาภรณ์ พิทักษ์ธรรม. 2544. **"ศึกษาความทนเค็ม ทนแล้ง และความเป็นพิษของต้นแมงลักคา (*Hyptis suaveolens* Linn.) ต่อหนอนเจาะสมอฝ้ายอเมริกัน (*Heliothis armigera* Hubn.)."** ปริญญาดุษฎีนิพนธ์ สาขาวิชาชีววิทยาสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

วัจนา ตั้งความเพียร. 2550. "พืชใกล้ตัว." **วารสารอภัยภูเบศรสาร.** 4(48) : 4-6.

วิไล รังสาดทอง. 2543. **เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

วิภาภรณ์ วรรณธนาเลิศ และจุฑารัตน์ อรรถจารุสิทธิ์. 2546. "ความสัมพันธ์ของปริมาณยางในมันเทศ (*Ipomoea batatas* L.) สายพันธุ์ต่างๆ กับการเข้าทำลายของด้วงงวงมันเทศ (*Cylas formicarius* F.)" **วารสารเทคโนโลยีสุรนารี.** 10 : 65-73.

สถาบันวิจัยสมุนไพร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. 2550. **สมุนไพรน่ารู้บัวบก**. [Online]. Available: http://koha.library.tu.ac.th/

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2546. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนใบบัวบกผงชงดื่ม มผช.167/2546.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.

สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว. 2556. แมลงศัตรูในโรงเก็บ. [Online] Available : (www.ricethailand.go.th/info_riceknowledge.htm)#sthash.OcKOsJKx.dpuf

แสงมณี ชิงดวง และ สุวรินทร์ บำรุงสุข. 2553. "การยอมรับชาบัวบกของผู้บริโภค." **วารสาร Thai Journal of Agricultural Science.** 41(2): 793-796.

สุภวรรณ ฎิระวณิชย์กุล สลิลลา ชาญเชี่ยว และ ยุทธนา ฎิระวณิชย์กุล. 2556. "การอบแห้งใบบัวบกเพื่อผลิตใบบัวบกแห้งชงดื่มด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรด : จลนพลศาสตร์ ความสิ้นเปลืองพลังงานและคุณภาพ." **วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น.** 18(2): 311-324.

สุจินดา ศรีวัฒนะ และ อิศรพงษ์ พงษ์ศิริกุล. 2547. "การศึกษาการผลิตชาบัวบกชนิดซอง." **รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์เรื่องเต็มปี 2547.** คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 29 หน้า

สถาบันส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม. 2552. "อุตสาหกรรมอาหาร." **วารสารของกรมส่งเสริมอุตสาหกรรม.** 52 : 7-44.

ยุวดี จอมพิทักษ์. 2537. **ใบบัวบกสมุนไพรใกล้ตัวสรรพคุณสูง.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักประพันธ์ศาส์นจำกัด.

โอภา วัชระคุปต์. 2550. **สารต้านอนุมูลอิสระ.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : นิวไทยมิตรการพิมพ์.

Appel, H.M. 1993. "Phenolics in ecological interactions: the importance of oxidation." **Journal of Chemical Ecology.** 19 : 152-1552.

Bagavan, A., Kamaraj, C., Elango, G., Zahir, A., and Rahuman, A. 2009. "Adulticidal and larvicidal efficacy of some medicinal plant extracts against tick." **Journal Veterinary Parasitology**. 166 : 286-292.

Bernays, E.A. and Woodhead, S. 1982. "Plant phenolics utilized as nutrients." **Journal of Insect Science.** 216 : 201- 202.

Bi, J.L., Felton, G.W., Murphy, J.B., Howles, P.A., Dixon, R.A. and Lamb, C. J. 1997. "Plant phenolics confer resistance to specialist and generalist insect herbivores." **Journal of Agricultural and Food Chemistry.** 45 : 4500-4504.

Brand-William, W., Cuvelier, M.E. and Berset, C. 1995. "Use of a free redical methods to evaluate antioxidant activity." **Journal of Food Science and Technology**. 28 : 25-30.

Bravo, L. 1998. "Polyphenols : chemistry, dietary source, metabolism and nutritional significance." **Nutrition Review**. 56 : 317-333.

Butterfield, D.A., Castegna, A., Pocernich, C.B., Drake, J., Scapagninib, G., and Calabresec, V. 2002. "Nutritional approaches to combat oxidative stress in Alzheimer's disease." **Journal of Nutrition Biochemistry.** 13 : 444-461.

Chan, H.W.S. 1987. **"Autoxidation of unsaturated lipids."** Academic Press Inc., London.

Chattopadhyay, K. and Chattopadhyay, B.D. 2008. "Effect of nicotine on lipid profile, peroxidation and antioxidant enzymes in female rats with restricted dietary protein." **Journal of Research and Education in Indian Medicine**. 127 : 571-576.

Dao-Hong, Z. and Yoshikazu, A. 2004. "Reproductive isolation mechanisms between three Oxya species (Orthoptera : Catantopidae)." **Acta Entomologica Sinica.** 47(1). 67-72.

Data, E.S., Nottingham, F.S. and Kays, J.S. 1996. "Effect of sweet potato latex on sweet potato weevil(Coleoptera : Curculionidae) feeding and oviposition." **Journal of Economic Entomology**. 89(2) : 544-549.

Djoko, H., Pudji, L., Yun, A. and Vanden, M.H. 1999. "*Centella asiatica* (L.) Urb." **Plant Resources of South-East Asia.** 12(1) : 191-204.

Elliger, C.A., Wong, Y., Chan, B. G. and Waiss, A.C. 1981. "Growth inhibitor in tomato (Lycopersicon) to tomato fruitworm(*Heliothis zea*)." **Journal of Chemical Ecology**. 4 : 753-758.

Ghimire, M.N. and Phillips, T.W. 2007. "Suitability of five species of stored-product insects as hosts for development and reproduction of the parasitoid *Anisopteromalus calandrae* (Hymenoptera: Pteromalidae)." **Journal of Economic Entomology**. 100(5) : 1732-1739.

Hamid, A.A., Shah, Z.M., Muse R. and Mohamed, S. 2002. "Characterisation of antioxidative activities of various extracts of *Centella asiatica* (L) Urban." **Food Chemistry.** 77(4) : 465-469.

Halliwell, B. 2009. "The wanderings of a free radical." **Free Radical Biology and Medicine.** 46: 531-542.

Halliwell, B. 1999. "Antioxidant defense mechanism: from the beginning to the end." **Society for Free Radical Biology and Medicine.** 31: 261-272.

Hayashi, T., Nakamura, S., Visarathanonth, P., Uraichuen, J. and Kengkanpanich, R. 2004. **"Stored rice insect pests and their natural enemies in thailand."** Funny Publishing Co. Ltd. Bangkok.

Howell, N.K. and Saeed, S. 1999. "The effect of antioxidants on the production of lipid oxidation products and transfer of free radicals in oxidized lipid-protein systems." **Antioxidants in human health and disease**. 45-54

Lai, A.K., Plaxco, K.W. and Heeger, A.J. 2007. "Colour in relation to total antioxidant capacity of beers assessed using the FRAP assay." **Alcohol and Alcoholism**. 42(1) : 55-57.

Lo, K.M. and Cheung, P.C.K. 2005. "Antioxidant activity of extracts from the fruiting bodies of *Agrocybe acgerita* var." **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 89 : 533-539.

Mahroof, R.M., and Phillips, T.W. 2008. "Life history parameters of *Lasioderma serricorne* (F.) as influenced by food sources." **Journal of Stored Products Research**. 44(3) : 219-226.

Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Remesy, C. and Jimenez, L. 2004. "Polyphenols : food sources and bioavailability." **The American Journal of Clinical Nutrition**. 79 : 727-747.

Mann, J. 1987. **"Secondary plant metabolites as defense against herbivores and oxidative stress."** Comprehensive summaries of Uppsal Disserations from the Faculty of Science and Technlogy. Oxford. 567 pp.

Nerya, O.J., Vaya, R. and Tamir, S. 2003. "Glabrene and isoliquiritigenin as tyrosinase inhibitors from licorice roots." **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 51 : 1201-1207.

Nutt, K.A., O'Shea, M.G., and Allsopp, P.G. 2004. "Feeding by sugarcane whitegrubs induces in the types and amounts of phenolic in the root of sugarcane." **Environmental and Experimental Botany.** 51 : 155-165.

Palsson, K., and Jaeson, T.G.T. 1999. "Plant products used as mosquito repellents in Guinea Bissau, West Africa." **Acta Tropica**. 72 : 39-57.

Pokorny, J., Yanishlieva, N. and Gordon, M. 2001. **"Antioxidants in food."** Practical Applications. New York. 380 pp.

Ramamoorthy, P.K. and Bono, A. 2007. "Antioxidant activity, total phenolic and flavonoid content of Morinda Citrifolia fruit extracts from various extraction processes." **Journal of Engineering Science & Technology**. 2 : 70-80.

Sanchez-Moreno, C., Jimenez-Escria, A. and Saura-Calixto. J. 2000. "Study of low-density lipoprotein oxidizability indexes to measure the antioxidant activity of dietary polyphenols." **Nutrition Research.** 20 : 941-953.

Shukla, Y.N., Srivastava, R., Tripathi, K. and Prajapati , V. 2000. "Characterization of an ursane triterpenoid from *Centella asiatica* with growth inhibitory activity against spilarctia oblique. **Pharmaceutical Biology**. 38 : 262-267.

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

Singleton, R.M. and Lamuela-Raventos. 1999. "Analysis of total phenal and other oxidantion substrates and antioxdants by means of Folin-Ciocalteu reagent." **Method in Enzymology**. 299: 152-178.

Tanprasit, P. 2005. "**Biological control of Dengue fever mosquitoes (*Aedes aegypti* Linn.) using leaf extracts of chan (*Hyptis suaveolens* (L.) Poit.) and hedge flower (*Lantan camara* Linn.)**" Master of Science Thesis. Environmental Biology Suranaree University of Technology. 77 pp.

Torssell, K.B.G. 1997. "**Natural product chemistry. A mechanistic, biosynthesis and ecological approach.**" Comprehensive Summaries of Uppsala Disserations from the Faculty of Science and Technlogy, Princeton University. 51 pp.

Velioglu, Y.S., Mazza, G., Gao, L. and Oomah, B.D. 1998. "Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables and grain products." **Journal of Agricultural and Food Chemistry.** 46 : 4113-4117.

Vermerris, W. and Nicholson, R. 2009. "The Role of Phenols in Plant Defense." **Phenolic Compound Biochemistry**. 211-234.

Verghese, A., Soumya, C.B., Shivashankar, S. Manivannan, S. and Krishnamurthy, S.V. 2012. "Phenolics as chemical barriers to female fruit fly, *Bactrocera dorsalis*(Hendel) in mango." **International Journal of Current Science.** 103(5) : 563-566.

Wang, K.H., Lin, R.D., Hsud, F.L., Huange, Y.H., Changf, H.C., Huangd, C.Y. and Lee, M.H. 2006. "Cosmatic applications of selected traditional Chinese herbal medicines." **Journal of Ethnophamacology.** 106 : 353-359.

Waterman, P.G. and Mole, S. 1994. "**Analysis of phenolic plant metabolites.**" Scientific Publications, Oxford.

Yang, J.H., Mau, J.L., Ko, P.K. and Huang, L.C. 2000. "Antioxidant and related compounds." **Journal of Biochemistry & Cell Biology**. 61: 1646-1649.

Zainol, M.K., Abd-Hamid, A., Yusof, S. and Muse, R. 2003. "Antioxidant activity and total phenolic compounds of leaf root petiole of four accessions of *Centella asiatica* (L.) Urban." **Food Chemistry**. 81 : 575-581.

Zhang, G.W., Ma, X.Q., Su, J.Y., Zhang, K., Kurihara, H., Yao, X.S. and Zeng, L.M. 2006. "Two new bioactive sesquiterpenes from the soft coral *Sinularia* sp." **Journal of Natural Products**. 20 : 659-664.

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH

(2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity)

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH วิเคราะห์โดยใช้วิธีที่รายงานโดย Brand-William และคณะ (1995) ซึ่งมีหลักการคือ สารละลายของอนุมูลอิสระ DPPH จะมีม่วงแดง ซึ่งดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ในกรณีตัวอย่างที่มีฤทธิ์ในการทำลายอนุมูลอิสระได้ดีจะทำให้สีม่วงแดงของสารละลาย DPPH จางลงได้มากกว่าตัวอย่างสารสกัดที่มีฤทธิ์ในการทำลายอนุมูลอิสระได้น้อย

1. สารเคมี

1. สารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.8 มิลลิโมลาร์ โดยชั่งสาร DPPH 0.0158 กรัม ละลายใน

เอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร

2. เอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์

2. การเตรียมกราฟมาตรฐาน (standard curve)

1. เตรียมสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ โดยให้ความเข้มข้นในแต่ละหลอดทดลองเป็น 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 และ 35 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร โดยเตรียมโทรลอกซ์ที่ความเข้มข้น 250 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร โดยชั่งโทรลอกซ์ 0.025 กรัม ปรับปริมาตรด้วยเอทานอลให้มีปริมาตรรวมเป็น 100 มิลลิลิตร โดยปิเปตมา 0.02, 0.04, 0.06, 0.08, 0.10, 0.12 และ 0.14 มิลลิลิตร ตามลำดับ แล้วปรับปริมาตรด้วยเอทานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ให้มีปริมาตรรวมในแต่ละหลอดเป็น 5.4 มิลลิลิตร

2. ปิเปตสารละลายมาตรฐานดังกล่าวลงในหลอดทดลอง ปรับปริมาตรแต่ละหลอดให้ได้ปริมาตรรวม 5.4 มิลลิลิตร

3. ปิเปตสารละลาย DPPH ความเข้นข้น 0.8 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 0.6 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง

4. ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมสาร (vortex mixer) ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยใช้เอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์เป็น blank

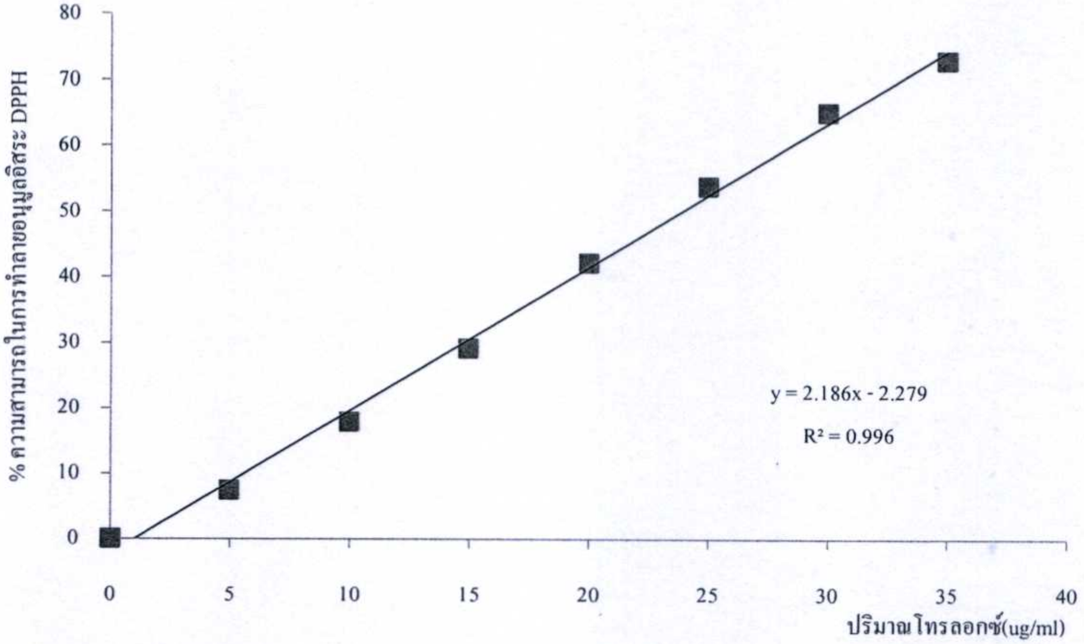
5. คำนวณเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ตามสมการต่อไปนี้ โดย ค่าดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาควบคุม คือ ค่าดูดกลืนแสงของหลอดที่ไม่มีโทรลอกซ์ ซึ่งประกอบด้วยเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ 0.2 มิลลิลิตร และสารละลาย DPPH 5.4 มิลลิลิตร

เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH = $\left(1-\left(\frac{A_{sample}}{A_{control}}\right)\right)\times 100$

โดย A_{sample} = ค่าดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาของสารมาตรฐานโทรลอกซ์

$A_{control}$ = ค่าดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาควบคุม

6. สร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH และปริมาณโทรลอกซ์ แสดงดังภาพที่ ก1



ภาพที่ ก1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH และปริมาณโทรลอกซ์ในหน่วยไมโครกรัม

3. การวิเคราะห์ตัวอย่าง

1. ปิเปิตตัวอย่างชาบัวบกที่มีความเข้มข้นเหมาะสม และเอทานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยให้ปริมาตรรวมของตัวอย่างและเอทานอลเท่ากับ 5.4 มิลลิลิตร

2. ปิเปตสารละลาย DPPH ความเข้นข้น 0.8 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 0.6 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง

3. ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมสาร (vortex mixer) ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยใช้เอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ เป็น blank

4. คำนวณเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ตามสมการต่อไปนี้ โดย ค่าดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาควบคุม คือ ค่าดูดกลืนแสงของหลอดที่ไม่มีตัวอย่าง ซึ่งประกอบด้วยเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ 0.2 มิลลิลิตร และสารละลาย DPPH 5.4 มิลลิลิตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH} = \left(1 - \left(\frac{A_{sample}}{A_{control}}\right)\right) \times 100$$

โดย A_{sample} = ค่าดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาของสารมาตรฐานโทรลอกซ์

$A_{control}$ = ค่าดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาควบคุม

ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH จะรายงานในหน่วยของมิลลิกรัมสมมูลย์ของโทรลอกซ์ต่อกรัมตัวอย่าง โดยใช้กราฟมาตรฐานของโทรลอกซ์

4. ตัวอย่างการคำนวณ

1. การคำนวณความารถสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ของชาบัวบก

ปริมาตรชาบัวบก 0.8 มิลลิลิตร วัดค่าดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร ได้ค่าดูดกลืนแสง 0.5199 และคำนวณเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ได้ 35.85 เปอร์เซ็นต์ จากกราฟมาตรฐานของโทรลอกซ์ดังภาพที่ ก1 ได้สมการเส้นตรง

จากสมการ

$$y = 2.186x - 2.279$$

$$35.85 = 2.186x - 2.279$$

$$x = (35.85/2.186) + 2.279$$

$$= 18.6788 \text{ ไมโครกรัม}$$

ชาบัวบก 0.8 มิลลิลิตร มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 18.6788 ไมโครกรัม

ถ้าชาบัวบก 1 มิลลิลิตร มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 23.3485 ไมโครกรัม ดังนั้น ชาบัวบกมีความารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ 23.3485 ไมโครกรัมสมมูลย์ของโทรลอกซ์/มิลลิลิตร

5. การเตรียมกราฟมาตรฐานวิตามินซี

1. เตรียมสารละลายมาตรฐานวิตามินซีความเข้มข้น 50 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

2. ปิเปตสารละลายมาตรฐานดังกล่าวใส่ในหลอดทดลองหลอดละ 0.1 , 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6 และ 0.7 มิลลิลิตร โดยให้ความเข้มข้นในแต่ละหลอดทดลองเป็น 5, 10, 15, 20, 25, 30 และ 35 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยเอทานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ให้มีปริมาตรรวมในแต่ละหลอดเป็น 5.4 มิลลิลิตร

3. ปิเปตสารละลาย DPPH ความเข้นข้น 0.8 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 0.6 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง

4. ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมสาร (vortex mixer) ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยใช้เอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ เป็น blank

6. **การวิเคราะห์ตัวอย่าง**

1. ปิเปตตัวอย่างชาบัวบกที่เจือจางให้มีความเข้มข้นที่เหมาะสม และเอทานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยให้ปริมาตรรวมของตัวอย่างและเอทานอลเท่ากับ 5.4 มิลลิลิตร

2. ปิเปตสารละลาย DPPH ความเข้นข้น 0.8 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 0.6 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง

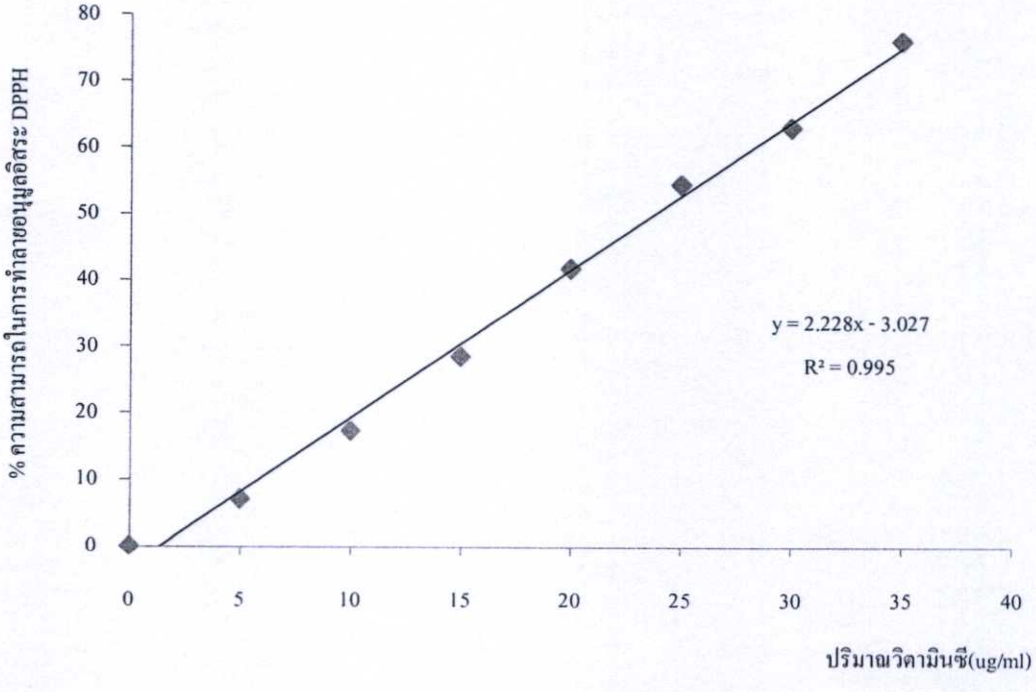
3. ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมสาร (vortex mixer) ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยใช้เอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ เป็น blank คำนวณเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ตามสมการต่อไปนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH} = \left(1 - \left(\frac{A_{sample}}{A_{control}}\right)\right) \times 100$$

โดย A_{sample} = ค่าดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาของสารมาตรฐานโทรลอกซ์

$A_{control}$ = ค่าดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาควบคุม

4. สร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH และปริมาณโทรลอกซ์ แสดงดังภาพที่ ก2



ภาพที่ ก2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH และปริมาณวิตามินซีในหน่วยไมโครกรัม

7. ตัวอย่างการคำนวณ

1. การคำนวณสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ของชาบัวบก

ปริมาตรชาบัวบก 0.8 มิลลิลิตร วัดค่าดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร ได้ค่าดูดกลืนแสง 0.5124 และคำนวณเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทาลายอนุมูลอิสระ DPPH ได้ 36.78 เปอร์เซ็นต์ จากกราฟมาตรฐานของโทรลอกซ์ดังภาพที่ ก1 ได้สมการเส้นตรง

จากสมการ

$$y = 2.228x - 3.027$$

$$36.78 = 2.228x - 3.027$$

$$x = (36.78 / 2.228) + 3.027$$

$$= 19.5351$$ ไมโครกรัม

ชาบัวบก 0.8 มิลลิลิตร มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 19.5351 ไมโครกรัม

ถ้าชาบัวบก 1 มิลลิลิตร มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 24.4188 ไมโครกรัม ดังนั้น ชาบัวบกมีความารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ 24.4188 ไมโครกรัมสมมูลย์ของโทรลอกซ์/มิลลิลิตร

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu method

การวิเคราะห์ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างชาบัวบกใช้วิธีที่รายงานโดย Singleton และ Lamuela-Raventos (1999) โดยสารโพลีฟีนอลจะทำปฏิกิริยากับ Folin-Ciocalteu ได้สารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำเงินที่มีค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร และใช้กรดแกลลิกเป็นสารประกอบฟีนอลิกมาตรฐาน

1. สารเคมี

1. Folin- Ciocalteu 2 นอร์มัล

2. โซเดียมคาร์บอเนต (Na2CO3) ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์

2. การเตรียมกราฟมาตรฐาน (standard curve)

1. เตรียมสารละลายกรดแกลลิก 400 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

2. ปิเปตสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกใส่หลอดทดลอง หลอดละ 0, 0.05, 0.15, 0.20, 0.30 และ 0.35 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตรรวม 10 มิลลิลิตร

3. เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vertex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที

4. เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vertex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที

5. นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 730 นาโนเมตร

6. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณกรดแกลลิกในหน่วยไมโครกรัม

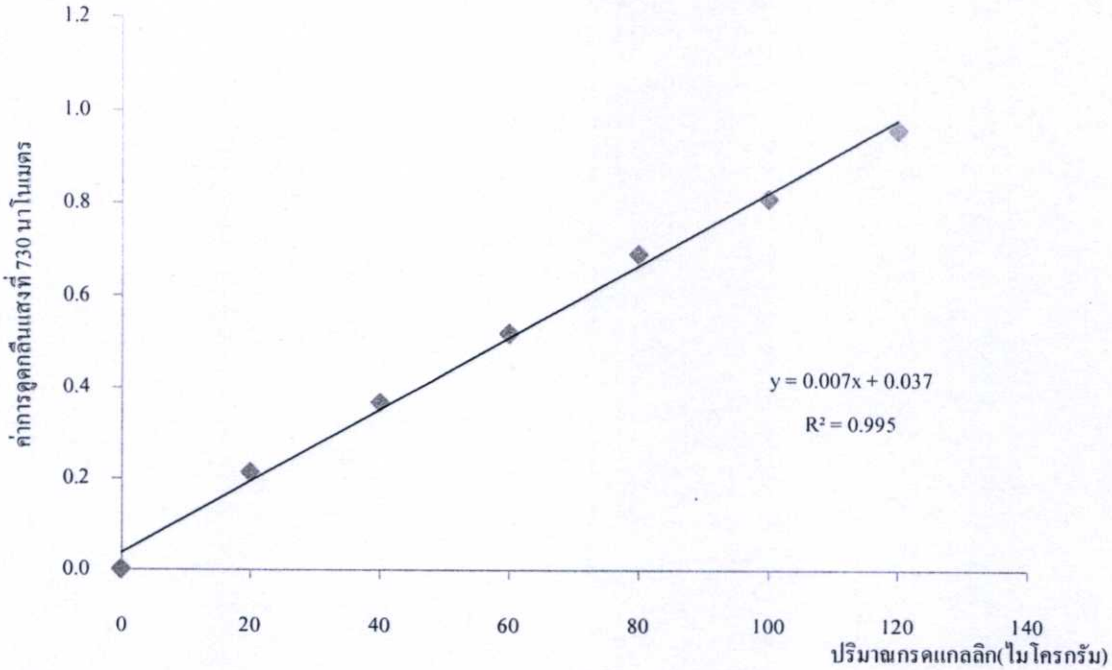
3. การวิเคราะห์ตัวอย่าง

1. ปิเปตตัวอย่างชาบัวบกให้มีความเข้มข้นที่เหมาะสม ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตรรวม 10 มิลลิลิตร

3. เติมสารละลาย Folin- Ciocalteu ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที

4. เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที

5. นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 730 นาโนเมตร สำหรับ blank ใช้น้ำกลั่นแทนตัวอย่างในปริมาณเท่ากัน



ภาพที่ ข1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณกรดแกลลิกในหน่วยไมโครกรัม

4. ตัวอย่างการคำนวณ

1. การคำนวณปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างชาบัวบก

ปริมาตรชาบัวบก 5 มิลลิลิตร วัดค่าดูดกลืนแสงที่ 730 นาโนเมตร ได้ค่าดูดกลืนแสง 0.7318 จากกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิกดังภาพที่ ข1 ได้สมการเส้นตรง

จากสมการ

$$y = 0.007x - 0.037$$

$$0.7318 = 0.007x - 0.037$$

$$x = (0.7318 / 0.007) + 0.037$$

$$= 104.5798 \text{ ไมโครกรัม}$$

ชาบัวบก 5 มิลลิลิตร มีปริมาณกรดแกลลิก 104.5798 ไมโครกรัม

ถ้าชาบัวบก 1 มิลลิลิตร มีปริมาณกรดแกลลิก 20.9160 ไมโครกรัม

ดังนั้น ชาบัวบก จะมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด 0.0209 มิลลิกรัมกรดแกลลิก/มิลลิลิตร

ภาคผนวก ค

การคำนวณค่า % Remaining และ %Inhibition ค่าEC_{50} และค่า IC_{50}ของชาบัวบก

1. การคำนวณ % remaining และ % inhibition

สารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ ความเข้มข้น 250 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ค่า absorbance = 0.7197 ค่าDPPH Control = 0.8758

$$\% \text{ Remaining DPPH}^{\cdot} = \left(\frac{Abs_{sample}}{Abs_{control}}\right) \times 100$$

$$= \frac{0.7197}{0.8758} \times 100$$

$$= 82.1801$$

สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง % Remaining $DPPH^{\cdot}$ (แกน y) กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ (แกน x) เพื่อหาค่า IC_{50}

$$\% \text{ Inhibition DPPH}^{\cdot} = \left(\frac{Abs_{control} - Abs_{sample}}{Abs_{control}}\right) \times 100$$

$$= \frac{0.8758 - 0.7197}{0.8758} \times 100$$

$$= 17.8199$$

สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง % Inhibition $DPPH^{\cdot}$ (แกน y) กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ (แกน x) เพื่อหาค่า IC_{50}

2. การคำนวณค่า ค่า EC_{50} และค่า IC_{50}

สมการของกราฟชาบัวบกชง คือ $y = -2.380x + 106.0$

$y = \%$ Remaining

x = ความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่าง(mg/L)

จากสมการ จะได้ว่า $50 = -2.380x + 106.0$

$$50 - 106.0 = -2.380x$$

$$x = 23.5294$$

ดังนั้น ค่า EC_{50} ของชาบัวบก คือ 23.5294 mg/L

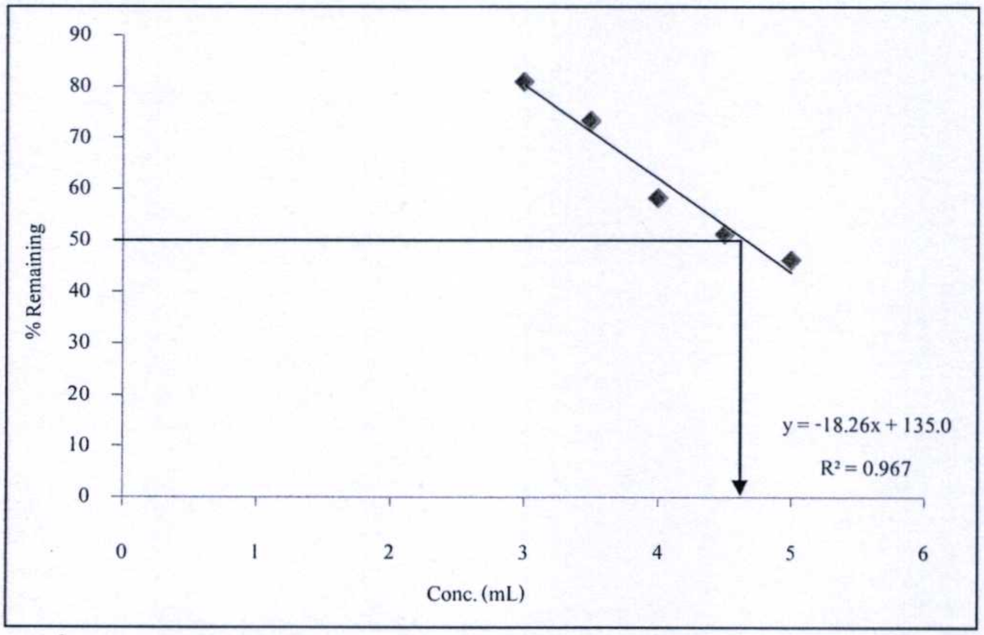
และในการคำนวณหาค่า IC_{50} ก็คิดในแบบเดียวกัน

ภาคผนวก ง

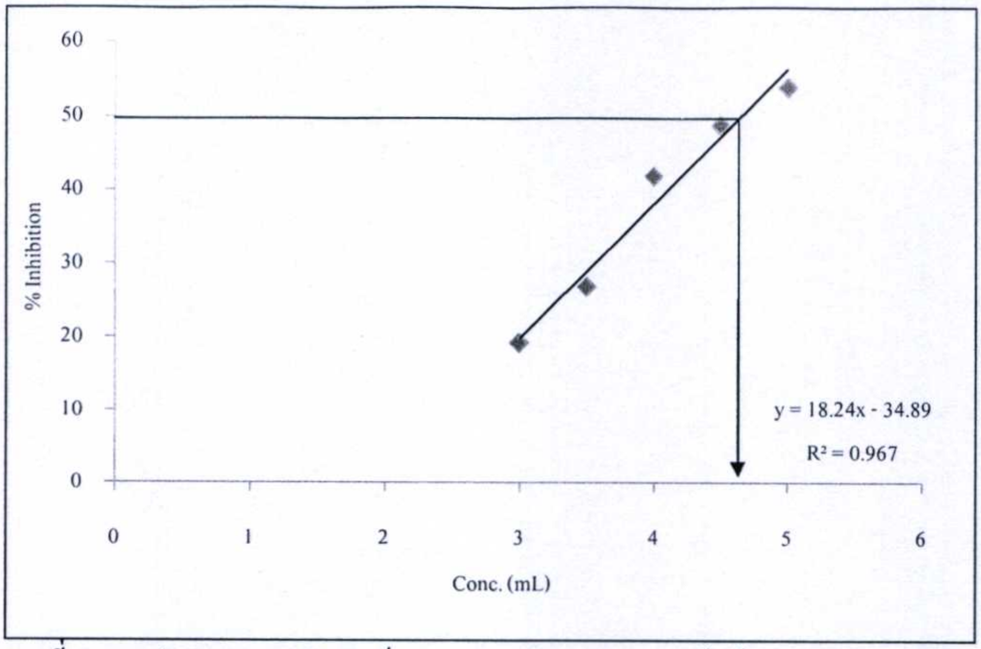
ตาราง ค่า EC_{50} และค่า IC_{50} ของชาบัวบก

ตารางที่ 1 DPPH assay ของใบอ่อน(ใบ) ชาบัวบก ชง 1 นาที

ปริมาณชา(ml)	A_{517nm} ($\bar{X}$)	% Remaining ($\bar{X}$±SD)	% Inhibition ($\bar{X}$±SD)
0.0	0.81	0.00	0.00
3.0	0.65	80.83±0.33	19.17±0.33
3.5	0.59	73.29±0.11	26.82±0.11
4.0	0.47	58.17±0.84	41.83±0.84
4.5	0.41	51.23±0.37	48.76±0.37
5.0	0.37	46.19±0.38	53.81±0.38



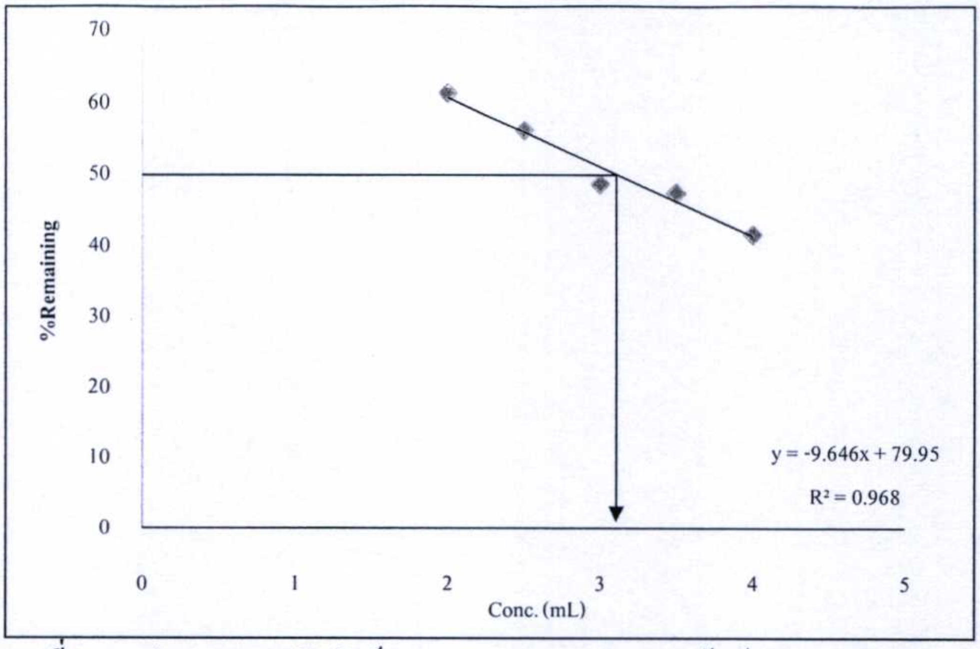
ภาพที่ 1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Remaining กับความเข้มข้นของชาบัวบกทำจากใบอ่อน(ใบ) ชง 1 นาที



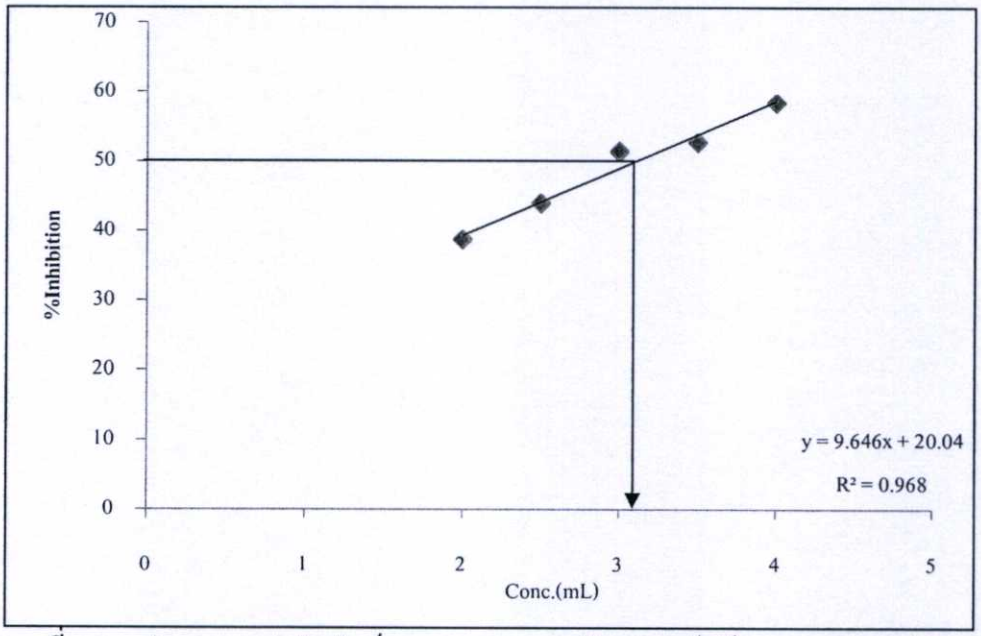
ภาพที่ 2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Inhibition กับความเข้มข้นของชาบัวบกทำจากใบอ่อน(ใบ)ชง 1 นาที

ตารางที่ 2 DPPH assay ของใบอ่อน(ใบ) ชาบัวบก ชง 2 นาที

ปริมาณชา(ml)	A_{517nm} $(\overline{X})$	% Remaining $(\overline{X}\pm SD)$	% Inhibition $(\overline{X}\pm SD)$
0.0	0.82	0.00	0.00
2.0	0.54	61.34±0.72	38.66±0.72
2.5	0.49	56.13±0.52	43.87±0.52
3.0	0.42	48.64±0.76	51.36±0.76
3.5	0.39	47.32±0.38	52.68±0.38
4.0	0.34	41.63±0.27	58.37±0.27



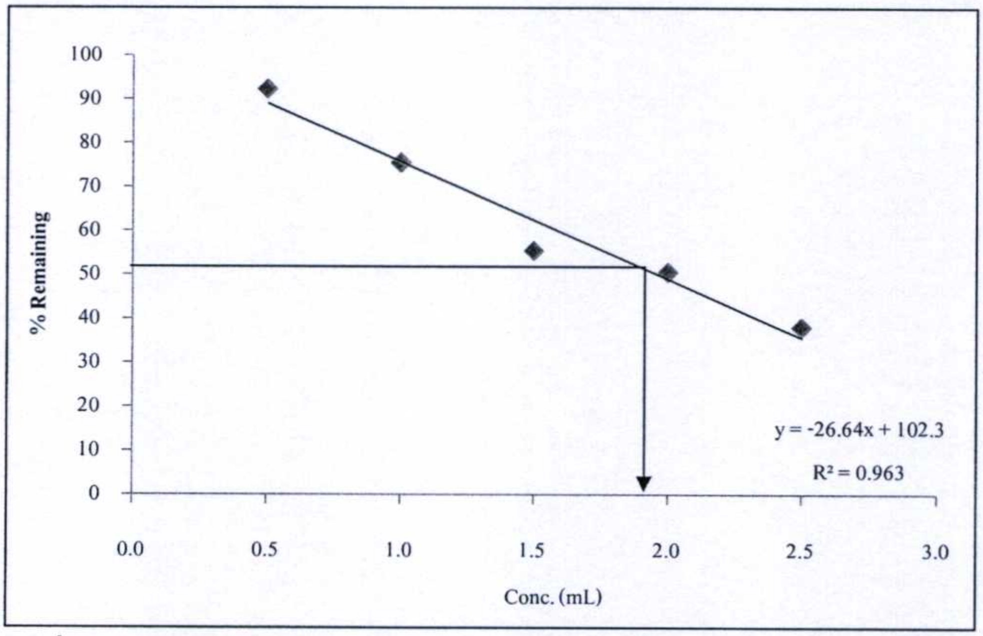
ภาพที่ 3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Remaining กับความเข้มข้นของชาบัวบกทำจากใบอ่อน(ใบ) ชง 2 นาที



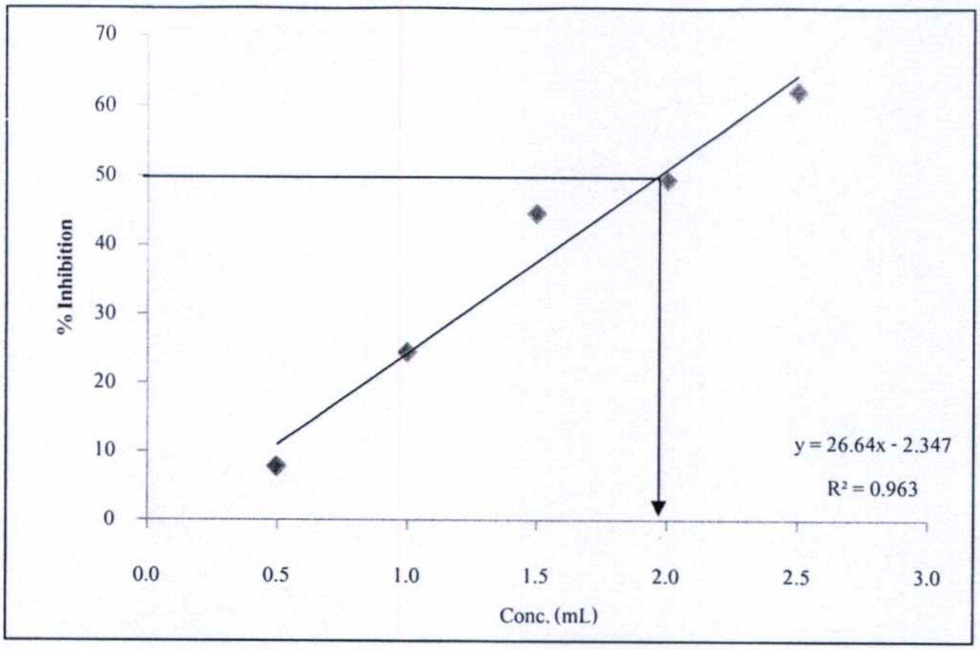
ภาพที่ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Inhibition กับความเข้มข้นของชาบัวบกทำจากใบอ่อน(ใบ) ชง 2 นาที

ตารางที่ 3 DPPH assay ของใบอ่อน(ใบ) ชาบัวบก ชง 3 นาที

ปริมาณชา(ml)	A_{517nm} $(\overline{X})$	% Remaining $(\overline{X}\pm SD)$	% Inhibition $(\overline{X}\pm SD)$
0.0	0.75	0.00	0.00
0.5	0.69	92.25±0.19	7.75±0.19
1.0	0.56	75.52±0.65	24.48±0.65
1.5	0.41	55.44±0.54	44.56±0.54
2.0	0.38	50.59±0.40	49.41±0.40
2.5	0.28	38.09±0.28	61.90±0.28



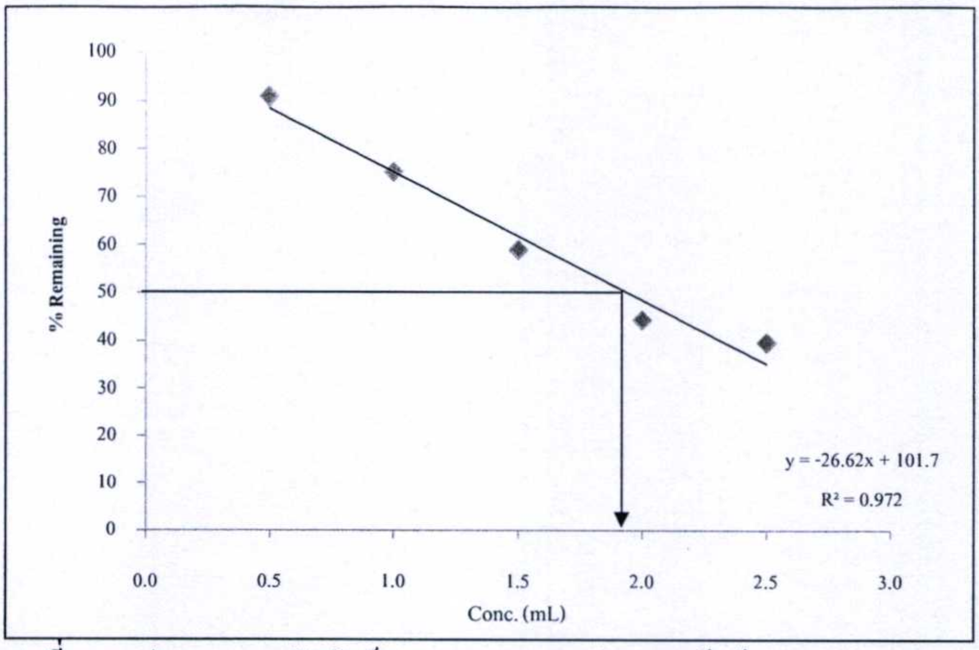
ภาพที่ 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Remaining กับความเข้มข้นของชาบัวบกทำจากใบอ่อน(ใบ) ชง 3 นาที



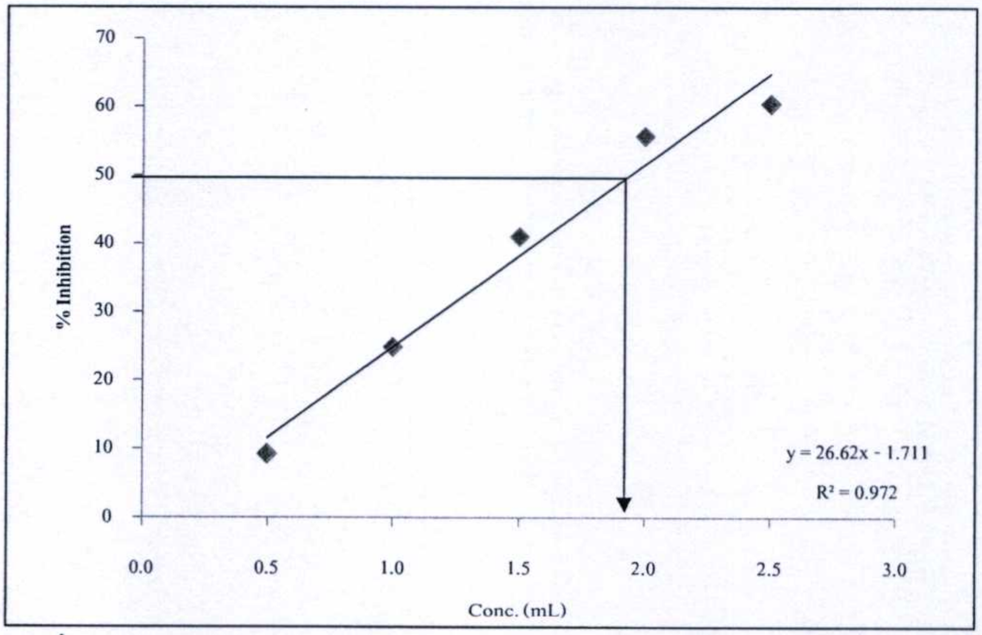
ภาพที่ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Inhibition กับความเข้มข้นของชาบัวบกทำจากใบอ่อน(ใบ) ชง 3 นาที

ตารางที่ 4 DPPH assay ของใบอ่อน(ใบ) ชาบัวบก ชง 4 นาที

ปริมาณชา(ml)	A_{517nm} $(\overline{X})$	% Remaining $(\overline{X}\pm SD)$	% Inhibition $(\overline{X}\pm SD)$
0.0	0.79	0.00	0.00
0.5	0.74	90.77±0.38	9.23±0.38
1.0	0.59	75.13±0.31	24.87±0.31
1.5	0.46	59.03±0.19	40.97±0.19
2.0	0.35	44.33±0.24	55.67±0.24
2.5	0.31	39.61±0.33	60.39±0.33



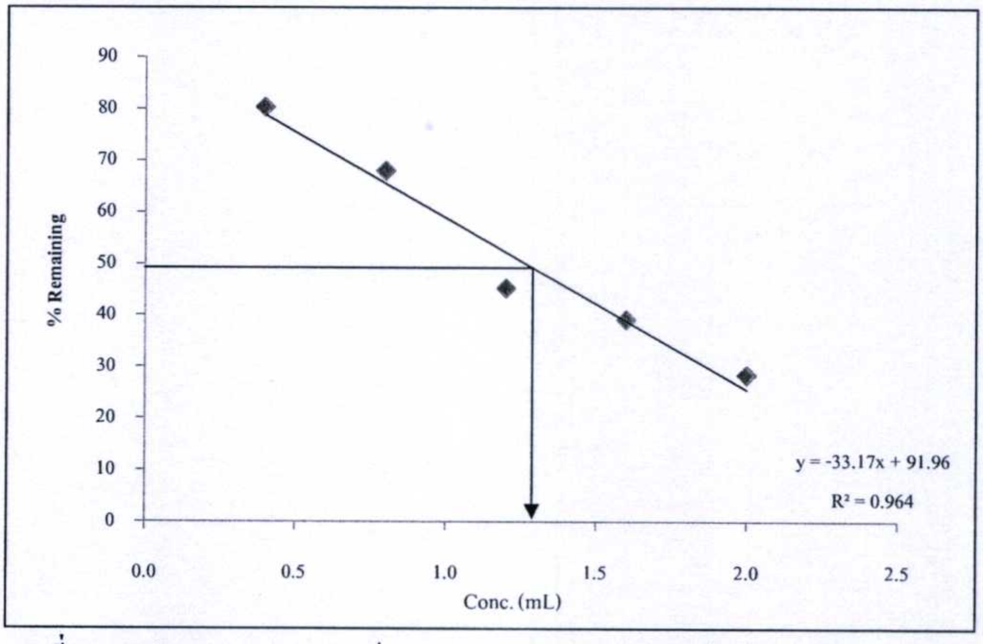
ภาพที่ 7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Remaining กับความเข้มข้นของชาบัวบกทำจากใบอ่อน(ใบ) ชง 4 นาที



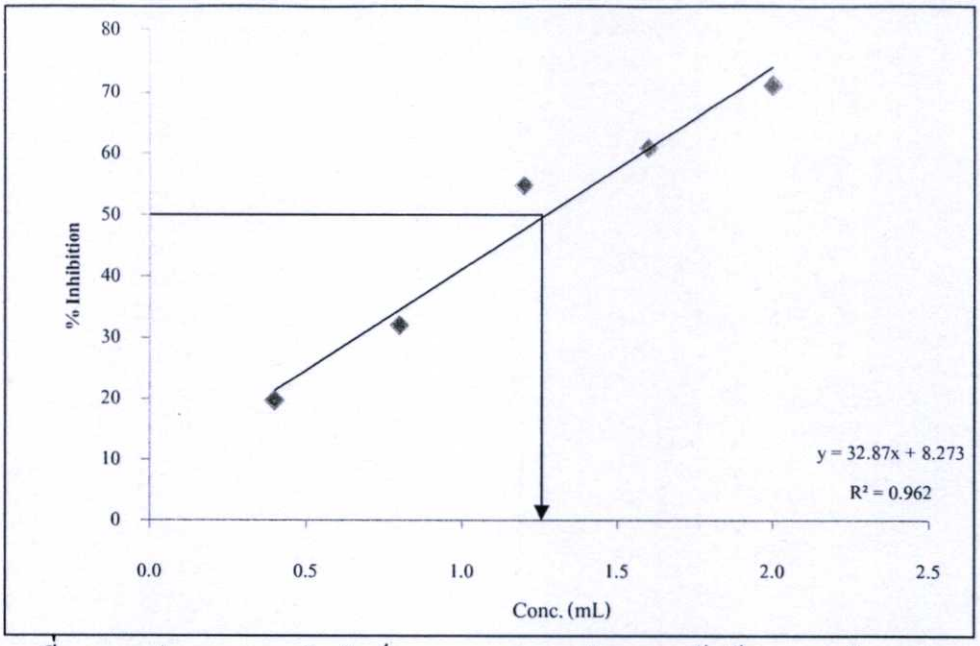
ภาพที่ 8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Inhibition กับความเข้มข้นของชาบัวบกทำจากใบอ่อน(ใบ) ชง 4 นาที

ตารางที่ 5 DPPH assay ของใบอ่อน(ใบ) ชาบัวบก ชง 5 นาที

ปริมาณชา(ml)	A_{517nm} ($\overline{X}$)	% Remaining ($\overline{X}$±SD)	% Inhibition ($\overline{X}$±SD)
0.0	0.79	0.00	0.00
0.4	0.63	80.27±0.24	19.73±0.24
0.8	0.53	67.90±0.53	32.10±0.53
1.2	0.36	45.19±0.41	54.81±0.41
1.6	0.31	39.12±0.37	60.88±0.37
2.0	0.22	28.31±0.35	71.09±0.35



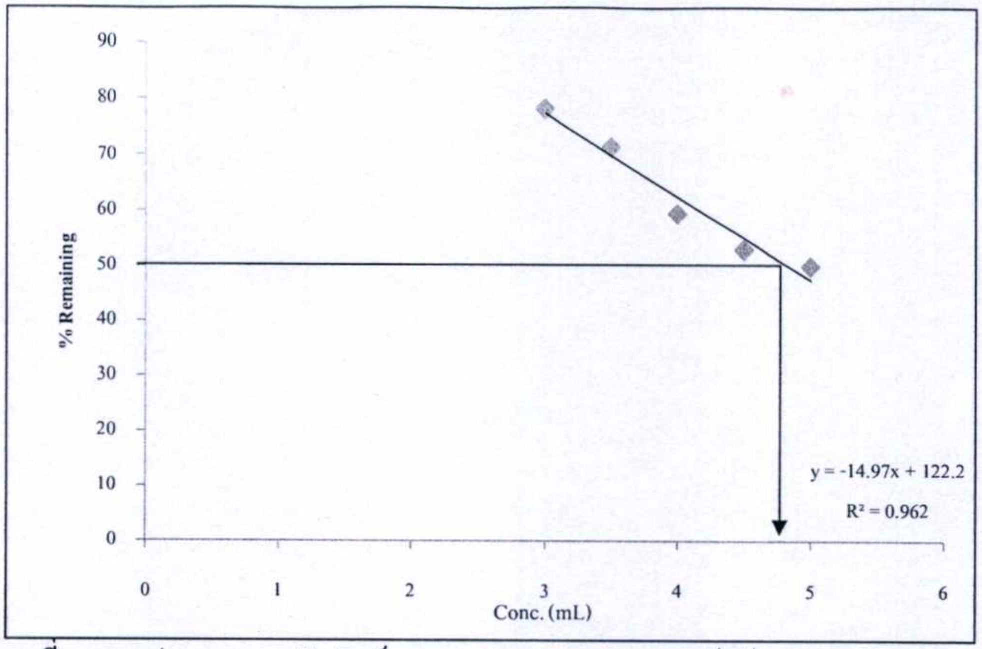
ภาพที่ 9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Remaining กับความเข้มข้นของชาบัวบกทำจากใบอ่อน(ใบ) ชง 5 นาที



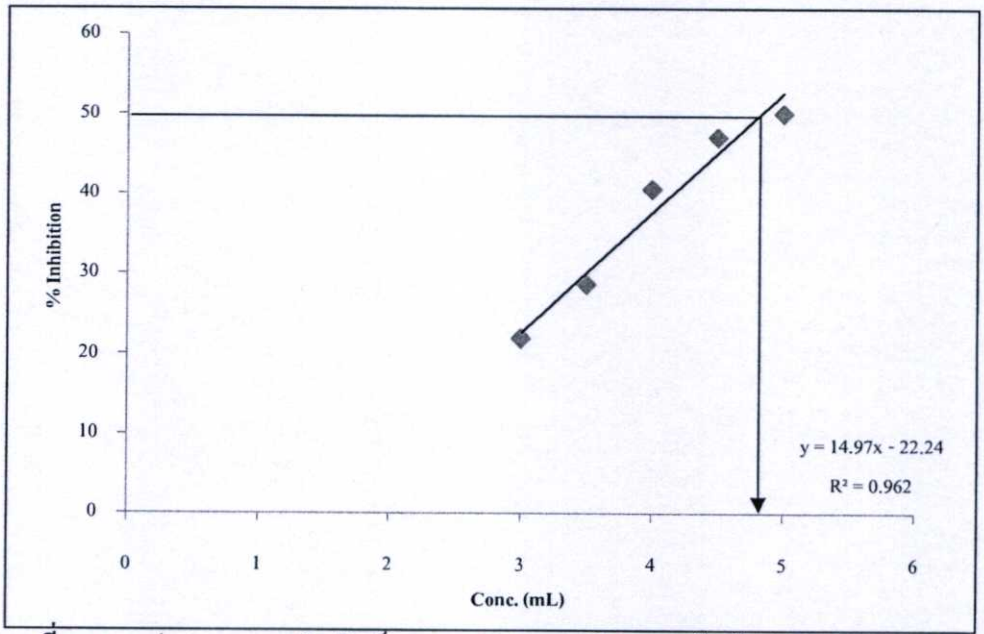
ภาพที่ 10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Inhibition กับความเข้มข้นของชาบัวบกทำจากใบอ่อน(ใบ) ชง 5 นาที

ตารางที่ 6 DPPH assay ของใบอ่อน(ก้าน) ชาบัวบก ชง 1 นาที

ปริมาณชา(ml)	A517nm $(\bar{X})$	% Remaining $(\bar{X}\pm SD)$	% Inhibition $(\bar{X}\pm SD)$
0.0	0.81	0.00	0.00
3.0	0.63	78.09±0.57	21.91±0.57
3.5	0.58	71.41±0.40	28.59±0.40
4.0	0.48	59.40±0.44	40.60±0.44
4.5	0.43	52.88±0.13	47.12±0.13
5.0	0.40	49.91±0.13	50.09±0.13



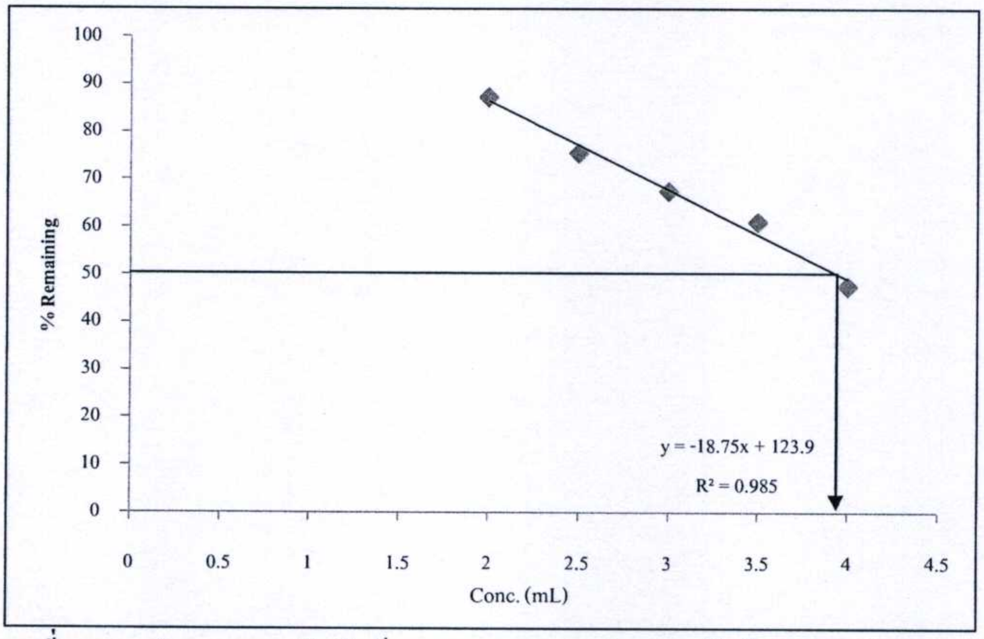
ภาพที่ 11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Remaining กับความเข้มข้นของชาบัวบกทำจากใบอ่อน(ก้าน) ชง 1 นาที



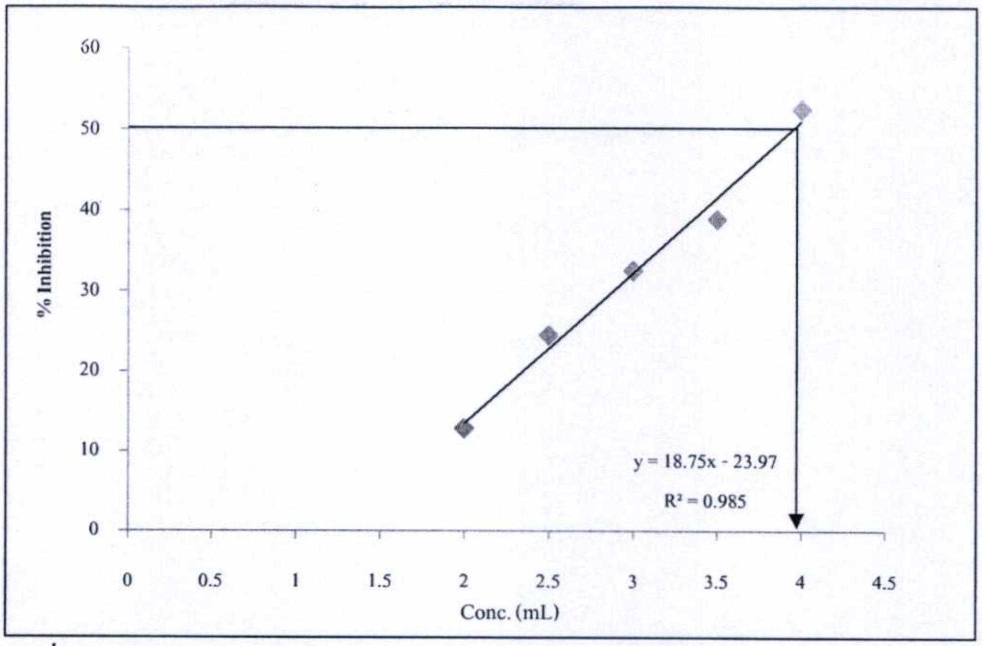
ภาพที่ 12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Inhibition กับความเข้มข้นของชาบัวบกทำจากใบอ่อน(ก้าน) ชง 1 นาที

ตารางที่ 7 DPPH assay ของใบอ่อน(ก้าน) ชาบัวบก ชง 2 นาที

ปริมาณชา(ml)	A517nm $(\overline{X})$	% Remaining $(\overline{X}$±SD)	% Inhibition $(\overline{X}$±SD)
0.0	0.81	0.00	0.00
2.0	0.70	87.17±0.46	12.83±0.46
2.5	0.61	75.43±0.09	24.57±0.09
3.0	0.54	67.42±0.39	32.59±0.39
3.5	0.49	61.04±0.57	38.96±0.57
4.0	0.38	47.48±0.22	52.52±0.22



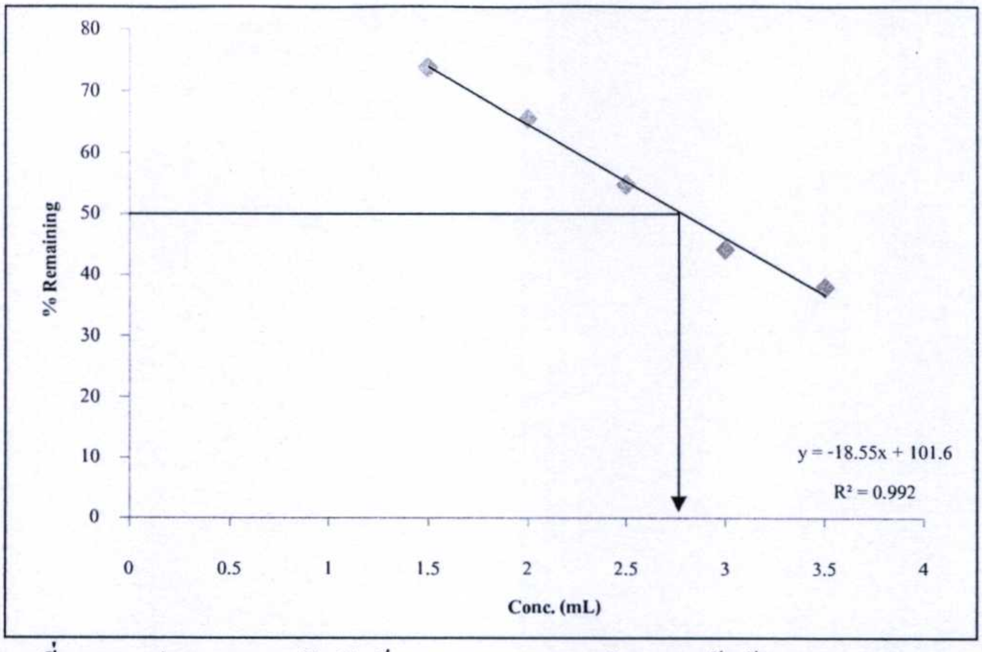
ภาพที่ 13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Remaining กับความเข้มข้นของชาบัวบกทำจากใบอ่อน(ก้าน) ชง 2 นาที



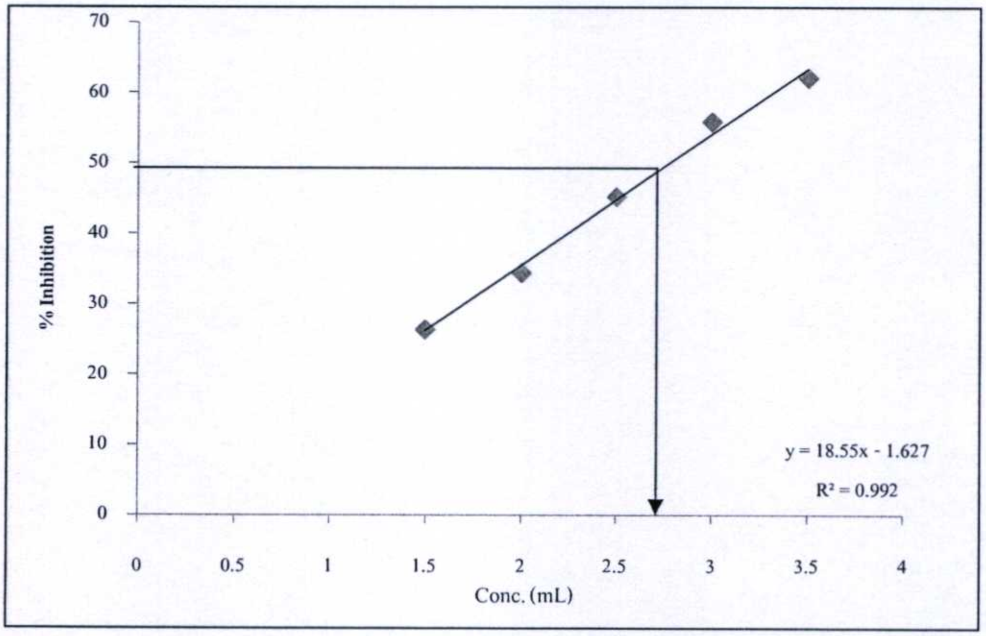
ภาพที่ 14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Inhibition กับความเข้มข้นของชาบัวบกทำจากใบอ่อน(ก้าน) ชง 2 นาที

ตารางที่ 8 DPPH assay ของใบอ่อน(ก้าน) ชาบัวบก ชง 3 นาที

ปริมาณชา(ml)	A517nm $(\overline{X})$	% Remaining $(\overline{X}\pm SD)$	% Inhibition $(\overline{X}\pm SD)$
0.0	0.81	0.00	0.00
1.5	0.60	73.66±0.20	26.34±0.20
2.0	0.53	65.57±0.46	34.43±0.46
2.5	0.44	54.80±0.19	45.20±0.19
3.0	0.36	44.18±0.81	55.82±0.81
3.5	0.31	37.96±0.26	62.04±0.26



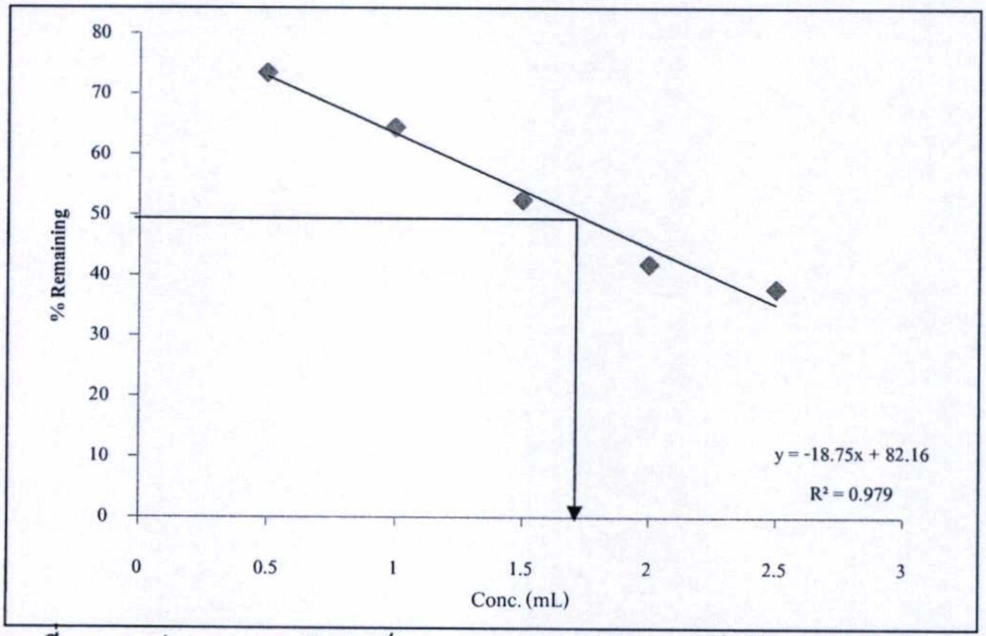
ภาพที่ 15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Remaining กับความเข้มข้นของชาบัวบกทำจากใบอ่อน(ก้าน) ชง 3 นาที



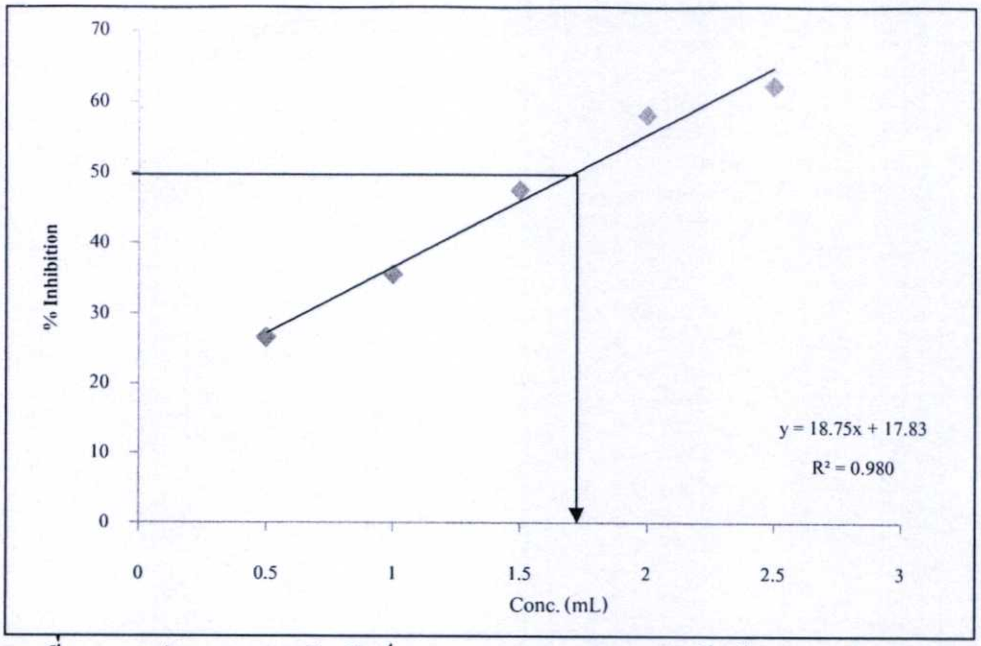
ภาพที่ 16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Inhibition กับความเข้มข้นของชาบัวบกทำจากใบอ่อน(ก้าน) ชง 3 นาที

ตารางที่ 9 DPPH assay ของใบอ่อน(ก้าน) ชาบัวบก ชง 4 นาที

ปริมาณชา(ml)	A517nm $(\overline{X})$	% Remaining $(\overline{X}\pm SD)$	% Inhibition $(\overline{X}\pm SD)$
0.0	0.76	0.00	0.00
0.5	0.56	73.44±0.58	26.56±0.58
1.0	0.49	64.48±0.20	35.53±0.20
1.5	0.40	52.51±0.70	47.45±0.70
2.0	0.32	41.91±0.18	58.09±0.18
2.5	0.29	37.84±0.37	62.16±0.37



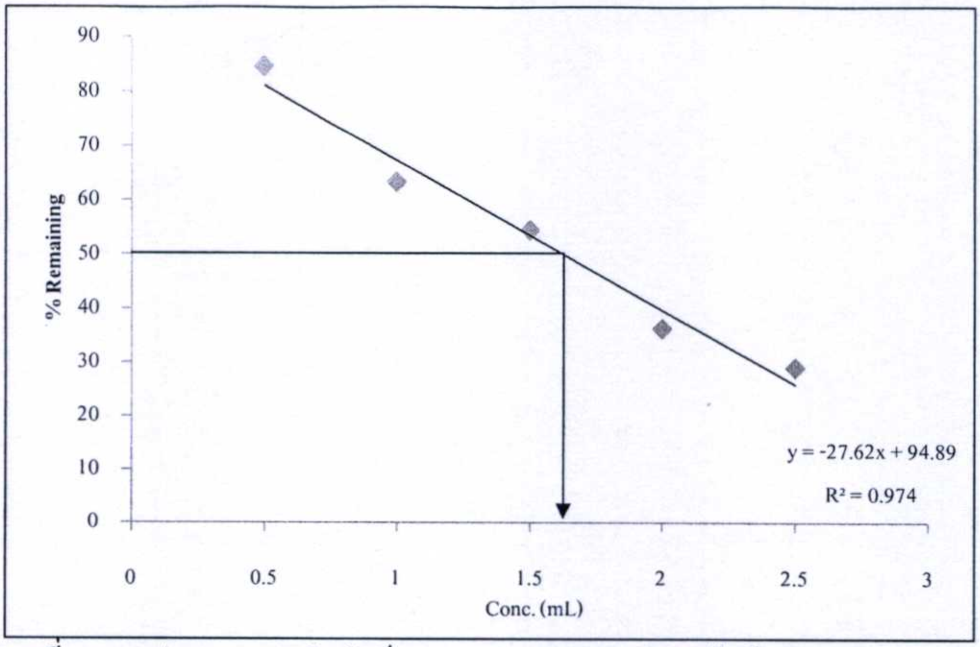
ภาพที่ 17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Remaining กับความเข้มข้นของชาบัวบกทำจากใบอ่อน(ก้าน) ชง 4 นาที



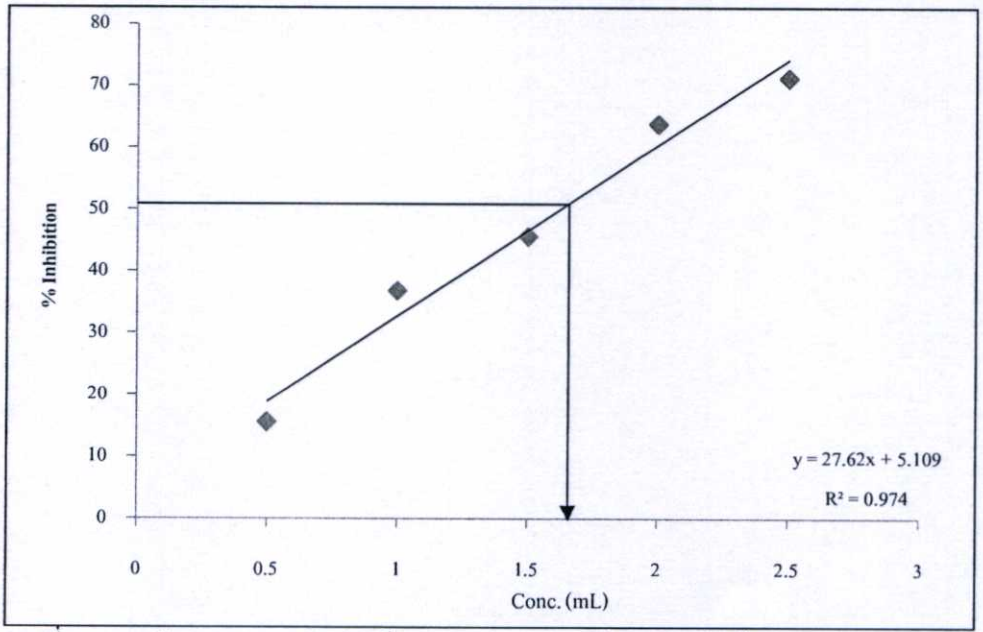
ภาพที่ 18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Inhibition กับความเข้มข้นของชาบัวบกทำจากใบอ่อน(ก้าน) ชง 4 นาที

ตารางที่ 10 DPPH assay ของใบอ่อน(ก้าน) ชาบัวบก ชง 5 นาที

ปริมาณชา(ml)	A517nm $(\overline{X})$	% Remaining $(\overline{X}\pm SD)$	% Inhibition $(\overline{X}\pm SD)$
0.0	0.76	0.00	0.00
0.5	0.64	84.45±1.00	15.55±1.00
1.0	0.48	63.24±0.42	36.76±0.42
1.5	0.41	54.43±0.49	45.57±0.49
2.0	0.27	36.22±1.13	63.78±1.13
2.5	0.22	28.90±0.52	71.10±0.52



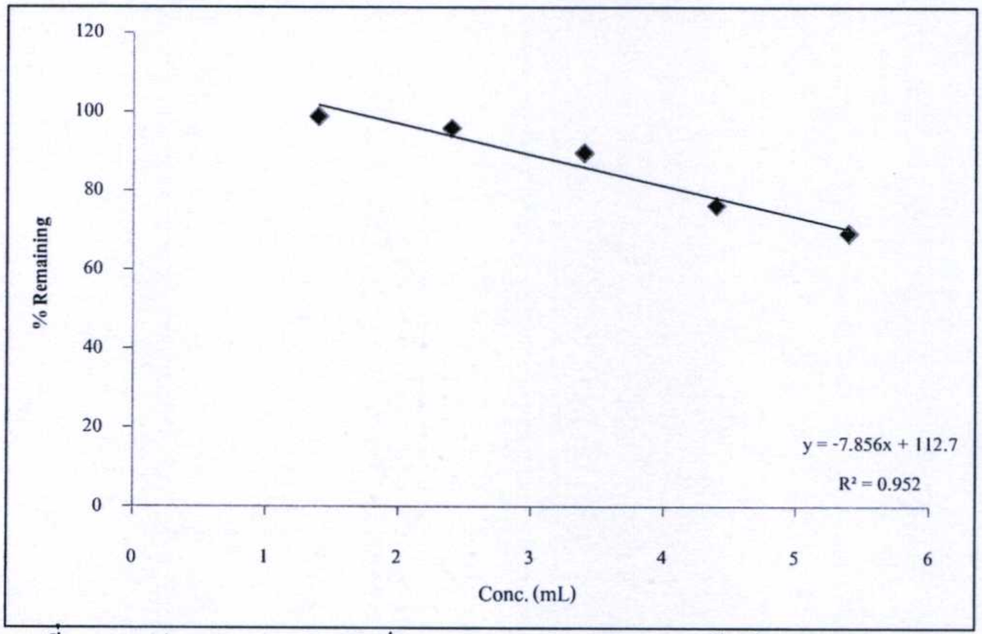
ภาพที่ 19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Remaining กับความเข้มข้นของชาบัวบกทำจากใบอ่อน(ก้าน) ชง 5 นาที



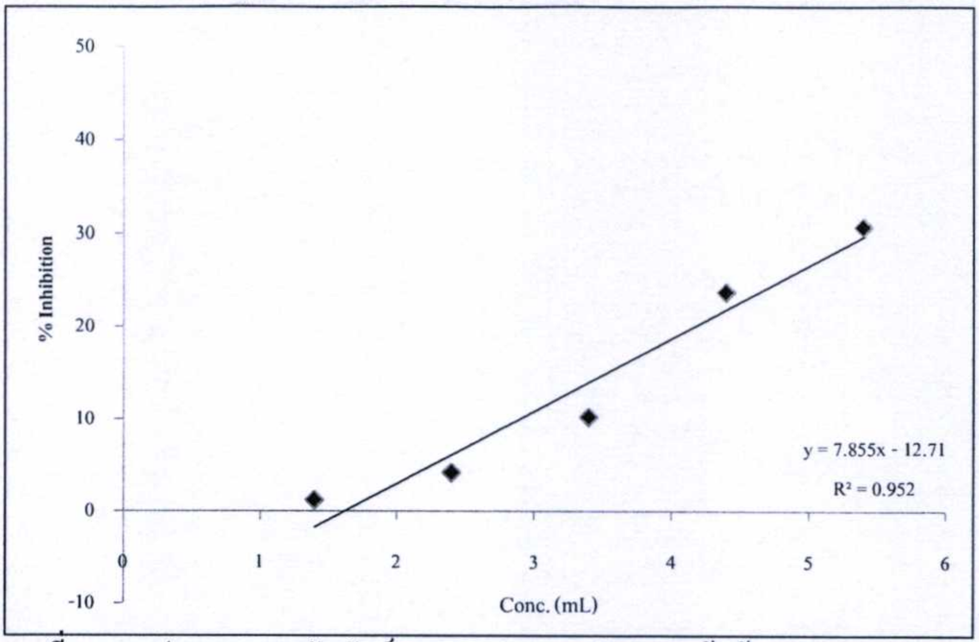
ภาพที่ 20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Inhibition กับความเข้มข้นของชาบัวบกทำจากใบอ่อน(ก้าน) ชง 5 นาที

ตารางที่ 11 DPPH assay ของใบแก่(ใบ) ชาบัวบก ชง 1 นาที

ปริมาณชา(ml)	A517nm ($\bar{X}$)	% Remaining ($\bar{X}$±SD)	% Inhibition ($\bar{X}$±SD)
0.0	0.82	0.00	0.00
1.4	0.81	98.80±0.23	1.20±0.23
2.4	0.78	95.85±0.21	4.15±0.21
3.4	0.73	89.78±0.18	10.23±0.18
4.4	0.60	76.28±0.14	23.72±0.14
5.4	0.57	69.31±2.29	30.70±2.29



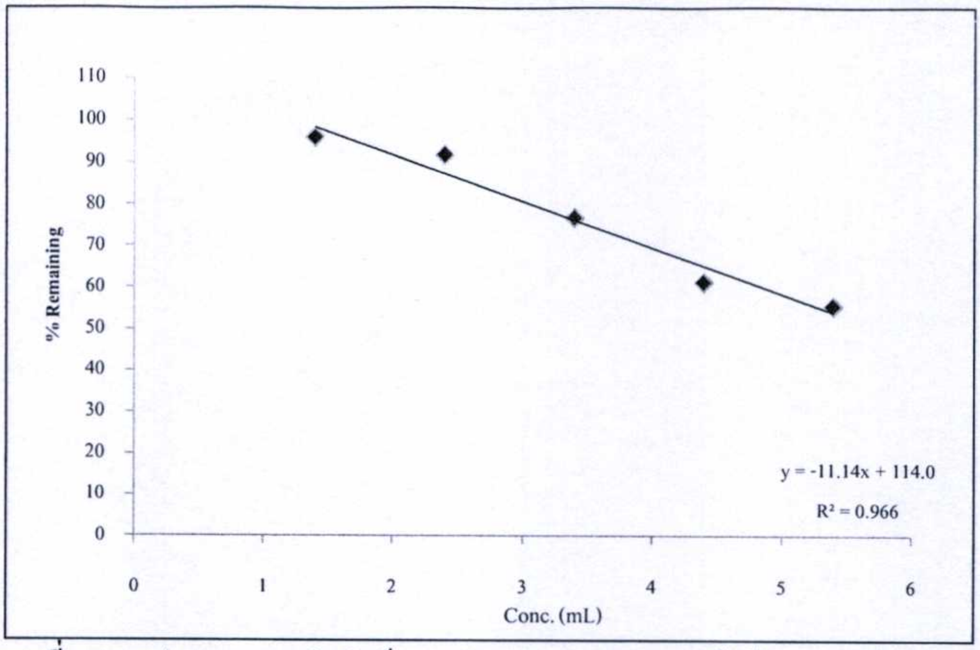
ภาพที่ 21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Remaining กับความเข้มข้นของชาบัวบกทำจากใบแก่ (ใบ) ชง 1 นาที



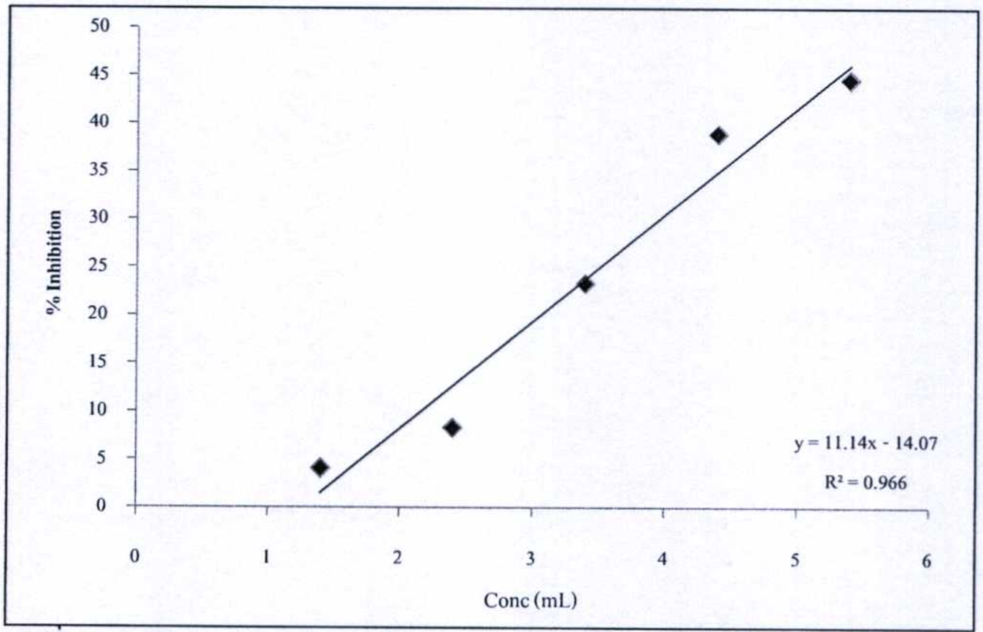
ภาพที่ 22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Inhibition กับความเข้มข้นของชาบัวบกทำจากใบแก่(ใบ) ชง 1 นาที

ตารางที่ 12 DPPH assay ของใบแก่(ใบ) ชาบัวบก ชง 2 นาที

ปริมาณชา(ml)	A_{517nm} $(\bar{X})$	% Remaining $(\bar{X}\pm SD)$	% Inhibition $(\bar{X}\pm SD)$
0.0	0.88	0.00	0.00
1.4	0.85	95.92±0.38	4.08±0.38
2.4	0.82	91.69±0.54	8.31±0.54
3.4	0.67	76.70±1.01	23.30±1.01
4.4	0.51	61.14±0.36	38.86±0.36
5.4	0.49	55.47±0.55	44.53±0.55



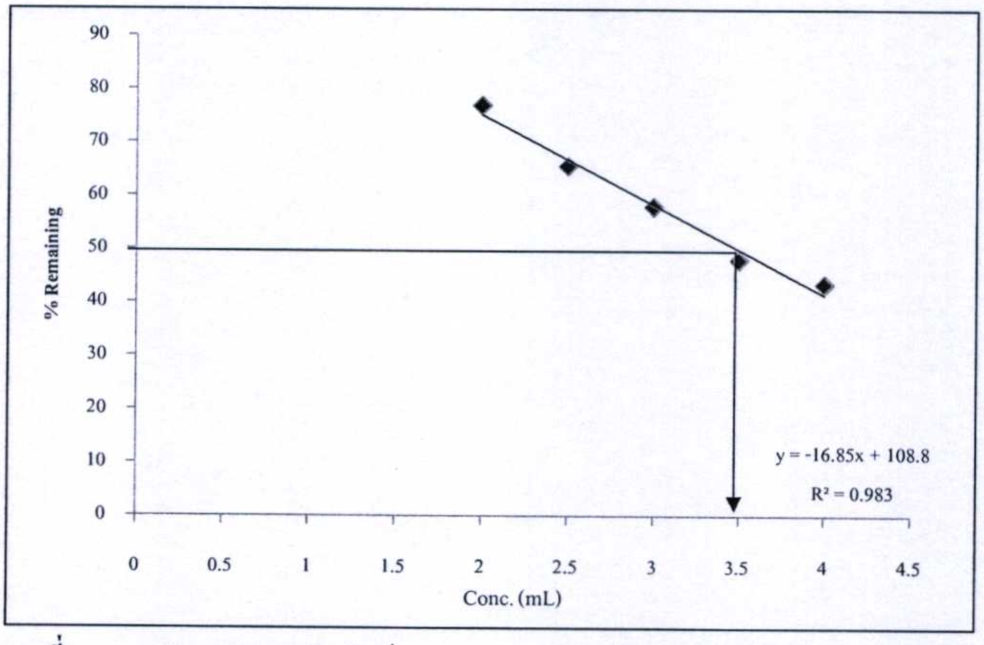
ภาพที่ 23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Remaining กับความเข้มข้นของชาบัวบกทำจากใบแก่(ใบ) ชง 2 นาที



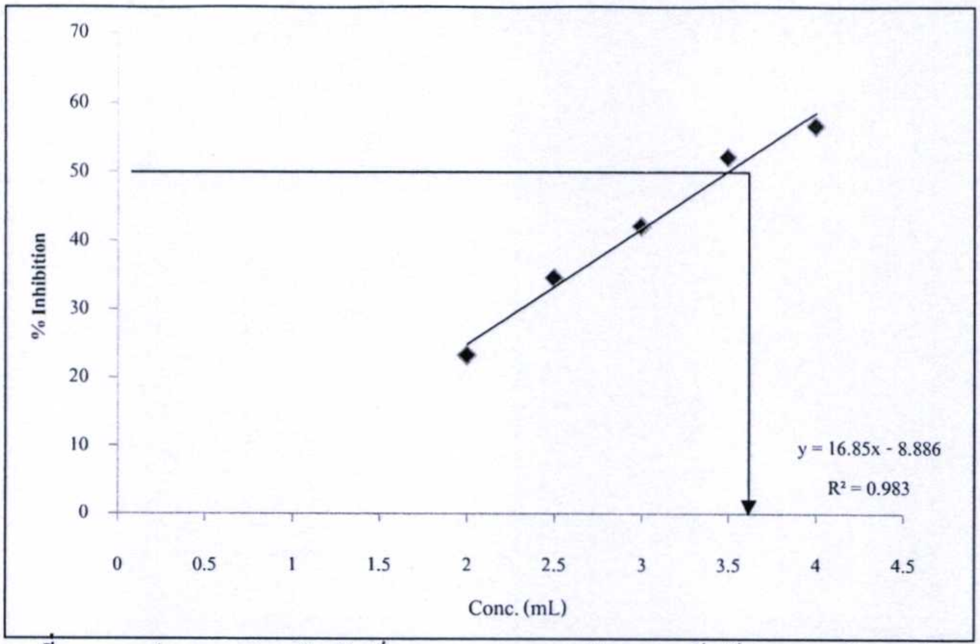
ภาพที่ 24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Inhibition กับความเข้มข้นของชาบัวบกทำจากใบแก่(ใบ) ชง 2 นาที

ตารางที่ 13 DPPH assay ของใบแก่(ใบ) ชาบัวบก ชง 3 นาที

ปริมาณชา(ml)	A_{517nm} $(\overline{X})$	% Remaining $(\overline{X}\pm SD)$	% Inhibition $(\overline{X}\pm SD)$
0.0	0.87	0.00	0.00
2.0	0.67	76.80±0.72	23.20±0.72
2.5	0.57	65.49±0.32	34.51±0.32
3.0	0.51	57.94±0.56	42.06±0.56
3.5	0.42	47.93±0.69	52.07±0.69
4.0	0.38	43.44±0.34	56.56±0.34



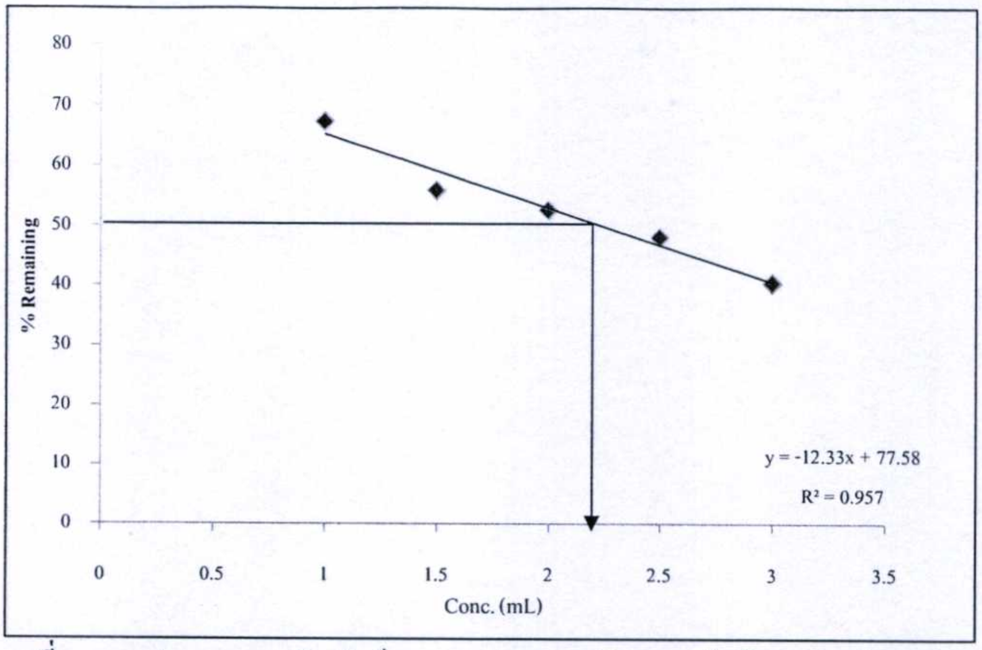
ภาพที่ 25 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Remaining กับความเข้มข้นของชาบัวบกทำจากใบแก่(ใบ) ชง 3 นาที



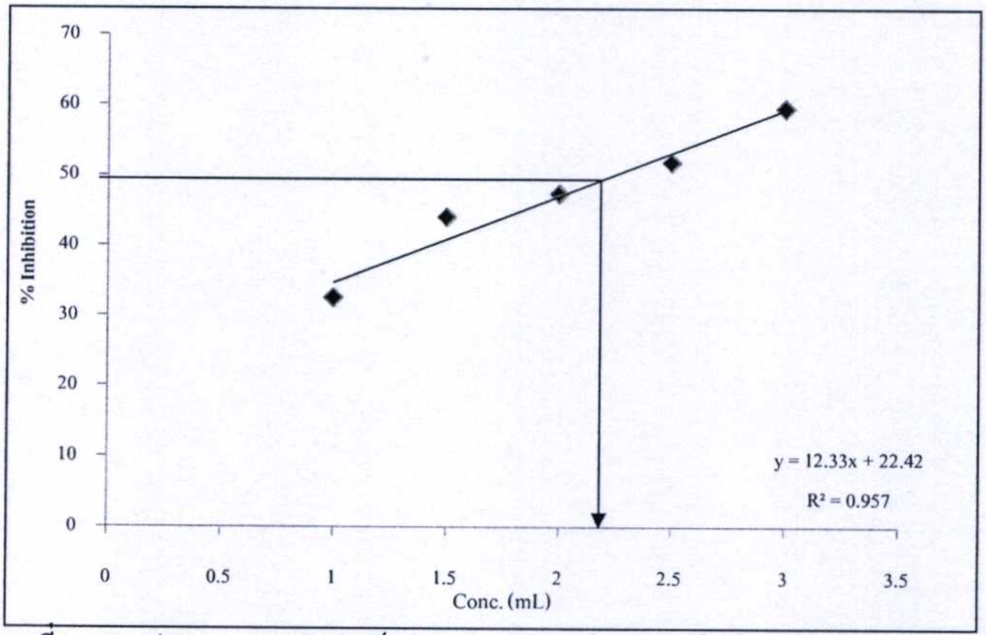
ภาพที่ 26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Inhibition กับความเข้มข้นของชาบัวบกทำจากใบแก่(ใบ) ชง 3 นาที

ตารางที่ 14 DPPH assay ของใบแก่(ใบ) ชาบัวบก ชง 4 นาที

ปริมาณชา(ml)	A_{517nm} $(\overline{X})$	% Remaining $(\overline{X}\pm SD)$	% Inhibition $(\overline{X}\pm SD)$
0.0	0.87	0.00	0.00
1.0	0.59	67.42±1.22	32.58±1.22
1.5	0.49	55.91±0.24	44.09±0.24
2.0	0.45	52.67±0.53	47.37±0.53
2.5	0.42	48.13±0.36	51.87±0.36
3.0	0.35	40.48±1.71	59.52±1.71



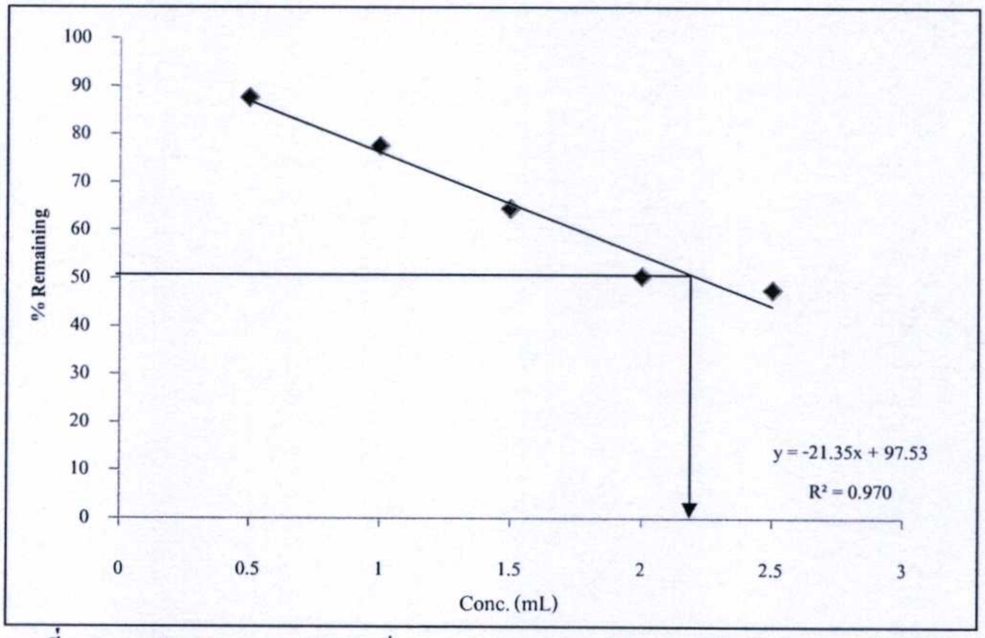
ภาพที่ 27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Remaining กับความเข้มข้นของชาบัวบกทำจากใบแก่ (ใบ) ชง 4 นาที



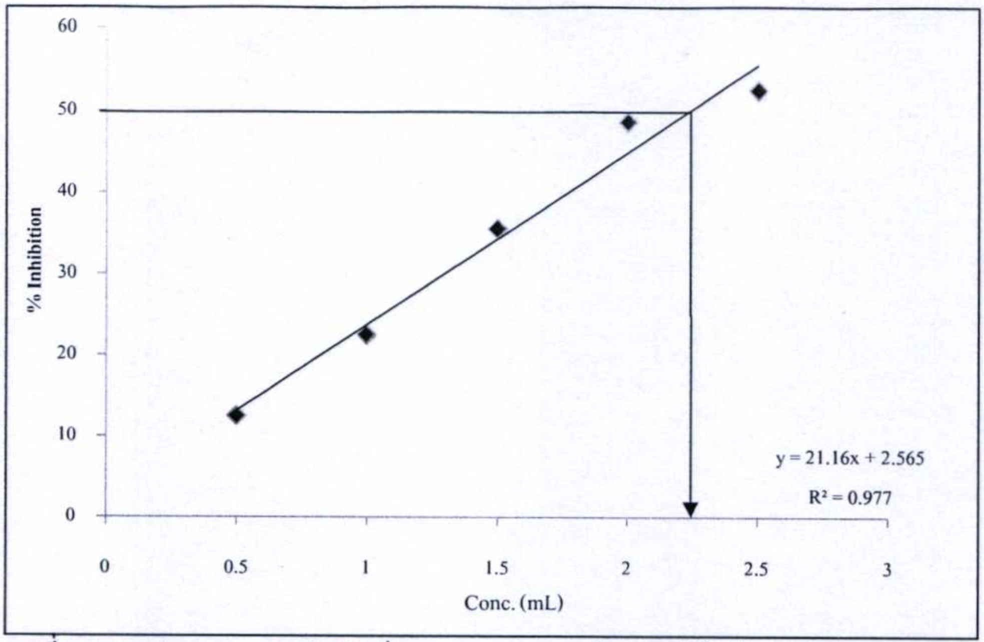
ภาพที่ 28 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Inhibition กับความเข้มข้นของชาบัวบกทำจากใบแก่(ใบ) ชง 4 นาที

ตารางที่ 15 DPPH assay ของใบแก่(ใบ) ชาบัวบก ชง 5 นาที

ปริมาณชา(ml)	A_{517nm} ($\overline{X}$)	% Remaining ($\overline{X}$±SD)	% Inhibition ($\overline{X}$±SD)
0.0	0.83	0.00	0.00
0.5	0.73	87.48±0.86	12.52±0.86
1.0	0.64	77.49±0.74	22.51±0.74
1.5	0.54	64.48±0.30	35.52±0.30
2.0	0.44	50.43±0.16	48.57±0.16
2.5	0.40	47.60±0.06	52.40±0.06



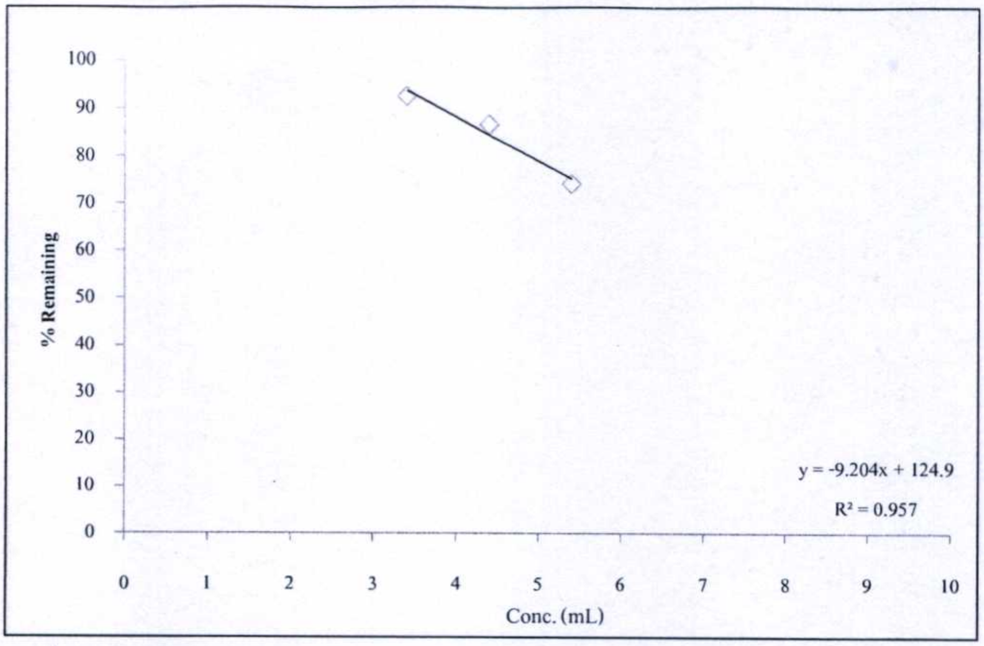
ภาพที่ 29 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Remaining กับความเข้มข้นของชาบัวบกทำจากใบแก่(ใบ) ชง 5 นาที



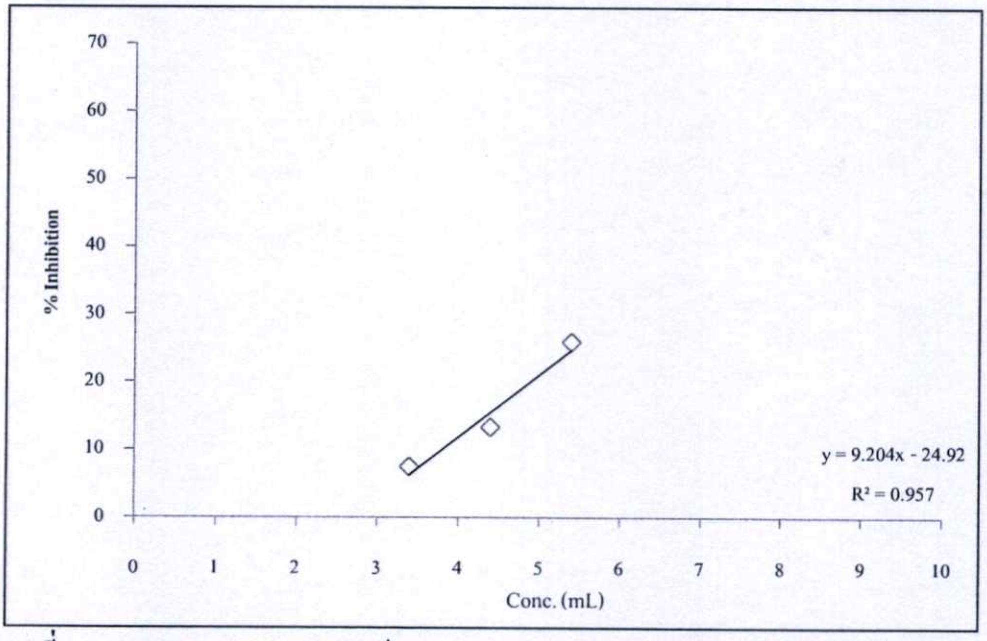
ภาพที่ 30 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Inhibition กับความเข้มข้นของชาบัวบกทำจากใบแก่(ใบ) ชง 5 นาที

ตารางที่ 16 DPPH assay ของใบแก่(ก้าน) ชาบัวบก ชง 1 นาที

ปริมาณชา(ml)	A_{517}nm ($\overline{X}$)	% Remaining ($\overline{X}$±SD)	% Inhibition ($\overline{X}$±SD)
0.0	0.85	0.00	0.00
3.4	0.84	92.51±0.91	7.49±0.91
4.4	0.74	86.67±0.33	13.33±0.33
5.4	0.60	74.10±0.37	25.90±0.37



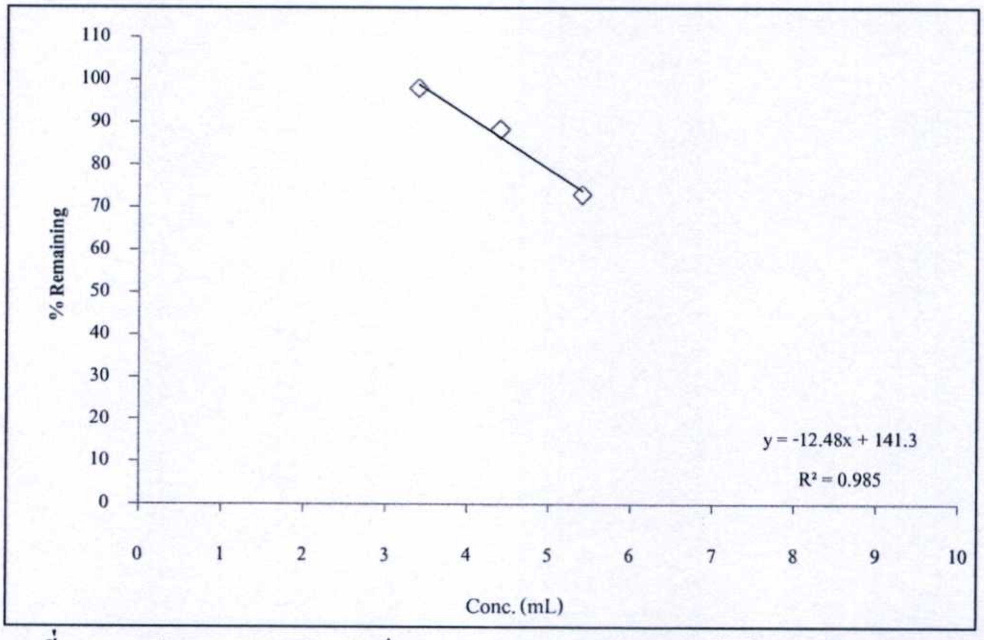
ภาพที่ 31 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Remaining กับความเข้มข้นของชาบัวบกทำจากใบแก่(ก้าน) ชง 1 นาที



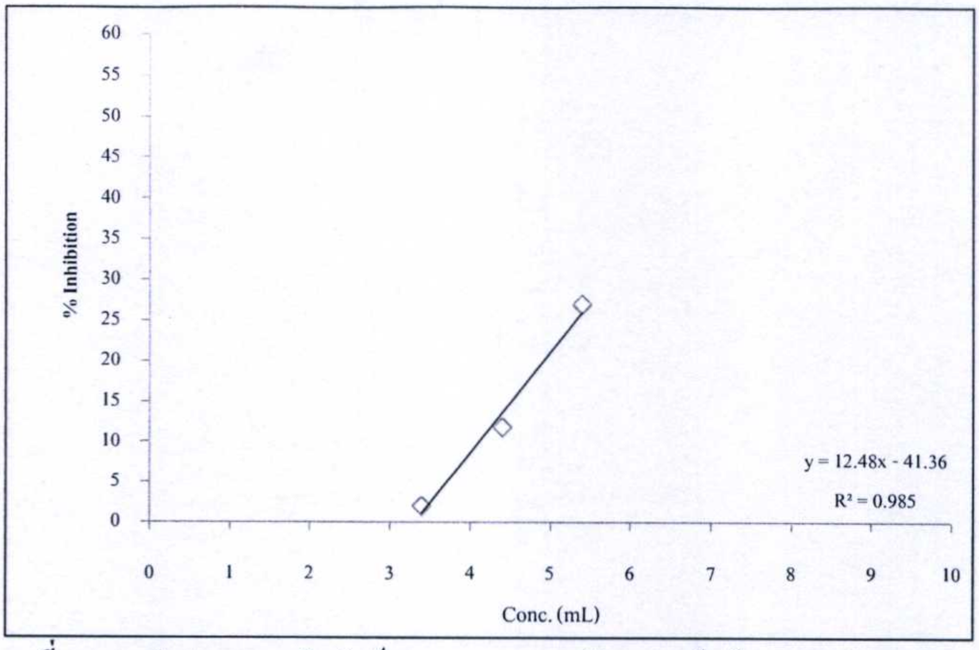
ภาพที่ 32 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Inhibition กับความเข้มข้นของชาบัวบกทำจากใบแก่(ก้าน) ชง 1 นาที

ตารางที่ 17 DPPH assay ของใบแก่(ก้าน) ชาบัวบก ชง 2 นาที

ปริมาณชา (ml)	A517nm ($\overline{X}$)	% Remaining ($\overline{X}$±SD)	% Inhibition ($\overline{X}$±SD)
0.0	0.85	0.00	0.00
3.4	0.84	98.05±0.67	1.95±0.67
4.4	0.65	88.22±1.65	11.78±1.65
5.4	0.62	73.08±0.90	26.92±0.90



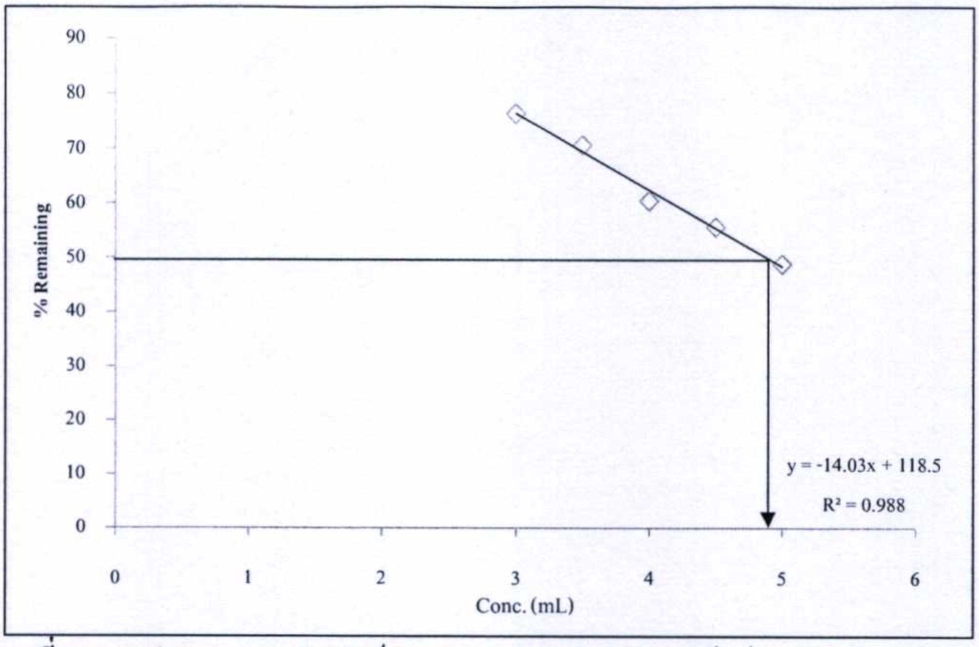
ภาพที่ 33 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Remaining กับความเข้มข้นของชาบัวบกทำจากใบแก่(ก้าน) ชง 2 นาที



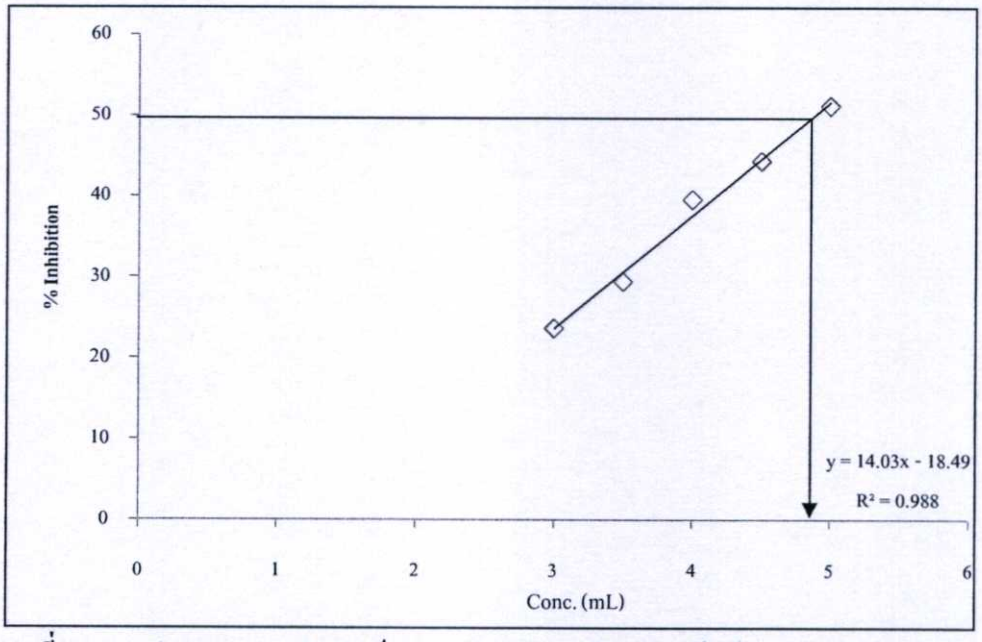
ภาพที่ 34 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Inhibition กับความเข้มข้นของชาบัวบกทำจากใบแก่(ก้าน) ชง 2 นาที

ตารางที่ 18 DPPH assay ของใบแก่(ก้าน) ชาบัวบก ชง 3 นาที

ปริมาณชา(ml)	A517nm $(\overline{X})$	% Remaining $(\overline{X}\pm SD)$	% Inhibition $(\overline{X}\pm SD)$
0.0	0.88	0.00	0.00
3.0	0.67	76.38±1.82	23.62±1.82
3.5	0.62	70.61±0.82	29.39±0.82
4.0	0.53	60.41±0.22	39.59±0.22
4.5	0.49	55.64±0.48	44.36±0.48
5.0	0.43	48.78±0.45	51.22±0.45



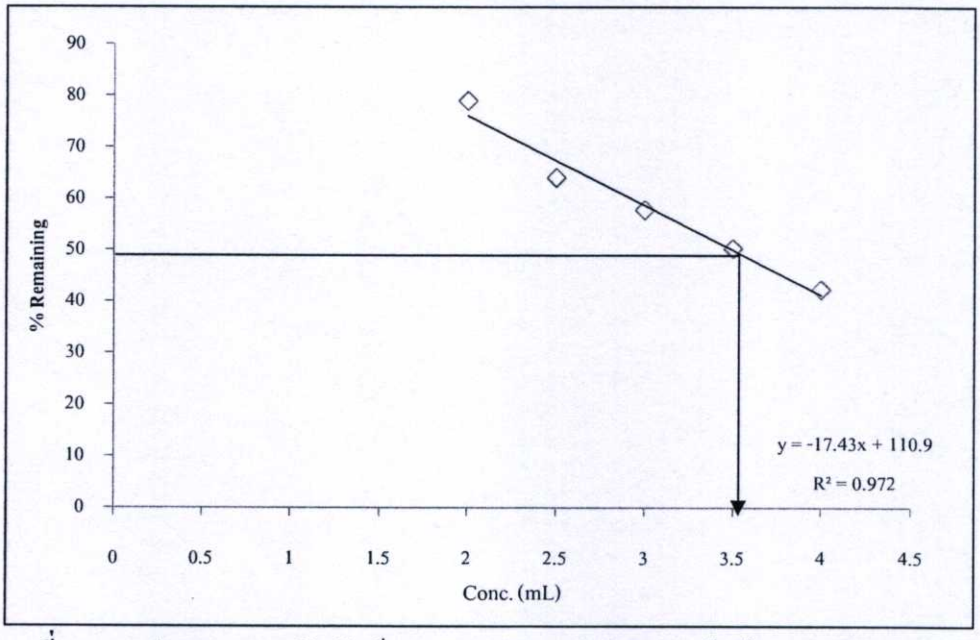
ภาพที่ 35 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Remaining กับความเข้มข้นของชาบัวบกทำจากใบแก่(ก้าน) ชง 3 นาที



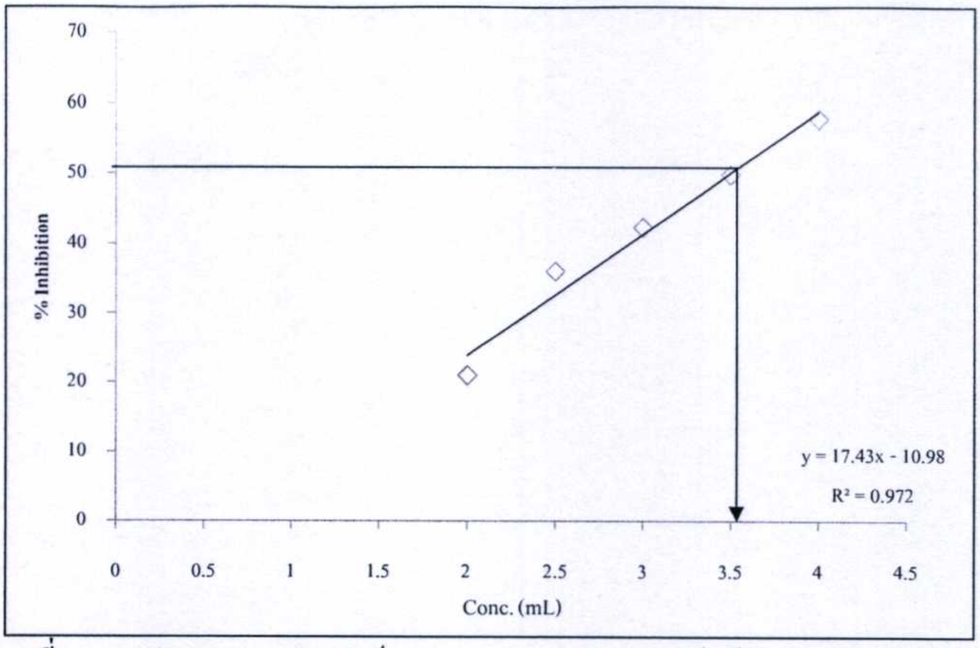
ภาพที่ 36 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Inhibition กับความเข้มข้นของชาบัวบกทำจากใบแก่(ก้าน) ชง 3 นาที

ตารางที่ 19 DPPH assay ของใบแก่(ก้าน) ชาบัวบก ชง 4 นาที

ปริมาณชา(ml)	A517nm $(\bar{X})$	% Remaining $(\bar{X}\pm SD)$	% Inhibition $(\bar{X}\pm SD)$
0.0	0.84	0.00	0.00
2.0	0.67	79.00±0.73	21.00±0.73
2.5	0.54	64.04±2.42	35.96±2.42
3.0	0.49	57.75±1.58	42.25±1.58
3.5	0.42	50.29±0.99	49.71±0.99
4.0	0.36	42.28±1.09	57.72±1.09



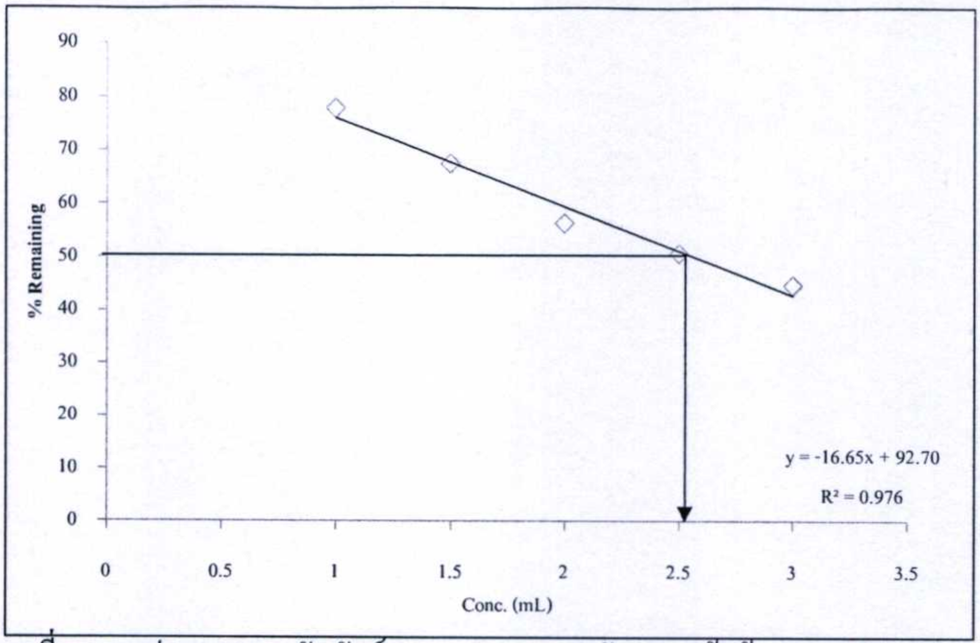
ภาพที่ 37 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Remaining กับความเข้มข้นของชาบัวบกทำจากใบแก่(ก้าน) ชง 4 นาที



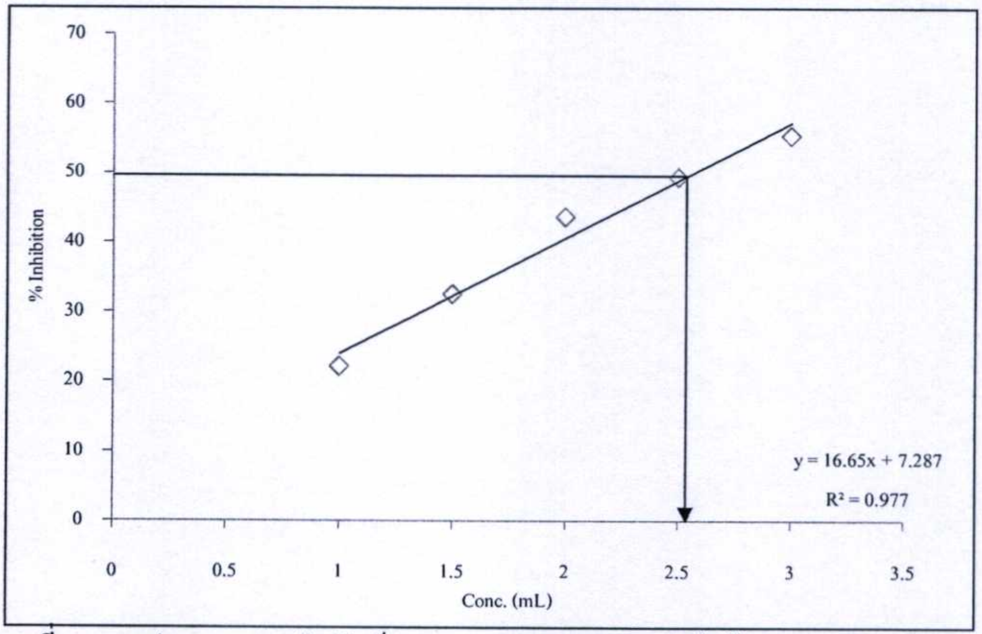
ภาพที่ 38 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Inhibition กับความเข้มข้นของชาบัวบกทำจากใบแก่(ก้าน) ชง 4 นาที

ตารางที่ 20 DPPH assay ของใบแก่(ก้าน) ชาบัวบก ชง 5 นาที

ปริมาณชา(ml)	A517nm $(\bar{X})$	% Remaining $(\bar{X}\pm SD)$	% Inhibition $(\bar{X}\pm SD)$
0.0	0.84	0.00	0.00
1.0	0.66	77.86±0.27	22.14±0.27
1.5	0.57	67.49±0.48	32.51±0.48
2.0	0.47	56.37±0.34	43.63±0.34
2.5	0.43	50.63±0.33	49.37±0.33
3.0	0.38	44.66±0.21	55.35±0.21



ภาพที่ 39 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Remaining กับความเข้มข้นของชาบัวบกทำจากใบแก่(ก้าน) ชง 5 นาที



ภาพที่ 40 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Inhibition กับความเข้มข้นของชาบัวบกทำจากใบแก่(ก้าน) ชง 5 นาที

คณะเกษตรศาสตร์ฯ
มหาวิทยาลัยนเรศวร

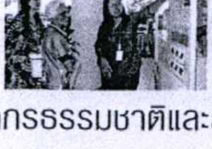
Proceedings

การประชุมวิชาการ

งานเกษตรนเรศวร ครั้งที่ 11
(เกษตรภาคเหนือตอนล่าง)

"การสร้างความเข้มแข็งทางการเกษตร ด้วยเครือข่ายทางวิชาการในเอเชียตะวันออก"

30-31 กรกฎาคม 2556



ณ คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร

แมลงศัตรูในโรงเก็บของชาบัวบก

Stored Pest of Asiatic Pennywort Tea

เจนจิรา นามี[1*] และสุวรินทร์ บำรุงสุข[2]

Janejira Name[1] and Suvarin Bumroongsook[2]

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยในครั้งนี้เพื่อศึกษาชนิดและการเข้าทำลายแมลงในชาบัวบกโดยการทดลองได้เก็บรักษาชาบัวบกพร้อมดื่มที่อุณหภูมิ 3 ระดับคือ 3,20 °C และที่อุณหภูมิห้อง และภาชนะบรรจุ 3 แบบ คือกล่องกระดาษปิดฝา กล่องกระดาษเปิดฝา โหลแก้วใส่สารดูดความชื้น เก็บรักษาชาบัวบกไว้เป็นเวลา1 ปี ผลการทดลอง พบว่า ในภาชนะกล่องกระดาษบรรจุทั้ง 2 แบบที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องพบมอดยาสูบ *Lasioderma serricorne* (F.)ซึ่งเป็นแมลงขนาดเล็ก ตัวเต็มวัยมีรูปไข่ นูนสีน้ำตาล ส่วนหัวและอกปล้องแรกงองุ้มและโค้งลงด้านล่าง วงจรชีวิตจากระยะไข่จนกลายเป็นตัวเต็มวัยใช้เวลา 30-40 วัน มอดยาสูบเข้าทำลายชาบัวบกเก็บในภาชนะเปิดฝาพบการทำลายของมอดยาสูบมากที่สุดและรองลงมาคือกล่องปิดฝาพบการทำลายของมอดยาสูบจะเข้าไปกัดกินถุงชาและวางไข่ในชาบัวบก

คำสำคัญ : บัวบก มอดยาสูบ แมลงศัตรู ในโรงเก็บ

Abstract

The objective of this research is to investigate stored pests and their infestation of asiatic pennywort tea by having instant tea storage for 1 year at 3 different temperatures: 3,20° C and room temperature(36-40° C) and 3 different types of packaging(closed paper boxes, opened lid paper boxes and glass jar with desiccant). The results showed that both types of paper boxes kept at room temperatures was found cigarette beetles, *Lasioderma serricorne* (Fabricius). It is a small insect with reddish brown color and rounded, oval shape. The head and pronotum bent downward. Its life cycle from egg to an adult ranged from 30to 40 days. The destruction of cigarette beetle was found most in the opened lid boxes and following by the closed paper box stored. The destruction of the this beetle was showing through tea bags and lay eggs on asiatic pennywort tea leave.

Keywords: Asiatic Pennywort cigarette beetle stored pest

[1,2]สาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

[1,2]Plant Production Technology,Faculty of Agricultural Technology King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang,Bangkok10520

*Corresponding author : E-mail: Janejia.jn@gmail.com

บทนำ

ใบบัวบก มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Centella asiatica*(Linn) มีชื่อสามัญว่า asiatic pennywort อยู่ในวงศ์ Umbelliferae เป็นพืชล้มลุกขนาดเล็กที่มีลักษณะคล้ายบัว ลำต้นเลื้อยแผ่ไปตามดิน มีรากงอกออกมาตามลำต้น ก้านใบงอกตรงจากดิน ใบมีสีเขียว ใบรูปกลมรีเล็กน้อย ดอกสีม่วงแดงเข้ม บัวบกมีกลิ่นหอม รสขมเล็กน้อย ประโยชน์ในทางยา มีฤทธิ์ในการรักษาแผล อาจใช้ในรูปครีม ยารับประทานหรือผงโรยแผล ใบบัวบกสด สามารถใช้รักษาแผลเรื้อรังจากการกดทับที่เกิดจากอุบัติเหตุ และยังนำมารับประทานสด ใช้เป็นผักทานแกล้มกับอาหาร เช่น ลาบ ผัดไทยและแกงเผ็ดของทางใต้ นอกจากนี้น้ำคั้นจากใบบัวบก ยังช่วยบำรุงความจำ อาการเมื่อยล้า อ่อนเพลีย แก้ร้อนใน กระหายน้ำ ชุ่มคอ และยังแก้ช้ำภายใน(สุจินดา และอิศรพงษ์,2544)

ปัจจุบันจะเห็นได้ว่าคนไทยหันมาใส่ใจกับสุขภาพกันมากขึ้น หันมาบริโภคพืชผักสมุนไพรที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ใบบัวบกเป็นพืชสมุนไพรที่มีประโยชน์ต่อร่างกายมาก มีสารประกอบฟลาโวนอยด์ที่มีคุณสมบัติในการต่อต้านอนุมูลอิสระ ใบบัวบกยังอุดมไปด้วยวิตามินเอ วิตามินบี 1 วิตามินบี2 วิตามินบี6 และแร่ธาตุมากมาย พืชสมุนไพรยังให้ผลดีและปลอดภัยกว่าสารเคมีสังเคราะห์จึงเป็นที่นิยมของผู้บริโภค ใบบัวบกยังมีความสำคัญทางเศรษฐกิจท้องถิ่นในประเทศไทยประกอบกับเป็นพืชที่ปลูกได้ง่ายในทุกท้องถิ่น มีราคาต่ำ และเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่า และสร้างทางเลือกในการพัฒนาผลิตภัณฑ์สมุนไพร โดยการนำมาผลิตเป็นน้ำใบบัวบกพร้อมดื่ม ยังเป็นการช่วยยืดอายุการเก็บเกี่ยวและยังสะดวกต่อการรับประทานของคนในยุคปัจจุบัน(สุภวรรณ,2556)

เมื่อเรานำใบบัวบกมาแปรรูปเป็นชาบัวบก เราจะพบปัญหาเกี่ยวกับการเก็บชาบัวบกไว้สำหรับดื่มที่มีการเก็บไว้เป็นเวลามากกว่า 1 ปี จะพบปัญหาเกี่ยวกับการเข้าทำลายของแมลงหลังการเก็บเกี่ยวของชา แมลงที่เข้าทำลายส่วนใหญ่เราจะพบ มอดยาสูบ *Lasioderma serricorne* (F.)ซึ่งเป็นแมลงขนาดเล็กจะทำความเยหายให้กับชาเป็นอย่างมากหรือเกิดความเสียหายทั้งหมดไม่สามารถนำกับมารับประทานได้

ดังนั้นจึงมีการศึกษาการเก็บชาบัวบกไว้ที่อุณหภูมิ 3 ระดับคือ 3,20 °C และที่อุณหภูมิห้อง และภาชนะบรรจุ 3 แบบ คือกล่องกระดาษปิดฝา กล่องกระดาษเปิดฝา โหลแก้วใส่สารดูดความชื้น เก็บรักษาชาบัวบกไว้เป็นเวลา 1 ปี เพื่อสังเกตการเข้าทำลายของมอดยาสูบ *Lasioderma serricorne* (F.) และศึกษาวงจรชีวิต เพื่อหาวิธีในการป้องกันกำจัดและวิธีการเก็บรักษาชาไม่ให้ถูกมอดยาสูบเข้าทำลาย เกิดความเสียหาย

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1.ตู้อบลมร้อน(nemmert)

2.เครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง (Precisa XT 220A)

3.เครื่องบดปั่น

4.กล่องกระดาษขนาด $8 \times 8 \times 9$ ซม^3

5.ซองบรรจุชาขนาด 5×5 เซนติเมตร

6.เครื่องซีลถุงพลาสติก (KS-300)

7.ตู้ควบคุมอุณหภูมิ 3 °C

8.ตู้ควบคุมอุณหภูมิ 20 °C

9.โหลแก้ว

10.สารดูดความชื้น

11.กล้องจุลทรรศน์

12.ใบบัวบก

1.วิธีการทำชาบัวบก

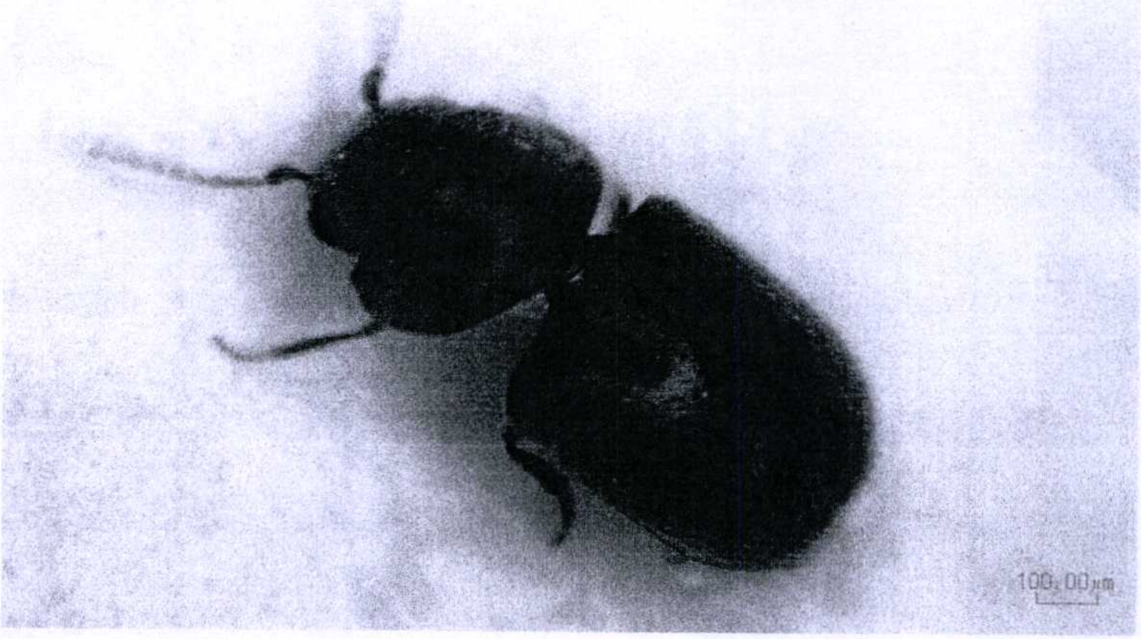
เก็บตัวออย่างใบบัวบกจากแปลงปลูกบัวบก คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง นำมาล้างให้สะอาด นำไปอบที่อุณหภูมิ 50 °C ที่ระยะเวลา 8 ชั่วโมง แล้วนำมาปั่นให้ละเอียดโดยใช้เครื่องปั่น นำใบบัวบกที่ปั่นละเอียดแล้วมาบรรจุซองขนาด 5×5 เซนติเมตร นำมาใส่ในกล่องกระดาษขนาด 8 × 8 × 9 ซม ^{3} กล่องละ 10 ซอง เก็บรักษาชาบัวบกพร้อมดื่มที่อุณหภูมิ 3 ระดับคือ 3,20 °C และที่อุณหภูมิห้อง และภาชนะบรรจุ 3 แบบ คือกล่องกระดาษปิดฝา กล่องกระดาษเปิดฝา โหลแก้วใส่สารดูดความชื้น เก็บรักษาชาบัวบกไว้เป็นเวลา 1 ปี

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

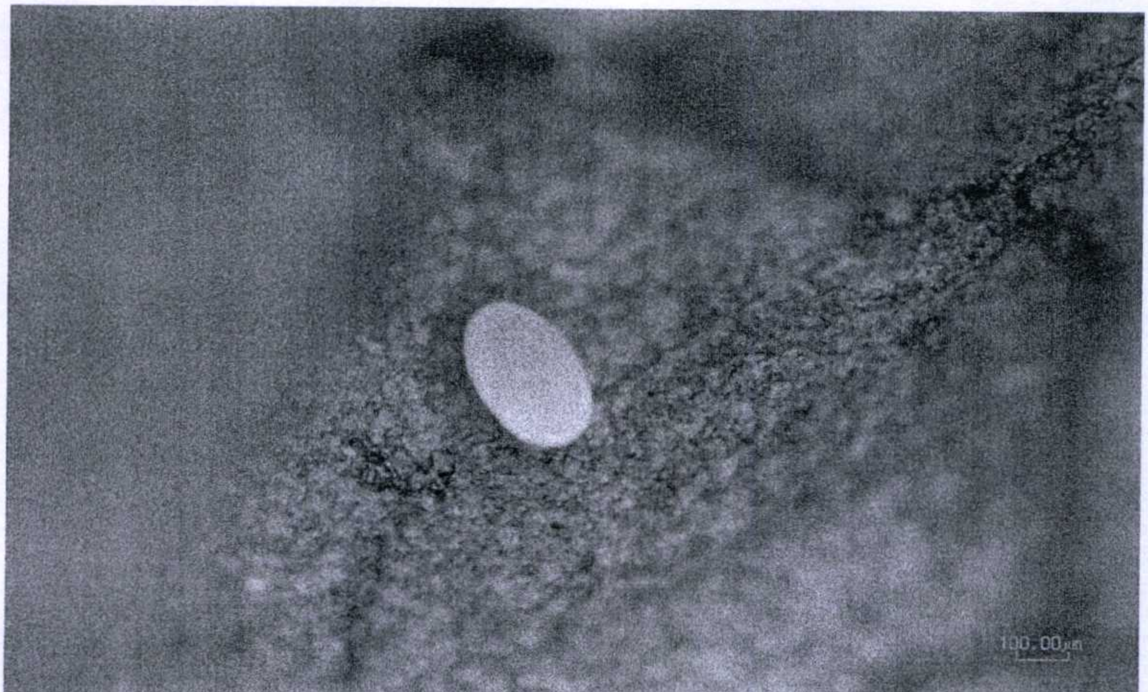
จากการทดลองเราจะพบว่าในภาชนะกล่องกระดาษบรรจุทั้ง 2 แบบที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง พบ มอดยาสูบ (Cigarette beetle) ซึ่งเป็นแมลงจำพวกด้วงปีกแข็งที่มีขนาดเล็ก มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Lasioderma serricorne* (Fabricius) จัดอยู่ในวงศ์ Anobiidae อันดับ Coleoptera โดยแมลงชนิดนี้เป็นแมลงศัตรูที่สำคัญของใบยาสูบ บุหรี่ ซิการ์ เครื่องเทศ ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากพืชอบแห้ง เช่น ข้าว ข้าวโอ๊ต ชาชนิดต่าง ๆ ปลาแห้ง ดอกไม้แห้ง โกโก้ แป้งมันสำปะหลัง กระเทียม พริก และพริกไทย นอกจากนั้นยังทำลายซากพืชและสัตว์ในเก็บรักษาไว้ในโรงเก็บอีกด้วย มอดยาสูบตัวเต็มวัยเป็นแมลงขนาดเล็ก(ภาพที่ 1) ลำตัวยาว 3.57-3.67 มม.(เฉลี่ย 3.59 ± 0.029 มม.) ลำตัวกว้าง 2.27-2.38 มม. (เฉลี่ย 2.3 ± 0.035 มม.) ตัวเต็มวัยรูปร่างกลมรี สีน้ำตาลแดง มีขนละเอียดปกคลุมลำตัว ลำตัวลักษณะโค้งนูน ส่วนหัวและอกปล้องแรกงองุ้มลงด้านล่าง หนวดยาวลักษณะแบบฟันเลื่อยมีจำนวน 11 ปล้อง ปีกสีน้ำตาลคลุมท้องมิด ปล้องท้องด้านล่างมีทั้งหมด 5 ปล้อง ขาสีน้ำตาล เพศเมียมอดยาสูบ วางไข่แบบฟองเดี่ยว(ภาพที่ 2) รูปร่างกลมรีสีขาวครีมมีความยาว 0.35-0.38 มม.(เฉลี่ย 0.36 ± 0.009 มม.) และกว้าง 0.19-0.21 มม.(เฉลี่ย 0.2 ± 0.004 มม.)โดยวางไข่ตามช่องหรือรอยแตกของผลิตภัณฑ์(ภาพที่ 3) เพศเมียสามารถวางไข่ได้ถึง 100 ฟอง ไข่ฟักออกเป็นตัวหนอนภายใน 3-7 วัน ตัวหนอนมีสีเหลืองปนขาว(ภาพที่ 4) มีความยาว 4.28-4.61 มม.(เฉลี่ย 4.45±0.103 มม.) และกว้าง 2.18-2.37 มม.(เฉลี่ย 2.26±0.06 มม.) โค้งเป็นรูปตัวซี "C" หนอนแรกฟักจะเคลื่อนที่หาช่องหรือรอยแตก เพื่อเข้าไปกัดกินอาหารที่อยู่ภายในช่องหรือรอยแตก ระยะตัวหนอนใช้

เวลานาน 21-28 วัน หลังจากนั้นจึงเข้าดักแด้ในปลอกที่ตัวหนอนสร้างขึ้นมา (ภาพที่ 5) ดักแด้(ภาพที่ 6)มีความยาว 2.79-2.90 มม.(เฉลี่ย 2.87±0.041 มม.) และความกว้าง 1.21-1.30 มม.(เฉลี่ย 1.26±0.025 มม.)โดยระยะดักแด้ใช้เวลานาน 5-8 วัน จึงออกมาเป็นตัวเต็มวัย ตัวเต็มวัยมีชีวิตอยู่ได้นานประมาณ 25 วัน ตัวเต็มวัยไม่กินอาหารหรือกินอาหารน้อยมาก มีความสามารถในการบินสูงและเคลื่อนที่ได้รวดเร็ว ตัวเต็มวัยแกล้งทำเป็นตาย เมื่อถูกรบกวนโดยงอตัวนิ่งและไม่เคลื่อนไหว เมื่อรู้สึกว่าปลอดภัยแล้วจะเดินและบินหนีไปอย่างรวดเร็ว ระยะเวลาที่ใช้ในการเจริญเติบโตจากไข่จนกระทั่งออกเป็นตัวเต็มวัยใช้ระยะเวลา 43-50 วัน ตัวเต็มวัยเข้าทำลายโดยการกัดเจาะเข้าไปหรือมุดเข้าไปตามช่องหรือรอยแตกของภาชนะบรรจุ(ภาพที่ 7) เช่น พลาสติก กระดาษ อลูมิเนียมฟอยล์ และกล่องที่ทำด้วยไม้ เพื่อเข้าไปวางไข่ เมื่อตัวหนอนฟักออกจากไข่แล้วจึงเข้าไปกัดกินอาหารที่อยู่ภายในบรรจุภัณฑ์ ทำให้อาหารที่บรรจุอยู่ภายในถูกกัดกินเป็นรูพรุน โดยเราจะพบซากของปลอกดักแด้และซากของตัวเต็มวัยที่ตายแล้วอยู่ภายในถุงหรือบรรจุภัณฑ์(ชูวิทย์ ,2535)

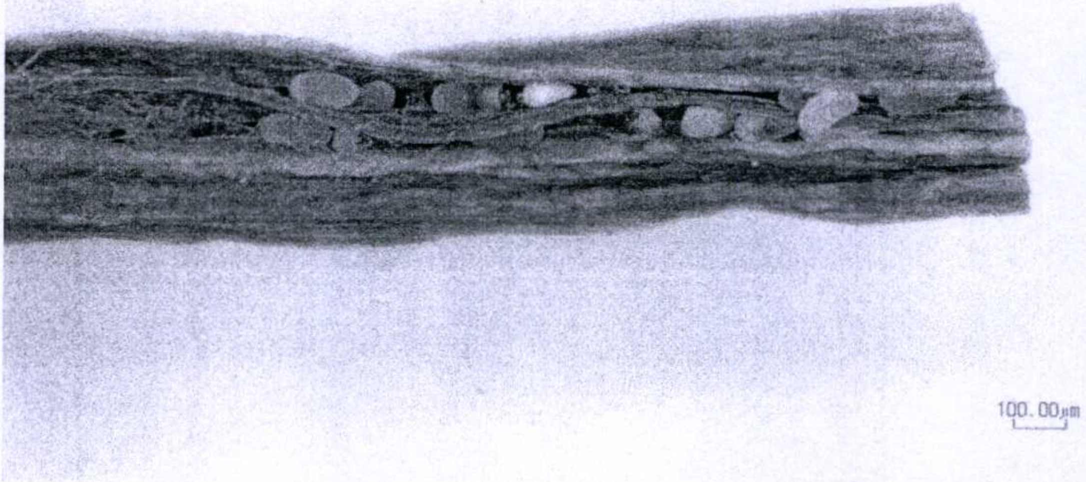
ระยะการเจริญเติบโต	พิสัย		ค่าเฉลี่ย ± SD	
	กว้าง	ยาว	กว้าง	ยาว
ไข่	0.19-0.21	0.35-0.38	0.20±0.004	0.36±0.009
หนอนวัย 1	0.18-0.21	0.40-0.42	0.20±0.007	0.41±0.010
วัย 2	0.54-0.67	1.87-2.09	0.61±0.034	2.00±0.073
วัย 3	1.58-1.73	3.64-3.79	1.67±0.051	3.71±0.046
วัย 4	2.18-2.37	4.28-4.61	2.26±0.060	4.45±0.103
ดักแด้	1.21-1.30	2.79-2.90	1.26±0.025	2.87±0.041
ตัวเต็มวัย	2.27-2.38	3.57-3.67	2.30±0.035	3.59±0.029



ภาพที่ 1 ตัวเต็มวัยของมอดยาสูบ *serricorne* (Fabricius)

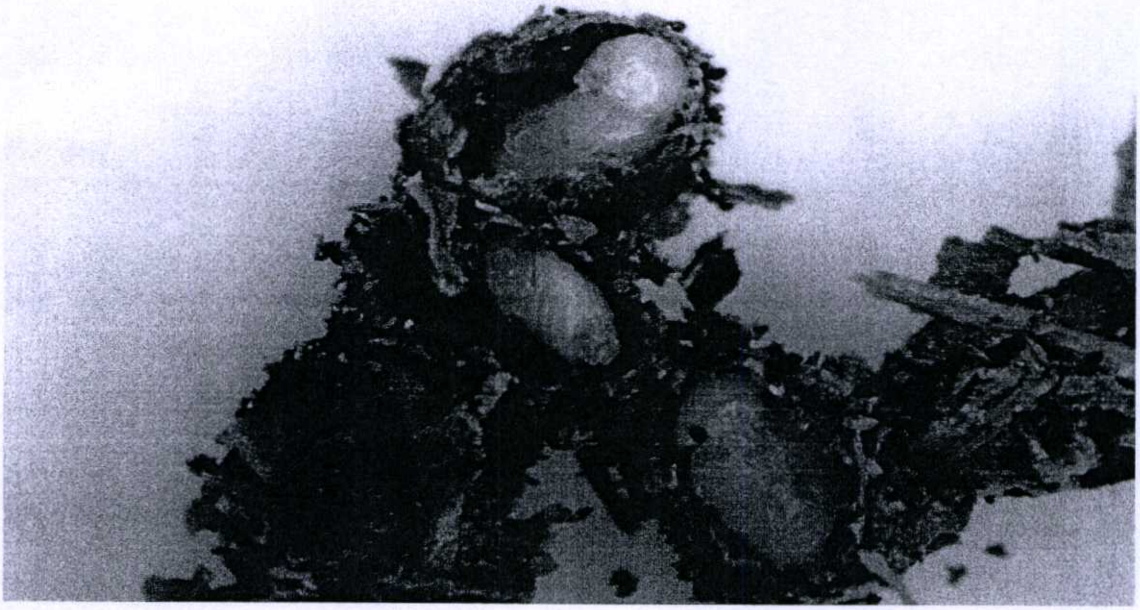


ภาพที่ 2 ไข่ของมอดยาสูบ *serricorne* (Fabricius) ขยายให้เห็นโครงสร้างทั่วไป

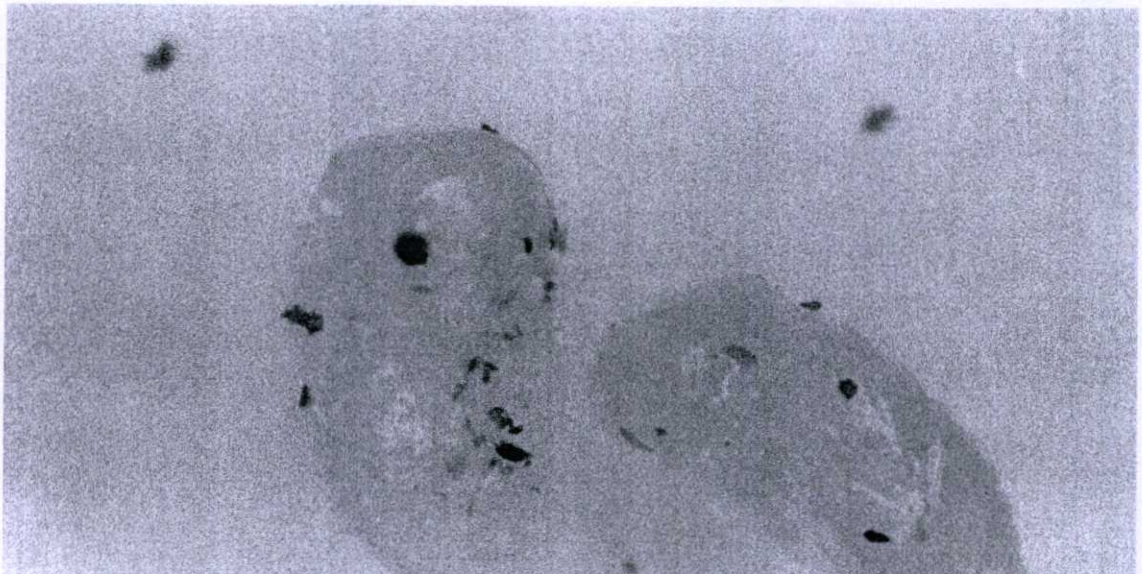


ภาพที่ 3 กลุ่มไข่ของมอดยาสูบ *serricorne* (Fabricius) ที่วางตามช่องหรือรอยแตกของผลิตภัณฑ์

ภาพที่ 4 หนอนวัยสุดท้ายของ มอดยาสูบ *serricorne* (Fabricius)



ภาพที่ 5 ดักแด้ของมอดยาสูบ *serricorne* (Fabricius) เข้าในปลอกที่ตัวหนอนสร้างขึ้นมา



ภาพที่ 6 ดักแด้ของมอดยาสูบ *serricorne* (Fabricius)

สรุปผลการทดลอง

มอดยาสูบเข้าทำลายชาบัวบกที่เก็บไว้ในภาชนะเปิดฝาที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง พบการทำลายของมอดยาสูบมากที่สุดและรองลงมาคือกล่องปิดฝาพบการทำลายของมอดยาสูบจะเข้าไปกัดกินถุงชาและวางไข่ในชาบัวบก

เอกสารอ้างอิง

สุจินดา ศรีวัฒนะ,อิศรพงษ์ พงษ์ศิริกุล.2547. การศึกษาการผลิตชาบัวบกชนิดซอง. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

สุภวรรณ ฏิระวณิชย์กุล, สลิลลา ชาญเชี่ยว และยุทธนา ฏิระวณิชย์กุล.2556. การอบแห้งใบบัวบกเพื่อผลิตใบบัวบกแห้งชงดื่มด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรด: จลนพลศาสตร์ ความสิ้นเปลืองพลังงานและคุณภาพ. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น. 18(2): 311-324.

ชูวิทย์ ศุขปราการ,พินิจ นิลพานิชย์ ,กุสุมา นวลวัฒน์, บุษรา พรหมสถิต,พรทิพย์ วิสารทานนท์,โสภาวรรณ มงคลธรรมากุล. 2535. แมลงศัตรูผลิตผลเกษตรหน้า 353-370.ใน แมลงและสัตว์ศัตรูในพืชที่สำคัญของพืชเศรษฐกิจและการบริหาร. เอกสารวิชาการครบรอบ 20 ปี กรมวิชาการเกษตร. กองกีฏและสัตววิทยา, กรมวิชาการเกษตร. ห้างหุ้นส่วนจำกัด ไอเดีย สแควร์, กรุงเทพฯ.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวเจนจิรา นามี
วัน เดือน ปีเกิด	28 มีนาคม 2533
ที่อยู่	141 หมู่ 3 ตำบลบางหลวง อำเภอสรรพยา จังหวัดชัยนาท 17150
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (เทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช), 2555
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

งานวิจัยที่ตีพิมพ์

เจนจิรา นามี และสุวรินทร์ บำรุงสุข. 2556. แมลงศัตรูในโรงเก็บของชาบัวบก. การประชุมวิชาการงานเกษตรนเรศวรครั้งที่ 11 วันที่ 30-31 กรกฎาคม 2556 ณ คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร.