



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ประจำปีงบประมาณ 2559

การใช้น้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่เพื่อรักษาคุณภาพ

เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292

The Use of Peppermint Essential Oil for Maintenance of
Soybean KPS292 Variety Seed Quality

ผศ.ดร.มณฑินี อีรารักษ์

รศ.ดร.จำรุณ เล้าสินวัฒนา

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ตุลาคม 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัสโครงการ 2559A11862010

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ประจำปีงบประมาณ 2559

การใช้น้ำมันหอมระเหยจากสระระแห่นเพื่อรักษาคุณภาพ

เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292

ผศ.ดร.มณฑินี ธีรารักษ์

รศ.ดร.จำรูญ เล้าสินวัฒนา

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....145519
เลขทะเบียน.....
ในเดือนปี 24 ก.ย. 2560

b. 12830896
i.

สนับสนุนโดย สำนักบริหารโครงการส่งเสริมการวิจัย
ในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ
สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง การใช้น้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่เพื่อรักษาคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559 รหัสโครงการ (NRMS 13 หลัก) 2559A11862010 งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ ของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

มณฑินี ธีรารักษ์
หัวหน้าโครงการวิจัย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

การเกิดกระบวนการลิปิดเปอร์ออกซิเดชัน (lipid peroxidation) เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง (*Glycine max* (L.) Merr.) ในระหว่างการเก็บรักษา วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ (*Mentha piperita* L.) ต่อการส่งเสริมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 ภายใต้สภาพการเร่งอายุ และต่อการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีบางประการของเมล็ดพันธุ์ โดยแบ่งเป็น 4 การทดลอง

การทดลองแรกเพื่อประเมินความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่มีค่า IC_{50} หรือค่าความเข้มข้นของสารต้านอนุมูลอิสระที่ยับยั้งปริมาณของอนุมูลอิสระลดลงครึ่งหนึ่งของปริมาณอนุมูลอิสระทั้งหมดโดยวิธีกำจัดอนุมูล DPPH เท่ากับ 92,856.82 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่า IC_{50} ของความสามารถในการแย่งจับกับโลหะไอออน Fe^{2+} เท่ากับ 989.13 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่า IC_{50} ของความสามารถในการต้าน lipid peroxidation เท่ากับ 4,466.74 มิลลิกรัมต่อลิตร นอกจากนี้ค่า EC_{50} ของความสามารถในการรีดิวซ์ของน้ำมันหอมระเหย เท่ากับ 157,632.53 มิลลิกรัมต่อลิตร สารประกอบหลักที่พบในน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ ได้แก่ พบ menthol, menthone, neomenthol และ menthyl acetate

การทดลองที่สองเพื่อศึกษาผลของการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ต่อการงอก และการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีบางประการของเมล็ดพันธุ์ พบว่าเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่ผ่านการเร่งอายุ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 วัน มีความงอก เท่ากับ 87.50, 85.00, 79.00, 47.50 and 39.50% ตามลำดับ นอกจากนี้ยังชักนำให้เกิดการรั่วไหลของสารที่มีประจุ และปริมาณสาร malondialdehyde (MDA) เพิ่มขึ้น และมีกิจกรรมเอนไซม์ไลเปสลดต่ำลง

การทดลองที่สามเพื่อศึกษาอิทธิพลของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ ต่อการงอก และการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีบางประการของเมล็ดพันธุ์ ที่ระดับความเข้มข้น 0, 3, 6, 10, 20 และ 40 ไมโครลิตรต่อลิตร เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าการรมเมล็ดพันธุ์ ที่ระดับความเข้มข้น 20 และ 40 ไมโครลิตรต่อลิตร ทำให้ความงอกลดลง อย่างไรก็ตามไม่มีผลต่อการรั่วไหลของสารที่มีประจุ และปริมาณสาร MDA ในทุกระดับความเข้มข้น แต่มีผลทำให้กิจกรรมเอนไซม์ไลเปสลดลงหลังเพาะเมล็ดพันธุ์ เป็นเวลา 0 และ 6 ชั่วโมง

การทดลองสุดท้ายเพื่อศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง โดยการรมเมล็ดพันธุ์ ที่ระดับความเข้มข้น 0, 3, 6, 10, 20 และ 40 ไมโครลิตรต่อลิตร เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนการเร่งอายุเป็นเวลา 3 วัน ที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 100 เปอร์เซ็นต์ พบว่าเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้ผ่านการเร่งอายุ มีความงอกสูงที่สุดเท่ากับ 87.50 เปอร์เซ็นต์ มีกิจกรรมเอนไซม์ไลเปสเกิดขึ้นสูงที่สุด มีการรั่วไหลของสารที่มีประจุ และปริมาณสาร MDA ต่ำที่สุด ซึ่งตรงข้ามกับเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุ และไม่ได้ผ่านการรมด้วยน้ำมันหอมระเหย มีความงอกต่ำที่สุดเท่ากับ 47.50 เปอร์เซ็นต์ กิจกรรมเอนไซม์ไลเปสเกิดขึ้นต่ำที่สุด มีการรั่วไหลของสารที่มีประจุ และปริมาณสาร MDA สูงที่สุด ส่วนเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ความเข้มข้น 10 ไมโครลิตรต่อลิตร ช่วยลดการสูญเสียการงอกที่เกิดจากการเร่งอายุ โดยมีความงอกเท่ากับ 70.00 เปอร์เซ็นต์ มีกิจกรรมเอนไซม์ไลเปสสูง มีการรั่วไหลของประจุ และปริมาณสาร MDA ต่ำกว่า เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุ

สรุป น้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่มีความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH ความสามารถในการจับกับโลหะไอออน Fe^{2+} ความสามารถในการรีดิวซ์ และความสามารถในการต้าน lipid peroxidation การเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองมีผลทำให้ความงอกของเมล็ดพันธุ์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การรั่วไหลของสารที่มีประจุ และปริมาณสาร MDA เพิ่มสูงขึ้น และมีกิจกรรมเอนไซม์ไลเปสลดต่ำลง ส่วนเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ ที่ความเข้มข้น 20 และ 40 ไมโครลิตรต่อลิตร ทำให้ความงอกลดลงมาก และพบว่ามีผลเพียงเล็กน้อยต่อกิจกรรมเอนไซม์ไลเปส ส่วนเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ ที่ระดับความเข้มข้น 10 ไมโครลิตรต่อลิตร และนำไปผ่านการเร่งอายุ พบว่าสามารถช่วยรักษาคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ โดยมีความงอก และกิจกรรมเอนไซม์ไลเปสสูง ส่วนการรั่วไหลของประจุ และปริมาณสาร MDA ต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Abstract

Lipid peroxidation processes are considered as the primary cause of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) seed deterioration during storage. The aims of this investigation were to explore the efficacy of peppermint essential oil (*Mentha piperita* L.) on enhancing the quality of soybean seed cultivar KPS292 under accelerated aging conditions and to study the influence some biochemical changes which took place within the soybean seed. The present investigation consisted of four experiments.

The first experiment was to evaluate antioxidant activities of essential oil of peppermint. It was shown that the half maximal inhibitory concentration (IC_{50}) values were 92,856.82 mg/L for DPPH radical-scavenging activity, 989.13 mg/L for metal chelating activity and 4,466.74 mg/L for inhibition of lipid peroxidation. Moreover, reducing power ability of essential oil of peppermint with half maximal effective concentration (EC_{50}) value was 157,632.53 mg/L. The GC-MS results found that there were a number of other significant volatiles in URV vapor, including menthol, menthone, neomenthol and menthyl acetate.

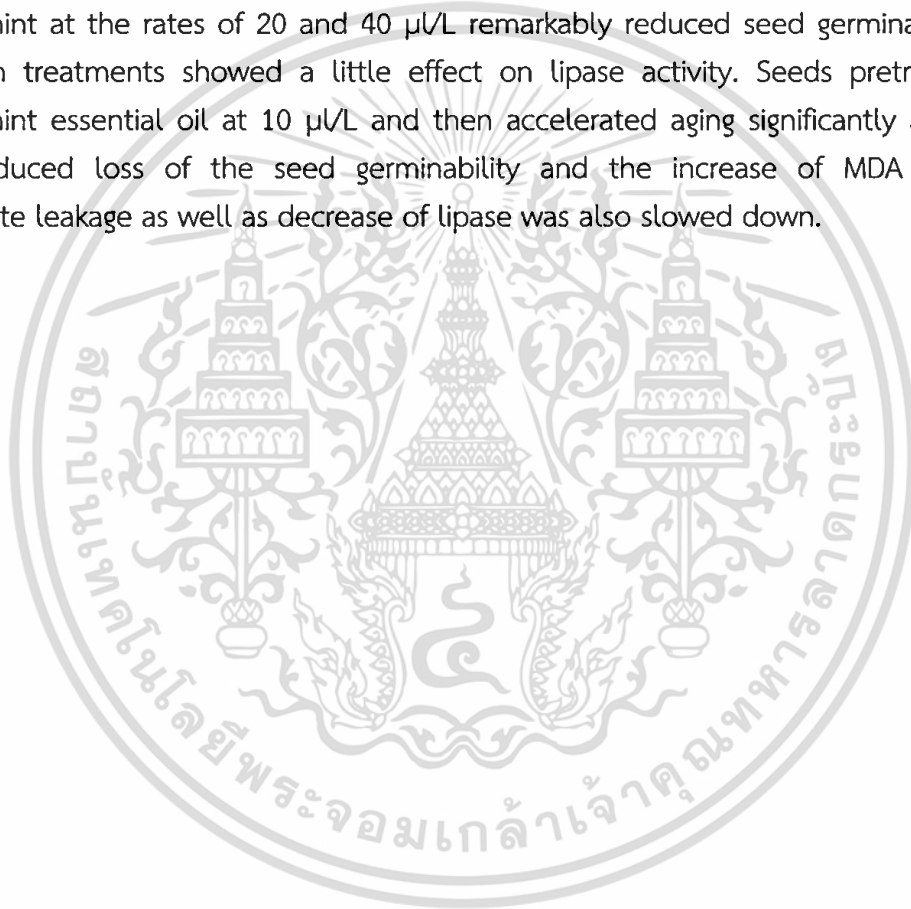
The second experiment was to study effect of accelerated aging on seed germination and some biochemical changes of the soybean seed. Accelerated aging seeds at 42°C with relative humidity of 100% for 0, 1, 2, 3 and 4 days exhibited germination capacity of 87.50, 85, 79, 47.50 and 39.50%, respectively. In addition, aging seeds performed increase of electrolyte leakage and malondialdehyde (MDA) content and decrease of lipase activity.

The third experiment was to study influence of peppermint essential oil with different rates of 0, 3, 6, 10, 20 and 40 μ L for 24 h on seed germination and some biochemical changes of the soybean seed during germination. Peppermint essential oil at the rates of 20 and 40 μ L remarkably reduced seed germination of soybean. However, there was no significant effect on electrolyte leakage and MDA content at all essential oil concentrations. The lipase activity was decreased at the highest rate at 0 and 6 h after sowing.

The last experiment was to study the pretreatment of soybean seeds with peppermint essential oil at the rates of 0, 3, 6, 10, 20 and 40 μ L for 24 h before accelerated aging treatment at 42°C with relative humidity of 100% for 3 day on seed quality and some biochemical changes of seeds. The results showed that non-aging seeds (control) had the highest germination percentage of 87.5% along with the highest lipase activity as well as both the lowest MDA content and electrolyte leakage. In contrast to that of aging seeds (untreated essential oil) had the lowest germination of 47.5% along with the lowest lipase activity as well as both the highest MDA content and electrolyte leakage. Seeds pretreatment with peppermint essential oil at the rate of 10 μ L significantly alleviated the

aging induced loss of the percentage of seed germination, showing germination capacity of 70%. In peppermint essential oil treated seeds and then accelerated aging, the rates of increase of MDA content and electrolyte leakage and that of decrease of lipase activity were much less than accelerated aging seeds (untreated essential oil).

These findings indicated that essential oil of peppermint is responsible for antioxidant activities of DPPH radical scavenger, ion chelating activity, reducing power, and anti-lipid peroxidation. Accelerated aging resulted in a statistically significant decrease in seed germination which occurred along with the increase of MDA content and electrolyte leakage and decrease of lipase activity. Soybean seeds fumigated with essential oil of peppermint at the rates of 20 and 40 μL remarkably reduced seed germination rate and the both treatments showed a little effect on lipase activity. Seeds pretreatment with peppermint essential oil at 10 μL and then accelerated aging significantly alleviated the aging induced loss of the seed germinability and the increase of MDA content and electrolyte leakage as well as decrease of lipase was also slowed down.



สารบัญเรื่อง

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ.....	I
บทคัดย่อภาษาไทย.....	II
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	IV
สารบัญเรื่อง	VI
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญภาพ.....	IX
บทนำ.....	X
1.1 อาการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์.....	1
1.2 การเสื่อมสภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง.....	2
1.3 การตรวจสอบการงอกของเมล็ดพันธุ์.....	3
1.4 การตรวจสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์.....	6
1.5 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์.....	7
1.6 เอนไซม์ Lipase ภายในเมล็ด.....	8
1.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบเมล็ดพันธุ์ในสภาวะเครียด.....	10
1.8 อนุมูลอิสระ.....	11
1.9 สารต้านการเกิดออกซิเดชัน.....	12
1.10 น้ำมันหอมระเหยและคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ.....	17
วัตถุประสงค์	23
2.1 วัตถุประสงค์โครงการวิจัย.....	23
วิธีดำเนินการวิจัย.....	24
3.1 อุปกรณ์การทดลอง.....	24
3.2 วิธีการทดลอง.....	25
ผลการวิจัย.....	35
4.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยจาก สะระแหน่.....	35
4.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 ภายหลังการ เร่งอายุ.....	42
4.3 การทดลองที่ 3 ศึกษาผลของการรมเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 ด้วยน้ำมัน หอมระเหยจากสะระแหน่ ต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์	47
4.4 การทดลองที่ 4 ศึกษาผลของการรมเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 ด้วยน้ำมัน หอมระเหยจากสะระแหน่ และนำไปผ่านการเร่งอายุต่อคุณภาพ ของเมล็ดพันธุ์	53

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

	หน้า
วิจารณ์.....	62
5.1 วิจารณ์การทดลองที่ 1 ศึกษาประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่.....	62
5.2 วิจารณ์การทดลองที่ 2 ศึกษาคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 ภายหลังการเร่งอายุ.....	64
5.3 วิจารณ์การทดลองที่ 3 ศึกษาผลของการรมเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 ด้วยน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ ต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์.....	65
5.4 วิจารณ์การทดลองที่ 4 ศึกษาผลของการรมเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS29 ด้วยน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ และนำไปผ่านการเร่งอายุต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์.....	66
สรุป.....	68
ผลผลิต	70
รายงานการเงิน (ตามแบบฟอร์มหน้า 5)	71
บรรณานุกรม	72
ประวัตินักวิจัยและคณะ พร้อมหน่วยงานที่สังกัด	79

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ตัวอย่างสารประกอบเบนซีนอยด์ที่พบในน้ำมันหอมระเหย.....	20
4.1 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากสระระแห่นจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS.....	42
4.2 ผลของการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 ต่อเปอร์เซ็นต์ต้นกล้าปกติ ต้นกล้าผิดปกติ เมล็ดสดไม่ออก และเมล็ดตาย.....	43
4.3 ผลของการรมเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 ด้วยน้ำมันหอมระเหยจากสระระแห่นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ต่อเปอร์เซ็นต์ต้นกล้าปกติ ต้นกล้าผิดปกติ เมล็ดสดไม่ออก และเมล็ดตาย.....	49
4.4 ผลของการรมเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 ด้วยน้ำมันหอมระเหยจากสระระแห่นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และนำไปเร่งอายุ เป็นระยะเวลา 3 วัน ต่อเปอร์เซ็นต์ต้นกล้าปกติ ต้นกล้าผิดปกติ เมล็ดสดไม่ออก และเมล็ดตาย.....	55



สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 ลักษณะอาการที่เกิดขึ้นในขณะที่เมล็ดเสื่อมคุณภาพ.....	4
1.2 โครงสร้างของ Ascorbic acid (วิตามินซี).....	14
1.3 โครงสร้างของ Tocopherol (วิตามินอี).....	14
1.4 A ไอโซพรีน (C ₂ H ₄) และ B การต่อกันแบบ head-to-tail ของไอโซพรีน 2 หน่วย.....	19
4.1 ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ด้วยวิธีการกำจัดอนุมูล DPPH ของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ (A) เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน กรด ascorbic (B) และ butylated hydroxytoluene (C).....	36
4.2 ความสามารถในการแย่งจับกับโลหะไอออน Fe ²⁺ (Metal chelating activity) ของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ (A) เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน ethylene-dinitrilotetraacetic acid (B).....	38
4.3 ความสามารถในการรีดิวซ์ (Reducing power activity) ของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ (A) เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน กรด ascorbic (B).....	39
4.4 ความสามารถในการต้านการเกิดปฏิกิริยา Lipid-peroxidation ของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่(A) เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน กรด ascorbic (B) และ butylated hydroxytoluene (C).....	41
4.5 ผลของการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 ต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง.....	43
4.6 ผลของการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 ต่อลักษณะต้นกล้าถั่วเหลือง.....	44
4.7 ผลของการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 ต่อค่าการนำไฟฟ้าของสารที่รั่วไหลออกจากเมล็ด ที่เวลา 30, 60, 90 และ 120 นาที.....	45
4.8 ผลของการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 ต่อปริมาณสาร malondialdehyde ที่เวลา 0, 6 และ 12 ชั่วโมง หลังการเพาะเมล็ดพันธุ์.....	46
4.9 ผลของการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 ต่อกิจกรรมเอนไซม์ไลเปส ที่เวลา 0, 6 และ 12 ชั่วโมง หลังการเพาะเมล็ดพันธุ์.....	47
4.10 ผลของการรมเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 ด้วยน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง.....	49
4.11 ผลของการรมเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 ด้วยน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ต่อลักษณะต้นกล้าถั่วเหลือง.....	50
4.12 ผลของการรมเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 ด้วยน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ต่อค่าการนำไฟฟ้าของสารที่รั่วไหลออกจากเมล็ด ที่เวลา 30, 60, 90 และ 120 นาที.....	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.13 ผลของการรวมเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 ด้วยน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ต่อปริมาณสาร malondialdehyde ที่เวลา 0, 6 และ 12 ชั่วโมง หลังการเพาะเมล็ดพันธุ์.....	52
4.14 ผลของการรวมเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 ด้วยน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ต่อกิจกรรมเอนไซม์ไลเปส ที่เวลา 0, 6 และ 12 ชั่วโมง หลังการเพาะเมล็ดพันธุ์.....	53
4.15 ผลของการรวมเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 ด้วยน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และนำไปเร่งอายุ เป็นระยะเวลา 3 วัน ต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์ ถั่วเหลือง.....	55
4.16 ผลของการรวมเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 ด้วยน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และนำไปเร่งอายุ เป็นระยะเวลา 3 วัน ต่อลักษณะ ต้นกล้าถั่วเหลือง.....	56
4.17 ผลของการรวมเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 ด้วยน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และนำไปเร่งอายุ เป็นระยะเวลา 3 วัน ต่อค่าการนำไฟฟ้าของสาร ที่รั่วไหลออกจากเมล็ด ที่เวลา 30, 60, 90 และ 120 นาที.....	58
4.18 ผลของการรวมเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 ด้วยน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ เป็น เวลา 24 ชั่วโมง และนำไปเร่งอายุ เป็นระยะเวลา 3 วัน ต่อปริมาณสาร malondialdehyde ที่เวลา 0, 6 และ 12 ชั่วโมง หลังการเพาะเมล็ดพันธุ์.....	59
4.19 ผลของการรวมเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 ด้วยน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และนำไปเร่งอายุ เป็นระยะเวลา 3 วัน ต่อกิจกรรมเอนไซม์ไลเปส ที่เวลา 0, 6 และ 12 ชั่วโมง หลังการเพาะเมล็ดพันธุ์.....	61

บทนำ

ถั่วเหลืองฝักสด *Glycine max* (L.) Merr. เป็นพืชอาหารคุณภาพที่คนไทยเริ่มรู้จักและหันมารับประทานกันมากขึ้น เนื่องจากถั่วเหลืองฝักสดเป็นพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง นอกจากนี้ยังมี phytoestrogen เป็นสารธรรมชาติที่ได้มาจากพืช ประกอบด้วยสารสำคัญ คือ lignans, coumestans, resorcylic acid, lactones และ isoflavones แหล่งที่พบ isoflavones พบมากในถั่วเขียว ถั่วลิ้นเต่า แต่ที่พบว่าอุดมสมบูรณ์ที่สุด คือ ถั่วเหลือง isoflavones ซึ่งเป็นสารที่ช่วยลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคหัวใจ ลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งเต้านม มะเร็งต่อมลูกหมาก ลดอาการวัยทอง (Tham *et al.*, 1998) การปลูกถั่วเหลืองฝักสดในประเทศไทยยังไม่มาก เนื่องจากเมล็ดพันธุ์หายาก พันธุ์ที่ใช้ปลูกส่วนใหญ่เป็นพันธุ์เชียงใหม่ 1 ปัจจุบันประเทศไทยดำเนินการส่งออกถั่วเหลืองฝักสดแช่แข็งโดยบริษัทเอกชนในรูปแบบครบวงจร ปริมาณการส่งออกปีละประมาณ 10,000 ตัน มูลค่าประมาณ 800 ล้านบาท ประเทศผู้นำเข้าที่สำคัญคือ ญี่ปุ่น และสหรัฐอเมริกา พันธุ์ที่ใช้ส่งออกคือ AGS259 และพันธุ์ NO.75 แหล่งผลิตส่วนใหญ่อยู่ภาคเหนือ ได้แก่ จังหวัดกำแพงเพชร เพชรบูรณ์ เชียงราย เชียงใหม่ พิจิตร สุโขทัย ลำปาง อุตรดิตถ์ น่าน พะเยา ลำพูน เพชรบูรณ์ และอุทัยธานี

เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองประกอบด้วยน้ำมันปริมาณมาก โดยไขมันชนิดต่างๆ เหล่านี้ จะอยู่ในผนังเมมเบรนในส่วนย่อยของเซลล์และในโครงสร้างต่างๆ ของเซลล์ โดยทั่วไปแล้วเมล็ดพันธุ์ที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบหลักจะเสื่อมสภาพเร็วกว่าพวกที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบหลัก โดยมีรายงานว่า การเกิดกระบวนการลิพิดเปอร์ออกซิเดชัน (lipid peroxidation) ทำให้ไขมันถูกทำลาย และก่อให้เกิดสารพิษขึ้นหลายชนิด ซึ่งมีผลเสียต่อความมีชีวิตและการทำงานของเซลล์ เกิดการเปลี่ยนแปลงของผนังเมมเบรนจนผนังเมมเบรนเสียหายไม่สามารถทำหน้าที่ได้อย่างปกติ นอกจากนี้ยังทำให้ไมโทคอนเดรียรวมพองจนมีโครงสร้างที่ผิดปกติไป (โอภาและคณะ, 2549) และในระหว่างที่เมล็ดงอกจะมีการย่อยสลายอาหาร และการหายใจ ซึ่งก่อให้เกิดอนุมูลอิสระเข้าทำลายเซลล์ต่างๆ (Khan *et al.*, 2006) ทำให้ความงอกของเมล็ดพันธุ์ลดลง ละอองดาว และคณะ (2554) ศึกษาคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดและความสามารถในการเก็บรักษา จำนวน 4 พันธุ์ พบว่าสายพันธุ์ MJ0108-11-5 พันธุ์ Kaori และ KPS292 (หรือ AGS292) สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้นาน 3 เดือน ส่วนสายพันธุ์ MJ0101-4-6 สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้เพียง 2 เดือน ส่วนการเก็บรักษาในห้องควบคุมอุณหภูมิ (อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 66-67%) ถั่วเหลืองทั้ง 4 สายพันธุ์/พันธุ์สามารถเก็บรักษาได้นาน 3 เดือน ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองแต่ละพันธุ์มีความสามารถในการเก็บรักษาต่างกัน และคุณภาพจะลดลงไปตามอายุการเก็บรักษา เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองจะสูญเสียความงอกต่ำกว่า 50% ภายในระยะเวลา 3-4 เดือน (กรุง และสิริกุล, 2538)

การผลิตถั่วเหลืองเพื่อใช้เป็นเมล็ดพันธุ์ ต้องเน้นการผลิตให้ได้เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่มีชีวิต และสามารถงอกได้เมื่อได้รับปัจจัยในการงอกที่เหมาะสม จึงจำเป็นต้องใช้กระบวนการจัดการหรือวิทยาการก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพดีมาใช้เพาะปลูกต่อไป เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองส่วนมากจะเก็บรักษาได้ไม่นาน เนื่องจากมีอัตราการเสื่อมคุณภาพลดลงเร็วจึงต้องเก็บเมล็ดพันธุ์ไว้ในสภาพที่ควบคุมความชื้นและอุณหภูมิซึ่งต้องมีการลงทุนสูง จากการทดสอบเบื้องต้นในการคัดเลือกน้ำมันหอมระเหยจากพืช 9 ชนิด ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้หอม ขิง ส้ม มะนาว มะกรูด ส้มโอ สะระแหน่ กานพลู และยี่ห่วย ต่อความสามารถในการรักษาคุณภาพการงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองหลังการเร่งอายุ พบว่าเมล็ดพันธุ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถั่วเหลืองที่ทดสอบด้วยน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่มีความสามารถในการรักษาคุณภาพเมล็ดพันธุ์ได้ดีที่สุด จึงเลือกมาศึกษา การวิจัยนี้จึงศึกษาหาแนวทางเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองโดยใช้น้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ก่อนการเก็บรักษา โดยอาศัยคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยที่อาจมีความเกี่ยวข้องกับกลไกการปกป้องความเสียหายของเซลล์ที่เกิดขึ้นจากอนุมูลอิสระ หรือลดการเกิดปฏิกิริยา lipid peroxidation ที่เป็นสาเหตุสำคัญทำให้เมล็ดพันธุ์เกิดการเสื่อมคุณภาพ ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้คือการประเมินความสามารถของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ในการส่งเสริมศักยภาพในการเก็บรักษา และการยืดอายุของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ภายใต้สภาพการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูง และความชื้นสัมพัทธ์ใกล้เคียง 100% การเร่งอายุจึงเป็นเครื่องมือที่ถูกนำมาใช้ในการศึกษาความเป็นไปได้ในการศึกษากระบวนการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในช่วงระยะเวลาสั้นๆ และเป็นการศึกษาแบบกระบวนการเสื่อมคุณภาพตามธรรมชาติ การใช้น้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ก่อนการเก็บรักษาจึงอาจเป็นวิธีการที่นำมาใช้ทดแทนการเก็บในสภาพที่ควบคุมความชื้นและอุณหภูมิที่ต้องมีการลงทุนสูงได้ โดยเมล็ดพันธุ์ยังคงมีคุณภาพดี

1.1 อาการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์

1.1.1 อาการแสดงออกทางสรีรวิทยา

อาการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ที่ปรากฏให้เห็นชัดเจนที่สุด สามารถพบได้โดยดูจากลักษณะรูปร่างภายนอกของเมล็ด ในระหว่างการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งการลดลงของความสามารถในการงอกไม่ได้เกิดขึ้นพร้อมกันกับการเริ่มต้นของการเสื่อมคุณภาพ นั่นคือการเปลี่ยนแปลงในกระบวนการทางชีวเคมีที่สำคัญ ซึ่งสัมพันธ์กับการเสื่อมคุณภาพของเมล็ด ได้เกิดขึ้นก่อนการลดลงของการงอก เช่น การสังเคราะห์คาร์โบไฮเดรต และโปรตีน ได้ลดลงอย่างมากในขณะที่ความงอกยังไม่มีเปลี่ยนแปลง ดังนั้นอาการทางสรีรวิทยาที่ปรากฏให้เห็นจึงเป็นอาการที่เกิดขึ้นช้าที่สุด ลักษณะของอาการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดมักจะปรากฏเป็นลำดับดังต่อไปนี้ (วันชัย, 2538) สีของเมล็ดที่เสื่อมคุณภาพจะขุ่นมัว ไม่สดใส เปอร์เซ็นต์ความงอกลดลง งอกเป็นต้นกล้าได้ช้า การงอกได้ช้านี้เป็นอาการแรกของหลายๆ อาการทางสรีรวิทยาที่แสดงออกมาให้เห็น ในกรณีที่เมล็ดพันธุ์เสื่อมคุณภาพยังสามารถงอกได้ ต้นกล้าที่เกิดขึ้นจะมีอัตราการเจริญเติบโตช้า เปอร์เซ็นต์ความงอกลดลง สูญเสียความงอกในสภาพไร้อากาศ เมล็ดพันธุ์สูญเสียหรือมีความต้านทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมลดลงในระหว่างการงอกและการเจริญในระยะแรกๆ ของต้นกล้า ผลผลิตลดลง ในขณะที่เดียวกันก็มีต้นกล้าผิดปกติเพิ่มมากขึ้น เช่น รากหยุดชะงักการเจริญ hypocotyl ไม่มี การยืดตัว อาการแสดงออกในขั้นสุดท้ายของการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ คือ สูญเสียความงอกโดยสิ้นเชิงหรืองอกไม่ได้ และเมล็ดตายในที่สุด (ภาพที่ 1.1)

1.1.2 การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี

การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นในระหว่างเกิดการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ เช่น ความเสียหายทางพันธุกรรมที่เกิดกับ genome (องค์ประกอบของพันธุกรรม เช่น DNA, chromosome) ในเมล็ด ได้รับการเสนอแนะว่าอาจเป็นสาเหตุเบื้องต้น (primary cause) ของการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ การหายใจของเมล็ดพันธุ์ที่เสื่อมคุณภาพจะดูด O_2 ได้น้อยลง จึงทำให้ respiratory quotient (R.Q.) เพิ่มขึ้น เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

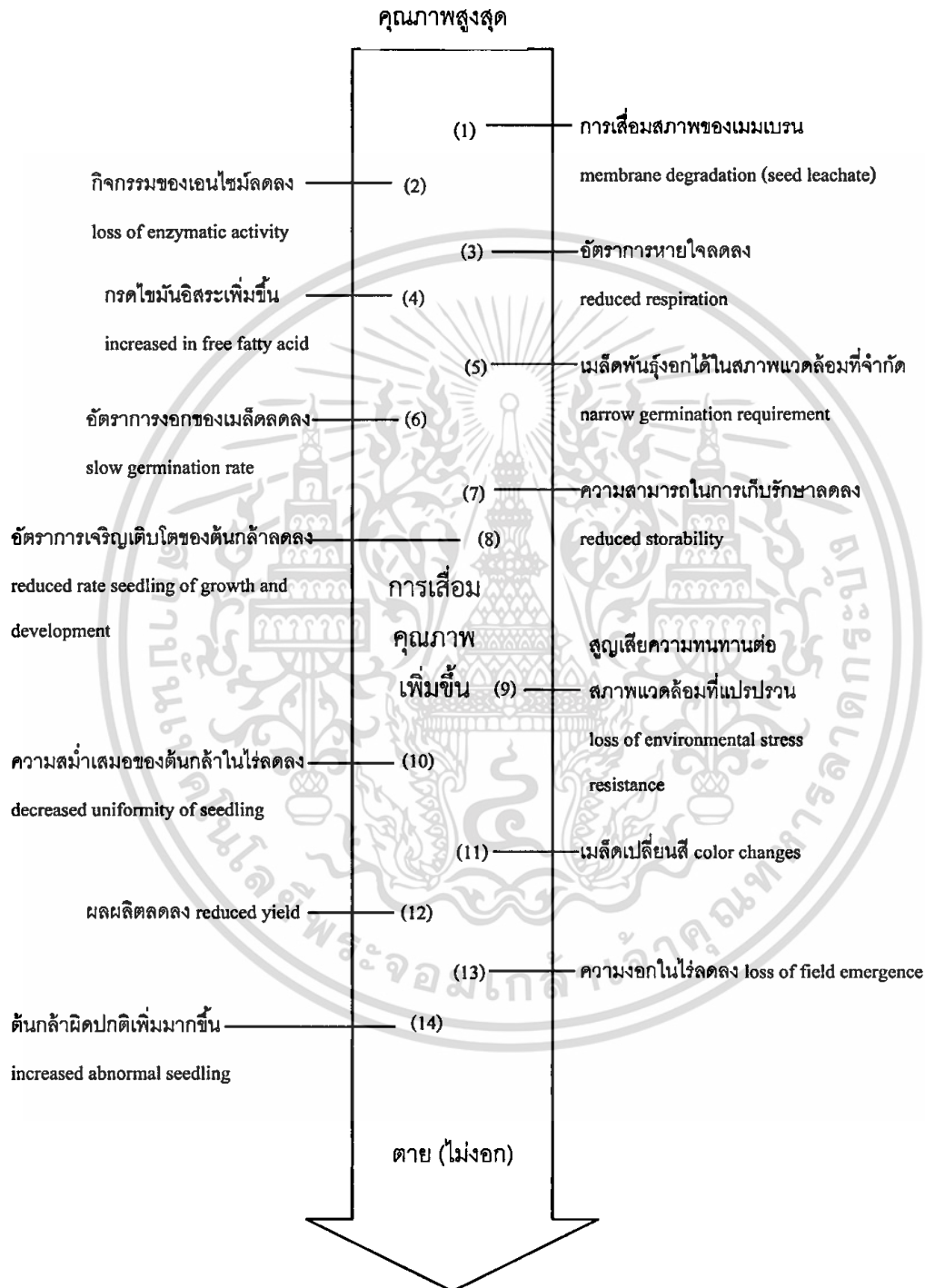
(R.Q. คือสัดส่วนของปริมาตร CO_2 ที่ปล่อยออกมาต่อปริมาตร O_2 ที่ดูดเข้าไป) ทำให้เกิดการสะสมสารประกอบ ethanol และ aldehyde เพิ่มขึ้น การเพิ่มขึ้นของสารประกอบดังกล่าวจึงเป็นตัวบ่งชี้ให้เห็นถึงความเสียหายที่เกิดกับไมโทคอนเดรีย จึงทำให้ไมโทคอนเดรียไม่สามารถทำหน้าที่ให้สมดุลกับ glycolysis ได้ ความเสียหายของเมมเบรนในเมล็ดที่เสื่อมคุณภาพหรือเมล็ดที่ตายแล้ว การรั่วไหลของสารประกอบภายในเมล็ดจะเพิ่มขึ้นไปตามสภาพการเสื่อมของเมล็ดนั้นคือ เมล็ดยิ่งเสื่อมคุณภาพมากขึ้นเท่าใด การรั่วไหลก็จะยิ่งเพิ่มมากขึ้นเท่านั้น สภาพเช่นนี้อาจเกิดจากไม่มีกลไกการซ่อมแซมหรือการซ่อมแซมของกลไกไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ ความเสียหายของเอนไซม์ในเมล็ดพันธุ์ที่เสื่อมคุณภาพ ส่วนใหญ่ไม่พบการทำงานของเอนไซม์ หรืออาจทำหน้าที่ได้แต่เกิดขึ้นน้อยมากๆ การเปลี่ยนแปลงของ DNA สำหรับเมล็ดพันธุ์ที่เสื่อมคุณภาพ การสังเคราะห์โปรตีนจะลดลง จึงส่งผลให้ความงอกของเมล็ดและการเจริญของต้นกล้าลดลง ปรากฏการณ์เช่นนี้อาจเกิดจากการเสื่อมหรือความเสียหายของ RNA หรือความเสียหายขององค์ประกอบต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตโปรตีน เป็นต้น การเปลี่ยนแปลงต่างๆ ดังกล่าวได้รับการเสนอแนะว่าอาจเป็นพื้นฐานที่ทำให้เกิดการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ (ภาพที่ 1.1)

1.2 การเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองเป็นพืชน้ำมัน เมล็ดถั่วเหลืองประกอบด้วยไขมันประมาณ 13-24% โดยทั่วไปปริมาณไขมันในเมล็ดพืชแตกต่างกันไปตามชนิดของพืช มีตั้งแต่ 2 เปอร์เซ็นต์ ไปจนถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ไขมันในเมล็ดมีอยู่ 2 แบบด้วยกัน คือไขมันสะสม (storage lipid) กับไขมันที่มีหน้าที่ และเป็นส่วนประกอบของโครงสร้าง (functional lipid) ปริมาณไขมันสะสมจะแตกต่างกันไปตามชนิดพืช และจะแตกต่างกันไปตามส่วนต่างๆ ของเมล็ดพืช ซึ่งประกอบด้วยไขมันที่ไม่มีขั้วหรือประจุ (apolar lipids หรือ neutral lipids) ที่พบมากคือ triacylglycerols หรือ triglycerides ไขมันเหล่านี้สะสมอยู่ในเมล็ดในรูปของเม็ดไขมัน (oil body) ส่วนไขมันที่มีหน้าที่และเป็นส่วนประกอบของโครงสร้าง อาจแบ่งกลุ่มย่อยๆ ได้หลายชนิด เช่น phospholipids, glycolipids, sterols, sterol esters, sterol ester glucosides เป็นต้น กลุ่มไขมันเหล่านี้จะปรากฏอยู่ในผนังเมมเบรนในอวัยวะย่อยของเซลล์ (subcellular organelles) และในโครงสร้างต่างๆ ในเซลล์ เมล็ดส่วนใหญ่จะมี phospholipids ซึ่งเป็นไขมันที่มีขั้วหรือประจุ (polar lipids) เพียง 1-2 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น และเป็นองค์ประกอบทางโครงสร้างของผนังเมมเบรน ถั่วเหลืองเป็นพืชน้ำมันที่สำคัญ น้ำมันถั่วเหลืองเป็นน้ำมันที่มีปริมาณการผลิตมากที่สุดในโลกซึ่งสกัดได้มาจากเมล็ดถั่วเหลืองซึ่งมีน้ำมันประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักแห้ง และเป็นน้ำมันพืชที่มีกรดลิโนเลอิกสูงที่สุด โดยมีอยู่ประมาณ 43-56 เปอร์เซ็นต์ กรดลิโนเลนิก ประมาณ 5-11 เปอร์เซ็นต์ และกรดไขมันชนิดอิ่มตัวประมาณ 11-26 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันทั้งหมด การที่มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวจะทำให้เกิด autoxidation และเกิดการเหม็นหืนได้ง่าย มีผลทำให้ปริมาณกรดลิโนเลนิกลดลงเหลือน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ กรดลิโนเลอิกลดลงเหลือ ประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ และมีกรดโอเลอิกเพิ่มสูงขึ้นถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ในธรรมชาติจะพบกรดไขมันเป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) ที่อยู่ในไขมัน น้ำมัน และฟอสโฟกลีเซอไรด์ (phosphoglyceride) เป็นส่วนใหญ่ ที่พบในรูปของกรดไขมันอิสระมีน้อยมาก พันธะระหว่างคาร์บอนอะตอมใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โมเลกุลของกรดไขมันมีทั้งที่เป็นพันธะเดี่ยว และพันธะคู่ กรดไขมันที่มีพันธะเดี่ยวทั้งหมดเรียกว่า กรดไขมันชนิดอิ่มตัว (saturated fatty acids) ส่วนกรดไขมันที่มีพันธะคู่ 1 อัน หรือมากกว่า 1 อัน เรียกว่ากรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acids) (นิธิยา, 2545)



ภาพที่ 1.1 ลักษณะอาการที่เกิดขึ้นในขณะที่เมล็ดเสื่อมคุณภาพ
ที่มา: จวงจันท์ (2521)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองเมื่อสุกแก่ทางสรีรวิทยาจะมีความงอกและความแข็งแรงสูงที่สุด หลังจากนั้นการเสื่อมคุณภาพก็จะเกิดขึ้น แล้วดำเนินต่อไป ซึ่งเป็นกระบวนการที่ไม่สามารถยับยั้งและผันกลับได้ การเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์นั้นเริ่มจากการแสดงอาการทางสรีรวิทยา (physiological symptoms) การรั่วไหลของสารเคมีจากภายในเซลล์ของเมล็ดเพิ่มขึ้นเนื่องจากการเสื่อมสภาพของผนังเมมเบรน การหายใจก็นับว่าเป็นกระบวนการที่เปลี่ยนแปลงระหว่างการเสื่อมสภาพ โดยเมล็ดที่เสื่อมจะมีอัตราการหายใจลดลง กิจกรรมของเอนไซม์ลดลง โดยเฉพาะเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์เนื้อเยื่อใหม่ ๆ และเนื่องจากเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองมีไขมันเป็นองค์ประกอบอยู่สูง (Bewley and Black, 1983) การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญอีกประการหนึ่ง คือ การเพิ่มขึ้นของกรดไขมันอิสระ โดยเฉพาะกรดไขมันไม่อิ่มตัวซึ่งเป็นสารตัวกลางของกระบวนการ autoxidation หรือ peroxidation เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เมล็ดเกิดการเสื่อมคุณภาพ เพราะทำให้เกิดความเสียหายแก่ระบบต่างๆ เช่น สูญเสียการทำงานของเอนไซม์ โปรตีนเสื่อมสภาพการหายใจลดลง เมมเบรนเสียหาย และระงับการสังเคราะห์โปรตีน เป็นต้น (Wilson and McDonald, 1986) ในบรรดาการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเชื่อกันว่าความเสียหายที่เกิดขึ้นกับเมมเบรนเป็นปรากฏการณ์เริ่มแรกที่เกิดขึ้นในระหว่างการเสื่อมสภาพของเมล็ดพันธุ์ ซึ่งจะนำไปสู่การสูญเสียความงอกและความแข็งแรงในที่สุด (Delouche and Baskin, 1973)

1.3 การตรวจสอบการงอกของเมล็ดพันธุ์

Bewley and Black (1985) ได้ให้ความหมายของการงอกว่า เป็นกระบวนการที่เริ่มต้นตั้งแต่การดูดน้ำของเมล็ดและสิ้นสุดที่การยึดตัวของเอมบริโอ (โดยปกติเป็นราก) ในระหว่างการงอกมีเหตุการณ์ต่างๆ เกิดขึ้นได้แก่ การดูดน้ำของโปรตีน การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างต่างๆ ภายในเซลล์ การหายใจ การสังเคราะห์สารโมเลกุลใหญ่ และการยึดตัวของเซลล์ซึ่งเหตุการณ์เหล่านี้มีผลรวมกันก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพจากเอมบริโอที่อยู่ในภาวะนิ่ง (quiescent state) ไปสู่เอมบริโอที่มีเมแทบอลิซึมสูง จนปรากฏมีการเจริญเติบโตออกมาให้เห็น แต่การงอกในความหมายของนักเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์ จะแตกต่างจากนักสรีรวิทยาเมล็ดพันธุ์ คือ การงอกจะเริ่มตั้งแต่เมล็ดพวก air dry seed ได้รับปัจจัยต่างๆ ที่จำเป็นต่อการงอก แล้วมีกระบวนการต่างๆ เกิดขึ้นภายในเมล็ดที่มีชีวิต เริ่มตั้งแต่ radical ทางทะเลส่วนของเปลือกหุ้มเมล็ดออกมา จนกระทั่งต้นกล้ามีการเจริญเติบโตและตั้งตัวจนสามารถสังเคราะห์แสงได้

การตรวจสอบความงอกมาตรฐาน (standard germination) แม้ว่าจะเป็นวิธีการตรวจสอบที่ยอมรับและถือปฏิบัติกันทั่วไป แต่มีข้อจำกัดหลายประการที่การตรวจสอบความงอกมาตรฐานไม่สามารถบอกให้ทราบถึงคุณภาพที่แท้จริงของเมล็ดพันธุ์ทั้งหมดได้ เพราะการตรวจสอบความงอกมาตรฐานนั้น เป็นการตรวจสอบภายใต้สภาพปัจจัยที่เหมาะสมมากที่สุดต่อการงอก ผลการตรวจสอบความงอกจึงเป็นความสามารถสูงสุดที่เมล็ดพันธุ์จะงอกได้ แต่เมื่อนำเมล็ดพันธุ์ไปปลูกในแปลงปลูก ซึ่งมีสภาพแวดล้อมแปรปรวน เมล็ดพันธุ์เหล่านี้อาจมีเปอร์เซ็นต์ความงอกในแปลงปลูกต่ำกว่าความงอกมาตรฐานได้ ดังนั้นการตรวจสอบความแข็งแรงจึงถูกนำมาใช้เป็นวิธีการตรวจวัดหรือคาดคะเนคุณสมบัติต่างๆ ของเมล็ดพันธุ์ เพื่อใช้ประเมินความสามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของเมล็ดพันธุ์ที่จะงอกในแปลงปลูก ตลอดจนความสามารถในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ (seed storability) (ธวัชชัย, 2554)

1.4 การตรวจสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์

เมล็ดพันธุ์ที่มีความแข็งแรงสูงหมายถึง เมล็ดพันธุ์ที่สามารถให้เปอร์เซ็นต์ความงอกสูง ในสภาพแวดล้อมแปลงปลูกที่แปรปรวน นอกจากนี้ยังงอกได้เร็ว ต้นอ่อนมีขนาดสม่ำเสมอ ตั้งตัวดีและเติบโตเร็ว มีผลทำให้ต้นพืชทนทานต่อสภาพแวดล้อม โรค และแมลง นำไปสู่การให้ผลผลิตสูง ในทางตรงข้ามถ้าเมล็ดพันธุ์มีความแข็งแรงต่ำจะทำให้ผลผลิตลดลงได้ (ธวัชชัย, 2554; Association of Official Seed Analyst (AOSA), 1983; International Seed Testing Association (ISTA), 1995) ในขณะที่เมล็ดพันธุ์ยังมีความงอกสูงอยู่ ความแข็งแรงอาจจะสูงหรือเริ่มลดต่ำลงแล้วก็ได้ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องตรวจสอบหาความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์เพื่อหาค่าศักยภาพในการงอกได้ดีในแปลงปลูก การวัดความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ คือ การวัดลักษณะและปริมาณของการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ก่อนเมล็ดพันธุ์ตาย วิธีการตรวจสอบความแข็งแรงมีมากมายหลายวิธีซึ่ง สมาคมนักวิเคราะห์คุณภาพเมล็ดพันธุ์ Association of Official Seed Analyst; AOSA (1983) ได้แบ่งวิธีการตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่

1.4.1 การตรวจสอบการเจริญเติบโต และการประเมินต้นอ่อน (seedling growth and evaluation test) หลักการของวิธีนี้คือ ประยุกต์วิธีการตรวจสอบความงอกมาตรฐานมาจำแนกระดับความแข็งแรงของต้นอ่อน ตัวอย่างของการเจริญเติบโตที่ใช้ประเมินความแข็งแรง เช่น การวัดความยาวยอด ราก และความยาวรวมของต้นอ่อน (shoot, root and total seedling length) การจำแนกความแข็งแรงของต้นอ่อน (seedling vigor classification) ความเร็วในการงอกหรือดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์ (germination index) การตรวจสอบอัตราการเจริญเติบโตของต้นอ่อน (seedling growth rate)

1.4.2 ตรวจสอบในสภาวะเครียด (stress test) เมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาได้ดีในสภาวะเครียดหรืองอกได้ดีในสภาพแปลงปลูกที่ไม่เหมาะสม แสดงว่าเป็นเมล็ดพันธุ์ที่แข็งแรงสูง ซึ่งอาจเป็นสภาพที่ไม่เหมาะสมหรือสภาพเครียดในแปลงปลูกที่เมล็ดพันธุ์มักจะได้รับในขณะที่เมล็ดพันธุ์กำลังงอก เช่น ความชื้นดินสูงเกินไปจากฝนตกหนัก ความชื้นดินต่ำเกินไปจากฝนแล้ง อุณหภูมิสูง อุณหภูมิต่ำ ความแน่นของหน้าดิน เป็นต้น สภาพเครียดในขณะที่เก็บรักษา ได้แก่ อุณหภูมิสูง และความชื้นสัมพัทธ์สูง ฉะนั้นการตรวจสอบเมล็ดพันธุ์ในสภาวะเครียด จึงเป็นการตรวจสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ที่วิธีหนึ่ง ตัวอย่างของวิธีนี้ ได้แก่ การเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ (accelerated aging test; AA test) การตรวจสอบในสภาพอากาศหนาว (cold test) การตรวจสอบในสภาพอากาศเย็น (cool germination test)

1.4.3 การตรวจสอบทางชีวเคมี (biochemical test) วิธีการตรวจสอบความแข็งแรงทางชีวเคมี อาศัย ลักษณะทางชีวเคมีที่มีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ เมล็ดพันธุ์ที่แข็งแรงต้องมีกระบวนการทางชีวเคมีที่ทำงานได้ดี การตรวจสอบโดยวิธีเหล่านี้มีข้อดีที่ใช้เวลาน้อย รู้ผลเร็ว แต่ต้องอาศัยเครื่องมืออุปกรณ์ที่เฉพาะและความรู้ความชำนาญของผู้ปฏิบัติ เช่น การย้อมเมล็ดพันธุ์โดยสารเตตระโซเลียม (tetrazolium test; TZ test) การตรวจสอบค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity test; EC test) การวัดประสิทธิภาพการทำงานของเอนไซม์ และอัตราการหายใจ

การตรวจสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์มีหลายวิธี ซึ่งเหมาะกับชนิดพืชและสภาพการเพาะปลูกที่แตกต่างกันไป วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ตรวจสอบก็แตกต่างกันไป จึงไม่มีวิธีการใดใช้เป็นวิธีการมาตรฐานได้สำหรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทุกพืช เช่น การตรวจสอบความแข็งแรงที่เหมาะสมกับเมล็ดพันธุ์ของพืชที่ใช้เพาะปลูกในบริเวณที่มีภูมิอากาศหนาวเย็น อาจจะใช้ไม่ได้กับเมล็ดพันธุ์พืชที่ปลูกในสภาพภูมิอากาศร้อนชื้น อีกตัวอย่างหนึ่งคือ สภาพการเร่งอายุที่มีความสัมพันธ์กับการเก็บรักษาในสภาพอากาศในเขตหนาว อาจใช้ตรวจสอบเมล็ดพันธุ์ที่ใช้ในเขตร้อนชื้นได้ไม่แม่นยำเท่าที่ควร ดังนั้น การจะใช้วิธีการใดหรือสภาพใดตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ในแต่ละพื้นที่ปลูก จำเป็นต้องศึกษาเพื่อปรับเทคนิคให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของการเพาะปลูกและการเก็บรักษา การใช้วิธีการตรวจสอบหลายๆ วิธีร่วมกัน และเป็นวิธีที่มีผลการทดลองยืนยันแล้วว่าเป็นวิธีการที่เหมาะสมกับเมล็ดพันธุ์พืชชนิดนั้นและในสภาพเพาะปลูกนั้นๆ จะให้ผลการประเมินโดยรวมที่มีประสิทธิภาพดีกว่า นอกจากนี้ผู้ปฏิบัติ สามารถปรับประยุกต์วิธีการ วัสดุอุปกรณ์ ให้เหมาะสมกับท้องถิ่นของตนเองได้ หรือพัฒนาวิธีการตรวจสอบใหม่ๆ ขึ้นมาใช้ได้โดยไม่มีข้อจำกัดแต่อย่างใด อย่างไรก็ตามวิธีการที่ใช้ตรวจสอบจะต้องมีความสัมพันธ์อย่างเด่นชัดกับเปอร์เซ็นต์ความงอกในแปลงปลูก (field emergence test) (ธวัชชัย, 2554; AOSA, 1983) Jonathan *et al.* (2013) ศึกษาการตอบสนองต่อการงอกของเมล็ดสับด้าในการเก็บรักษาและการเร่งอายุ ที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 48 หรือ 72 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0, 3, 6, 9 และ 12 เดือน พบว่าเมล็ดสับด้ามีเปอร์เซ็นต์ความงอกลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น และ Roberts *et al.* (1980) ศึกษาการเกิด lipid peroxidation ที่เกี่ยวข้องกับการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส พบว่าเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่เร่งอายุด้วยความชื้นสูงมีเปอร์เซ็นต์ความงอกลดลงตามระยะเวลาที่ผ่านการเร่งอายุ ส่วนอัตราการรั่วไหลของประจุ และปริมาณสาร malondialdehyde เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ผ่านการเร่งอายุ ขณะที่เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่เร่งอายุด้วยความชื้นต่ำ มีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูง ส่วนอัตราการรั่วไหลของประจุ มีอัตราการรั่วไหลของประจุต่ำ และปริมาณสาร malondialdehyde พบว่าในช่วงระยะเวลาแรกมีปริมาณสาร malondialdehyde ต่ำ แล้วค่อยเพิ่มสูงขึ้นในช่วงระยะเวลาหลัง เมื่อเทียบกับเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่เร่งอายุด้วยความชื้นสูง

1.5 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์

ความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศเป็นสิ่งที่ไม่สามารถทำนายได้ว่าจะเกิดขึ้นเมื่อใด Delouche (1980) ได้แสดงให้เห็นว่าสภาพอากาศที่มีฝนตกบ่อยสลับกับการมีอุณหภูมิสูงที่เกิดขึ้นภายหลังการสุกแก่และก่อนการเก็บเกี่ยวมีผลทำให้ความงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองลดลงอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้การเก็บเกี่ยวล่าช้าภายหลังการสุกแก่ที่เหมาะสมหรือระยะ harvest maturity ภายใต้อากาศที่ไม่เหมาะสมดังกล่าวจะทำให้คุณภาพของเมล็ดพันธุ์เสื่อมได้

พันธุ์กรรม เมล็ดพืชชนิดเดียวกันแต่ต่างพันธุ์กัน มีอัตราการผลิตคุณภาพที่แตกต่างกัน ถึงแม้จะได้รับการดูแลรักษาที่เหมือนกันภายใต้อากาศแวดล้อมเดียวกัน ซึ่งความผันแปรทางพันธุกรรมดังกล่าวอาจจะเกี่ยวข้องกับลักษณะต่างๆ ทางกายภาพของเมล็ด Paschal and Ellis (1978) ได้แสดงให้เห็นว่าในถั่วเหลืองพันธุ์ต่างๆ ที่ทำการทดลองนั้น พันธุ์ที่มีขนาดเมล็ดเล็กมีความต้านทานต่อการเสื่อมคุณภาพและการเจริญเติบโตของเชื้อรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ดีกว่าพันธุ์ที่มีขนาดเมล็ดพันธุ์ใหญ่กว่า โดยเมล็ดพันธุ์ที่มีขนาดเล็กจะให้ความงอกและความแข็งแรงที่ดีกว่า เมล็ดพันธุ์ที่มีขนาดใหญ่ Dassou and Kueneman (1984) พบว่าเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่มีขนาดเล็กและมีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำมีความต้านทานต่อการเสื่อมคุณภาพใน incubator weathering ได้ดีกว่าเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่มีขนาดใหญ่และเยื่อหุ้มเมล็ดสีเหลือง

เมล็ดพันธุ์ในระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาจะมีคุณภาพดีที่สุด หลังจากระยะนี้ไปแล้วความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์จะลดลง เพราะฉะนั้นยิ่งเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ช้าเท่าใด เมล็ดพันธุ์ที่ได้จะมีคุณภาพต่ำลงไปเรื่อยๆ ดังนั้นจึงควรเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ภายหลังการสุกแก่ทางสรีรวิทยาให้เร็วที่สุด และลดความชื้นเมล็ดโดยทันทีให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อการเก็บรักษา ก็จะทำให้สามารถเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ได้ยาวนาน การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์พืช นั้น มีวัตถุประสงค์เพื่อรักษาคุณภาพเมล็ดพันธุ์ให้มีความงอกและความแข็งแรงอยู่ในระดับที่สามารถใช้เพาะปลูกได้ (Krishnasamy and Seshu, 1990) การที่จะเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองให้มีชีวิตยืนยาวนาน ควรใช้เมล็ดพันธุ์ที่มีความงอกและความแข็งแรงเบื้องต้นสูง โดยเก็บเกี่ยวในระยะเวลาที่เหมาะสม นอกจากนี้ประวัติความเป็นมาของเมล็ดพันธุ์ การดูแลในระหว่างการปลูก การเก็บเกี่ยว การตาก การอบ การทำความสะอาด การบรรจุหีบห่อ และวิธีการเก็บรักษาล้วนมีผลต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ (จวงจันทร, 2523) การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ที่มีความชื้นสูงจะทำให้กิจกรรมต่างๆ ภายในเมล็ดเกิดขึ้นมากกว่าปกติ เช่น อัตราการหายใจสูงเกิดความร้อนสูง โรคและแมลงเข้าทำลายได้ง่าย ซึ่งจะทำให้ความแข็งแรงของเมล็ดลดลง และต่อมาความงอกก็จะลดลงตามไปด้วย การเสื่อมคุณภาพจะยังคงเกิดขึ้นต่อไปอีกในระหว่างการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ ถ้าสภาพแวดล้อมดังกล่าวยังคงเกิดขึ้นโดยไม่ได้เก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ให้ถูกต้องหรือเหมาะสม การเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ซึ่งเกิดจากความชื้นและอุณหภูมิ จะเกิดขึ้นมากน้อยเพียงใดนั้นเป็นไปตามกฎ Rules of Thumb ซึ่งกล่าวว่า ความชื้นของเมล็ดที่เพิ่มขึ้น 1 เปอร์เซ็นต์ หรืออุณหภูมิของการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น 5 องศาเซลเซียส จะทำให้อัตราการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์เพิ่มขึ้น 2 เท่า (Halder and Gupta, 1980) เมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาไว้ได้นานนั้นควรมีความชื้นในเมล็ดต่ำโดยเฉพาะเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง เพราะเป็นพืชที่มีน้ำมันเป็นองค์ประกอบอยู่มากจึงควรลดความชื้นในเมล็ดให้เหลือประมาณ 8-9 เปอร์เซ็นต์ เพราะเมล็ดที่มีความชื้นสูงจะมีอัตราการหายใจสูงมีการสะสมความร้อน และความชื้น จนอาจเป็นอันตรายต่อความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ได้ (จวงจันทร, 2521)

1.6 เอนไซม์ Lipase ภายในเมล็ด

ไลเปส (EC 3.1.1.3) เป็นหนึ่งในกลุ่มเอนไซม์ที่สำคัญและถูกนำไปใช้ในกระบวนการผลิตสินค้าอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมผงซักฟอก อุตสาหกรรมอาหาร เครื่องสำอาง และอุตสาหกรรมยา ไลเปสเป็นเอนไซม์ที่พบในธรรมชาติ และพบในสิ่งมีชีวิตหลายชนิด ทั้งในสัตว์ พืชและจุลินทรีย์ สำหรับในพืชปริมาณเอนไซม์ไลเปสพบในเนื้อเยื่อหลายชนิด แต่พบมากที่สุดในเมล็ด

การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของไขมันในเมล็ดระหว่างการเก็บรักษา จะเกิดจาก hydrolysis และ peroxidation โดยไขมันจะถูกย่อยโดยเอนไซม์ lipolytic เช่น lipase และ phospholipase ซึ่งไขมันส่วนใหญ่ คือ triglyceride จะถูกย่อยโดยเอนไซม์ lipase ทำให้เกิดกรดไขมันอิสระ กรดไขมันอิสระจะสะสมมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขึ้นตามอายุการเก็บรักษาเมล็ด โดยกิจกรรมของเอนไซม์จะเพิ่มขึ้นเมื่อความชื้นของเมล็ดสูงและอุณหภูมิในโรงเก็บสูง กรดไขมันอิสระที่เกิดขึ้นอาจมีส่วนในการทำลายผนังเมมเบรน หรืออาจทำให้โครงสร้างของไมโทคอนเดรียผิดปกติซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการทำงานของเซลล์ (Priestley, 1986) ผลของการย่อยไขมันด้วยเอนไซม์ lipase ทำให้ได้กรดไขมันอิสระ ซึ่งประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวและกรดไขมันอิ่มตัว กรดไขมันไม่อิ่มตัวส่วนหนึ่งจะออกซิไดซ์และกระตุ้นต่อไปด้วย เอนไซม์ lipoxigenase หรือเกิด autoxidation ได้สารประกอบ hydroperoxide (Allen and Hamilton, 1994) และมีรายงานว่า พบเอนไซม์ lipase ในเมล็ดที่มีความชื้นต่ำ (Lin *et al.*, 1982) ซึ่งมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายชนิดไวต่อปฏิกิริยา peroxidation เป็นผลให้ไขมันถูกทำลายและเกิดสารต่างๆ จากปฏิกิริยาต่อเนื่องที่ซับซ้อน สามารถทำลายเมมเบรน เอนไซม์ วิตามิน และโปรตีน (Allen and Hamilton, 1994) การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของไขมันและกรดไขมันโดยปฏิกิริยา peroxidation มีผลต่อการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ชนิดต่างๆ เช่น เมล็ดถั่วเหลือง (Roberts *et al.*, 1980; Nakayama *et al.*, 1981; Ponquett *et al.*, 1992) เมล็ดทานตะวัน (Bailly *et al.*, 1996)

ในระหว่างการงอกของเมล็ดพืชสารอาหารที่สะสมอยู่ที่ endosperm หรือ cotyledon จะถูกย่อยสลายด้วยเอนไซม์ให้เปลี่ยนจากสารที่มีโมเลกุลใหญ่เป็นสารที่มีโมเลกุลเล็กลง ในเมล็ดธัญพืช embryo จะสังเคราะห์ฮอร์โมน จิบเบอเรลลิน (gibberellins) ซึ่งฮอร์โมนนี้เป็นสัญญาณที่ส่งไปยัง aleurone layer ที่อยู่ชั้นนอกสุดของ endosperm และกระตุ้นให้เกิดการ สังเคราะห์เอนไซม์ย่อยสารอาหารที่สะสมไว้ใน endosperm เช่น เอนไซม์ α -amylase ย่อยสลายแป้ง เป็นน้ำตาลกลูโคส และลำเลียงไปให้ embryo ใช้สำหรับการเจริญเติบโต นอกจาก α -amylase แล้วจะพบเอนไซม์ชนิดอื่น เช่น lipase เป็นเอนไซม์เริ่มต้นที่ทำให้เกิดการย่อยสลายไขมันเป็นน้ำตาลซูโครส และเอนไซม์ protease ที่ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาการย่อยสลายโปรตีนเป็นกรดอะมิโน ส่วนกิจกรรมเอนไซม์ lipase จะเกิดขึ้นสูงในขณะที่ยอดเมล็ดกำลังงอก ซึ่งพบมากในพืชน้ำมันที่มีการสะสมน้ำมันในเมล็ด เช่น Black seeds (*Guizotia abyssinica*), Caster (*Recimus communis*) และถั่วเหลือง (Gadge *et al.*, 2011) Roland *et al.* (2002) ศึกษาคุณสมบัติของเอนไซม์ไลเปสจากการงอกของเมล็ดสบู่ดำ (*Jatropha curcas* L.) ซึ่งกิจกรรมเอนไซม์ไลเปสสามารถพบได้ในเมล็ดที่งอกตัว และมีการงอก การแยกเอนไซม์ไลเปสให้บริสุทธิ์ โดยผสมกับแอมโมเนียมซัลเฟตเพื่อให้เกิดการตกตะกอนและกรองอย่างละเอียด จากนั้นนำเอนไซม์ไลเปสมาตรวจสอบกิจกรรมไลเปสในน้ำมันเมล็ดปาล์ม น้ำมันมะพร้าว และน้ำมันมะกอก พบว่ามีกิจกรรมไลเปส ประมาณ 5 μg FFA/ μg protein/min ส่วนน้ำมันปาล์ม *Raphia hookeri* และน้ำมันเมล็ดสบู่ดำ พบว่ามีกิจกรรมไลเปสเป็น 2 เท่า ของกลุ่มแรก ส่วนน้ำมันปาล์มกับน้ำมันปลา พบว่ามีกิจกรรม ไลเปสสูงที่สุดเมื่อเทียบกับน้ำมันชนิดอื่นๆ และพบว่าค่า pH และอุณหภูมิที่เหมาะสมจะทำให้เกิดกิจกรรมเอนไซม์ไลเปสสูงที่สุด ซึ่งก็คือที่ pH 7.5 อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส และ Begum *et al.* (2014) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเอนไซม์ในระหว่างการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสง ที่ระยะเวลา 0, 2, 4 และ 6 เดือน พบว่าการเปลี่ยนแปลงในการทำงานของเอนไซม์ขึ้นอยู่กับอายุของเมล็ดพันธุ์และความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ โดยกิจกรรมเอนไซม์ catalase และ peroxidase ลดลงระหว่างการเก็บรักษา จึงทำให้เมล็ดพันธุ์ถั่วลิสงมีความแข็งแรงลดลง เนื่องจากเอนไซม์ peroxidase จะไปเปลี่ยนอนุมูลอิสระ H_2O_2 ไปเป็นน้ำเพื่อลดการสะสมของอนุมูลอิสระภายในเมล็ด ส่วนกิจกรรมเอนไซม์ lipase พบว่าแนวโน้มของกิจกรรมมีกิจกรรมเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบเมล็ดพันธุ์ในสภาวะเครียด

ชานนท์ และคณะ (2556) พบว่าอนุมูลอิสระมักเกิดขึ้นในระหว่างการงอกของเมล็ดและเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ความงอกลดลง salicylic acid (SA) และ folic acid (FA) เป็นสารต้านอนุมูลอิสระสามารถยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันไม่ให้ดำเนินต่อไป ในการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของ SA และ FA ต่อความงอก ความแข็งแรงและการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักบุ้งจีน (*Ipomoea aquatic Forsk.*) ทำ priming โดยแช่เมล็ดใน SA ที่ระดับความเข้มข้น 0 , 10^{-6} , 10^{-4} และ 10^{-2} โมลาร์ นาน 30 นาที หรือ FA ความเข้มข้น 0 , 25 , 50 , 100 , 200 และ 400 ไมโครโมลาร์ นาน 30, 60, 120 และ 180 นาที พบว่าการ priming ด้วย SA หรือ FA เมล็ดมีความงอก ความแข็งแรง และการเจริญเติบโตของต้นกล้าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกสิ่งทดลอง

Bhattacharjee *et al.* (2006) ศึกษาเทคนิคสำหรับการยืดอายุการเก็บรักษาของเมล็ดถั่วเขียว และเมล็ดทานตะวัน โดยใช้ sodium dikegulac กับ น้ำมันยูคาลิปตัส โดยนำเมล็ดพืชทั้ง 2 ชนิดมาทดสอบ โดยการแช่สาร sodium dikegulac ที่ระดับความเข้มข้น 500 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และการรมด้วยน้ำมันยูคาลิปตัส ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ในงานทดลอง พร้อมเร่งอายุที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 99.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 0, 15 และ 30 วันหลังจากนั้นทดสอบการงอก พบว่าเมื่อระยะเวลาการเร่งอายุผ่านไปทำให้การงอกของเมล็ดพืชทั้งสองชนิดลดลง แต่ sodium dikegulac ยังคงรักษาการงอกเมล็ดพันธุ์ของพืชทั้ง 2 ชนิด ที่ผ่านการเร่งอายุได้ดีที่สุดรองลงมาคือน้ำมันยูคาลิปตัส และชุดควบคุมมีการงอกต่ำที่สุด

Khan *et al.* (2006) ศึกษาผลของ ascorbic acid และสารละลายจากเกลือทะเลต่อการงอกของ *Atriplex stocksii*, *Arthrocnemum macrostachyum*, *Haloxylon stocksii*, *Suaeda fruticosa*, *Desmostachya bipinnata* and *Aeluropus lagopoides* โดยการนำเมล็ดจากพืชแต่ละชนิดมาแช่ในสารละลาย ascorbic acid ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ที่ระดับความเข้มข้น 0 , 20 , 40 และ 60 มิลลิโมลาร์ เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วนำมาทดสอบการงอกในสารละลายจากเกลือทะเล ที่ระดับความเข้มข้น 0 , 10 , 20 , 30 และ 40 dSm⁻¹ พบว่าสารละลายจากเกลือทะเลมีผลทำให้ความสามารถในการงอกของเมล็ดพืชลดลงตามความเข้มข้นของสารละลายเกลือทะเลที่เพิ่มขึ้น ส่วนการการแช่สารละลาย ascorbic acid ที่ความเข้มข้น 60 มิลลิโมลาร์ ช่วยทำให้ความสามารถในการงอกของเมล็ดพันธุ์พืชเพิ่มขึ้น

Nimmagadda and Narayanaswamy (2009) ได้มีการทดลองใช้ ascorbic acid กับ การกระตุ้นการงอกของเมล็ดพืชชนิดต่างๆ เช่น ในเมล็ดพันธุ์พริกหวานที่ผ่านการเร่งอายุ 3 วัน เมื่อนำเมล็ดมาทำ priming โดยแช่ในสารละลาย ascorbic acid ที่ระดับความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร นาน 12 ชั่วโมง ทำให้มีความงอกเพิ่มขึ้น 15 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้ทำ priming

Draganic and Lekic (2012) ศึกษาผลของสารต้านอนุมูลอิสระต่อการกระตุ้นการงอก และการเจริญเติบโตของเมล็ดพันธุ์ทานตะวันภายใต้สภาวะที่ไม่เหมาะสม โดยการนำเมล็ดพันธุ์ทานตะวันแช่สารละลาย ascorbic acid ที่ระดับความเข้มข้น 0.5 และ 2.5 เปอร์เซ็นต์ tocopherol ที่ระดับความเข้มข้น 0.3 และ 0.9 เปอร์เซ็นต์ glutathione ที่ระดับความเข้มข้น 0.05 และ 0.1 เปอร์เซ็นต์ และ ascorbic acid ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ ผสม tocopherol ที่ระดับความเข้มข้น 0.3 เปอร์เซ็นต์ และผสม glutathione ที่ระดับความเข้มข้น 0.05 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาผึ่งอากาศให้แห้ง ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดระยะเวลาทำการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ทานตะวัน ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95-100 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง พบว่าเมล็ดพันธุ์ทานตะวันที่แช่สารต้านอนุมูลอิสระที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ และผ่านการเร่งอายุ มีอัตราการงอกใกล้เคียงกัน

1.8 อนุมูลอิสระ

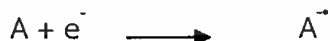
อนุมูลอิสระ (Free radical) คืออะตอม หรือสารประกอบที่มีอิเล็กตรอนเดี่ยวอยู่ในออร์บิทัลวงนอกสุดที่มีระดับพลังงานสูง รวมถึงอะตอมของไฮโดรเจนและออกซิเจนของโลหะทรานซิชันส่วนใหญ่ นอกจากนี้ยังรวมถึงโมเลกุลของออกซิเจน ซึ่งนับว่าเป็นอนุมูล เพราะมีอิเล็กตรอนจำนวน 2 อิเล็กตรอน แต่ละอิเล็กตรอนจะแยกกันอยู่เป็นอิเล็กตรอนเดี่ยวในแต่ละออร์บิทัล ทั้งนี้การหมุนรอบตัวของอิเล็กตรอนทั้งสองจะเป็นแบบคู่ขนานในทิศทางเดียวกัน อนุมูลอิสระมีทั้งอยู่ในสภาวะเป็นกลางทางไฟฟ้า และอนุมูลในสภาวะที่มีประจุไฟฟ้า โดยมีทั้งประจุบวกและประจุลบ สัญลักษณ์ทางเคมีของอนุมูลอิสระ คือ อิเล็กตรอนเดี่ยวของอนุมูลซึ่งจะแสดงด้วยจุดในตำแหน่งข้างบนของสัญลักษณ์ทางเคมี เช่น A^{\cdot} อนุมูล $A^{\cdot-}$ และ อนุมูล $A^{\cdot+}$ โดยเฉพาะอนุมูลที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ จะไวต่อการเกิดปฏิกิริยามากกว่าอนุมูลที่มีน้ำหนักโมเลกุล เนื่องจากอิเล็กตรอนเดี่ยวจะไม่เสถียรและพยายามจับคู่กับอิเล็กตรอนเดี่ยวอื่น ดังนั้นอนุมูลอิสระจึงมีคุณสมบัติเฉพาะ คือ มีความไวสูงในการเกิดปฏิกิริยากับโมเลกุลอื่นๆ อย่างไรก็ตามยังคงมีอนุมูลอิสระบางชนิดที่มีความเสถียร ไม่วิธีในการเกิดปฏิกิริยา สามารถคงอยู่ในสภาพอนุมูลได้นาน อนุมูลที่มีความเสถียรมีจำนวนน้อยชนิดมาก (โอภา และคณะ, 2549)

ตัวอย่างของอนุมูลที่มีความสำคัญในทางชีวภาพ ได้แก่ อนุมูลซูเปอร์ออกไซด์แอนไอออน ($O_2^{\cdot-}$) อนุมูลไฮดรอกซี ($\cdot OH$) อนุมูลอัลคอกซี (RO^{\cdot}) และอนุมูลเปอร์ไฮดรอกซี (HO_2^{\cdot}) อนุมูลอิสระเหล่านี้จัดเป็นอนุมูลที่ไวในการเกิดปฏิกิริยาสูงมาก และขณะที่ไนตริกออกไซด์ (NO) หรือ อนุมูลไนตริกออกไซด์ ($\cdot NO$) อนุมูลวิตามินอี และอนุมูลวิตามินซี เป็นอนุมูลอิสระที่มีความไวสูงรองลงมา การเกิด อนุมูลอิสระมีได้หลายกลไกที่แตกต่างกัน ดังนี้

1.8.1 การแตกของพันธะโควาเลนต์แบบโฮโมไลซิส



1.8.2 การเพิ่มอิเล็กตรอน 1 ตัวให้แก่อะตอมที่เป็นกลาง (ทางไฟฟ้า)



1.8.3 การสูญเสียอิเล็กตรอน 1 ตัวจากอะตอมที่เป็นกลางทางไฟฟ้า



อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติมีมากมายหลายชนิด ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ลายสารชีวโมเลกุลภายในเซลล์ และทำให้เกิดโรคต่างๆ ตามมา อนุมูลที่สำคัญ ได้แก่ superoxide radical, hydroxyl radical และสารอัลดีไฮด์ต่างๆ ที่เกิดจากกระบวนการลิพิดเปอร์ออกซิเดชัน (lipid peroxidation) เป็นต้นจึงมีการคิดวิธีสังเคราะห์อนุมูลอิสระเหล่านี้ในหลอดทดลอง และทดสอบความสามารถของสารในการยับยั้งอนุมูลอิสระเหล่านี้ (พรทิพย์, 2550)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.9 สารต้านการเกิดออกซิเดชัน

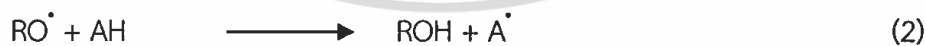
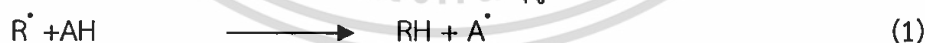
สารต้านออกซิเดชัน (antioxidants) หรืออาจเรียกว่าสารต้านอนุมูลอิสระ คือสารที่สามารถยับยั้ง หรือชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดอนุมูลอิสระ (free radical) หรือสารที่สามารถจับอนุมูลอิสระออกจากร่างกาย สารต้านอนุมูลอิสระแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ ประเภทแรก ป้องกันการเกิดสารอนุมูลอิสระ ได้แก่ เอนไซม์ superoxide dismutase, glutathione peroxidase, catalase, peroxidase, cytochrome C peroxidase และโปรตีนซึ่งมีทองแดงอยู่ในโมเลกุล (ceruloplasmin) ส่วนอีกประเภทหนึ่ง คือ สารต้านออกซิเดชัน ในกลุ่มที่ทำลายปฏิกิริยาออกซิเดชัน ได้แก่ วิตามินอี เบต้า-แคโรทีน วิตามินซี ubiquinone, uric acid, bilirubin, albumin, sulfhydryl groups ในกรดอะมิโน และ cysteine ซึ่งมีอยู่ในโปรตีน เช่น เนื้อสัตว์ นอกจากกลุ่มสารพวกนี้ยังมี สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) และสารกลุ่ม flavonoids ที่เป็นสารต้านออกซิเดชันที่น่าสนใจอีกด้วย (มลศิริ, 2540) ซึ่งมีรายงานพบมากในพืช ผัก ผลไม้ ทั่วไปยังจัดเป็นสารออกฤทธิ์ต้านการเกิดออกซิเดชันจากแหล่งธรรมชาติที่ดีที่สุดอีกหนึ่งกลุ่มสารต้านการเกิดออกซิเดชันสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทตามลักษณะการออกฤทธิ์ คือ สารต้านการเกิดออกซิเดชันปฐมภูมิ เป็นสารที่หยุดปฏิกิริยาอนุมูลอิสระโดยการให้อนุมูลไฮโดรเจน (H[•]) หรืออิเล็กตรอน แก่อนุมูลโดยตรงเป็นผลให้อนุมูลนั้นกลายเป็นสารที่มีความเสถียรขึ้นสารออกฤทธิ์ในลักษณะดังกล่าว ได้แก่ สารประกอบกลุ่ม phenolic เช่น flavonoids, eugenol และ vanillin เป็นต้น มีรายงานว่าสารต้านอนุมูลอิสระชนิดนี้จะทำหน้าที่ได้ดีกว่าที่ความเข้มข้นต่ำๆ แต่เมื่อมีความเข้มข้นสูงขึ้น อาจกลายเป็นสารเสริมฤทธิ์ออกซิเดชันได้ สารต้านการเกิดออกซิเดชันทุติยภูมิ สารต้านการเกิดออกซิเดชันประเภทนี้ไม่ทำปฏิกิริยาโดยตรงกับอนุมูลอิสระแต่จะช่วยการทำงานของสารต้านการเกิดออกซิเดชันปฐมภูมิ ในลักษณะต่างๆ เช่น จับกับ Fe²⁺ ดักจับออกซิเจนดูดซับรังสียูวีไว้ เป็นต้น

1.9.1 กลไกการทำงานของสารต้านการเกิดออกซิเดชัน

สารต้านการเกิดออกซิเดชันมีกลไกการทำงานแบ่งได้เป็น 6 แบบใหญ่ๆ คือ

1.9.1.1 ดักจับอนุมูลอิสระ (Radical scavenging)

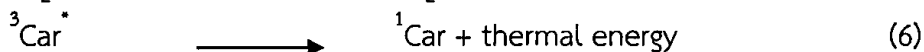
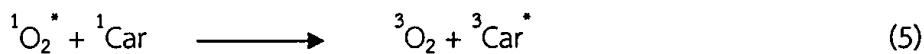
โดยการให้ไฮโดรเจนหรืออิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระ (สมการที่ 1-4)



1.9.1.2 ยับยั้งการทำงานของ Singlet oxygen (Singlet oxygen quenching)

สารกลุ่มแคโรทีนอยด์ (carotenoids) สามารถยับยั้งการทำงานของ singlet oxygen โดยการเปลี่ยน singlet oxygen (¹O₂) ให้อยู่ในรูป triplet oxygen (³O₂) (สมการที่ 5) และปล่อยพลังงานที่ได้รับออกไปในรูปความร้อน (สมการที่ 6) โดยที่แคโรทีนอยด์ (Car) 1 โมเลกุลสามารถทำปฏิกิริยากับ singlet oxygen ได้ถึง 10,000 โมเลกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



1.9.1.3 จับกับโลหะที่สามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ (Metal chelation)

สารที่สามารถจับโลหะที่สำคัญเหล่านี้คือ Fe^{2+} และ Cu^{2+} ได้แก่ flavonoids, phosphoric acid และ citric acid เป็นต้น

1.9.1.4 หยุดปฏิกิริยาการสร้างอนุมูลอิสระ (Chain-breaking)

วิตามินอีสามารถป้องกันเยื่อหุ้มเซลล์ถูกทำลายจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (lipid-auto oxidation) โดยทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน (electron-acceptor) จากอนุมูล peroxy (ROO \cdot)

1.9.1.5 เสริมฤทธิ์

สารชนิดนี้จะช่วยสนับสนุนให้สารต้านการเกิดออกซิเดชันทำงานได้ดีขึ้น ตัวอย่างเช่น การทำงานร่วมกันระหว่าง

1.9.1.6 ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาอนุมูลอิสระ (Enzyme inhibition)

สารประกอบ phenolic บางชนิด เช่น flavonoids, phosphoric acid และ gallates สามารถยับยั้ง lipoxygenase โดยสามารถเข้าจับกับไอออนของเหล็กซึ่งเป็นโคแฟกเตอร์ (Co-factor) มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ดังกล่าว

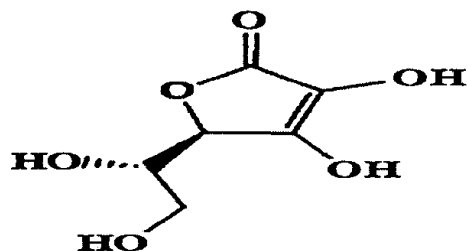
1.9.2 ตัวอย่างสารต้านออกซิเดชันบางชนิด

1.9.2.1 วิตามินเอ ในธรรมชาติวิตามินเอจะพบเฉพาะในสัตว์เท่านั้น แต่ในพืชจะมีสารประกอบแคโรทีนอยด์ที่สามารถเปลี่ยนเป็นวิตามินเอได้ จัดเป็น precursor ของวิตามินเอ เรียกว่า โปรวิตามินเอ มักพบในพืชผักใบเขียว ผักและผลไม้ที่มีสีเหลือง หรือสีส้มแดง (Packer *et al.*, 1999)

1.9.2.2 วิตามินซี มีชื่อทางเคมีว่า กรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid) (ภาพที่ 1.2) เป็นวิตามินที่ละลายได้ในน้ำ จะสลายตัวเมื่อถูกความร้อนหรือทิ้งไว้ในอากาศที่มีความชื้น วิตามินซีมีสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชัน โดยจะเข้าทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ อนุมูล hydroxyl และอนุมูล peroxy (Basu *et al.*, 1999) นอกจากวิตามินซีสามารถเข้าทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระแล้ว ยังทำหน้าที่เป็นตัวส่งเสริมประสิทธิภาพของสารต้านออกซิเดชันของวิตามินอีด้วย โดยทำให้อนุมูล α -tocopherol \cdot (TO \cdot) เปลี่ยนกลับไปเป็น α -tocopherol (TOH) ดังเดิม ดังสมการ

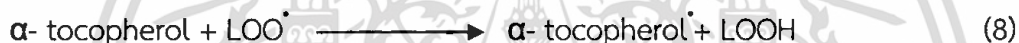


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

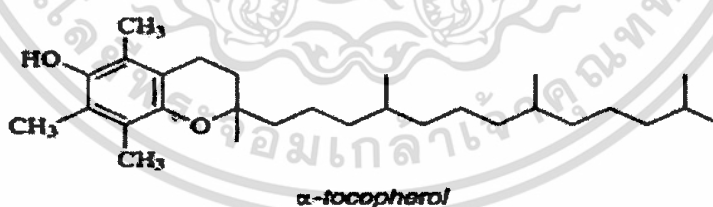


ภาพที่ 1.2 โครงสร้างของ Ascorbic acid (วิตามินซี)

1.9.2.3 วิตามินอี (ภาพที่ 1.3) เป็นวิตามินที่ละลายได้ในไขมันเป็นสารต้านออกซิเดชันที่สำคัญ โดยวิตามินอีทำงานร่วมกับสารต้านออกซิเดชัน ตัวอื่นๆ เช่น วิตามินซีและซีลีเนียมเป็นต้น วิตามินอีช่วยปรับให้ร่างกายสามารถนำเอาวิตามินเอมาใช้ ซึ่งจะช่วยในการป้องกันสารที่เป็นพิษที่มีผลมาจากโลหะ เช่น ตะกั่ว ในธรรมชาติมีวิตามินอีอยู่หลายชนิด ปัจจุบันแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ โทโคฟีรอล และ โทโคโทอินอล แต่ละกลุ่มยังแยกเป็นวิตามินย่อยๆ อีก 4 ชนิด ได้แก่ อัลฟา (α -) เบต้า (β -) แกมมา (γ -) และเดลต้า (δ -) วิตามินอีทำหน้าที่เป็นตัวให้อิเล็กตรอนแก่อนุมูล peroxy ดังสมการ



อนุมูล α -tocopherol \cdot ที่เกิดขึ้น สามารถทำปฏิกิริยากับอนุมูล peroxy ตัวอื่นทำให้ได้สารที่มีความเสถียร (LOO- α -tocopherol) ดังสมการ เป็นผลให้ปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันหยุดลง (Basu *et al.*, 1999)



ภาพที่ 1.3 โครงสร้างของ Tocopherol (วิตามินอี)

1.9.2.4 ซีลีเนียม ทองแดง และสังกะสี เป็นสารต้านออกซิเดชันทางอ้อม เนื่องจากเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ที่ทำหน้าที่เป็นสารต้านออกซิเดชัน มีการศึกษาวิจัยที่แสดงว่าการใช้ซีลีเนียม และวิตามินอีร่วมกันช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการป้องกันการเกิดโรคมะเร็งบางชนิด ซึ่งพบได้ในอาหารตามธรรมชาติ เนื่องจากสารต้านออกซิเดชันมีหน้าที่หลายอย่าง เช่น ทำหน้าที่เป็นสารรีดิวซ์ (reducing agent) เป็นตัวจับไลออนอนุมูลอิสระจับกับไอออนโลหะที่เร่งให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ด้วยหน้าที่ต่างๆ เหล่านี้ จึงทำให้มีผลต่อการชะลอหรือยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน หรือสามารถหยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ และทำให้เป็นสารที่มีเอกลักษณ์เป็นเอกลักษณ์ที่สงวนไว้สำหรับการทำงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเสถียร หรือเป็นสารที่ไม่ทำปฏิกิริยาออกซิเดชันอีกต่อไป หรือเป็นสารที่ไม่ใช่ออนุมูลอิสระ (Non-radical product) (Basu *et al.*, 1999)

1.9.2.5 แคโรทีนอยด์ แคโรทีนอยด์เป็นรงควัตถุที่พบทั่วไปในธรรมชาติ จะถูกสังเคราะห์ขึ้นในคลอโรพลาสต์ของพืช และพบมากในผักและผลไม้สุก (Tomas-Barberan and Robins. 1997) โครงสร้างพื้นฐานของแคโรทีนอยด์ประกอบด้วยโครงสร้างหลักที่เรียกว่า tetraterpene skeleton ซึ่งอาจมีวงแหวนที่บริเวณปลายด้านใดด้านหนึ่งหรือทั้งสองด้านของโมเลกุล วงแหวนนี้อาจเป็นวงแหวนห้าหรือหกเหลี่ยมก็ได้ แคโรทีนอยด์สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ตามองค์ประกอบของโครงสร้างในโมเลกุลดังนี้ (Packer *et al.*, 1999)

1.9.2.6 แคโรทีน (carotene) เป็นแคโรทีนอยด์ที่โครงสร้างโมเลกุลประกอบด้วยคาร์บอนและไฮโดรเจนเท่านั้น เช่น เบต้า-แคโรทีน (β -carotene) อัลฟา-แคโรทีน (α -carotene) แกมมา-แคโรทีน (γ -carotene) ไลโคปีน (lycopene) เป็นต้น และซึ่ง เบต้า-แคโรทีน เป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอ การเปลี่ยนรูปจากเบต้า-แคโรทีนไปเป็นวิตามินเอโดยการแตกพันธะคู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางของโมเลกุล โดยเอนไซม์ carotene deoxygenase เมื่อเบต้า-แคโรทีน สามารถดักจับอนุมูลอิสระเข้าไปในโมเลกุลแล้ว โมเลกุลของเบต้า-แคโรทีนจะอยู่ในลักษณะที่มีความเสถียร

1.9.2.7 ออกโซแคโรทีนอยด์ (oxocarotenoid) หรือ แซนโทฟิล (xanthophyll) เป็นแคโรทีนอยด์ที่โครงสร้างโมเลกุลบริเวณวงแหวนประกอบด้วยกลุ่มอื่นนอกเหนือจากคาร์บอนและไฮโดรเจน เช่น เบต้า-คริปโทแซนทิน (β -cryptoxanthin) และลูทีน (lutein) (Packer *et al.*, 1999)

1.9.2.8 สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารที่พบได้ในพืชทั่วไป มีสูตรโครงสร้างทางเคมีเป็นวงแหวนที่มีหมู่ไฮดรอกซิลอย่างน้อยหนึ่งหมู่หรือมากกว่านั้น สามารถละลายน้ำได้ ที่พบในพืชมักจะรวมอยู่ในโมเลกุลของน้ำตาลในรูปของสารประกอบไกลโคไซด์ (glycosides) และพบได้ในส่วนของช่องว่างภายในเซลล์ (cell vacuole) สารประกอบฟีนอลิกที่พบในธรรมชาติมีมากมายหลายชนิด มีลักษณะสูตรโครงสร้างทางเคมีที่แตกต่างกัน ซึ่งกลุ่มใหญ่ที่สุดที่พบจะเป็นสารประกอบพวงฟลาโวนอยด์ (flavonoids) นอกจากนั้นยังมีสารประกอบต่างๆ เช่น simple monocyclic phenol, phenyl propanoid, phenolic quinine และ polyphenolic ซึ่งได้แก่พวก lignin, tannin เป็นต้น รวมทั้งยังพบว่า มีสารประกอบที่มีกลุ่มฟีนอล (phenolic unit) รวมอยู่ในโมเลกุลของโปรตีนอัลคาลอยด์ (alkaloid) และเทอร์พีนอยด์ (terpenoid) เป็นต้น (อัญชญา, 2544)

สารประกอบฟีนอลิกหลายชนิดมีสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชัน เช่น ฟลาโวนอยด์ กรดฟีนอลิก และ แทนนิน เป็นต้น สารประกอบฟีนอลิกทำหน้าที่เป็นตัวจับอนุมูลอิสระที่สำคัญคืออนุมูล peroxy (Packer *et al.*, 1999) โดยมีกลไก 2 แบบคือ เมื่ออยู่ในสภาวะที่มีความเข้มข้นต่ำเมื่อเทียบกับสารออกซิไดซ์ สารประกอบฟีนอลิกจะป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน นอกจากนี้อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยาจะถูกทำให้เป็นสารที่มีความเสถียร ดังนั้นจึงสามารถป้องกันการเกิดชั้นตอนพลอวาเกินได้ นอกจากนี้สารประกอบฟีนอลิกบางชนิดยังทำหน้าที่เป็นสารคีเลต ดักจับไอออนของโลหะเข้าไปในโมเลกุล เช่น เคอร์ซีทิน (quercetin) สารประกอบฟีนอลิกยังทำหน้าที่ทั้งเป็นสารให้อิเล็กตรอน หรือเป็นตัวให้อิเล็กตรอน และกำจัดออกซิเจนที่อยู่ในรูปแอกทีฟ ด้วยหน้าที่ต่างๆ ดังกล่าวจึงทำให้สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารต้านออกซิเดชัน ที่สำคัญชนิดหนึ่งในพืชทั่วไป (Rice-Evans and Miller, 1996)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.9.3 วิธีการวัดความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ

1.9.3.1 วิธี DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) radical (Hou *et al.*, 2001) อนุมูล DPPH[•] เป็นอนุมูลไนโตรเจนที่คงตัว มีสีม่วง อยู่ในรูปอนุมูลอยู่แล้ว โดยไม่ต้องทำปฏิกิริยาเพื่อให้เกิดอนุมูล เหมือนกับกรณีอนุมูล ABTS^{•+} การวิเคราะห์เป็นการวัดความสามารถของสารทดสอบในการกำจัดอนุมูลอิสระ โดยวิธีให้ไฮโดรเจนอะตอม การวัดทำโดยใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (spectrophotometer) วัดการลดลงของสี เมื่อเติมสารต้านออกซิเดชันลงไป โดยวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร

DPPH radical ใช้ในการทดสอบความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระของสารตัวอย่าง (scavenging activity) สารละลายของ DPPH[•] มีสีม่วงในเอทานอล และเมื่อได้รับ H จะเปลี่ยนเป็น สารละลายสีเหลือง ตามสมการดังนี้ (Blois, 1958)



ค่าที่วัดได้จะแสดงความสามารถในการสารต้านออกซิเดชันออกมาในค่า % inhibition ตามสมการดังนี้

$$\% \text{ inhibition} = [(A_{517} \text{ control} - A_{517} \text{ test sample}) / A_{517} \text{ control}] \times 100 \quad (11)$$

ข้อดีของวิธีนี้คือ ทำได้ง่าย นิยมใช้เป็นวิธีเบื้องต้นในการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลของสารต้านออกซิเดชันจากธรรมชาติ

ข้อเสียของวิธีนี้คือ อนุมูล DPPH[•] มีความคงตัวไม่ไวต่อการทำปฏิกิริยาเหมือนอนุมูลที่เกิดในเซลล์หรือร่างกาย ดังนั้นวิธีนี้จึงไม่สามารถแยกแยะจัดอันดับอนุมูลที่มีความไวสูงได้

1.9.3.2 วิธี lipid peroxidation (Halliwell *et al.*, 1987) เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันแบบลูกโซ่ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว อนุมูลอิสระเพียง 1 อนุมูลสามารถทำให้เกิดลิปิดเปอร์ออกไซด์ เป็นจำนวนหลายร้อยโมเลกุลก่อนที่จะสิ้นสุดปฏิกิริยา เนื่องจากปฏิกิริยา lipid peroxidation สามารถเกิดได้ง่ายกับเยื่อหุ้มเซลล์ ที่ประกอบด้วยลิปิด 2 ชั้นการเกิดลิปิดออกซิเดชันกับลิปิดในเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์ มีคุณสมบัติที่เปลี่ยนไป ยังส่งผลกระทบต่อเอนไซม์และรีเซพเตอร์ที่ฝังตัวอยู่ในเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้เอนไซม์และรีเซพเตอร์มีการทำงานที่เสียไปเป็นสาเหตุในเกิดโรคต่างๆได้อีกด้วย ผลผลิตที่เกิดขึ้นมาจาก lipid peroxidation ได้แก่ สารไฮโดรคาร์บอน เช่น อีเทน อีthin และเพนเทน รวมถึง สารคีโตน และสารอัลดีไฮด์ เป็นต้น ซึ่งสารอัลดีไฮด์ที่มีความสำคัญ คือ มาลอนไดอัลดีไฮด์ (malondialdehyde, MDA) lipid peroxidation เป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ ปฏิกิริยาเริ่มต้นของการเกิดโซ่ ปฏิกิริยาการทวีเพิ่มขึ้น และการสิ้นสุดปฏิกิริยา ปฏิกิริยาลูกโซ่เริ่มต้นด้วยการมีอนุมูลอิสระเกิดขึ้น และอนุมูลอิสระนี้เข้าทำปฏิกิริยากับลิปิดและทำให้เกิดอนุมูลลิปิด (L[•] หรือ R[•])

วิธีนี้เป็นวิธีการวิเคราะห์ความสามารถในการยับยั้ง lipid peroxidation ของสารสกัดทดสอบ โดยใช้ตับหนูมาทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน แล้วทำให้เกิดผลผลิตจากปฏิกิริยา Lipid peroxidation ได้เป็นสารมาลอนไดอัลดีไฮด์ (MDA) จากนั้นเติมกรดไทโอบาร์บิทูริกในสภาวะกรดสาร MDA จะทำปฏิกิริยากับกรดไทโอบาร์บิทูริก ได้เป็นสารมีสีเรียกว่า TBARS (thiobarbituric acid reactive) เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

substances) เมื่อเติมสารสกัดทดสอบที่มีความสามารถในการยับยั้ง lipid peroxidation ลงไป จะทำให้สารสีจางลง จากการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร (โอภา และคณะ, 2549)

ข้อดีของวิธีการนี้ คือ ทำการศึกษาง่าย สะดวก ไม่ต้องใช้เครื่องมือที่มีราคาสูง แต่มีข้อเสีย คือต้องใช้สิ่งมีชีวิตในการทำการทดลอง ทำให้ลดความนิยมลงเมื่อได้ค่าการดูดกลืนแสงแล้วนำไปคำนวณหา % inhibition ตามสมการ

$$\% \text{ Inhibition} = [(A_{532 \text{ control}} - A_{532 \text{ test sample}}) / A_{532 \text{ control}}] \times 100 \quad (12)$$

1.9.3.3 วิธี metal chelating activity (Dinis *et al.*, 1994) การวัดความสามารถในการแย่งจับกับโลหะเป็นวิธีหนึ่งที่ยิยมใช้ในการหาความสามารถในการต้านออกซิเดชันของสารที่ต้องการทดสอบ เพราะโลหะไอออนเป็นตัวการสำคัญในการเร่งปฏิกิริยาทำให้เกิดสารอนุมูลอิสระต่างๆมากมายหลายชนิด โดยเฉพาะธาตุเหล็กที่อยู่ในรูปเฟอร์รัส หรือ Fe^{2+} จะทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับออกซิเจนในอากาศ เกิดเป็นสารอนุมูล superoxide anion radical ($O_2^{\cdot-}$) ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระตัวเริ่มต้นที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระตัวอื่นๆต่อไป ดังนั้นวิธีการวัดความสามารถในการแย่งจับโลหะ Fe^{2+} ของสารที่ต้องการทดสอบนั้น อาศัยจากการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นที่ 562 nm ที่มีค่าลดลง โดยเมื่อเติมสาร ferrozine ลงไป สารนี้จะไปจับกับ Fe^{2+} แล้วอยู่ในรูป ferrozine- Fe^{2+} complex ซึ่งจะให้สีแดง และถ้าสารที่ต้องการทดสอบมีความสามารถในการแย่งจับกับ Fe^{2+} จะอยู่ในรูป antioxidant - Fe^{2+} complex แล้วจะทำให้สีแดงของ ferrozine - Fe^{2+} complex จางลงได้เมื่อได้ค่าการดูดกลืนแสงแล้วนำไปคำนวณหา % inhibition ตามสมการ

$$\% \text{ Inhibition} = [(A_{562 \text{ control}} - A_{562 \text{ test sample}}) / A_{562 \text{ control}}] \times 100 \quad (13)$$

1.9.3.4 วิธี reducing power (Oyaizu, 1986) ความสามารถของการเป็นตัวให้อิเล็กตรอนในปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชันของสารที่ต้องการทดสอบ สามารถใช้ในการหาความสามารถในการต้านออกซิเดชันได้

วิธีนี้เป็นการศึกษาความสามารถในการรีดิวซ์ หรือให้อิเล็กตรอนของสารตัวอย่างที่ต้องการทดสอบแก่สารอนุมูลอิสระที่สังเคราะห์ขึ้นภายในระบบ โดยสารที่ต้องการทดสอบจะเป็นตัวให้อิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระแล้วทำให้เปลี่ยนเป็นสารที่คงตัว อีกทั้งยังสามารถหยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ของอนุมูลอิสระอีกด้วย โดยอาศัยจากการวัดปฏิกิริยา reduction ของ $Fe^{3+}(CN)_6$ ไปเป็น $Fe^{2+}(CN)_6$ ซึ่งจะทำให้มีสีน้ำเงินที่เข้มขึ้น สามารถตรวจสอบความสามารถในการรีดิวซ์ได้ จากการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 700 nm ค่าการดูดกลืนแสงที่เพิ่มขึ้นแสดงถึง ความสามารถในการรีดิวซ์ที่มากขึ้น

1.10 น้ำมันหอมระเหยและคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ

น้ำมันหอมระเหย เป็นสารอินทรีย์ที่มีองค์ประกอบสลับซับซ้อน ได้มาจากการสกัดน้ำมันที่พืชสร้างขึ้นมาจากขบวนการ metabolism แล้วเก็บไว้ตามส่วนต่าง ๆ ของต้น เช่น เมล็ด ดอก ใบ ผล เปลือกลำต้น หรือที่รากและเหง้า เป็นต้น ลักษณะทั่วไปของน้ำมันหอมระเหย จะเป็นของเหลวใส ไม่มีสีหรือมีสีอ่อนๆ มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลิ่นหอมเฉพาะตัว ระเหยได้ง่ายที่อุณหภูมิปกติ และเมื่อได้รับความร้อนน้ำมันจะระเหยได้ดียิ่งขึ้น น้ำมันหอมระเหยจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยที่มีอยู่ในพืชสมุนไพรแต่ละชนิด เช่น น้ำมันตะไคร้หอม ประกอบด้วย genaniol, citronella และ borneol ซึ่งมีคุณสมบัติในการไล่แมลง หรือน้ำมันตะไคร้บ้านประกอบด้วย citral, linalool และ geraniol ซึ่งสารประกอบเหล่านี้ มีคุณสมบัติยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชและจุลินทรีย์ได้ เป็นต้น โดยในปัจจุบันได้มีการนำพืชสมุนไพรไทยบางชนิดมากลั่นน้ำมันหอมระเหยและนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมเคมี และทางด้านเภสัชกรรม เป็นที่แพร่หลายมากยิ่งขึ้น (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2543) การพัฒนาน้ำมันหอมระเหยให้อยู่ในรูปของผลิตภัณฑ์กำจัดวัชพืช ได้มีการทำรูปของสาร (formulation) หรือสภาพของผลิตภัณฑ์กำจัดวัชพืชหลายแบบ โดยการทำรูปหรือปรุงแต่งผลิตภัณฑ์นั้นเพื่อให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น การละลายน้ำดีขึ้น การคงรูปดีขึ้น ให้สารผลิตภัณฑ์อยู่ในรูปที่มีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ (พิมพ์, 2543)

1.10.1 กลุ่มของน้ำมันหอมระเหย

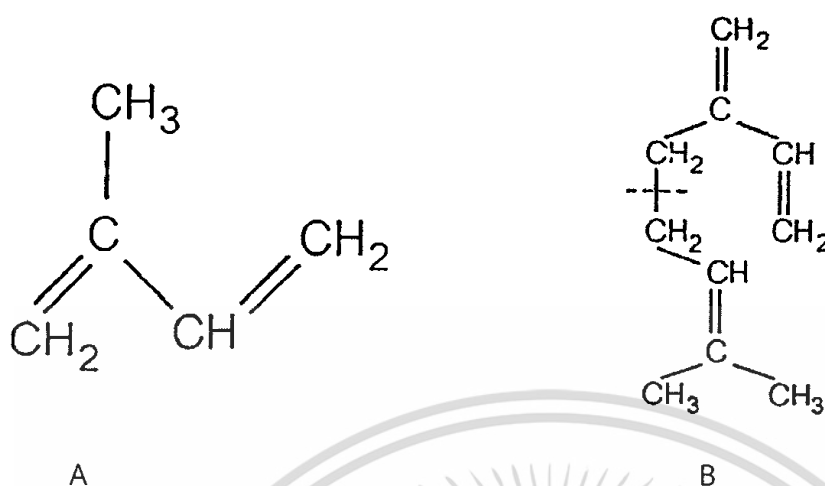
น้ำมันหอมระเหยเป็นสารผสมที่มีความซับซ้อน ในบางครั้งประกอบด้วยสารเคมีนับร้อยชนิด สารประกอบเหล่านี้ส่วนมากสามารถแยกออกเป็น 2-3 ชั้นหลักแต่ก็มีองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยอีกมากที่ไม่สามารถจัดลงไว้ในชั้นเหล่านี้ น้ำมันหอมระเหยสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่ม ดังนี้ (John and Steven, 1993)

1.10.1.1 กลุ่มเทอร์ปีนอยด์ (terpenoids) เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีโครงสร้างเป็นเส้นตรงหรือเป็นวงแหวน ประกอบด้วยหน่วยไอโซพรีน (isoprene) (ภาพที่ 1.4) ตั้งแต่ 2 หน่วยขึ้นไปเรียกว่า เทอร์ปีนไฮโดรคาร์บอน (terpene -hydrocarbons) การรวมกันของไอโซพรีนตั้งแต่ 2 หน่วยขึ้นไปทำให้เกิดกลุ่มของสารประกอบเทอร์ปีนอยด์

1.10.1.2 กลุ่มแอลิเฟติก (aliphatic) เป็นสารประกอบอินทรีย์ ซึ่งเป็นไฮโดรคาร์บอนโซ่ตรง และอนุพันธ์ที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ เช่น แอลกอฮอล์ (alcohols), อัลดีไฮด์ (aldehydes), อีเทอร์ (ethers) และเอสเทอร์ (esters) มีจำนวนอะตอมคาร์บอนตั้งแต่ 7-35 ซึ่งพวกที่มีอะตอมคาร์บอนสูงๆ อาจตกผลึกในขณะที่ให้เย็นหรือขณะเก็บไว้ ได้แก่ สารพวกสเตียโรปีน (stearoptenes) น้ำมันหอมระเหยที่มีจุดเดือดต่ำจะพบสารประกอบพวกแอลกอฮอล์ อัลดีไฮด์ และคีโตน

1.10.1.4 สารหอมอื่นๆ ตัวอย่างของสารหอมในกลุ่มอื่นๆ สามารถนำมาแสดงไว้เพียง 2-3 ชนิด สารที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบหลายชนิดมีผลต่อกลิ่นของน้ำมันหอมระเหยแม้ว่าจะมีอยู่ในน้ำมันหอมระเหย คอนกรีตส์และแอบโซลูทส์ในปริมาณความเข้มข้นต่ำกว่า 0.1 เปอร์เซ็นต์ มีการนำสารไนโตรเจนบริสุทธิ์หรือสารสังเคราะห์มาใช้ประโยชน์ในระดับอุตสาหกรรมในการปรุงแต่งน้ำมันหอมระเหยจากดอกมะลิ น้ำมันลาเวนดินและน้ำ มันเพททิทกรอน สารที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบพบน้อยมากในน้ำมันหอมระเหยแต่พบทั่วไปในกลิ่นที่ได้จากสัตว์ ตัวอย่างของสารที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบ พบในน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากกระเทียม มีสตาร์ด และ *Ferula assa-foetida* L. มีการใช้สารสังเคราะห์ที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบในระดับอุตสาหกรรม ในการปรุงแต่งน้ำมัน buchu, galbanum, blackcurrant และ rose oil (Bauer et al., 1990)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 1.4 A ไอโซพรีน (C_5H_8) และ B การต่อกันแบบ head-to-tail ของไอโซพรีน 2 หน่วย
ที่มา: John and Steven (1993)

1.10.1.3 กลุ่มเบนซีนอยด์ (benzenoids) น้ำหอมต่างๆมากมายมีเบนซีนอยด์เป็นส่วนประกอบ ดังตารางที่ 1.1

1.10.2 น้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่

สะระแหน่ (peppermint) เป็นพืชสมุนไพรพื้นบ้านที่เป็นแหล่งน้ำมันหอมระเหย อยู่ในวงศ์ Lamiaceae ใช้กันมานานตั้งแต่สมัยอียิปต์โบราณ ด้วยสรรพคุณของสะระแหน่ที่ช่วยบรรเทาอาการไอ ติดเชื้อในลำคอ แก้อาการเมารถ ทั้งยังส่งผลให้จิตใจรู้สึกกระปรี้กระเปร่า สดชื่น ผ่อนคลายจากอาการเมื่อยล้า ลดอาการตึกใจ และช่วยให้ใจเย็นขึ้น นอกจากนี้ พบว่าการดมสะระแหน่ยังช่วยลดอาการปวด และเสียดท้องได้ดี จึงไม่น่าแปลกใจเลยว่าทำไมสะระแหน่ถึงเข้ามาอยู่ในข้าวของเครื่องใช้ประจำวันของเราเยอะแยะไปหมด แม้แต่ตามร้านสปาที่อยู่ในรูปของน้ำมันหอมระเหยกลิ่นสะระแหน่ ซึ่งมีสรรพคุณบำบัดความรู้สึกและจิตใจให้สงบ ร่างกายเกิดการตอบสนองให้รู้สึกสดชื่นได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งกำลังได้รับความนิยมมาก โดยเฉพาะวัยคนทำงาน เนื่องจากในสะระแหน่มีระดับสารต้านอนุมูลอิสระที่สูงกว่าผลไม้ เมล็ดธัญพืช และผักมาก จึงมีประโยชน์ต่อสุขภาพของเรา เช่น ช่วยกำจัดแบคทีเรียหรือระงับอาการปวดและความเจ็บปวดบางอย่างได้ เป็นต้น และไม่ว่าเป็นลูกอมจนถึงหมากฝรั่งหรือช็อกโกแลตรสสะระแหน่ก็ตาม จะช่วยให้ระบบย่อยอาหารดีขึ้นถ้ารับประทานหลังอาหารมื้อหลัก นอกจากนี้ การดมกลิ่นสะระแหน่ในขณะที่เรากำลังหลับยังช่วยเพิ่มการเต้นของหัวใจและกิจกรรมของคลื่นสมองอีกด้วย (Gulluce *et al.*, 2007; Chauhan *et al.*, 2009; Kizil *et al.*, 2010) องค์ประกอบทางเคมี เมื่อนำมาสกัดน้ำมันหอมระเหยโดยวิธีกลั่นด้วยน้ำ ซึ่งประกอบด้วยสารเมนทอล (menthol), ลิโมนีน (limonene), เมนทอน (menthone), ไอโซเมนทอน (isomenthone) และ 1, 8-ซินีออล (1, 8-cineole) (ฐานันย์, 2550)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.1 ตัวอย่างสารประกอบเบนซินอยด์ที่พบในน้ำมันหอมระเหย

สารประกอบเบนซินอยด์	แหล่งที่มา
Benzyl acetate	Jasmine, Gardenia, Ylang Ylang
Benzaldehyde	Almonds
Phenyl ethyl alcohol	Geranium, Neroli, Rose
Phenyl acetaldehyde	Hyacinth, Neroli, Rose
Phenyl ethyl acetate	Geranium, Neroli, Rose
Cinnamic alcohol	Balsamic
Cinnamic aldehyde	Cinnamon bark
Amyl cinnamic aldehyde	Jasmine petals
Coumarin	Balsamic
Acetophenone	Orange bioessom
Methyl- β -naphthyl ketone	Orange bioessom
Diphenyl ether	Geranium, Rose
Eugenol	Cloves, Cinnamon leaf, Bay, Pimento
Isoeuganol	Cloves, Cinnamon, Nutmeg
Thymol	Thyma
Vanillin	Vanilla

ที่มา: ประเทืองศรี สิ้นชัยศรี (2542)

1.10.3 ความสามารถของน้ำมันหอมระเหยในการต้านอนุมูลอิสระ

ประภัสสร และวัชร (2554) ได้ศึกษาคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยในหลอดทดลอง โดยศึกษาฤทธิ์ในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหย 8 ชนิด คือ กะเพรา กานพลู ตะไคร้หอม ตะไคร้บ้าน ผักหอม มะนาว โรสแมรี่ และอบเชย ทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการต้านออกซิเดชันของน้ำมันหอมระเหยด้วยวิธี free radical scavenging (DPPH) และ lipid peroxidation inhibition (TBARS) จากการทดสอบพบว่า น้ำมันหอมระเหยที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่าประสิทธิภาพของ กะเพรา > กานพลู > ผักหอม > ตะไคร้หอม ตามลำดับ และจากวิธี TBARS พบว่า อบเชย > ตะไคร้บ้าน > กะเพรา > กานพลู > ตะไคร้หอม ตามลำดับ การศึกษานี้พบว่าน้ำมันหอมที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีที่สุดจากทั้ง 2 วิธีคือ น้ำมันจากกะเพรา และรองลงมาคือ กานพลู อย่างไรก็ตาม การที่น้ำมันหอมจากสมุนไพรแต่ละชนิด มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระได้ไม่เท่ากัน เนื่องจากองค์ประกอบในน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิดต่างกัน

ภฤติกา และคณะ (2549) ศึกษาประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากพืชวงศ์ขิง 5 ชนิด ได้แก่ ขิง (*Zingiber officinale* Roscoe) ข่า (*Alpinia galanga* SW.) ขมิ้นชัน (*Curcuma longa* L.) กระชาย (*Boesenbergia pandurata* Holtt.) และเร่วหอม (*Amomum*

xanthioides Wall.) โดยการต้มกลั่นและการสกัดด้วยตัวทำละลาย 2 ชนิด (petroleum ether และ ethanol) ด้วยวิธี DPPH และ β -carotene bleaching method พบว่าประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจาก ethanol สูงกว่าที่สกัดจาก petroleum ether และการต้มกลั่น (hydrodistillation) โดยสารสกัดซึ่งที่สกัดด้วย ethanol (ginger-ED) และสารสกัดซึ่งที่สกัดจากกากที่เหลือด้วย ethanol (ginger-EW) สามารถเข้าทำปฏิกิริยากับ DPPH ได้ดีที่สุดในซึ่งมีค่า %scavenging effect เท่ากับ 23.75 และ 23.01 ตามลำดับ ส่วนการทดสอบด้วยวิธี β -carotene bleaching method สารสกัดขมิ้นชันที่สกัดจากกากที่เหลือด้วย ethanol (turmeric-EW) และสารสกัดขมิ้นชันที่สกัดด้วย ethanol (turmeric-ED) สามารถยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีที่สุดร้อยละ 86.2 และ 78.21 ตามลำดับ

Viuda-Martos *et al.* (2009) ทำการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยใช้วิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) ของน้ำมันหอมระเหยจากไทม์ (*Thymus vulgaris* L.), กานพลู (*Syzygium aromaticum* (L.) Merr.), ออริกาโน (*Origanum vulgare* L.), เสจ (*Salvia officinalis* L.) และโรสแมรี่ (*Rosmarinus officinalis* L.) มีค่า IC₅₀ เท่ากับ 1.10, 0.38, 3.90, 4.20 และ 17.00 g/L ตามลำดับ

Oke *et al.* (2009) ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยจาก *Satureja cuneifolia* ที่ระดับความเข้มข้น 600-1400 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร โดยวิธี DPPH radical scavenging, Reducing power activity และ Metal chelating activity รวมถึง ปริมาณของกลุ่มฟีนอลด้วยเท่ากับ 185.5 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

Joshi *et al.* (2011) ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยจาก *Neolitsea pallens*, *Lindera pulcherrima*, *Dodecadenia grandiflora*, *Persea duthiei*, *Persea odoratissima*, *Persea gamblei* และ *Phoebe lanceolata* โดยวิธี DPPH radical scavenging, Reducing power activity และ Lipid peroxidation พบว่าน้ำมันหอมระเหยจาก *D. Grandiflora* และ *L. Pulcherrima* มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด โดยวิธี DPPH radical scavenging มีค่า IC₅₀ เท่ากับ 0.032 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และ 0.87 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ และ Lipid peroxidation มีค่า IC₅₀ เท่ากับ 0.44 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และ 0.74 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ

Singh *et al.* (2010) ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยจากใบสมบุรณ์และใบอ่อนของ *Artemisia scoparia* โดยวิธี DPPH radical scavenging ที่ระดับความเข้มข้น 25-200 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากใบสมบุรณ์มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากกว่าใบอ่อน

Prakash *et al.* (2011) การวิเคราะห์น้ำมันหอมระเหยจากเมล็ด และผลของ *Skimmia anquetilia* มีเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันสูงและเอสเทอร์ของกรดไขมัน และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดน้ำจากเมล็ดและผลถูกนำมาวิเคราะห์โดย 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazide (DPPH) และกิจกรรมการจับของ Fe²⁺ สารสกัดทั้ง 2 ส่วนแสดงให้เห็นว่ามีสารต้านอนุมูลอิสระในระดับปานกลาง

Afify *et al.* (2012) ได้ศึกษากิจกรรมเอนไซม์สารต้านอนุมูลอิสระ และการเกิด lipid peroxidation ที่เป็นตัวชี้วัดในการเก็บรักษาหัวมันฝรั่งโดยใช้ น้ำมันหอมระเหยจากกานพลู กับยี่หระ ซึ่งมีสาร carvone และ eugenol เป็นองค์ประกอบหลัก พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากยี่หระ ที่ความเข้มข้น 300 ppm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถลดการเกิด lipid peroxidation ในการเก็บรักษาหัวมันฝรั่งได้ดีกว่าน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูทุกความเข้มข้น

Gursoy *et al.* (2012) ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยจาก *Salvia palaestina* และ *S. ceratophylla* (L.) โดยวิธี DPPH radical scavenging, Reducing power activity และ Metal chelating activity พบว่าน้ำมันหอมระเหยจาก *S. palaestina* มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ระดับความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ด้วยวิธี DPPH radical scavenging มีค่าเท่ากับ 80.57 เปอร์เซ็นต์, ที่ระดับความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ด้วยวิธี Reducing power activity มีค่าเท่ากับ 0.362 เปอร์เซ็นต์ สำหรับวิธี Metal chelating activity ไม่พบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

Rather *et al.* (2012) ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยจากใบ *Juglans regia* พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบ *Juglans regia* โดยวิธี DPPH radical scavenging มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเมื่อเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Ascorbic acid และ Butylated hydroxyl toluene (BHT) มีค่า IC₅₀ เท่ากับ 34.5 และ 56.4 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

Singh *et al.* (2012) ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยจาก *Eucalyptus citriodora* ด้วยวิธี Ferric reducing antioxidant (FRAP), Ferrous ion chelating activity, Hydrogen peroxide, DPPH radical scavenging และ Lipid peroxidation พบว่าน้ำมันหอมระเหยจาก *Eucalyptus citriodora* มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระอยู่ในระดับปานกลางในทุกการทดสอบ

Kulisic *et al.* (2014) ได้ประเมินฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยจากออริกาโน (*Origanum vulgare* L.) ด้วยวิธีที่แตกต่างกัน คือ วิเคราะห์การสูญเสียของ β -carotene เนื่องมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของ linoleic acid, วิเคราะห์ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยใช้วิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), วิเคราะห์ความสามารถในการยับยั้งการเกิด lipid peroxidation หรือวิธี thiobarbituric acid reactive species (TBARS) ซึ่งจากการรายงานการวิจัยชี้ให้เห็นว่าน้ำมันหอมระเหยจากพืชมีประสิทธิภาพในการลดการเกิด lipid peroxidation ในการเก็บรักษาผลผลิตทางการเกษตร

วัตถุประสงค์

3.1 วัตถุประสงค์โครงการวิจัย

- 3.1.1 เพื่อศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่
- 3.1.2 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 ภายหลังจากเร่งอายุ
- 3.1.3 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 ที่ผ่านการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่
- 3.1.4 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 ที่ผ่านการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ ภายหลังจากเร่งอายุ
- 3.1.5 เพื่อประเมินความสามารถในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 ที่ผ่านการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ ภายหลังจากเร่งอายุ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 อุปกรณ์การทดลอง

1. น้ำมันหอมระเหย ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยจากสระระแหง ชื้อจากบริษัท ฮงฮวด จำกัด ถ.จักรวรรดิ เขตสัมพันธวงศ์ จ.กรุงเทพฯ
2. พืชทดสอบ ได้แก่ เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองสายพันธุ์ KPS292 ชื้อจากศูนย์วิจัยพืชผักเขตร้อน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม
3. สารเคมีที่ใช้ ได้แก่ ethanol 99 %, acetone, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), ferrous sulfate (FeSO_4), Ferrozine, phosphate buffer, potassium ferricyanide [$\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$], trichloroacetic acid (TCA), thiobarbituric acid (TBA), ferric chloride (FeCl_3), ascorbic acid, butylhydroxytoluene (BHT), phenolphthalein และ sodium hydroxide
4. อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ปีกเกอร์, บิวเรต, clamps บิวเรต, ขาดังบิวเรต, แท่งแก้วคนสาร, กระจกตวง, หลอดหยด, หลอดวัด spectrophotometer, หลอดทดลอง, โกรงบด, ไมโครปิเปต (micropipette), กระดาษกรอง Whatman No.1, กรรไกร และมีด
5. เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ เครื่องวัดการดูดกลืนแสงของสารละลาย (spectrophotometer, GENESYS20, USA), ตู้ควบคุมการเจริญเติบโตของพืช (growth chamber, Climacell707, UK), อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath, Memmert SV1422, Germany), ตู้ดูดความชื้น (dessicator), ตู้อบความร้อน (hot air oven, WTB binder FD115, USA), เครื่องซั่งอย่างละเอียด 4 ตำแหน่ง (Pioneer PA214, USA), เครื่องผสมสารละลาย (vortex mixer, GENESYS G650E, USA), เครื่องกวนสาร (stirrer, FAVORIT ST0707V2, Malaysia), เครื่องเขย่าควบคุมอุณหภูมิ (shaking incubator, Stuart SI500, UK) เครื่องวัดคุณภาพน้ำหลายตัวแปร (multi-parameter analyser, CONSORT C835, Belgium) และเครื่องเหวี่ยงสารให้ตกตะกอน (centrifuge, Universal 320R, Germany)
6. อุปกรณ์อื่น ๆ ได้แก่ หม้อต้มน้ำ, ไม้บรรทัด, อุปกรณ์ถ่ายภาพ, กล่องพลาสติกสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 10x14.5x5.5 เซนติเมตร, กล่องพลาสติกสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 13x18.5x6 เซนติเมตร, โฟม ขนาด 10x14.5x2.5 เซนติเมตร และตะแกรง ขนาด 10x14.5 เซนติเมตร

3.2 วิธีการทดลอง

การทดลองที่ 1 ศึกษาประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่

1.1 การทดสอบความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Scavenging activity on DPPH radical) ของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่

1.1.1 วิธีการวัดความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน

เตรียมน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ ตามความเข้มข้นที่ต้องการศึกษา ละลายในเอทานอล จากนั้นเติมน้ำมันหอมระเหยที่เตรียมไว้ในแต่ละความเข้มข้นใส่ลงในหลอดทดลอง ปริมาตร 2 มิลลิลิตร เติมสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 100 ไมโครโมลาร์ ลงในหลอดทดลองที่มีน้ำมันหอมระเหยแต่ละความเข้มข้น ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันทันทีบ่มในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที จึงนำสารละลายไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer) ทำ 3 ซ้ำ บันทึกค่าการดูดกลืนแสง (Rohman *et al.*, 2010)

1.1.2 การบันทึกผล และการวิเคราะห์ผลการทดลอง

นำค่าดูดกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านอนุมูล DPPH (scavenging capacity) เปรียบเทียบความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันกับสารมาตรฐาน ได้แก่ วิตามินซีละลายในน้ำกลั่น และสาร BHT ละลายในเอทานอล คำนวณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

$$\text{ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (\%)} = [(A-B)-(C-D)/(A-B)] \times 100$$

โดยกำหนดให้

A = ค่าดูดกลืนแสงของ DPPH ที่ไม่ได้ทำปฏิกิริยากับน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่

B = ค่าดูดกลืนแสงของเอทานอล

C = ค่าดูดกลืนแสงของ DPPH ที่ทำปฏิกิริยากับน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่

D = ค่าดูดกลืนแสงของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ในเอทานอล

นำข้อมูลฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (%) ไปคำนวณหาค่า IC_{50} (ค่าความเข้มข้นของสารต้านอนุมูลอิสระที่ทำให้อนุมูลอิสระลดลงครึ่งหนึ่งของปริมาณอนุมูลอิสระทั้งหมด) จากกราฟระหว่างค่า log ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่และเปอร์เซ็นต์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เพื่อหาความสัมพันธ์และสมการเส้นตรงระหว่างความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่กับเปอร์เซ็นต์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

1.2 การทดสอบความสามารถในการแย่งจับกับโลหะไอออน Fe^{2+} (Metal chelating activity) ของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่

1.2.1 วิธีการวัดความสามารถในการแย่งจับกับโลหะไอออน Fe^{2+}

เตรียมน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ ตามความเข้มข้นที่ต้องการศึกษา ละลายในเอทานอล จากนั้นเติมน้ำมันหอมระเหยที่เตรียมไว้ในแต่ละความเข้มข้นใส่ลงในหลอดทดลอง ปริมาตร 1 มิลลิลิตร และเติมเอทานอล ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตรต่อหลอด เติมน้ำละลายเฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4$) ความเข้มข้น 2 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 50 ไมโครลิตร ลงในหลอดทดลอง เขย่าให้เข้ากันและเติมน้ำละลาย Ferrozine ความเข้มข้น 5 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ในหลอดทดลอง เขย่าส่วนผสมให้เข้ากันทันที บ่มในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที จากนั้นจึงนำสารละลายไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่น 562 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) ทำ 3 ซ้ำ บันทึกค่าการดูดกลืนแสง (Rohman *et al.*, 2010)

1.2.2 การบันทึกผล และการวิเคราะห์ผลการทดลอง

นำค่าดูดกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการแย่งจับกับโลหะไอออน Fe^{2+} (metal chelating activity) เปรียบเทียบความสามารถในการแย่งจับกับโลหะไอออน Fe^{2+} กับสารมาตรฐาน คือ EDTA ละลายในน้ำกลั่น คำนวณความสามารถในการแย่งจับกับโลหะไอออน Fe^{2+}

$$\text{ความสามารถในการแย่งจับกับโลหะไอออน } Fe^{2+} (\%) = \frac{[(A-B)-(C-D)]}{(A-B)} \times 100$$

โดยกำหนดให้

A = ค่าดูดกลืนแสงของ Ferrozine ที่ไม่ได้ทำปฏิกิริยากับน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่

B = ค่าดูดกลืนแสงของเอทานอล

C = ค่าดูดกลืนแสงของ Ferrozine ที่ทำปฏิกิริยากับน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่

D = ค่าดูดกลืนแสงของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ในเอทานอล

นำข้อมูลความสามารถในการแย่งจับกับโลหะไอออน Fe^{2+} (%) ไปคำนวณหาค่า IC_{50} จากกราฟระหว่างค่า \log ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่และเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการแย่งจับกับโลหะไอออน Fe^{2+} เพื่อหาความสัมพันธ์และสมการเส้นตรงระหว่างความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่กับเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการแย่งจับกับโลหะไอออน Fe^{2+}

1.3 การทดสอบความสามารถในการรีดิวซ์ (Reducing power activity) ของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่

1.3.1 วิธีการวัดความสามารถในการรีดิวซ์

เตรียมน้ำมันหอมระเหยจากจากสะระแหน่ ตามความเข้มข้นที่ต้องการศึกษา ละลายในเอทานอล จากนั้นเติมน้ำมันหอมระเหยที่เตรียมไว้ในแต่ละความเข้มข้นใส่ลงในหลอดทดลอง ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เติมน้ำละลาย phosphate buffer ความเข้มข้น 0.2 โมลาร์ ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร และเติม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารละลาย potassium ferricyanide [$K_3Fe(CN)_6$] ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง เขย่าให้เข้ากัน นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที และใส่สารละลาย trichloroacetic acid (TCA) ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร ในหลอดทดลอง เขย่าส่วนผสมให้เข้ากัน นำไปหมุนเหวี่ยงที่ 3,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 10 นาที นำสารละลายส่วนบนปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร เติมเอทานอล ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร และเติมสารละลาย $FeCl_3$ ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิห้อง นาน 30 นาที จากนั้นจึงนำสารละลายไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่น 700 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer) ทำ 3 ซ้ำ บันทึกค่าการดูดกลืนแสง (Rohman *et al.*, 2010)

1.3.2 การบันทึกผล และการวิเคราะห์ผลการทดลอง

บันทึกค่าดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่น 700 นาโนเมตร ไปคำนวณหาค่า EC_{50} (ค่าความเข้มข้นของสารต้านอนุมูลอิสระทดสอบที่ทำให้ค่าดูดกลืนแสงเท่ากับ 0.5) จากกราฟระหว่างค่า log ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ และค่าดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่น 700 นาโนเมตร เพื่อหาความสัมพันธ์และสมการเส้นตรงระหว่างความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่กับเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการรีดิวซ์ของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่

1.4 การทดสอบความสามารถในการต้านการเกิดปฏิกิริยา Lipid-peroxidation ของ น้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่

1.4.1 วิธีการวัดความสามารถในการต้านปฏิกิริยา Lipid-peroxidation

เตรียมไข่แดงละลายใน phosphate buffer ความเข้มข้น 100 มิลลิโมลาร์ pH 7.4 เพื่อให้ได้ความเข้มข้น 25 กรัมต่อลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง strrier เป็นเวลา 30 นาที แล้วเติมลงในหลอดทดลอง ปริมาตร 1 มิลลิลิตร และเตรียมน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ ตามความเข้มข้นที่ต้องการศึกษา ละลายในเอทานอล จากนั้นเติมน้ำมันหอมระเหยที่เตรียมไว้ในแต่ละความเข้มข้นใส่ลงในหลอดทดลอง ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร เติมสารละลายเฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4$) ความเข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ ลงในหลอดทดลอง ที่มีน้ำมันหอมระเหยแต่ละความเข้มข้น ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันบ่มที่อุณหภูมิ $37^{\circ}C$ เป็นเวลา 60 นาที หลังจากนั้นเติมสารละลาย trichloroacetic acid (TCA) ความเข้มข้น 15 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ตามด้วย thiobarbituric acid (TBA) ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันนำไปต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที แล้วหมุนเหวี่ยงที่ 3,500 รอบ/นาที อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที จึงนำสารละลายไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer) ทำ 3 ซ้ำ บันทึกค่าการดูดกลืนแสง

1.4.2 การบันทึกผล และการวิเคราะห์ผลการทดลอง

นำค่าดูดกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านการเกิดปฏิกิริยา lipid-peroxidation จำนวนฤทธิ์ต้านปฏิกิริยา lipid-peroxidation

$$\text{ฤทธิ์ต้านปฏิกิริยา lipid-peroxidation (\%)} = [(A-B)-(C-B-D)/(A-B)] \times 100$$

โดยกำหนดให้

A = ค่าดูดกลืนแสงของหลอดทดลองควบคุมที่เติม FeSO_4

B = ค่าดูดกลืนแสงของหลอดทดลองควบคุมที่ไม่เติม FeSO_4

C = ค่าดูดกลืนแสงของหลอดทดลองที่มีน้ำมันหอมระเหย และเติม FeSO_4

D = ค่าดูดกลืนแสงของหลอดทดลองที่มีน้ำมันหอมระเหย และไม่เติม FeSO_4

นำข้อมูลฤทธิ์ในการต้านการเกิดปฏิกิริยา lipid-peroxidation (%) ไปคำนวณหาค่า IC_{50} จากกราฟระหว่างค่า log ของความเข้มข้นและเปอร์เซ็นต์ฤทธิ์ต้านการเกิดปฏิกิริยา lipid-peroxidation เพื่อหาความสัมพันธ์และสมการเส้นตรงระหว่างความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยจากสระแทนกับเปอร์เซ็นต์ฤทธิ์ต้านการเกิดปฏิกิริยา lipid-peroxidation

1.5 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากสระแทนโดย GC-MS

วิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยที่ได้ด้วยเครื่อง Gas Chromatograph-Mass Spectrometer คอลัมน์ HP-5 ยาว 30 เมตรเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.25 มิลลิเมตรหนา 0.25 ไมโครเมตร โดยฉีดเข้าเครื่อง GC-MS ตัวอย่างละ 0.2 μl โปรแกรมของอุณหภูมิที่ใช้วิเคราะห์น้ำมันหอมระเหยจากสระแทน คือ 100 องศาเซลเซียส คงที่เป็นเวลา 3 นาที จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิด้วยอัตรา 3 องศาเซลเซียสต่อนาทีจนถึงอุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส และจากนั้นเพิ่มอุณหภูมิด้วยอัตรา 20 องศาเซลเซียสต่อนาทีจนถึงอุณหภูมิ 280 องศาเซลเซียส คงที่เป็นเวลา 3 นาที บันทึกผลเป็นโครมาโตแกรม ตรวจสอบพิสูจน์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากสระแทน โดยการเปรียบเทียบ retention times และ mass spectra ของสารที่ได้เทียบกับ retention time และ mass spectra ของค่ามาตรฐานที่มีการบันทึกไว้ของ Wiley (Wiley's library)

การทดลองที่ 2 ศึกษาคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 ภายหลังการเร่งอายุ

2.1 การเตรียมตัวอย่างเมล็ดพันธุ์

เมล็ดพืชที่ใช้ทดสอบ คือ เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 เลือกเมล็ดที่มีขนาดเท่า ๆ กัน สมบูรณ์แข็งแรง (เปลือกหุ้มเมล็ดไม่แตก และผิวของเปลือกหุ้มเมล็ดปราศจากเชื้อสาเหตุที่ก่อให้เกิดโรค) เมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 จำนวน 50 เมล็ดต่อกล่องเพาะทดลอง

2.2 วิธีการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์

ทำการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ตัวอย่างละ 50 เมล็ด จำนวน 4 ซ้ำ ใส่เมล็ดพันธุ์ในตะแกรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ที่มีขนาด 9.7x14.5 เซนติเมตร บนกรอบที่ทำมาจากโฟม ซึ่งสูง 2.5 เซนติเมตร วางในกล่องพลาสติกสี่เหลี่ยมผืนผ้า ที่มีขนาด 9.7x14.5x5.5 เซนติเมตร ที่บรรจุน้ำไว้แล้วจำนวน 100 มิลลิลิตร (ระดับน้ำสูงประมาณ 1.5 เซนติเมตร) ติดกระดาษซับน้ำอย่างหนาไว้ใต้ฝาปิดเพื่อดูดซับน้ำที่เกิดจากการกลั่นตัวได้ฝากกล่องหยดถูกเมล็ดพันธุ์ ปิดฝาให้สนิท แล้วนำไปเร่งอายุ ที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามระยะเวลาที่กำหนดไว้ เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาเร่งอายุนำไปไว้ในตู้ดูดความชื้น (desiccator)

2.3 การวางแผนการทดลอง

ทำการทดลองโดยใช้แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ประกอบด้วย 5 กรรมวิธีทดลอง กรรมวิธีละ 4 ซ้ำ ดังนี้

2.2.1 เมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการเร่งอายุ (กรรมวิธีควบคุม)

2.2.2 เมล็ดที่เร่งอายุเป็นเวลา 1 วัน

2.2.3 เมล็ดที่เร่งอายุเป็นเวลา 2 วัน

2.2.4 เมล็ดที่เร่งอายุเป็นเวลา 3 วัน

2.2.5 เมล็ดที่เร่งอายุเป็นเวลา 4 วัน

2.4 การบันทึกผลและวิเคราะห์ผล

2.4.1 การตรวจสอบการงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ชั่งทราย 870 กรัม เติมน้ำ 130 มิลลิลิตร นำมาใช้เป็นวัสดุเพาะเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในกล่องพลาสติกสี่เหลี่ยมผืนผ้า ที่มีขนาด 13x18.5x6 เซนติเมตร จำนวน 50 เมล็ดต่อซ้ำ ปิดฝากกล่องพลาสติก หลังจากนั้นนำไปเพาะในตู้ควบคุมการเจริญเติบโต ที่ตั้งค่าความเข้มแสง $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ จำนวนชั่วโมง มีแสง 12 ชั่วโมง ไม่มีแสง 12 ชั่วโมง อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 เปอร์เซ็นต์

นับจำนวนต้นกล้าปกติ นับจำนวนต้นกล้าผิดปกติ นับจำนวนการงอก โดยกำหนดรากต้องงอกออกมาเป็นเมล็ดที่งอก ส่วนเมล็ดที่ไม่งอกจำแนกเป็น (เมล็ดสดไม่งอก คือ เมล็ดที่มีการดูดซับน้ำและยังคงสภาพเดิมไม่มีราก และใบงอกออกมา และเมล็ดตาย คือ เมล็ดที่มีเนื้อเยื่อตายแล้ว อาจมีลักษณะเน่า เหม็น นิ่ม หรือซ้ำ) ในวันที่ 8 หลังวันเพาะเมล็ด นำข้อมูลของพืชทดสอบมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Studentized Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

2.4.2 การตรวจสอบค่าการนำไฟฟ้า นำเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ตัวอย่างละ 50 เมล็ด จำนวน 4 ซ้ำ แช่เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในน้ำปราศจากประจุ (de-ionization) 250 มิลลิลิตร ในบีกเกอร์ขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

500 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิห้อง แล้ววัดค่าการนำไฟฟ้าทุก 30 นาที จนครบ 2 ชั่วโมง ก่อนการวัดค่าการนำไฟฟ้าแนะนำให้เทเมล็ดผ่านตะแกรงเพื่อกรองเอาเมล็ดออกเทสารละลายกลับสู่บีกเกอร์อันเดิม แกว่งบีกเกอร์เบาๆ 10-15 นาที

บันทึกค่าการนำไฟฟ้าทุก 30 นาที จนครบ 2 ชั่วโมง นำค่าการนำไฟฟ้าที่ได้ (เทคนิค 2 ตำแหน่ง) ในแต่ละซ้ำแต่ละช่วงเวลามาหารด้วยน้ำหนักเมล็ดพันธุ์ จะได้ค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยต่อน้ำหนักเมล็ด 1 กรัม หน่วยที่ได้จะเป็น $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ นำข้อมูลของค่าการนำไฟฟ้าของพืชทดสอบมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Studentized Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

2.4.3 การตรวจสอบปริมาณสาร malondialdehyde (MDA) นำเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ตัวอย่างละ 50 เมล็ด มาเพาะในกล่องพลาสติกสี่เหลี่ยมผืนผ้า ที่มีขนาด 10x14.5 เซนติเมตร โดยมีสำลี 10 กรัม เป็นวัสดุเพาะ และเติมน้ำ 50 มิลลิลิตร โดยแช่เป็นระยะเวลา 0, 6 และ 12 ชั่วโมง วางในกล่องที่บแสง แล้วนำไปไว้ในตู้ควบคุมการเจริญเติบโตที่ตั้งค่าความเข้มแสง $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ จำนวนชั่วโมง มีแสง 12 ชั่วโมง ไม่มีแสง 12 ชั่วโมง อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นนำมาวัดปริมาณ malondialdehyde (MDA) โดยบดเมล็ดให้ละเอียด ชั่งน้ำหนัก 0.5 กรัม ใส่สารละลาย trichloroacetic acid (TCA) ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ปริมาตร 6 มิลลิลิตร นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 10,000 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที นำสารละลายส่วนบน ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เติม thiobarbituric acid (TBA) ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ใน TCA ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ปริมาตร 4 มิลลิลิตร และเติม butylhydroxytoluene (BHT) ความเข้มข้น 4% (w/v) ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร จากนั้นแช่ในน้ำอุณหภูมิ 98 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที จากนั้นแช่น้ำแข็งทันทีเป็นเวลา 10 นาที นำสารละลายที่ได้ไปปั่นเหวี่ยงที่ 10,000 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที นำสารละลายส่วนบนไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่น 532 และ 600 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer) นำค่าดูดกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณ MDA

1. ความเข้มข้นของ MDA (nmol/mL) = $(A_{532} - A_{600}) / 155,000 \times 10^6$
2. ปริมาณ MDA (nmol/g fresh weight, FW)
= MDA concentration (nmol/mL) x homogenate volume (mL) / FW (g)

โดยกำหนดให้

A_{532} = ค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร

A_{600} = ค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร

$155,000 (\text{mM}^{-1} \text{cm}^{-1})$ = ค่า extinction coefficient ของ MDA

บันทึกค่าปริมาณ MDA นำข้อมูลปริมาณ MDA ของพืชทดสอบมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Studentized Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

2.4.4 การตรวจสอบกิจกรรมเอนไซม์ไลเปส นำเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ตัวอย่างละ 50 เมล็ด มาเพาะในกล่องพลาสติกสี่เหลี่ยมผืนผ้า ที่มีขนาด 10×14.5 เซนติเมตร โดยมีสำลี 10 กรัม เป็นวัสดุเพาะ และเติมน้ำ 50 มิลลิลิตร โดยแช่เป็นระยะเวลา 0, 6 และ 12 ชั่วโมง วางในกล่องที่บแสง แล้วนำไปไว้ในตู้ควบคุมการเจริญเติบโตที่ตั้งค่าความเข้มแสง $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ จำนวนชั่วโมง มีแสง 12 ชั่วโมง ไม่มีแสง 12 ชั่วโมง อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นนำเมล็ดไปบดให้ละเอียดผสมกับอะซิโตน 30 มิลลิลิตร ในสภาพที่เย็น กรองด้วยกระดาษกรอง NO.1 แล้วล้างด้วยอะซิโตน 4 องศาเซลเซียส ครั้งละ 10 มิลลิลิตร จนเมล็ดที่บดในอะซิโตนไม่มีสีหลังจากผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง นำเมล็ดที่บดในอะซิโตนมาเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ขั้นตอนการทำปฏิกิริยา เตรียมน้ำมันพืชทดสอบ คือ น้ำมันมะพร้าว 5 กรัม ลงในหลอดทดลองเติมเฮกเซน 2.5 มิลลิลิตร กับ phosphate buffer ความเข้มข้น 100 มิลลิโมลาร์ pH 7.5 ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง strrier เติมน้ำที่บดในอะซิโตน 1 กรัม นำไปเขย่าที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วกรองด้วยกระดาษกรอง NO.1 เติมน้ำอะซิโตนผสมเอทานอล อัตราส่วน 1:1 25 มิลลิลิตร หลังจากนั้นทำการไทเทรตสาร โดยใช้ NaOH ความเข้มข้น 0.01 นอร์มอล เป็นตัวไทเทรต ก่อนการไทเทรต หยด phenolphthalein ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ 2 ถึง 3 หยด เพื่อเป็นตัวอินดิเคเตอร์ของกิจกรรมไลเปส

นำค่าการไทเทรตด้วยสาร 0.01 N NaOH มาคำนวณเปอร์เซ็นต์กรดไขมันอิสระ

น้ำหนักของเมล็ดที่บดในอะซิโตน = A g

ปริมาณของ 0.01 N NaOH ที่ใช้ไทเทรตที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับเมล็ดที่บดในอะซิโตน A g = B ml

ดังนั้น จำนวน NaOH ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับเมล็ดที่บดในอะซิโตน A g

$$= B \times 10^{-3} \text{ L} \times 0.01 \text{ N (mol L}^{-1}\text{)}$$

$$= B \times 10^{-3} \times 0.01 \text{ mol}$$

น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของกรดไขมันอิสระ = 282

ดังนั้น จำนวนกรดไขมันอิสระที่มี = $282 B \times 10^{-3} \times 0.01 \text{ mol}$

$$= 282 B \times 10^{-5} \text{ g}$$

คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ = $(282 B \times 10^{-5} \times 10^2)/A$

ปริมาณกรดไขมันอิสระ = $(B \times 282 \times 10^{-3})/A$

บันทึกเปอร์เซ็นต์กรดไขมันอิสระ และนำเปอร์เซ็นต์กรดไขมันอิสระของพืชทดสอบมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Studentized Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

การทดลองที่ 3 ศึกษาผลของการรมเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 ด้วยน้ำมันหอมระเหยจาก สะระแหน่ ต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์

3.1 การเตรียมพืชทดสอบ

เมล็ดพืชที่ใช้ทดสอบ คือ เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 เลือกเมล็ดที่มีขนาดเท่า ๆ กัน สมบูรณ์แข็งแรง (เปลือกหุ้มเมล็ดไม่แตก และผิวของเปลือกหุ้มเมล็ดปราศจากเชื้อสาเหตุที่ก่อให้เกิดโรค) เมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 จำนวน 50 เมล็ดต่อกล่องเพาะ จำนวน 4 กล่อง

3.2 การรมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่

ทำการรมเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ตัวอย่างละ 200 เมล็ด ด้วยน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ นำเมล็ดวางในกล่องพลาสติกสีทึบฝืนผ้า ที่มีขนาด 10x14.5x5.5 เซนติเมตร ติดกระดาษกรองขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร บริเวณกึ่งกลางของฝากล่องพลาสติก ทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่โดยการหยดน้ำมันหอมระเหยตามความเข้มข้น ลงกลางกระดาษเพาะที่ติดอยู่บริเวณ กึ่งกลางของฝากล่องพลาสติก จากนั้นปิดฝากล่องพลาสติกแล้วใช้เทปกาวใสปิดด้านข้างของกล่องพลาสติก เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3.3 การวางแผนการทดลอง

ทำการทดลองโดยใช้แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ประกอบด้วย 6 กรรมวิธีทดลอง กรรมวิธีละ 4 ซ้ำ ดังนี้

- 3.2.1 เมล็ดที่ไม่ได้รับน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ (กรรมวิธีควบคุม)
- 3.2.2 เมล็ดที่ได้รับน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ ที่ความเข้มข้น 3 ไมโครลิตรต่อลิตร
- 3.2.3 เมล็ดที่ได้รับน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ ที่ความเข้มข้น 6 ไมโครลิตรต่อลิตร
- 3.2.4 เมล็ดที่ได้รับน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ ที่ความเข้มข้น 10 ไมโครลิตรต่อลิตร
- 3.2.5 เมล็ดที่ได้รับน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ ที่ความเข้มข้น 20 ไมโครลิตรต่อลิตร
- 3.2.6 เมล็ดที่ได้รับน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ ที่ความเข้มข้น 40 ไมโครลิตรต่อลิตร

3.4 การบันทึกผลและการวิเคราะห์ผล

3.4.1 การตรวจสอบการงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

เช่นเดียวกับการทดลองที่ 2 ข้อ 2.4.1

3.4.2 การตรวจสอบค่าการนำไฟฟ้า

เช่นเดียวกับการทดลองที่ 2 ข้อ 2.4.2

3.4.3 การตรวจสอบปริมาณสาร MDA

เช่นเดียวกับการทดลองที่ 2 ข้อ 2.4.3

3.4.4 การตรวจสอบกิจกรรมเอนไซม์ไลเปส

เช่นเดียวกับการทดลองที่ 2 ข้อ 2.4.4

การทดลองที่ 4 ศึกษาผลของการรมเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 ด้วยน้ำมันหอมระเหยจาก สะระแหน่ และนำไปผ่านการเร่งอายุ ต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์

4.1 การเตรียมพืชทดสอบ

เมล็ดพืชที่ใช้ทดสอบ คือ เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 เลือกเมล็ดที่มีขนาดเท่า ๆ กัน สมบูรณ์แข็งแรง (เปลือกหุ้มเมล็ดไม่แตก และผิวของเปลือกหุ้มเมล็ดปราศจากเชื้อสาเหตุที่ก่อให้เกิดโรค) เมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 จำนวน 50 เมล็ดต่อกล่องเพาะ จำนวน 4 กล่อง

4.2 วิธีการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์

ทำการรมเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ตัวอย่างละ 200 เมล็ด ด้วยน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ นำเมล็ดวางในกล่องพลาสติกสี่เหลี่ยมผืนผ้า ที่มีขนาด 10x14.5x5.5 เซนติเมตร ติดกระดาษกรองขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร บริเวณกึ่งกลางของฝากล่องพลาสติก ทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่โดยการหยดน้ำมันหอมระเหยตามความเข้มข้น ลงกลางกระดาษเพาะที่ติดอยู่บริเวณ กึ่งกลางของฝากล่องพลาสติก จากนั้นปิดฝากล่องพลาสติกแล้วใช้เทปกาวใสพันปิดด้านข้างของกล่องพลาสติก เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นทำการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองเป็นเวลา 3 วัน เช่นเดียวกับการทดลองที่ 2.3

4.3 การวางแผนการทดลอง

ทำการทดลองโดยใช้แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ประกอบด้วย 7 กรรมวิธีทดลอง กรรมวิธีละ 4 ซ้ำ ดังนี้

4.2.1 เมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการเร่งอายุ (กรรมวิธีควบคุม)

4.2.2 เมล็ดที่เร่งอายุเป็นเวลา 3 วัน

4.2.3 เมล็ดที่ได้รับน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ ที่ระดับความเข้มข้น 3 ไมโครลิตรต่อ ลิตร ก่อนการเร่งอายุเป็นเวลา 3 วัน

4.2.4 เมล็ดที่ได้รับน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ ที่ระดับความเข้มข้น 6 ไมโครลิตรต่อ ลิตร ก่อนการเร่งอายุเป็นเวลา 3 วัน

4.2.5 เมล็ดที่ได้รับน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ ที่ระดับความเข้มข้น 10 ไมโครลิตร ต่อลิตร ก่อนการเร่งอายุเป็นเวลา 3 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.6 เมล็ดที่ได้รับน้ำมันหอมระเหยจากสระระแห่ ที่ระดับความเข้มข้น 20 ไมโครลิตร ต่อลิตร ก่อนการเร่งอายุเป็นเวลา 3 วัน

4.2.7 เมล็ดที่ได้รับน้ำมันหอมระเหยจากสระระแห่ ที่ระดับความเข้มข้น 40 ไมโครลิตร ต่อลิตร ก่อนการเร่งอายุเป็นเวลา 3 วัน

4.4 การบันทึกผลและการวิเคราะห์ผล

4.4.1 การตรวจสอบการงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

เช่นเดียวกับการทดลองที่ 2 ข้อ 2.4.1

4.4.2 การตรวจสอบค่าการนำไฟฟ้า

เช่นเดียวกับการทดลองที่ 2 ข้อ 2.4.2

4.4.3 การตรวจสอบปริมาณสาร MDA

เช่นเดียวกับการทดลองที่ 2 ข้อ 2.4.3

4.4.4 การตรวจสอบกิจกรรมเอนไซม์ไลเปส

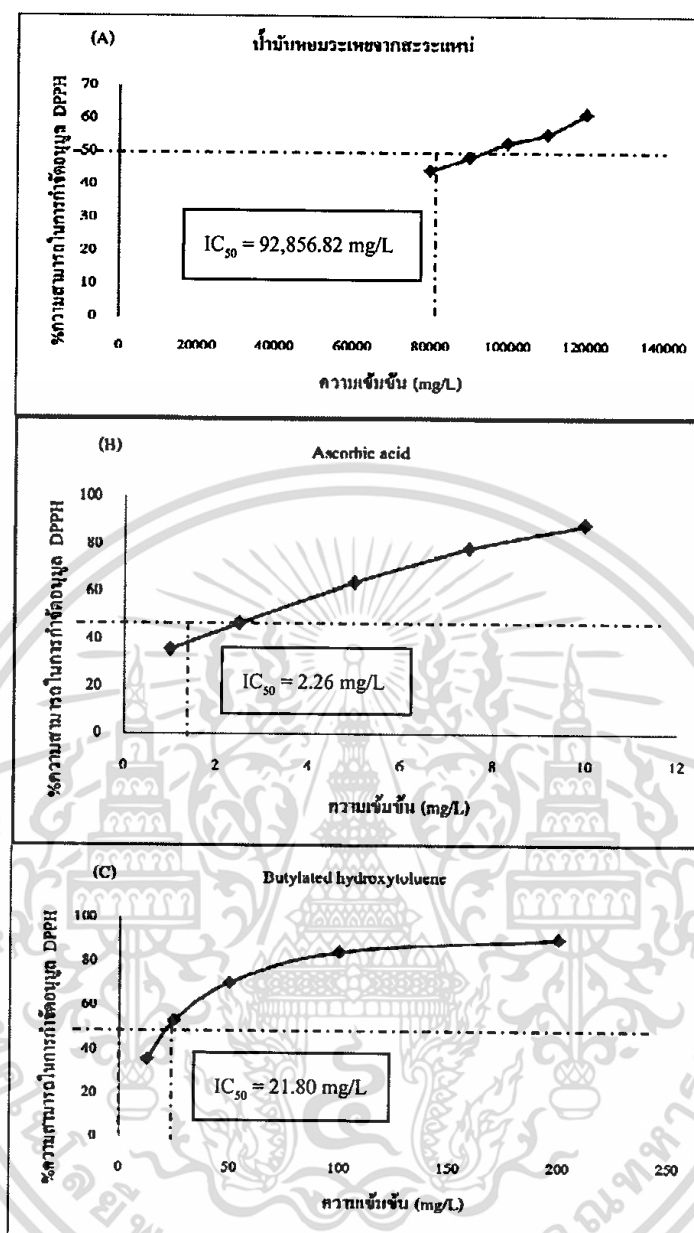
เช่นเดียวกับการทดลองที่ 2 ข้อ 2.4.4

ผลการวิจัย

4.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่

4.1.1 การทดลองที่ 1.1 การทดสอบความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ด้วยวิธีการกำจัดอนุมูล DPPH ของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่

การทดสอบความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน จากการวัดความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH (scavenging activity on DPPH radical) การวัดความสามารถของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ ในการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ที่เกิดขึ้น โดยเปรียบเทียบกับสารต้านอนุมูลอิสระมาตรฐาน คือ กรด ascorbic และ butylated hydroxytoluene (BHT) โดยนำมาคำนวณเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ (% radical scavenging activity) และนำค่าเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระมาคำนวณค่า 50% Inhibitory concentration (IC_{50}) ซึ่งหมายถึงค่าความเข้มข้นของสารต้านอนุมูลอิสระทดสอบที่ทำให้ปริมาณของอนุมูลอิสระลดลงครึ่งหนึ่งของปริมาณอนุมูลอิสระทั้งหมด จากกราฟระหว่างค่า log ของความเข้มข้นของสารต้านอนุมูลอิสระทดสอบ และเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH เพื่อหาความสัมพันธ์และสมการเส้นตรง เมื่อนำน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่มาทดสอบที่ระดับความเข้มข้น 80,000, 90,000, 100,000, 110,000 และ 120,000 มิลลิกรัมต่อลิตร เปรียบเทียบกับกรด ascorbic ที่ระดับความเข้มข้น 1, 2.5, 5, 7.5 และ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร และ BHT ที่ระดับความเข้มข้น 12.5, 25, 50, 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าเมื่อความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหย และสารต้านอนุมูลอิสระมาตรฐานเพิ่มขึ้น ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นตามไปด้วย และยังพบว่าความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยที่ระดับความเข้มข้น 120,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นระดับความเข้มข้นสูงสุด มีความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH เท่ากับ 61.54 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่สารต้านอนุมูลอิสระมาตรฐาน กรด ascorbic ที่ระดับความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH เท่ากับ 88.29 เปอร์เซ็นต์ และ BHT ที่ระดับความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH เท่ากับ 90.27 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 4.1) เมื่อคำนวณค่า IC_{50} ถ้าค่า IC_{50} มีค่าต่ำ แสดงให้เห็นว่ามีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูง โดยน้ำมันหอมระเหย มีค่า IC_{50} เท่ากับ 92,856.82 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนสารต้านอนุมูลอิสระมาตรฐาน กรด ascorbic และ BHT มีค่า IC_{50} เท่ากับ 2.26 และ 21.80 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ แสดงว่า กรด ascorbic มีความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH มากที่สุด รองลงมาคือ BHT และน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ตามลำดับ



ภาพที่ 4.1 ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ด้วยวิธีการกำจัดอนุมูล DPPH ของน้ำมันหอมระเหยจากสระแห่ (A) เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน กรด ascorbic (B) และ butylated hydroxytoluene (C)

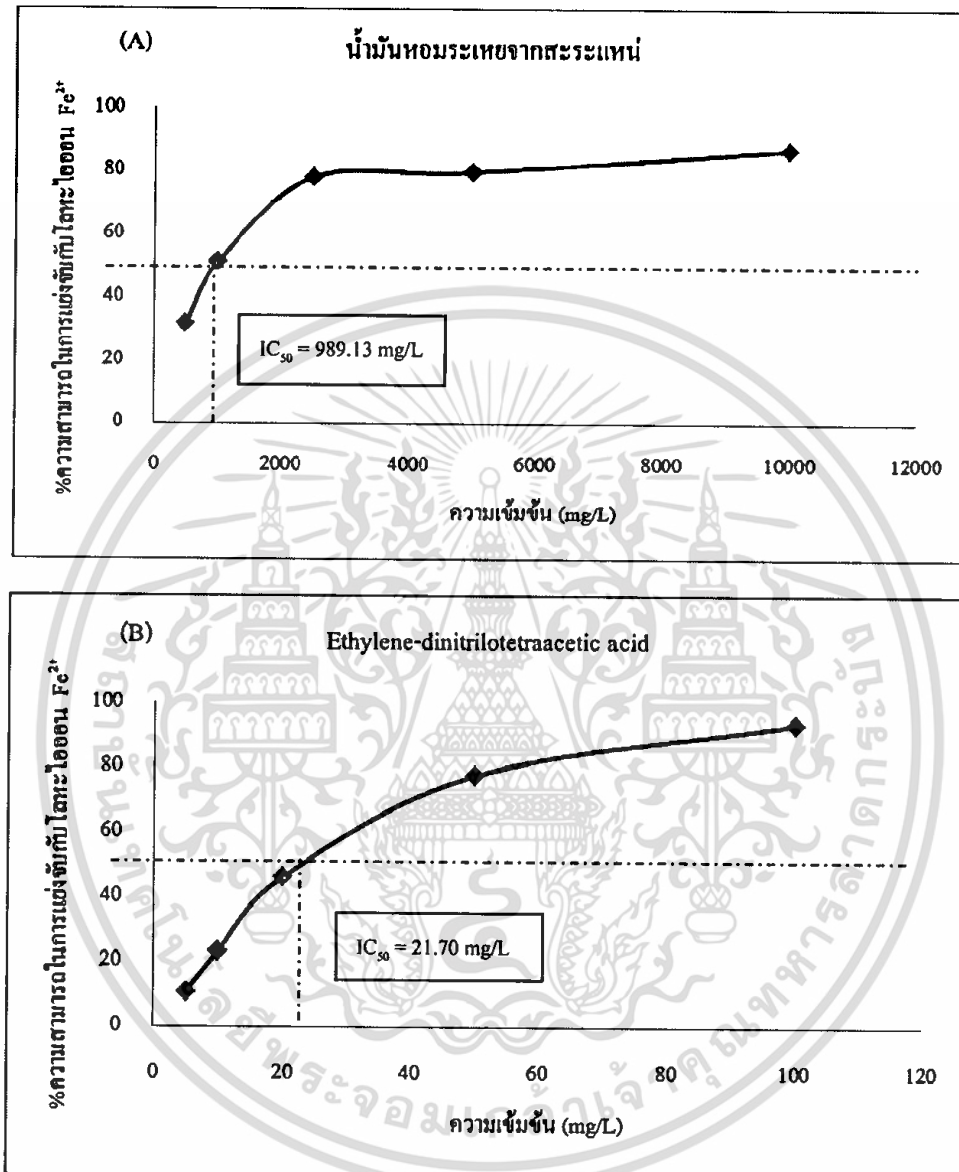
4.1.2 การทดลองที่ 1.2 การทดสอบความสามารถในการแย่งจับกับโลหะไอออน Fe^{2+} (Metal chelating activity) ของน้ำมันหอมระเหยจากสระแห่

การคีเลตไอออนของโลหะเป็นการทดสอบความสามารถของสารทดสอบในการแย่งจับกับโลหะไอออน Fe^{2+} เป็นอีกกลไกหนึ่งในการต้านอนุมูลอิสระ โดยทำการทดสอบความสามารถในการคีเลตไอออนโลหะของน้ำมันหอมระเหยจากสระแห่ เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน คือ ethylene-dinitrilotetraacetic acid (EDTA) โดยนำมาคำนวณเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการแย่งจับกับโลหะไอออน Fe^{2+} (% ferrous ion- sequestration) เป็นเอกสารที่ส่งมอบไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

chelating ability) และนำค่าเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการแย่งจับกับโลหะไอออน Fe^{2+} มาคำนวณค่า 50% Inhibitory concentration (IC_{50}) ซึ่งหมายถึงค่าความเข้มข้นของสารต้านอนุมูลอิสระทดสอบที่ทำให้ปริมาณของโลหะไอออน Fe^{2+} ลดลงครึ่งหนึ่งของปริมาณโลหะไอออน Fe^{2+} ทั้งหมด จากกราฟระหว่างค่า log ของความเข้มข้นของสารต้านอนุมูลอิสระทดสอบ และเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการแย่งจับกับโลหะไอออน Fe^{2+} เพื่อหาความสัมพันธ์และสมการเส้นตรง เมื่อนำน้ำมันหอมระเหยจากสระระแหงมาทดสอบที่ระดับความเข้มข้น 500, 1,000, 2,500, 5,000 และ 10,000 มิลลิกรัมต่อลิตร เปรียบเทียบกับ EDTA ที่ระดับความเข้มข้น 5, 10, 20, 50 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าเมื่อความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหย และสารมาตรฐานเพิ่มขึ้น ความสามารถในการแย่งจับกับโลหะไอออน Fe^{2+} เพิ่มขึ้นตามไปด้วย และยังพบว่าความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยที่ระดับความเข้มข้น 10,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นระดับความเข้มข้นสูงสุด มีความสามารถในการแย่งจับกับโลหะไอออน Fe^{2+} เท่ากับ 86.80 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่สารมาตรฐาน EDTA ที่ระดับความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความสามารถในการแย่งจับกับโลหะไอออน Fe^{2+} เท่ากับ 93.55 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 4.2) เมื่อคำนวณค่า IC_{50} ถ้าค่า IC_{50} มีค่าต่ำ แสดงให้เห็นว่ามีความสามารถในการแย่งจับกับโลหะไอออน Fe^{2+} สูง โดยน้ำมันหอมระเหย มีค่า IC_{50} เท่ากับ 989.13 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนสารมาตรฐาน EDTA มีค่า IC_{50} เท่ากับ 21.70 มิลลิกรัมต่อลิตร แสดงว่า EDTA มีความสามารถในการแย่งจับกับโลหะไอออน Fe^{2+} มากที่สุด รองลงมาคือ น้ำมันหอมระเหยจากสระระแหง

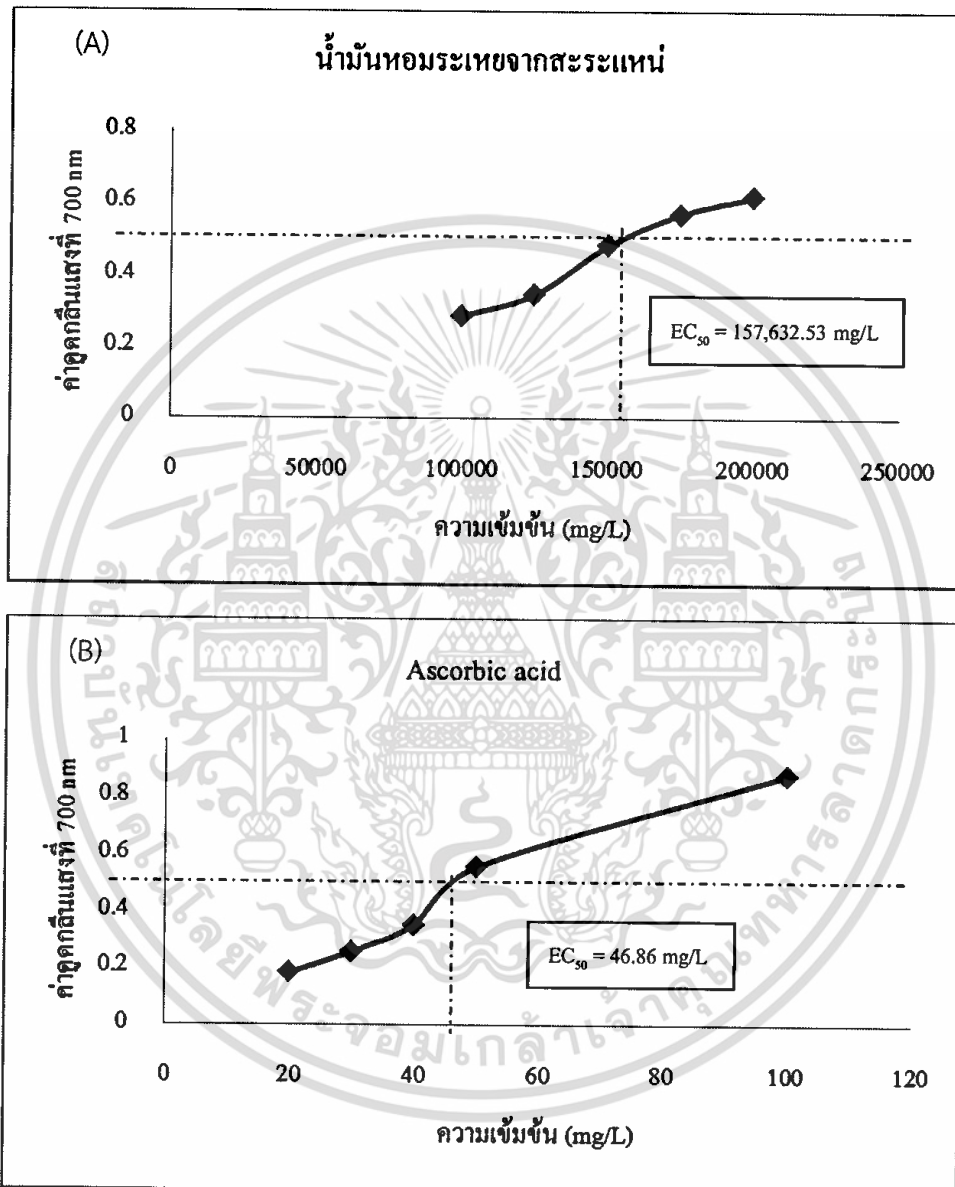
4.1.3 การทดลองที่ 1.3 การทดสอบความสามารถในการรีดิวซ์ (Reducing power activity) ของน้ำมันหอมระเหยจากสระระแหง

การทดสอบความสามารถในการรีดิวซ์ หรือความสามารถในการให้อิเล็กตรอนของสารต้านอนุมูลอิสระ โดยทำการวัดความสามารถในการให้อิเล็กตรอนของน้ำมันหอมระเหยจากสระระแหง เปรียบเทียบกับสารต้านอนุมูลอิสระมาตรฐาน คือ กรด ascorbic โดยนำค่าดูดกลืนแสงที่วัดได้จากการเกิดปฏิกิริยารีดักชัน ที่ความยาวคลื่น 700 นาโนเมตร มาคำนวณค่า 50% Effective concentration (EC_{50}) ซึ่งหมายถึงค่าความเข้มข้นของสารต้านอนุมูลอิสระทดสอบที่ทำให้ค่าดูดกลืนแสงเท่ากับ 0.5 จากกราฟระหว่างค่า log ของความเข้มข้นของสารต้านอนุมูลอิสระทดสอบ และค่าดูดกลืนแสง เพื่อหาความสัมพันธ์และสมการเส้นตรง เมื่อศึกษาความสามารถในการให้อิเล็กตรอนของน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 100,000, 125,000, 150,000, 175,000 และ 200,000 มิลลิกรัมต่อลิตร เปรียบเทียบกับสารต้านอนุมูลอิสระมาตรฐาน กรด ascorbic ที่ระดับความเข้มข้น 20, 30, 40, 50 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าความสามารถในการให้อิเล็กตรอนของน้ำมันหอมระเหย และกรด ascorbic มีค่าเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหย และกรด ascorbic ที่เพิ่มขึ้น โดยน้ำมันหอมระเหย มีค่า EC_{50} เท่ากับ 157,632.53 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนสารต้านอนุมูลอิสระมาตรฐาน กรด ascorbic มีค่า EC_{50} เท่ากับ 46.86 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 4.3)



ภาพที่ 4.2 ความสามารถในการแย่งจับกับโลหะไอออน Fe^{2+} (Metal chelating activity) ของน้ำมันหอมระเหยจากสระระแหง (A) เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน ethylene-dinitrilotetraacetic acid (B)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



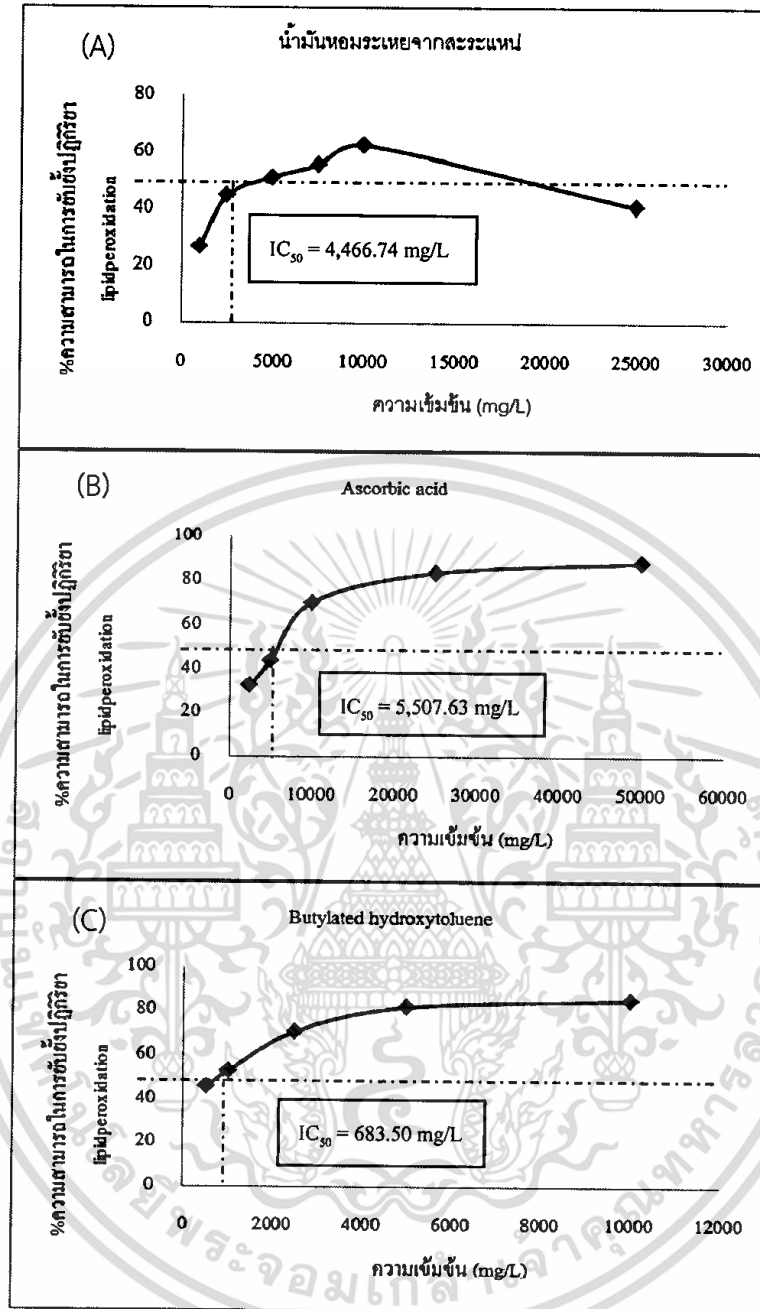
ภาพที่ 4.3 ความสามารถในการรีดิวซ์ (Reducing power activity) ของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ (A) เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน กรด ascorbic (B)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 การทดลองที่ 1.4 การทดสอบความสามารถในการต้านการเกิดปฏิกิริยา Lipid-peroxidation ของ น้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่

การวัดความสามารถของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยา lipid-peroxidation โดยการวัดจากปริมาณ malondialdehyde ที่ทำปฏิกิริยากับกรดโทโอบาปิทริก ได้เป็นสารสีที่เรียกว่า thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) เปรียบเทียบกับสารต้านอนุมูลอิสระมาตรฐาน คือ กรด ascorbic และ butylated hydroxytoluene (BHT) นำมาคำนวณเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยา lipid-peroxidation (% anti-lipid peroxidation activity) และนำค่าเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยา lipid-peroxidation มาคำนวณค่า 50% Inhibitory concentration (IC_{50}) ซึ่งหมายถึงค่าความเข้มข้นของสารต้านอนุมูลอิสระทดสอบที่ทำให้การเกิดปฏิกิริยาลดลงครึ่งหนึ่งจากการเกิดปฏิกิริยาทั้งหมด จากกราฟระหว่างค่า log ของความเข้มข้นของสารต้านอนุมูลอิสระทดสอบ และเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยา lipid-peroxidation เพื่อหาความสัมพันธ์และสมการเส้นตรง เมื่อนำน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่มาทดสอบที่ระดับความเข้มข้น 1,000, 2,500, 5,000, 7,500, 10,000 และ 25,000 มิลลิกรัมต่อลิตร เปรียบเทียบกับกรด ascorbic ที่ระดับความเข้มข้น 2,500, 5,000, 10,000, 25,000 และ 50,000 มิลลิกรัมต่อลิตร และ BHT ที่ระดับความเข้มข้น 500, 1,000, 2,500, 5,000 และ 10,000 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าเมื่อความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหย และสารต้านอนุมูลอิสระมาตรฐานเพิ่มขึ้น ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นตามไปด้วย และยังพบว่าความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยที่ระดับความเข้มข้น 10,000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยา lipid-peroxidation เท่ากับ 62.51 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่สารต้านอนุมูลอิสระมาตรฐาน กรด ascorbic ที่ระดับความเข้มข้น 50,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยา lipid-peroxidation เท่ากับ 88.34 เปอร์เซ็นต์ และ BHT ที่ระดับความเข้มข้น 10,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยา lipid-peroxidation เท่ากับ 84.85 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 4.4)

น้ำมันหอมระเหย ที่มีความเข้มข้นสูงมีความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยา lipid-peroxidation ลดต่ำลง แต่ในสารต้านอนุมูลอิสระมาตรฐานเมื่อมีความเข้มข้นสูงๆ มีแนวโน้มในการยับยั้งปฏิกิริยา lipid-peroxidation คงที่ (ภาพที่ 4.4) เมื่อคำนวณค่า IC_{50} ถ้าค่า IC_{50} มีค่าต่ำแสดงให้เห็นว่ามีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูง โดยน้ำมันหอมระเหย มีค่า IC_{50} เท่ากับ 4,466.74 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนสารต้านอนุมูลอิสระมาตรฐาน กรด ascorbic และ BHT มีค่า IC_{50} เท่ากับ 5,507.63 และ 683.50 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ



ภาพที่ 4.4 ความสามารถในการต้านการเกิดปฏิกิริยา Lipid-peroxidation ของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่(A) เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน กรด ascorbic (B) และ butylated hydroxytoluene (C)

4.1.5 การทดลองที่ 1.5 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่โดย GC-MS

องค์ประกอบทางเคมีในน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ด้วยเครื่อง GC-MS (ตารางที่ 4.1) พบว่า สารประกอบหลักที่พบในน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ มี 11 ชนิด พบ menthol มากที่สุด โดยมี %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

relative peak area เท่ากับ 46.05 รองลงมาคือ menthone, neomenthol และ menthyl acetate โดยมี % relative peak area เท่ากับ 32.34, 6.69 และ 4.90 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ด้วยเครื่อง GC-MS

No.	RT	% Area	Compound
1	5.92	1.78	isopulegol
2	6.10	32.84	menthone
3	6.41	6.69	neomenthol
4	6.63	46.05	menthol
5	6.91	1.21	neoisomenthol
6	7.07	0.78	alpha-pinene
7	8.31	1.76	pulegone
8	8.47	1.30	cavone
9	8.80	0.98	piperitone
10	9.82	4.90	menthyl acetate
11	14.37	1.71	trans-caryphyllene

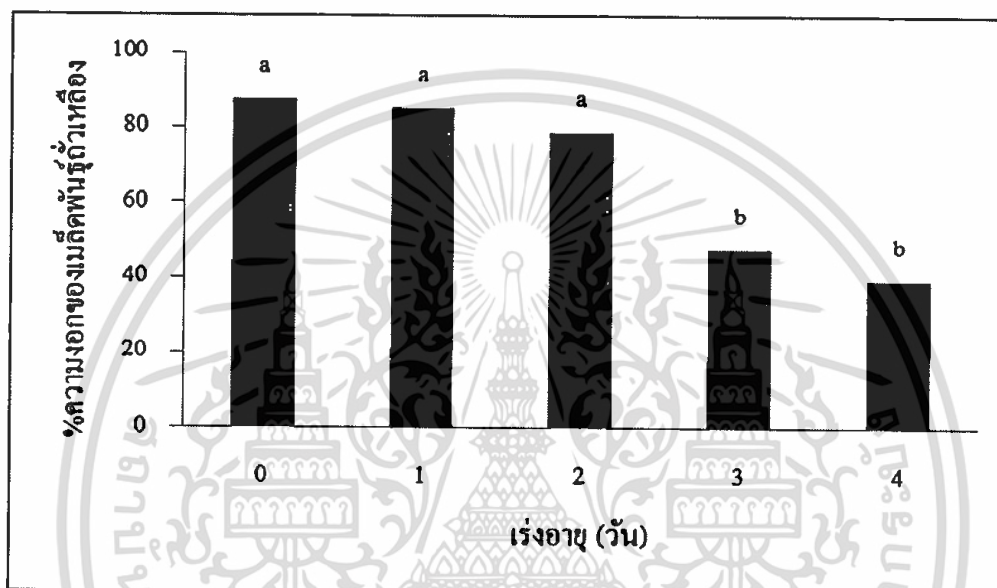
4.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 ภายหลังจากเร่งอายุการงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

จากการทดลองการเร่งอายุของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 100 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลา 1, 2, 3 และ 4 วัน โดยมีเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้ผ่านการเร่งอายุเป็นกรรมวิธีควบคุม พบว่าการเร่งอายุของเมล็ดพันธุ์มีผลต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์ โดยเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุเป็นเวลา 4 วัน มีอัตราการงอกต่ำที่สุด คือ 39.50 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุเป็นเวลา 3 วัน มีอัตราการงอก เท่ากับ 47.50 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุเป็นเวลา 2, 1 วัน และเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้ผ่านการเร่งอายุ (กรรมวิธีควบคุม) มีอัตราการงอกไม่แตกต่างกันในทางสถิติ โดยมีอัตราการงอก เท่ากับ 79.00, 85.00 และ 87.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 4.5 และภาพที่ 4.6)

การประเมินผลการทดสอบความงอก ได้จำแนกต้นกล้าที่งอกจากเมล็ดเป็นต้นกล้าปกติ และต้นกล้าผิดปกติ พบว่าเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุเป็นเวลา 4 วัน มีอัตราต้นกล้าปกติต่ำที่สุด คือ 35.50 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุเป็นเวลา 3 วัน มีอัตราต้นกล้าปกติ เท่ากับ 42.00 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุเป็นเวลา 2, 1 วัน และเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้ผ่านการเร่งอายุ (กรรมวิธีควบคุม) มีอัตราต้นกล้าปกติไม่แตกต่างกันในทางสถิติ โดยมีอัตราต้นกล้าปกติ เท่ากับ 73.00, 77.00 และ 78.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และยังพบว่าเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุเป็นเวลา 1, 2 วัน และเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้ผ่านการเร่งอายุ (กรรมวิธีควบคุม) มีอัตราต้นกล้าผิดปกติสูงและไม่แตกต่างกันในทางสถิติ โดยมีอัตราต้นกล้าผิดปกติ เท่ากับ 8.00, 6.00 และ 9.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุเป็นเวลา 3 และ 4 วัน มีอัตราต้นกล้าผิดปกติต่ำและไม่แตกต่างกันในทางสถิติ (ตารางที่ 4.2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการประเมินผลเมล็ดพันธุ์ที่ไม่งอก แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ เมล็ดสดไม่งอก และเมล็ดตาย (ตารางที่ 4.1) เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุเป็นเวลา 1, 2, 3, 4 วัน และเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้ผ่านการเร่งอายุ (กรรมวิธีควบคุม) มีอัตราเมล็ดสดไม่งอกไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ส่วนเมล็ดตาย พบว่าเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุเป็นเวลา 4 วัน มีอัตราเมล็ดตายสูงที่สุด คือ 60.50 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุเป็นเวลา 3 วัน มีอัตราเมล็ดตายเท่ากับ 51.00 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุเป็นเวลา 2, 1 วัน และเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้ผ่านการเร่งอายุ (กรรมวิธีควบคุม) มีอัตราเมล็ดตายไม่แตกต่างกันในทางสถิติ โดยมีอัตราเมล็ดตายเท่ากับ 21.00, 15.00 และ 12.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ



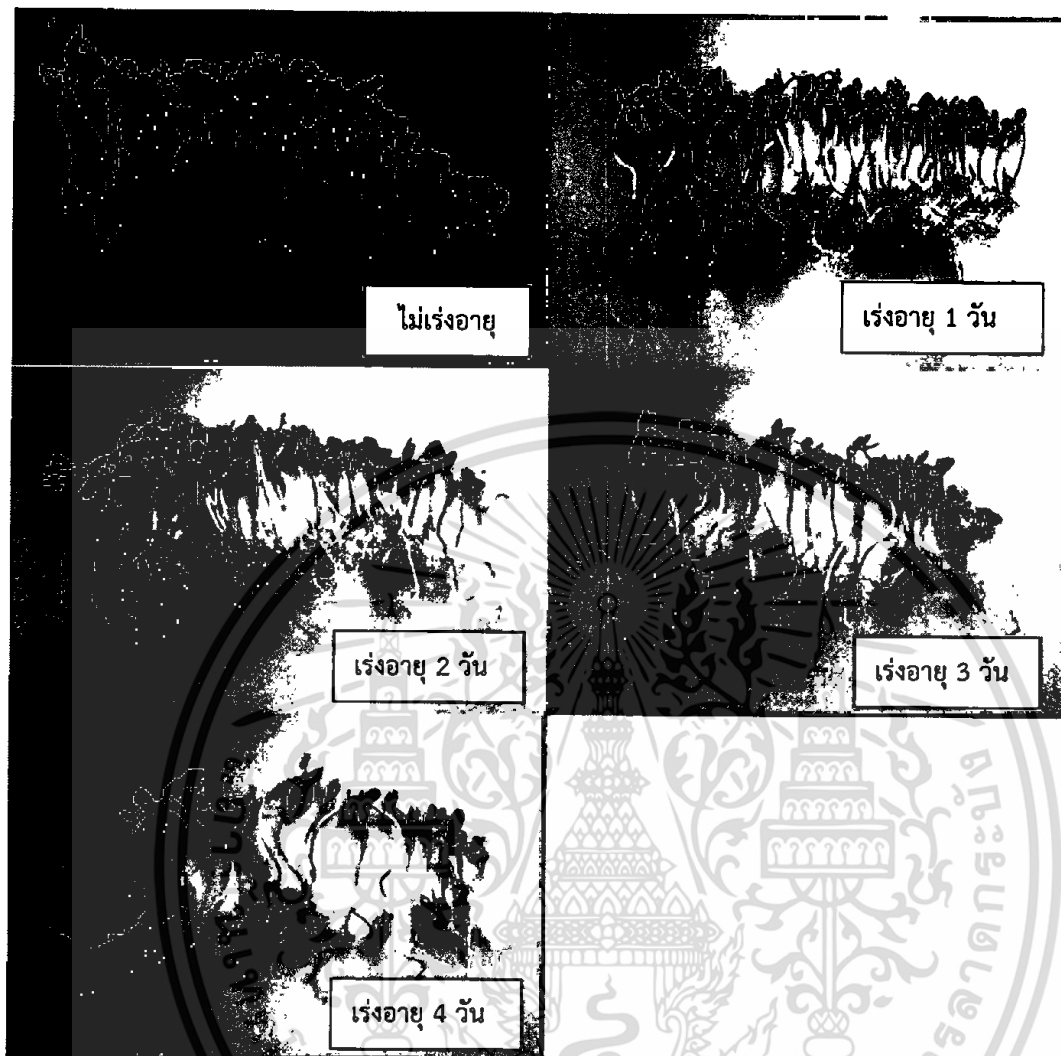
ภาพที่ 4.5 ผลของการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 ต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Tukey's Studentized Range Test ($p=0.05$)

ตารางที่ 4.2 ผลของการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 ต่อเปอร์เซ็นต์ต้นกล้าปกติ ต้นกล้าผิดปกติ เมล็ดสดไม่งอก และเมล็ดตาย

เร่งอายุ (วัน)	ต้นกล้าปกติ (%)	ต้นกล้าผิดปกติ (%)	เมล็ดสดไม่งอก (%)	เมล็ดตาย (%)
0	78.00a \pm 6.32	9.50a \pm 1.91	0.00a \pm 0.00	12.50c \pm 4.73
1	77.00a \pm 3.83	8.00ab \pm 1.63	0.00a \pm 0.00	15.00c \pm 4.16
2	73.00a \pm 4.76	6.00ab \pm 2.31	0.00a \pm 0.00	21.00c \pm 4.16
3	42.00b \pm 4.32	4.50b \pm 2.52	1.50a \pm 3.00	51.00b \pm 5.29
4	35.50b \pm 1.91	4.00b \pm 1.63	0.00a \pm 0.00	60.50a \pm 3.42

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Tukey's Studentized Range Test ($p=0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



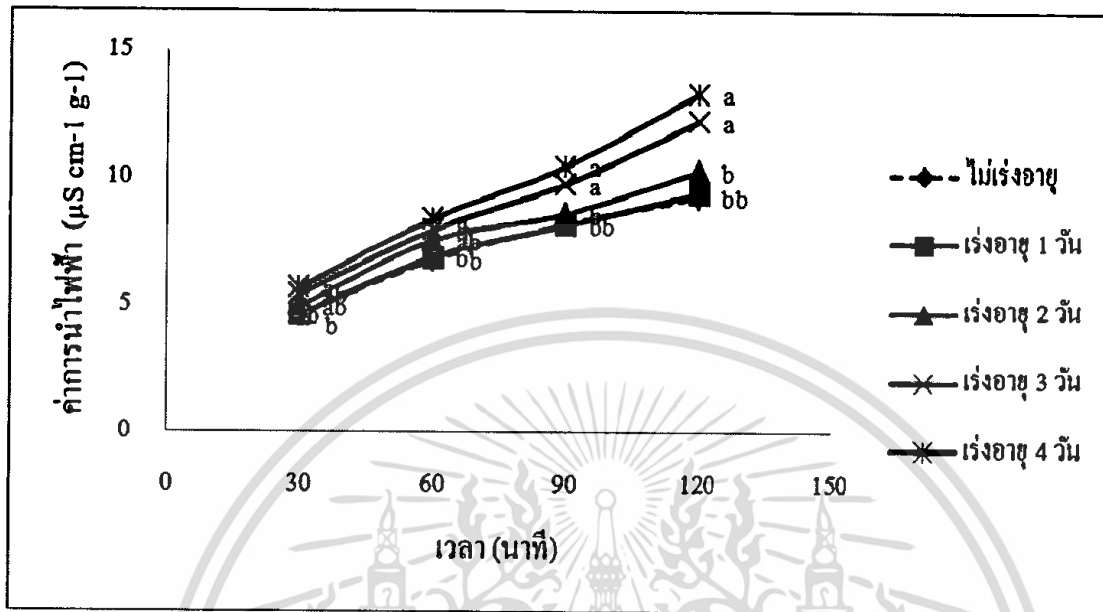
ภาพที่ 4.6 ผลของการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 ต่อลักษณะต้นกล้าถั่วเหลือง

ค่าการนำไฟฟ้าของสารที่รั่วไหลออกจากเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

เมื่อนำเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่ผ่านการเร่งอายุ มาตรวจสอบค่าการนำไฟฟ้า ที่อุณหภูมิห้อง ทุก 30 นาที จนครบ 2 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้ผ่านการเร่งอายุ (ภาพที่ 4.7) พบว่าจากการวัดค่าการนำไฟฟ้าที่ 30 นาที เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุเป็นเวลา 4 วัน มีค่าการนำไฟฟ้าสูงที่สุด คือ $5.69 \mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$ รองลงมาคือ เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุเป็นเวลา 3 และ 2 วัน มีค่าการนำไฟฟ้า เท่ากับ 5.44 และ $4.96 \mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$ ตามลำดับ ในขณะที่เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุเป็นเวลา 1 วัน และเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้ผ่านการเร่งอายุ (กรรมวิธีควบคุม) มีค่าการนำไฟฟ้าต่ำและใกล้เคียงกัน ซึ่งไม่แตกต่างกันในทางสถิติ คือ 4.64 และ $4.66 \mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$ ตามลำดับ และเมื่อระยะเวลาผ่านไปที่ 60, 90 และ 120 นาที เมล็ดพันธุ์ทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มของค่าการนำไฟฟ้าสูงขึ้น โดยที่ระยะเวลา 120 นาที เห็นได้ชัดเจนว่าเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุเป็นเวลา 4 และ 3 วัน มีค่าการนำไฟฟ้าสูงที่สุด คือ 13.32 และ $12.23 \mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$ ส่วนเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุเป็นเวลา 2,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 วัน และเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้ผ่านการเร่งอายุ (กรรมวิธีควบคุม) มีค่าการนำไฟฟ้าใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกันในทางสถิติ คือ 10.28, 9.40 และ 9.26 $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ ตามลำดับ



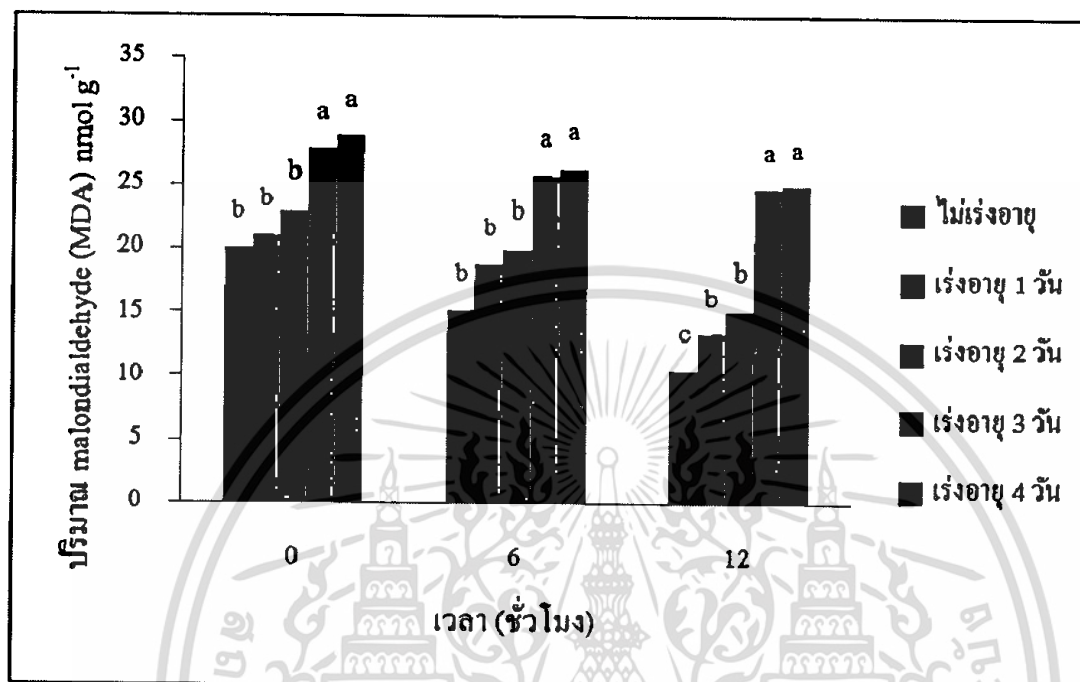
ภาพที่ 4.7 ผลของการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 ต่อค่าการนำไฟฟ้าของสารที่รั่วไหลออกจากเมล็ด ที่เวลา 30, 60, 90 และ 120 นาที ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในนาที (30, 60, 90 และ 120 นาที) เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Tukey's Studentized Range Test ($p=0.05$)

ปริมาณสาร malondialdehyde (MDA) ภายในเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองระหว่างการงอก

จากการทดลองการเร่งอายุของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 100 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลา 1, 2, 3 และ 4 วัน โดยมีเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้ผ่านการเร่งอายุเป็นกรรมวิธีควบคุม นำเมล็ดพันธุ์ไปเพาะเพื่อตรวจสอบปริมาณสาร MDA หลังการเพาะเมล็ดพันธุ์ เป็นระยะเวลา 0, 6 และ 12 ชั่วโมง (ภาพที่ 4.8) พบว่าเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุเป็นเวลา 4 วัน ที่เวลา 0 ชั่วโมง หลังเพาะเมล็ดพันธุ์ มีปริมาณสาร MDA สูงที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 28.83 nmol g^{-1} รองลงมาคือเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุเป็นเวลา 3 วัน มีปริมาณสาร MDA เท่ากับ 27.87 nmol g^{-1} ในขณะที่เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุเป็นเวลา 2, 1 วัน และเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้ผ่านการเร่งอายุ (กรรมวิธีควบคุม) มีปริมาณสาร MDA ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 22.93, 21.05 และ 20.07 nmol g^{-1} ตามลำดับ และเมล็ดพันธุ์ที่เพาะเป็นเวลา 6 และ 12 ชั่วโมง พบว่าเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในทุกกรรมวิธี ที่เวลา 6 ชั่วโมง มีปริมาณสาร MDA ลดลง และที่เวลา 12 ชั่วโมง หลังการเพาะเมล็ดพันธุ์ปริมาณสาร MDA ยังคงลดลงอย่างต่อเนื่อง และเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับปริมาณสาร MDA ที่เวลา 6 ชั่วโมง หลังการเพาะเมล็ดพันธุ์ โดยเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้ผ่านการเร่งอายุ (กรรมวิธีควบคุม) ที่เวลา 12 ชั่วโมง หลังการเพาะเมล็ดพันธุ์ พบปริมาณสาร MDA ต่ำที่สุด มีค่าเท่ากับ 10.56 nmol g^{-1} และใกล้เคียงกับเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุเป็นเวลา 1 และ 2 วัน โดยมีค่าเท่ากับ 13.35 และ 15.12 nmol g^{-1}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขณะที่เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุเป็นเวลา 3 และ 4 วัน มีปริมาณสาร MDA สูงที่สุด คือ 24.74 และ 25.02 nmol g^{-1} ตามลำดับ และแตกต่างกันในทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้ผ่านการเร่งอายุ (กรรมวิธีควบคุม)



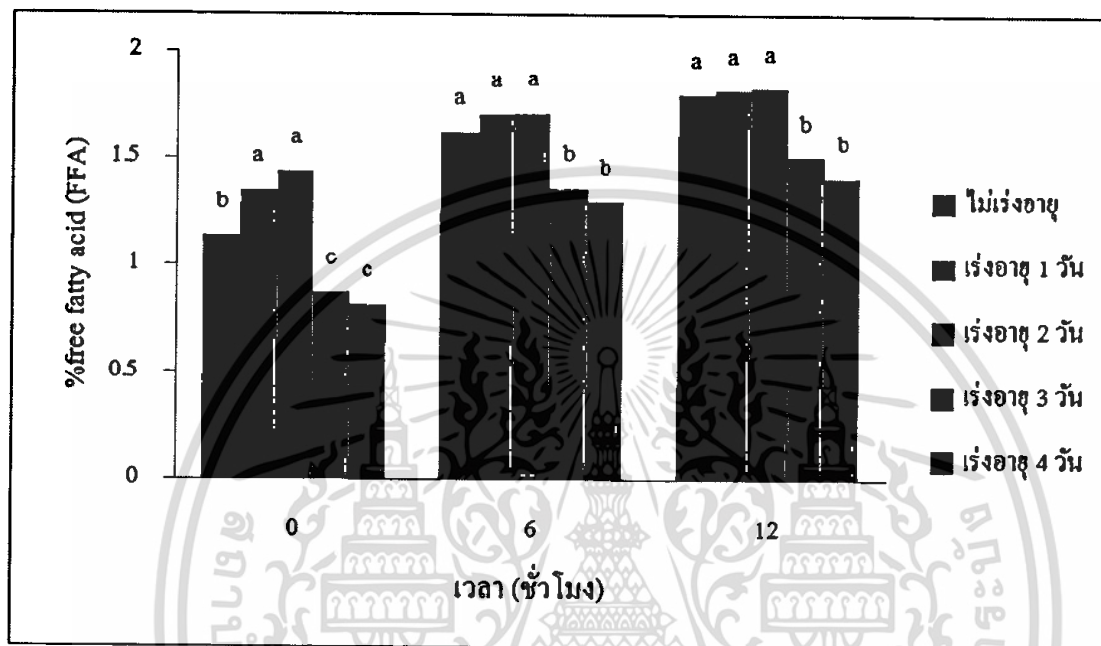
ภาพที่ 4.8 ผลของการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 ต่อปริมาณสาร malondialdehyde ที่เวลา 0, 6 และ 12 ชั่วโมง หลังการเพาะเมล็ดพันธุ์ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในชั่วโมง (0, 6 และ 12 ชั่วโมง) เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Tukey's Studentized Range Test ($p=0.05$)

กิจกรรมเอนไซม์ไลเปสของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองระหว่างการงอก

จากการทดลองการเร่งอายุของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 100 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลา 1, 2, 3 และ 4 วัน โดยมีเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้ผ่านการเร่งอายุเป็นกรรมวิธีควบคุม เพื่อตรวจสอบกิจกรรมเอนไซม์ไลเปสจากการทำปฏิกิริยากับสารตั้งต้น (น้ำมันมะพร้าว) ได้กรดไขมันอิสระ (free fatty acid, FFA) หลังการเพาะเมล็ดพันธุ์ เป็นระยะเวลา 0, 6 และ 12 ชั่วโมง (ภาพที่ 4.9) พบว่าเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุเป็นเวลา 3 และ 4 วัน ที่เวลา 0 ชั่วโมง หลังการเพาะเมล็ดพันธุ์ มีปริมาณกรดไขมันอิสระต่ำที่สุดซึ่งไม่แตกต่างกันในทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 0.87 และ 0.87 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รองลงมาคือเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้ผ่านการเร่งอายุ (กรรมวิธีควบคุม) มีปริมาณกรดไขมันอิสระ เท่ากับ 1.13 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุเป็นเวลา 2 และ 1 วัน มีปริมาณกรดไขมันอิสระสูงและใกล้เคียงกัน ซึ่งไม่แตกต่างกันในทางสถิติ โดยมีปริมาณกรดไขมันอิสระ เท่ากับ 1.43 และ 1.35 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมล็ดพันธุ์ที่เพาะเป็นเวลา 6 และ 12 ชั่วโมง พบว่าเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในทุกกรรมวิธี ที่เวลา 6 ชั่วโมง มีปริมาณกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้น และที่เวลา 12 ชั่วโมง หลังการเพาะเมล็ดพันธุ์ปริมาณกรดไขมันอิสระยังคงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับปริมาณกรดไขมันอิสระ ที่เวลา 6 ชั่วโมง หลังการเพาะเมล็ดพันธุ์ โดยเมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุเป็นเวลา 2, 1 วัน และเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้ผ่านการเร่งอายุ (กรรมวิธีควบคุม) ที่เวลา 12 ชั่วโมง หลังการเพาะเมล็ดพันธุ์ พบปริมาณกรดไขมันอิสระสูงและใกล้เคียงกัน ซึ่งไม่แตกต่างกันในทางสถิติ โดยมีปริมาณกรดไขมันอิสระ เท่ากับ 1.83, 1.82 และ 1.80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุเป็นเวลา 3 และ 4 วัน มีปริมาณกรดไขมันอิสระต่ำที่สุด เท่ากับ 1.51 และ 1.41 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และแตกต่างกันในทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้ผ่านการเร่งอายุ (กรรมวิธีควบคุม)



ภาพที่ 4.9 ผลของการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 ต่อกิจกรรมเอนไซม์ไลเปส ที่เวลา 0, 6 และ 12 ชั่วโมง หลังการเพาะเมล็ดพันธุ์ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในชั่วโมง (0, 6 และ 12 ชั่วโมง) เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Tukey's Studentized Range Test ($p=0.05$)

4.3 การทดลองที่ 3 ศึกษาผลของการรมเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 ด้วยน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ ต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์

การงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

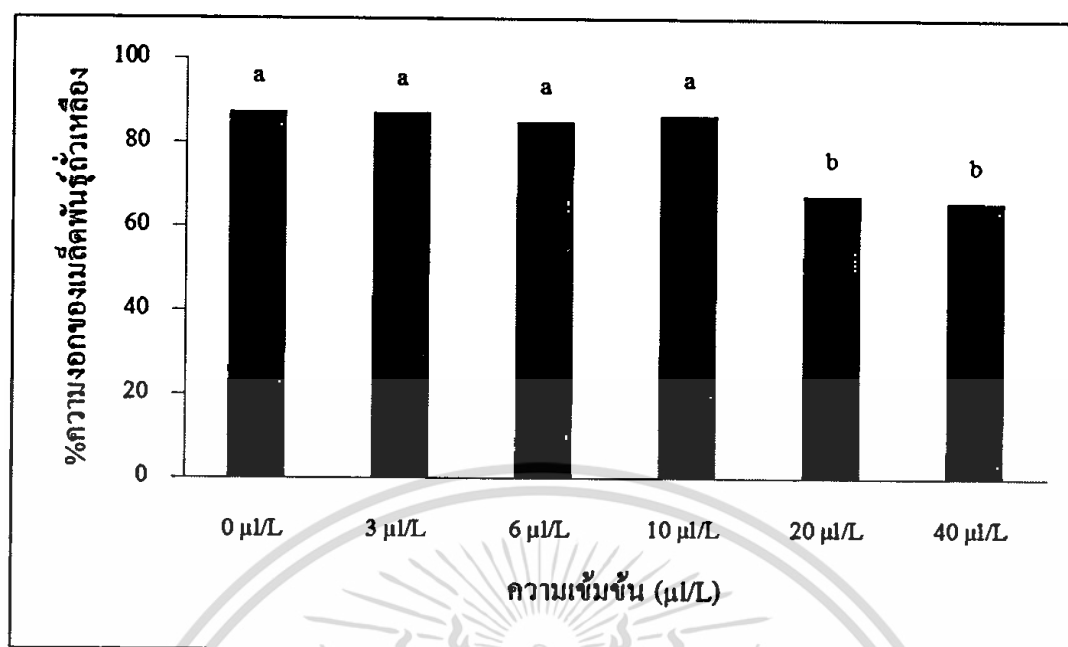
จากการทดลองผลของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ โดยการรมเมล็ดพันธุ์ ที่ระดับความเข้มข้น 3, 6, 10, 20 และ 40 ไมโครลิตรต่อลิตร และที่ระดับความเข้มข้น 0 ไมโครลิตรต่อลิตร เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เป็นกรรมวิธีควบคุม เพื่อศึกษาการงอกของเมล็ดพันธุ์ (ภาพที่ 4.10 และภาพที่ 4.11) พบว่าเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 3, 6 และ 10 ไมโครลิตรต่อลิตร มีอัตราการงอกสูงและใกล้เคียงกับเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 0 ไมโครลิตรต่อลิตร (กรรมวิธีควบคุม) ซึ่งไม่แตกต่างกันในทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 87.00, 85.00 และ 86.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่เมล็ดพันธุ์ที่ทดสอบด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 0 ไมโครลิตรต่อลิตร (กรรมวิธีควบคุม) มีอัตราการงอกเท่ากับ 87.50 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 20 และ 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครลิตรต่อลิตร มีอัตราการงอกต่ำ โดยมีค่าเท่ากับ 67.50 และ 66.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และแตกต่างกันในทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ที่ทดสอบด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 0 ไมโครลิตรต่อลิตร (กรรมวิธีควบคุม)

การประเมินผลการทดสอบความงอก ได้จำแนกต้นกล้าที่งอกจากเมล็ดเป็นต้นกล้าปกติ และต้นกล้าผิดปกติ (ตารางที่ 4.2) พบว่าเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 3, 6 และ 10 ไมโครลิตรต่อลิตร มีอัตราต้นกล้าปกติสูงและใกล้เคียงกับเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 0 ไมโครลิตรต่อลิตร (กรรมวิธีควบคุม) ซึ่งไม่แตกต่างกันในทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 75.50, 74.50 และ 77.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่เมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 0 ไมโครลิตรต่อลิตร (กรรมวิธีควบคุม) มีอัตราต้นกล้าปกติ เท่ากับ 78.00 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 20 และ 40 ไมโครลิตรต่อลิตร มีอัตราต้นกล้าปกติต่ำ โดยมีค่าเท่ากับ 59.00 และ 57.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และแตกต่างกันในทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 0 ไมโครลิตรต่อลิตร (กรรมวิธีควบคุม) และยังพบว่าเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 0 (กรรมวิธีควบคุม), 3, 6, 10, 20 และ 40 ไมโครลิตรต่อลิตร มีอัตราต้นกล้าผิดปกติไม่แตกต่างกันในทางสถิติ

ในการประเมินผลเมล็ดพันธุ์ที่ไม่งอก แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ เมล็ดสดไม่งอก และเมล็ดตาย (ตารางที่ 4.3) พบว่าเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 0 (กรรมวิธีควบคุม), 3, 6, 10, 20 และ 40 ไมโครลิตรต่อลิตร มีอัตราเมล็ดสดไม่งอกไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ส่วนเมล็ดตาย พบว่าเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 3, 6 และ 10 ไมโครลิตรต่อลิตร มีอัตราเมล็ดตายต่ำและใกล้เคียงกับเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 0 ไมโครลิตรต่อลิตร (กรรมวิธีควบคุม) ซึ่งไม่แตกต่างกันในทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 8.50, 12.00 และ 12.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่เมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 0 ไมโครลิตรต่อลิตร (กรรมวิธีควบคุม) มีอัตราเมล็ดตาย เท่ากับ 12.50 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 20 และ 40 ไมโครลิตรต่อลิตร มีอัตราเมล็ดตายสูง โดยมีค่าเท่ากับ 30.00 และ 31.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และแตกต่างกันในทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 0 ไมโครลิตรต่อลิตร (กรรมวิธีควบคุม)

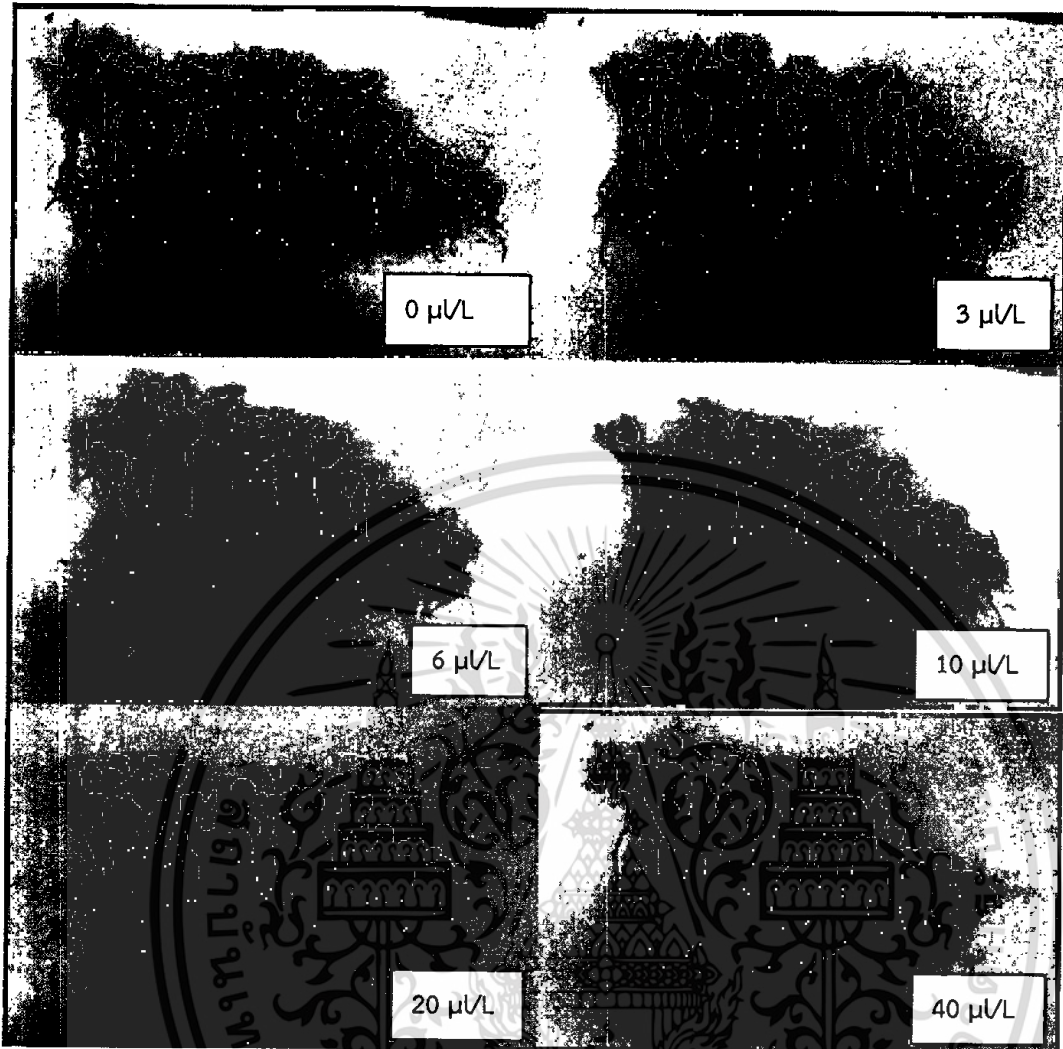


ภาพที่ 4.10 ผลของการรวมเมล็ดพันธุ์หัวเหลืองพันธุ์ KPS292 ด้วยน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์หัวเหลือง ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Tukey's Studentized Range Test ($p=0.05$)

ตารางที่ 4.3 ผลของการรวมเมล็ดพันธุ์หัวเหลืองพันธุ์ KPS292 ด้วยน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ต่อเปอร์เซ็นต์ต้นกล้าปกติ ต้นกล้าผิดปกติ เมล็ดสดไม่งอก และเมล็ดตาย

ความเข้มข้น (µL/L)	ต้นกล้าปกติ (%)	ต้นกล้าผิดปกติ (%)	เมล็ดสดไม่งอก (%)	เมล็ดตาย (%)
0 µL/L	78.00a ±6.32	9.50a ±1.91	0.00a ±0.00	12.50b ±4.73
3 µL/L	75.50a ±7.55	11.50a ±1.91	2.50a ±1.91	8.50b ±4.76
6 µL/L	74.50a ±4.73	10.50a ±1.91	3.00a ±3.83	12.00b ±3.46
10 µL/L	77.50a ±4.43	9.00a ±1.15	1.00a ±2.00	12.50b ±2.58
20 µL/L	59.00b ±6.00	8.50a ±2.52	2.50a ±3.00	30.00a ±7.72
40 µL/L	57.50b ±3.00	8.50a ±1.91	2.50a ±1.91	31.50a ±5.00

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Tukey's Studentized Range Test ($p=0.05$)



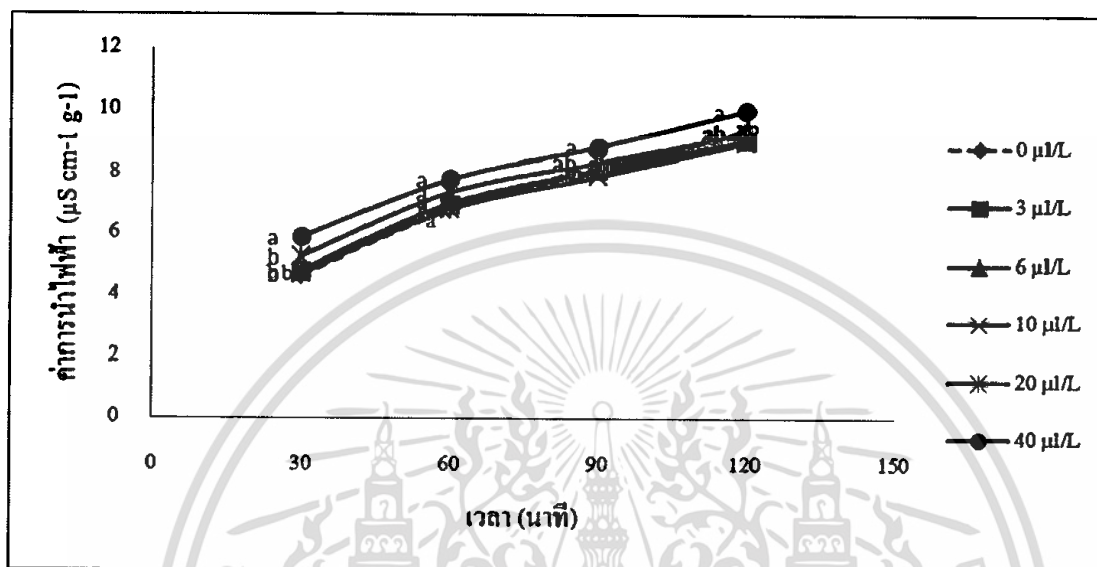
ภาพที่ 4.11 ผลของการรวมเม็ดพื้นธัญธั่วเหลืองพื้นธัญ KPS292 ด้วยน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ต่อลักษณะต้นกล้าธั่วเหลือง

ค่าการนำไฟฟ้าของสารที่รั่วไหลออกจากเม็ดพื้นธัญธั่วเหลือง

จากการทดลองผลของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ โดยการรวมเม็ดพื้นธัญ ที่ระดับความเข้มข้น 3, 6, 10, 20 และ 40 ไมโครลิตรต่อลิตร และที่ระดับความเข้มข้น 0 ไมโครลิตรต่อลิตร เป็นกรรมวิธีควบคุม มาตรวจสอบค่าการนำไฟฟ้า ที่อุณหภูมิห้อง ทุก 30 นาที จนครบ 2 ชั่วโมง (ภาพที่ 4.12) พบว่าจากการวัดค่าการนำไฟฟ้าที่ 30 นาที เม็ดพื้นธัญที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 0 (กรรมวิธีควบคุม), 3, 6, 10 และ 20 ไมโครลิตรต่อลิตร มีค่าการนำไฟฟ้าต่ำและไม่แตกต่างกันในทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 4.66, 4.76, 4.81, 4.71 และ 5.25 $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ ตามลำดับ ส่วนเม็ดพื้นธัญที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 40 ไมโครลิตรต่อลิตร มีค่าการนำไฟฟ้าสูง โดยมีค่าเท่ากับ 5.89 $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ และแตกต่างกันในทางสถิติกับเม็ดพื้นธัญที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 0 ไมโครลิตรต่อลิตร (กรรมวิธีควบคุม) และเมื่อระยะเวลาผ่านไป 60, 90 และ 120 นาที เม็ดพื้นธัญทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มของค่าการนำไฟฟ้าสูงขึ้น โดยที่ระยะเวลา 120 นาที เห็นได้ชัดเจนว่าเม็ดพื้นธัญที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 0 (กรรมวิธี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุม), 3, 6, 10 และ 20 ไมโครลิตรต่อลิตร มีค่าการนำไฟฟ้าต่ำและใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเท่ากับ 9.26, 9.05, 9.35, 8.97 และ 9.28 $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ ตามลำดับ ส่วนเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 40 ไมโครลิตรต่อลิตร มีค่าการนำไฟฟ้าสูง โดยมีค่าเท่ากับ 10.01 $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ และแตกต่างกันในทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 0 ไมโครลิตรต่อลิตร (กรรมวิธีควบคุม)



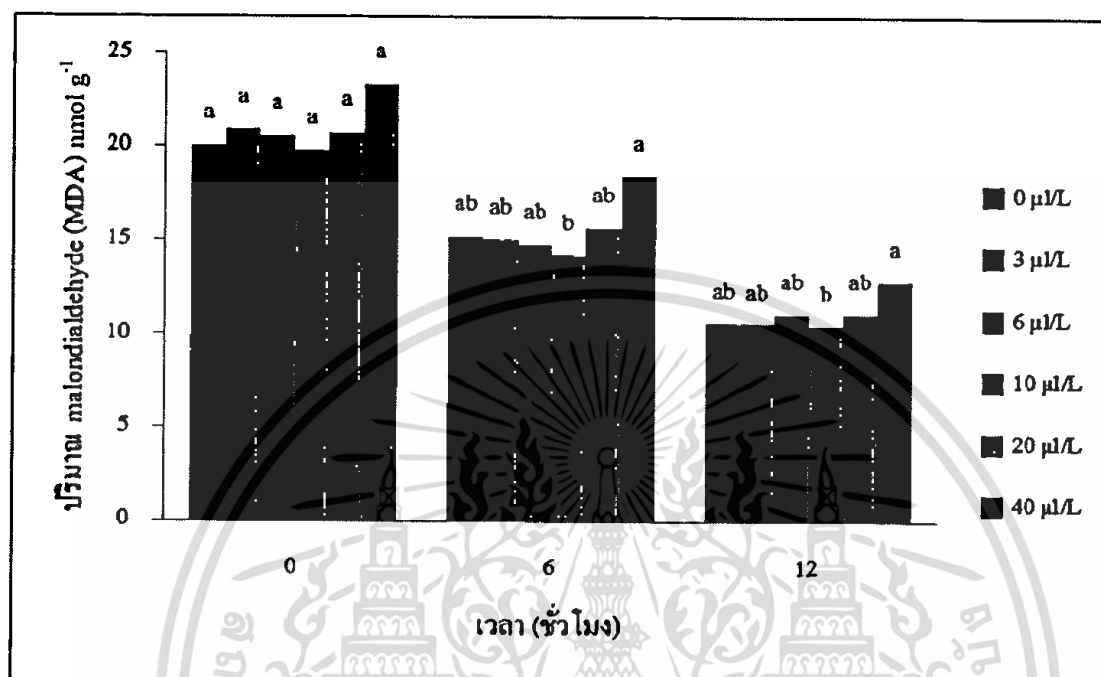
ภาพที่ 4.12 ผลของการรมเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 ด้วยน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ต่อค่าการนำไฟฟ้าของสารที่รั่วไหลออกจากเมล็ด ที่เวลา 30, 60, 90 และ 120 นาที ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในนาที (30, 60, 90 และ 120 นาที) เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Tukey's Studentized Range Test ($p=0.05$)

ปริมาณสาร malondialdehyde (MDA) ภายในเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองระหว่างการงอก

จากการทดลองผลของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ โดยการรมเมล็ดพันธุ์ ที่ระดับความเข้มข้น 3, 6, 10, 20 และ 40 ไมโครลิตรต่อลิตร และที่ระดับความเข้มข้น 0 ไมโครลิตรต่อลิตร เป็นกรรมวิธีควบคุม นำเมล็ดพันธุ์ไปเพาะเพื่อตรวจสอบปริมาณสาร MDA หลังการเพาะเมล็ดพันธุ์ เป็นระยะเวลา 0, 6 และ 12 ชั่วโมง (ภาพที่ 4.13) พบว่าเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 0 (กรรมวิธีควบคุม), 3, 6, 10, 20 และ 40 ไมโครลิตรต่อลิตร ที่เวลา 0 ชั่วโมง หลังการเพาะเมล็ดพันธุ์ มีปริมาณสาร MDA ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ และเมล็ดพันธุ์ที่เพาะเป็นเวลา 6 และ 12 ชั่วโมง พบว่าเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในทุกกรรมวิธี ที่เวลา 6 ชั่วโมง มีปริมาณสาร MDA ลดลง และที่เวลา 12 ชั่วโมง หลังการเพาะเมล็ดพันธุ์ปริมาณสาร MDA ยังคงลดลงอย่างต่อเนื่อง และเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับปริมาณสาร MDA ที่เวลา 6 ชั่วโมง หลังการเพาะเมล็ดพันธุ์ โดยเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 10 ไมโครลิตรต่อลิตร ที่เวลา 12 ชั่วโมง หลังการเพาะเมล็ดพันธุ์ พบปริมาณสาร MDA ต่ำที่สุด มีค่าเท่ากับ 10.43 nmol g^{-1} และใกล้เคียงกับเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 0 (กรรมวิธีควบคุม), 3, 6 และ 20 ไมโครลิตรต่อลิตร โดยมีค่าเท่ากับ 10.56, 10.55, 11.08 และ 11.12 nmol g^{-1} ตามลำดับ ในขณะที่เมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 40 ไมโครลิตรต่อลิตร มีปริมาณสาร MDA สูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 12.86 nmol g⁻¹ และแตกต่างกันในทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 10 ไมโครลิตรต่อลิตร



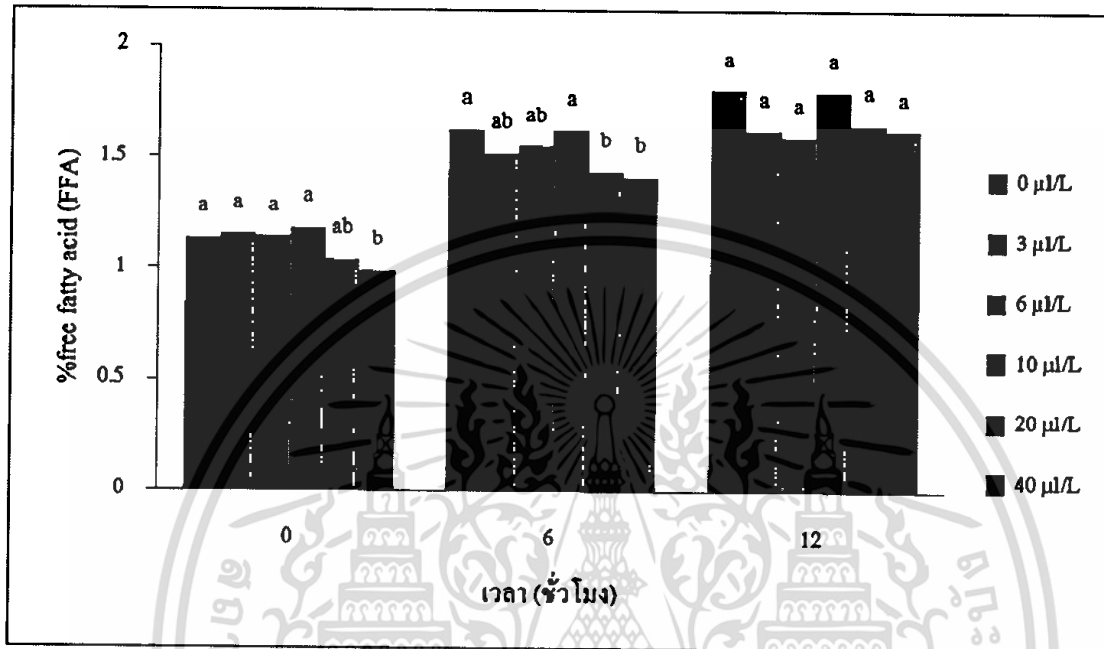
ภาพที่ 4.13 ผลของการรมเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 ด้วยน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ต่อปริมาณสาร malondialdehyde ที่เวลา 0, 6 และ 12 ชั่วโมง หลังการเพาะเมล็ดพันธุ์ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในชั่วโมง (0, 6 และ 12 ชั่วโมง) เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Tukey's Studentized Range Test ($p=0.05$)

กิจกรรมเอนไซม์ไลเปสของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองระหว่างการงอก

จากการทดลองผลของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ ที่ระดับความเข้มข้น 3, 6, 10, 20 และ 40 ไมโครลิตรต่อลิตร และที่ระดับความเข้มข้น 0 ไมโครลิตรต่อลิตร เป็นกรรมวิธีควบคุม เพื่อตรวจสอบกิจกรรมเอนไซม์ไลเปสจากการทำปฏิกิริยากับสารตั้งต้น (น้ำมันมะพร้าว) ได้กรดไขมันอิสระ (free fatty acid, FFA) หลังการเพาะเมล็ดพันธุ์ เป็นระยะเวลา 0, 6 และ 12 ชั่วโมง (ภาพที่ 4.14) พบว่าเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 0 (กรรมวิธีควบคุม), 3, 6, 10 และ 20 ไมโครลิตรต่อลิตร ที่เวลา 0 ชั่วโมง หลังการเพาะเมล็ดพันธุ์ มีปริมาณกรดไขมันอิสระใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเท่ากับ 1.13, 1.15, 1.14, 1.18 และ 1.04 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 40 ไมโครลิตรต่อลิตร มีเปอร์เซ็นต์กรดไขมันอิสระต่ำที่สุด เท่ากับ 0.98 เปอร์เซ็นต์ และแตกต่างกันในทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 0 ไมโครลิตรต่อลิตร (กรรมวิธีควบคุม) และเมล็ดพันธุ์ที่เพาะเป็นเวลา 6 และ 12 ชั่วโมง พบว่าเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในทุกกรรมวิธี ที่เวลา 6 ชั่วโมง มีปริมาณกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้น และที่เวลา 12 ชั่วโมง หลังการเพาะเมล็ดพันธุ์ปริมาณกรดไขมันอิสระยังคงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับปริมาณกรดไขมันอิสระ ที่เวลา 6 ชั่วโมง หลังการเพาะเมล็ดพันธุ์ โดยเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 0 (กรรมวิธีควบคุม), 3, 6, 10, 20 และ 40 ไมโครลิตรต่อลิตร ที่เวลา 12 ชั่วโมง หลังการเพาะเมล็ดพันธุ์ พบว่ามีปริมาณกรดไขมันอิสระใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกันในทางสถิติ



ภาพที่ 4.14 ผลของการรมเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 ด้วยน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ต่อกิจกรรมเอนไซม์ไลเปส ที่เวลา 0, 6 และ 12 ชั่วโมง หลังการเพาะเมล็ดพันธุ์ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในชั่วโมง (0, 6 และ 12 ชั่วโมง) เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Tukey's Studentized Range Test ($p=0.05$)

4.4 การทดลองที่ 4 ศึกษาผลของการรมเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 ด้วยน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ และนำไปผ่านการเร่งอายุ ต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์

การงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

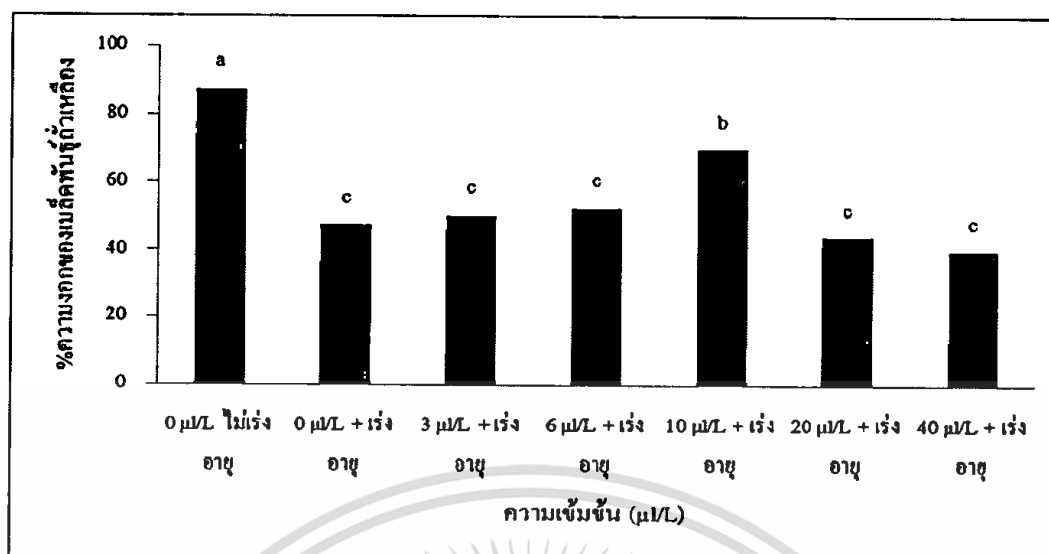
จากการทดลองผลของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ โดยการรมเมล็ดพันธุ์ ที่ระดับความเข้มข้น 0, 3, 6, 10, 20 และ 40 ไมโครลิตรต่อลิตร เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำมาเร่งอายุเป็นเวลา 3 วัน ที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยที่ระดับความเข้มข้น 0 ไมโครลิตรต่อลิตร และไม่ได้ผ่านการเร่งอายุ เป็นกรรมวิธีควบคุม เพื่อศึกษาการงอกของเมล็ดพันธุ์ (ภาพที่ 4.15 และภาพที่ 4.16) พบว่าเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 0 ไมโครลิตรต่อลิตร และไม่ได้ผ่านการเร่งอายุ (กรรมวิธีควบคุม) มีอัตราการงอกสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ได้รับน้ำมันหอมระเหยทุกระดับความเข้มข้น โดยมีค่าเท่ากับ 87.50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเฉพาะกรรมวิธีที่ได้รับการรมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ แล้วนำไปเร่งอายุเป็นเวลา 3 วัน พบว่าเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้มข้น 10 ไมโครลิตรต่อลิตร มีอัตราการงอกสูงที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 70.00 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 0, 3, 6, 20 และ 40 ไมโครลิตรต่อลิตร มีอัตราการงอกใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกันในทางสถิติ โดยมีอัตราการงอกเท่ากับ 47.50, 50.50, 52.50, 44.00 และ 40.00 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามทุกกรรมวิธีที่ได้รับน้ำมันหอมระเหยทุกระดับความเข้มข้น มีอัตราการงอกต่ำกว่าเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 0 ไมโครลิตรต่อลิตร และไม่ได้ผ่านการเร่งอายุ (กรรมวิธีควบคุม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 10 ไมโครลิตรต่อลิตร สามารถลดความสูญเสียการงอกที่เกิดจากการเร่งอายุ จึงทำให้มีอัตราการงอกสูงกว่าเมล็ดที่ผ่านการเร่งอายุ แต่ไม่ได้ผ่านการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การประเมินผลการทดสอบความงอก ได้จำแนกต้นกล้าที่งอกจากเมล็ดเป็นต้นกล้าปกติ และต้นกล้าผิดปกติ (ตารางที่ 4.4) พบว่าเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 0 ไมโครลิตรต่อลิตร และไม่ได้ผ่านการเร่งอายุ (กรรมวิธีควบคุม) มีอัตราต้นกล้าปกติสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ได้รับน้ำมันหอมระเหยทุกระดับความเข้มข้น โดยมีค่าเท่ากับ 78.00 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะกรรมวิธีที่ได้รับการรมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ และนำไปเร่งอายุเป็นเวลา 3 วัน พบว่าเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 10 ไมโครลิตรต่อลิตร มีอัตราต้นกล้าปกติสูงที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 60.50 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 0, 3, 6, 20 และ 40 ไมโครลิตรต่อลิตร มีอัตราต้นกล้าปกติใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกันในทางสถิติ และยังพบว่าเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 0 ไมโครลิตรต่อลิตร และไม่ได้ผ่านการเร่งอายุ (กรรมวิธีควบคุม), 3, 6, 10, 20 และ 40 ไมโครลิตรต่อลิตร และเร่งอายุเป็นเวลา 3 วัน มีอัตราต้นกล้าผิดปกติใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเท่ากับ 9.50, 8.50, 7.50, 9.50, 7.50 และ 7.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่เมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 0 ไมโครลิตรต่อลิตร และเร่งอายุเป็นเวลา 3 วัน มีอัตราต้นกล้าผิดปกติต่ำที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 4.50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างกันในทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 0 ไมโครลิตรต่อลิตร และไม่ได้ผ่านการเร่งอายุ (กรรมวิธีควบคุม) และเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 10 ไมโครลิตรต่อลิตร และเร่งอายุเป็นเวลา 3 วัน

ในการประเมินผลเมล็ดพันธุ์ที่ไม่งอก แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ เมล็ดสดไม่งอก และเมล็ดตาย (ตารางที่ 4.3) พบว่าเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 0 ไมโครลิตรต่อลิตร และไม่ได้ผ่านการเร่งอายุ (กรรมวิธีควบคุม), 0, 3, 6, 10, 20 และ 40 ไมโครลิตรต่อลิตร และเร่งอายุเป็นเวลา 3 วัน มีอัตราเมล็ดสดไม่งอกไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ส่วนเมล็ดตาย พบว่าเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 0 ไมโครลิตรต่อลิตร และไม่ได้ผ่านการเร่งอายุ (กรรมวิธีควบคุม) มีอัตราเมล็ดตายต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ได้รับน้ำมันหอมระเหยทุกระดับความเข้มข้น โดยมีค่าเท่ากับ 12.50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะกรรมวิธีที่ได้รับการรมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ และนำไปเร่งอายุเป็นเวลา 3 วัน พบว่าเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 10 ไมโครลิตรต่อลิตร มีอัตราเมล็ดตายต่ำที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 27.00 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 0, 3, 6, 20 และ 40 ไมโครลิตรต่อลิตร มีอัตราเมล็ดตายใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกันในทางสถิติ

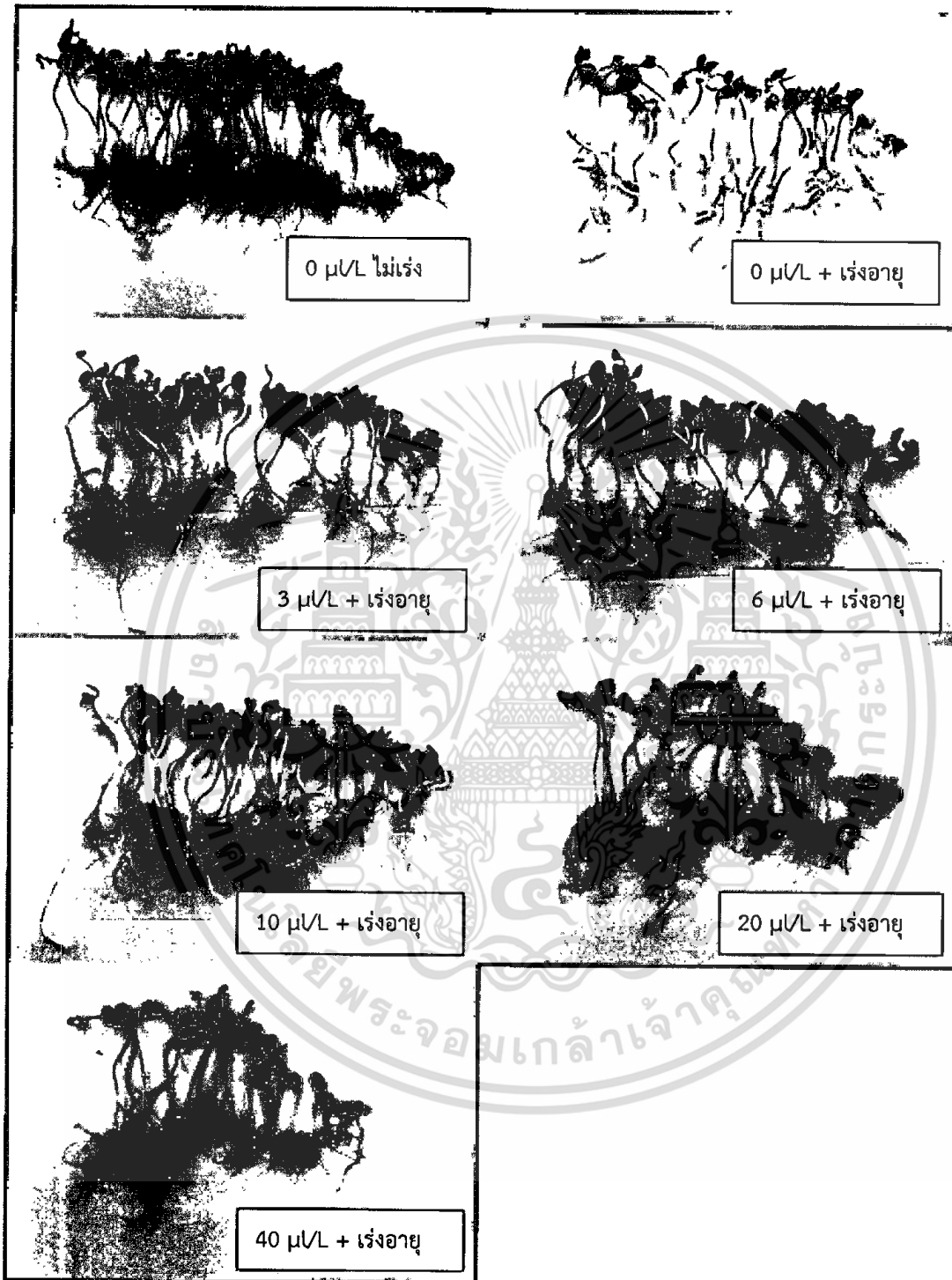


ภาพที่ 4.15 ผลของการรวมเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 ด้วยน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และนำไปเร่งอายุ เป็นระยะเวลา 3 วัน ต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Tukey's Studentized Range Test ($p=0.05$)

ตารางที่ 4.4 ผลของการรวมเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 ด้วยน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และนำไปเร่งอายุ เป็นระยะเวลา 3 วัน ต่อเปอร์เซ็นต์ต้นกล้าปกติ ต้นกล้าผิดปกติ เมล็ดสดไม่งอก และเมล็ดตาย

ความเข้มข้น (µ/L)	ต้นกล้าปกติ (%)	ต้นกล้าผิดปกติ (%)	เมล็ดสดไม่งอก (%)	เมล็ดตาย (%)
0 µ/L ไม่เร่งอายุ	78.00a ±6.32	9.50a ±1.91	0.00a ±0.00	12.50c ±4.73
0 µ/L + เร่งอายุ	42.00c ±4.32	4.50b ±2.52	1.50a ±3.00	51.00a ±5.29
3 µ/L + เร่งอายุ	42.00c ±3.27	8.50ab ±2.52	2.00a ±4.00	47.50a ±4.43
6 µ/L + เร่งอายุ	45.00c ±6.22	7.50ab ±1.00	3.00a ±3.83	44.50a ±5.26
10 µ/L + เร่งอายุ	60.50b ±9.29	9.50a ±1.91	3.00a ±3.83	27.00b ±4.16
20 µ/L + เร่งอายุ	36.50c ±2.52	7.50ab ±1.91	2.50a ±3.00	53.50a ±5.26
40 µ/L + เร่งอายุ	33.00c ±6.22	7.00ab ±1.15	3.50a ±4.12	56.50a ±5.97

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Tukey's Studentized Range Test ($p=0.05$)

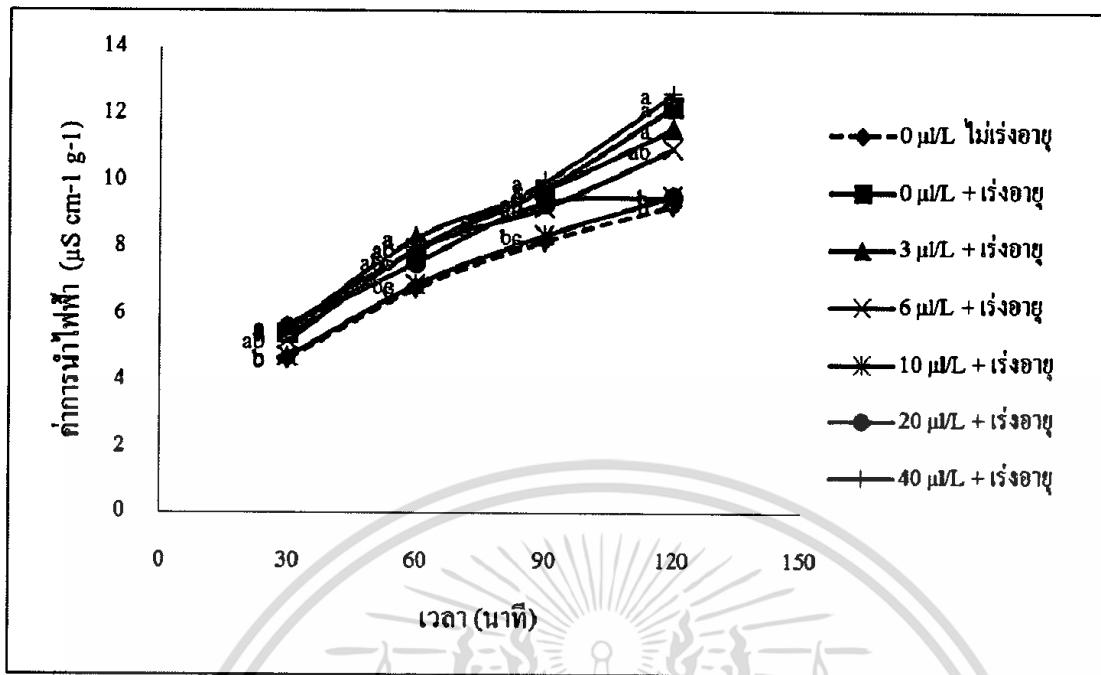


ภาพที่ 4.16 ผลของการรมเมล็ดพันธุ์ข้าวเหลืองพันธุ์ KPS292 ด้วยน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และนำไปเร่งอายุ เป็นระยะเวลา 3 วัน ต่อลักษณะต้นกล้าข้าวเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าการนำไฟฟ้าของสารที่รั่วไหลออกจากเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

จากการทดลองผลของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ โดยการรมเมล็ดพันธุ์ ที่ระดับความเข้มข้น 0, 3, 6, 10, 20 และ 40 ไมโครลิตรต่อลิตร เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำมาเร่งอายุเป็นเวลา 3 วัน ที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยที่ระดับความเข้มข้น 0 ไมโครลิตรต่อลิตร และไม่ได้ผ่านการเร่งอายุ เป็นกรรมวิธีควบคุม มาตรวจสอบค่าการนำไฟฟ้า ที่อุณหภูมิห้อง ทุก 30 นาที จนครบ 2 ชั่วโมง (ภาพที่ 4.17) พบว่าจากการวัดค่าการนำไฟฟ้าที่ 30 นาที เมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 10 ไมโครลิตรต่อลิตร และเร่งอายุเป็นเวลา 3 วัน มีค่าการนำไฟฟ้าต่ำ โดยมีค่าเท่ากับ $4.72 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ และไม่แตกต่างกันในทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 0 ไมโครลิตรต่อลิตร และไม่ได้ผ่านการเร่งอายุ (กรรมวิธีควบคุม) โดยมีค่าการนำไฟฟ้า เท่ากับ $4.66 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ ส่วนเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 0, 3, 6, 20 และ 40 ไมโครลิตรต่อลิตร และเร่งอายุเป็นเวลา 3 วัน มีค่าการนำไฟฟ้าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเท่ากับ 5.44, 5.53, 5.22, 5.59 และ $5.64 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ ตามลำดับ และแตกต่างกันในทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 0 ไมโครลิตรต่อลิตร และไม่ได้ผ่านการเร่งอายุ (กรรมวิธีควบคุม) และเมื่อระยะเวลาผ่านไป 60, 90 และ 120 นาที เมล็ดพันธุ์ทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มของค่าการนำไฟฟ้าสูงขึ้น โดยที่ระยะเวลา 120 นาที เมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 10 และ 20 ไมโครลิตรต่อลิตร และเร่งอายุเป็นเวลา 3 วัน มีค่าการนำไฟฟ้าต่ำและใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเท่ากับ 9.55 และ $9.51 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ ตามลำดับ และไม่แตกต่างกันในทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 0 ไมโครลิตรต่อลิตร และไม่ได้ผ่านการเร่งอายุ (กรรมวิธีควบคุม) โดยมีค่าการนำไฟฟ้า เท่ากับ $9.26 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ ในขณะที่เมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 0, 3, 6 และ 40 ไมโครลิตรต่อลิตร และเร่งอายุเป็นเวลา 3 วัน มีค่าการนำไฟฟ้าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเท่ากับ 12.23, 11.56, 10.97 และ $12.62 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ ตามลำดับ และแตกต่างกันในทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 0 ไมโครลิตรต่อลิตร และไม่ได้ผ่านการเร่งอายุ (กรรมวิธีควบคุม) แสดงว่าเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 10 ไมโครลิตรต่อลิตร สามารถรักษาคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ โดยลดการรั่วไหลของสารที่มีประจุที่เกิดจากการเร่งอายุ จึงทำให้มีค่าการนำไฟฟ้าต่ำกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุ แต่ไม่ได้ผ่านการรมด้วยน้ำมันหอมระเหย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และไม่แตกต่างกันในทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้ผ่านการเร่งอายุ



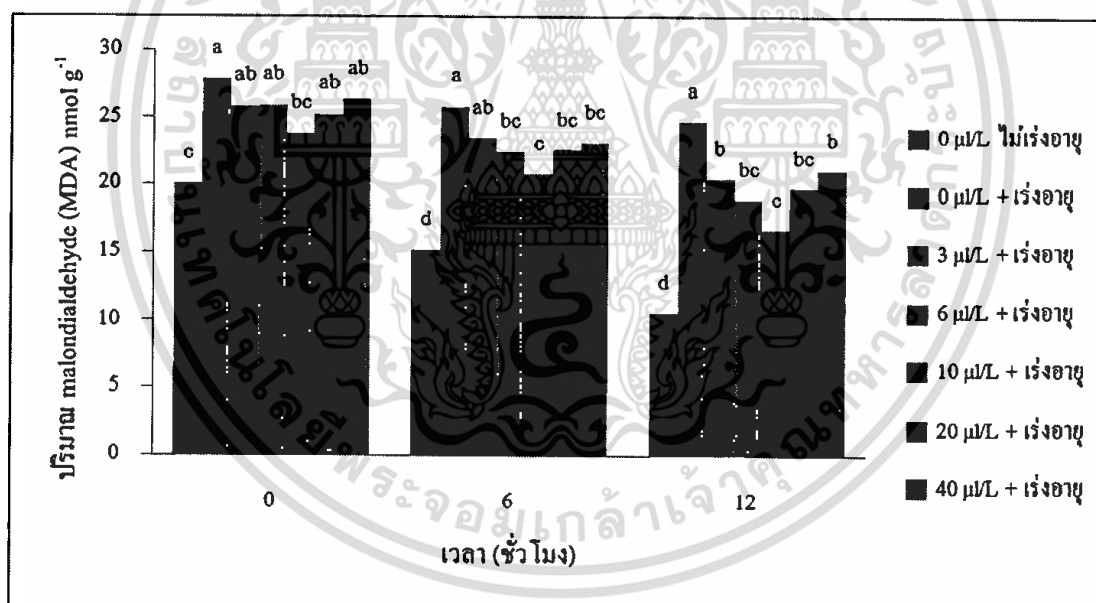
ภาพที่ 4.17 ผลของการรวมเม็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 ด้วยน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และนำไปเร่งอายุ เป็นระยะเวลา 3 วัน ต่อค่าการนำไฟฟ้าของสารที่รั่วไหลออกจากเม็ดที่เวลา 30, 60, 90 และ 120 นาที ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในาที (30, 60, 90 และ 120 นาที) เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Tukey's Studentized Range Test ($p=0.05$)

ปริมาณสาร malondialdehyde (MDA) ภายในเม็ดพันธุ์ถั่วเหลืองระหว่างการงอก

จากการทดลองผลของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ โดยการรวมเม็ดพันธุ์ ที่ระดับความเข้มข้น 0, 3, 6, 10, 20 และ 40 ไมโครลิตรต่อลิตร เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำมาเร่งอายุเป็นเวลา 3 วัน ที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยที่ระดับความเข้มข้น 0 ไมโครลิตรต่อลิตร และไม่ได้ผ่านการเร่งอายุ เป็นกรรมวิธีควบคุม นำเม็ดพันธุ์ไปเพาะเพื่อตรวจสอบปริมาณสาร MDA หลังการเพาะเม็ดพันธุ์ เป็นระยะเวลา 0, 6 และ 12 ชั่วโมง (ภาพที่ 4.18) พบว่าเม็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 0 ไมโครลิตรต่อลิตร และไม่ได้ผ่านการเร่งอายุ (กรรมวิธีควบคุม) ที่เวลา 0 ชั่วโมง หลังการเพาะเม็ดพันธุ์ มีปริมาณสาร MDA ต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ได้รับน้ำมันหอมระเหยทุกระดับความเข้มข้น โดยมีค่าเท่ากับ $20.08 \text{ nmol g}^{-1}$ เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะกรรมวิธีที่ได้รับการรมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ และนำไปเร่งอายุเป็นเวลา 3 วัน พบว่าเม็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 10 ไมโครลิตรต่อลิตร มีปริมาณสาร MDA ต่ำที่สุด เท่ากับ $23.85 \text{ nmol g}^{-1}$ ส่วนเม็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 3, 6, 20 และ 40 ไมโครลิตรต่อลิตร มีปริมาณสาร MDA ใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกันในทางสถิติ 25.84, 25.89, 25.27 และ $26.38 \text{ nmol g}^{-1}$ ตามลำดับ และเม็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 0 ไมโครลิตรต่อลิตร มีปริมาณสาร MDA สูงที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ $27.87 \text{ nmol g}^{-1}$ และเม็ดพันธุ์ที่เพาะเป็นเวลา 6 และ 12 ชั่วโมง พบว่าเม็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในทุกกรรมวิธี ที่เวลา 6 ชั่วโมง มีปริมาณสาร MDA ลดลง และที่เวลา 12 ชั่วโมง หลังการเพาะเม็ดพันธุ์ปริมาณสาร MDA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

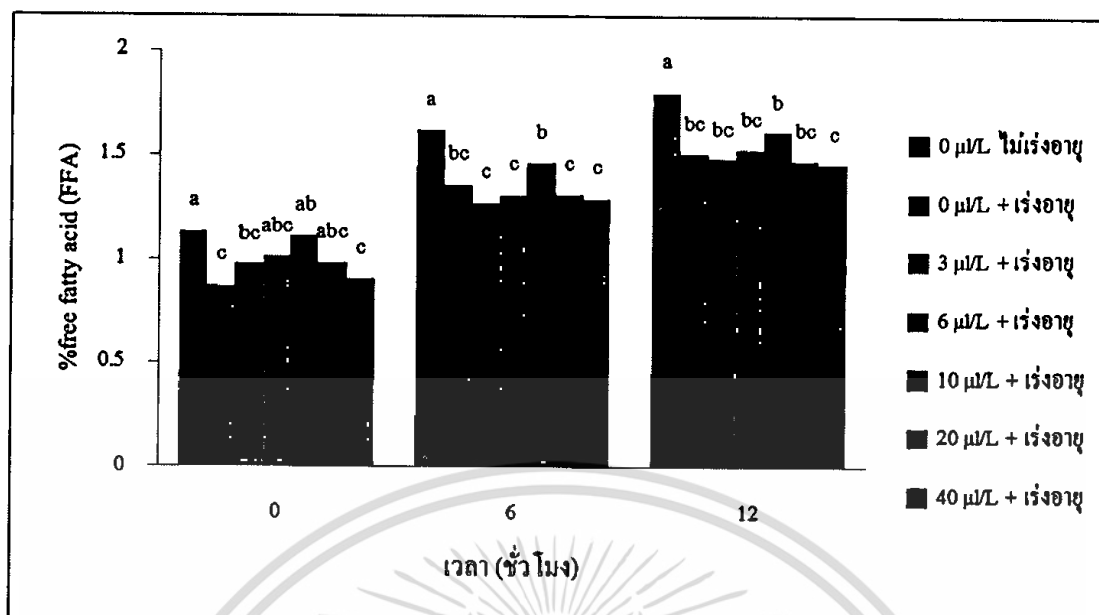
ยังคงลดลงอย่างต่อเนื่อง และเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับปริมาณสาร MDA ที่เวลา 6 ชั่วโมง หลังการเพาะเมล็ดพันธุ์ โดยเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 0 ไมโครลิตรต่อลิตร และไม่ได้ผ่านการเร่งอายุ (กรรมวิธีควบคุม) ที่เวลา 12 ชั่วโมง หลังการเพาะเมล็ดพันธุ์ มีปริมาณสาร MDA ต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ได้รับน้ำมันหอมระเหยทุกระดับความเข้มข้น โดยมีค่าเท่ากับ $10.56 \text{ nmol g}^{-1}$ เมื่อเปรียบเทียบกับเฉพาะกรรมวิธีที่ได้รับการรมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ และนำไปเร่งอายุเป็นเวลา 3 วัน พบว่าเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 10 ไมโครลิตรต่อลิตร มีปริมาณสารต่ำที่สุด MDA เท่ากับ $16.72 \text{ nmol g}^{-1}$ ส่วนเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 3, 6, 20 และ 40 ไมโครลิตรต่อลิตร มีปริมาณสาร MDA ใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเท่ากับ 20.50, 18.92, 19.76 และ $21.05 \text{ nmol g}^{-1}$ ตามลำดับ ส่วนเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 0 ไมโครลิตรต่อลิตร มีปริมาณสาร MDA สูงที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ $24.74 \text{ nmol g}^{-1}$ อย่างไรก็ตามทุกกรรมวิธีที่ได้รับน้ำมันหอมระเหยทุกระดับความเข้มข้น มีปริมาณสาร MDA สูงกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้ผ่านการเร่งอายุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 10 ไมโครลิตรต่อลิตร จะลดการเพิ่มขึ้นของปริมาณ MDA ที่เกิดจากการเร่งอายุจึงทำให้มีปริมาณ MDA ต่ำกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุ แต่ไม่ได้ผ่านการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



ภาพที่ 4.18 ผลของการรมเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 ด้วยน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และนำไปเร่งอายุ เป็นระยะเวลา 3 วัน ต่อปริมาณสาร malondialdehyde ที่เวลา 0, 6 และ 12 ชั่วโมง หลังการเพาะเมล็ดพันธุ์ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในชั่วโมง (0, 6 และ 12 ชั่วโมง) เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Tukey's Studentized Range Test ($p=0.05$)

กิจกรรมเอนไซม์ไลเปสของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองระหว่างการงอก

จากการทดลองผลของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ โดยการรมเมล็ดพันธุ์ ที่ระดับความเข้มข้น 0, 3, 6, 10, 20 และ 40 ไมโครลิตรต่อลิตร เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำมาเร่งอายุเป็นเวลา 3 วัน ที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยที่ระดับความเข้มข้น 0 ไมโครลิตรต่อลิตร และไม่ได้ผ่านการเร่งอายุ เป็นกรรมวิธีควบคุม เพื่อตรวจสอบกิจกรรมเอนไซม์ไลเปสจากการทำปฏิกิริยากับสารตั้งต้น (น้ำมันมะพร้าว) ได้กรดไขมันอิสระ (free fatty acid, FFA) หลังการเพาะเมล็ดพันธุ์ เป็นระยะเวลา 0, 6 และ 12 ชั่วโมง (ภาพที่ 4.19) พบว่าเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 0 ไมโครลิตรต่อลิตร และไม่ได้ผ่านการเร่งอายุ (กรรมวิธีควบคุม) ที่เวลา 0 ชั่วโมง หลังการเพาะเมล็ดพันธุ์ มีปริมาณกรดไขมันอิสระสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ได้รับน้ำมันหอมระเหยทุกระดับความเข้มข้น โดยมีค่าเท่ากับ 1.14 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับเฉพาะกรรมวิธีที่ได้รับการรมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ และนำไปเร่งอายุเป็นเวลา 3 วัน พบว่าเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 10 ไมโครลิตรต่อลิตร มีปริมาณกรดไขมันอิสระ เท่ากับ 1.12 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 3, 6 และ 20 ไมโครลิตรต่อลิตร มีปริมาณกรดไขมันอิสระใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเท่ากับ 0.98, 1.01 และ 0.99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 40 ไมโครลิตรต่อลิตร พบปริมาณกรดไขมันอิสระต่ำที่สุดและใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเท่ากับ 0.87 และ 0.91 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมล็ดพันธุ์ที่เพาะเป็นเวลา 6 และ 12 ชั่วโมง พบว่าเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในทุกกรรมวิธี ที่เวลา 6 ชั่วโมง มีปริมาณกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้น และที่เวลา 12 ชั่วโมง หลังการเพาะเมล็ดพันธุ์ ปริมาณกรดไขมันอิสระยังคงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับปริมาณกรดไขมันอิสระ ที่เวลา 6 ชั่วโมง หลังการเพาะเมล็ดพันธุ์โดยเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 0 ไมโครลิตรต่อลิตร และไม่ได้ผ่านการเร่งอายุ (กรรมวิธีควบคุม) ที่เวลา 12 ชั่วโมง หลังการเพาะเมล็ดพันธุ์ พบปริมาณกรดไขมันอิสระสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ได้รับน้ำมันหอมระเหยทุกระดับความเข้มข้น โดยมีค่าเท่ากับ 1.80 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเปรียบเทียบกับเฉพาะกรรมวิธีที่ได้รับการรมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ และนำไปเร่งอายุเป็นเวลา 3 วัน พบว่าเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 10 ไมโครลิตรต่อลิตร มีปริมาณกรดไขมันอิสระสูงที่สุด เท่ากับ 1.62 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 0, 3, 6, 20 และ 40 ไมโครลิตรต่อลิตร มีปริมาณกรดไขมันอิสระใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามทุกกรรมวิธีที่ได้รับน้ำมันหอมระเหยทุกระดับความเข้มข้น มีปริมาณกรดไขมันอิสระต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 10 ไมโครลิตรต่อลิตร สามารถชะลอการลดลงของกิจกรรมเอนไซม์ไลเปสที่เกิดจากการเร่งอายุ จึงทำให้มีกิจกรรมเอนไซม์ไลเปสสูงกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุ แต่ไม่ได้ผ่านการรมด้วยน้ำมันหอมระเหย



ภาพที่ 4.19 ผลของการรวมเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 ด้วยน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และนำไปเร่งอายุ เป็นระยะเวลา 3 วัน ต่อกิจกรรมเอนไซม์ไลเปส ที่เวลา 0, 6 และ 12 ชั่วโมง หลังการเพาะเมล็ดพันธุ์ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในชั่วโมง (0, 6 และ 12 ชั่วโมง) เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Tukey's Studentized Range Test ($p=0.05$)

วิจารณ์

5.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่

5.1.1 การทดลองที่ 1.1 การทดสอบความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ด้วยวิธีการกำจัดอนุมูล DPPH ของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่

จากการศึกษาความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ด้วยวิธีการวัดความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH (scavenging activity on DPPH radical) ซึ่งอนุมูล DPPH เป็นอนุมูลไนโตรเจนที่คงตัว มีสีม่วงอยู่ในรูปอนุมูลอยู่แล้วโดยไม่ต้องทำปฏิกิริยาเพื่อให้เกิดอนุมูล (โอภา วัชรคุปต์ และคณะ. 2549) อนุมูล DPPH เมื่ออยู่ในสารละลายจะมีสีม่วงและเมื่อมีสารต้านอนุมูลอิสระให้หรือรับอิเล็กตรอนแก่อนุมูล DPPH จะได้เป็นสาร diphenyl picrylhydrazyl (DPPH:H) ที่ไม่เป็นอนุมูลอิสระอีกต่อไป สีที่เกิดขึ้นมีสีเหลืองนวล การวัดความสามารถของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ในการยับยั้งอนุมูล DPPH ที่เกิดขึ้น พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ มีความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 92,856.82 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Manjamalai and Grace (2012) พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากเบญจมาศ (*Wedelia chinensis* (Osbeck)) มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง DPPH radical scavenging เท่ากับ 48 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ในขณะที่วิตามินซีเป็นสารละลายมาตรฐานมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเท่ากับ 62 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

5.1.2 การทดลองที่ 1.2 การทดสอบความสามารถในการแย่งจับกับโลหะไอออน Fe^{2+} (Metal chelating activity) ของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่

เนื่องจากโลหะไอออนเป็นตัวการสำคัญในการเร่งปฏิกิริยา ทำให้เกิดสารอนุมูลอิสระต่างๆ มากมายหลายชนิด โดยเฉพาะโลหะไอออน Fe^{2+} จะทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับออกซิเจนในอากาศ เกิดเป็นสารอนุมูล superoxide anion radical ($O_2^{\cdot-}$) ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระตัวเริ่มต้นที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระตัวอื่นๆ ต่อไป การศึกษาความสามารถในการแย่งจับกับโลหะไอออน Fe^{2+} ของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ มีความสามารถในการแย่งจับกับโลหะไอออน Fe^{2+} โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 989.13 มิลลิกรัมต่อลิตร แสดงว่าน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่มีกลไกการต้านอนุมูลอิสระ โดยอาจลดการเกิดปฏิกิริยา lipid peroxidation และลดการเกิดอนุมูลอิสระ เนื่องจากธาตุเหล็กที่อยู่ในรูปเฟอร์รัส (Fe^{2+}) ซึ่งเป็นตัวการสำคัญในการเร่งปฏิกิริยา lipid peroxidation การทดสอบความสามารถในการคีเลตไอออนของโลหะ หรือการทดสอบความสามารถของสารในการแย่งจับกับโลหะไอออน Fe^{2+} ทำให้ปริมาณอนุมูลอิสระอยู่ในสมดุล ซึ่งเป็นอีกกลไกหนึ่งในการต้านอนุมูลอิสระโดยที่สารต้านอนุมูลอิสระจะจับกับ Fe^{2+} ทำให้ลดการเกิดอนุมูลอิสระ (Rice-Evans *et al.*, 1995) เช่นเดียวกับ Zhang *et al.* (2006) ประเมินความสามารถในการแย่งจับกับโลหะไอออนของน้ำมันหอมระเหยจากผักชีฝรั่ง (*Petroselinum crispum*) พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากผักชีฝรั่งมีความสามารถในการแย่งจับกับโลหะไอออน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.3 การทดลองที่ 1.3 การทดสอบความสามารถในการรีดิวซ์ (Reducing power activity) ของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่

การทดสอบความสามารถในการรีดิวซ์ ซึ่งเป็นกลไกหนึ่งในการต้านออกซิเดชัน เป็นการ ทดสอบความสามารถในการส่งผ่านอิเล็กตรอนไปรีดิวซ์สารประกอบเชิงซ้อนของเหล็ก Fe^{3+} เป็น Fe^{2+} เนื่องจาก Fe^{3+} มีความสามารถในการดึงอิเล็กตรอนจากสารอื่นๆ ได้ดี ไอออนอิสระของเหล็กสามารถเป็นตัวเร่งการเกิด reactive oxygen species (ROS) ซึ่งจะส่งผลให้เกิดเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ของอนุมูลอิสระได้ เพื่อทำให้อนุมูลอิสระเปลี่ยนเป็นอนุมูลที่เสถียร จากการศึกษาความสามารถในการรีดิวซ์ของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่มีความสามารถในการรีดิวซ์ โดยมีค่า EC_{50} เท่ากับ 157,632.53 มิลลิกรัมต่อลิตร แสดงว่าน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่มีคุณสมบัติเป็นตัวให้อิเล็กตรอนสามารถทำให้อนุมูลอิสระเปลี่ยนเป็นอนุมูลที่เสถียรจึงส่งผลให้หยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ของอนุมูลอิสระได้ โดยศึกษากลไกการยับยั้งการทำงานของอนุมูลอิสระ ที่ดูจากการลด oxidation state ของโลหะ $Fe^{3+}(CN)_6$ ถูกรีดิวซ์ไปเป็น $Fe^{2+}(CN)_6$ (Dehpour *et al.*, 2009) เช่นเดียวกับ Gursoy *et al.* (2012) ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยจาก *Salvia palaestina* และ *S. ceratophylla* (L.) โดยวิธี reducing power activity พบว่าน้ำมันหอมระเหยจาก *S. palaestina* ที่ระดับความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 0.362 เปอร์เซ็นต์

5.1.4 การทดลองที่ 1.4 การทดสอบความสามารถในการต้านการเกิดปฏิกิริยา Lipid-peroxidation ของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่

วิธีนี้เป็นวิธีการวัดความสามารถในการยับยั้ง lipid peroxidation ของสารทดสอบ โดยใช้ไข่แดง ซึ่งเป็นแหล่งของไขมันทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ปฏิกิริยา lipid peroxidation เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันแบบลูกโซ่ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว อนุมูลอิสระเพียง 1 อนุมูลสามารถทำให้เกิดลิปิดเปอร์ออกไซด์ เป็นจำนวนหลายร้อยโมเลกุลก่อนที่จะสิ้นสุดปฏิกิริยา เนื่องจากปฏิกิริยา lipid peroxidation สามารถเกิดได้ง่ายกับเยื่อหุ้มเซลล์ ที่ประกอบด้วยลิปิด 2 ชั้น การเกิดลิปิดออกซิเดชันกับลิปิดในเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์มีคุณสมบัติที่เปลี่ยนไป ยังส่งผลกระทบต่อเอนไซม์ที่ฝังตัวอยู่ในเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้เอนไซม์มีการทำงานเสียไป (Rice-Evans *et al.*, 1995) ปฏิกิริยา lipid peroxidation ทำให้เกิดสาร malondialdehyde (MDA) ซึ่งเป็นสารประกอบทางอินทรีย์พวก aldehyde จับกับ TBA แล้วได้สีชมพู เรียกว่า TBARS (thiobarbituric acid reactive substances) ดังนั้นน้ำมันหอมระเหยที่มีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระจะต้องมีความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยา lipid peroxidation ได้ดี แล้วทำให้เกิด MDA น้อย จึงทำให้สีจางลง (ประภัสสร วีระพันธ์ และวัชรีย์ คุณกิตติ. 2554) จากการศึกษาความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยา lipid peroxidation ของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่มีความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยา lipid-peroxidation โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 4,466.74 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Satthanakul and Khunkiti (2011) พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูที่ระดับความเข้มข้น 100, 500 และ 1,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร มีค่าร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระ เท่ากับ 64.7, 67.2 และ 81.2 ตามลำดับ แสดงว่าน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูมีความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ จากการศึกษาฤทธิ์ของความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีนี้มีข้อจำกัดบางประการคือ TBA จับกับ MDA อย่างไม่จำเพาะเจาะจง กล่าวคือ ถ้าหากในระบบดังกล่าวเกิดสารบางอย่าง เช่น น้ำตาล TBA ก็จะสามารถเกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สีกับสารดังกล่าวแล้วทำให้เกิดสีชมพูได้เช่นเดียวกัน ดังนั้นการที่น้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ มีค่าการยับยั้งลดลงเมื่อความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยสูงขึ้น อาจเกิดจากมีสารบางอย่างในระบบเกิดขึ้นซึ่งสามารถรวมตัวกันแล้วจับกับ TBA แล้วทำให้เกิดสีชมพูขึ้นได้ (ประภัสสร และวัชร, 2554)

จากการตรวจสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ โดยการวิเคราะห์เชิงปริมาณ ด้วยวิธีต่างๆ พบว่าน้ำมันหอมระเหยมีความสามารถในการแย่งจับกับโลหะไอออน Fe^{2+} สูงที่สุดรองลงมาคือ ความสามารถในการต้านการเกิดปฏิกิริยา lipid peroxidation ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ด้วยวิธีการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์ ตามลำดับ

5.1.5 การทดลองที่ 1.5 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ พบว่า menthol มากที่สุด รองลงมาคือ menthone, neomenthol และ menthyl acetate ตามลำดับ สอดคล้องกับผลการทดลองของ รูปนีย์ (2550) เมื่อนำมาสกัดน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่โดยวิธีกลั่นด้วยน้ำ ซึ่งประกอบด้วย สารเมนทอล (menthol), ลิโมนีน (limonene), เมนโทน (menthone), ไอโซเมนโทน (isomenthone) และ 1, 8-ซินีออล (1, 8-cineole) และการทดลองของ Mahboubi and Kazenpour (2014) วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ พบว่า menthol, menthone และ menthyl acetate เป็นองค์ประกอบหลัก

5.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 ภายหลังจากเร่งอายุ

วิธีเร่งอายุเมล็ดพันธุ์เป็นวิธีการตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ที่ได้รับความนิยมมากที่สุด เนื่องจากเป็นวิธีที่ไม่ซับซ้อน ประหยัด ไม่ต้องการความชำนาญพิเศษ ซึ่งมีความสัมพันธ์สูงกับความงอกในแปลงปลูก และอายุการเก็บรักษา (AOSA, 1983) อุณหภูมิ และระยะเวลาเร่งอายุจะเป็นไปตามชนิดเมล็ดพันธุ์ที่มีอัตราการเสื่อมคุณภาพตามธรรมชาติ เมล็ดพืชชนิดที่เสื่อมคุณภาพช้า เช่น เมล็ดธัญพืชจะต้องใช้อุณหภูมิสูงและระยะเวลาเร่งอายุนานกว่าชนิดที่เสื่อมคุณภาพเร็ว เช่น ถั่วเหลือง (AOSA, 1983; ISTA, 1995) ในคู่มือของ ISTA (1995) แนะนำให้เร่งอายุเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง จากการศึกษาคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 ที่ผ่านการเร่งอายุ โดยการตรวจสอบอัตราการงอก ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณสาร malondialdehyde (MDA) และกิจกรรมเอนไซม์ไลเปส พบว่าเมล็ดที่มีการเสื่อมคุณภาพจะมีอัตราการงอกต่ำ มีค่าการนำไฟฟ้าสูง มีปริมาณสาร MDA สูง และมีกิจกรรมเอนไซม์ไลเปสต่ำ เนื่องจากเกิดการสูญเสียสภาพของเมมเบรนทำให้เกิดการรั่วไหลของสารละลายออกจากเซลล์มากขึ้น (McDonald, 1999; AOSA, 1985) การเสื่อมสภาพของเยื่อหุ้มเมมเบรนเกิดขึ้น เนื่องจากการเร่งอายุทำให้เกิด ขบวนการหายใจ และการทำงานของเอนไซม์เพิ่มขึ้น มีการปล่อย CO_2 เพิ่มขึ้นในขณะที่การดูด O_2 ลดลง ทำให้เกิดความไม่สมดุลกันระหว่าง glycolysis และ Krebs cycle ซึ่งอาจนำไปสู่การสะสมของ pyruvate เพิ่มสูงขึ้นใน cytoplasm แทนที่จะเคลื่อนเข้าไปใน mitochondria ทำให้ Krebs cycle ไม่เกิดขึ้นหรือเกิดขึ้นในสภาพที่มีประสิทธิภาพต่ำ จึงทำให้ pyruvate ที่สะสมเพิ่มขึ้นเปลี่ยนไปเป็น ethanol และ aldehyde และนอกจากนี้อนุมูลอิสระไปชักนำให้เกิดปฏิกิริยา lipid peroxidation อาจทำให้เกิด secondary products

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่น aldehyde และ phenolic เป็นต้น สารประกอบเหล่านี้เมื่อมีการสะสมมากขึ้นทำให้เมมเบรนเสื่อมสภาพ โครงสร้างเอนไซม์เสียหายจนไม่สามารถทำงานได้ และอาจไปยับยั้งการงอกไม่ให้เกิดขึ้น (Taiz and Zeiger, 2006) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Roberts *et al.* (1980) ได้ศึกษาการเกิด lipid peroxidation ที่เกี่ยวข้องกับการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส พบว่าเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่เร่งอายุด้วยความชื้นสูงมีเปอร์เซ็นต์การงอก ลดลงตามระยะเวลาที่ผ่านการเร่งอายุ ส่วนเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของประจุ และปริมาณสาร MDA เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ผ่านการเร่งอายุ ขณะที่เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่เร่งอายุด้วยความชื้นต่ำ มีเปอร์เซ็นต์การงอก สูงและคงที่ตามระยะเวลาที่ผ่านการเร่งอายุ ส่วนการรั่วไหลของประจุ มีการรั่วไหลของประจุต่ำและคงที่ตามระยะเวลาที่ผ่านการเร่งอายุ และปริมาณสาร MDA พบว่าในช่วงระยะเวลาแรกมีปริมาณสาร MDA ต่ำ แล้วค่อยเพิ่มสูงขึ้นในช่วงระยะเวลาหลัง

5.3 การทดลองที่ 3 ศึกษาผลของการรมเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 ด้วยน้ำมันหอมระเหยจาก สะระแหน่ ต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์

จากการศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ต่อเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 โดย การตรวจสอบอัตราการงอก ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณสาร malondialdehyde (MDA) และกิจกรรมเอนไซม์ไลเปส พบว่าเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้นสูงชันมีผลยับยั้งการงอกของเมล็ดพันธุ์ Abraham *et al.* (2000) ได้รายงานว่ในน้ำมันหอมระเหยจากพืชหลาย ๆ ชนิด มีสารในกลุ่ม monoterpene ที่ละลายในน้ำและในไขมัน ที่มีผลไปยับยั้งการงอกของเมล็ดพันธุ์พืช แสดงว่าในน้ำมันหอมระเหยจาก สะระแหน่มีสารในกลุ่ม monoterpene และการเกิด lipid peroxidation เป็นกระบวนการทางสรีรวิทยาที่แสดงถึงการเพิ่มขึ้นของ reactive oxygen species (ROS) ในภาวะเครียดแล้วเข้าทำลายไขมันซึ่งเป็น องค์ประกอบของเซลล์ เช่นเดียวกับสารสกัดบางชนิดที่ ROS ทำให้เกิดความเป็นพิษและส่งผลต่อพืชได้ (Reigosa *et al.*, 2006) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Jalaei *et al.* (2015) ศึกษากิจกรรมทางด้าน Allelopathic ของน้ำมันหอมระเหยจาก *Dracocephalum kotschy* Boiss. ที่มีองค์ประกอบทางเคมี คือ limonene-10-al และ limonene สูง โดยการรมเมล็ดพันธุ์พืชทดสอบ คือ *Amaranthus retroflexus* และ *Chenopodium album* ที่ปริมาตร 0, 2, 5, 20 และ 40 ไมโครลิตร พบว่าความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยเพิ่มสูงขึ้น ความสามารถในการงอกของเมล็ดพันธุ์พืชทดสอบลดลงตามไปด้วย และงานวิจัยของ Despina *et al.* (2003) ได้ศึกษาผลของ Monoterpenoids ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของเมล็ดพันธุ์ *Lactuca sativa* โดยจับคู่ผสมสาร Monoterpenoids แต่ละชนิดเข้าด้วยกัน ได้ 11 คู่ ดังนี้ (1R)-(+)- α -pinene : (1S)-(-)- β -pinene; α -terpinene : -terpinene; (R)-(C)-limonene : (S)-(-)-limonene; p-cymene : (C)-3-carene; p-cymene : carvacrol; γ -terpinene : carvacrol; isopulegyl acetate : (-)-carvyl acetate; (R)-(+)-limonene : cineol; geraniol : (1S; 2S; 5R)-(+)-neomenthol; (-)-menthone : (S)-(+)-carvone; geraniol : terpinen-4-ol ที่อัตราส่วน 1:3, 1:2, 1:1, 2:1 และ 3:1 พบว่า terpinen-4-ol มีผลยับยั้งการงอกของเมล็ดพันธุ์ *Lactuca sativa* จากการศึกษผลของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ต่อเมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พันธุ์ถั่วเหลือง โดยการตรวจสอบค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณสาร MDA และกิจกรรมเอนไซม์ไลเปส พบว่าทุกกรรมวิธีมีปริมาณสาร MDA ซึ่งบ่งบอกถึงการเสื่อมสภาพของเยื่อหุ้มเมมเบรน ใกล้เคียงกัน และสอดคล้องกับผลค่าการนำไฟฟ้า เนื่องจากทุกกรรมวิธีมีการรั่วไหลของประจุออกมาใกล้เคียงกัน ส่วนกิจกรรมเอนไซม์ไลเปส พบว่าไม่มีความแตกต่างกับกรรมวิธีควบคุม แสดงว่าสาเหตุที่เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองมีอัตราการงอกต่ำ อาจจะไม่เกี่ยวข้องกับปริมาณสาร MDA ค่าการนำไฟฟ้า และกิจกรรมเอนไซม์ไลเปส Abraham *et al.* (2000) ได้รายงานว่ามีสารในกลุ่ม monoterpene ไปรบกวนกิจกรรมการหายใจของพืช ทำให้มีอัตราการงอก และอัตราการเจริญเติบโตลดลง เนื่องจากการหายใจมีความสำคัญต่อกระบวนการเมแทบอลิซึม โดยเป็นศูนย์กลางของการผลิตพลังงานในรูปของ ATP (adenosine triphosphate) เพื่อนำไปใช้ในการทำงานของกระบวนการต่างๆ ของเมแทบอลิซึม ในระหว่างและหลังการงอก

5.4 การทดลองที่ 4 ศึกษาผลของการรมเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 ด้วยน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ และนำไปผ่านการเร่งอายุ ต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์

จากการศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ต่อเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 และผ่านการเร่งอายุเป็นเวลา 3 วัน โดยการตรวจสอบอัตราการงอก ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณสาร malondialdehyde (MDA) และกิจกรรมเอนไซม์ไลเปส พบว่าเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 10 ไมโครลิตรต่อลิตร สามารถรักษาคุณภาพเมล็ดพันธุ์ โดยมีอัตราการงอกสูง มีค่าการนำไฟฟ้าและปริมาณสาร MDA ต่ำ และมีกิจกรรมเอนไซม์ไลเปสสูง เมื่อเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ และเมื่อนำเมล็ดไปเพาะแล้วตรวจสอบปริมาณสาร MDA และกิจกรรมเอนไซม์ไลเปส หลังการเพาะเมล็ดพันธุ์ พบว่าเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่เวลา 6 ชั่วโมง มีปริมาณสาร MDA ลดลง และที่เวลา 12 ชั่วโมง หลังการเพาะเมล็ดพันธุ์ปริมาณสาร malondialdehyde ยังคงลดลงอย่างต่อเนื่อง ส่วนกิจกรรมเอนไซม์ไลเปส พบว่าเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่เวลา 6 ชั่วโมง มีกิจกรรมเอนไซม์ไลเปสเพิ่มขึ้น และที่เวลา 12 ชั่วโมง หลังการเพาะเมล็ดพันธุ์กิจกรรมเอนไซม์ไลเปสยังคงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง Mirjana *et al.* (2010) รายงานว่าพืชมีกลไกการป้องกันตัวเองจากอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้น โดยการผลิตเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระ เช่น superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), peroxidase (POD) และ glutathione peroxidase (GPx) เป็นต้น จะเห็นได้ว่าเมื่อเมล็ดเริ่มดูดน้ำกิจกรรมทางชีวเคมีจะเริ่มขึ้น เช่น ขบวนการหายใจ การสังเคราะห์โปรตีน การสังเคราะห์สารชีวเคมีที่จำเป็น และกิจกรรมเอนไซม์ SOD ที่ทำหน้าที่ขจัด O_2^- ไปเป็น H_2O_2 และ O_2 (Scandalios, 1993; Stefan and Irwin, 2007) ส่วนกิจกรรมเอนไซม์ POD จะเปลี่ยน H_2O_2 เป็นน้ำ เพื่อลดการสะสมของอนุมูลอิสระที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดความเสียหายต่อเมล็ดพันธุ์ การเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ทำให้เกิดขบวนการหายใจ และการทำงานของเอนไซม์เพิ่มขึ้น ซึ่งนำไปสู่การสะสม ethanol, aldehyde และอนุมูลอิสระ ซึ่งอนุมูลอิสระไปชักนำให้เกิดปฏิกิริยา lipid peroxidation ทำให้เยื่อหุ้มเมมเบรนเสื่อมสภาพ โครงสร้างเอนไซม์เสียหายจนไม่สามารถทำงานได้ และอาจไปยับยั้งการงอกไม่ให้เกิดขึ้น (Taiz and Zeiger, 2006) จากการตรวจสอบความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ พบว่าน้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หอมระเหยมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ อาจจะไปยับยั้งปฏิกิริยา lipid peroxidation ที่เป็นสาเหตุทำให้เยื่อหุ้มเมมเบรน และเมล็ดพันธุ์เสื่อมคุณภาพ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Bhattacharjee *et al.* (2006) ศึกษาเทคนิคสำหรับการยืดอายุการเก็บรักษาของเมล็ดถั่วเขียว และเมล็ดทานตะวัน โดยใช้ sodium dikegulac กับ น้ำมันยูคาลิปตัส โดยนำเมล็ดพืชทั้ง 2 ชนิดมาทดสอบ โดยการแช่สาร sodium dikegulac ความเข้มข้น 500 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 250 มิลลิลิตร และการรมด้วยน้ำมันยูคาลิปตัส ปริมาตร 5 มิลลิลิตร พร้อมเร่งอายุที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 99.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 0, 15 และ 30 วันหลังจากนั้นทดสอบการงอก พบว่าเมื่อระยะเวลาการเร่งอายุผ่านไปทำให้การงอกของเมล็ดพืชทั้งสองชนิดลดลง แต่ sodium dikegulac ยังคงรักษาความงอกเมล็ดพันธุ์ของพืชทั้ง 2 ชนิด ที่ผ่านการเร่งอายุได้ดีที่สุดรองลงมาคือน้ำมันยูคาลิปตัส และชุดควบคุมมีความงอกต่ำที่สุด ส่วนเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหยที่ระดับความเข้มข้น 20 และ 40 ไมโครลิตรต่อลิตร พบว่ามีอัตราการงอกต่ำ เนื่องจากอิทธิพลของการเร่งอายุร่วมกับน้ำมันหอมระเหยในระดับความเข้มข้นที่สูง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป

การศึกษาประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่

จากการศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ โดยการวิเคราะห์เชิงปริมาณ ด้วยวิธีการวัดความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ด้วยวิธีการกำจัดอนุมูล DPPH ความสามารถในการแย่งจับกับโลหะไอออน Fe^{2+} ความสามารถในการรีดิวซ์ และความสามารถในการต้านการเกิดปฏิกิริยา lipid peroxidation ของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่นั้น พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่มีความสามารถในการแย่งจับกับโลหะไอออน Fe^{2+} สูงที่สุด รองลงมาคือความสามารถในการต้านการเกิดปฏิกิริยา lipid peroxidation ความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่มีความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยอาจลดการเกิดปฏิกิริยา lipid peroxidation และลดการเกิดอนุมูลอิสระ เนื่องจากธาตุเหล็กที่อยู่ในรูปเฟอร์รัส (Fe^{2+}) ซึ่งเป็นตัวการสำคัญในการเร่งปฏิกิริยา lipid peroxidation เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ด้วยเครื่อง GC-MS พบว่า cyclohexanol, 1-menthone, cyclohexanone และ neo-menthol เป็นสารประกอบหลักที่พบในน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่

การศึกษาคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 ภายหลังการเร่งอายุ

จากการศึกษาการเร่งอายุของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 100 เปอร์เซ็นต์ แล้วตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง โดยการวัดอัตราการงอก ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณสาร malondialdehyde (MDA) และกิจกรรมเอนไซม์ไลเปส พบว่าเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองมีอัตราการงอกลดลง ค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ปริมาณสาร MDA เพิ่มขึ้น และกิจกรรมเอนไซม์ไลเปสลดลง ตามระยะเวลาการเร่งอายุที่เพิ่มขึ้น

การศึกษาผลของการรมเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 ด้วยน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ ต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์

จากการศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ต่อเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง โดยการวัดอัตราการงอก ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณสาร MDA และกิจกรรมเอนไซม์ไลเปส พบว่าการรมเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองด้วยน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ ที่ระดับความเข้มข้น 3, 6 และ 10 ไมโครลิตรต่อลิตร ไม่มีผลต่ออัตราการงอก แต่ที่ระดับความเข้มข้น 20 และ 40 ไมโครลิตรต่อลิตร มีผลทำให้อัตราการงอกลดลง มีค่าการนำไฟฟ้า และปริมาณสาร MDA สูงขึ้น ส่วนกิจกรรมเอนไซม์ไลเปส พบว่าทุกกรรมวิธีมีปริมาณกรดไขมันอิสระใกล้เคียงกัน และไม่แตกต่างกันในทางสถิติ

การศึกษาผลของการรมเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292 ด้วยน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ และนำไปผ่านการเร่งอายุ ต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์

จากการศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ และผ่านการเร่งอายุเป็นเวลา 3 วัน ที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยการวัดอัตราการงอก ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณสาร MDA และกิจกรรมเอนไซม์ไลเปส พบว่าเมล็ดพันธุ์ที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครลิตรต่อลิตร สามารถที่จะรักษาคุณภาพเมล็ดพันธุ์ไว้ได้ โดยอาศัยความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลผลิต (Output)

7. ผลผลิต

7.1) บทความวิจัย (ระบุชื่อผู้แต่งทุกท่าน และขีดเส้นใต้ที่ชื่อของท่าน ปีที่พิมพ์ ชื่อบทความ ชื่อวารสาร เล่มที่พิมพ์ หน้าที่พิมพ์)

บทความวิจัย ตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ

จำนวน.....-.....เรื่อง

ได้แก่.....

บทความวิจัย ตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติ (หากอยู่ในฐานข้อมูล Thai-Journal Citation Index (TCI) โปรดระบุกลุ่ม 1 หรือ 2 ด้วย)

จำนวน.....-.....เรื่อง

ได้แก่.....

7.2) อนุสิทธิบัตร/สิทธิบัตร (ระบุชื่อผลงาน เลขที่ ผู้รับสิทธิ ลักษณะของผลงานโดยย่อ)

จำนวน.....-.....เรื่อง

ได้แก่.....

7.3) หนังสือ

จำนวน.....-.....เล่ม

ได้แก่.....

7.4) สื่อการเรียนการสอน เช่น VDO คู่มือการสอน เป็นต้น

จำนวน.....-.....เรื่อง/เล่ม

ได้แก่.....

7.5) การเผยแพร่ผลงานในสิ่งพิมพ์ต่างๆ เช่น หนังสือพิมพ์ นิตยสาร เป็นต้น (ระบุชื่อผลงาน ชื่อสิ่งพิมพ์ วัน เดือน ปีที่พิมพ์ หน้าที่พิมพ์)

จำนวน.....-.....เรื่อง

ได้แก่.....

7.6) ผลงานวิชาการที่ถ่ายทอดสู่สังคม

จำนวน.....-.....เรื่อง

ได้แก่.....

8. กรณีที่ไม่มีผลผลิต (Output) ในข้อ 7 โปรดชี้แจงเหตุผล

.....อยู่ในระหว่างขั้นตอนการเตรียมต้นฉบับภาษาอังกฤษเพื่อตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานสรุปการเงิน ประจำปีงบประมาณ 2559
รหัสโครงการ (NRMS 13 หลัก) 2559A11862010
โครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ
สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

ชื่อมหาวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชื่อโครงการ การใช้น้ำมันหอมระเหยจากสระระแนงเพื่อรักษาคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ KPS292

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย ผศ.ดร.มณฑินี สีวรักษ์

ระยะเวลาดำเนินการ จำนวน 1 ปี.....เดือน

รายจ่าย

ประเภท	งบอุดหนุนโครงการ โครงการ(บาท)	งบอุดหนุนรายปีงบประมาณ (บาท)	งบเงินอุดหนุน(เงิน) (บาท)
1. ค่าตอบแทน	-	-	-
2. ค่าจ้าง	96,600	96,600	0
3. ค่าวัสดุ	188,000	188,000	0
4. ค่าใช้สอย	37,400	37,400	0
5. ค่าใช้จ่ายอื่นๆ ดอกเบี้ยย	126.50	0.00	126.50
รวม	322,126.50	322,000	126.50

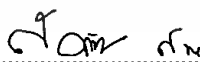
จำนวนงบประมาณที่ได้รับ

- งวดที่ 1 จำนวน 193,200 บาท เมื่อ 21 มีนาคม 2559
- งวดที่ 2 จำนวน 128,800 บาท เมื่อ 17 มิถุนายน 2559
- รวม 332,000 บาท



หัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน

วันที่ 7 ตุลาคม 2559



เจ้าหน้าที่การเงินโครงการ

วันที่ 9 ตุลาคม 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- Abraham, D., W.L. Braguini, A.M. Kelmer-Bracht and E.L. Ishii-Iwamoto. 2000. Effects of four monoterpenes on germination, primary root growth, and mitochondrial respiration of maize. *J. Chem. Ecol.* 26: 611–624.
- Afify, A. El-M.M.R., H.S. El-Beltagi, A.A. Aly and A.E. El-Ansary. 2012. Antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation as biomarker for potato tuber stored by two essential oils from Caraway and Clove and its main component carvone and eugenol. *APJTB.* 772-780.
- Allen, J.C. and R.J. Hamilton. 1994. **Rancidity in Food.** 3rd ed. Chapman & Hall. Glasgow. UK.
- Association of Official Seed Analysts. 1983. **Seed Vigor Testing Handbook.** Contribution No. 32. Association of Official Seed Analysts. Lincon. NE. U.S.A.
- Association of Official Seed Analysts. 1985. Rules for seed testing. *J. Seed Technol.* 13: 1-126.
- Bailly, C., A. Benamar, F. Corbineau and D. Come. 1996. Changes in malondialdehyde content and in superoxide dismutase, catalase and glutathione reductase activities in sunflower seeds as related to deterioration during accelerated aging. *Physiol. Plantarum* 97: 104-110.
- Basu, T.K., N.J. Temple and M.L. Garg. 1999. **Antioxidant in Human Health and Disease.** CABI publishing. UK.
- Bauer, K., D. Garbe and H. Surburg. 1990. **Common Fragrance and Flavor Materials.** VCH Publisher. New York. 365 p.
- Begum, M.A.J., P. Balamurugau, K. Vanagamudi, K. Prabakar and R. Ramakrishnan. 2014. Enzyme changes during seed storage in groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *J. Appl. Natural Sci.* 6(2): 748-750.
- Bewley, J.D. and M. Black. 1983. **Seeds: Physiology of Development and Germination.** Plenum Press. New York and London.
- Bewley, J.D. and M. Black. 1985. **Seeds: Physiology of Development and Germination.** Plenum Press. New York and London.
- Bhattacharjee, A., U.K. Kanp, D. Chakrabarti and C.K. Pati. 2006. Technique for storage longevity of mung bean and sunflower seeds using sodium dikegulac and *Eucalyptus* oil. *Bangladesh J. Bot.* 35(1): 55-61.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Blois, M.S. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. **Nature** 181: 1199-1200.
- Chauhan, R.S., M.K. Kaul, A.K. Shahi, A. Kumar, G. Ram and A. Tawa. 2009. Chemical composition of essential oils in *Mentha spicata* L. accession [IIIM (J) 26] from North West Himalayan region. **India J. Ind. Crops Prod.** 29: 654-656.
- Dassou, S. and E.A. Kueneman. 1984. Screening methodology for resistance to field weathering of soybean seed. **Crop Sci.** 24: 774-779.
- Dehpour, A.A., M.A. Ebrahimzadeh, N.S. Fazel and N.S. Mohammad. 2009. Antioxidant activity of the methanol extract of *Ferula assafoetida* and its essential oil composition. **Grasas Aceites** 60(4): 405-412.
- Delouche, J.C. and C.C. Baskin. 1973. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Sci. & Technol.** 1: 427-452.
- Delouche, J.C. 1980. Environment effects on seed development and seed quality. **Hort Sci.** 15:775-780.
- Despina, V., D. Panagiota, J.B. George and M.H. John. 2003. Effects of monoterpenoids, acting alone or in pairs, on seed germination and subsequent seedling growth. **J. Chem. Ecol.** 29: 2284-2299.
- Dinis, T.C.P., V.M.C. Madeira and L.M. Almeida. 1994. Action of phenolic derivatives (acetoaminophen, salicylate, and 5-aminosalicylate) as inhibitors of membrane lipid peroxidation and as peroxyradical scavengers. **Arch. Biochem. Biophys.** 315: 161-169.
- Draganic, I. and S. Lekic. 2012. Seed priming with antioxidants improves sunflower seed germination and seedling growth under unfavorable germination conditions. **Turk J. Agric.** 36: 421-428.
- Gadge, P.P., S.D. Madhikar, J.N. Yewle, U.U. Jadhav, A.D. Chougale, V.P. Zambare and M.V. Padul. 2011. Biochemical studies of lipase from germinating oil seeds (*Glycine max*). **AJBB.** 7(3): 141-145.
- Gulluce, M., F. Sahin, M. Sokmen, H. Ozer, D. Daferera, A. Sokmen, M. Polissiou, A. Adiguzel and H. Ozkan. 2007. Antimicrobial and antioxidant properties of the essential oils and methanol extract from *Mentha longifolia* L. ssp. *longifolia*. **Food Chem.** 103: 1449-1456.
- Gursoy, N., B. Tepe and H.A. Akpulat. 2012. Chemical Composition and Antioxidant Activity of the Essential Oils of *Salvia palaestina* (Bentham) and *S. ceratophylla* (L.). **Rec. Nat. Prod.** 6(3): 278-287.

- Halder, S. and K. Gupta. 1980. Effect of storage of sunflower seed in high and low relative humidity on solute leaching and internal biochemical changes. **Seed Sci. and Technol.** 8(3): 317-321.
- Halliwell, B., J.M.C. Gutteridge and L. Aruoma. 1987. The deoxyribose method: a simple test-tube assay for determination of rate constants for reactions of hydroxyl radicals. **J. Anal. Biochem.** 165(1): 215-219.
- Hou, W.C., Y.C. Chen, Y.H. Lin, L.L. Yang and M.H. Lee. 2001. Antioxidant activities of trypsin Inhibitor a 33 KDa root storage protein of sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam cv. Tainong 57). **J. Agri. Food Chem.** 49: 2978-2981.
- International Seed Testing Association. 1995. **Handbook of Vigour Test Methods.** 3rd edition. International Seed Testing Association. Zürich, Switzerland.
- Jalaei, Z., M. Fattahi and S. Aramideh. 2015. Allelopathic and insecticidal activities of essential oil of *Dracocephalum kotschyi* Boiss. From Iran: A new chemotype with highest limonene-10-al and limonene. **Ind. Crop. Prod.** 73: 109-117.
- John, K. and P. Steven. 1993. **The Handbook of Cosmetic Science & Technology.** 1st ed., Elsevier Advanced Technology, oxford, UK. 581 p.
- Jonathan, M.E., C.F.S. Barbara, R.S.S. Silvia, A.A.G. Joao, J.L.A. Maria Claudjane and F.P. Marcelo. 2013. Germination responses of *Jatropha curcas* L. seeds to storage and aging. **Ind. Crop. Prod.** 44: 684-690.
- Joshi, S.C., A.R. Verma and C.S. Mathela. 2011. Antioxidant and antibacterial activities of the leaf essential oils of Himalayan Lauraceae species. **Food Chem. Toxicol.** 48: 37-40.
- Khan, M.A., M.Z. Ahmed and A. Hameed. 2006. Effect of sea salt and L-ascorbic acid on the seed germination of halophytes. **J. Arid Environ.** 67: 535-540.
- Kizil, S., N. Hasimi, V. Tolan, E. Kilinc and U. Yuksel. 2010. Mineral content, essential oil component and biological activity of two mentha specie (*M. piperita* L., *M. spicata* L.). **Turkish J. Field Crops.** 15(2): 148-153.
- Krishnasamy, V. and D.V. Seshu. 1990. Germination after accelerated aging and associated characters of rice varieties. **Seed Sci. and Technol.** 18: 147-156.
- Kulisic, T., A. Radonic, V. Katalinic and M. Milos. 2014. Use of different methods for testing antioxidative activity of oregano essential oil. **Food Chem.** 85: 633-640.
- Lin, Y.H., R.A. Moreau and A.S.C. Huang. 1982. Involvement of glyoxysomal lipase in the hydrolysis of storage triacylglycerols in the cotyledons of soybean seedlings. **Plant Physiol.** 70: 108-112.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Mahboubi, M. and N. Kazempour. 2014. Chemical composition and antimicrobial activity of peppermint (*Mentha piperita* L.) essential oil. *Songklanakarin J. Sci. Technol.* 36 (1): 83-87.
- Manjamalai, A.V.M. and B. Grace. 2012. Antioxidant activity of essential oils from *Wedelia chinensis* (Osbeck) in vitro and in vivo lung cancer bearing C57BL/6 mice. *Asian Pac. J. Cancer P.* 13: 3065-3071.
- McDonald, R.P. 1999. **Test theory: A unified treatment.** Lawrence Erlbaum Associates Publishers. London. 61 p.
- Mirjana, M., V. Milka and K. Dura. 2010. Vigour tests as indicators of seed viability. *Genetika.* 42(1): 103-118.
- Nakayama, Y., K. Saio and M. Kito. 1981. Decomposition of phospholipids in soybeans during storage. *Cereal Chem.* 58: 260-264.
- Nimmagadda, L. and G.K. Narayanaswamy. 2009. Cryptic red light signal regulates ascorbic acid in soybean. *J. Plant Physiol.* 166: 329-332.
- Oke, F., B. Aslim, S. Ozturk and S. Altundag. 2009. Essential oil composition, antimicrobial and antioxidant activities of *Satureja cuneifolia* Ten. *Food Chem.* 112: 874-879.
- Oyaizu, M. 1986. The studies on product of browning reaction prepared from glucose amine. *JJND.* 44: 307-315.
- Packer, L., M. Hiramatsu and T. Yoshikawa. 1999. **Antioxidant Food Supplements in Human Health.** Academic Press. U.S.A. 511 p.
- Paschal, E.H. and M.A. Eills. 1978. Variation in seed quality characteristics of tropically grown soybean. *Crop Sci.* 18: 837-840.
- Pongquett, R.T., M.T. Smith and G. Ross. 1992. Lipid autoxidation and seed aging: putative relationships between seed longevity and lipid stability. *Seed Sci. Res.* 2: 51-54.
- Prakash, O., M. Gondwal and A.K. Pant. 2011. Essential oils composition and antioxidant activity of water extract from seeds and fruit pulp of *Skimmia anquetilia* N.P. Taylor and Airy Shaw. *IJNPR.* 2(4): 435-441.
- Priestley, D.A. 1986. **Seed Aging:** Implications for seed storage and persistence in the soil. Comstock Publishing Associates, London.
- Rathera, M.A., B.A. Dara, M.Y. Darb, B.A. Wanic, W.A. Shahb, B.A. Bhata, B.A. Ganaic, K.A. Bhata, R. Anandd and M.A. Qurishib. 2012. Chemical composition, antioxidant and antibacterial activities of the leaf essential oil of *Juglans regia* L. and its constituents. *Phytomedicine.* 19: 1185-1190.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Reigosa, M.J., N. Pedrol and L. Gonzalez. 2006. **Allelopathy**: A physiological process with ecological implications. Springer, Dordrecht. Netherlands. 637 p.
- Rice-Evans, C.A., N.J. Miller, P.G. Bolwell, P.M. Bramley and J.B. Pridham. 1995. The relative antioxidant activities of plant derived polyphenolic flavonoids. **Free Radic. Res.** 22: 375-383
- Rice-Evans, C.A. and N.J. Miller. 1996. Antioxidant activities of flavonoids as bioactive compounds of foods. **J. Biochem. Soc. Trans.** 24(3): 790-795.
- Roberts, R., C. Stewart and J.D. Bewley. 1980. Lipid peroxidation associated with accelerated aging of soybean axes. **Plant Physiol.** 65: 245-248.
- Rohman, A., S. Riyanto, N. Yuniarti, W.R. Saputra, R. Utami, and W. Mulatsih. 2010. Antioxidant activity, total phenolic, and total flavonoid of extracts and fractions of red fruit (*Pandanus conoideus* Lam). **IFRJ.** 17: 97-106.
- Roland, D.A., P.O. Uadia, T.A. Foglia, M.J. Haas, K. Scott and B.J. Savary. 2002. Partial purification and properties of lipase from germinating seeds of *Jatropha curcas* L. **JAOCS.** 79(11): 1123-1126.
- Satthanakul, P. and W. Khunkiti. 2011. Potential of clove oil on in vitro antioxidant activity and factors affecting oil encapsulation efficiency in solid lipid particles. **KKU Res. J.** 16(5): 504-516.
- Scandalios, J.G. 1993. Oxygen stress and superoxide dismutase. **Plant Physiol.** 101: 7-12.
- Singh, H.P., S. Kaur, S. Mittal, D.R. Batish and R.K. Kohli. 2010. In vitro screening of essential oil from young and mature leaves of *Artemisia scoparia* compared to its major constituents for free radical scavenging activity. **Food Chem. Toxicol.** 48: 1040-1044.
- Singh, H.P., S. Kaur, K. Negi, S. Kumari, V. Saini, D.R. Batish and R.K. Kohli. 2012. Assessment of in vitro antioxidant activity of essential oil of *Eucalyptus citriodora* (lemon-scented Eucalypt; Myrtaceae) and its major constituents. **Food Sci. Technol.** 48: 237-241.
- Stefan, I.L. and F. Irwin. 2007. The effects of superoxide dismutase on H₂O₂ formation. **FRBM.** 42: 1465-1469.
- Taiz, L. and E. Zeiger. 2006. **Plant Physiology, Fourth Edition.** Sinauer Associates. Sunderland, MA. 764 p.
- Tham, D.M., C.D. Gardner and W.A. Haskell. 1998. Potential health benefits of dietary phytoestrogens: A review of the clinical, epidemiological, and mechanistic evidence. **JCE & M.** 83(7): 2223-2235.
- Tomas-Barberan, F.A. and R.J. Robins. 1997. **Phytochemistry of fruits and vegetables.** Oxford University Press Inc. New York. U.S.A.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Viuda-Martos, M., Y. Ruiz Navajas, E. Sanchez Zapata, J. Fernandez-Lopez and J.A. Perez-Alvarez. 2009. Antioxidant activity of essential oils of five spice plants widely used in a Mediterranean diet. *Flavour and Frag. J.* 25: 13-19.
- Wilson, D.O. and M.B. McDonald. 1986. The lipid peroxidation model of seed aging. *Seed Sci & Technol.* 14: 269-275.
- Zhang, H., F. Chen, X. Wang and H.Y. Yao. 2006. Evaluation of antioxidant activity of parsley (*Petroselinum crispum*) essential oil and identification of its antioxidant constituents. *Food Res. Int.* 39: 833-839.
- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2543. **คู่มือสมุนไพรและเครื่องเทศ ชุดที่ 3 พืชสมุนไพรน้ำมันหอมระเหย เขตจตุจักร กรุงเทพฯ** หน้า 12-13.
- กฤติกา นรจิตร์ ณีภูฐา เลาทกุลจิตต์ และอรพิน เกิดชูชื่น. 2549. ประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากพืชวงศ์ขิง 5 ชนิด. *วารสารอาหาร* 37(3): 265-280.
- กรุง สีตะธนี และสิริกุล วะสี. 2538. **เอกสารเผยแพร่ อันดับที่ 50** โดย ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม.
- จวงจันทร์ ดวงพัตรา. 2521. **เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์**. ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- จวงจันทร์ ดวงพัตรา. 2523. **สรุวิทยาเมล็ดพันธุ์**. ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- ชานนท์ มณีรัตน์ ภาณุมาศ ฤทธิไชย และเยาวพา จิระเกียรติคุณ. 2556. ผลของการ priming ด้วย salicylic acid และ folic acid ต่อความงอก ความแข็งแรง และการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักบุ้งจีน. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี* 21(6): 512-519.
- ฐาปณีย์ หงส์รัตนารกิจ. 2550. **น้ำมันหอมระเหยและการใช้ในสุนทรบำบัด**. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพฯ. 240 หน้า.
- ธวัชชัย ทิฆุณทเถียร. 2554. หน่วยที่ 5 การตรวจสอบคุณภาพและการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์: เรื่องที่ 5.3.1 การตรวจสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์, น. 55-63. **เอกสารการสอนชุดวิชา การฝึกปฏิบัติเสริมทักษะการผลิตพืช หน่วยที่ 1-7**. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, กรุงเทพฯ.
- นิธิยา รัตนปานนท์. 2545. **เคมีอาหาร**. โอเดียนสโตร์ กรุงเทพฯ. พิมพ์ครั้งที่ 1. 244 หน้า.
- ประเทืองศรี สิ้นชัยศรี. 2542. **พรรณไม้หอมและน้ำมันหอมระเหย. สำนักวิจัยและพัฒนาพืชน้ำมันและผลิตภัณฑ์น้ำมันพืชอุตสาหกรรมเกษตร**. กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. 130 หน้า.
- ประเทืองศรี สิ้นชัยศรี. 2543. **การสกัดน้ำมันพืชและน้ำมันหอมระเหยโดยเทคนิคของการไหลของคาร์บอนไดออกไซด์ในสถานะเหนือจุดวิกฤติ**. เอกสารโรเนียว สำนักวิจัยและพัฒนาพืชน้ำมันและผลิตภัณฑ์น้ำมันพืชเพื่ออุตสาหกรรมเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพมหานคร. 12 หน้า.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ประภัสสร วีระพันธ์ และวัชรีย์ คุณกิตติ. 2554. คุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหย
ในหลอดทดลอง. วารสารเภสัชศาสตร์อีสาน 7(3): 30-38.
- พรทิพย์ วิรัชวงศ์. 2550. อนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ.
[Online]. Available : <http://www.gpo.or.th/rdi/html/antioxidants.html> [19/2/2014]
- พิมพ์ร สีสภาพพิสิฐ. 2543. เครื่องสำอางธรรมชาติ ผลิตภัณฑ์สำหรับผิวหน้า. ภาควิชาเทคโนโลยีเภสัชกรรม.
คณะเภสัชศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- มลศิริ วิโรทัย. 2540. ส่วนประกอบของอาหารเพื่อสุขภาพชนิดใหม่. วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรี
นครินทรวิโรฒ 13(2): 69-75.
- ละอองดาว แสงหล้า พิมพ์นภา ขุนพิสิฐ กัลยา วิถี และนพพร ทองเปลว. 2554. การเปรียบเทียบศักยภาพของ
ผลผลิตเมล็ดพันธุ์และคุณภาพในการเก็บรักษาของถั่วเหลืองฝักสดกลิ่นหอม. แก่นเกษตร 39(3): 91-
96.
- วันชัย จันทร์ประเสริฐ. 2538. สรีรวิทยาเมล็ดพันธุ์. ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
กรุงเทพฯ. 213 หน้า.
- อัญญา เจนวิสิสุข. 2544. การตรวจหาและบ่งชี้ชนิดสารต้านอนุมูลอิสระจากผักพื้นบ้านและ สมุนไพรไทย.
วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- โอภา วิชระคุปต์ ปรีชา บุญจง จันทนา บุญยรัตน์ และมาลีรักษ์ อัดต์สินทอง. 2549. สารต้านอนุมูลอิสระ
Radical Scavenging Agent. พี.เอส.พรินท์ กรุงเทพฯ. พิมพ์ครั้งที่ 1. 190 หน้า.

ประวัตินักวิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

1. ชื่อ (ไทย) นางสาวมณฑินี ธีรารักษ์
(อังกฤษ) Miss MONTINEE TEERARAK

2. ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์

3. หน่วยงานและสถานที่ติดต่อได้สะดวก

ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลวงกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

โทรศัพท์ 02-737-3000 ต่อ 6014 โทรสาร 02-329-8515

E-mail: ktmontin@kmitl.ac.th

4. ประวัติการศึกษา

ปริญญาตรีสาขา พืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปีที่จบ พ.ศ. 2540

ปริญญาโทสาขา พันธุ์วิศวกรรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปีที่จบ พ.ศ. 2544

ปริญญาเอกสาขา Horticulture Ehime University, Japan ปีที่จบ พ.ศ. 2556

5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

สาขาเกษตรศาสตร์และชีววิทยา

6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ
โครงการวิจัย

ที่	ชื่อโครงการ	แหล่งทุน	ระยะเวลา
1	การพัฒนาสารกำจัดวัชพืชจากชะอมเพื่อการจัดการวัชพืชอย่างยั่งยืน (ผู้ร่วมวิจัย)	งบประมาณแผ่นดินปี 2552	ตค. 51 – กย. 52
2	การพัฒนาผลิตภัณฑ์ธรรมชาติควบคุมวัชพืชจากพืชมะเขือเทศเพื่อทดแทนสารเคมีสังเคราะห์ (ผู้ร่วมวิจัย)	สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว)	มค. 52 – ธค. 54
3	การพัฒนารูปผลิตภัณฑ์ วิธีการใช้ พฤติกรรมของสารในดิน และกลไกการทำลายวัชพืชของสารธรรมชาติกำจัดวัชพืชจากดาวเรือง (ผู้ร่วมวิจัย)	งบประมาณแผ่นดินปี 2554 (สกว)	1 สค. 54- 31 กค. 55
4	ผลของสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ และ ต่อกิจกรรมการแบ่งเซลล์พืช	งบประมาณแผ่นดินปี 2556	ตค. 56 – กย. 57
5	การประเมินกิจกรรมการกำจัดอนุมูลอิสระ ความสามารถในการแย่งจับโลหะและปริมาณฟีนอลิกจากใบทุเรียน 30 พันธุ์ (หัวหน้าโครงการวิจัย)	โครงการเงินรายได้ปี 57	ตค. 56 – กย. 57
6.	การใช้สารสกัดพืชพื้นเมืองไทยในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์	โครงการเงินรายได้ปี 57	ตค. 56 – กย. 57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	เพื่อเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ยืดอายุการเก็บรักษา และความปลอดภัย (ผู้ร่วมวิจัย)		
7.	ประสิทธิภาพของ benzyladenine, kinetin และ น้ำมันหอมระเหยจากขิง (สารทางเลือกใหม่) ในการชะลอการเสื่อมสภาพของใบเฟินนาคราช (หัวหน้าโครงการวิจัย)	งบประมาณแผ่นดินปี 2558	ตค. 57 – กย. 58
8	การสกัดสารออกฤทธิ์ การแยกกลุ่มสารออกฤทธิ์ การพัฒนารูปผลิตภัณฑ์และกลไกการยับยั้งการงอกของเมล็ดวัชพืชของสารจากเลียน (ผู้ร่วมวิจัย)	งบประมาณแผ่นดิน 2558	ตค. 57 – กย. 58
9	การแยกกลุ่มสารออกฤทธิ์และประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชของใบปอขี้ไก่ (ผู้ร่วมวิจัย)	สกอ. 2558	ตค. 57 – กย. 58
10	Study on DNA degradation of seedling growth of <i>Amaranthus spp.</i> by natural herbicide from <i>Tagetes erecta L.</i> (ผู้ร่วมวิจัย)	เงินรายได้คณะ 2558	ตค. 57 – กย. 58

ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์เผยแพร่ (ปี 2553-ปัจจุบัน)

ผลงานที่ตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ (มี Impact factor) (ปี 2010-ปัจจุบัน)

1. Charoenying, P., Teerarak, M. and Laosinwattana C. 2010. An allelopathic substance isolated from *Zanthoxylum limonella* Alston fruit. *Scientia Horticulturae*. 125 : 411-416. (Impact factor = 0.859) ที่มา : Journal Citation Reports, 2008
2. Teerarak, M., Laosinwattana C., Charoenying P. 2010. Evaluation of allelopathic, decomposition and cytogenetic activities of *Jasminum officinale* L.f. var. *grandiflorum* (L.) Kob. on bioassay plants. *Bioresource Technology*. 101 : 5677-5684. (Impact factor = 4.258) ที่มา : Journal Citation Reports, 2009
3. Chamroon Laosinwattana, Chaninat Boonleom, Montinee Teerarak, Sompop Thitavasanta and Patchanee Charoenying. 2010. Potential allelopathic effects of *Suregada multiflorum* and the influence of soil type on its residue's efficacy. *Weed Biology and Management*. 10 (3) : 153-159. (Impact factor = 0.743) ที่มา : Journal Citation Reports, 2009
4. Montinee Teerarak, Chamroon Laosinwattana*, Patchanee Charoenying and Hisashi Kato-Noguchi. 2012. Allelopathic activities of *Jasminum officinale* f. var. *grandiflorum* (Linn.) Kob.: Inhibition effects on germination, seed imbibition, and α -amylase activity induction of *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. *African Journal of Biotechnology* Vol. 11(31), 7850-7854. (Impact factor = 0.607) ที่มา : Journal Citation Reports, 2010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. Montinee Teerarak, Patchanee Charoenying and Chamroon Laosinwattana. 2012. Physiological and cellular mechanisms of natural herbicide resource from *Aglaia odorata* Lour. on bioassay plants *Acta Physiol Plant.* 34 (4) : 1277-1285. (Impact factor = 1.639) ที่มา : Journal Citation Reports, 2011
6. Tanatson Poonpaiboonpipat, Udomporn Pangnakorn, Umporn Suvunnamek, Montinee Teerarak, Patchanee Charoenying and Chamroon Laosinwattana*. 2013. Phytotoxic effects of essential oil from *Cymbopogon citratus* and its physiological mechanisms on barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) *Industrial Crops and Products.* 41(1) : 403-407. (Impact factor = 2.469) ที่มา : Journal Citation Reports, 2011
7. Krusonga W., Jindaprasert A., Laosinwattana C. and Teerarak M. 2015. Baby corn fermented vinegar and its vapour control postharvest decay in Strawberries. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 43 (3) 193-203. (Impact Factor 0.605)
8. Krusong W., Teerarak M., Laosinwattana C. 2015. Liquid and vapor-phase vinegar reduces *Klebsiella pneumoniae* on fresh coriander. *Food Control* 50: 502-508. (Impact Factor 2.806)

ผลงานที่ตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ (ไม่มี Impact factor) (ปี 2010-ปัจจุบัน)

1. Poonpaiboonpipat T., Teerarak M., Phuwiwat W., Charoenying P. and Laosinwattana C. 2011. Allelopathic effects of Arabian jasmine (*Jasminum sambac* Ait.) and preliminary test for estimation of its natural herbicide activity. *Journal of Agricultural Technology.* 7(4) : 1073-1083.
2. Pattharin Wichittrakarn, Montinee Teerarak, Patchanee Charoenying and Chamroon Laosinwattana. 2015. Determination of Herbicidal Activity from *Tagetes erecta* L. Crude Extract. In proceeding International Conference on Engineering and Natural Science. Hokkaido, Japan. pp. 450-462.
3. Pariyaporn netsawang, Pattharin Wichittrakarn, Montinee Teerarak, Chamroon Laosinwattana. 2015. Potential of Aqueous Extract and Solvent Extraction from Spanish Jasmine on Promoting of Seed Germination, Seedling Growth and Seedling Vigor Index of Plants Test. In proceeding International Conference on Engineering and Natural Science. Hokkaido, Japan. pp. 463-470.
4. Kanokporn Changsawakea, Warawut Krusongb, Chamroon Laosinwattana and Montinee Teerarak. 2015. Evaluation of Hydroxyl Radical Scavenging, Anti-Lipid Peroxidation Abilities and Total Phenolic Content of RD6 Glutinous Rice Grain In proceeding International Symposium on Engineering and Natural Sciences Beijing, China. pp. 73-79.

5. Natthakiti Phuruen, Chamroon Laosinwattana and Montinee Teerarak. 2015. The Use of Eppermint Essential Oil for Seed Quality Maintenance of SoybeanCultivarKPS292under Accelerated Aging. In proceeding International Symposium on Engineering and Natural Sciences Beijing, China. pp. 87-93.
6. Montinee Teerarak, Kanokporn Changsawakeb, Napaporn Kongkarn, Chamroon Laosinwattana and Komkhae Pilasombut. 2015. Evaluation of Antioxidant Properties of Ethanol Extract from Dried Bael Fruit and Its Antibacterial Activity of Spoiling and Pathogen Food-Related Bacteria. In proceeding International Symposium on Engineering and Natural Sciences Beijing, China. pp. 94-104.

ผลงานที่ตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติ (ปี 2553-ปัจจุบัน)

1. อภิญญา อธิธิเวชชัย, จตุพล สุธะเป้า, ภัทริน วิจิตรตระการ, กนกพร ช้างเสวก, มณฑินี อีรารักษ์ และจำรุณ เล้าสินวัฒนา.2556.ผลของสารธรรมชาติกำจัดวัชพืชจากประยงค์ต่อการงอก การดูดน้ำ และกิจกรรม เอนไซม์ อัลฟา-อะไมเลสของหญ้าข้าวนก.การประชุมวิชาการอารักขาพืชแห่งชาติ ครั้งที่ 11 โรงแรม เซ็นทาราคอนเวนชันเซ็นเตอร์ จ.ขอนแก่น 26-28 พ.ย.2556 : 1431-1437.
2. ถัม เทวียน, มณฑินี อีรารักษ์ และ จำรุณ เล้าสินวัฒนา.2556. สารธรรมชาติกำจัดวัชพืชจากดาวเรืองใน การยับยั้งการงอก การดูดน้ำของเมล็ด และกิจกรรมอะไมเลสของเมล็ดฝักโขมสวนการประชุมวิชาการ อารักขาพืชแห่งชาติ ครั้งที่ 11 โรงแรมเซ็นทาราคอนเวนชันเซ็นเตอร์ จ.ขอนแก่น 26-28 พ.ย.2556 : 1456-146.3
3. กนกพร ช้างเสวก, ภัทริน วิจิตรตระการ, มณฑินี อีรารักษ์ จำรุณ เล้าสินวัฒนา และณัฐชยา ชุ่มสวัสดิ์. 2556. ผลของสารธรรมชาติกำจัดวัชพืชจากประยงค์ต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของวัชพืชการ ประชุมวิชาการอารักขาพืชแห่งชาติ ครั้งที่ 11 โรงแรมเซ็นทาราคอนเวนชันเซ็นเตอร์ จ.ขอนแก่น 26- 28 พ.ย.2556 : 657-665.
4. ภาวินี คำแสน, จำรุณ เล้าสินวัฒนา และ มณฑินี อีรารักษ์. 2556. ผลของสารสกัดจากปอซี่ไก่ต่อการงอก และการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนกและถั่วฝัก การประชุมวิชาการอารักขาพืชแห่งชาติ ครั้งที่ 11 โรงแรมเซ็นทาราคอนเวนชันเซ็นเตอร์ จ.ขอนแก่น 26-28 พ.ย.2556 : 1439-1445.
5. จตุพล สุธะเป้า, จำรุณ เล้าสินวัฒนา, มณฑินี อีรารักษ์ และ ณัฐชยา ชุ่มสวัสดิ์. 2556.ประสิทธิภาพของสาร ธรรมชาติจากประยงค์ต่อการควบคุมวัชพืชในนาหว่านน้ำตามการประชุมวิชาการอารักขาพืชแห่งชาติ ครั้งที่ 11 โรงแรมเซ็นทาราคอนเวนชันเซ็นเตอร์ จ.ขอนแก่น 26-28 พ.ย.2556 : 667-674.
6. ณัฐกิติ ภูรีน, อภิญญา อธิธิเวชชัย, นีรนุช พุทไธสง, มณฑินี อีรารักษ์ และจำรุณ เล้าสินวัฒนา. 2556. ผล ของน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้บ้านต่อการงอกและการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนกและฤทธิ์การต้าน อนุมูลอิสระ การประชุมวิชาการอารักขาพืชแห่งชาติ ครั้งที่ 11 โรงแรมเซ็นทาราคอนเวนชันเซ็นเตอร์ จ.ขอนแก่น 26-28 พ.ย.2556 : 1465-1472.
7. ภัทริน วิจิตรตระการ, จำรุณ เล้าสินวัฒนา และ มณฑินี อีรารักษ์. 2556. ศักยภาพทางอัลลีโลพาตีจากใบ เลี่ยนการประชุมวิชาการอารักขาพืชแห่งชาติ ครั้งที่ 11 โรงแรมเซ็นทาราคอนเวนชันเซ็นเตอร์ จ. ขอนแก่น 26-28 พ.ย.2556 : 1405-1411.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ปริญญาธรณ์ เนตรสว่าง, ภัทริน วิจิตรตระการ, จำรูญ เล้าสินวัฒนา และ มณฑินี อีรารักษ์. 2256.ผลของสารสกัดจากพืชวงศ์ Piperaceae ต่อการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบการประชุมวิชาการอารักขาพืชแห่งชาติ ครั้งที่ 11 โรงแรมเซ็นทาราคอนเวนชันเซ็นเตอร์ จ.ขอนแก่น 26-28 พ.ย. 2556 : 1447-1454.
9. จำรูญ เล้าสินวัฒนา, มณฑินี อีรารักษ์, พัทนี เจริญยิ่ง และ ณัฐชยา ชุ่มสวัสดิ์. 2556. การแยกสารออกฤทธิ์บริสุทธิ์พืชจากประยงค์การประชุมวิชาการอารักขาพืชแห่งชาติ ครั้งที่ 11 โรงแรมเซ็นทาราคอนเวนชันเซ็นเตอร์ จ.ขอนแก่น 26-28 พ.ย.2556 : 675-682.
- 10.ภัทริน วิจิตรตระการ มณฑินี อีรารักษ์ และ จำรูญ เล้าสินวัฒนา.2558.การศึกษาตัวพา ละลายอินทรีย์ที่เหมาะสมในการสกัดสารอัลลีโลพาที่จากใบเสี้ยนวารสารเกษตรพระจอมเกล้า 33 ฉบับพิเศษ 1 (การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 14 วันที่ 18-20 พ.ย. 2558 : 720-726
- 11.ณัฐนันท์ บุญยะพันธ์, ภาวินี คำแสน ภัทริน วิจิตรตระการ, จำรูญ เล้าสินวัฒนา และ มณฑินี อีรารักษ์. 2558.ศักยภาพทางอัลลีโลพาที่จากใบปอซี่แก่ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืช ทดสอบวารสารเกษตรพระจอมเกล้า 33 ฉบับพิเศษ 1 (การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 14 วันที่ 18-20 พ.ย. 2558 : 754-759

ผู้ร่วมโครงการวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล นายจำรูญ เล้าสินวัฒนา
Mr.Chamroon Laosinwattana
2. หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน 3-7502-00304-79-6
3. ตำแหน่งปัจจุบัน รองศาสตราจารย์
4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก
ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
โทรศัพท์ 0-2326-4318 โทรสาร 0-2326-4318 E-mail: chamroon.la@kmitl.ac.th
5. ประวัติการศึกษา

ปริญญาตรีสาขา	พืชไร่-นา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	ปีที่จบ พ.ศ. 2535
ปริญญาโทสาขา	พืชไร่-นา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	ปีที่จบ พ.ศ. 2538
ปริญญาเอกสาขา	Doctor of Agriculture (Plant Protection) Tokyo University of Agriculture and Technology, Japan	ปีที่จบ พ.ศ. 2542
Post Doctoral	Weed Science (Allelopathy) Utsunomiya University, Japan	ปีที่จบ พ.ศ. 2544

6. สาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง

อัลลีโลพาที่ (Allelopathy), การจัดการวัชพืช (Weed Management)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ (ปี 2550-ปัจจุบัน)

7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย -

7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย โครงการวิจัยที่ดำเนินการเสร็จสิ้นแล้ว (ปี 2556-ปัจจุบัน)

ที่	ชื่อโครงการ	สถานะภาพ	แหล่งทุน	ระยะเวลา
1	การประเมินกิจกรรมการกำจัดอนุมูลอิสระ ความสามารถในการแย่งจับโลหะและปริมาณฟีนอล ลิกจากใบทุเรียน 30 พันธุ์	ผู้ร่วมโครงการวิจัย	โครงการวิจัยเงิน รายได้ปี 2557	ตค. 56- กย. 57
2	การใช้สารสกัดพืชพื้นเมืองไทยในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ เพื่อเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ยืดอายุการเก็บรักษา และความปลอดภัย (ผู้ร่วมวิจัย)	หัวหน้าโครงการวิจัย	โครงการวิจัยเงิน รายได้ปี 2557	ตค. 56- กย. 57
3	ประสิทธิภาพของ benzyladenine, kinetin และ น้ำมันหอมระเหยจากขิง(สารทางเลือกใหม่)ในการ ชะลอการเสื่อมสภาพของใบเฟินนาคราช (หัวหน้า โครงการวิจัย)	ผู้ร่วมโครงการวิจัย	งบประมาณ แผ่นดินปี 2558	ตค. 57- กย. 58
4	ความเป็นไปได้ในการใช้ปอซีไคควบคุมวัชพืชใน ระบบการปลูกพืชแบบปลอดสารเคมีควบคุมวัชพืช	หัวหน้าโครงการวิจัย	งบประมาณ(สกอ) 2557	ตค. 56- กย. 57

7.2 ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์เผยแพร่ (ปี 2554-ปัจจุบัน)

7.2.1 ผลงานที่ตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ (มี Impact factor) (ปี 2012-ปัจจุบัน)

1. Montinee Teerarak, Chamroon Laosinwattana*, Patchanee Charoenying and Hisashi Kato-Noguchi. 2012. Allelopathic activities of *Jasminum officinale* f. var. *grandiflorum* (Linn.) Kob.: Inhibition effects on germination, seed imbibition, and α -amylase activity induction of *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. *African Journal of Biotechnology* Vol. 11(31), 7850-7854. (Impact factor = 0.607) ที่มา : Journal Citation Reports, 2010
2. Montinee Teerarak, Patchanee Charoenying and Chamroon Laosinwattana. 2012. Physiological and cellular mechanisms of natural herbicide resource from *Aglaia odorata* Lour. on bioassay plants *Acta Physiol Plant.* 34 (4) : 1277-1285. (Impact factor = 1.639) ที่มา : Journal Citation Reports, 2011

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Laosinwattana Chamroon, Teerarak Montinee, Charoenying Patchanee. 2012. Effects of *Aglaia odorata* granules on the seedling growth of major maize weeds and the influence of soil type on the granule residue's efficacy. *Weed Biology and Management*. 12 (3): 117-122. (Impact factor =0.707) ที่มา : Journal Citation Reports, 2011
4. Tanatson Poonpaiboonpipat, Udomporn Pangnakorn, Umporn Suvunnamek, Montinee Teerarak, Patchanee Charoenying and Chamroon Laosinwattana*. 2013. Phytotoxic effects of essential oil from *Cymbopogon citratus* and its physiological mechanisms on barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) *Industrial Crops and Products*. 41(1) : 403-407. (Impact factor = 2.469) ที่มา : Journal Citation Reports, 2011
5. Krusonga W., Jindaprasert A., Laosinwattana C. and Teerarak M. 2015. Baby corn fermented vinegar and its vapour control postharvest decay in Strawberries. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 43 (3) 193–203. (Impact Factor 0.605) ที่มา : Journal Citation Reports, 2014
6. Krusong W., Teerarak M., Laosinwattana C. 2015. Liquid and vapor-phase vinegar reduces *Klebsiella pneumoniae* on fresh coriander. *Food Control* 50: 502-508. (Impact Factor 2.806) ที่มา : Journal Citation Reports, 2014
7. Chokchai Kittiwongwattana, Dusanee Thanaboripat, Chamroon Laosinwattana, Prommart Koohakan, Nonglak Parinthawong and Chitti Thawai. 2015. *Micromonospora oryzae* sp. nov., isolated from roots of upland rice. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 65, 3818–3823. . (Impact factor = 2.511) ที่มา : Journal Citation Reports, 2014
8. Dusanee Thanaboripat, Chitti Thawai, Chokchai Kittiwongwattana, Chamroon Laosinwattana, Prommart Koohakan and Nonglak Parinthawong. 2015. *Micromonospora endophytica* sp. nov., an endophytic actinobacteria of Thai upland rice (*Oryza sativa*). *The Journal of Antibiotics*, 1–5. (Impact factor =1.730) ที่มา : Journal Citation Reports, 2014
9. Khomsan Spong, Chitti Thawai, Wilunda Choowong , Chokchai Kittiwongwattana, Dusanee Thanaboripat, Chamroon Laosinwattana, Prommart Koohakan, Nonglak Parinthawong, Pattama Pittayakhajonwut. 2016. Antimicrobial compounds from endophytic *Streptomyces* sp. BCC72023 isolated from rice (*Oryza sativa* L.). *Research in Microbiology*. 167: 290-298. (Impact factor =2.705) ที่มา : Journal Citation Reports, 2015

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. Chitti Thawai, Chokchai Kittiwongwattana, Dusanee Thanaboripat, Chamroon Laosinwattana, Prommart Koohakan, Nonglak Parinthawong. 2016. *Micromonospora soli* sp. nov., isolated from rice rhizosphere Soil. *Antonie van Leeuwenhoek International Journal of General and Molecular Microbiology*, 109:449–456. (Impact factor =1.806) ที่มา : Journal Citation Reports, 2014
11. Hisashi Kato-Noguchi, Masahiko Suzuki, Kazutaka Noguchi, Osamu Ohno, Kiyotake Suenaga, and Chamroon Laosinwattana. 2016. A Potent Phytotoxic Substance in *Aglai odorata* LOUR. *Chem. Biodiversity*, 13: 549 – 554. (Impact factor =1.515) ที่มา : Journal Citation Reports, 2014

7.2.2 ผลงานที่ตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ (ไม่มี Impact factor) (ปี 2012-ปัจจุบัน)

1. Poonpaiboonpipat T., Teerarak M., Phuwiwat W., Charoenying P. and Laosinwattana C. 2011. Allelopathic effects of Arabian jasmine (*Jasminum sambac* Ait.) and preliminary test for estimation of its natural herbicide activity. *Journal of Agricultural Technology*. 7(4) : 1073-1083.
2. Pattharin Wichittrakarn, Montinee Teerarak, Patchanee Charoenying and Chamroon Laosinwattana. 2015. Determination of Herbicidal Activity from *Tagetes erecta* L. Crude Extract. In proceeding International Conference on Engineering and Natural Science. Hokkaido, Japan. pp. 450-462.
3. Pariyaporn netsawang, Pattharin Wichittrakarn, Montinee Teerarak, Chamroon Laosinwattana. 2015. Potential of Aqueous Extract and Solvent Extraction from Spanish Jasmine on Promoting of Seed Germination, Seedling Growth and Seedling Vigor Index of Plants Test. In proceeding International Conference on Engineering and Natural Science. Hokkaido, Japan. pp. 463-470.
4. Kanokporn Changsawakea, Warawut Krusongb, Chamroon Laosinwattana and Montinee Teerarak. 2015. Evaluation of Hydroxyl Radical Scavenging, Anti-Lipid Peroxidation Abilities and Total Phenolic Content of RD6 Glutinous Rice Grain In proceeding International Symposium on Engineering and Natural Sciences Beijing, China. pp. 73-79.
5. Natthakiti Phuruen, Chamroon Laosinwattana and Montinee Teerarak. 2015. The Use of Eppermint Essential Oil for Seed Quality Maintenance of Soybean Cultivar KPS292 under Accelerated Aging. In proceeding International Symposium on Engineering and Natural Sciences Beijing, China. pp. 87-93.

6. Montinee Teerarak, Kanokporn Changsawakeb, Napaporn Kongkarn, Chamroon Laosinwattanad and Komkhae Pilasombut. 2015. Evaluation of Antioxidant Properties of Ethanol Extract from Dried Bael Fruit and Its Antibacterial Activity of Spoiling and Pathogen Food-Related Bacteria. In proceeding International Symposium on Engineering and Natural Sciences Beijing, China. pp. 94-104.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้