การเพิ่มการสะสมแอนโทไซยานินในรากสะสมอาหารของกวาวเครือแดง (*Butea superba* Roxb.) ด้วยเอทีฟอน และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดกวาวเครือแดง

นางสาวจุฬาลักษณ์ ทวีบุตร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2551

การเพิ่มการสะสมแอนโทไซยานินในรากสะสมอาหารของกวาวเครือแดง (*Butea superba* Roxb.) ด้วยเอทีฟอน และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดกวาวเครือแดง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(อ. ดร.สุดชล วุ้นประเสริฐ)
ประธานกรรมการ

(ผศ. ดร.ยุวดี มานะเกษม)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(ผศ. ดร.รจนา โอภาสศิริ)
กรรมการ

(ศ. ดร.ไพโรจน์ สัตยธรรม)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

(ผศ. ดร.สุเวทย์ นิงสานนท์)
คณบดีสำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

จุฬาลักษณ์ ทวีบุตร : การเพิ่มการสะสมแอนโทไซยานินในรากสะสมอาหารของกวาวเครือแดง (*Butea superba* Roxb.) ด้วยเอทีฟอน และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดกวาวเครือแดง [INCREASING ACCUMULATION OF ANTHOCYANIN IN THE TUBEROUS ROOTS OF RED KWAO KRUA (*Butea superba* Roxb.) BY ETHEPHON AND THE ANTIOXIDANT CAPACITY OF RED KWAO KRUA CRUDE EXTRACT] อาจารย์ที่ปรึกษา : ผศ. ดร.ยุวดี มานะเกษม, 74 หน้า

รากสะสมอาหารของกวาวเครือแดง (*Butea superba* Roxb.) มีแอนโทไซยานิน ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระมีประโยชน์ต่อสุขภาพ เพื่อเป็นแนวทางการปลูกกวาวเครือแดงให้มีแอนโทไซยานินสูง และทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดกวาวเครือแดง ได้ทำการทดลอง 2 การทดลองในปี 2550-2551 ที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี การทดลองที่ 1 การเพิ่มการสะสมแอนโทไซยานินในรากสะสมอาหารของกวาวเครือแดงด้วยเอทีฟอน วางแผนการทดลองแบบ RCBD 3 ซ้ำ 5 ทรีตเมนต์ คือ ฉีดพ่นเอทีฟอนที่ความเข้มข้น 0 (ฉีดพ่นด้วยน้ำกลั่น), 100, 200, 300 และ 400 ppm ตามลำดับ ให้กวาวเครือแดง ผลการทดลองพบว่า การฉีดพ่นด้วยเอทีฟอนที่ทุกความเข้มข้นไม่ทำให้เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น เส้นผ่านศูนย์กลางราก ความยาวราก และน้ำหนักสดของรากของกวาวเครือแดงแตกต่างกันทางสถิติ การฉีดพ่นด้วยเอทีฟอนที่ความเข้มข้น 300 และ 400 ppm ทำให้มีความหนาของชั้นคอร์เท็กซ์ของรากและปริมาณแอนโทไซยานินในรากมากที่สุด และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ การทดลองที่ 2 ทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดกวาวเครือแดง ซึ่งใช้สารสกัดกวาวเครือแดงจากการทดลองที่ 1 จากการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่า IC_{50} ของการวัดฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS ของสารสกัดทั้ง 5 ทรีตเมนต์ พบว่า ค่า IC_{50} มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ สารสกัดกวาวเครือแดงที่ฉีดพ่นด้วยเอทีฟอนที่ความเข้มข้น 300 และ 400 ppm มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด การวิเคราะห์ความแตกต่างของค่า IC_{50} จากการวัดฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดทั้ง 5 ทรีตเมนต์เปรียบเทียบกับสารต้านอนุมูลอิสระมาตรฐาน คือ trolox โดยใช้ independent sample t-test พบว่า สารสกัดกวาวเครือแดงที่ฉีดพ่นด้วยเอทีฟอนที่ความเข้มข้น 300 และ 400 ppm มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระใกล้เคียงกับ trolox และได้ทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการเกิดปฏิกิริยา LDL oxidation ของสารสกัดกวาวเครือแดง โดยวิเคราะห์ความแตกต่างของ lag time ของสารสกัดทั้ง 5 ทรีตเมนต์ พบว่า lag time แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยสารสกัดกวาวเครือแดงที่ฉีดพ่นด้วยเอทีฟอนที่ความเข้มข้น 300 และ 400 ppm มีฤทธิ์ยับยั้งการเกิดปฏิกิริยา LDL oxidation ได้นานที่สุด และจากการวิเคราะห์ความ แตกต่างของ lag time ของสารสกัดกวาวเครือแดง 5 ทรีตเมนต์ และ trolox เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (ไม่เติมสารสกัดกวาวเครือแดง) โดยวิธี independent sample t-test พบว่า สารสกัดกวาวเครือแดงทั้ง 5 ทรีตเมนต์ และ trolox มีฤทธิ์

ยับยั้งการเกิดปฏิกิริยา LDL oxidation ได้นานกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ดังนั้น การฉีดพ่นเอทีฟอนให้กวาวเครือแดงสามารถเพิ่มการสะสมแอนโทไซยานินในรากสะสมอาหารของกวาวเครือแดงได้ และสารสกัดกวาวเครือแดงมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช
ปีการศึกษา 2551

ลายมือชื่อนักศึกษา_____
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา_____
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม_____

CHULALAK THAWIBUT : INCREASING ACCUMULATION OF ANTHOCYANIN IN THE TUBEROUS ROOTS OF RED KWAO KRUA (*Butea superba* Roxb.) BY ETHEPHON AND THE ANTIOXIDANT CAPACITY OF RED KWAO KRUA CRUDE EXTRACT. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. YUVADEE MANAKASEM., Ph.D.,74 PP.

Butea superba Roxb./ ETHEPHON/ ANTHOCYANIN/ ANTIOXIDANT/ LDL

Red Kwao Krua (*Butea superba* Roxb.) has anthocyanin in the tuberous roots. Anthocyanin is an antioxidant, which is beneficial for health. This study aimed to increase anthocyanin in the tuberous roots of Red Kwao Krua (RKK) and investigated the antioxidant capacity of RKK crude extract. Two experiments were conducted during 2007-2008 at Suranaree University of Technology. The first experiment studied the effect of ethephon on the accumulation of anthocyanin in the tuberous roots of RKK. The experiment was a RCBD with 3 replications and 5 treatments of ethephon concentration levels. RKK were sprayed with ethephon at concentrations of 0 (distilled water), 100, 200, 300 and 400 ppm. The results showed that none of the ethephon concentrations had a statistically significant effect on the diameter, length and fresh weight of the tuberous roots or the diameter of the stem. However, the ethephon concentration had a highly significant effect on the thickness of cortex and the amount of anthocyanin in the tuberous roots. Ethephon at concentrations of 300 and 400 ppm gave the highest thickness of cortex and amount of anthocyanin. The second experiment studied the antioxidant capacity of RKK crude extract using DPPH, ABTS and the inhibition of LDL oxidation techniques in comparison with

standard trolox. The DPPH and ABTS techniques showed that every concentration of ethephon used resulted in highly significant differences in the IC_{50} value. The RKK crude extract after spraying with ethephon at concentrations of 300 and 400 ppm gave the lowest IC_{50} value. The comparison between the IC_{50} of the crude extract with the IC_{50} value of trolox was analyzed by the independent sample t-test. The RKK crude extract after spraying with ethephon at the concentrations of 300 and 400 ppm had no statistically significant difference to trolox. The comparison of the lag time of the RKK crude extract, trolox, and control (without RKK crude extract added) by the independent sample t-test showed that the RKK crude extract, and trolox had highly significantly different lag times to the control. Therefore, spraying the RKK with ethephon can increase the accumulation of anthocyanin in the tuberous roots, and the RKK crude extract had antioxidant characteristics.

School of Crop Production Technology — Student's Signature C. Thanvibut

Academic Year 2008 — Advisor's Signature Yuvadee Manakasem

Co-advisor's Signature Rodjana Opassiri

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบุคคลต่าง ๆ ที่ได้ช่วยเหลือและสนับสนุนให้การดำเนินการวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ผศ.ดร.ยุวดี มานะเกษม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.รจนา โอภาสศิริ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษาทางด้านวิชาการและการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

อาจารย์ในสาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืชทุกท่านที่ช่วยให้คำปรึกษาทางด้านวิชาการ

คุณนวลปรางค์ อุทัยดา และคุณสมยง พิมพ์พรม เจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการสรีรวิทยาพืช มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ช่วยเหลือและจัดเตรียมอุปกรณ์ในการทำวิจัย รวมถึงให้คำแนะนำในการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ

ขอขอบคุณเป็นพิเศษ คุณสุพินญา บุญมานพ คุณเกษร เมืองทิพย์ คุณบุญร่วม คิดค้า คุณจารุจินันท์ หล้ากวนวัน คุณวิโรจน์ เชาว์วิเศษ คุณชัยวัฒน์ ใจวังเย็น และผู้มีน้ำใจทุกท่านที่ช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ ที่ทำให้การปฏิบัติงานเป็นไปได้ด้วยดี

ท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณครอบครัวทวีบุตร ที่ให้โอกาสในการศึกษาต่อ รวมถึงเป็นที่ปรึกษาและคอยให้กำลังใจที่ดีเสมอมา ทำให้ผู้วิจัยประสบความสำเร็จในการศึกษา และการดำเนินชีวิตตลอดมา

จุฬาลักษณ์ ทวีบุตร

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ..... ก

บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ..... ค

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพ ..... ฏ

บทที่

1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

1.5 หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ 3

1.6 รายการอ้างอิง 3

2 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ทั่วไปของกวาวเครือแดง 5

2.2 องค์ประกอบทางเคมีที่พบในรากสะสมอาหารของกวาวเครือแดง 6

2.3 แอนโทไซยานิน 7

2.3.1 การสังเคราะห์แอนโทไซยานิน 8

2.4 แอนโทไซยานินกับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ 9

2.4.1 อนุมูลอิสระ 9

2.4.2 สารต้านอนุมูลอิสระ 10

2.5 การวัดฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ 11

2.5.1 2,2-diphennyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging assay 12

2.5.2 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid) (ABTS) free radical decolorization assay 13

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.5.3 ฤทธิ์การยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไลโปโปรตีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (low density lipoprotein; LDL) 14
2.5.3.1 คอเรสเตอรอล 14
2.3.5.2 ฤทธิ์การยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไลโปโปรตีนชนิดความหนาแน่นต่ำ 14
2.6 อิทธิพลของสารควบคุมการเจริญเติบโต 15
2.6.1 อิทธิพลของเอทีฟอน 15
2.7 รายการอ้างอิง 16

บทที่

3 การศึกษาอิทธิพลของเอทีฟอนต่อการสะสมแอนโทไซยานินในรากสะสมอาหารของกวาวเครือแดง (*Butea superba* Roxb.)

บทคัดย่อ 23
3.1 บทนำ 23
3.2 วิธีดำเนินการวิจัย 24
3.2.1 สถานที่ทำการวิจัย 24
3.2.2 แผนการทดลองการให้เอทีฟอน 25
3.2.3 การศึกษาการเจริญเติบโตของกวาวเครือแดง 25
3.2.4 การตรวจสอบปริมาณแอนโทไซยานิน 27
3.2.5 การวิเคราะห์ข้อมูล 29
3.3 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล 29
3.3.1 การเจริญเติบโตของลำต้นและรากสะสมอาหารของกวาวเครือแดง 29
3.3.2 ปริมาณแอนโทไซยานินในรากสะสมอาหารของกวาวเครือแดง 32
3.4 สรุปผลการวิจัย 35
3.5 รายการอ้างอิง 36

4 การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของแอนโทไซยานินในรากสะสมอาหารของกวาวเครือแดง (*Butea supaerba* Roxb.)

บทคัดย่อ 40

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.1 บทนำ 41
4.2 วิธีดำเนินการวิจัย 42
4.2.1 สถานที่ทำการวิจัย 42
4.2.2 กลุ่มตัวอย่าง วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีในการทดลอง 43
4.2.3 การวัดฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging assay 43
4.2.4 การวัดฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS free radical decolorization assay 44
4.2.5 การวัดฤทธิ์การยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไลโปโปรตีนชนิดความหนาแน่นต่ำในหลอดทดลอง 44
4.2.6 การวิเคราะห์ข้อมูล 45
4.3 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล 45
4.3.1 ผลการวัดฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging assay 45
4.3.2 ผลการวัดฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS free radical decolorization assay 47
4.3.3 ผลการวัดฤทธิ์การยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไลโปโปรตีนชนิดความหนาแน่นต่ำในหลอดทดลอง 49
4.4 สรุปผลการวิจัย 52
4.5 รายการอ้างอิง 53
5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 57
5.1 การเพิ่มการสะสมแอนโทไซยานินในรากสะสมอาหารของกวาวเครือแดง (*Butea superba* Roxb.) ด้วยเอทีฟอน 57
5.1.1 การเจริญเติบโตทางลำต้นและรากของกวาวเครือแดง 57
5.1.2 ปริมาณแอนโทไซยานินในรากสะสมอาหารของกวาวเครือแดง 57
5.2 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดกวาวเครือแดง (*Butea superba* Roxb.) 57
5.2.1 การวัดฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging assay และวิธี ABTS free radical decolorization assay 57

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.2.2 การวัดฤทธิ์ยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิชันของไลโปโปรตีนชนิดความหนาแน่นต่ำในหลอดทดลอง 58
5.3 ข้อเสนอแนะ 58
5.3.1 การฉีดพ่นเอทีฟอน 58
5.3.2 การวัดฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดกวาวเครือแดง 58
ภาคผนวก 59
ประวัติผู้เขียน 74

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 แอนโทไซยานินชนิดต่างๆที่เกิดจากการแทนที่ของหมู่ไฮดรอกซีและหมู่เมทิล ในตำแหน่ง R- 8

4.1 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ IC_{50} ของ trolox กับสารสกัดกวาวเครือแดง 5 ทรีตเมนต์ จากการวัดฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH 46

4.2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ IC_{50} ของ trolox กับสารสกัดกวาวเครือแดง 5 ทรีตเมนต์ จากการวัดฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS 48

4.3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ lag time ของการใช้สารสกัดกวาวเครือแดง และ trolox กับกลุ่มควบคุมในการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการเกิดปฏิกิริยา LDL oxidation 50

ตารางภาคผนวกที่

1 ANOVA ของเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น เส้นผ่านศูนย์กลางราก และความยาวราก สะสมอาหารของกวาวเครือแดง 60

2 ANOVA ของน้ำหนักสด ความหนาของชั้นคอร์เท็กซ์ และปริมาณแอนโทไซยานิน ในรากสะสมอาหารกวาวเครือแดง 60

3 ผลของเอทีฟอนต่อเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นกวาวเครือแดง และเส้นผ่านศูนย์กลาง รากสะสมอาหารของกวาวเครือแดง 61

4 ผลของเอทีฟอนต่อความยาวราก และน้ำหนักสดของรากสะสมอาหารของ กวาวเครือแดง 61

5 ผลของเอทีฟอนต่อความหนาของชั้นคอร์เท็กซ์ และปริมาณแอนโทไซยานิน ในรากสะสมอาหารของกวาวเครือแดง 62

6 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระของสารสกัดกวาวเครือแดงด้วยวิธี DPPH 62

7 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระของสารสกัดกวาวเครือแดงด้วยวิธี ABTS 63

8 ANOVA ของค่า IC_{50} จากการวัดฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH วิธี ABTS และ lag time ของการวัดฤทธิ์ยับยั้งการเกิดปฏิกิริยา LDL oxidation ของสารสกัด กวาวเครือแดงทั้ง 5 ทรีตเมนต์ 63

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่ **หน้า**

9 ผลการวัดฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ABTS และการวัดฤทธิ์ยับยั้งการเกิดปฏิกิริยา LDL oxidation ของสารสกัดกวาวเครือแดง และ trolox 64

10 ค่าการดูดกลืนแสงของปฏิกิริยา LDL oxidation ที่เติมสารสกัดกวาวเครือแดง 5 ทรีตเมนต์ (T1-T5) และ trolox และปฏิกิริยา LDL oxidation ที่ไม่เติมสารสกัดกวาวเครือแดง (control) 64

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 ส่วนประกอบของต้นกวาวเครือแดง 6
2.2 สูตรโครงสร้างของแอนโทไซยานิน 8
2.3 วิถีการสังเคราะห์แอนโทไซยานิน 9
2.4 สูตรโครงสร้างของ DPPH 13
2.5 สูตรโครงสร้างของ ABTS 13
2.6 สูตรโครงสร้างของเอทีฟอน 16
3.1 แผนผังแปลงปลูกกวาวเครือแดง ณ ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 26
3.2 แผนผังแสดงขั้นตอนการสกัดแอนโทไซยานินจากรากสะสมอาหารของกวาวเครือแดง 27
3.3 เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของกวาวเครือแดงแต่ละทรีตเมนต์ 30
3.4 เส้นผ่านศูนย์กลางรากสะสมอาหารของกวาวเครือแดงแต่ละทรีตเมนต์ 30
3.5 ความยาวรากสะสมอาหารของกวาวเครือแดงแต่ละทรีตเมนต์ 31
3.6 น้ำหนักสดรากสะสมอาหารของกวาวเครือแดงแต่ละทรีตเมนต์ 31
3.7 ความหนาของชั้นคอร์เท็กซ์ของรากสะสมอาหารกวาวเครือแดงแต่ละทรีตเมนต์ 32
3.8 ปริมาณแอนโทไซยานินในรากสะสมอาหารของกวาวเครือแดงแต่ละทรีตเมนต์ 33
4.1 ปฏิกิริยา LDL oxidation แบ่งเป็น 3 ระยะ 42
4.2 ค่าเฉลี่ยของ IC_{50} ของสารสกัดกวาวเครือแดงทั้ง 5 ทรีตเมนต์ของการวัดฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH 46
4.3 ค่าเฉลี่ยของ IC_{50} ของสารสกัดกวาวเครือแดงทั้ง 5 ทรีตเมนต์ของการวัดฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS 49
4.4 แสดงขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยา LDL oxidation 49
4.5 แสดงการเกิดปฏิกิริยา LDL oxidation ที่ไม่เติมสารสกัดกวาวเครือแดง เติมสารสกัดกวาวเครือแดงทั้ง 5 ทรีตเมนต์ และ trolox (control) ที่เวลา 0 ถึง 100 นาที 51
4.6 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย lag time ของสารสกัดกวาวเครือแดงทั้ง 5 ทรีตเมนต์ 51

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่ **หน้า**

1 ค่า R_f ของสารสกัดแอนโทไซยานินบนแผ่นโครมาโตรกราฟีแบบผิวบาง 65

2 การเปลี่ยนแปลงสีของสารสกัดแอนโทไซยานินจากรากสะสมอาหารของกวาวเครือแดงที่ pH 1-14 65

3 สเปกตรัมของสารสกัดกวาวเครือแดงที่มีแอนโทไซยานินเป็นส่วนประกอบที่ 510 nm 66

4 สเปกตรัมของสารสกัดกวาวเครือแดงที่มีแอนโทไซยานินเป็นส่วนประกอบที่ pH 1 และ 4.5 66

5 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดกวาวเครือแดงที่ฉีดพ่นด้วยเอทีฟอน ความเข้มข้น 0 ppm 67

6 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดกวาวเครือแดงที่ฉีดพ่นด้วยเอทีฟอน ความเข้มข้น 100 ppm 67

7 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดกวาวเครือแดงที่ฉีดพ่นด้วยเอทีฟอน ความเข้มข้น 200 ppm 68

8 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดกวาวเครือแดงที่ฉีดพ่นด้วยเอทีฟอน ความเข้มข้น 300 ppm 68

9 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดกวาวเครือแดงที่ฉีดพ่นด้วยเอทีฟอน ความเข้มข้น 400 ppm 69

10 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ของ trolox 69

11 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS ของสารสกัดกวาวเครือแดงที่ฉีดพ่นด้วยเอทีฟอน ความเข้มข้น 0 ppm 70

12 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS ของสารสกัดกวาวเครือแดงที่ฉีดพ่นด้วยเอทีฟอน ความเข้มข้น 100 ppm 70

13 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS ของสารสกัดกวาวเครือแดงที่ฉีดพ่นด้วยเอทีฟอน ความเข้มข้น 200 ppm 71

14 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS ของสารสกัดกวาวเครือแดงที่ฉีดพ่นด้วยเอทีฟอน ความเข้มข้น 300 ppm 71

15 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS ของสารสกัดกวาวเครือแดงที่ฉีดพ่นด้วยเอทีฟอน ความเข้มข้น 400 ppm 72

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่ **หน้า**

16 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS ของ trolox 72
17 สูตรโครงสร้างของ trolox 73
18 วิธีหา lag time จากจุดตัดของเส้นสัมผัสของ lag phase และ เส้นสัมผัสของ propagation phase 73