

การศึกษาสมบัติการเป็นสารต้านออกซิเดชันของผักปลัง

ปริญญาณิพนธ์
ของ
ปิยะนันท์ เสียงประชา

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี
เมษายน 2547
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

๑

615-321

ป 621ก

๓

การศึกษาสมบัติการเป็นสารต้านออกซิเดชันของผักปลัง

บทคัดย่อ

ของ

ปิยะนันท์ เสียงประชา

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี

เมษายน 2547

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

CD-1

ปิยะนันท์ เส็งประชา. (2547). การศึกษาสมบัติการเป็นสารต้านออกซิเดชันของผักปลัง. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (เคมี). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อาจารย์คณะกรรมการควบคุม : รองศาสตราจารย์ ดร.ธารวรัตน์ ศุภศิริ, รองศาสตราจารย์ ดร. ยงยุทธ ดัชนีกุลเวสส.

การศึกษานี้ เป็นการศึกษาสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดด้วยเมทานอลจากส่วนต่างๆ ของผักปลังทั้งที่สดและผ่านการลวก พบว่า สารสกัดจากผลสุกสดของผักปลังมีสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูงสุด จากการศึกษการยับยั้ง DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) radical, hydroxyl radical ($\text{HO}^\bullet$), superoxide anion radical ($\text{O}_2^{\bullet-}$) และ lipid peroxidation ของ linoleic acid โดยมีค่า IC_{50} ของการยับยั้ง DPPH radical $30.63 \pm 0.49 \mu\text{g/mL}$, $\text{HO}^\bullet$ $0.38 \pm 0.01 \text{ mg/mL}$, $\text{O}_2^{\bullet-}$ $0.88 \pm 0.04 \text{ mg/mL}$ และ lipid peroxidation $0.63 \pm 0.01 \text{ mg/mL}$ ตามลำดับ แต่สารสกัดหยาบจากผลสุกสดของผักปลัง มีสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระต่ำกว่าวิตามินซี วิตามินอี และ BHT และสารสกัดจากผลสุกสดของผักปลังมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงสุด ในขณะที่สารสกัดจากดอกสดของผักปลังมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกต่ำสุด และพบว่าความร้อนมีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของผักปลัง

STUDY ON THE ANTIOXIDANT PROPERTY OF MALABAR SPINACH

AN ABSTRACT
BY
PIYANAN SENGPRACHA

Presented in partial fulfillment of the requirements
for the Master of Education degree in Chemistry
at Srinakharinwirot University

April 2004

Copyright 2004 Srinakharinwirot University

Piyanan Sengpracha. (2004). *Study on the antioxidant property of Malabar spinach*. Master Thesis, M.Ed. (Chemistry). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee : Assoc. Prof. Dr. Thararat Supasiri, Assoc. Prof. Dr. Yongyuth Tundulawessa.

The purpose of this study was to determine the antioxidant property of methanol extract from various parts of Malabar spinach, both fresh and blanching. The fresh ripe fruit showed the highest antioxidant property upon using DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) radical, hydroxyl radical ($\text{HO}^\bullet$), superoxide anion radical ($\text{O}_2^{\bullet-}$) and lipid peroxidation of linoleic acid as free radicals. The IC_{50} of fresh ripe fruit for DPPH radical is found to be $30.63 \pm 0.49 \mu\text{g/mL}$, $\text{HO}^\bullet$ $0.38 \pm 0.01 \text{ mg/mL}$, $\text{O}_2^{\bullet-}$ $0.88 \pm 0.04 \text{ mg/mL}$ and lipid peroxidation $0.63 \pm 0.01 \text{ mg/mL}$. The antioxidant property of fresh ripe fruit of Malabar spinach is lower than vitamin C, vitamin E and BHT. The fresh ripe fruit extract contains highest amount of phenolic compound while the extraction from the flower part contains lowest amount. Dipping the Malabar spinach in boil water effect the content of the phenolic compound.

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง

การศึกษาสมบัติการเป็นสารต้านออกซิเดชันของผักปลัง

ของ
นางสาวปิยะนันท์ เส็งประชา

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.นภาพร หะวานนท์)

วันที่.....เดือน เมษายน พ.ศ. 2547

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

.....ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธารรัตน์ ศุภศิริ)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ยงยุทธ ตัณฑุลเวสส)

.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุนิตย์ สุขสำราญ)

.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(รองศาสตราจารย์ ดร.พรพิมล ม่วงไทย)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญาานิพนธ์นี้ สำเร็จได้ด้วยดีเพราะผู้วิจัยได้รับความกรุณาและคำปรึกษาเป็นอย่างดีจากรองศาสตราจารย์ ดร.ธารรัตน์ ศุภศิริ ประธานกรรมการควบคุมปริญญาานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.ยงยุทธ ตันจุลเวสส กรรมการควบคุมปริญญาานิพนธ์ ที่ได้เสียสละเวลาอันมีค่าเพื่อให้คำปรึกษาแนะนำในการจัดทำงานวิจัยนี้ทุกขั้นตอน อีกทั้งทำให้ผู้วิจัยได้มีประสบการณ์ในการทำงานวิจัยในห้องปฏิบัติการเคมีมากขึ้น และสามารถนำประสบการณ์ต่างๆ เหล่านี้ไปประยุกต์ใช้ได้กับงานวิจัยอื่นๆ ในอนาคต

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้และคำปรึกษาแก่ผู้วิจัยในด้านต่างๆ มาโดยตลอด ทำให้ผู้วิจัยได้รับความรู้อย่างกว้างขวาง และได้พัฒนาทักษะทางวิทยาศาสตร์ซึ่งจะมีประโยชน์อย่างยิ่งต่อการนำไปใช้ในการปฏิบัติหน้าที่การงานต่อไป พร้อมกันนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณปิยะวัฒน์ คำมูล นักวิชาการเกษตร ระดับ 6 เป็นอย่างยิ่งที่ได้ให้คำแนะนำเกี่ยวกับพันธุ์ผักปลังที่ใช้ในงานวิจัยนี้ เป็นอย่างดี

ท้ายสุดผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ พ่อ แม่ ญาติ พี่น้องทั้งหลายที่ได้ให้กำลังใจและให้การส่งเสริมด้านการศึกษามาโดยตลอด ขอขอบคุณเพื่อนทุกคนที่ได้เป็นกำลังใจช่วยเหลือเกื้อกูลกันในการเรียนและการทำงานวิจัยมาตลอด 3 ปี

ปิยะนันท์ เสียงประชา

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	2
ความสำคัญของการวิจัย.....	2
ขอบเขตของการวิจัย.....	2
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
เอกสารที่เกี่ยวข้อง.....	3
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	13
3 วิธีดำเนินการวิจัย	17
สารเคมีและวัสดุที่ใช้.....	17
อุปกรณ์และเครื่องมือ.....	18
วิธีทดลอง.....	18
การทดลองศึกษาแบบเชิงสำรวจขั้นต้นโดยใช้น้ำเป็นตัวสกัดหยาบ.....	18
การสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากผักปลัง.....	18
การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในสารสกัดจากผักปลัง.....	19
การศึกษาสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากผักปลัง.....	20
4 ผลการวิจัย	23
ผลการสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากผักปลัง.....	23
ผลการหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในสารสกัดจากผักปลัง.....	23
ผลการศึกษาสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากผักปลัง.....	27
5. สรุปผล อภิปรายผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ	68
บรรณานุกรม	74

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ภาคผนวก.....	79
ภาคผนวก ก. วิธีเตรียมสารเคมี.....	80
ภาคผนวก ข. ตารางบันทึกผลการวิจัย.....	82
ภาคผนวก ค. สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของผักปลัง.....	108
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	124

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและค่า IC ₅₀ ของการยับยั้ง DPPH radical, hydroxyl radical, superoxide anion radical และ lipid peroxidation	67
2 ปริมาณสารสกัดและสารประกอบฟีนอลิกจากตัวอย่างส่วนต่างๆ ของผักปลัง.....	83
3 ผลการวัดสมบัติในการยับยั้ง DPPH radical ของสารสกัดจากดอกสด ของผักปลัง.....	84
4 ผลการวัดสมบัติในการยับยั้ง DPPH radical ของสารสกัดจากดอกหลวง ของผักปลัง.....	84
5 ผลการวัดสมบัติในการยับยั้ง DPPH radical ของสารสกัดจากยอดสด ของผักปลัง.....	85
6 ผลการวัดสมบัติในการยับยั้ง DPPH radical ของสารสกัดจากยอดหลวง ของผักปลัง.....	85
7 ผลการวัดสมบัติในการยับยั้ง DPPH radical ของสารสกัดจากผลอ่อนสด ของผักปลัง.....	86
8 ผลการวัดสมบัติในการยับยั้ง DPPH radical ของสารสกัดจากผลอ่อนหลวง ของผักปลัง.....	86
9 ผลการวัดสมบัติในการยับยั้ง DPPH radical ของสารสกัดจากใบสด ของผักปลัง.....	87
10 ผลการวัดสมบัติในการยับยั้ง DPPH radical ของสารสกัดจากใบหลวง ของผักปลัง.....	87
11 ผลการวัดสมบัติในการยับยั้ง DPPH radical ของสารสกัดจากผลสุกสด ของผักปลัง.....	88
12 ผลการวัดสมบัติในการยับยั้ง DPPH radical ของสารสกัดจากผลสุกหลวง ของผักปลัง.....	88
13 IC ₅₀ ของการยับยั้ง 0.1 mM DPPH radical ของสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของผักปลัง.....	89
14 ผลการวัดสมบัติในการเป็นสารจับ hydroxyl radical ของสารสกัดจาก ดอกสดของผักปลัง.....	90
15 ผลการวัดสมบัติในการเป็นสารจับ hydroxyl radical ของสารสกัดจาก ดอกหลวงของผักปลัง.....	90

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
16 ผลการวัดสมบัติในการเป็นสารจับ hydroxyl radical ของสารสกัดจาก ยอดสดของผักปลัง.....	91
17 ผลการวัดสมบัติในการเป็นสารจับ hydroxyl radical ของสารสกัดจาก ยอดผลวักของผักปลัง.....	91
18 ผลการวัดสมบัติในการเป็นสารจับ hydroxyl radical ของสารสกัดจาก ผลอ่อนสดของผักปลัง.....	92
19 ผลการวัดสมบัติในการเป็นสารจับ hydroxyl radical ของสารสกัดจาก ผลอ่อนผลวักของผักปลัง.....	92
20 ผลการวัดสมบัติในการเป็นสารจับ hydroxyl radical ของสารสกัดจาก ใบสดของผักปลัง.....	93
21 ผลการวัดสมบัติในการเป็นสารจับ hydroxyl radical ของสารสกัดจาก ใบผลวักของผักปลัง.....	93
22 ผลการวัดสมบัติในการเป็นสารจับ hydroxyl radical ของสารสกัดจาก ผลสุกสดของผักปลัง.....	94
23 ผลการวัดสมบัติในการเป็นสารจับ hydroxyl radical ของสารสกัดจาก ผลสุกผลวักของผักปลัง.....	94
24 IC ₅₀ ของการเป็นสารจับ hydroxyl radical (HO [•]) ของสารสกัดจาก ส่วนต่างๆ ของผักปลัง.....	95
25 ผลการวัดสมบัติในการเป็นสารจับ superoxide anion radical ของ สารสกัดจากดอกสดของผักปลัง.....	96
26 ผลการวัดสมบัติในการเป็นสารจับ superoxide anion radical ของ สารสกัดจากดอกผลวักของผักปลัง.....	96
27 ผลการวัดสมบัติในการเป็นสารจับ superoxide anion radical ของ สารสกัดจากยอดสดของผักปลัง.....	97
28 ผลการวัดสมบัติในการเป็นสารจับ superoxide anion radical ของ สารสกัดจากยอดผลวักของผักปลัง.....	97
29 ผลการวัดสมบัติในการเป็นสารจับ superoxide anion radical ของ สารสกัดจากผลอ่อนสดของผักปลัง.....	98

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
30 ผลการวัดสมบัติในการเป็นสารจับ superoxide anion radical ของ สารสกัดจากผลอ่อนลูกของผักปลัง.....	98
31 ผลการวัดสมบัติในการเป็นสารจับ superoxide anion radical ของ สารสกัดจากใบสดของผักปลัง.....	99
32 ผลการวัดสมบัติในการเป็นสารจับ superoxide anion radical ของ สารสกัดจากใบลูกของผักปลัง.....	99
33 ผลการวัดสมบัติในการเป็นสารจับ superoxide anion radical ของ สารสกัดจากผลสุกสดของผักปลัง.....	100
34 ผลการวัดสมบัติในการเป็นสารจับ superoxide anion radical ของ สารสกัดจากผลสุกลูกของผักปลัง.....	100
35 IC ₅₀ ของการเป็นสารจับ superoxide anion radical (O ₂ ⁻) ของสารสกัด จากส่วนต่างๆ ของผักปลัง.....	101
36 ผลการวัดสมบัติในการยับยั้ง lipid peroxidation ของสารสกัดจาก ดอกสดของผักปลัง.....	102
37 ผลการวัดสมบัติในการยับยั้ง lipid peroxidation ของสารสกัดจาก ดอกลูกของผักปลัง.....	102
38 ผลการวัดสมบัติในการยับยั้ง lipid peroxidation ของสารสกัดจาก ยอดสดของผักปลัง.....	103
39 ผลการวัดสมบัติในการยับยั้ง lipid peroxidation ของสารสกัดจาก ยอดลูกของผักปลัง.....	103
40 ผลการวัดสมบัติในการยับยั้ง lipid peroxidation ของสารสกัดจาก ผลอ่อนสดของผักปลัง.....	104
41 ผลการวัดสมบัติในการยับยั้ง lipid peroxidation ของสารสกัดจาก ผลอ่อนลูกของผักปลัง.....	104
42 ผลการวัดสมบัติในการยับยั้ง lipid peroxidation ของสารสกัดจาก ใบสดของผักปลัง.....	105
43 ผลการวัดสมบัติในการยับยั้ง lipid peroxidation ของสารสกัดจาก ใบลูกของผักปลัง.....	105

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
44 ผลการวัดสมบัติในการยับยั้ง lipid peroxidation ของสารสกัดจาก ผลสุกสดของผักปลัง.....	106
45 ผลการวัดสมบัติในการยับยั้ง lipid peroxidation ของสารสกัดจาก ผลสุกลวกของผักปลัง.....	106
46 IC ₅₀ ของการยับยั้ง lipid peroxidation ของสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของ ผักปลัง.....	107

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 ปฏิกริยาระหว่างอนุมูลอิสระกับเป้าหมาย.....	3
2 แหล่งของอนุมูลอิสระและโรคที่เกิดจากอนุมูลอิสระ.....	4
3 ผักปลัง.....	12
4 ปริมาณสารสกัดแห้งที่ได้จากการสกัดส่วนต่างๆ ของผักปลังด้วย เมทานอล.....	24
5 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของสารสกัดจากผักปลัง ($\mu\text{g GAE/mg}$ สารสกัดแห้ง).....	25
6 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในตัวอย่างจากส่วนต่างๆ ของผักปลัง ($\text{mg GAE}/100 \text{ g}$ ตัวอย่าง).....	26
7 ความสามารถในการยับยั้ง 0.1 mM DPPH radical ของสารสกัดจาก ดอกสดของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้น 50 - 250 $\mu\text{g/mL}$	27
8 ความสามารถในการยับยั้ง 0.1 mM DPPH radical ของสารสกัดจาก ดอกผลของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้น 50 - 250 $\mu\text{g/mL}$	28
9 ความสามารถในการยับยั้ง 0.1 mM DPPH radical ของสารสกัดจาก ยอดสดของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้น 50 - 250 $\mu\text{g/mL}$	29
10 ความสามารถในการยับยั้ง 0.1 mM DPPH radical ของสารสกัดจาก ยอดผลของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้น 50 - 250 $\mu\text{g/mL}$	29
11 ความสามารถในการยับยั้ง 0.1 mM DPPH radical ของสารสกัดจาก ผลอ่อนสดของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้น 30 - 150 $\mu\text{g/mL}$	30
12 ความสามารถในการยับยั้ง 0.1 mM DPPH radical ของสารสกัดจาก ผลอ่อนผลของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้น 30 - 150 $\mu\text{g/mL}$	31
13 ความสามารถในการยับยั้ง 0.1 mM DPPH radical ของสารสกัดจาก ใบสดของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้น 50 - 250 $\mu\text{g/mL}$	31
14 ความสามารถในการยับยั้ง 0.1 mM DPPH radical ของสารสกัดจาก ใบผลของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้น 50 - 250 $\mu\text{g/mL}$	32
15 ความสามารถในการยับยั้ง 0.1 mM DPPH radical ของสารสกัดจาก ผลสุกสดของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้น 10 - 50 $\mu\text{g/mL}$	33

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
16 ความสามารถในการยับยั้ง 0.1 mM DPPH radical ของสารสกัดจาก ผลสุกของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้น 30 - 150 $\mu\text{g/mL}$	33
17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % inhibition ของการยับยั้ง 0.1 mM DPPH radical กับความเข้มข้นของสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของผักปลัง.....	34
18 IC_{50} ของการยับยั้ง 0.1 mM DPPH radical ของสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของผักปลัง.....	36
19 ความสามารถในการเป็นสารจับ hydroxyl radical ของสารสกัดจาก ดอกสดของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้น 0.2-1.0 mg/mL	37
20 ความสามารถในการเป็นสารจับ hydroxyl radical ของสารสกัดจาก ดอกผลของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้น 0.2-1.0 mg/mL	38
21 ความสามารถในการเป็นสารจับ hydroxyl radical ของสารสกัดจาก ยอดสดของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้น 0.2-1.0 mg/mL	39
22 ความสามารถในการเป็นสารจับ hydroxyl radical ของสารสกัดจาก ยอดผลของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้น 0.2-1.0 mg/mL	39
23 ความสามารถในการเป็นสารจับ hydroxyl radical ของสารสกัดจาก ผลอ่อนสดของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้น 0.2-1.0 mg/mL	40
24 ความสามารถในการเป็นสารจับ hydroxyl radical ของสารสกัดจาก ผลอ่อนผลของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้น 0.2-1.0 mg/mL	41
25 ความสามารถในการเป็นสารจับ hydroxyl radical ของสารสกัดจาก ใบสดของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้น 0.2-1.0 mg/mL	41
26 ความสามารถในการเป็นสารจับ hydroxyl radical ของสารสกัดจาก ใบผลของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้น 0.2-1.0 mg/mL	42
27 ความสามารถในการเป็นสารจับ hydroxyl radical ของสารสกัดจาก ผลสุกสดของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้น 0.1-0.5 mg/mL	43
28 ความสามารถในการเป็นสารจับ hydroxyl radical ของสารสกัดจาก ผลสุกผลของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้น 0.1-0.5 mg/mL	43
29 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % inhibition ของการเข้าจับ hydroxyl radical ($\text{HO}^\bullet$) กับความเข้มข้นของสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของผักปลัง.....	44

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
30 IC ₅₀ ของการเป็นสารจับ hydroxyl radical (HO [•]) ของสารสกัดจาก ส่วนต่างๆ ของผักปลัง.....	46
31 ความสามารถในการเป็นสารจับ superoxide anion radical (O ₂ ^{•-}) ที่ได้จากการทำปฏิกิริยาระหว่าง hypoxanthine กับ xanthine oxidase ของสารสกัดจากดอกสดของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้นระหว่าง 0.4-2.0 mg/mL.....	47
32 ความสามารถในการเป็นสารจับ superoxide anion radical (O ₂ ^{•-}) ที่ได้จากการทำปฏิกิริยาระหว่าง hypoxanthine กับ xanthine oxidase ของสารสกัดจากดอกผลของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้นระหว่าง 0.4-2.0 mg/mL.....	48
33 ความสามารถในการเป็นสารจับ superoxide anion radical (O ₂ ^{•-}) ที่ได้จากการทำปฏิกิริยาระหว่าง hypoxanthine กับ xanthine oxidase ของสารสกัดจากยอดสดของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้นระหว่าง 0.4-2.0 mg/mL.....	49
34 ความสามารถในการเป็นสารจับ superoxide anion radical (O ₂ ^{•-}) ที่ได้จากการทำปฏิกิริยาระหว่าง hypoxanthine กับ xanthine oxidase ของสารสกัดจากยอดผลของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้นระหว่าง 0.4-2.0 mg/mL.....	49
35 ความสามารถในการเป็นสารจับ superoxide anion radical (O ₂ ^{•-}) ที่ได้จากการทำปฏิกิริยาระหว่าง hypoxanthine กับ xanthine oxidase ของสารสกัดจากผลอ่อนสดของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้นระหว่าง 0.4-2.0 mg/mL.....	50
36 ความสามารถในการเป็นสารจับ superoxide anion radical (O ₂ ^{•-}) ที่ได้จากการทำปฏิกิริยาระหว่าง hypoxanthine กับ xanthine oxidase ของสารสกัดจากผลอ่อนผลของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้นระหว่าง 0.4-2.0 mg/mL.....	51

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
37 ความสามารถในการเป็นสารจับ superoxide anion radical ($O_2^{\cdot -}$) ที่ได้จากการทำปฏิกิริยาระหว่าง hypoxanthine กับ xanthine oxidase ของสารสกัดจากใบสดของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้นระหว่าง 0.8-2.4 mg/mL.....	51
38 ความสามารถในการเป็นสารจับ superoxide anion radical ($O_2^{\cdot -}$) ที่ได้จากการทำปฏิกิริยาระหว่าง hypoxanthine กับ xanthine oxidase ของสารสกัดจากใบลูกของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้นระหว่าง 0.4-2.0 mg/mL.....	52
39 ความสามารถในการเป็นสารจับ superoxide anion radical ($O_2^{\cdot -}$) ที่ได้จากการทำปฏิกิริยาระหว่าง hypoxanthine กับ xanthine oxidase ของสารสกัดจากผลสุกสดของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้นระหว่าง 0.2-1.0 mg/mL.....	53
40 ความสามารถในการเป็นสารจับ superoxide anion radical ($O_2^{\cdot -}$) ที่ได้จากการทำปฏิกิริยาระหว่าง hypoxanthine กับ xanthine oxidase ของสารสกัดจากผลสุกลวกของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้นระหว่าง 0.4-2.0 mg/mL.....	53
41 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % inhibition ของการเข้าจับ superoxide anion radical ($O_2^{\cdot -}$) กับความเข้มข้นของสารสกัดจาก ส่วนต่างๆ ของผักปลัง.....	54
42 IC_{50} ของการเป็นสารจับ superoxide anion radical ($O_2^{\cdot -}$) ของ สารสกัดจากส่วนต่างๆ ของผักปลัง.....	56
43 ความสามารถในการยับยั้งการเกิด peroxidation ของ linoleic acid ของสารสกัดจากดอกสดของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้น 1.00 - 3.00 mg/mL.....	57
44 ความสามารถในการยับยั้งการเกิด peroxidation ของ linoleic acid ของสารสกัดจากดอกลวกของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้น 0.40 - 2.00 mg/mL.....	58

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
45 ความสามารถในการยับยั้งการเกิด peroxidation ของ linoleic acid ของสารสกัดจากยอดสดของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้น 1.00 - 3.00 mg/mL.....	59
46 ความสามารถในการยับยั้งการเกิด peroxidation ของ linoleic acid ของสารสกัดจากยอดลวกของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้น 0.40 - 2.00 mg/mL.....	59
47 ความสามารถในการยับยั้งการเกิด peroxidation ของ linoleic acid ของสารสกัดจากผลอ่อนสดของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้น 1.00 - 3.00 mg/mL.....	60
48 ความสามารถในการยับยั้งการเกิด peroxidation ของ linoleic acid ของสารสกัดจากผลอ่อนลวกของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้น 0.40 - 2.00 mg/mL.....	61
49 ความสามารถในการยับยั้งการเกิด peroxidation ของ linoleic acid ของสารสกัดจากใบสดของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้น 0.40 - 2.00 mg/mL.....	61
50 ความสามารถในการยับยั้งการเกิด peroxidation ของ linoleic acid ของสารสกัดจากใบลวกของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้น 0.40 - 2.00 mg/mL.....	62
51 ความสามารถในการยับยั้งการเกิด peroxidation ของ linoleic acid ของสารสกัดจากผลสุกสดของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้น 0.40 - 1.20 mg/mL.....	63
52 ความสามารถในการยับยั้งการเกิด peroxidation ของ linoleic acid ของสารสกัดจากผลสุกลวกของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้น 0.60 - 1.40 mg/mL.....	63
53 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % inhibition ของการยับยั้ง lipid peroxidation กับความเข้มข้นของสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของผักปลัง.....	64
54 IC ₅₀ ของการยับยั้ง lipid peroxidation ของสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของผักปลัง.....	66

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
55 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารสกัดจากดอกสดของผักปลังที่ ความเข้มข้น 100 µg/mL.....	109
56 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารสกัดจากดอกหลวงของผักปลังที่ ความเข้มข้น 100 µg/mL.....	110
57 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารสกัดจากดอกสดและดอกหลวงของ ผักปลังที่ความเข้มข้น 100 µg/mL.....	111
58 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารสกัดจากยอดสดของผักปลังที่ ความเข้มข้น 100 µg/mL.....	112
59 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารสกัดจากยอดหลวงของผักปลังที่ ความเข้มข้น 100 µg/mL.....	113
60 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารสกัดจากยอดสดและยอดหลวงของ ผักปลังที่ความเข้มข้น 100 µg/mL.....	114
61 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารสกัดจากผลอ่อนสดของผักปลังที่ ความเข้มข้น 100 µg/mL.....	115
62 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารสกัดจากของผลอ่อนหลวงของผักปลัง ที่ความเข้มข้น 100 µg/mL.....	116
63 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารสกัดจากผลอ่อนสดและผลอ่อนหลวง ของผักปลังที่ความเข้มข้น 100 µg/mL.....	117
64 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารสกัดจากใบสดของผักปลังที่ ความเข้มข้น 100 µg/mL.....	118
65 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารสกัดจากใบหลวงของผักปลังที่ ความเข้มข้น 100 µg/mL.....	119
66 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารสกัดจากใบสดและใบหลวงของผักปลัง ที่ความเข้มข้น 100 µg/mL.....	120
67 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารสกัดจากผลสุกสดของผักปลังที่ ความเข้มข้น 100 µg/mL.....	121

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
68 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารสกัดจากผลสุกของผักปลังที่ ความเข้มข้น 100 $\mu\text{g/mL}$	122
69 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารสกัดจากผลสุกสดและผลสุกของ ผักปลังที่ความเข้มข้น 100 $\mu\text{g/mL}$	123

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ร่างกายของมนุษย์ ประกอบด้วยเซลล์ ซึ่งเป็น หน่วยย่อยที่เล็กที่สุด เซลล์หลายๆ เซลล์ทำงานร่วมกันเป็นเนื้อเยื่อ และกลุ่มของเนื้อเยื่อหลายชนิดทำงานร่วมกันเป็นอวัยวะ ถ้าอวัยวะทำงาน ผิดปกติ อาจมีสาเหตุมาจากความเสียหายของเซลล์ การศึกษาทางวิทยาศาสตร์การแพทย์พบว่าสิ่งที่ทำให้เซลล์เกิดความเสียหายมากที่สุด คือ อนุมูลอิสระ (free radicals) ซึ่งเป็นสารที่มีอะตอมหรือโมเลกุลที่มีอิเล็กตรอนเดี่ยวหรือไม่เป็นคู่ (single หรือ unpaired electron) ประกอบอยู่ (Halliwell. 1991 : 569-605) ทำให้อนุมูลอิสระไม่เสถียร และมีความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยา โดยจะเข้าไปดึงอิเล็กตรอนจากอะตอมหรือโมเลกุลใกล้เคียง เพื่อให้มีอิเล็กตรอนครบคู่ ทำให้เกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องเป็นลูกโซ่ และสร้างความเสียหายให้กับโมเลกุลนั้นๆ เช่น การจับกันของอนุมูลอิสระกับไขมันชนิด LDL (low density lipoprotein) ที่มีหน้าที่พาโคเลสเตอรอลในเลือดไปใช้ในกิจกรรมต่างๆ เช่น การสร้างเยื่อหุ้มเซลล์ สร้างฮอร์โมนเพศ และสร้างน้ำดี ทำให้ LDL เสื่อมสภาพไม่สามารถพาโคเลสเตอรอลไปใช้ประโยชน์ได้ เกิดภาวะโคเลสเตอรอลในเลือดสูง นอกจากนี้เมื่อก่อนไขมันถูกจับด้วยเซลล์เม็ดเลือดขาว ทำให้เกิดเป็นเซลล์ฟองน้ำ (foam cell) ซึ่งเป็นเซลล์ที่เสื่อมสภาพตกตะกอนในผนังหลอดเลือด เป็นสาเหตุของโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน โรคความดันโลหิตสูง และโรคหัวใจ นอกจากนี้อนุมูลอิสระยังทำให้เอนไซม์ ฮอร์โมน และสารโปรตีนต่างๆ ในร่างกายเสื่อมสภาพไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ อีกทั้งถ้าอนุมูลอิสระจับกับ DNA ซึ่งเป็นรหัสพันธุกรรมที่ใช้ในการแบ่งเซลล์ ทำให้เกิดการแบ่งเซลล์ผิดปกติ เกิดเป็นเซลล์มะเร็งได้ในที่สุด (Strain; & Benzie. 1999 : 95-105) อย่างไรก็ตามร่างกายจะมีการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) เพื่อทำหน้าที่ยับยั้งอนุมูลอิสระอยู่แล้วปริมาณหนึ่ง แต่เมื่ออายุมากขึ้น ความสามารถในการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระในร่างกายจะลดลง ทำให้ขาดความสมดุลระหว่างปริมาณอนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการรับประทานอาหารประเภทพืช ผัก และผลไม้ ซึ่งเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระประเภทวิตามิน เกลือแร่ และสารต้านอนุมูลอิสระอื่นๆ เพื่อปรับสมดุลของสารต้านอนุมูลอิสระภายในร่างกาย และเป็นการป้องกันโรคต่างๆ ที่มีสาเหตุมาจากอนุมูลอิสระ

ปัจจุบันมีความพยายามหาสารจากธรรมชาติที่มีสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระต่างๆ ที่มีการศึกษา พบมากในพืช ผัก และผลไม้ที่มีสีส้ม สีส้มแดง ผักปลัง (*Basella rubra* Linn.) เป็นผักสมุนไพรพื้นบ้านชนิดหนึ่งที่น่าสนใจศึกษาสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เนื่องจากเป็นผักพื้นบ้านที่นิยมรับประทานในภาคเหนือ ภาคอีสานและภาคกลาง อีกทั้งสามารถรับประทานได้ทั้งส่วนดอกที่มีสีขาวปนชมพู ยอด ใบ และผลอ่อนที่มีสีเขียวสด ส่วนผลสุกมีสีม่วงแดง มีสารแอนโทไซยานิน เป็นองค์ประกอบที่สำคัญ (กองบรรณาธิการหมอชาว

บ้าน. 2541 : 53) ซึ่งน่าจะมีสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้ ผู้วิจัยจึงสนใจทำการ ศึกษา สมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของผักปลัง

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกจากส่วนต่างๆ ของผักปลัง
2. ศึกษาสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของผักปลัง
3. ศึกษาผลของความร้อนต่อสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจาก

ส่วนต่างๆ ของผักปลัง

ความสำคัญของการวิจัย

1. ทำให้ทราบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของผักปลัง
2. ทำให้ทราบสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของผักปลัง
3. ทำให้ทราบผลของความร้อนที่มีต่อสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจาก

ส่วนต่างๆ ของผักปลัง

4. ทำให้ทราบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและสมบัติการเป็น

สารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของผักปลัง

ขอบเขตของการวิจัย

ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ตัวอย่างผักปลังที่ใช้ในการวิจัย เป็นผักปลังแดง Malabar spinach (*Basella rubra* Linn.) ได้จากตลาดสดปรางค์บุรี อำเภอปรางค์บุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ในช่วงเดือนมีนาคม – มิถุนายน 2546

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. สารต้านออกซิเดชัน (antioxidant) หมายถึง สารต้านอนุมูลอิสระ หรือสารที่สามารถเข้าจับกับอนุมูลอิสระแล้วยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของโมเลกุลเป้าหมาย ได้แก่ โปรตีน ไขมัน และ DNA

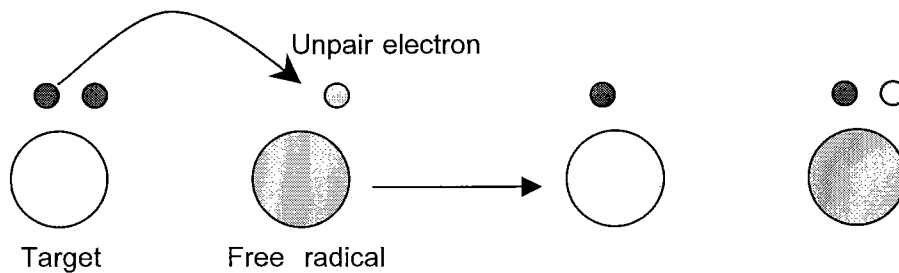
2. สารสกัดจากส่วนต่างๆ ของผักปลัง หมายถึง สารสกัดด้วยเมทานอล จากส่วนดอก ยอด ผลอ่อน ใบ และผลสุกของผักปลัง

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารที่เกี่ยวข้อง

อนุมูลอิสระ คือ อะตอมหรือโมเลกุลที่มีอิเล็กตรอนไม่เป็นคู่ อยู่ในอิเล็กตรอนวงนอกสุด (outer orbital) เช่น hydrogen radical ($\text{H}^\bullet$) hydroxyl radical ($\text{HO}^\bullet$) superoxide anion radical ($\text{O}_2^{\bullet-}$) เป็นต้น (Halliwell. 1991 : 569-605)



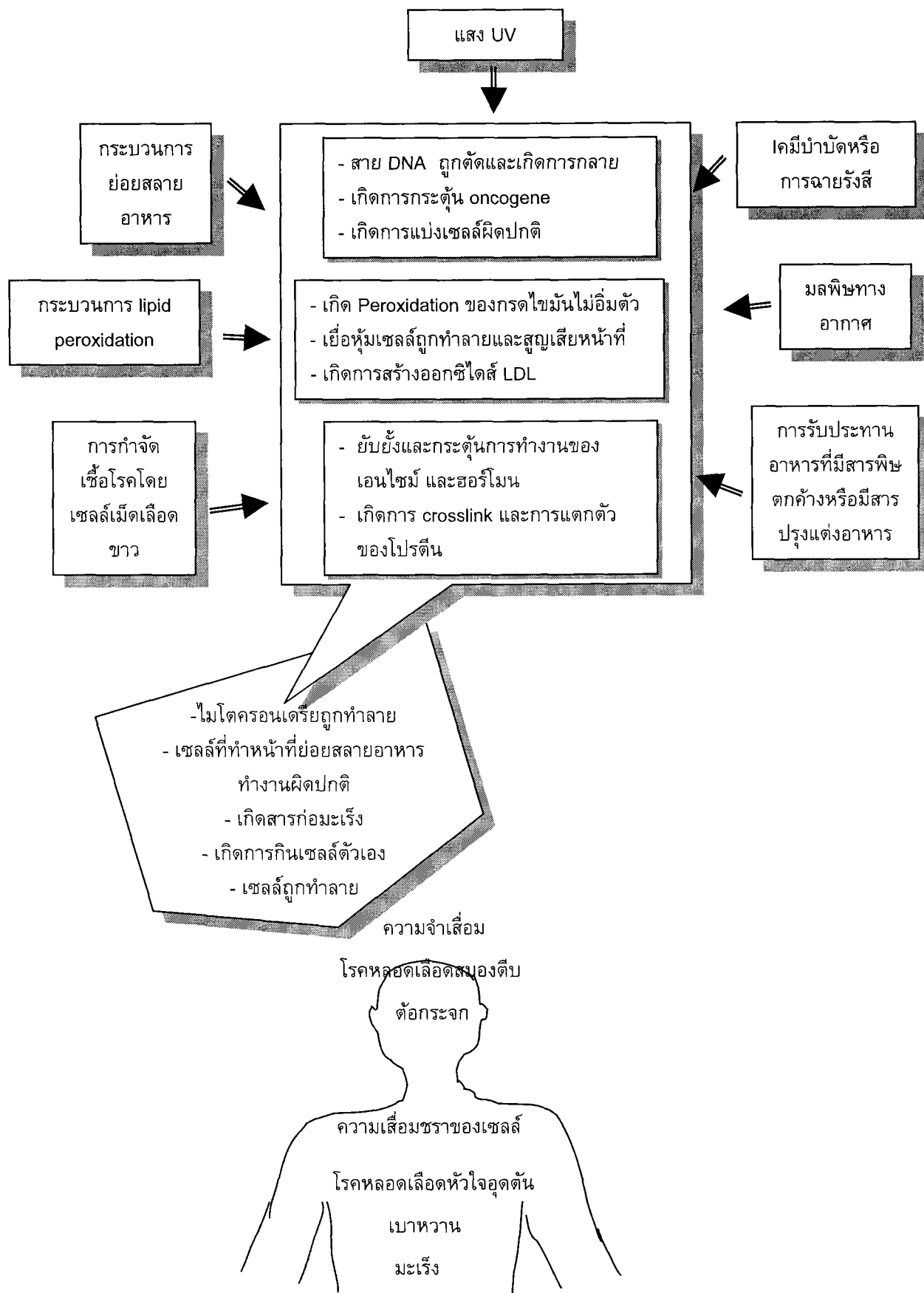
ภาพประกอบ 1 ปฏิกริยาระหว่างอนุมูลอิสระกับเป้าหมาย

ร่างกายได้รับอนุมูลอิสระจากแหล่งสำคัญ 2 แหล่ง ดังนี้

1. แหล่งภายในร่างกาย มาจากปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ที่เกิดขึ้นตลอดเวลา (Maxwell. 1995 : 345-361) ได้แก่ กระบวนการย่อยสลายอาหาร (metabolism) โดยเอนไซม์ชนิดต่างๆ การกำจัดเชื้อแบคทีเรียโดยเซลล์เม็ดเลือดขาว และกระบวนการ lipid peroxidation เป็นต้น

2. แหล่งภายนอกในร่างกาย มาจากการรับประทานอาหารที่มีสารพิษตกค้างประเภทยาฆ่าแมลง ยากำจัดวัชพืช อาหารที่ใช้สารกันบูด สารแต่งสี แต่งกลิ่น สารเพิ่มความกรอบ การปรุงอาหารด้วยการทอดในน้ำมันเดือดๆ อาหารที่ปิ้งย่างจนเกรียมจัด อาหารที่รมควัน ตลอดจนการฉายรังสีหรือเคมีบำบัด การหายใจเอาควันพิษจากท่อไอเสียรถยนต์ หมอกควัน เขม่าจากโรงงาน และควันบุหรี่ เป็นต้น (Borek. 1997 : 52-60)

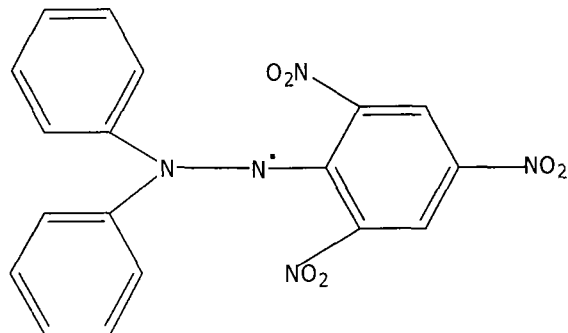
อนุมูลอิสระสร้างความเสียหายต่อชีวโมเลกุลมาก โดยเฉพาะการออกซิไดส์ไขมันซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์เสียสภาพ เป็นเหตุให้เกิดภาวะหลอดเลือดแดงแข็งตัวและ มีความยืดหยุ่นน้อยลง อีกทั้งยังเข้าสู่ใจทำให้เกิดการแตกหัก และโปรตีนรวมตัวเป็นก้อน ทำให้เอนไซม์เสื่อมสภาพ ฮอรโมนทำงานไม่ปกติ นอกจากนี้ถ้าอนุมูลอิสระเข้าจับกับ DNA ทำให้เกิดการกลายพันธุ์ (mutation) และการแบ่งเซลล์ผิดปกติ (Gladys. 1999 : 47) เป็นสาเหตุของโรคหัวใจ โรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน โรคความจำเสื่อม โรคมะเร็ง ต้อกระจก และภาวะความเสื่อมชราของเซลล์ (aging) (Culter. 1991 : 375S-379S) ดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 แหล่งของอนุมูลอิสระและโรคที่เกิดจากอนุมูลอิสระ

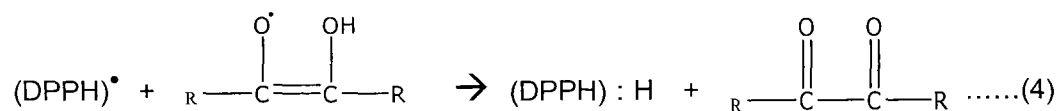
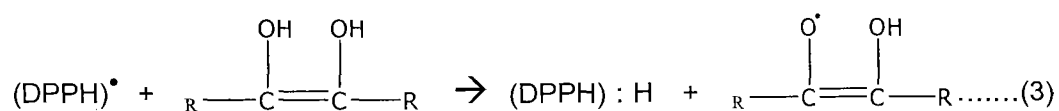
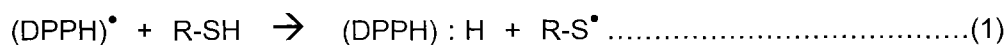
อนุมูลอิสระที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่

1. DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) radical เป็นอนุมูลอิสระที่เสถียร (stable free radical) มีโครงสร้างดังนี้



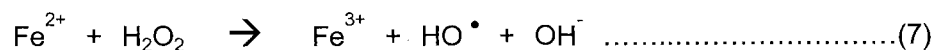
DPPH radical

DPPH radical ใช้ในการทดสอบความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระของสารตัวอย่าง (scavenging activity) สารละลายของ (DPPH)[•] มีสีม่วงในเอทานอล มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 517 nm และเมื่อได้รับ H[•] จะเปลี่ยนเป็นสารละลายสีเหลือง ดังสมการ (1) – (6) (Blois. 1958 : 1199-1200)



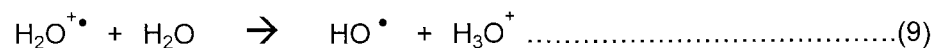
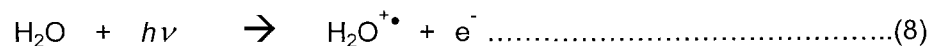
2. Hydroxyl radical ($\text{HO}^\bullet$) เป็นสปีชีส์ที่ว่องไว สามารถเข้าจู่โจมชีวโมเลกุลทั้งหมดในร่างกายได้ โดยการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่อย่างต่อเนื่อง สิ่งมีชีวิตสามารถสร้าง $\text{HO}^\bullet$ โดย 2 กลไก ได้แก่

2.1 ปฏิกิริยาของไอออนของโลหะทรานสิชันกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) แม้ว่าเกลือของโลหะทรานสิชันทั่วไป ทำปฏิกิริยากับ H_2O_2 ได้ $\text{HO}^\bullet$ แต่ในร่างกายนั้น เป็นไปได้ว่าเกิดจากเหล็ก Fe^{2+} ทำปฏิกิริยากับ H_2O_2 ได้ $\text{HO}^\bullet$ โดยเรียกปฏิกิริยานี้ว่า Fenton reaction ดังสมการ (7)

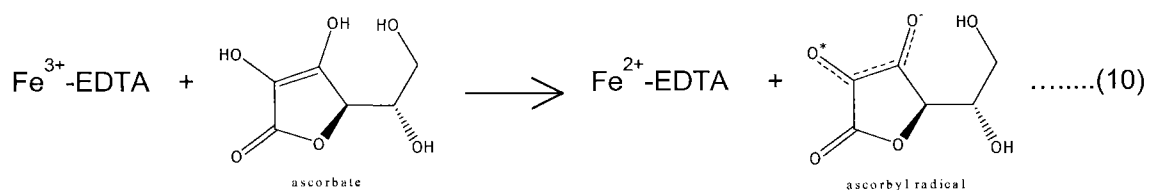


นอกจากนี้ ลิแกนด์ที่แตกต่างกันของ Fe(II) ก็สามารถให้ปริมาณการสร้าง $\text{HO}^\bullet$ ต่างกัน โดย iron-EDTA เป็นแหล่งที่ดีของการสร้าง $\text{HO}^\bullet$ (Halliwell. 1993 : 1-3)

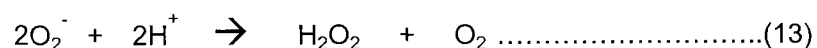
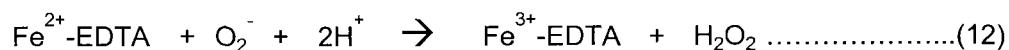
2.2 การแตกตัวของน้ำ เนื่องจากการถูกแสงหรือรังสี ดังสมการ (8)-(9)



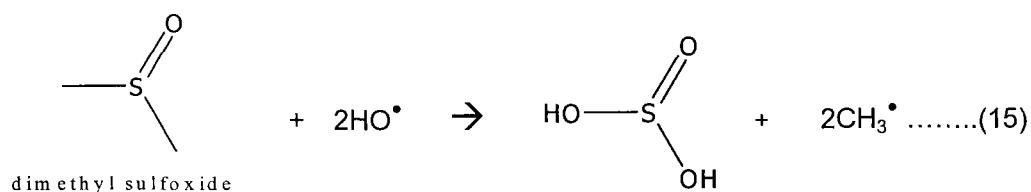
ในการศึกษาสมบัติการเป็นสารจับ $\text{HO}^\bullet$ ของสารตัวอย่าง ต้องทำการสังเคราะห์ $\text{HO}^\bullet$ ขึ้นในหลอดทดลอง โดยใช้การทำปฏิกิริยาระหว่าง iron-EDTA และ ascorbic acid (Maurício; et al. 2003 : 15-24) โดย ascorbic acid จะปรีดิทซ์ Fe^{3+} -EDTA ให้เป็น Fe^{2+} -EDTA ดังสมการ (10)



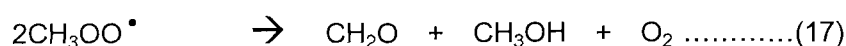
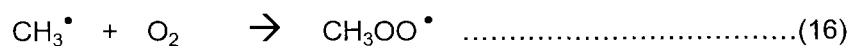
จากนั้น Fe^{2+} -EDTA จะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศดังสมการ (11)-(14)



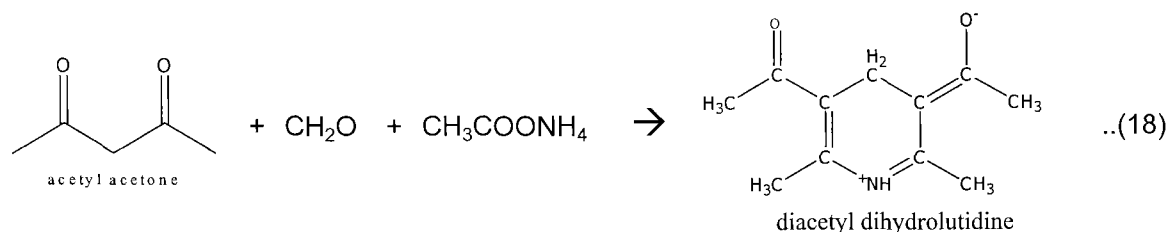
HO[•] ที่เกิดขึ้นจะทำปฏิกิริยากับ dimethyl sulfoxide (DMSO) ได้ methyl radical (CH₃[•]) (Klein; Cohen; & Cederbaum. 1981 : 6006-6012) ดังสมการ (15)



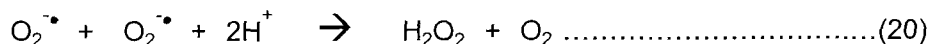
$\text{CH}_3\cdot$ ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ ดังสมการ (16) และได้ formaldehyde (CH_2O) ดังสมการ (17)



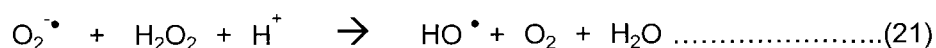
formaldehyde ทำปฏิกิริยากับ acetyl acetone ใน Nash reagent ได้ diacetyl dihydrolutidine (Nash. 1953 : 416-421) ดังสมการ (18) ซึ่งสามารถวัดการดูดกลืนแสงของสารที่เกิดขึ้นได้ที่ 412 nm



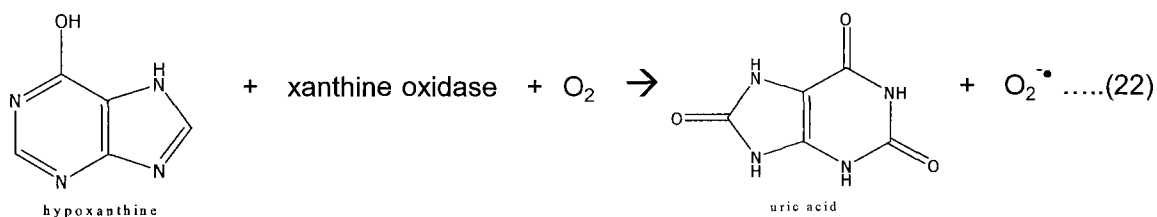
3. Superoxide anion radical ($O_2^{\cdot -}$) มีความว่องไวน้อยกว่า $HO^{\cdot}$ แต่มีชีวโมเลกุลจำนวนมากไม่น้อยในร่างกายที่สามารถถูกโจมตีโดย $O_2^{\cdot -}$ ได้ ซึ่งการสร้าง $O_2^{\cdot -}$ เป็นดังสมการ (19)-(20)



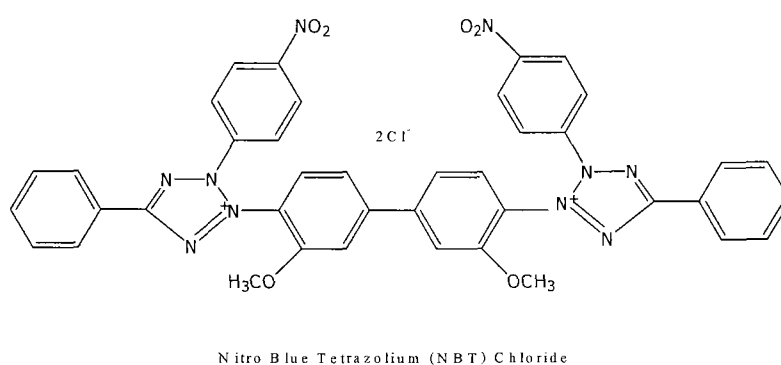
เมื่อ $O_2^{\cdot -}$ ทำปฏิกิริยากับ H_2O_2 จะทำให้เกิด $HO^{\cdot}$ ขึ้นได้ เรียกปฏิกิริยานี้ว่า Haber-Weiss reaction (Kappus. 1992 : 13) ดังสมการ (21)



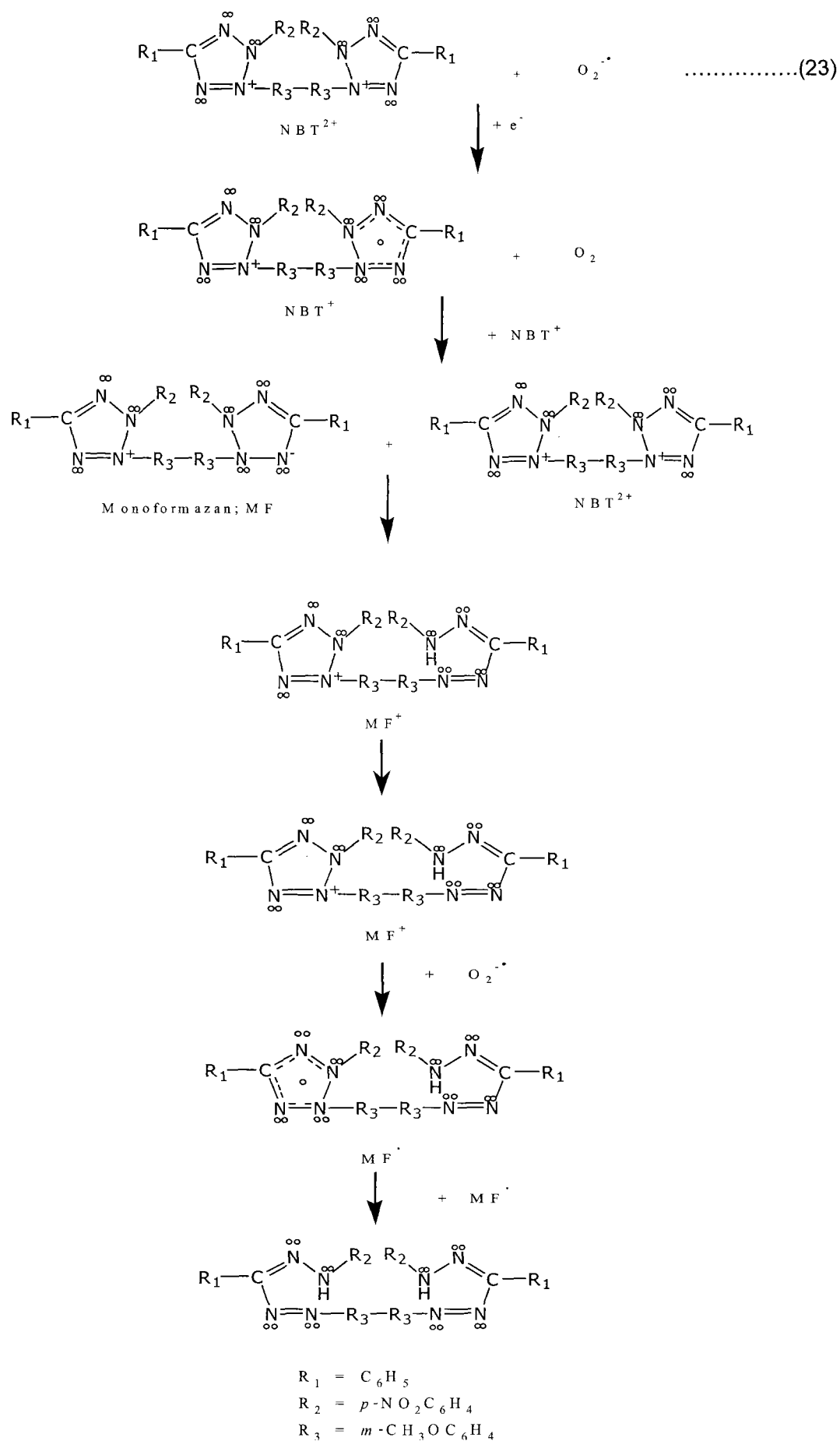
การศึกษาสมบัติการเป็นสารจับ $O_2^{\bullet -}$ โดยใช้วิธี nitro blue tetrazolium (NBT) assay ทำการสังเคราะห์ $O_2^{\bullet -}$ ขึ้นด้วยปฏิกิริยาระหว่าง hypoxanthine กับเอนไซม์ xanthine oxidase ดังสมการ (22)



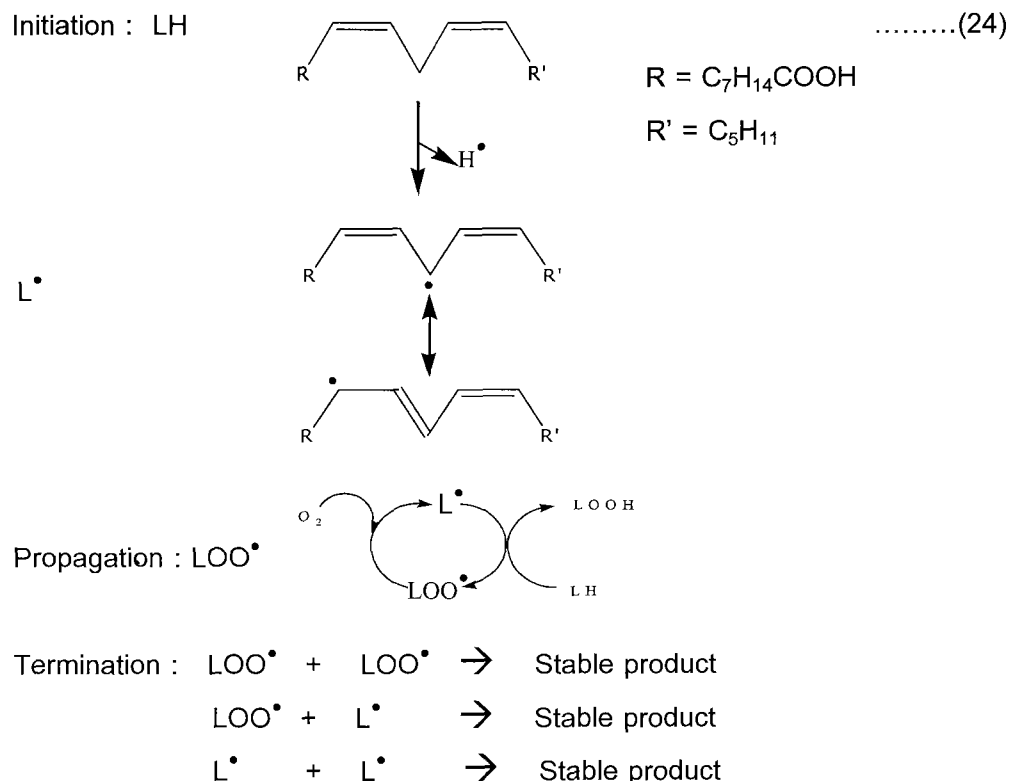
จากนั้น $O_2^{\bullet -}$ ที่สังเคราะห์ขึ้นจะทำปฏิกิริยากับ NBT^{2+} ซึ่งมีสีเหลือง มีโครงสร้างดังนี้



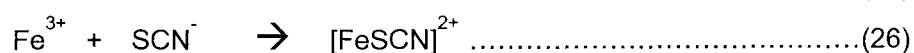
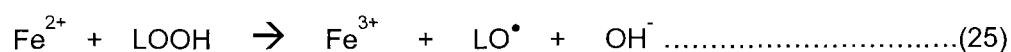
ปฏิกิริยาระหว่าง $O_2^{\bullet -}$ กับ NBT^{2+} ให้ผลิตภัณฑ์เป็นสาร diformazan (DF) ที่มีสีน้ำเงินเข้ม ดังสมการ (23) (Bielski; Shiue; & Bajuk. 1980 : 830-833) และสามารถวัดค่าการดูดกลืนแสงได้ที่ 560 nm (Gotoh; & Niki. 1992 : 201-207)



4. Lipid peroxidation เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัวซึ่งมีโครงสร้างประกอบด้วย conjugated double bond คั่นด้วย allylic methylene group ทำให้ถูกดึง $H^\bullet$ ได้ง่าย เช่น ปฏิกิริยา lipid peroxidation ของ linoleic acid ดังสมการ (24) (Noguchi; & Niki. 1998 : 9-13)



ในการศึกษาสมบัติในการยับยั้ง lipid peroxidation ของสารสกัด โดยวิธี ammonium thiocyanate assay (Takao; et al. 1994 : 1780-1783) โดยใช้ปฏิกิริยาออกซิเดชันของ linoleic acid ได้ lipid hydroperoxide ($LOOH$) เกิดขึ้นในปฏิกิริยา ซึ่งจะไปออกซิไดส์ Fe^{2+} ให้เป็น Fe^{3+} และ Fe^{3+} ทำปฏิกิริยากับ ammonium thiocyanate ได้สารประกอบสีแดง ที่สามารถวัดค่าการดูดกลืนแสงได้ที่ความยาวคลื่น 500 nm ดังสมการ (25)-(26)



(สีแดง)

สารต้านอนุมูลอิสระ สามารถแบ่งตามกลไกการยับยั้งได้เป็น 3 ชนิด ดังนี้

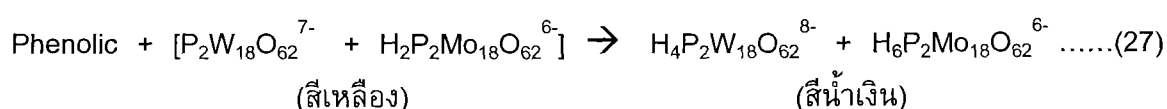
1. Preventive antioxidant ป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระ
2. Scavenging antioxidant ทำลายหรือยับยั้งอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้น
3. Chain breaking antioxidant ทำให้ลูกโซ่ของการเกิดอนุมูลอิสระสิ้นสุดลง

(Strain; & Benzie. 1999 : 95-105)

สารต้านอนุมูลอิสระตามธรรมชาติในร่างกายมีหลายชนิด ทั้งที่เป็นเอนไซม์ ได้แก่ superoxide dismutase (SOD) พบในเม็ดเลือดแดง catalase พบในไซโตซอลของเซลล์ (Michiels; et al. 1994 : 235-248) และสารต้านอนุมูลอิสระอื่นๆ เช่น coenzyme Q₁₀ (Beyer. 1992 : 390-403) ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระเหล่านี้มีจำนวนจำกัด ทำให้ขาดความสมดุลระหว่างสารต้านอนุมูลอิสระและอนุมูลอิสระในร่างกาย ดังนั้นควรมีการบริโภคอาหารที่มีสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มเติม ตัวอย่างเช่น

1. วิตามิน ได้แก่ วิตามินซี วิตามินอี และเบต้าแคโรทีน (Sies; & Stahl. 1995 : 1315S-1321S)
2. เกลือแร่ ได้แก่ ทองแดงและสังกะสี เป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ SOD และซีลีเนียม เป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ glutathione peroxidase (Michiels; et al. 1994 : 235-248) เป็นต้น

3. สารต้านอนุมูลอิสระอื่นๆ ได้แก่ coenzyme Q₁₀ (Beyer. 1992 : 390-403) สารสกัดจากเมล็ดองุ่น สารสกัดจากเปลือกสน (Jayaprakasha; Singh; & Sakariah. 2001 : 285-290) กรดแอลฟา-ไลโปอิก (Scott; et al. 1994 : 119-133) และสารประกอบฟีนอลิก (Velioglu; et al. 1998 : 4113-4117) ซึ่งเป็นสารประกอบที่ได้จาก secondary metabolites ในพืชทั่วไป ประกอบด้วย 3 กลุ่มสารประกอบ คือ proanthocyanidins, อนุพันธ์ของ gallic acids และอนุพันธ์ของ hexahydroxydiphenic acid สารประกอบฟีนอลิกที่สำคัญคือ ฟลาโวนอยด์ ประกอบด้วย catechin, proanthocyanins, anthocyanidins, flavone, flavonols และ glycosides ของสารเหล่านี้ (Baskin; & Salem. 1997 : 56) การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ทำโดยใช้ปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบฟีนอลิกกับ Folin-Ciocalteu reagent และ Na₂CO₃ (Singleton; Orthofer; & Lamuela-Raventos. 1999 : 152-178) โดยสารประกอบฟีนอลิกจะทำปฏิกิริยาดังสมการ (27)



ทำการหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น ที่ความยาวคลื่น 765 nm เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของ gallic acid ซึ่งเป็นสารประกอบฟีนอลิกมาตรฐาน

ในประเทศไทยมีพืชผักสมุนไพรพื้นบ้านหลายชนิดที่น่าสนใจทำการศึกษาสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยเฉพาะผักปลัง (ดังภาพประกอบ 3)



ดอกผักปลัง (ผักปลัง. 2547 : ออนไลน์)



ดอกผักปลัง (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2546 : ออนไลน์)



ต้นผักปลัง (ผักปลัง. 2546 : ออนไลน์)

ภาพประกอบ 3 ผักปลัง

ผักปลัง

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Basella alba* Linn. และ *Basella rubra* Linn.

วงศ์ Basellaceae

ชื่อพื้นเมือง ผักปลัง (ภาคเหนือ) ผักปลังแดง ผักปลังใหญ่ (ภาคกลาง) เหลาะชู้ย (แต่จีว) ลั่วซุย (จีนกลาง)

ผักปลังในเมืองไทยมี 2 สายพันธุ์ คือผักปลังขาว (*Basella alba* Linn.) ลำต้นมีสีขาว และ ผักปลังแดง (*Basella rubra* Linn.) ลำต้นมีสีม่วงแดง เป็นผักท้องถิ่นที่พบได้ในทุกภาคของประเทศไทย (นวลศรี รักอริยธรรม; และ อัญชนา เจนวนิธิสุข. 2542 : 148-149) เป็นพรรณไม้เลื้อย มีลำเถา ยาวหลายเมตร เถาอวบน้ำ ไม่มีขน และแตกกิ่งก้านสาขามาก ใบเป็นไม้ใบเดี่ยว ออกสลับกันไป ตามข้อต้น ลักษณะของใบคล้ายกับรูปหัวใจ หลากแหลม โคนใบเว้า ยาวประมาณ 1.5 – 5 นิ้ว มีสีเขียวเป็นมัน และเมื่อขยี้ดูจะเป็นเมือกเหนียว ส่วนก้านใบอวบน้ำมีสีเขียวและแดง ดอกออกเป็นช่อ อยู่ตามง่ามใบ ช่อดอกยาวประมาณ 2 – 8 นิ้ว ไม่มีก้านดอก ดอกมีขนาดเล็กกลีบสีชมพูหรือสีแดงอ่อน ส่วนฐานดอกติดกัน ปลายแยกออกเป็น 5 กลีบ ส่วนผล เมื่อดอกแก่จะกลายเป็นผล มีขนาดประมาณ 5-6 มิลลิเมตร พอแก่มีสีม่วงแดงภายในผลเป็นน้ำมีสีม่วง (วิทย์ เทียงบุญธรรม. 2542 : 499-501)

สรรพคุณทางด้านสมุนไพร

- ต้น เป็นยาแก้พิษฝีดาษ แก้ท้องผูก ไล่ติ่งอักเสบ เป็นยาระบาย
- ใบ นำมาตำใช้พอกแผลสด แก้กลากเกลื้อน ผื่นคัน ขับปัสสาวะ แก้ท้องผูก แก้บิด
- ดอก แก้หัวนมแตกเจ็บ ดับพิษ และพิษฝีดาษ โดยที่ได้มาจากน้ำคั้นจากดอกสด
- ผล สีของผลใช้แต่งสีให้น้ำรับประทาน มีสารประเภทแอนโทไซยานิน เป็นองค์ประกอบ
- ราก ใช้เป็นยาถู หรือนวดให้ร้อน ช่วยทำให้บริเวณนั้นมีเลือดมาหล่อเลี้ยงมาก

สารเคมีที่พบ

รายงานจากพจนานุกรมสมุนไพรไทย (วิทย์ เทียงบุญธรรม. 2542 : 499-501) แสดงประเภทของสารเคมีที่พบในผักปลัง ได้แก่ แคลเซียม 0.15 % โปรตีน 1.2 % เหล็ก 1.4 มิลลิกรัม กรดอะมิโน ประกอบด้วย lysine, leucine และ isoleucine รวมทั้งสารประเภท polysaccharide ประกอบด้วย L-arabinose, D-galactose, L-rhamnose, uronic acid และ saponnin นอกจากนี้จากรายงานของนวลศรี รักอริยธรรม และ อัญชนา เจนวิถีสุข แสดงข้อมูลองค์ประกอบของสารต้านอนุมูลอิสระ เป็นเบต้า-แคโรทีน 24.87 มิลลิกรัม แซนโทฟิลล์ 20.66 มิลลิกรัม วิตามินซี 11.83 มิลลิกรัม วิตามินอี 0.0089 มิลลิกรัม แทนนิน 4.48 มิลลิกรัม และสารประกอบฟีนอลิก 93.81 มิลลิกรัม ในผักปลังแห้ง 100 กรัม และมีค่าดัชนีแอนติออกซิแดนท์ 2.50 (นวลศรี รักอริยธรรม; และ อัญชนา เจนวิถีสุข. 2542 : 148-149)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เคา, โซฟิค และไพรเออร์ (Cao; Sofic; & Prior. 1996 : 3426-3431) ศึกษาค่าความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของชาและผักชนิดต่างๆ ได้แก่ ชาเขียว ชาดำ กระเทียม คื่นห่าน ผักขม Brussels sprouts, alfalfa sprouts บลอคโคลี่ บีท red bell pepper หัวหอม ข้าวโพด มะเขือ กะหล่ำดอก มันฝรั่ง มันฝรั่งหวาน กะหล่ำปลี ผักกาดหอม ถั่วฝักยาว แครอท yellow squash iceberg lettuce ขึ้นฉ่าย และแตงกวา โดยศึกษาความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระใน 3 ปฏิกริยา คือ การต่อต้าน peroxyl radical การต่อต้าน hydroxyl radical และการเข้าจับกับ Cu^{2+} พบว่าเมื่อเทียบตามน้ำหนักสด กระเทียมมีความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดในการต่อต้าน peroxyl radical เท่ากับ 19.4 μmol of Trolox equiv/g ตามมาด้วย คื่นห่าน 17.7 μmol of Trolox equiv/g และผักขม 12.6 μmol of Trolox equiv/g ที่เหลืออยู่ระหว่าง 9.8 – 0.5 μmol of Trolox equiv/g สำหรับการต่อต้าน hydroxyl radical นั้น คื่นห่านให้ผลสูงสุด ตามมาด้วย Brussels sprouts, alfalfa sprouts บีท ผักขม และอื่นๆ และพบว่าชาเขียวและชาดำมีความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าผักทั้งหมด แต่อย่างไรก็ตามชามี prooxidant activity เมื่อเข้าจับกับ Cu^{2+} ซึ่งไม่พบในผักทุกชนิดที่ทำการศึกษา

เยน และฉี (Yen; & Hsieh. 1998 : 3952-3957) ศึกษาสมบัติการยับยั้ง lipid peroxidation ของสารสกัดจากชาตูซง โดยใช้ ammonium thiocyanate assay ในการทดสอบ พบว่าที่ความเข้มข้น 1 mg/mL สารสกัดจากใบชา วิตามินซี และ Trolox มีความสามารถในการยับยั้ง lipid peroxidation เป็น 99.92%, 87.45% และ 99.07% ตามลำดับ

ไฮโนเนน, เมเยอร์ และ แฟรงเคิล (Heinonen; Meyer; & Frankel. 1998 : 4107-4112) ศึกษาความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลิกในเบอรี่ชนิดต่างๆ โดยหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและวัดความสามารถในการยับยั้งการออกซิเดชันของ LDL และ liposome พบว่ามีปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกระหว่าง 617 และ 4350 mg/kg ในเบอรี่สด เมื่อเทียบกับ gallic acid ซึ่งใช้เป็นสารมาตรฐาน สำหรับผลการทดสอบกับ LDL ที่ความเข้มข้นของสารสกัด 10 μ M GAE สามารถยับยั้งการออกซิเดชันได้ตามลำดับดังนี้ แบลคเบอร์รี่ > ราสเบอร์รี่แดง > สวีทเชอร์รี่ > บลูเบอร์รี่ > สตรอเบอร์รี่ และการยับยั้งการออกซิเดชันของ lecithin liposomes เป็นดังนี้คือ สวีทเชอร์รี่ > บลูเบอร์รี่ > ราสเบอร์รี่แดง > แบลคเบอร์รี่ > สตรอเบอร์รี่ เมื่อวิเคราะห์โดยใช้ HPLC พบว่ามีปริมาณของ anthocyanin สูงในแบลคเบอร์รี่ hydroxycinnamic acid ในบลูเบอร์รี่และสวีทเชอร์รี่ flavonols ในบลูเบอร์รี่ และ flavan-3-ol ในราสเบอร์รี่แดง ซึ่งความสามารถในการยับยั้งการออกซิเดชันของ LDL มีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณ anthocyanin ส่วนการยับยั้งการออกซิเดชันของ lecithin liposomes มีความสัมพันธ์กับปริมาณ hydroxycinnamic acid

ไซลินสกี และ โคสโลสกา (Zielinski; & Koslowska. 2000 : 2008-2016) ศึกษาความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในธัญพืช โดยทำการสกัดธัญพืช ได้แก่ wheat, barley, rye, oat และ buckwheat ด้วยตัวทำละลายชนิดต่างๆ ได้แก่ อะซิโตน 80% เอทานอล 80% เมทานอล 80% และ น้ำ 100 % พบว่าสารสกัดด้วยน้ำที่ได้จาก buckwheat มีความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ความเข้มข้นที่ทำการวิเคราะห์ แต่สารสกัดด้วยน้ำที่ได้จาก wheat, barley, rye และ oat ไม่มีความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ความสามารถที่ทำการวิเคราะห์ ส่วนสารสกัดด้วย 80% เมทานอล ที่ได้จากธัญพืชต่างๆ มีสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้ตามลำดับคือ buckwheat > barley > oat > wheat $\cong$ rye

นอกจากนี้ยังพบค่าความสัมพันธ์ (correlation coefficient) ระหว่างปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของเมล็ดธัญพืช ได้แก่ ข้าวทั้งเมล็ด ข้าวเปลือกข้าว และเอนโดสเปิร์มกับเอมบริโอเป็น 0.96 0.99 0.80 และ 0.99 ตามลำดับ

ขวัญแก้ว ธนเศรษฐกร (Thanasettakorn. 2001) ศึกษาปริมาณไฟโตสเตอรอลซึ่งมีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของผักไทย 12 ชนิด ได้แก่ ผักกาดขาว กะหล่ำปลี ผักบุ้ง กะหล่ำดอก หัวปลี ถั่วฝักยาว ถั่วพู บวบกลม บวบเหลี่ยม มะระขี้นก มะเขือเปราะ และข้าวโพดฝักอ่อน โดยใช้เทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี (gas chromatography) พบว่าข้าวโพดฝักอ่อน

มีปริมาณไฟโตสเตอรอลมากที่สุด ทั้งในผักสดและผักลวก โดยปริมาณไฟโตสเตอรอลจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในผักที่ผ่านการลวก

วินสัน และคณะ (Vinson; et al. 2001 : 5315-5320) ศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของผลไม้ 20 ชนิด ได้แก่ แอปเปิล อาโวคาโด กล้วย บลูเบอร์รี่ แคนตาลูป เชอร์รี่ แครนเบอร์รี่แช่แข็ง องุ่นแดง องุ่นขาว เกรปฟรุ๊ต เลมอน เมล่อน (ฮันนี่ดิว) เนคทารีน ส้ม พีช แพร์ สับปะรด พลัม สตอเบอร์รี่ และแตงโม ทำการหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกโดยทำปฏิกิริยากับ Folin-Ciocalteu reagent โดยใช้ catechin เป็นสารมาตรฐาน พบว่า แครนเบอร์รี่ มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุดถึง $158.8 \pm 3.2 \mu\text{mol/g}$ ของน้ำหนักแห้ง และยังพบว่าความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากผลไม้เหล่านี้สูงกว่าการต้านอนุมูลอิสระของวิตามินและฟีนอลบริสุทธิ์ (pure phenols) ซึ่งเป็นไปได้ว่าเกิดจากการเสริมกันของสารต้านอนุมูลอิสระต่างๆ ในผลไม้ นอกจากนี้ผลไม้ยังมีคุณภาพและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระดีกว่าผักอีกด้วย

อาดัม และ ลิว (Adom; & Liu. 2002 : 6182-6187) ศึกษาสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของธัญพืช ได้แก่ ข้าวโพด wheat oats และข้าว โดยวัดปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ด้วยการทำปฏิกิริยากับ Folin-Ciocalteu reagent และหาปริมาณฟลาโวนอยด์โดยการทำให้เป็นสารประกอบเชิงซ้อนคือ flavonoid-aluminum complex พร้อมทั้งทดสอบสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ พบว่าข้าวโพดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์สูงสุด รวมทั้งมีสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้ดีที่สุด

ชิดามบารา และคณะ (Chidambara; et al. 2002 : 5909-5914) ศึกษาสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของกากองุ่น โดยทำการสกัดกากองุ่นด้วย เอทิลแอลกอฮอล์ เมทานอล และน้ำ พบว่าเมทานอล เป็นตัวทำละลายที่ดีที่สุด สกัดให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงสุด และสารสกัดจากกากองุ่นที่ความเข้มข้น 100 ppm สามารถยับยั้ง 0.1 mM DPPH radical ได้ถึง 87.1% และสามารถยับยั้งการเกิด lipid peroxidation LDL oxidation รวมทั้งกำจัด hydroxyl radical ได้ถึง 71.7 , 91.2 และ 73.6 % ตามลำดับ

ลี และคณะ (Lee; et al. 2002 : 6490-6496) ศึกษาสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดด้วยเอทานอลของเปลือกแค็กตัส (*Opuntia ficus-indica* var. *saboten*) โดยทำการวัดปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และทดสอบสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ พบว่าสารสกัดด้วยเอทานอลของเปลือกแค็กตัส มีสมบัติเป็น free radical scavenger ต่อ hydroxyl radical superoxide anion radical และ DPPH radical รวมทั้งป้องกัน plasmid DNA ต่อการเข้าทำปฏิกิริยาของ hydroxyl radical อีกด้วย

ลิม และคณะ (Lim; et al. 2002 : 3862-3866) ศึกษาสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของ สารสกัดจากสาหร่ายสีน้ำตาล (*Sargassum siliquastrum*) โดยวัดปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของ สารสกัดจากส่วนต่างๆ ที่แยกได้จากโครมาโทกราฟีแบบคอลัมน์ และศึกษาการยับยั้ง hemolysis ของเซลล์เม็ดเลือดแดงที่ถูกเหนี่ยวนำโดย 2,2'-azobis(2-amidinopropane) dihydrochloride (AAPH) radical การยับยั้ง lipid peroxidation และการเข้าจับ superoxide radical พบว่าสารสกัด จากสาหร่ายสีน้ำตาลในชั้นของไดคลอโรมีเทนที่แยกได้หลังจากสกัดด้วยเมทานอล แสดงสมบัติการ เป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูงสุด แต่ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและ สมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากสาหร่ายสีน้ำตาล

อะลอนโซ และคณะ (Alonso; et al. 2002 : 5832-5836) วัดสมบัติการเป็นสารต้าน อนุมูลอิสระของส่วนต่างๆที่เหลือจากการผลิตไวน์ และหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารประกอบ ฟีนอลิกกับสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ พบว่าส่วนต่างๆ ที่เหลือจากกระบวนการผลิตไวน์ ได้ แก่ กากองุ่น ก้านองุ่น และตะกอนจากไวน์ขาวและไวน์แดง มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและม ีความสัมพันธ์กับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่ตรวจวัด

มู, ลิน และเชน (Mau; Lin; & Chen. 2002 : 6072-6077) ศึกษาสมบัติการเป็นสารต้าน อนุมูลอิสระของสารสกัดด้วยเมทานอลจากเห็ดชนิดต่างๆ ในไต้หวัน โดยวัดการยับยั้ง lipid peroxidation การเข้าจับ DPPH radical superoxide radical และ hydroxyl radical รวมทั้งหา ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และความสามารถในการจับกับเหล็ก พบว่า ที่ความเข้มข้น 0.6 mg/mL สารสกัดจาก *G. lucidum*, *G. lucidum* antler และ *G. tsugae* สามารถยับยั้ง lipid peroxidation ได้ถึง 93.59 – 97.70 % ในขณะที่ *C. versicolor* ยับยั้งได้ 41.44 % การศึกษาการ ยับยั้ง DPPH radical ที่ความเข้มข้น 0.64 mg/mL สารสกัดจาก *G. lucidum*, *G. lucidum* antler และ *G. tsugae* สามารถยับยั้ง DPPH radical ได้ 67.6 – 74.4 % และ *C. versicolor* ยับยั้งได้ 24.6 % ส่วนการเข้าจับกับ hydroxyl radical สารสกัดจาก *G. lucidum* และ *G. lucidum* antler ให้ผลสูงสุดที่ 51.2 – 52.6 % นอกจากนี้ที่ความเข้มข้น 16 mg/mL และ 2.4 mg/mL การเข้าจับกับ เหล็กของ *G. lucidum* antler เป็น 67.7 % *G. lucidum* 55.5 % , *G. tsugae* 44.8 % และ *C. versicolor* 13.2 % และพบว่า *G. lucidum* antler มีปริมาณสารประกอบ ฟีนอลิกสูงสุด

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอน ดังนี้

1. การทดลองศึกษาแบบเชิงสำรวจขั้นต้น โดยใช้น้ำเป็นตัวสกัดหยาบ
2. การสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากผักปลัง
3. การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในสารสกัดจากผักปลัง
4. การศึกษาสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากผักปลัง

อุปกรณ์และสารเคมี

สารเคมีและวัสดุที่ใช้

1. Folin-Ciocalteu reagent (Sigma Chemical Co.)
2. Gallic acid (Sigma Chemical Co.)
3. Sodium carbonate (Na_2CO_3)
4. DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl)
5. BHT (2,6-ditertiary-butyl-4-methyl phenol)
6. EDTA (ethylenediaminetetraacetic acid)
7. DMSO (dimethyl sulfoxide)
8. L-ascorbic acid (Sigma Chemical Co.)
9. TCA (trichloroacetic acid)
10. Nash reagent
11. Hypoxanthine (Sigma Chemical Co.)
12. NBT (Nitro Blue Tetrazolium)
13. Xanthine oxidase (Sigma Chemical Co.)
14. Linoleic acid (Sigma Chemical Co.)
15. α -tocopherol (Sigma Chemical Co.)
16. Absolute ethanol
17. ผักปลังส่วนยอด ดอก ใบ ผลอ่อน และผลสุก

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. Rotary evaporator (Buchi Rotavapor R-114)
2. UV-Vis spectrophotometer (Shimadzu UV-2401PC)
3. เครื่องหมุนเหวี่ยง (Harmonic series)
4. เครื่องเขย่า (Clifton Shaking Bath)
5. เครื่องปั่นละเอียด (Moulinex)
6. เครื่อง lyophilizer (FTS Systems, Stone Ridge : USA)
7. เครื่อง vortex mixer (Vortex-Genies 2)
8. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Mettler AE200)

วิธีทดลอง

1. การทดลองศึกษาแบบเชิงสำรวจขั้นต้นโดยใช้น้ำเป็นตัวสกัดหยาบ

1.1 นำผักปลังส่วนยอด ดอก ใบ ผลอ่อนและผลสุก ล้างน้ำให้สะอาดและผึ่งให้แห้ง แบ่งผักปลังแต่ละส่วนเป็น 2 ชุด นำชุดที่หนึ่งมาปั่นด้วยเครื่องปั่นให้ละเอียด จากนั้นจึงนำชุดที่สองมาต้มเป็นเวลา 5 นาที แล้วนำมาปั่นด้วยเครื่องปั่นให้ละเอียด

1.2 ชั่งน้ำหนักผักปลังส่วนยอด ดอก ใบ ผลอ่อน และผลสุกในแต่ละชุดจากข้อ 1.1 ส่วนละ 40 g ใส่ลงในขวดรูปกรวยขนาด 500 mL เติมน้ำ 400 mL เขย่าด้วยเครื่องเขย่าความเร็ว 150 rpm เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปกรองด้วยกรวยบุชเนอร์ แยกส่วนกากทิ้งไป

1.3 นำสารสกัดชั้นน้ำ ไปทำให้แห้งด้วยเครื่อง lyophilizer ได้สารสกัดแห้ง ชั่งน้ำหนักสารสกัดที่ได้ แล้วคำนวณเป็นน้ำหนักสารสกัดแห้งในหน่วย mg/100 g ผักปลังสด

1.4 นำสารสกัดแห้งที่ได้ในแต่ละส่วนไปหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และทดสอบสมบัติการยับยั้ง DPPH radical เปรียบเทียบกับตัวอย่างผักปลังที่สกัดด้วย methanol

ผลการสกัด พบว่าตัวอย่างผักปลังที่สกัดด้วยน้ำ ให้ปริมาณสารสกัดแห้งและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกต่ำกว่า รวมทั้งมีสมบัติการยับยั้ง DPPH radical ต่ำกว่าตัวอย่างผักปลังที่สกัดด้วย methanol ดังนั้นจึงใช้สารสกัดจากผักปลังที่สกัดด้วย methanol ในการศึกษานี้

2. การสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากผักปลัง

2.1 นำผักปลังส่วนยอด ดอก ใบ ผลอ่อนและผลสุก ล้างน้ำให้สะอาดและผึ่งให้แห้ง แบ่งผักปลังแต่ละส่วนเป็น 2 ชุด นำชุดที่หนึ่งมาปั่นด้วยเครื่องปั่นให้ละเอียด จากนั้นจึงนำชุดที่สองมาต้มเป็นเวลา 5 นาที แล้วนำมาปั่นด้วยเครื่องปั่นให้ละเอียด

2.2 ชั่งน้ำหนักผักปลังส่วนยอด ดอก ใบ ผลอ่อน และผลสุกในแต่ละชุดจากข้อ 1.1 ส่วนละ 40 g ใส่ลงในขวดรูปกรวยขนาด 500 mL เติม methanol 400 mL เขย่าด้วยเครื่องเขย่าความเร็ว 150 rpm เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปกรองด้วยกรวยบุชเนอร์ แยกส่วนกากทิ้งไป

2.3 นำสารสกัดชั้นเมทานอล ไประเหยตัวทำละลายออกภายใต้ความดันต่ำด้วยเครื่อง Rotary evaporator แล้วนำไปทำให้แห้งด้วยเครื่อง lyophilizer ได้สารสกัดแห้ง ชั่งน้ำหนักสารสกัดที่ได้ แล้วคำนวณเป็นน้ำหนักสารสกัดแห้งในหน่วย mg/100 g ผักปลังสด

3. การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในสารสกัดจากผักปลัง (ดัดแปลงจากวิธีของซีแอมบารา และคณะ : 2002)

3.1 ชั่ง gallic acid 0.0100 g ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 mL ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น จะได้สารละลาย gallic acid ที่มีความเข้มข้น 100 µg/mL

3.2 ปิเปตสารละลาย gallic acid ที่มีความเข้มข้น 100 µg/mL ปริมาตร 7.50, 10.00, 12.50, 15.00 และ 17.50 mL ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 mL ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น จะได้สารละลาย gallic acid ที่มีความเข้มข้น 30, 40, 50, 60 และ 70 µg/mL ตามลำดับ

3.3 ชั่งสารสกัดจากผักปลังทั้ง 2 ชุด ชุดละ 0.025 g ในแต่ละส่วน ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 mL ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น จะได้สารละลายของสารสกัดที่มีความเข้มข้น 500 µg/mL

3.4 ปิเปตสารละลาย gallic acid ที่ความเข้มข้นต่างๆ ความเข้มข้นละ 0.4 mL ลงในหลอดทดลอง เติม 10% Folin-Ciocalteu reagent ปริมาตร 2 mL เขย่าให้เข้ากัน ตั้งพักไว้ 5 นาที จากนั้นเติม 7.5% sodium carbonate ปริมาตร 1.6 mL ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที

3.5 ปิเปตสารละลายของสารสกัดจากผักปลังที่มีความเข้มข้น 500 µg/mL ปริมาตร 0.4 mL ลงในหลอดทดลอง เติม 10% Folin-Ciocalteu reagent ปริมาตร 2 mL เขย่าให้เข้ากัน ตั้งพักไว้ 5 นาที จากนั้นเติม 7.5% sodium carbonate ปริมาตร 1.6 mL ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที

3.6 นำสารที่ได้จากข้อ 2.4 และ 2.5 มาวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 nm สร้างกราฟมาตรฐานของสารละลาย gallic acid ที่ช่วงความเข้มข้น 0 – 70 µg/mL

3.7 หาปริมาณของสารประกอบฟีนอลิก โดยนำค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดจากผักปลังเทียบกับกราฟมาตรฐานของ gallic acid เป็น gallic acid equivalents (GAE)

4. การศึกษาสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากผักปลัง

4.1 การวัดสมบัติในการยับยั้ง DPPH radical (ดัดแปลงจากวิธีของลี และคณะ :

2002)

4.1.1 ชั่ง BHT 0.0100 g ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 mL ปรับปริมาตรด้วย absolute ethanol จะได้สารละลาย BHT ที่มีความเข้มข้น 100 µg/mL

4.1.2 ปิเปตสารละลาย BHT ที่มีความเข้มข้น 100 µg/mL ปริมาตร 1.25, 2.50, 3.75, 5.00 และ 6.25 mL ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 mL ปรับปริมาตรด้วย absolute ethanol จะได้สารละลาย BHT ที่มีความเข้มข้น 5, 10, 15, 20 และ 25 µg/mL ตามลำดับ

4.1.3 ปิเปตสารละลาย BHT ที่ความเข้มข้นต่างๆ ความเข้มข้นละ 500 µL ลงในหลอดทดลอง เติม 0.1 mM DPPH ปริมาตร 500 µL ลงไปทุกหลอดทดลอง ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixer ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 nm

4.1.4 ปิเปตสารละลายของสารสกัดจากผักปลังที่ความเข้มข้นต่างๆ ความเข้มข้นละ 500 µL ลงในหลอดทดลอง เติม 0.1 mM DPPH ปริมาตร 500 µL ลงไปทุกหลอดทดลอง ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixer ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 nm

4.1.5 คำนวณหา % inhibition

4.2 การวัดสมบัติการเป็นสารจับ hydroxyl radical (HO[•]) (ดัดแปลงจากวิธีของ

ซิแดมบารา และคณะ : 2002)

4.2.1 ปิเปตสารละลายของสารสกัดจากผักปลังที่ความเข้มข้นต่างๆ ความเข้มข้นละ 1 mL ลงในหลอดทดลอง

4.2.2 เติมสารละลาย iron-EDTA ปริมาตร 1 mL สารละลาย 0.018% EDTA ปริมาตร 0.5 mL และสารละลาย 0.85% DMSO (ใน 0.1 M phosphate buffer pH 7.4) ปริมาตร 1 mL ลงในหลอดทดลองที่มีสารสกัดจากผักปลัง

4.2.3 เติมสารละลาย 0.22% ascorbic acid ปริมาตร 0.5 mL ลงไปเพื่อเริ่มปฏิกิริยาในหลอดทดลอง

4.2.4 นำหลอดทดลองไปให้ความร้อนใน water bath ที่อุณหภูมิ 80 – 90 °C เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นหยุดปฏิกิริยาโดยการเติม 17.5% ice-cold TCA ปริมาตร 1 mL และ Nash reagent ปริมาตร 3 mL ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 นาที แล้วนำมา วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 412 nm

4.2.5 คำนวณหา % [•]OH scavenging

4.3 การวัดสมบัติการเป็นสารจับ superoxide anion radical ($O_2^{\cdot-}$) (ดัดแปลงจากวิธีของลี และคณะ : 2002)

4.3.1 ปิเปตสารละลายของสารสกัดจากผักปลังที่ความเข้มข้นต่างๆ ความเข้มข้นละ 100 μ L ลงในหลอดทดลอง

4.3.2 เติมสารละลาย 30 mM EDTA ปริมาตร 100 μ L สารละลาย 30 mM hypoxanthine (ใน 50 mM NaOH) ปริมาตร 10 μ L และ 1.42 mM Nitro Blue Tetrazolium (NBT) ปริมาตร 200 μ L ลงในหลอดทดลองที่มีสารสกัดจากผักปลัง ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 นาที

4.3.3 เติมเอนไซม์ xanthine oxidase 0.5 U/mL ปริมาตร 100 μ L และปรับปริมาตรเป็น 3 mL ด้วย 50 mM phosphate buffer pH 7.4 ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 560 nm

4.3.4 คำนวณหา % ($O_2^{\cdot-}$) scavenging

4.4 การวัดสมบัติในการยับยั้ง lipid peroxidation (ดัดแปลงจากวิธีของลี และคณะ : 2002)

4.4.1 ปิเปตสารละลายของสารสกัดจากผักปลังที่ความเข้มข้นต่างๆ ความเข้มข้นละ 400 μ L ลงในหลอดทดลอง เติมสารละลาย 25 mg/mL linoleic acid (ใน absolute ethanol) ปริมาตร 200 μ L และ 50 mM phosphate buffer pH 7.4 ปริมาตร 400 μ L ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 40°C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

4.4.2 ปิเปตสารละลายจากข้อ 4.4.1 มา 100 μ L เติมลงในสารละลายที่ประกอบด้วย 70% ethanol ปริมาตร 3 mL สารละลาย 300 mg/mL ammonium thiocyanate ปริมาตร 100 μ L และสารละลาย 2.45 mg/mL ferrous chloride (ใน 3.5% HCl) ปริมาตร 100 μ L ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 500 nm

4.4.3 คำนวณหา %inhibition

หมายเหตุ : ทุกการทดลองทำซ้ำ 3 ครั้ง

การคำนวณหา % inhibition

$$\% \text{ inhibition} = \frac{\text{control OD} - \text{sample OD}}{\text{control OD}} \times 100$$

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

1. ค่าเฉลี่ย (Mean ; $\bar{X}$) คำนวณได้จากสูตร

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N}$$

เมื่อ X_i คือ ค่าที่ได้จากการทดลองในแต่ละครั้ง

N คือ จำนวนครั้งที่ทำการทดลอง

2. ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation ; SD) คำนวณได้จากสูตร

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

3. ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (Coefficient of variation ; CV) คำนวณได้จากสูตร

$$CV = \frac{SD}{\bar{X}} \times 100$$

บทที่ 4

ผลการวิจัย

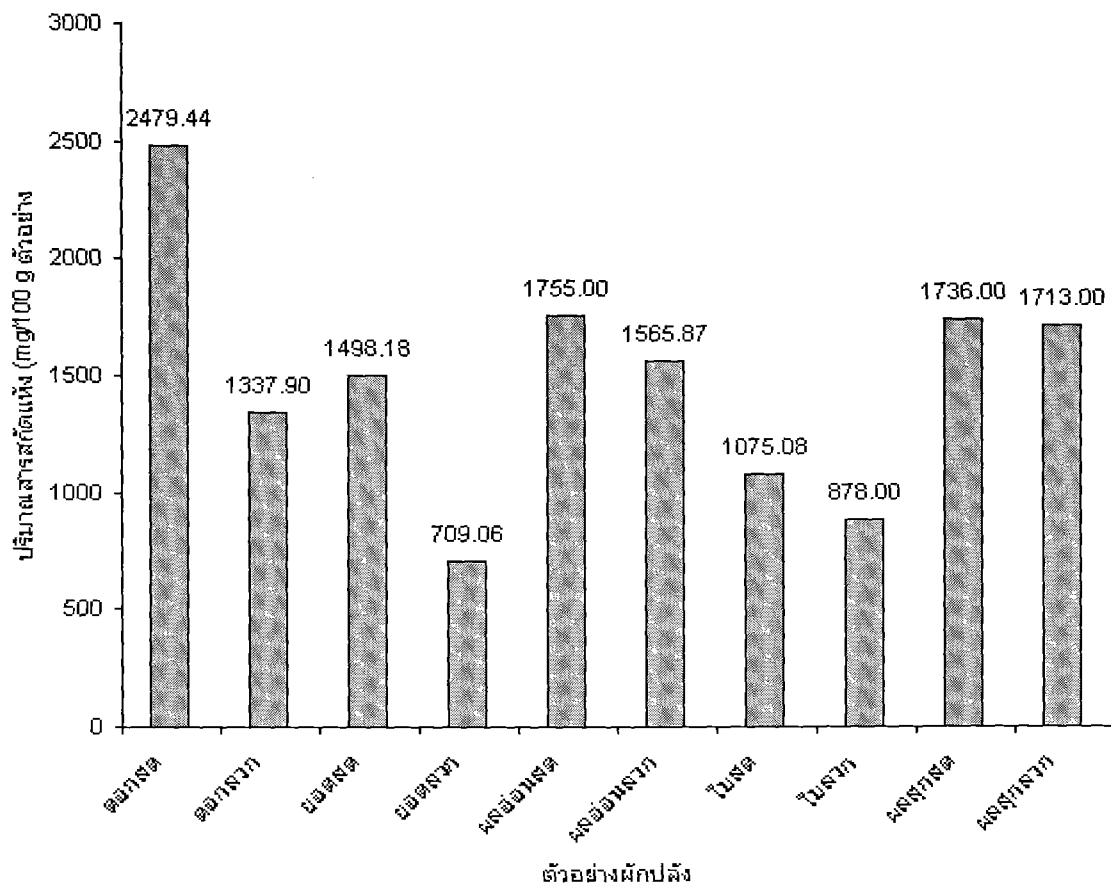
1. ผลการสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากผักปลัง

จากการสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากตัวอย่างผักปลังส่วนต่างๆ ทั้งที่สดและผ่านการลวก ได้แก่ ดอกสด ดอกลวก ยอดสด ยอดลวก ผลอ่อนสด ผลอ่อนลวก ใบสด ใบลวก ผลสุกสด และผลสุกลวก โดยใช้ตัวอย่างละ 40 g สกัดด้วย methanol 400 mL และนำมาระเหยตัวทำละลายออกภายใต้ความดันต่ำ จากนั้นทำให้แห้งด้วยเครื่อง lyophilizer ชั่งน้ำหนักสารสกัดแห้ง นำมาคำนวณเป็นน้ำหนักสารสกัดแห้งต่อ 100 g ตัวอย่าง พบว่า ปริมาณสารสกัดแห้งจากดอกสดมีมากที่สุดคือ 2479.44 mg และยอดลวกมีปริมาณสารสกัดแห้งน้อยที่สุดคือ 709.06 mg ดังภาพประกอบ 4

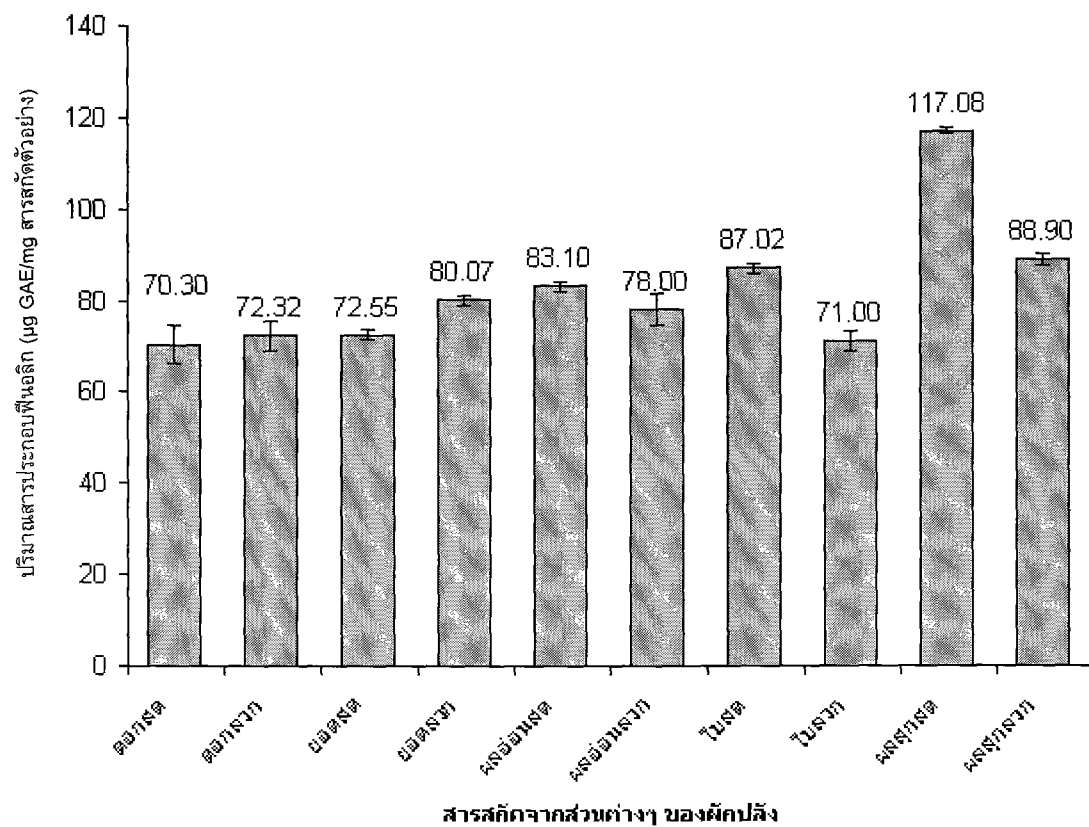
2. ผลการหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในสารสกัดจากผักปลัง

จากการหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในสารสกัดแห้งที่ได้จากผักปลังส่วนต่างๆ โดยใช้ gallic acid เป็นสารประกอบฟีนอลิกมาตรฐาน พบว่า สารสกัดแห้งจากผลสุกสดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากที่สุดคือ 117.08 μg GAE/mg สารสกัดแห้ง ในขณะที่สารสกัดแห้งจาก ดอกสด มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกน้อยที่สุดคือ 70.30 μg GAE/mg สารสกัดแห้ง ดังภาพ ประกอบ 5

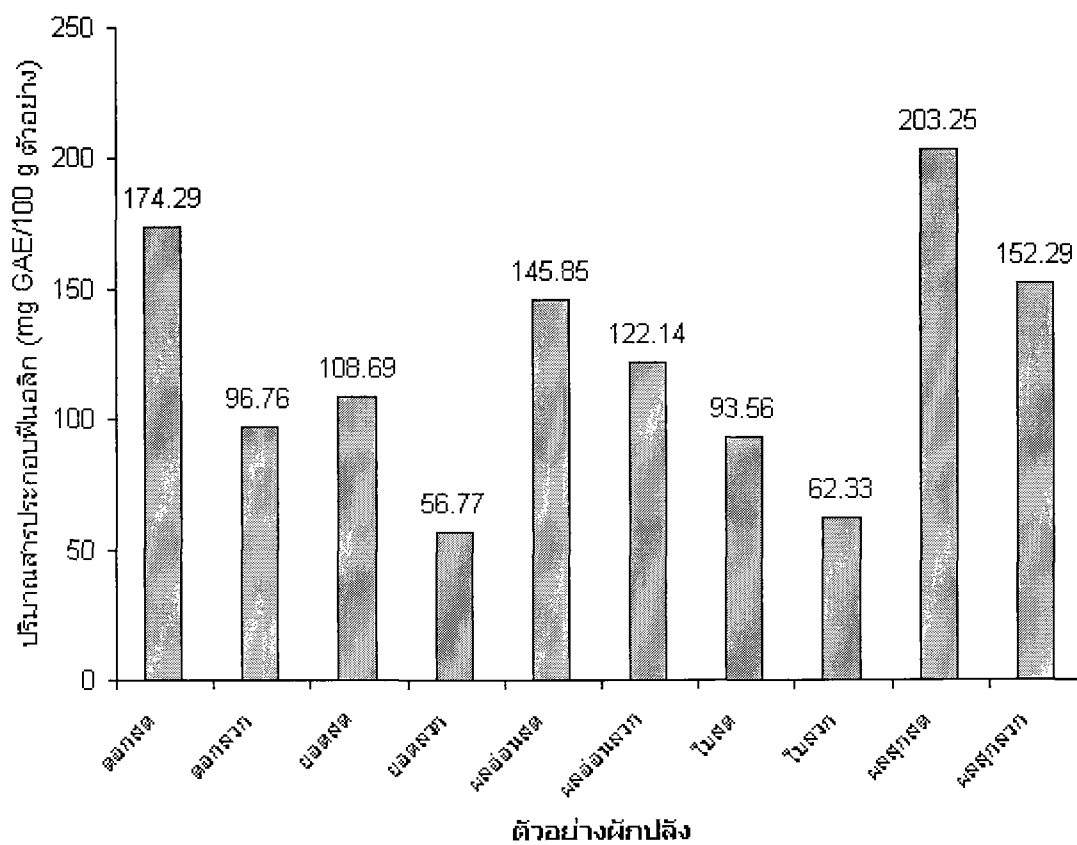
เมื่อนำมาคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเป็น mg GAE/100 g ตัวอย่าง พบว่า ผลสุกสดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากที่สุดคือ 203.25 mg ในขณะที่ยอดลวกมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกน้อยที่สุดคือ 56.77 mg ดังภาพประกอบ 6



ภาพประกอบ 4 ปริมาณสารสกัดแห้งที่ได้จากการสกัดส่วนต่างๆ ของผักปลังด้วย methanol (mg/100 g ตัวอย่าง)



ภาพประกอบ 5 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของสารสกัดจากผักปลัง (µg GAE/mg สารสกัดแห้ง)



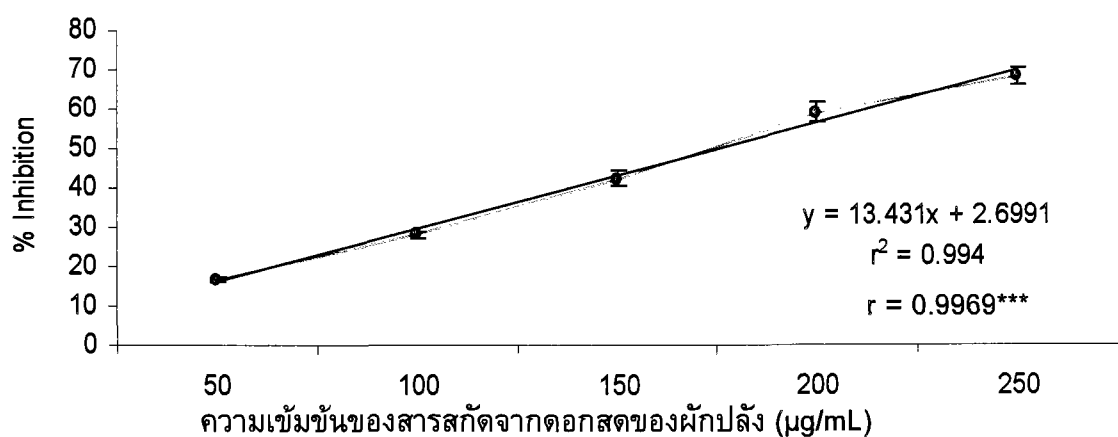
ภาพประกอบ 6 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในตัวอย่างจากส่วนต่างๆ ของผักปลัง
(mg GAE/100 g ตัวอย่าง)

3. ผลการศึกษาสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากผักปลัง

3.1 ผลการวัดสมบัติในการยับยั้ง DPPH radical

DPPH radical เป็นสารอนุมูลอิสระสังเคราะห์ เมื่อละลายในเอทานอล จะเห็นเป็นสารละลายสีม่วง และเมื่อได้รับ hydrogen radical ($H^\bullet$) สารละลายสีม่วงจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง ซึ่งสามารถวัดค่าการดูดกลืนแสงได้ที่ความยาวคลื่น 517 nm

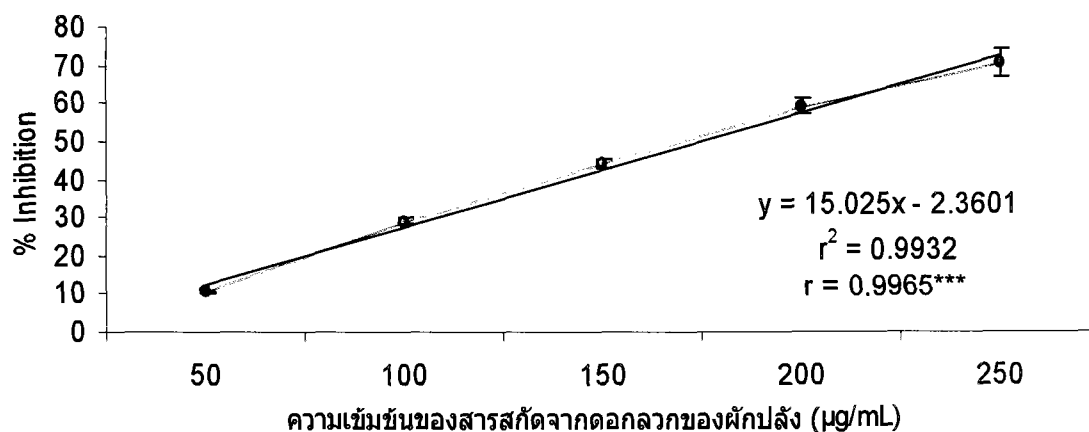
เมื่อนำสารละลายของสารสกัดจากตัวอย่างผักปลังที่มีความเข้มข้นต่างๆ ทำปฏิกิริยากับสารละลายของ 0.1 mM DPPH radical พบว่า สารสกัดจากดอกสดของผักปลังในช่วงความเข้มข้น 50 – 250 $\mu\text{g/mL}$ ให้ % inhibition เป็น 16.81 - 68.55 % เมื่อนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดกับ % inhibition ได้กราฟดังภาพประกอบ 7 โดยมีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดจากดอกสดของผักปลังกับ % inhibition อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $\alpha = 0.005$ ($r = 0.9969^{***} > \alpha = 0.005$, $df = 4$, $r = 0.917$)



($r = 0.9969^{***} > \alpha = 0.005$, $df = 4$, $r = 0.917$)

ภาพประกอบ 7 ความสามารถในการยับยั้ง 0.1 mM DPPH radical ของสารสกัดจากดอกสดของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้น 50 - 250 $\mu\text{g/mL}$

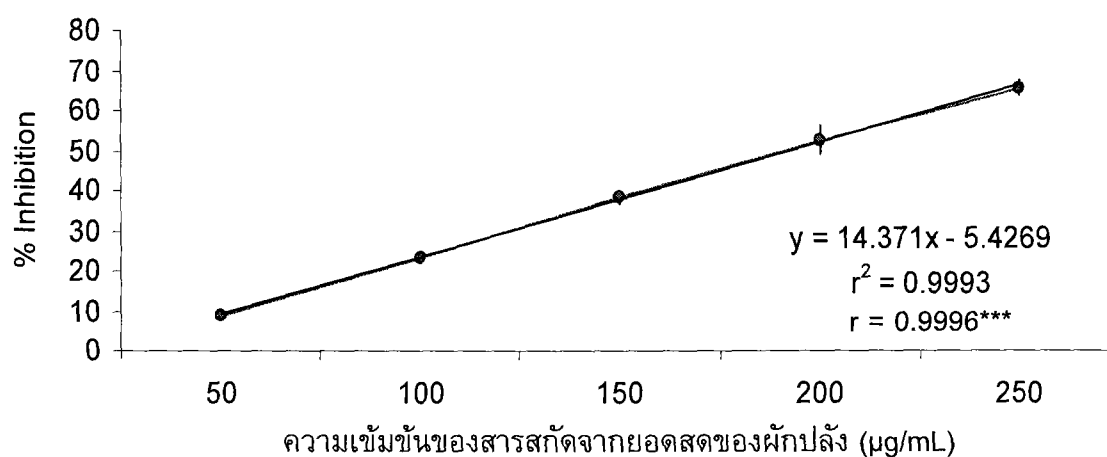
สารสกัดจากดอกหลวงของผักปลัง ที่ความเข้มข้น 50-250 $\mu\text{g/mL}$ ให้ % inhibition ต่อ 0.1 mM DPPH radical เป็น 10.52 - 70.61 % เมื่อนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดกับ % inhibition ได้กราฟดังภาพประกอบ 8 โดยมีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดจากดอกหลวงของผักปลังกับ % inhibition อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $\alpha = 0.005$ ($r = 0.9965^{***} > \alpha = 0.005$, $df = 4$, $r = 0.917$)



($r = 0.9965^{***} > \alpha = 0.005$, $df = 4$, $r = 0.917$)

ภาพประกอบ 8 ความสามารถในการยับยั้ง 0.1 mM DPPH radical ของสารสกัดจากดอกหลวงของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้น 50 -250 $\mu\text{g/mL}$

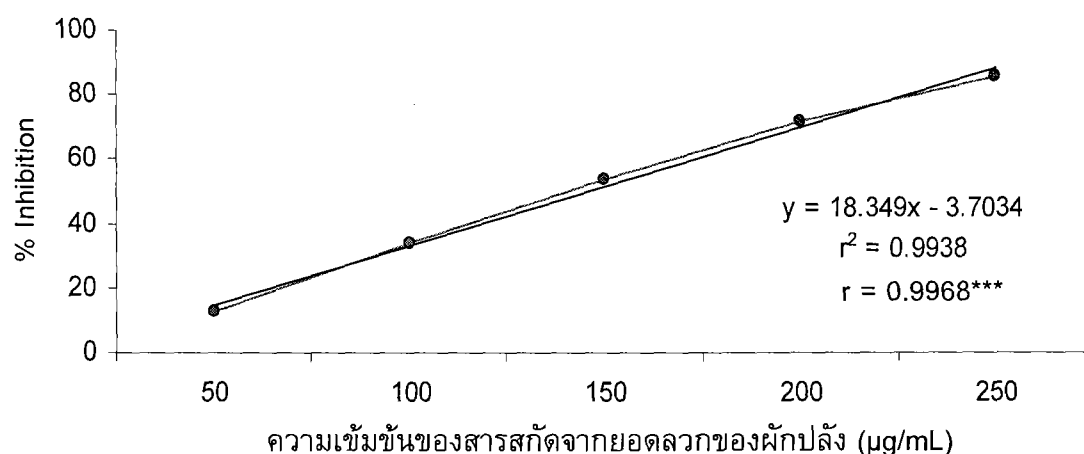
สารสกัดจากยอดสดของผักปลัง ที่ความเข้มข้น 50-250 $\mu\text{g/mL}$ ให้ % inhibition ต่อ 0.1 mM DPPH radical เป็น 8.50 - 65.67 % เมื่อนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดกับ % inhibition ได้กราฟดังภาพประกอบ 9 โดยมีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดจากยอดสดของผักปลังกับ % inhibition อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $\alpha = 0.005$ ($r = 0.9996^{***} > \alpha = 0.005$, $df = 4$, $r = 0.917$)



$$(r = 0.9996^{***} > \alpha = 0.005, df = 4, r = 0.917)$$

ภาพประกอบ 9 ความสามารถในการยับยั้ง 0.1 mM DPPH radical ของสารสกัดจากยอดสดของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้น 50 - 250 µg/mL

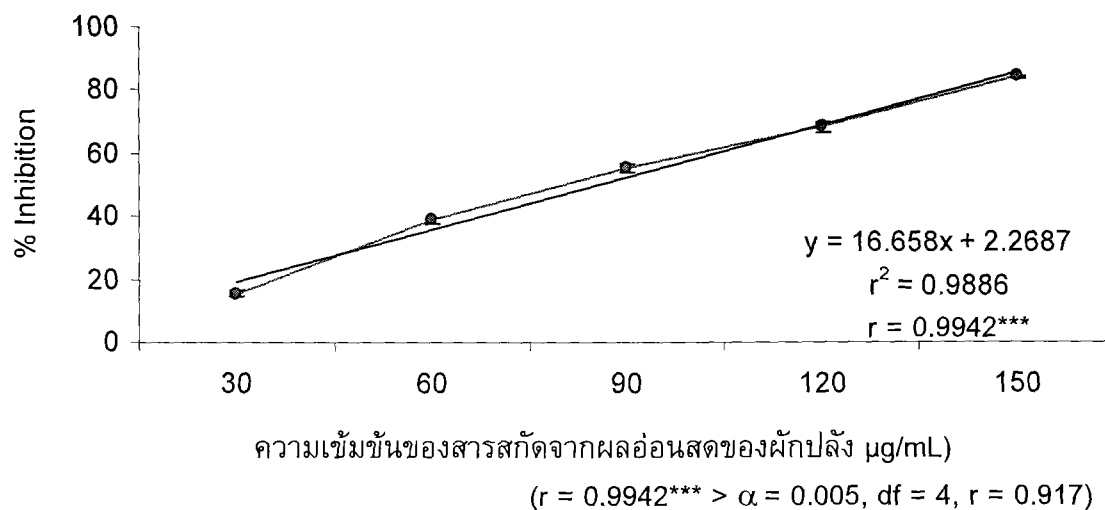
สารสกัดจากยอดสดของผักปลัง ที่ความเข้มข้น 50-250 µg/mL ให้ % inhibition ต่อ 0.1 mM DPPH radical เป็น 12.39 - 85.39 % เมื่อนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดกับ % inhibition ได้กราฟดังภาพประกอบ 10 โดยมีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดจากยอดสดของผักปลังกับ % inhibition อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $\alpha = 0.005$ ($r = 0.9968^{***} > \alpha = 0.005, df = 4, r = 0.917$)



$$(r = 0.9968^{***} > \alpha = 0.005, df = 4, r = 0.917)$$

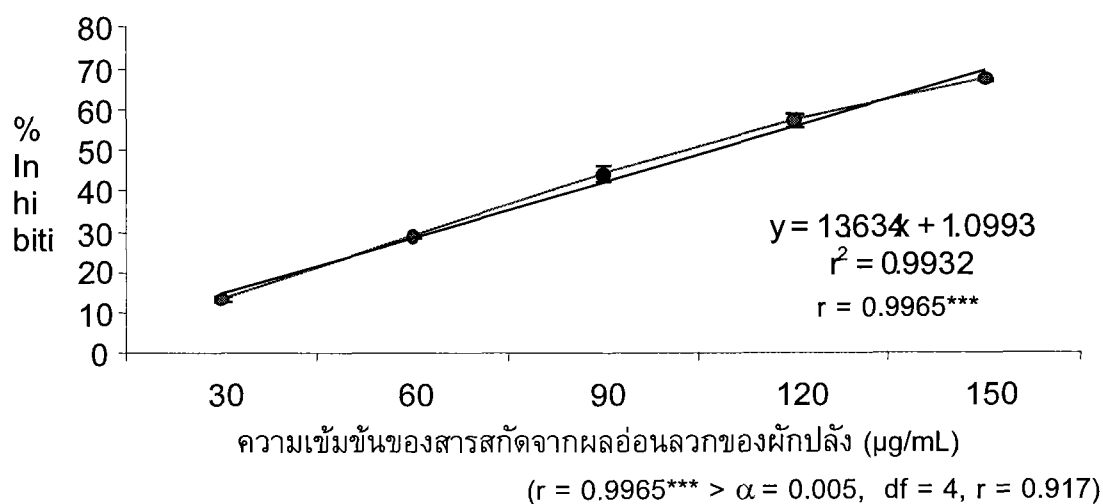
ภาพประกอบ 10 ความสามารถในการยับยั้ง 0.1 mM DPPH radical ของสารสกัดจากยอดสดของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้น 50 - 250 µg/mL

สารสกัดจากผลอ่อนสดของผักปลัง ที่ความเข้มข้น 30-150 $\mu\text{g/mL}$ ให้ % inhibition ต่อ 0.1 mM DPPH radical เป็น 15.44 - 83.91 % เมื่อนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดกับ % inhibition ได้กราฟดังภาพประกอบ 11 โดยมีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดจากผลอ่อนสดของผักปลังกับ % inhibition อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $\alpha = 0.005$ ($r = 0.9942^{***} > \alpha = 0.005$, $df = 4$, $r = 0.917$)



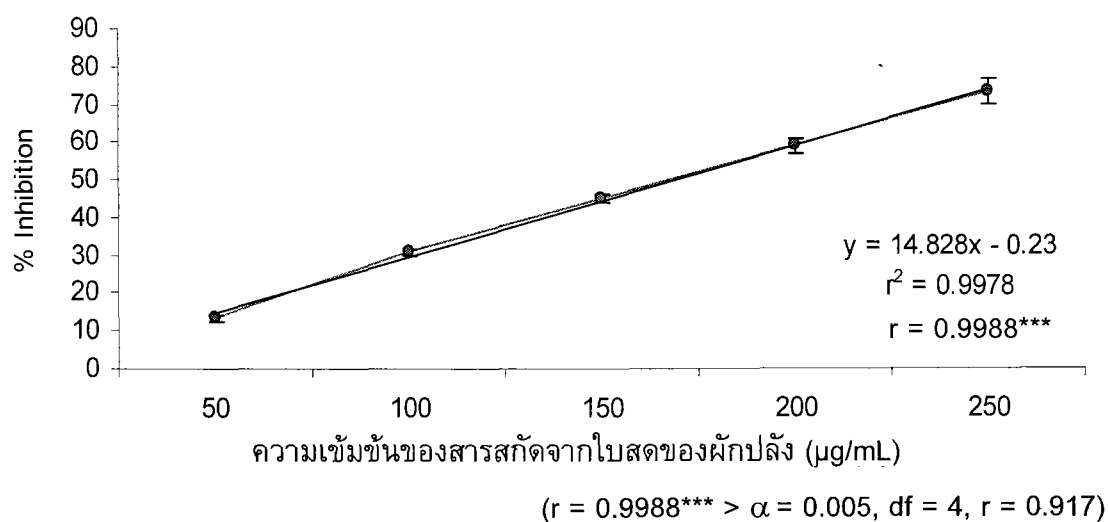
ภาพประกอบ 11 ความสามารถในการยับยั้ง 0.1 mM DPPH radical ของสารสกัดจากผลอ่อนสดของผักปลังในช่วงความเข้มข้น 30 - 150 $\mu\text{g/mL}$ radical

สารสกัดจากผลอ่อนลวกของผักปลัง ที่ความเข้มข้น 30-150 $\mu\text{g/mL}$ ให้ % inhibition ต่อ 0.1 mM DPPH radical เป็น 13.26 - 67.14 % เมื่อนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดกับ % inhibition ได้กราฟดังภาพประกอบ 12 โดยมีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดจากผลอ่อนลวกของผักปลังกับ % inhibition อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $\alpha = 0.005$ ($r = 0.9965^{***} > \alpha = 0.005$, $df = 4$, $r = 0.917$)



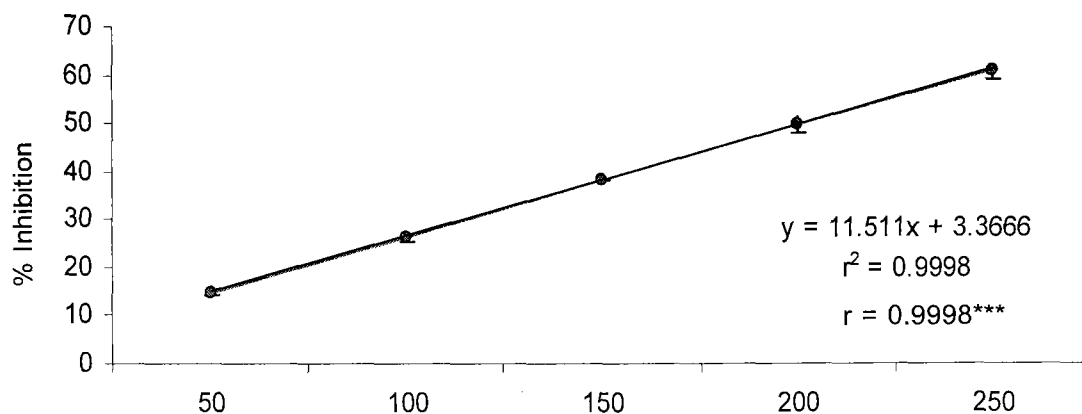
ภาพประกอบ 12 ความสามารถในการยับยั้ง 0.1 mM DPPH radical ของสารสกัดจาก ผลอ่อนลูกของผักปลังในช่วงความเข้มข้น 30 - 150 µg/mL

สารสกัดจากใบสดของผักปลัง ที่ความเข้มข้น 50-250 µg/mL ให้ % inhibition ต่อ 0.1 mM DPPH radical เป็น 13.23 - 73.30 % เมื่อนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้มข้นของสารสกัดกับ % inhibition ได้กราฟดังภาพประกอบ 13 โดยมีค่าสหสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้มข้นของสารสกัดจากใบสดของผักปลังกับ % inhibition อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $\alpha = 0.005$ ($r = 0.9988^{***} > \alpha = 0.005$, $df = 4$, $r = 0.917$)



ภาพประกอบ 13 ความสามารถในการยับยั้ง 0.1 mM DPPH radical ของสารสกัดจาก ใบสดของ ผักปลัง ในช่วงความเข้มข้น 50-250 µg/mL

สารสกัดจากใบพลูของผักปลัง ที่ความเข้มข้น 50-250 $\mu\text{g/mL}$ ให้ % inhibition ต่อ 0.1 mM DPPH radical เป็น 14.39 - 60.61 % เมื่อนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดกับ % inhibition ได้กราฟดังภาพประกอบ 14 โดยมีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดจากใบพลูของผักปลังกับ % inhibition อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $\alpha = 0.005$ ($r = 0.9998^{***} > \alpha = 0.005$, $df = 4$, $r = 0.917$)

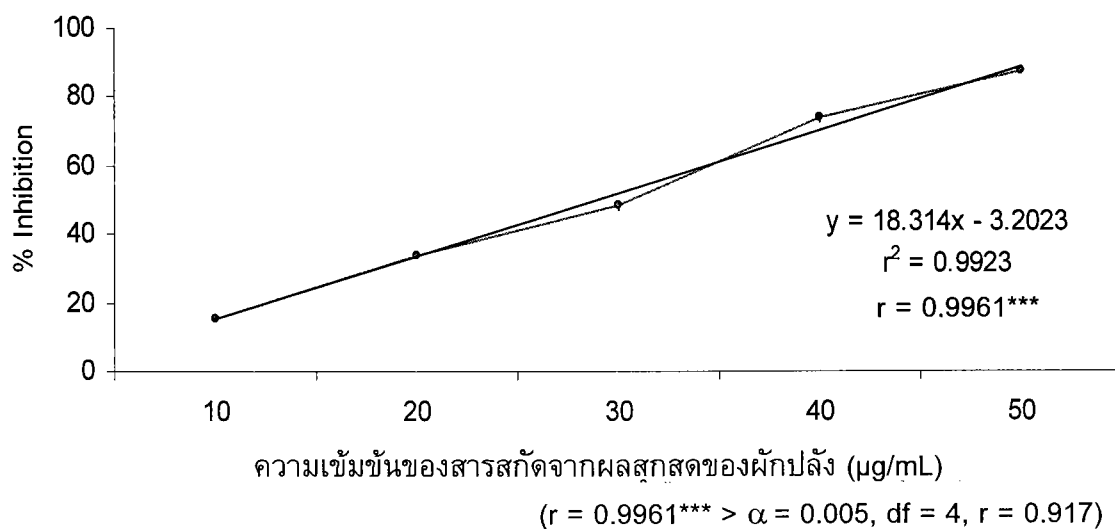


ความเข้มข้นของสารสกัดจากใบพลูของผักปลัง ($\mu\text{g/mL}$)

($r = 0.9998^{***} > \alpha = 0.005$, $df = 4$, $r = 0.917$)

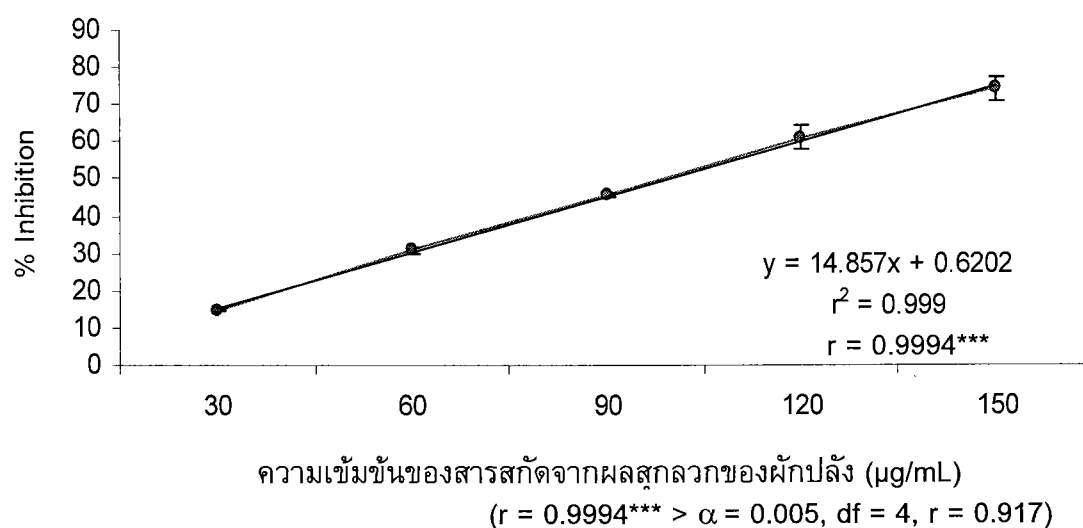
ภาพประกอบ 14 ความสามารถในการยับยั้ง 0.1 mM DPPH radical ของสารสกัดจากใบพลูของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้น 50-250 $\mu\text{g/mL}$

สารสกัดจากผลสุกสดของผักปลัง ที่ความเข้มข้น 10-50 $\mu\text{g/mL}$ ให้ % inhibition ต่อ 0.1 mM DPPH radical เป็น 15.54 - 87.27 % เมื่อนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดกับ % inhibition ได้กราฟดังภาพประกอบ 15 โดยมีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดจากผลสุกสดของผักปลังกับ % inhibition อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $\alpha = 0.005$ ($r = 0.9961^{***} > \alpha = 0.005$, $df = 4$, $r = 0.917$)



ภาพประกอบ 15 ความสามารถในการยับยั้ง 0.1 mM DPPH radical ของสารสกัดจากผลสุกสดของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้น 10 - 50 $\mu\text{g/mL}$

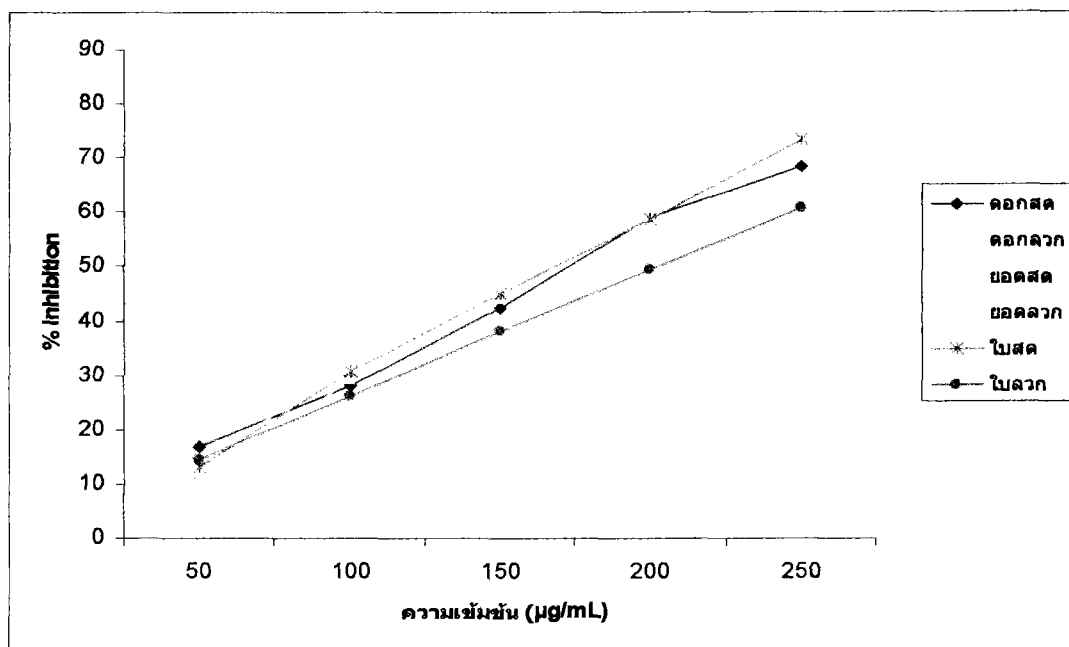
สารสกัดจากผลสุกลวกของผักปลัง ที่ความเข้มข้น 30-150 $\mu\text{g/mL}$ ให้ % inhibition ต่อ 0.1 mM DPPH radical เป็น 14.86 - 74.03 % เมื่อนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดกับ % inhibition ได้กราฟดังภาพประกอบ 16 โดยมีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดจากผลสุกลวกของผักปลังกับ % inhibition อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $\alpha = 0.005$ ($r = 0.9994^{***} > \alpha = 0.005$, $df = 4$, $r = 0.917$)



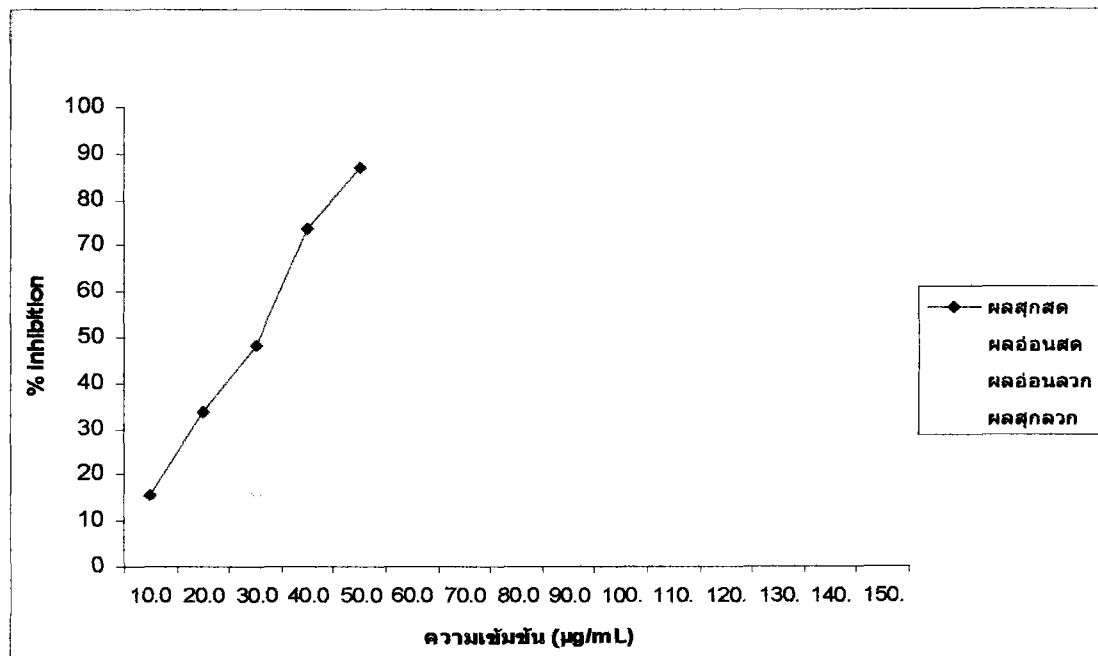
ภาพประกอบ 16 ความสามารถในการยับยั้ง 0.1 mM DPPH radical ของสารสกัดจากผลสุกลวกของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้น 30 - 150 $\mu\text{g/mL}$

จากผลการทดลองการยับยั้ง 0.1 mM DPPH radical ของสารสกัดจากผักปลังทั้ง 10 ตัวอย่าง เมื่อนำมาเขียนเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % inhibition กับความเข้มข้นของสารสกัด ได้ผลดังภาพประกอบ 17ก และ 17ข

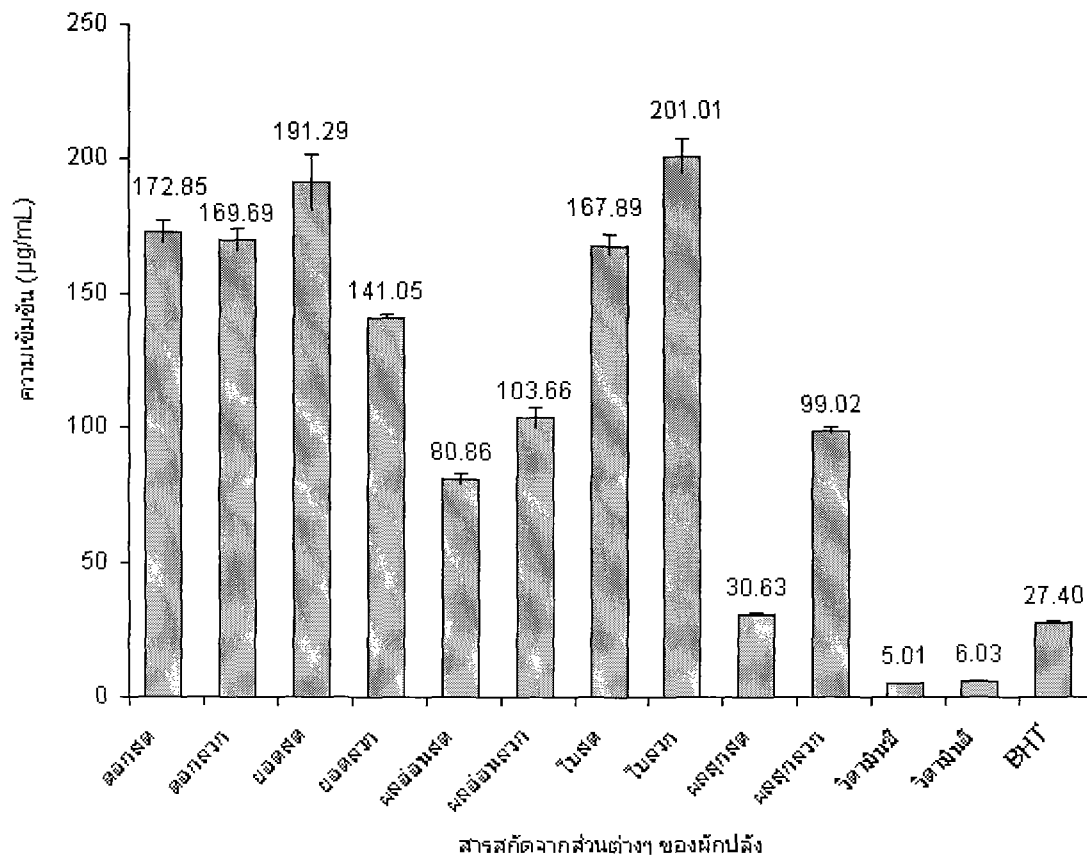
เมื่อนำค่าความเข้มข้นของสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของผักปลัง ที่สามารถยับยั้ง DPPH radical ได้ 50% (IC_{50}) มาสร้างเป็นกราฟ พบว่า สารสกัดจากผลสุกสดของผักปลังมีค่า IC_{50} น้อยที่สุดคือ $30.63 \pm 0.49 \mu\text{g/mL}$ ในขณะที่สารสกัดจากใบลวกของผักปลังมีค่า IC_{50} มากที่สุดคือ $201.01 \pm 6.34 \mu\text{g/mL}$ ดังภาพประกอบ 18



ภาพประกอบ 17ก กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % inhibition ของการยับยั้ง 0.1 mM DPPH radical กับความเข้มข้นของสารสกัดจากดอกสด ดอกลวก ยอดสด ยอดลวก ใบสด และ ใบลวก ของผักปลัง



ภาพประกอบ 17ข กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % inhibition ของการยับยั้ง 0.1 mM DPPH radical กับความเข้มข้นของสารสกัดจากผลสุกสด ผลอ่อนสด ผลอ่อนลวก และผลสุกลวก ของผักปลัง



ภาพประกอบ 18 IC_{50} ของสารสกัดด้วย methanol จากส่วนต่างๆ ของผักปลัง ต่อการยับยั้ง 0.1 mM DPPH radical

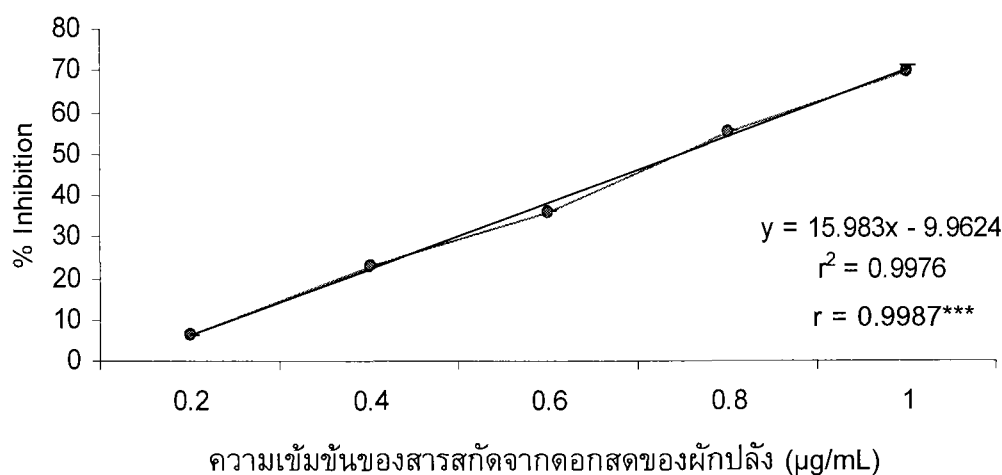
3.2 ผลการวัดสมบัติการเป็นสารจับ hydroxyl radical (HO[•])

การศึกษาสมบัติการเป็นสารจับ HO[•] ทำโดยการสังเคราะห์ HO[•] จากปฏิกิริยาระหว่าง iron-EDTA และ ascorbate

HO[•] ที่สังเคราะห์ขึ้นจะทำปฏิกิริยากับ DMSO ได้ formaldehyde ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับ Nash reagent แล้วทำให้สีเหลืองของ Nash reagent เข้มขึ้น และมีค่าการดูดกลืนแสงสูงขึ้นเมื่อวัดที่ความยาวคลื่น 412 nm ดังนั้นถ้าสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของผักปลังสามารถเข้าจับกับ HO[•] ได้ ค่าการดูดกลืนแสงที่ 412 nm จะต่ำกว่าของ control ซึ่งไม่มีสารสกัด

ผลการทดลองพบว่า สารสกัดจากผักปลังทุกส่วนสามารถเข้าจับกับ HO[•] ได้ และมีค่าแตกต่างกันดังนี้

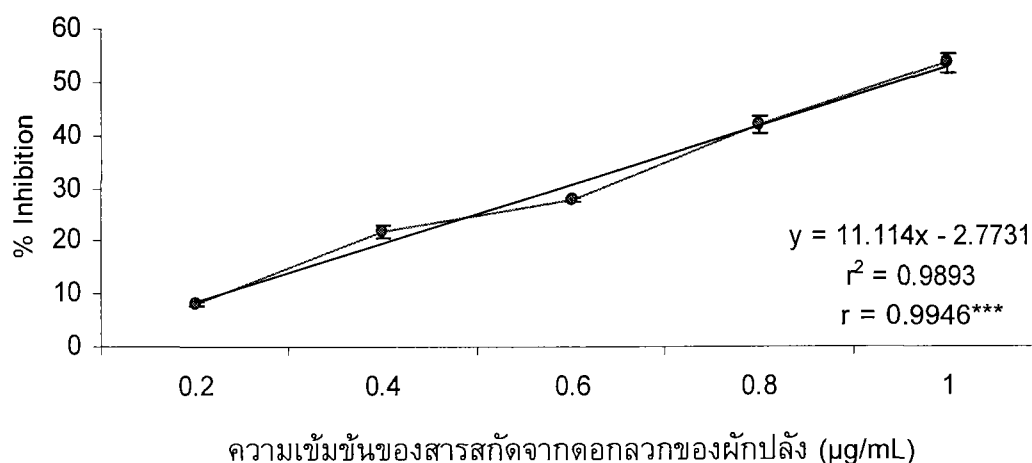
สารสกัดจากดอกสดของผักปลัง ที่ความเข้มข้น 0.2-1.0 mg/mL สามารถเข้าจับกับ HO[•] และให้ % inhibition เป็น 6.11 - 69.80 % เมื่อนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดกับ % inhibition ได้กราฟดังภาพประกอบ 19 โดยมีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดจากดอกสดของผักปลังกับ % inhibition อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $\alpha = 0.005$ ($r = 0.9987^{***} > \alpha = 0.005$, $df = 4$, $r = 0.917$)



$$(r = 0.9987^{***} > \alpha = 0.005, df = 4, r = 0.917)$$

ภาพประกอบ 19 ความสามารถในการเป็นสารจับ hydroxyl radical ของสารสกัดจากดอกสดของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้น 0.2-1.0 mg/mL

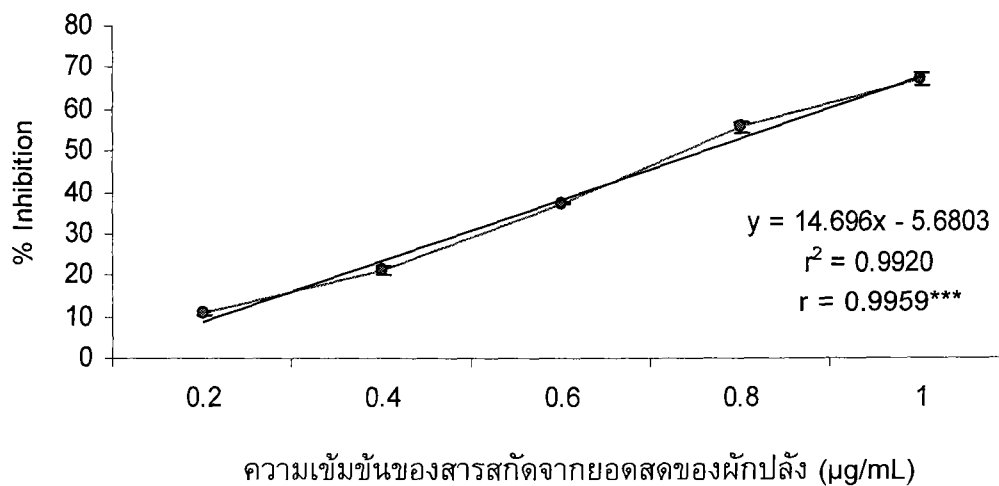
สารสกัดจากดอกกลวงของผักปลัง ที่ความเข้มข้น 0.2-1.0 mg/mL สามารถเข้าจับกับ $\text{HO}^\bullet$ และให้ % inhibition เป็น 8.01 - 53.52 % เมื่อนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดกับ % inhibition ได้กราฟดังภาพประกอบ 20 โดยมีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดจากดอกกลวงของผักปลังกับ % inhibition อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $\alpha = 0.005$ ($r = 0.9946^{***} > \alpha = 0.005$, $df = 4$, $r = 0.917$)



($r = 0.9946^{***} > \alpha = 0.005$, $df = 4$, $r = 0.917$)

ภาพประกอบ 20 ความสามารถในการเป็นสารจับ hydroxyl radical ของสารสกัดจากดอกกลวงของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้น 0.2-1.0 mg/mL

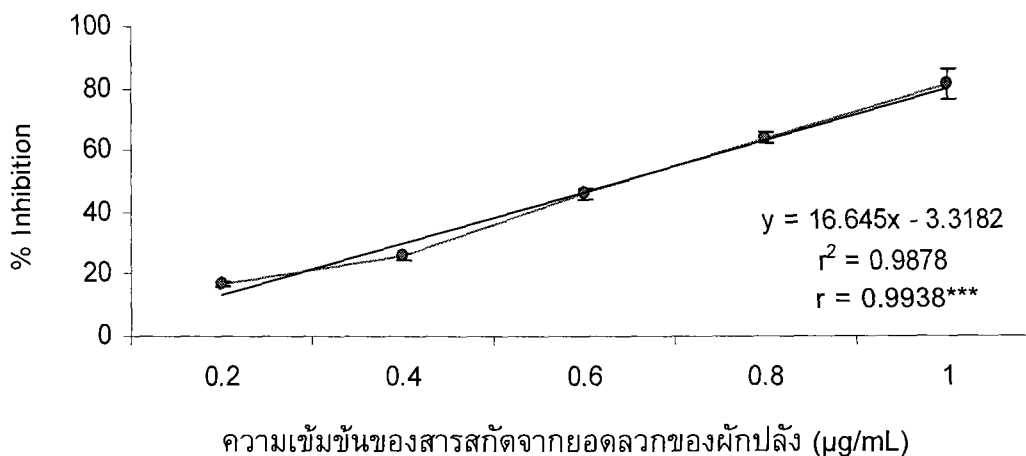
สารสกัดจากยอดสดของผักปลัง ที่ความเข้มข้น 0.2-1.0 mg/mL สามารถเข้าจับกับ $\text{HO}^\bullet$ และให้ % inhibition เป็น 10.89 - 67.20 % เมื่อนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดกับ % inhibition ได้กราฟดังภาพประกอบ 21 โดยมีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดจากยอดสดของผักปลังกับ % inhibition อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $\alpha = 0.005$ ($r = 0.9959^{***} > \alpha = 0.005$, $df = 4$, $r = 0.917$)



$$(r = 0.9959^{***} > \alpha = 0.005, df = 4, r = 0.917)$$

ภาพประกอบ 21 ความสามารถในการเป็นสารจับ hydroxyl radical ของสารสกัดจากยอดสดของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้น 0.2-1.0 mg/mL

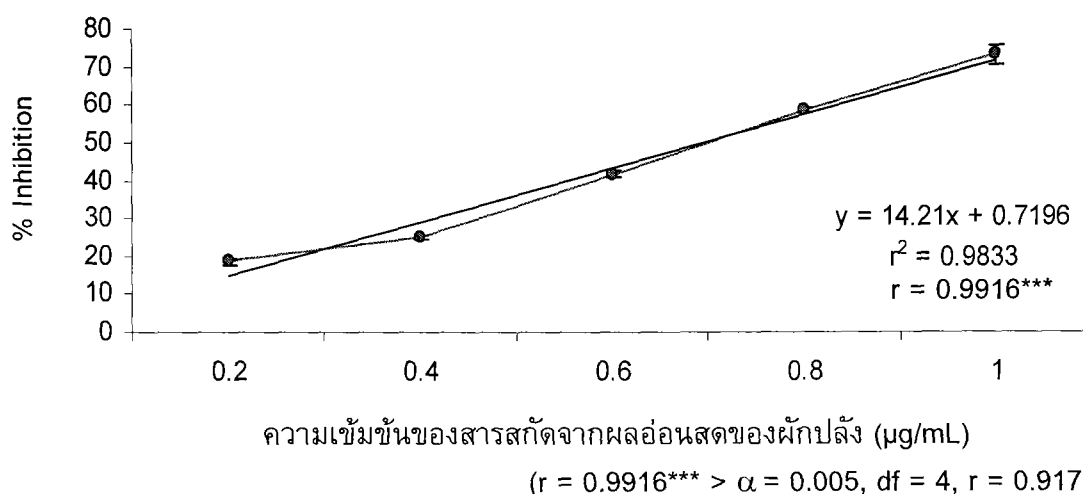
สารสกัดจากยอดสดของผักปลัง ที่ความเข้มข้น 0.2-1.0 mg/mL สามารถเข้าจับกับ $HO^\bullet$ และให้ % inhibition เป็น 16.89 – 80.96 % เมื่อนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดกับ % inhibition ได้กราฟดังภาพประกอบ 22 โดยมีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดจากยอดสดของผักปลังกับ % inhibition อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $\alpha = 0.005$ ($r = 0.9938^{***} > \alpha = 0.005, df = 4, r = 0.917$)



$$(r = 0.9938^{***} > \alpha = 0.005, df = 4, r = 0.917)$$

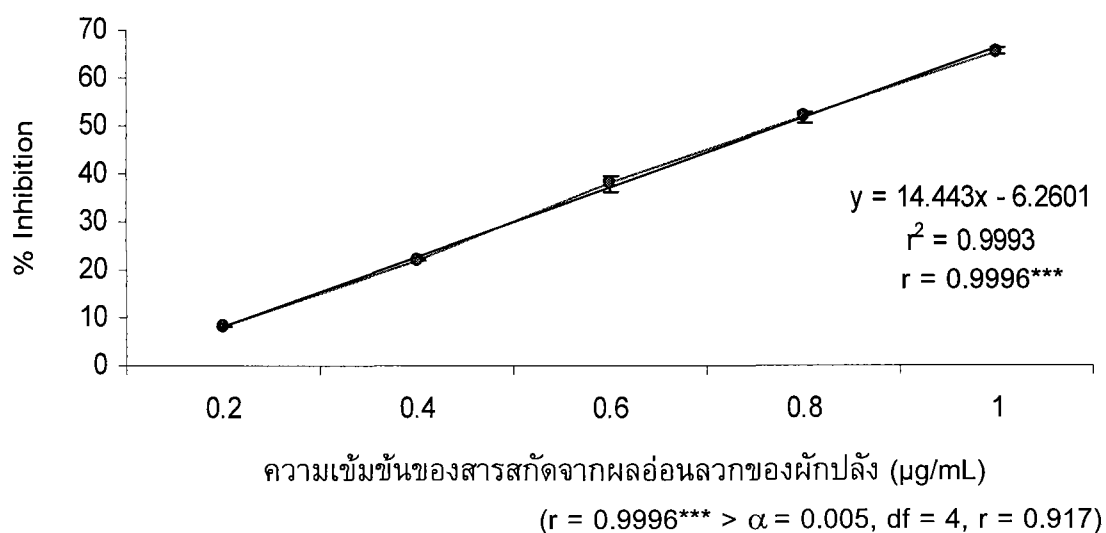
ภาพประกอบ 22 ความสามารถในการเป็นสารจับ hydroxyl radical ของสารสกัดจากยอดสดของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้น 0.2-1.0 mg/mL

สารสกัดจากผลอ่อนสดของผักปลัง ที่ความเข้มข้น 0.2-1.0 mg/mL สามารถเข้าจับกับ $\text{HO}^\bullet$ และให้ % inhibition เป็น 18.56 – 72.97 % เมื่อนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดกับ % inhibition ได้กราฟดังภาพประกอบ 23 โดยมีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดจากผลอ่อนสดของผักปลังกับ % inhibition อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $\alpha = 0.005$ ($r = 0.9916^{***} > \alpha = 0.005$, $df = 4$, $r = 0.917$)



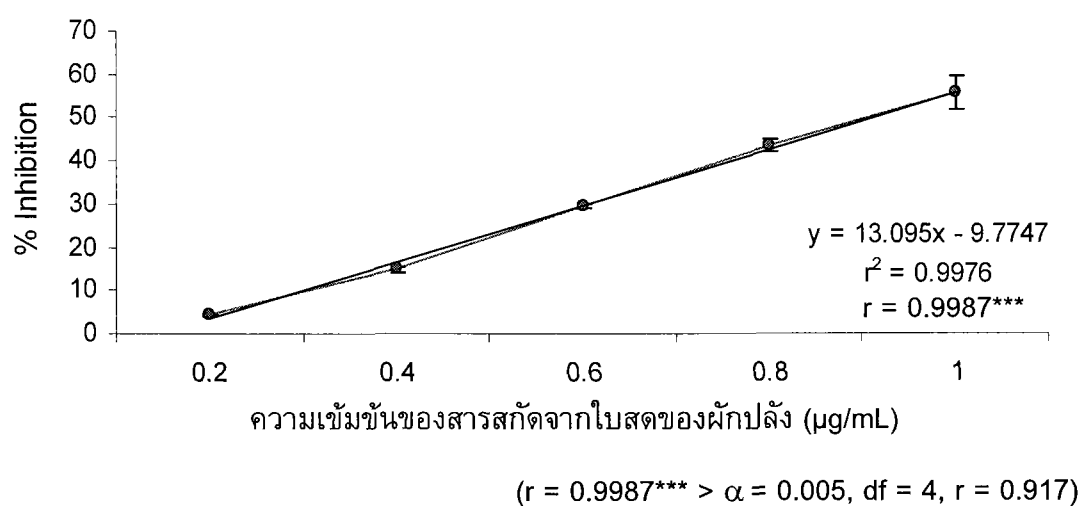
ภาพประกอบ 23 ความสามารถในการเป็นสารจับ hydroxyl radical ของสารสกัดจากผลอ่อนสดของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้น 0.2-1.0 mg/mL

สารสกัดจากผลอ่อนลูกของผักปลัง ที่ความเข้มข้น 0.2-1.0 mg/mL สามารถเข้าจับกับ $\text{HO}^\bullet$ และให้ % inhibition เป็น 8.13 – 65.46 % ดังตาราง 18 เมื่อนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดกับ % inhibition ได้กราฟดังภาพประกอบ 24 โดยมีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดจากผลอ่อนลูกของผักปลังกับ % inhibition อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $\alpha = 0.005$ ($r = 0.9996^{***} > \alpha = 0.005$, $df = 4$, $r = 0.917$)



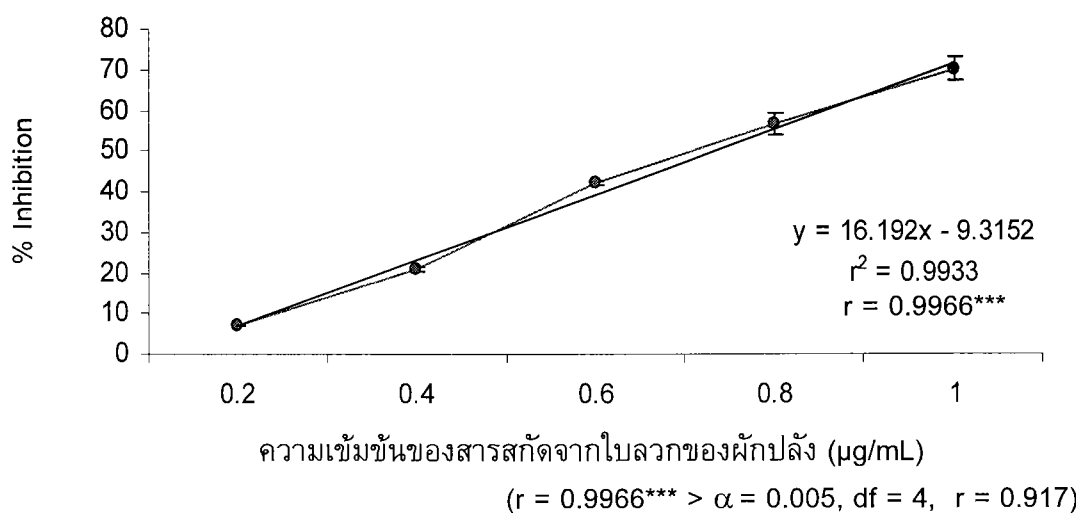
ภาพประกอบ 24 ความสามารถในการเป็นสารจับ hydroxyl radical ของสารสกัดจากผลอ่อนลูกของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้น 0.2-1.0 mg/mL

สารสกัดจากใบสดของผักปลัง ที่ความเข้มข้น 0.2-1.0 mg/mL สามารถเข้าจับกับ $\text{HO}^\bullet$ และให้ % inhibition เป็น 4.20 - 55.35 % เมื่อนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดกับ % inhibition ได้กราฟดังภาพประกอบ 25 โดยมีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดจากใบสดของผักปลังกับ % inhibition อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $\alpha = 0.005$ ($r = 0.9987^{***} > \alpha = 0.005$, $df = 4$, $r = 0.917$)



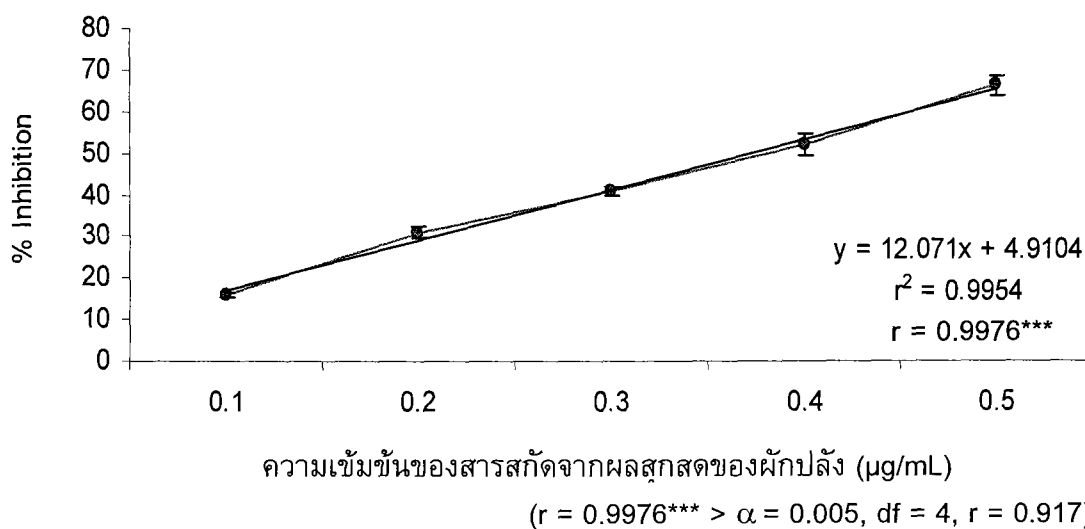
ภาพประกอบ 25 ความสามารถในการเป็นสารจับ hydroxyl radical ของสารสกัดจากใบสดของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้น 0.2-1.0 mg/mL

สารสกัดจากใบพลูของผักปลัง ที่ความเข้มข้น 0.2-1.0 mg/mL สามารถเข้าจับกับ $\text{HO}^\bullet$ และให้ % inhibition เป็น 6.96 – 70.03 % เมื่อนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดกับ % inhibition ได้กราฟดังภาพประกอบ 26 โดยมีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดจากใบพลูของผักปลังกับ % inhibition อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $\alpha = 0.005$ ($r = 0.9966^{***} > \alpha = 0.005$, $df = 4$, $r = 0.917$)



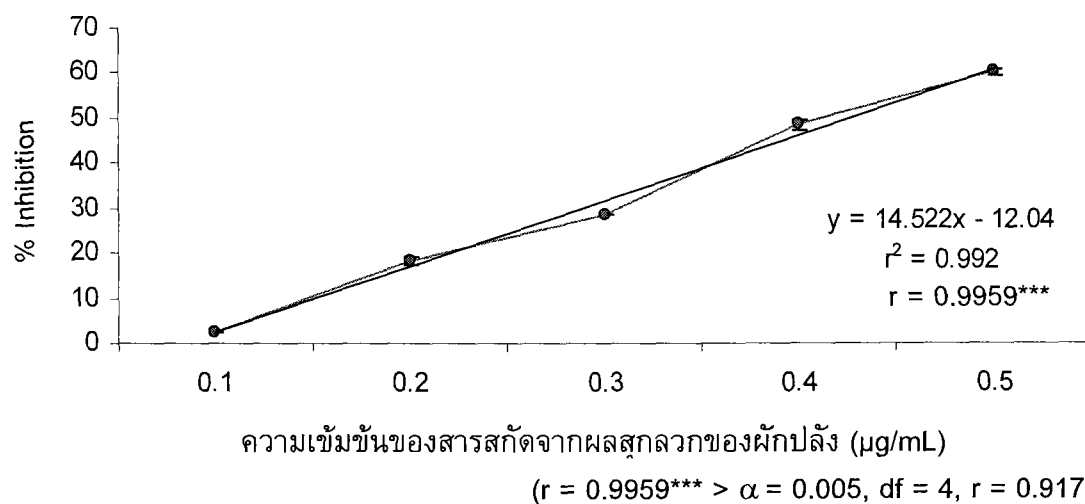
ภาพประกอบ 26 ความสามารถในการเป็นสารจับ hydroxyl radical ของสารสกัดจากใบพลูของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้น 0.2-1.0 mg/mL

สารสกัดจากผลสุกสดของผักปลัง ที่ความเข้มข้น 0.1-0.5 mg/mL สามารถเข้าจับกับ $\text{HO}^\bullet$ และให้ % inhibition เป็น 16.10 – 65.99 % เมื่อนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดกับ % inhibition ได้กราฟดังภาพประกอบ 27 โดยมีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดจากผลสุกสดของผักปลังกับ % inhibition อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $\alpha = 0.005$ ($r = 0.9976^{***} > \alpha = 0.005$, $df = 4$, $r = 0.917$)



ภาพประกอบ 27 ความสามารถในการเป็นสารจับ hydroxyl radical ของสารสกัดจากผลสุกสดของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้น 0.1-0.5 mg/mL

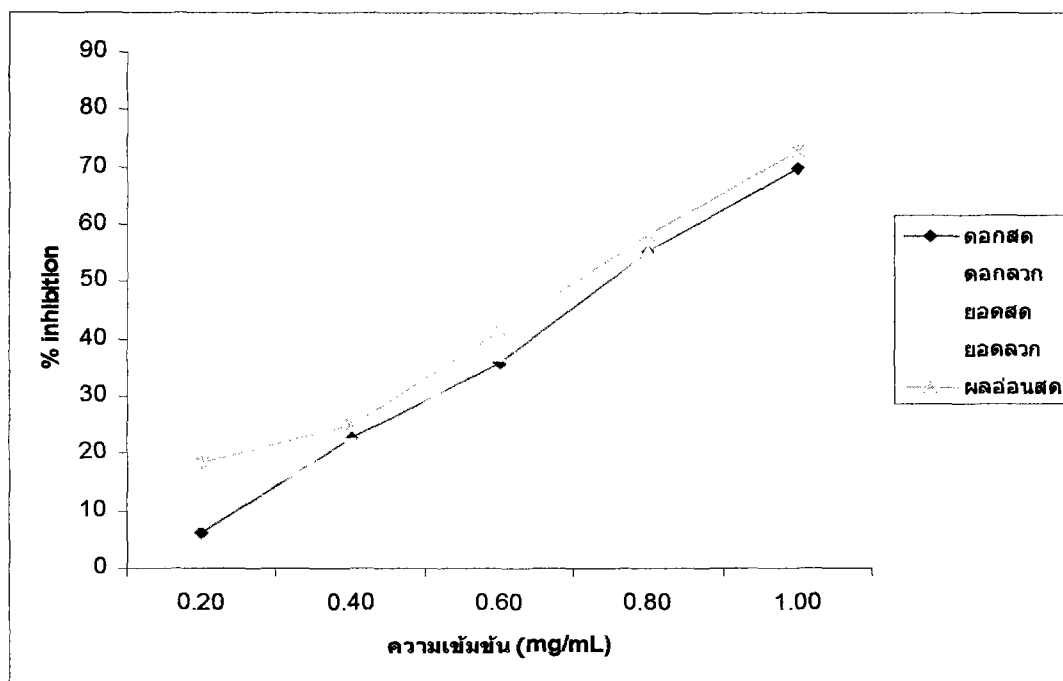
สารสกัดจากผลสุกลวกของผักปลัง ที่ความเข้มข้น 0.1-0.5 mg/mL สามารถเข้าจับกับ $\text{HO}^\bullet$ และให้ % inhibition เป็น 2.57 – 60.13 % เมื่อนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดกับ % inhibition ได้กราฟดังภาพประกอบ 28 โดยมีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดจากผลสุกลวกของผักปลังกับ % inhibition อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $\alpha = 0.005$ ($r = 0.9959^{***} > \alpha = 0.005$, $df = 4$, $r = 0.917$)



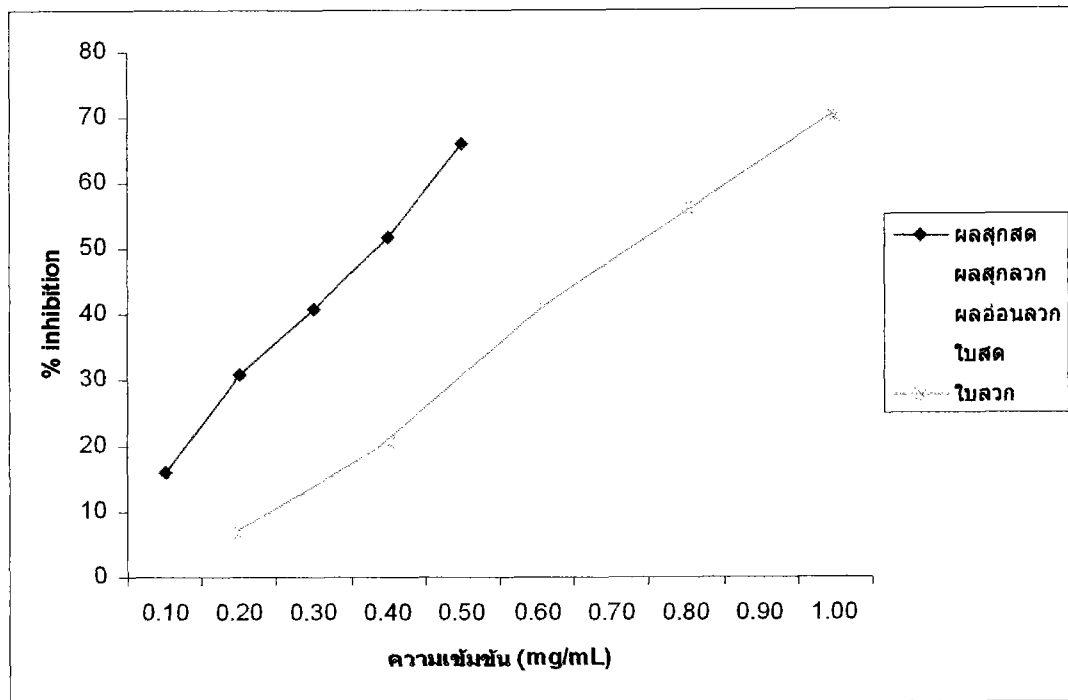
ภาพประกอบ 28 ความสามารถในการเป็นสารจับ hydroxyl radical ของสารสกัดจากผลสุกลวกของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้น 0.1-0.5 mg/mL

จากผลการทดลองการจับ $\text{HO}^\bullet$ ของสารสกัดจากผักปลังทั้ง 10 ตัวอย่าง เมื่อนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % inhibition กับความเข้มข้นของสารสกัดได้ผลดังภาพประกอบ 29ก และ 29ข

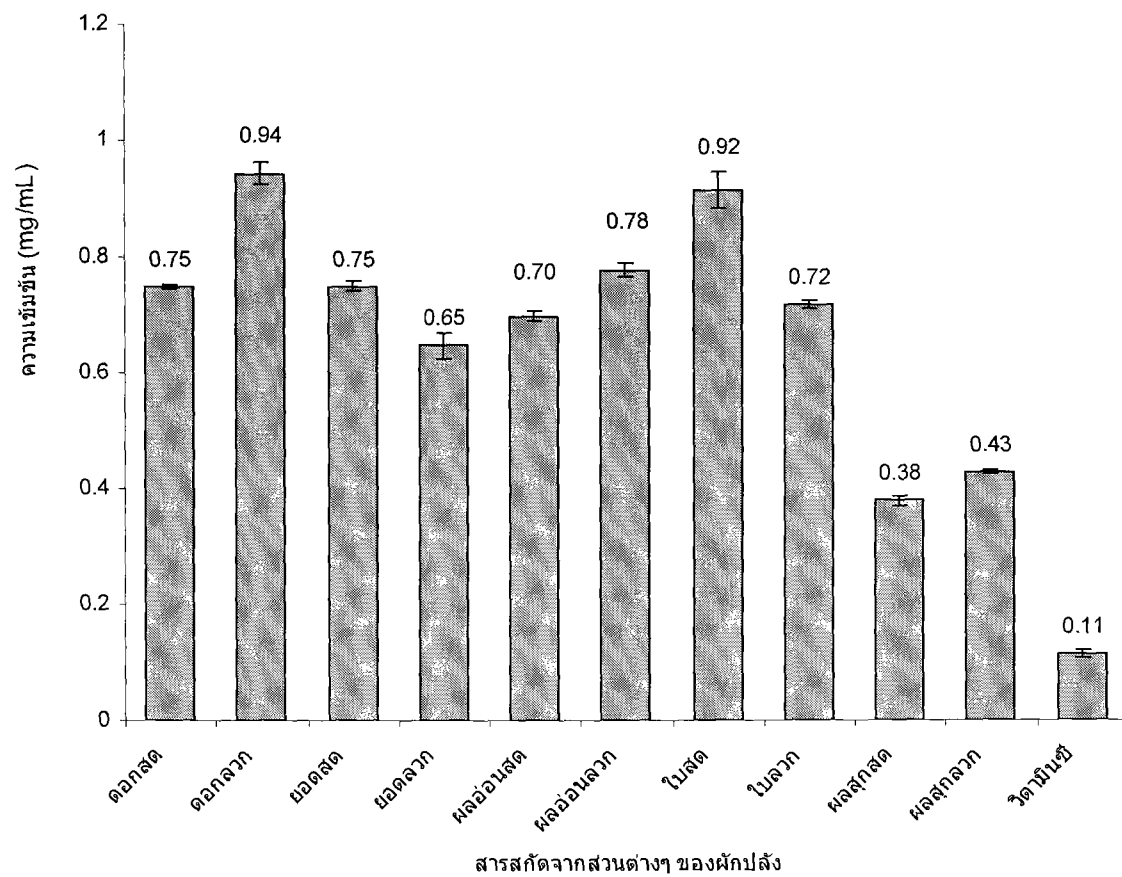
เมื่อนำค่า IC_{50} ของการจับ $\text{HO}^\bullet$ ของสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของผักปลัง มาเขียนกราฟ พบว่า สารสกัดจากผลสุกสดของผักปลังมีค่า IC_{50} น้อยที่สุดคือ $0.38 \pm 0.01 \text{ mg/mL}$ ในขณะที่สารสกัดจากดอกผลของผักปลังมีค่า IC_{50} มากที่สุดคือ $0.94 \pm 0.01 \text{ mg/mL}$ ดังภาพประกอบ 30



ภาพประกอบ 29ก กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % inhibition ของการเข้าจับ hydroxyl radical ($\text{HO}^\bullet$) กับความเข้มข้นของสารสกัดจากดอกสด ดอกผล ยอดสด ยอดผล และผลอ่อนสดของผักปลัง



ภาพประกอบ 29 ข กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % inhibition ของการเข้าจับ hydroxyl radical ($\text{HO}^\bullet$) กับความเข้มข้นของสารสกัดจากผลสุกสด ผลสุกลวก ผลอ่อนลวก ใบสด และ ใบลวกของผักปลัง



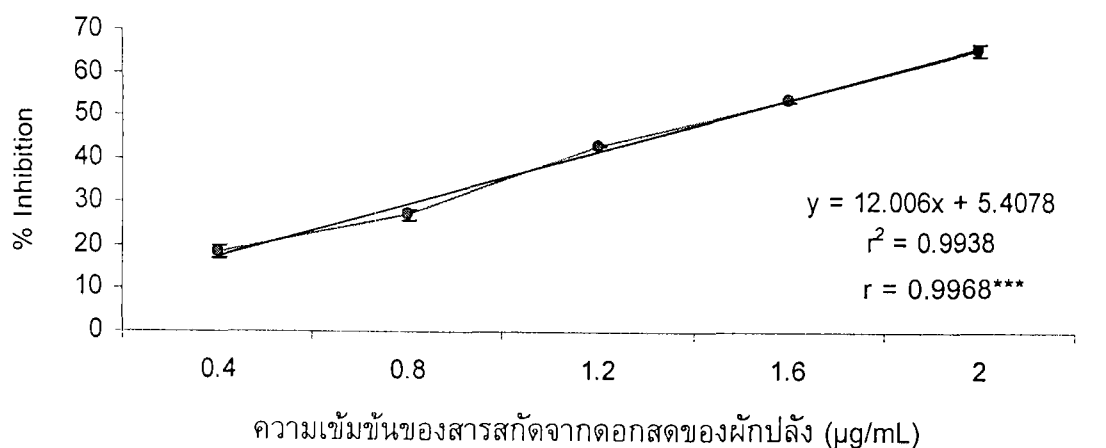
ภาพประกอบ 30 IC_{50} ของการเป็นสารจับ hydroxyl radical ($HO^\bullet$) ของสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของผักปลัง

3.3 ผลการวัดสมบัติการเป็นสารจับ superoxide anion radical ($O_2^{\cdot-}$)

การศึกษาสมบัติการเป็นสารจับ $O_2^{\cdot-}$ โดยทำการสังเคราะห์ $O_2^{\cdot-}$ จากปฏิกิริยาระหว่าง hypoxanthine กับ xanthine oxidase และ $O_2^{\cdot-}$ ที่เกิดขึ้นจะทำปฏิกิริยากับ nitro blue tetrazolium (NBT) ให้สารประกอบ diformazan สีน้ำเงิน ซึ่งสามารถวัดค่าการดูดกลืนแสงได้ที่ 560 nm

จากการทดลองพบว่า ค่าการดูดกลืนแสงของสารในหลอดทดลองที่มีสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของผักปลังที่ความเข้มข้นต่างๆ มีค่าน้อยกว่าค่าการดูดกลืนแสงของ control ซึ่งไม่มีสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของผักปลัง และเมื่อนำมาคำนวณหา % inhibition ได้ผลดังต่อไปนี้

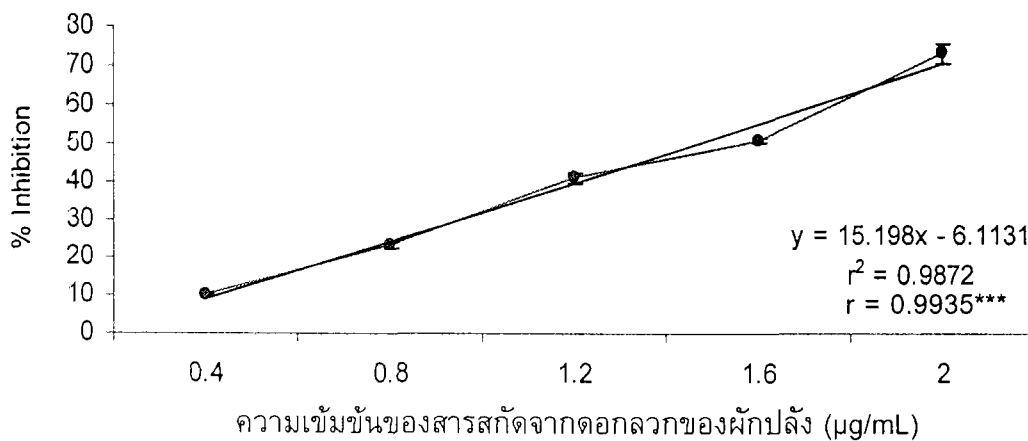
สารสกัดจากดอกสดของผักปลัง ที่ความเข้มข้น 0.4-2.0 mg/mL สามารถจับกับ $O_2^{\cdot-}$ และให้ % inhibition เป็น 18.37 - 65.19 % เมื่อนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัด ใบ % inhibition ได้กราฟดังภาพประกอบ 31 โดยมีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดจากดอกสดของผักปลังกับ % inhibition อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $\alpha = 0.005$ ($r = 0.9968^{***} > \alpha = 0.005$, $df = 4$, $r = 0.917$)



($r = 0.9968^{***} > \alpha = 0.005$, $df = 4$, $r = 0.917$)

ภาพประกอบ 31 ความสามารถในการเป็นสารจับ superoxide anion radical ($O_2^{\cdot-}$) ที่ได้จากการทำปฏิกิริยาระหว่าง hypoxanthine กับ xanthine oxidase ของสารสกัดจากดอกสดของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้นระหว่าง 0.4-2.0 mg/mL

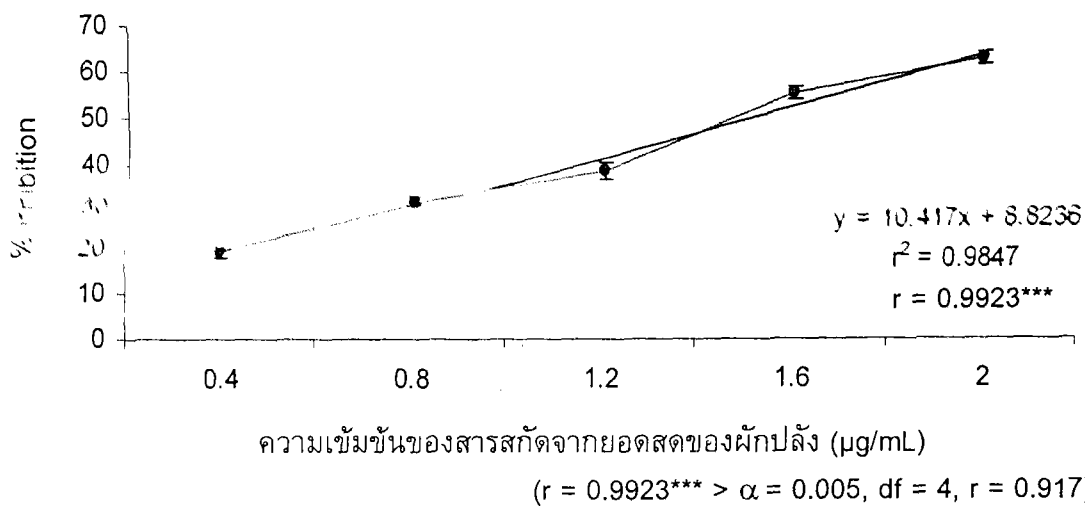
สารสกัดจากดอกหลวงของผักปลัง ที่ความเข้มข้น 0.4-2.0 mg/mL สามารถจับกับ $O_2^{\cdot -}$ และให้ % inhibition เป็น 10.28 – 72.57 % เมื่อนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดกับ % inhibition ได้กราฟดังภาพประกอบ 32 โดยมีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดจากดอกหลวงของผักปลังกับ % inhibition อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $\alpha = 0.005$ ($r = 0.9935^{***} > \alpha = 0.005$, $df = 4$, $r = 0.917$)



($r = 0.9935^{***} > \alpha = 0.005$, $df = 4$, $r = 0.917$)

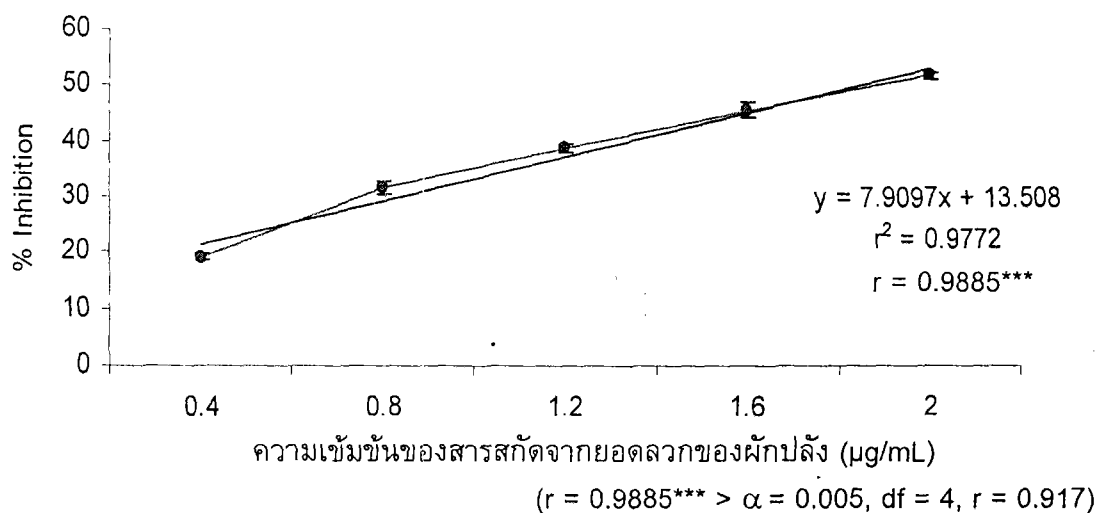
ภาพประกอบ 32 ความสามารถในการเป็นสารจับ superoxide anion radical ($O_2^{\cdot -}$) ที่ได้จาก การทำปฏิกิริยาระหว่าง hypoxanthine กับ xanthine oxidase ของสารสกัดจากดอกหลวง ของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้นระหว่าง 0.4-2.0 mg/mL

สารสกัดจากยอดสดของผักปลัง ที่ความเข้มข้น 0.4-2.0 mg/mL สามารถจับกับ $O_2^{\cdot -}$ และให้ % inhibition เป็น 19.15 – 60.04 % เมื่อนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดกับ % inhibition ได้กราฟดังภาพประกอบ 33 โดยมีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดจากยอดสดของผักปลังกับ % inhibition อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $\alpha = 0.005$ ($r = 0.9923^{***} > \alpha = 0.005$, $df = 4$, $r = 0.917$)



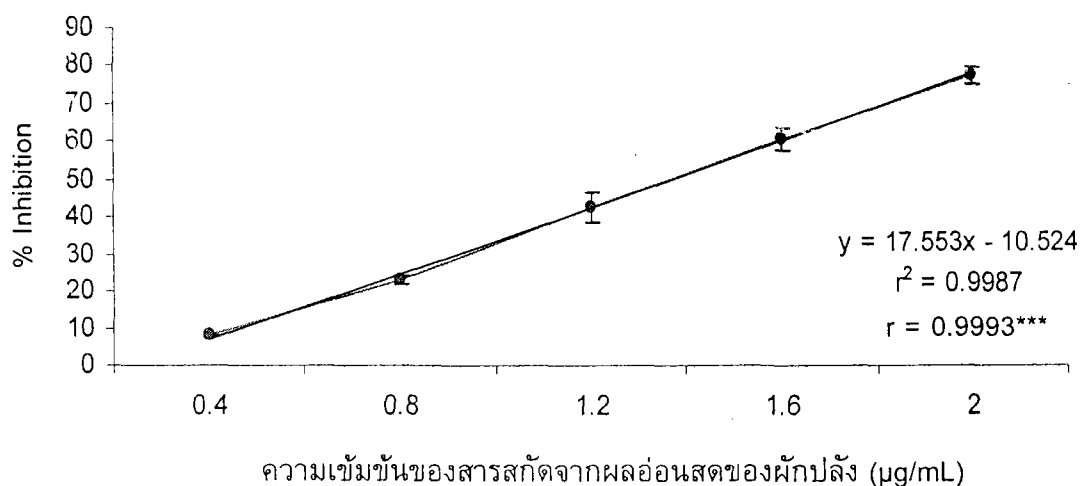
ภาพประกอบ 33 ความสามารถในการเป็นสารจับ superoxide anion radical ($O_2^{\bullet -}$) ที่ได้จากการทำปฏิกิริยาระหว่าง hypoxanthine กับ xanthine oxidase ของสารสกัดจากยอดสดของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้นระหว่าง 0.4-2.0 mg/mL

สารสกัดจากยอดสดของผักปลัง ที่ความเข้มข้น 0.4-2.0 mg/mL สามารถจับกับ $O_2^{\bullet -}$ และให้ % inhibition เป็น 19.02 – 51.59 % เมื่อนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดกับ % inhibition ได้กราฟดังภาพประกอบ 34 โดยมีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดจากยอดสดของผักปลังกับ % inhibition อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $\alpha = 0.005$ ($r = 0.9885^{***} > \alpha = 0.005, df = 4, r = 0.917$)



ภาพประกอบ 34 ความสามารถในการเป็นสารจับ superoxide anion radical ($O_2^{\bullet -}$) ที่ได้จากการทำปฏิกิริยาระหว่าง hypoxanthine กับ xanthine oxidase ของสารสกัดจากยอดสดของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้นระหว่าง 0.4-2.0 mg/mL

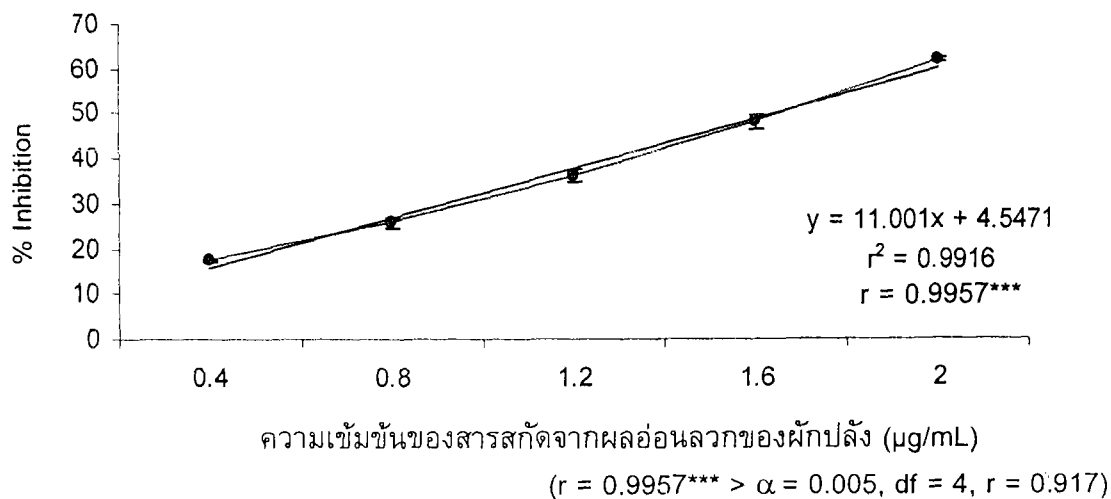
สารสกัดจากผลอ่อนสดของผักปลัง ที่ความเข้มข้น 0.4-2.0 mg/mL สามารถจับกับ $O_2^{\cdot -}$ และให้ % inhibition เป็น 7.92 – 76.97 % เมื่อนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดกับ % inhibition ได้กราฟดังภาพประกอบ 35 โดยมีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดจากผลอ่อนสดของผักปลังกับ % inhibition อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $\alpha = 0.005$ ($r = 0.9993^{***} > \alpha = 0.005$, $df = 4$, $r = 0.917$)



($r = 0.9993^{***} > \alpha = 0.005$, $df = 4$, $r = 0.917$)

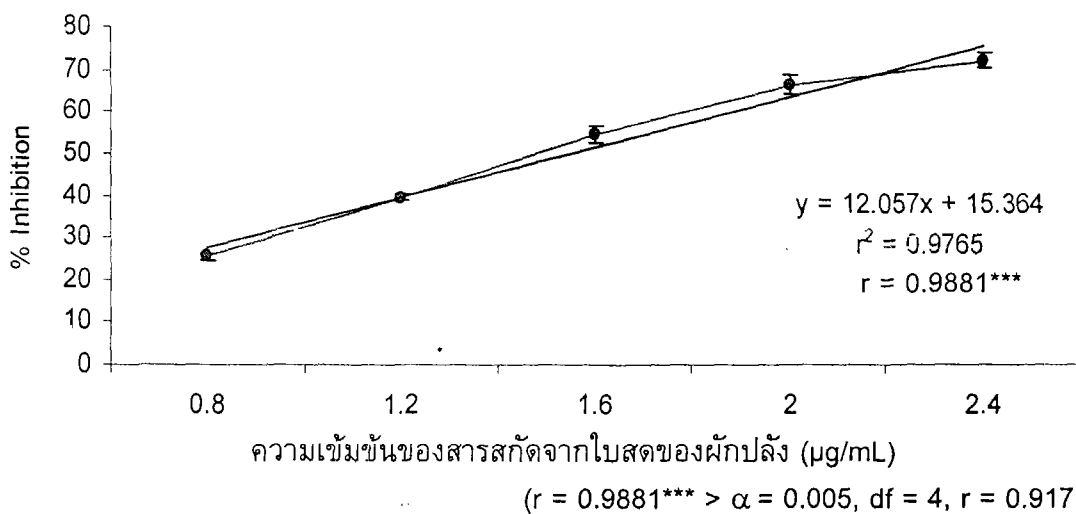
ภาพประกอบ 35 ความสามารถในการเป็นสารจับ superoxide anion radical ($O_2^{\cdot -}$) ที่ได้จาก การทำปฏิกิริยาระหว่าง hypoxanthine กับ xanthine oxidase ของสารสกัดจากผลอ่อนสดของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้นระหว่าง 0.4-2.0 mg/mL

สารสกัดจากผลอ่อนสดของผักปลัง ที่ความเข้มข้น 0.4-2.0 mg/mL สามารถจับกับ $O_2^{\cdot -}$ และให้ % inhibition เป็น 17.29 – 61.23 % เมื่อนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดกับ % inhibition ได้กราฟดังภาพประกอบ 36 โดยมีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดจากผลอ่อนสดของผักปลังกับ % inhibition อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $\alpha = 0.005$ ($r = 0.9957^{***} > \alpha = 0.005$, $df = 4$, $r = 0.917$)



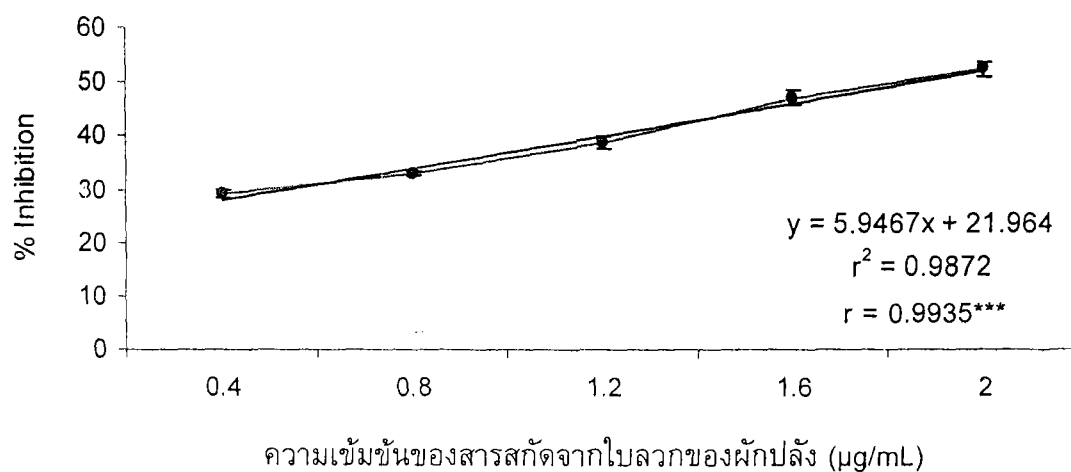
ภาพประกอบ 36 ความสามารถในการเป็นสารจับ superoxide anion radical ($O_2^{\bullet-}$) ที่ได้จากการทำปฏิกิริยาระหว่าง hypoxanthine กับ xanthine oxidase ของสารสกัดจากผลอ่อนลวกของฝักปลั่ง ในช่วงความเข้มข้นระหว่าง 0.4-2.0 mg/mL

สารสกัดจากใบสดของฝักปลั่ง ที่ความเข้มข้น 0.8-2.4 mg/mL สามารถจับกับ $O_2^{\bullet-}$ และให้ % inhibition เป็น 25.24 – 72.02 % เมื่อนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดกับ % inhibition ได้กราฟดังภาพประกอบ 37 โดยมีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดจากใบสดของฝักปลั่งกับ % inhibition อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $\alpha = 0.005$ ($r = 0.9881^{***} > \alpha = 0.005$, $df = 4$, $r = 0.917$)



ภาพประกอบ 37 ความสามารถในการเป็นสารจับ superoxide anion radical ($O_2^{\bullet-}$) ที่ได้จากการทำปฏิกิริยาระหว่าง hypoxanthine กับ xanthine oxidase ของสารสกัดจากใบสดของฝักปลั่ง ในช่วงความเข้มข้นระหว่าง 0.8-2.4 mg/mL

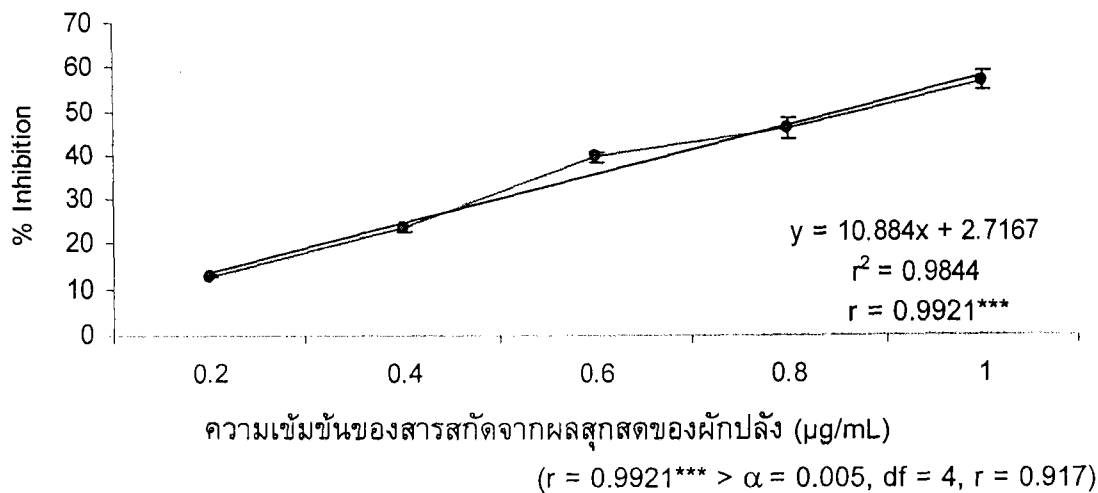
สารสกัดจากใบพลวกของผักปลัง ที่ความเข้มข้น 0.4-2.0 mg/mL สามารถจับกับ $O_2^{\cdot -}$ และให้ % inhibition เป็น 29.02 – 51.84 % เมื่อนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดกับ % inhibition ได้กราฟดังภาพประกอบ 38 โดยมีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดจากใบพลวกของผักปลังกับ % inhibition อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $\alpha = 0.005$ ($r = 0.9935^{***} > \alpha = 0.005$, $df = 4$, $r = 0.917$)



($r = 0.9935^{***} > \alpha = 0.005$, $df = 4$, $r = 0.917$)

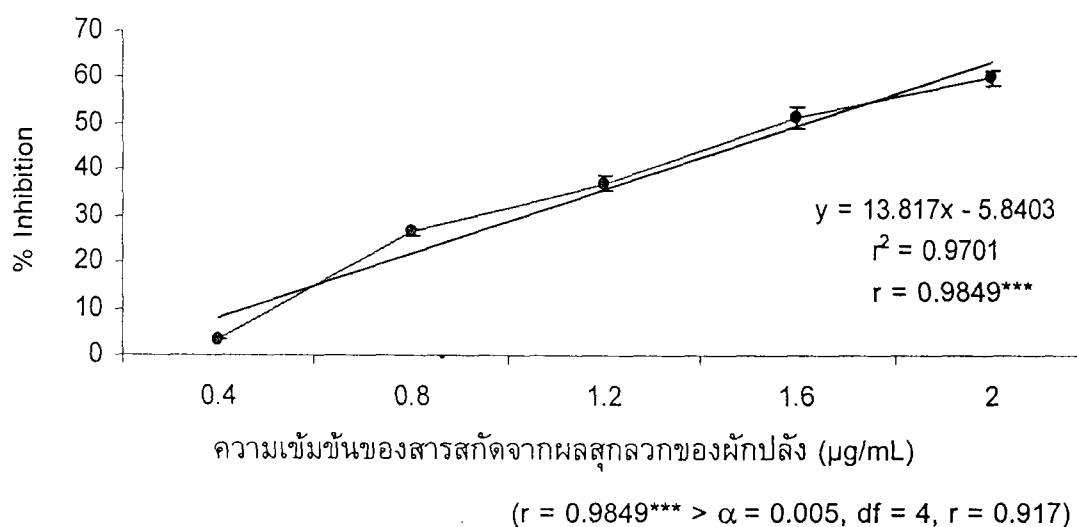
ภาพประกอบ 38 ความสามารถในการเป็นสารจับ superoxide anion radical ($O_2^{\cdot -}$) ที่ได้จาก การทำปฏิกิริยาระหว่าง hypoxanthine กับ xanthine oxidase ของสารสกัดจากใบพลวกของ ผักปลัง ในช่วงความเข้มข้นระหว่าง 0.4-2.0 mg/mL

สารสกัดจากผลสุกสดของผักปลัง ที่ความเข้มข้น 0.2-1.0 mg/mL สามารถจับกับ $O_2^{\cdot -}$ และให้ % inhibition เป็น 12.74 – 56.03 % เมื่อนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดกับ % inhibition ได้กราฟดังภาพประกอบ 39 โดยมีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดจากผลสุกสดของผักปลังกับ % inhibition อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $\alpha = 0.005$ ($r = 0.9921^{***} > \alpha = 0.005$, $df = 4$, $r = 0.917$)



ภาพประกอบ 39 ความสามารถในการเป็นสารจับ superoxide anion radical ($O_2^{\bullet-}$) ที่ได้จาก การทำปฏิกิริยาระหว่าง hypoxanthine กับ xanthine oxidase ของสารสกัดจากผลสุกสดของ ผักปลัง ในช่วงความเข้มข้นระหว่าง 0.1-0.5 mg/mL

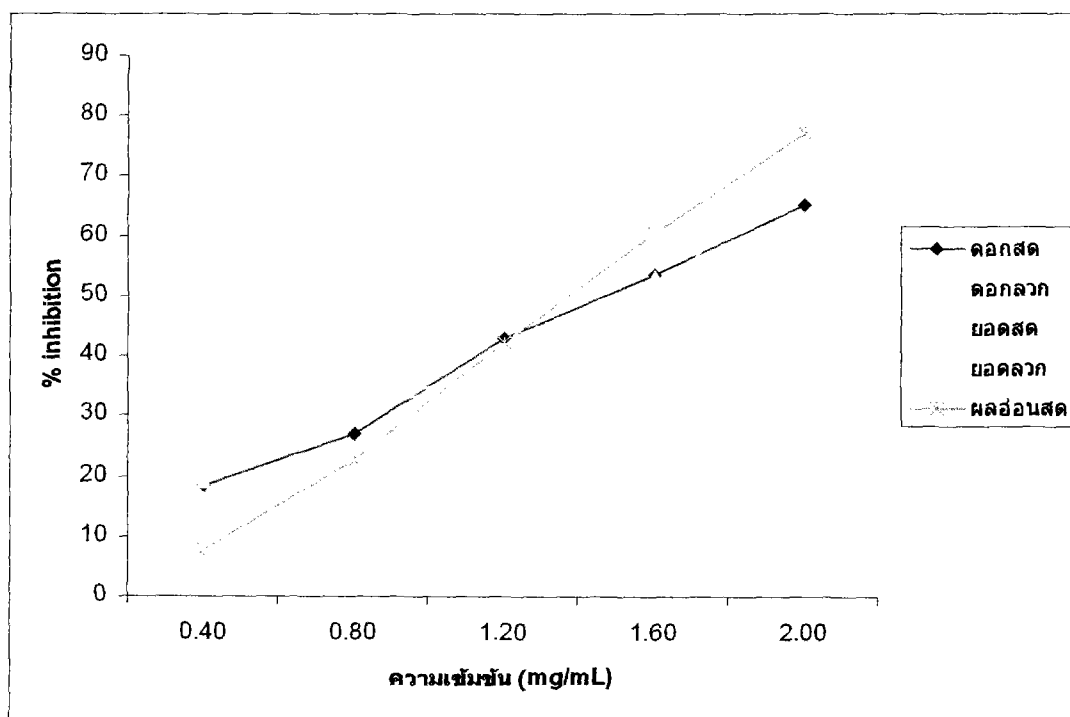
สารสกัดจากผลสุกลวกของผักปลัง ที่ความเข้มข้น 0.4-2.0 mg/mL สามารถจับกับ $O_2^{\bullet-}$ และให้ % inhibition เป็น 3.32 – 60.05 % เมื่อนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้มข้นของสารสกัดกับ % inhibition ได้กราฟดังภาพประกอบ 40 โดยมีค่าสหสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้มข้นของสารสกัดจากผลสุกลวกของผักปลังกับ % inhibition อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ $\alpha = 0.005$ ($r = 0.9849^{***} > \alpha = 0.005$, $df = 4$, $r = 0.917$)



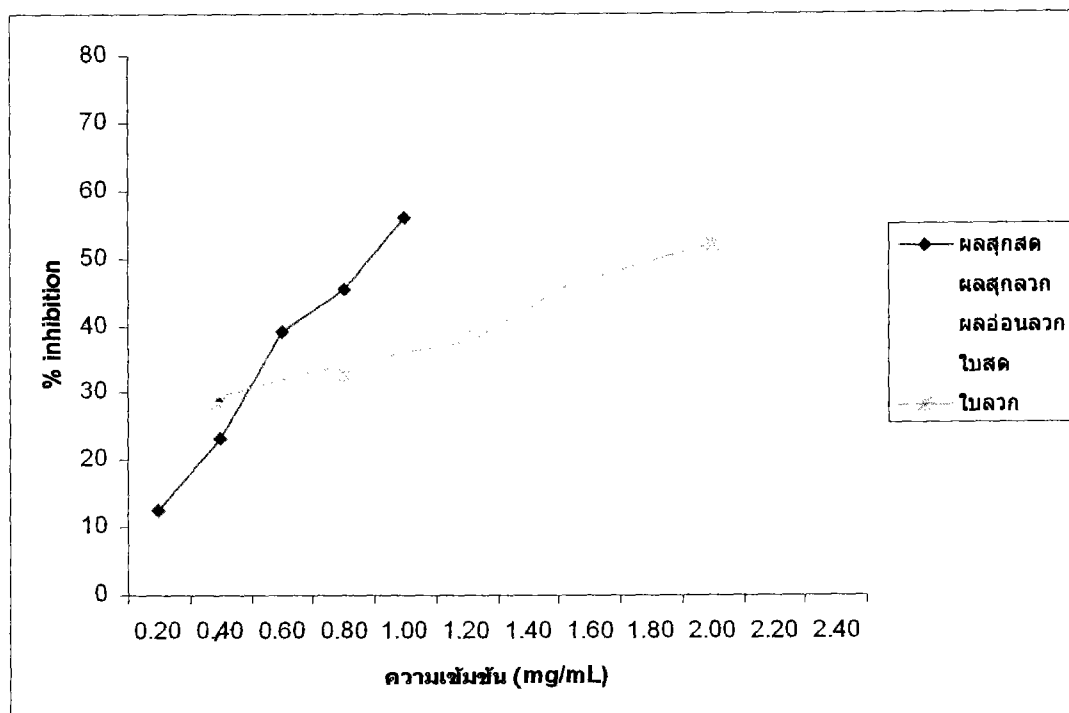
ภาพประกอบ 40 ความสามารถในการเป็นสารจับ superoxide anion radical ($O_2^{\bullet-}$) ที่ได้จาก การทำปฏิกิริยาระหว่าง hypoxanthine กับ xanthine oxidase ของสารสกัดจากผลสุกลวก ของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้นระหว่าง 0.40-2.00 mg/mL

จากผลการทดลองการเป็นสารจับ $O_2^{\cdot -}$ ของสารสกัดจากผักปลังทั้ง 10 ตัวอย่าง เมื่อนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % inhibition กับความเข้มข้นของสารสกัดได้ผลดังภาพประกอบ 41ก และ 41ข

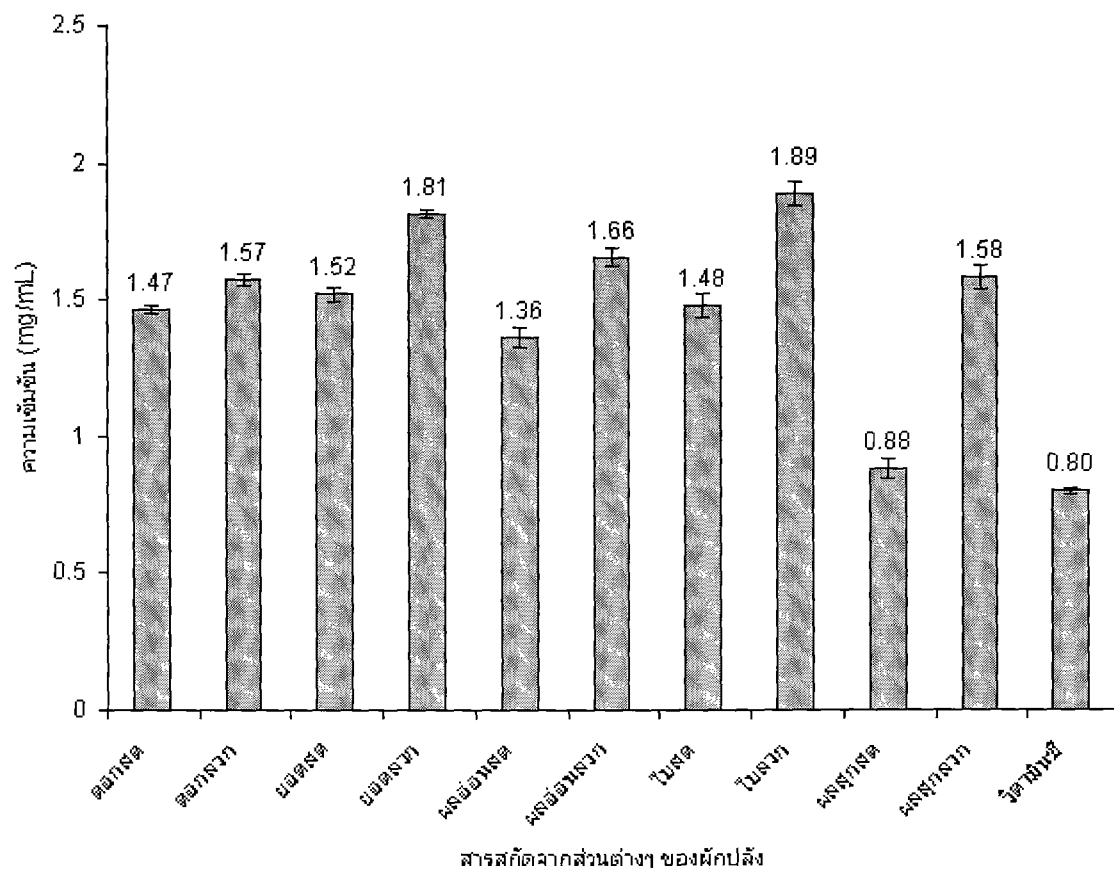
เมื่อนำค่า IC_{50} ของการจับ $O_2^{\cdot -}$ ของสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของผักปลัง มาเขียนกราฟ พบว่า สารสกัดจากผลสุกสดของผักปลังมีค่า IC_{50} น้อยที่สุดคือ 0.88 ± 0.04 mg/mL ในขณะที่สารสกัดจากใบลวกของผักปลังมีค่า IC_{50} มากที่สุดคือ 1.89 ± 0.04 mg/mL ดังภาพประกอบ 42



ภาพประกอบ 41ก กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % inhibition ของการเข้าจับ superoxide anion radical ($O_2^{\cdot -}$) กับความเข้มข้นของสารสกัดจากดอกสด ดอกลวก ยอดสด ยอดลวก และผลอ่อนสดของผักปลัง



ภาพประกอบ 41ข กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % inhibition ของการเข้าจับ superoxide anion radical ($O_2^{\bullet-}$) กับความเข้มข้นของสารสกัดจากผลสุกสด ผลสุกลวก ผลอ่อนลวก ใบสด และใบลวกของผักปลัง



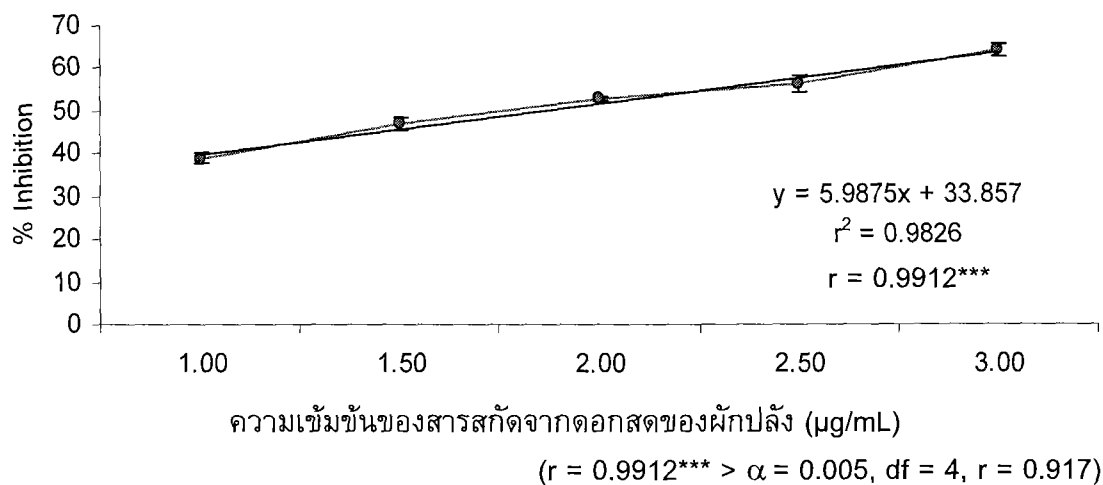
ภาพประกอบ 42 IC_{50} ของการเป็นสารจับ superoxide anion radical ($O_2^{\bullet -}$) ของสารสกัดจาก
ส่วนต่างๆ ของผักปลัง

3.4 ผลการวัดสมบัติในการยับยั้ง lipid peroxidation

การศึกษาความสามารถในการยับยั้ง lipid peroxidation โดยใช้ linoleic acid ซึ่งเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว ทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับ O_2 ในอากาศ เกิด lipid peroxy radical ($LOO^\bullet$) และ lipid hydroperoxide ($LOOH$) ซึ่ง $LOOH$ จะทำปฏิกิริยากับ Fe^{2+} ให้ Fe^{3+} ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับ SCN^- ให้สารประกอบเชิงซ้อนสีแดงคือ $[FeSCN]^{2+}$

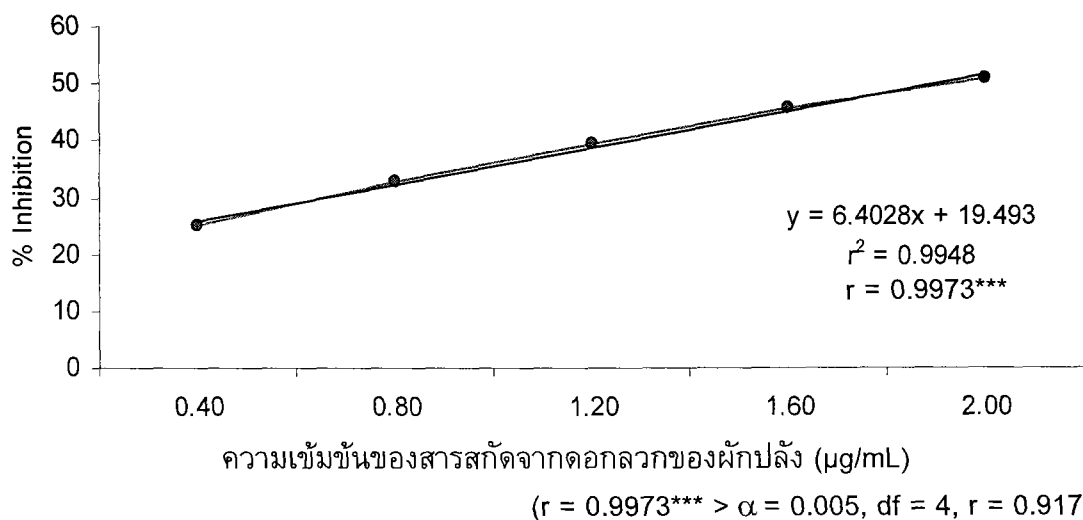
การวัดการยับยั้ง peroxidation ของ linoleic acid ทำโดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 500 nm ของสารละลายสีแดงในหลอดทดลองที่มีสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของผักปลัง เทียบกับ control ที่ไม่มีสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของผักปลัง แล้วคำนวณหา % inhibition ได้ผลการทดลองดังนี้

สารสกัดจากดอกสดของผักปลัง ที่ความเข้มข้น 1.0 - 3.0 mg/mL สามารถยับยั้ง lipid peroxidation ให้ % inhibition เป็น 38.81 - 64.17 % เมื่อนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดกับ % inhibition ได้กราฟดังภาพประกอบ 43 โดยมีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดจากดอกสดของผักปลังกับ % inhibition อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $\alpha = 0.005$ ($r = 0.9912^{***} > \alpha = 0.005$, $df = 4$, $r = 0.917$)



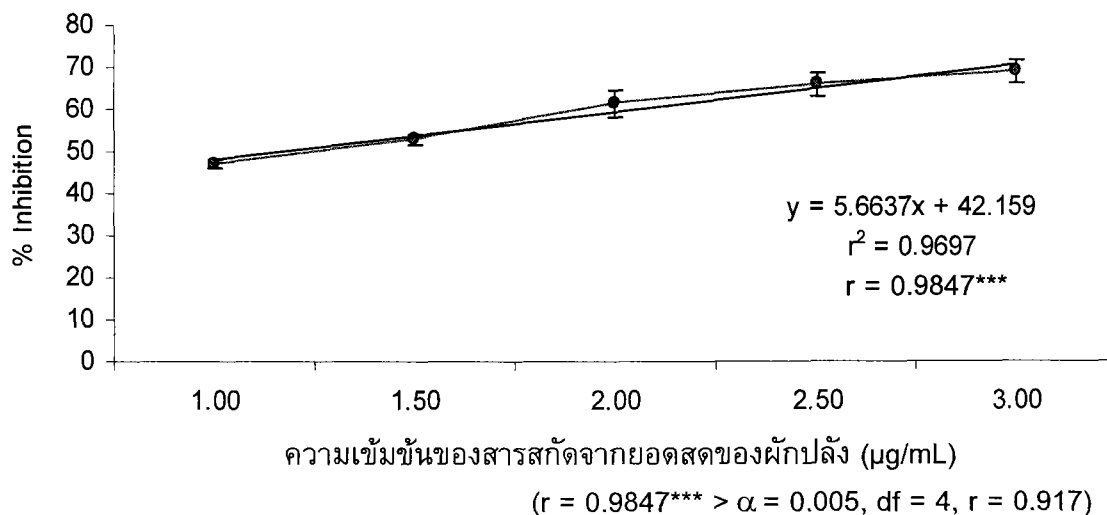
ภาพประกอบ 43 ความสามารถในการยับยั้งการเกิด peroxidation ของ linoleic acid ของสารสกัดจากดอกสดของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้น 1.00 - 3.00 mg/mL

สารสกัดจากดอกกลวงของผักปลัง ที่ความเข้มข้น 0.40 – 2.00 mg/mL สามารถยับยั้ง lipid peroxidation ให้ % inhibition เป็น 25.09 – 50.71 % เมื่อนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดกับ % inhibition ได้กราฟดังภาพประกอบ 44 โดยมีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดจากดอกกลวงของผักปลังกับ % inhibition อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $\alpha = 0.005$ ($r = 0.9973^{***} > \alpha = 0.005$, $df = 4$, $r = 0.917$)



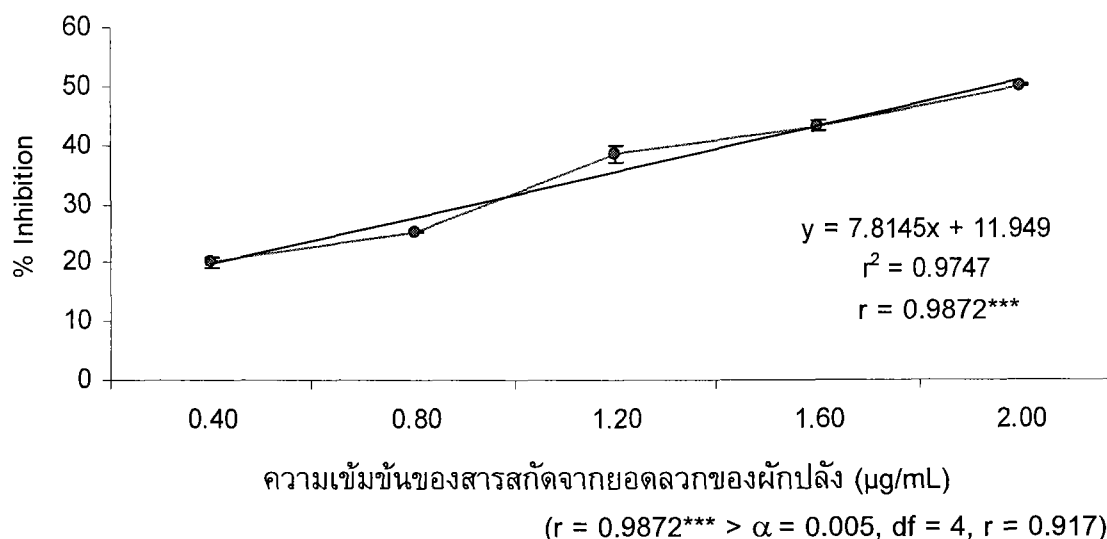
ภาพประกอบ 44 ความสามารถในการยับยั้งการเกิด peroxidation ของ linoleic acid ของสารสกัดจากดอกกลวงของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้น 0.40 - 2.00 mg/mL

สารสกัดจากยอดสดของผักปลัง ที่ความเข้มข้น 1.00 - 3.00 mg/mL สามารถยับยั้ง lipid peroxidation ให้ % inhibition เป็น 46.90 – 68.79 % เมื่อนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดกับ % inhibition ได้กราฟดังภาพประกอบ 45 โดยมีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดจากยอดสดของผักปลังกับ % inhibition อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $\alpha = 0.005$ ($r = 0.9847^{***} > \alpha = 0.005$, $df = 4$, $r = 0.917$)



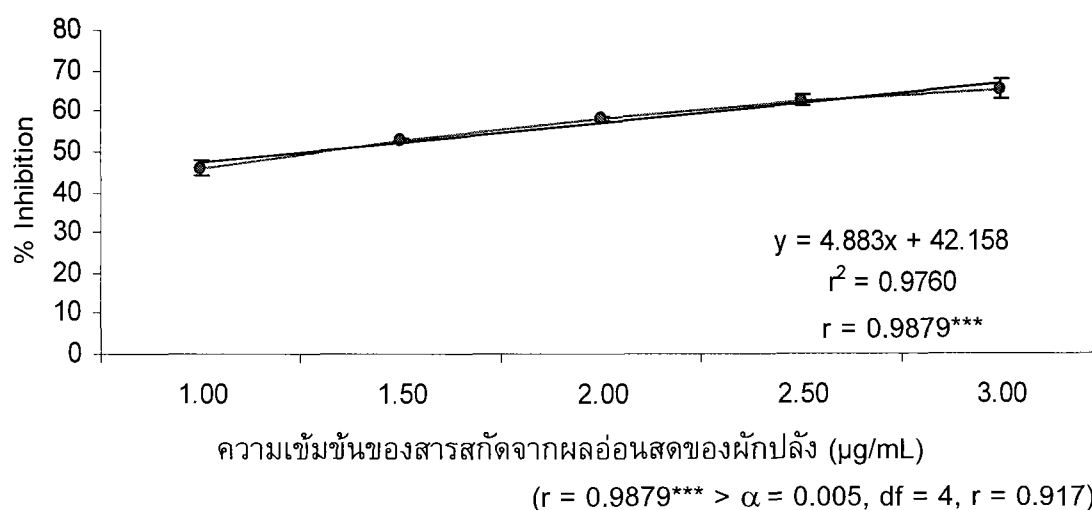
ภาพประกอบ 45 ความสามารถในการยับยั้งการเกิด peroxidation ของ linoleic acid ของสารสกัดจากยอดสดของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้น 1.00 - 3.00 mg/mL

สารสกัดจากยอดสดของผักปลัง ที่ความเข้มข้น 0.40 - 2.00 mg/mL สามารถยับยั้ง lipid peroxidation ให้ % inhibition เป็น 19.96 - 50.02 % เมื่อนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดกับ % inhibition ได้กราฟดังภาพประกอบ 46 โดยมีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดจากยอดสดของผักปลังกับ % inhibition อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $\alpha = 0.005$ ($r = 0.9872^{***} > \alpha = 0.005$, $df = 4$, $r = 0.917$)



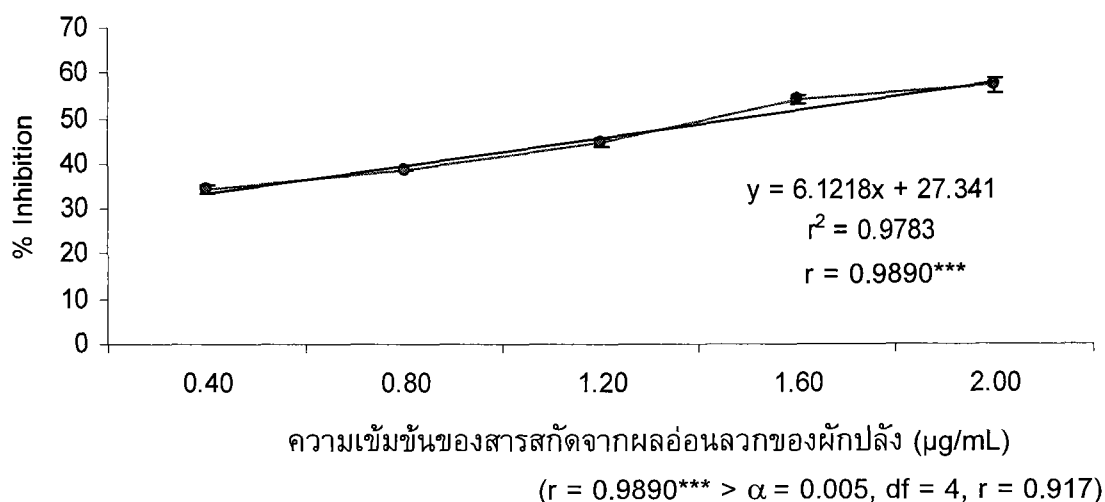
ภาพประกอบ 46 ความสามารถในการยับยั้งการเกิด peroxidation ของ linoleic acid ของสารสกัดจากยอดสดของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้น 0.40 - 2.00 mg/mL

สารสกัดจากผลอ่อนสดของผักปลัง ที่ความเข้มข้น 1.00 – 3.00 mg/mL สามารถยับยั้ง lipid peroxidation ให้ % inhibition เป็น 45.82 – 65.20 % เมื่อนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดกับ % inhibition ได้กราฟดังภาพประกอบ 47 โดยมีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดจากผลอ่อนสดของผักปลังกับ % inhibition อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $\alpha = 0.005$ ($r = 0.9879^{***} > \alpha = 0.005$, $df = 4$, $r = 0.917$)



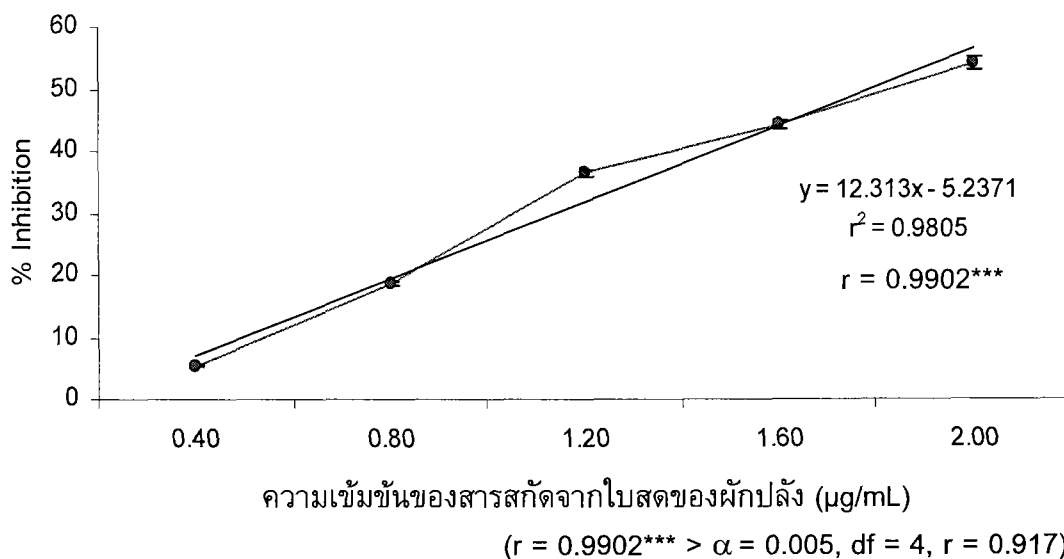
ภาพประกอบ 47 ความสามารถในการยับยั้งการเกิด peroxidation ของ linoleic acid ของสารสกัดจากผลอ่อนสดของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้น 1.00 - 3.00 mg/mL

สารสกัดจากผลอ่อนลวกของผักปลัง ที่ความเข้มข้น 0.40 – 2.00 mg/mL สามารถยับยั้ง lipid peroxidation ให้ % inhibition เป็น 34.41 – 57.28 % เมื่อนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดกับ % inhibition ได้กราฟดังภาพประกอบ 48 โดยมีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดจากผลอ่อนลวกของผักปลังกับ % inhibition อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $\alpha = 0.005$ ($r = 0.9890^{***} > \alpha = 0.005$, $df = 4$, $r = 0.917$)



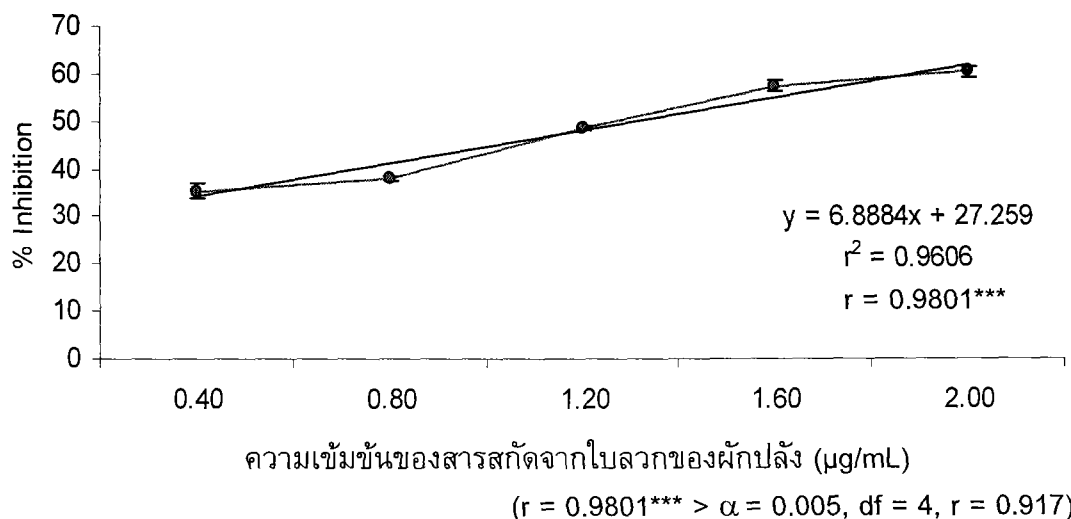
ภาพประกอบ 48 ความสามารถในการยับยั้งการเกิด peroxidation ของ linoleic acid ของสารสกัดจากผลอ่อนลูกของฝักปลั่ง ในช่วงความเข้มข้น 0.40 - 2.00 mg/mL

สารสกัดจากใบสดของฝักปลั่ง ที่ความเข้มข้น 0.40 - 2.00 mg/mL สามารถยับยั้ง lipid peroxidation ให้ % inhibition เป็น 5.38 - 54.07 % เมื่อนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดกับ % inhibition ได้กราฟดังภาพประกอบ 49 โดยมีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดจากใบสดของฝักปลั่งกับ % inhibition อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $\alpha = 0.005$ ($r = 0.9902^{***} > \alpha = 0.005$, $df = 4$, $r = 0.917$)



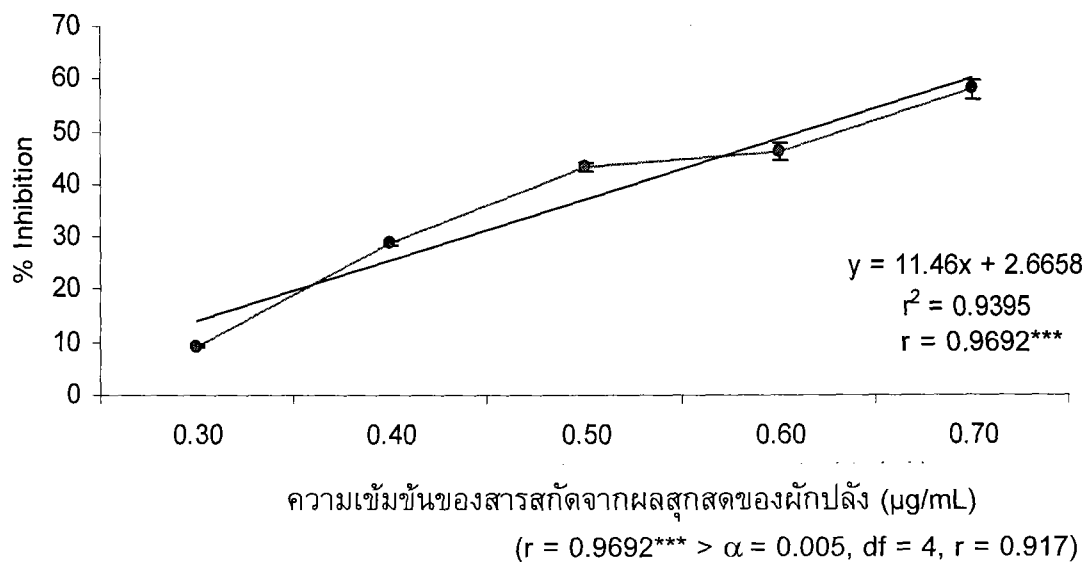
ภาพประกอบ 49 ความสามารถในการยับยั้งการเกิด peroxidation ของ linoleic acid ของสารสกัดจากใบสดของฝักปลั่ง ในช่วงความเข้มข้น 0.40 - 2.00 mg/mL

สารสกัดจากใบพลูของผักปลัง ที่ความเข้มข้น 0.40 – 2.00 mg/mL สามารถยับยั้ง lipid peroxidation ให้ % inhibition เป็น 35.45 – 60.24 % เมื่อนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดกับ % inhibition ได้กราฟดังภาพประกอบ 50 โดยมีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดจากใบพลูของผักปลังกับ % inhibition อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $\alpha = 0.005$ ($r = 0.9801^{***} > \alpha = 0.005$, $df = 4$, $r = 0.917$)



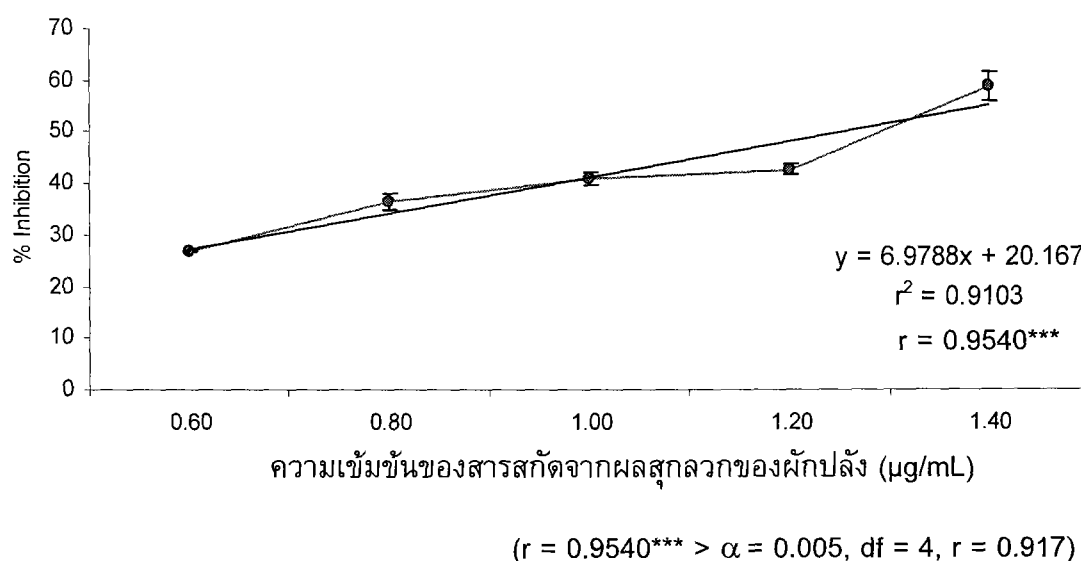
ภาพประกอบ 50 ความสามารถในการยับยั้งการเกิด peroxidation ของ linoleic acid ของสารสกัดจากใบพลูของผักปลัง ในช่วงความเข้มข้น 0.40 - 2.00 mg/mL

สารสกัดจากผลสุกสดของผักปลัง ความเข้มข้น 0.30 – 0.70 mg/mL สามารถยับยั้ง lipid peroxidation ให้ % inhibition เป็น 9.18 – 57.87 % เมื่อนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดกับ % inhibition ได้กราฟดังภาพประกอบ 51 โดยมีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดจากผลสุกสดของผักปลังกับ % inhibition อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $\alpha = 0.005$ ($r = 0.9692^{***} > \alpha = 0.005$, $df = 4$, $r = 0.917$)



ภาพประกอบ 51 ความสามารถในการยับยั้งการเกิด peroxidation ของ linoleic acid ของสารสกัดจากผลสุกสดของฝักปลั่ง ในช่วงความเข้มข้น 0.30 - 0.70 mg/mL

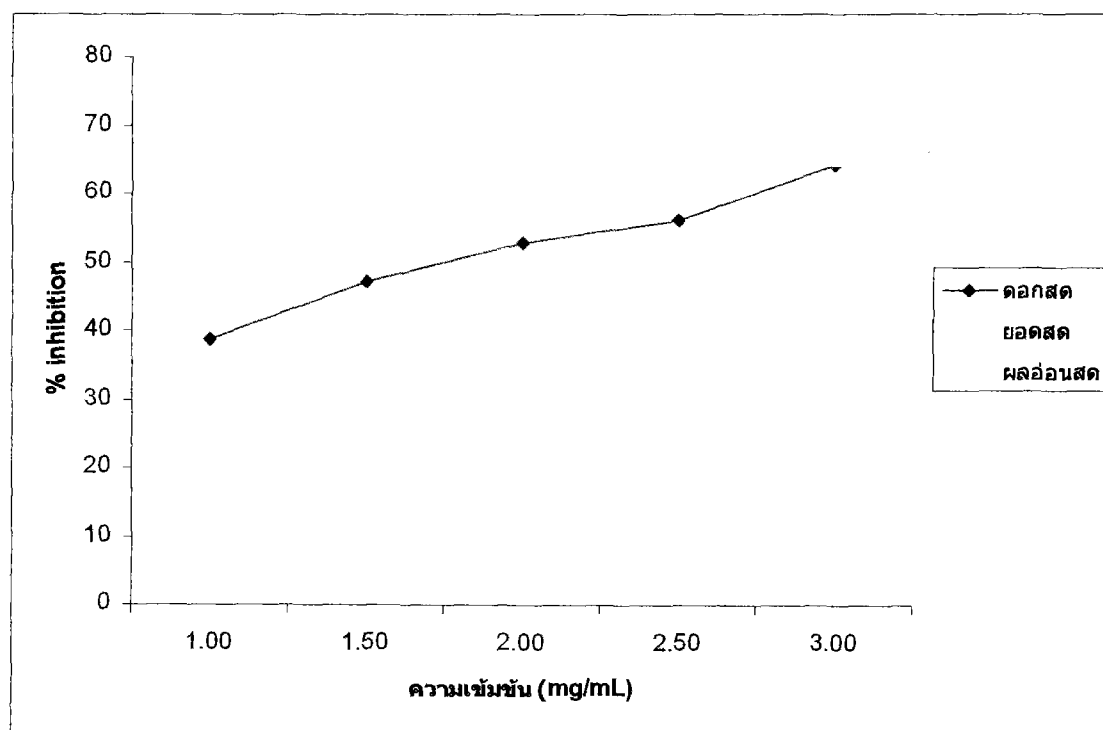
สารสกัดจากผลสุกลวกของฝักปลั่ง ที่ความเข้มข้น 0.60 – 1.40 mg/mL สามารถยับยั้ง lipid peroxidation ให้ % inhibition เป็น 26.90 – 58.67 % เมื่อนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดกับ % inhibition ได้กราฟดังภาพประกอบ 52 โดยมีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดจากผลสุกลวกของฝักปลั่งกับ % inhibition อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $\alpha = 0.005$ ($r = 0.9540^{***} > \alpha = 0.005$, $df = 4$, $r = 0.917$)



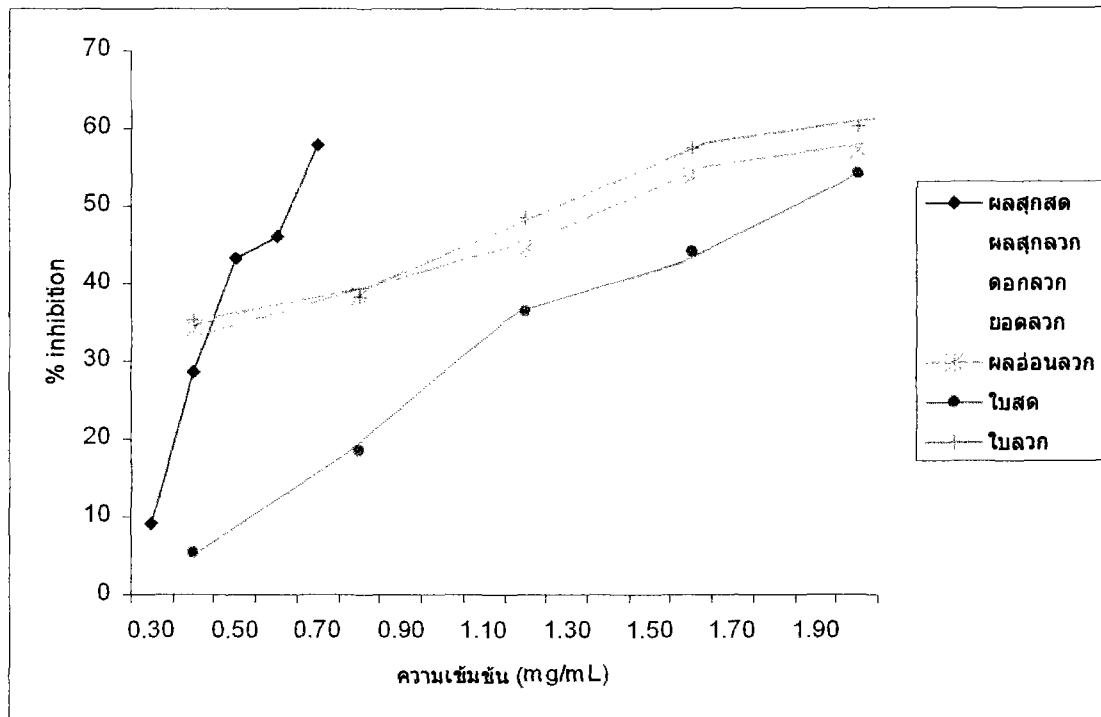
ภาพประกอบ 52 ความสามารถในการยับยั้งการเกิด peroxidation ของ linoleic acid ของสารสกัดจากผลสุกลวกของฝักปลั่ง ในช่วงความเข้มข้น 0.60 - 1.40 mg/mL

จากผลการทดลองการยับยั้ง lipid peroxidation ของสารสกัดจากผักปลังทั้ง 10 ตัวอย่าง เมื่อนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % inhibition กับความเข้มข้นของสารสกัด ได้ผลดังภาพประกอบ 53ก และ 53ข

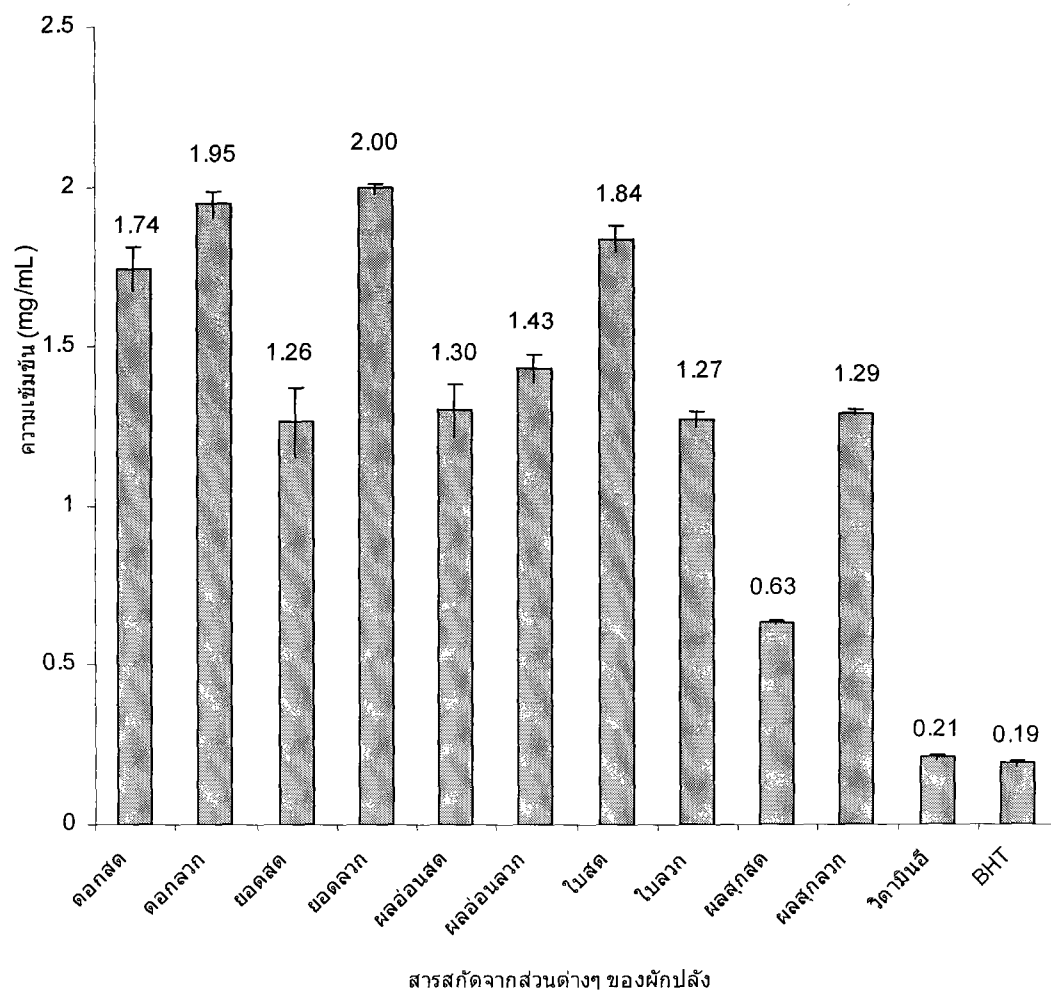
เมื่อนำค่า IC_{50} ของการยับยั้ง lipid peroxidation ของสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของผักปลัง มาเขียนกราฟ พบว่า สารสกัดจากผลสุกสดของผักปลัง มีค่า IC_{50} น้อยที่สุดคือ 0.63 ± 0.01 mg/mL ในขณะที่สารสกัดจากยอดสดของผักปลัง มีค่า IC_{50} มากที่สุดคือ 2.00 ± 0.02 mg/mL ดังภาพประกอบ 54



ภาพประกอบ 53ก กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % inhibition ของการยับยั้ง lipid peroxidation กับความเข้มข้นของสารสกัดจากดอกสด ยอดสด และผลอ่อนสดของผักปลัง



ภาพประกอบ 53ข กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % inhibition ของการยับยั้ง lipid peroxidation กับความเข้มข้นของสารสกัดจากผลสุกสด ผลสุกลวก ดอกหลวง ยอดหลวง ผลอ่อนหลวง ใบสด และใบหลวงของผักปลัง



ภาพประกอบ 54 IC_{50} ของการยับยั้ง lipid peroxidation ของสารสกัดจากส่วนต่างๆ ผักปลัง

จากผลการทดสอบสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของผักปลังทั้ง 10 ตัวอย่าง สรุปได้ดังตาราง 1

ตาราง 1 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในสารสกัดแห้ง และค่า IC_{50} ของการยับยั้ง DPPH radical, hydroxyl radical, superoxide anion radical และ lipid peroxidation

ตัวอย่าง	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ($\mu\text{g GAE/mg}$ สารสกัดแห้ง)	IC_{50} ของการยับยั้ง DPPH radical ($\mu\text{g/mL}$)	IC_{50} ของการจับ $HO^\bullet$ (mg/mL)	IC_{50} ของการจับ $O_2^{\bullet-}$ (mg/mL)	IC_{50} ของการยับยั้ง lipid peroxidation (mg/mL)
ดอกสด	70.30	172.85	0.75	1.47	1.74
ดอกหลวง	72.32	169.69	0.94	1.57	1.95
ยอดสด	72.55	191.29	0.75	1.52	1.26
ยอดหลวง	80.07	141.05	0.65	1.81	2.00
ผลอ่อนสด	83.10	80.86	0.70	1.36	1.30
ผลอ่อนหลวง	78.00	103.66	0.78	1.66	1.43
ใบสด	87.02	167.89	0.92	1.48	1.84
ใบหลวง	71.00	201.01	0.72	1.89	1.27
ผลสุกสด	117.08	30.63	0.38	0.88	0.63
ผลสุกหลวง	88.90	99.02	0.43	1.58	1.29

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายและข้อเสนอแนะ

สารประกอบฟีนอลิก เป็นสารประกอบที่มีวงเบนซีนเป็นองค์ประกอบและมีหมู่แทนที่เป็น hydroxyl group ทำให้มีความเป็นขั้วสูง จึงสามารถสกัดได้ด้วยตัวทำละลายที่มีขั้ว เช่น น้ำ เมทานอล เอทานอล และเอทิลแอลกอฮอล์ เป็นต้น ซึ่งในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยทำการศึกษาเบื้องต้นเพื่อหาตัวทำละลายที่เหมาะสม โดยใช้เมทานอลและน้ำในการสกัดผักปลัง เนื่องจากมีความเป็นขั้วสูง จากผลการทดลองหาปริมาณสารสกัดแห้ง ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และศึกษาสมบัติการยับยั้ง DPPH radical พบว่า สารสกัดจากส่วนต่างๆ ของผักปลังที่สกัดด้วยเมทานอลให้ปริมาณสารสกัดแห้งและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงกว่าการสกัดด้วยน้ำ รวมทั้งมีสมบัติการยับยั้ง DPPH radical ได้สูงกว่าสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของผักปลังที่สกัดด้วยน้ำ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ ชิดัมบาราและคณะ (Chidambara; et al. 2002 : 5909-5914) ที่ทำการสกัดกากองุ่นด้วยตัวทำละลายชนิดต่างๆ ได้แก่ เอทิลแอลกอฮอล์ เมทานอล และน้ำ พบว่า เมทานอล เป็นตัวทำละลายที่ดีที่สุด และได้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงสุด

นอกจากนี้ จากการศึกษาของไซลินสกีและโคสโลสกา (Zielinsky; & Koslowska. 2000 : 2008-2016) ซึ่งทำการสกัดธัญพืชคือ wheat, barley, rye, ote และ buckwheat ด้วยตัวทำละลายชนิดต่างๆ ได้แก่ อะซิโตน 80% เอทานอล 80% เมทานอล 80% และ น้ำ พบว่าธัญพืชที่ทำการสกัดด้วย เมทานอล 80% ให้สารสกัดที่มีความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูงสุด

เมื่อนำส่วนต่างๆ ของผักปลังทั้ง 10 ตัวอย่าง ได้แก่ ดอกสด ดอกหลวง ยอดสด ยอดหลวง ผลอ่อนสด ผลอ่อนหลวง ใบสด ใบหลวง ผลสุกสด และผลสุกหลวง มาสกัดด้วยเมทานอล พบว่าปริมาณสารสกัดแห้งที่ได้จากตัวอย่างสดมีค่ามากกว่าตัวอย่างหลวง เมื่อเทียบกับส่วนเดียวกันของผักปลัง เช่น ปริมาณสารสกัดแห้งของดอกสดของผักปลัง คือ 2479.44 mg/100 g ตัวอย่าง ในขณะที่ปริมาณสารสกัดแห้งจากดอกหลวงของผักปลัง คือ 1755.00 mg/100 g ตัวอย่าง ดังภาพประกอบ 4 ซึ่งการที่ปริมาณสารสกัดแห้งจากตัวอย่างที่ผ่านการลวกมีน้อยกว่าตัวอย่างสด น่าจะมาจากการลวกมีน้ำปนมากับเนื้อตัวอย่าง ทำให้ตัวอย่างสดมีเนื้อของตัวอย่างมากกว่าตัวอย่างหลวง เมื่อใช้ตัวอย่างที่น้ำหนักเท่ากัน และทำให้ปริมาณสารสกัดแห้งจากตัวอย่างสดมากกว่าตัวอย่างที่ผ่านการลวก

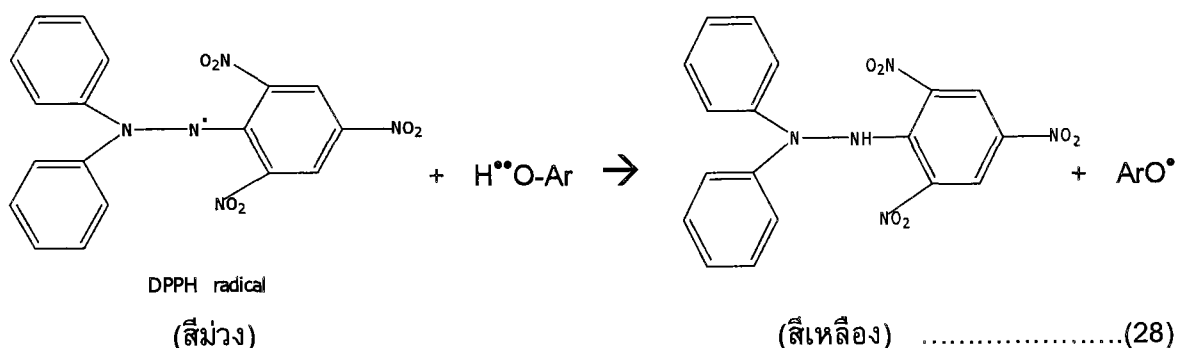
จากการศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของผักปลัง โดยการนำสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของผักปลังมาทำปฏิกิริยากับ Folin-Ciocalteu reagent และ Na_2CO_3 และวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารสีน้ำเงินที่เกิดขึ้น ที่ความยาวคลื่น 765 nm หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกโดยเทียบกับกราฟมาตรฐานของ gallic acid ที่ช่วงความเข้มข้น 0–70 $\mu\text{g/mL}$ ได้ค่าการดูดกลืนแสงระหว่าง 0.00–0.74 พบว่า สารสกัดแห้งของตัวอย่างผักปลังมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ดังภาพประกอบ 5 โดยสารสกัดแห้งของผลสุกสดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงสุด และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกระหว่างสารสกัดแห้งจากตัวอย่างสดและตัว

อย่างลวก พบว่า ส่วนของดอก และยอดของผักปลัง มีปริมาณสาร ประกอบฟีนอลิกใกล้เคียงกัน แสดงว่าความร้อนไม่มีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในส่วนดอก และยอดของผักปลัง

แต่เมื่อพิจารณาในส่วนของผลอ่อน ใบ และผลสุก พบว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกใน สารสกัดแห้งของผลอ่อนสดมีมากกว่าผลอ่อนลวก ใบสดมีมากกว่าใบลวก และผลสุกสดมากกว่า ผลสุกลวก ซึ่งเป็นไปได้ว่าในส่วนผลอ่อน ใบ และผลสุก มีสารประกอบฟีนอลิกบางชนิดที่สามารถ สลายตัวได้ด้วยความร้อน สอดคล้องกับการที่ผักปลังมีสารแอนโทไซยานินเป็นองค์ประกอบ โดย พบมากในส่วนของผลสุก ซึ่งจากการศึกษาของสเปย์ดและคณะ (Spayd; et al. 2002 : 171-182) ที่ศึกษาถึงผลของแสงแดดและอุณหภูมิที่มีต่อสารองค์ประกอบในผิวเบอร์รี่ พบว่า องค์ประกอบที่ เป็นแอนโทไซยานินในผิวเบอร์รี่มีปริมาณลดลงเมื่อได้รับความร้อน

การศึกษาสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากผักปลังนั้น ได้ทำการศึกษา สมบัติการยับยั้ง DPPH radical การเป็นสารจับ hydroxyl radical ($\text{HO}^\bullet$) การเป็นสารจับ superoxide anion radical ($\text{O}_2^{\bullet-}$) และสมบัติการยับยั้ง lipid peroxidation

สมบัติการยับยั้ง DPPH radical ของสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของผักปลังเป็นไปตามภาพ ประกอบที่ 7 - 16 โดยผลการทดลองพบว่าสารละลายสีม่วงของ DPPH radical เปลี่ยนเป็น สีเหลืองมากขึ้นหรือมีค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 nm ต่ำลงเรื่อยๆ เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของผักปลัง และเมื่อนำค่าการดูดกลืนแสงมาคำนวณเป็น % inhibition ของการยับยั้ง DPPH radical เปรียบเทียบกับ control ที่ไม่มีสารสกัด พบว่า % inhibition แปรผันตรงกับความเข้มข้นของสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของผักปลัง มีค่าสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ $\alpha = 0.005$ แสดงว่าในสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของผักปลังมีสารซึ่งสามารถเป็น ตัวให้ $\text{H}^\bullet$ แก่ DPPH radical ได้ และเมื่อกำหนดให้สารประกอบ $\text{H}^{\bullet}\text{O-Ar}$ เป็นสารประกอบใน สารสกัดจากผักปลังที่มีสมบัติดังกล่าว จะเกิดปฏิกิริยาดังสมการ (28)



จากการเปรียบเทียบค่า IC_{50} ของสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของผักปลัง พบว่าสารสกัดจาก ผลสุกสดของผักปลังให้ค่า IC_{50} $30.63 \pm 0.49 \mu\text{g/mL}$ ซึ่งน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับสารสกัดจากผักปลัง

ทุกส่วน ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่มีปริมาณมากที่สุด แต่เมื่อเทียบกับค่า IC_{50} ของวิตามินซีคือ $5.01 \pm 0.03 \mu\text{g/mL}$ วิตามินอี $6.03 \pm 0.18 \mu\text{g/mL}$ และ BHT $27.40 \pm 0.88 \mu\text{g/mL}$ พบว่าสารสกัดจากผลสุกสดของผักปลังมีค่า IC_{50} สูงกว่า หรือมีความสามารถในการยับยั้ง DPPH radical ต่ำกว่าวิตามินซี วิตามินอี และ BHT ซึ่งผลการยับยั้ง DPPH radical ของวิตามินซี สอดคล้องกับการศึกษาของลีและคณะ (Lee; et al. 2002 : 6490-6496) ที่ทำการศึกษามัธยมศึกษา เป็นสารต้านออกซิเดชันของสารสกัดจากเปลือกแคคตัส และพบว่าวิตามินซีมีค่า IC_{50} $3.00 \mu\text{g/mL}$

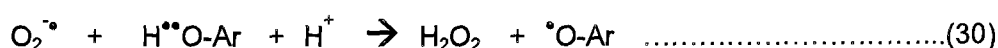
ในการศึกษามัธยมศึกษาเป็นสารจับ $HO^\bullet$ ของสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของผักปลัง โดยทำการสังเคราะห์ $HO^\bullet$ ตามสมการ (7) - (15) ผลการทดลอง พบว่า สารสกัดจากส่วนต่างๆ ของผักปลังสามารถจับกับ $HO^\bullet$ ได้ โดยทำให้เกิดสารสีเหลืองของ diacetyl dihydrolutidine ตามสมการ (15) น้อยลง เมื่อวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 412 nm พบว่า ค่าการดูดกลืนแสงลดลงตามความเข้มข้นของสารสกัดที่เพิ่มขึ้น และเมื่อคำนวณเป็น % inhibition ของการเป็นสารจับ $HO^\bullet$ เปรียบเทียบกับ control ที่ไม่มีสารสกัด พบว่า % inhibition แปรผันตรงกับความเข้มข้นของสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของผักปลัง มีค่าสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $\alpha = 0.005$ แสดงว่าในสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของผักปลังมีสารซึ่งสามารถเข้าจับกับ $HO^\bullet$ และสามารถให้ $H^\bullet$ กับ $HO^\bullet$ ได้ เมื่อกำหนดให้สารประกอบ $H^\bullet O-Ar$ เป็นสารประกอบในสารสกัดจากผักปลังที่มีความสามารถดังกล่าว จะเกิดปฏิกิริยาดังสมการ (29) ซึ่งปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นคาดว่าจะสอดคล้องกับการศึกษาของแอฟาแนชและคณะ ที่ศึกษากลไกการเข้าจับอนุมูลอิสระและการยับยั้ง lipid peroxidation ของรูทีนและเคอเซติน และอ้างถึงการเข้าจับ $HO^\bullet$ ของสารประกอบประเภทฟลาโวนอยด์ (Afanas'ev; et al. 1989 : 1763-1769)



จากผลการวัดความสามารถในการจับ $HO^\bullet$ ของสารสกัดจากผักปลัง พบว่าสารสกัดจากผลสุกสดของผักปลัง มีค่า IC_{50} ต่ำสุด $0.38 \pm 0.01 \text{ mg/mL}$ แสดงว่ามีความสามารถในการจับกับ $HO^\bullet$ ได้สูงสุด แต่เมื่อเทียบกับวิตามินซี ซึ่งมีค่า IC_{50} $0.11 \pm 0.01 \text{ mg/mL}$ สารสกัดจากผลสุกสดของผักปลังยังมีความสามารถในการจับกับ $HO^\bullet$ ได้ต่ำกว่าวิตามินซี

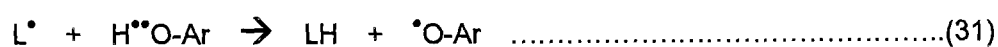
การศึกษามัธยมศึกษาเป็นสารจับ superoxide anion radical ($O_2^{\bullet-}$) ซึ่ง $O_2^{\bullet-}$ เป็นอนุมูลอิสระที่สำคัญและมีการสร้างขึ้นได้ในกระบวนการต่างๆ ของร่างกาย ทั้งกระบวนการ auto-oxidation หรือโดยเอนไซม์

การศึกษานี้ ทำการสังเคราะห์ $O_2^{\cdot -}$ จากปฏิกิริยาระหว่างเอนไซม์ xanthine oxidase กับ hypoxanthine ดังสมการ (19) และวัดระดับของ NBT²⁺ ที่เกิดขึ้นตามสมการ (20) พบว่า สารสกัดจากส่วนต่างๆ ของผักปลังสามารถเข้าจับกับ $O_2^{\cdot -}$ ได้ โดยทำให้เกิดสาร diformazan น้อยลงตามความเข้มข้นของสารสกัดที่เพิ่มขึ้น เมื่อนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 560 nm พบว่า ค่าการดูดกลืนแสงลดลงตามความเข้มข้นของสารสกัดที่เพิ่มขึ้น และเมื่อคำนวณเป็น % inhibition ของการเป็นสารจับ $O_2^{\cdot -}$ เปรียบเทียบกับ control ที่ไม่มีสารสกัด พบว่า % inhibition แปรผันตรงกับความเข้มข้นของสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของผักปลัง มีค่าสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $\alpha = 0.005$ แสดงว่าในสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของผักปลังมีสารซึ่งสามารถเข้าจับกับ $HO^{\cdot}$ และสามารถให้ $H^{\cdot}$ กับ $O_2^{\cdot -}$ ได้ เมื่อกำหนดให้สารประกอบ $H^{\cdot}O-Ar$ เป็นสารประกอบในสารสกัดจากผักปลังที่มีความสามารถดังกล่าว จะเกิดปฏิกิริยาดังสมการ (30)



เมื่อศึกษาค่า IC_{50} ของสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของผักปลัง พบว่า สารสกัดจากผลสุกสดของผักปลัง มีค่า IC_{50} ต่ำสุด 0.88 ± 0.04 mg/mL แสดงว่าสารสกัดจากผลสุกสดของผักปลังมีความสามารถในการจับ $O_2^{\cdot -}$ ได้สูงสุด และเมื่อเปรียบเทียบกับวิตามินซี ซึ่งมีค่า IC_{50} 0.80 ± 0.01 mg/mL ค่าที่ได้ใกล้เคียงกัน แสดงให้เห็นว่าความสามารถในการจับ $O_2^{\cdot -}$ ของสารสกัดจากผลสุกสดของผักปลังมีค่าใกล้เคียงกับวิตามินซี

การศึกษสมบัติการยับยั้ง lipid peroxidation ของสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของผักปลัง โดยใช้ linoleic acid ซึ่งสามารถเกิดปฏิกิริยา lipid peroxidation ได้ดังสมการ (21) และวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารประกอบเชิงซ้อนสีแดงที่เกิดขึ้นดังสมการ (22) - (23) ที่ความยาวคลื่น 500 nm จากผลการทดลอง พบว่า ค่าการดูดกลืนแสงลดลงตามความเข้มข้นของสารสกัดที่เพิ่มขึ้น และเมื่อคำนวณเป็น % inhibition ของการยับยั้ง lipid peroxidation เปรียบเทียบกับ control ที่ไม่มีสารสกัด พบว่า % inhibition แปรผันตรงกับความเข้มข้นของสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของผักปลัง มีค่าสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $\alpha = 0.005$ แสดงว่าสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของผักปลังมีความสามารถในการยับยั้ง lipid peroxidation ได้ โดยสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของผักปลังมีสารที่สามารถให้ $H^{\cdot}$ แก่ $L^{\cdot}$ ที่เกิดขึ้นในช่วง initiation ของปฏิกิริยาลูกโซ่ แล้วทำให้ลูกโซ่ของการเกิด lipid peroxidation หยุดลง ดังสมการ (31)



เมื่อศึกษาค่า IC_{50} ของการยับยั้ง lipid peroxidation ของสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของผักปลัง พบว่า สารสกัดจากผลสุกสดของผักปลังสามารถยับยั้ง lipid peroxidation ได้ดีที่สุด มีค่า IC_{50} 0.63 ± 0.01 mg/mL แต่เมื่อเปรียบเทียบกับวิตามินอี ซึ่งมีค่า IC_{50} 0.21 ± 0.01 mg/mL และ

BHT ซึ่งมีค่า IC_{50} 0.19 ± 0.01 mg/mL สารสกัดจากผลสุกสดของผักปลังมีความสามารถในการยับยั้ง lipid peroxidation ต่ำกว่าวิตามินอี และ BHT ซึ่งอาจเป็นเพราะสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของผักปลังเป็นสารที่ละลายได้ดีในตัวทำละลายที่มีขั้ว แต่ไม่ละลายในไขมัน ดังนั้นจึงยับยั้ง lipid peroxidation ได้น้อยกว่าวิตามินอี และ BHT ซึ่งละลายได้ดีในไขมัน

จากการศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของผักปลัง ดังสรุปในตาราง 1 พบว่าสารสกัดจากผลสุกสดของผักปลัง มีสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่มีมากที่สุด โดยที่สารสกัดจากส่วนอื่นๆ ของผักปลังมีสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระต่างกันตามชนิดของอนุมูลอิสระ และไม่เป็นไปตามลำดับค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่พบ ซึ่งน่าจะเกิดจากมีสารต้านอนุมูลอิสระหลายชนิดที่พบได้ในผักปลัง ประกอบด้วย เบต้า-แคโรทีน แซนโทฟิลล์ วิตามินซี วิตามินอี แทนนิน และสารประกอบฟีนอลิก (นวลศรี รักอริยธรรม; และ อัญชนา เจนวิสิฐ. 2542 : 148-149) จึงอาจทำให้ในแต่ละส่วนของผักปลังมีสารต้านอนุมูลอิสระต่างชนิดกัน หรือมีปริมาณสัดส่วนของสารต้านอนุมูลอิสระชนิดต่างๆ แตกต่างกัน นอกจากนี้ พบว่า สมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของตัวอย่างจากส่วนต่างๆ ของผักปลังส่วนใหญ่ลดลงเมื่อผ่านการลวกด้วยความร้อน และเมื่อนำมาเทียบกับสารต้านอนุมูลอิสระที่ใช้เป็น positive control ได้แก่ วิตามินอี วิตามินซี และ BHT พบว่า ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของผักปลังยังต่ำกว่าวิตามินซี วิตามินอี และ BHT เพราะสารที่นำมาศึกษาเป็นสารสกัดหยาบที่สกัดด้วยเมทานอลเท่านั้น ถ้าทำการสกัดให้ได้สารบริสุทธิ์ คาดว่าสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระน่าจะสูงขึ้น

สรุปแล้ว ผลสุกสดของผักปลังมีสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ดีที่สุดเมื่อเทียบกับส่วนอื่นของผักปลัง ดังนั้นการนำผลสุกสดมาใช้เป็นสีผสมอาหารจึงได้ทั้งสีที่สวยงามและได้รับประโยชน์จากการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของผลสุกสดที่ดีต่อสุขภาพของผู้บริโภค นอกจากนี้ยังมีรายงานในด้านอื่นๆ ได้แก่ การมีสมบัติเป็น anticonvulsant, antitumor, antifungal และ antimutagenic เป็นต้น (Napralert profile for *Basella rubra*. 2003 : Online)

ข้อเสนอแนะ

1. สารสกัดจากผลสุกสดของผักปลังมีสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ดีแม้จะเป็นสารสกัดหยาบที่สกัดด้วยเมทานอลเท่านั้น ดังนั้นถ้ามีการนำมาสกัดเป็นสารที่บริสุทธิ์ สมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระน่าจะสูงกว่าที่ได้ในงานวิจัยนี้
2. จากผลการวิจัย พบว่าโดยส่วนใหญ่สมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากตัวอย่างผักปลังลดลงเมื่อผ่านการลวกด้วยความร้อน ดังนั้นการรับประทานสดจึงให้คุณค่าทางด้านการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าการปรุงด้วยความร้อน

3. วิธีที่ใช้ในการทดสอบสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระแต่ละชนิด ได้แก่ DPPH radical, hydroxyl radical, superoxide anion radical และ lipid peroxidation ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับพืชชนิดอื่นๆ ที่ต้องการศึกษาสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กองบรรณาธิการ. (2541, กรกฎาคม). ผักปลัง. *หมอชาวบ้าน*. 20(231) : 53.
- เที่ยง บุรณธรรม. (2542). *พจนานุกรมสมุนไพรไทย*. กรุงเทพฯ: รวมสาส์น.
- นวลศรี รักอริยะธรรม; และ อัญชนา เจนวิถีสุข. (2542). แอนติออกซิแดนท์ : สารต้านมะเร็งในผัก-สมุนไพรไทย. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ผักปลัง. (ออนไลน์). แหล่งที่มา: <http://www.skn.ac.th/skl/tree/t242p2.htm>. วันที่สืบค้น 8 กุมภาพันธ์ 2547.
- ผักปลัง. (ออนไลน์). วันที่ 13 สิงหาคม 2546. แหล่งที่มา: http://www.thaigoodview.com/library/studentshow/st2545/5-4/no11/main/phungplang_ya.html. วันที่สืบค้น 8 กุมภาพันธ์ 2547.
- มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (2546). ผักปลัง. (ออนไลน์). แหล่งที่มา: <http://www.ku.ac.th/AgrInfo/plant/plant2/p019.html>. วันที่สืบค้น 8 กุมภาพันธ์ 2547.
- Adom, K.K.; & Liu, H.R. (2002). Antioxidant activity of grains. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50 : 6182-6187.
- Afanas'ev; et al. (1989). Chelating and free radical scavenging mechanisms of inhibitory action of rutin and quercetin in lipid peroxidation. *Biochemical Pharmacology*. 38 : 1763-1769.
- Alonso; et al. (2002). Determination of antioxidant activity of wine byproducts and its correlation with polyphenolic content. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50 : 5832-5836.
- Baskin, Steven I.; & Salem, Harry. (1997). *Oxidant, antioxidants, and free radicals*. pp. 56. Maryland: Taylor & Francis.
- Beyer, R.E. (1992). An analysis of role of coenzyme Q in free radical generation and as antioxidant. *Biochemistry and Cell Biology*. 70 : 390-403.
- Bielski, Benon H.J.; Shiue, Grace G.; & Bajuk, Stanley. (1980). Reduction of nitro blue tetrazolium by CO_2^- and O_2^- radicals. *Journal of Physical Chemistry*. 84 : 830-833.
- Blois, M.S. (1958). Antioxidant determinations by the use of stable free radical. *Nature*. 26 : 1199-1200.
- Borek, C. (1997, Nov/Dec). Antioxidant and cancer. *Science and Medicine*. 52-60.
- Cao, Guohua; Sofic, Emin; & Prior, Ronald L. (1996). Antioxidant capacity of tea and common vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 44 : 3426-3431.

- Chidambara Murthy; et al. (2002). Antioxidant activity of grape (*Vitis vinifera*) pomace extracts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50 : 5909-5914.
- Culter, R.G. (1991). Antioxidants and aging. *American Journal of Clinical Nutrition*. 53 : 375S-379S.
- Gladys, B. (1991). Nutrition in chronic disease prevention. In *Antioxidant Food Supplements in Human Health*. Lester Packer; Midori Hiromatsu; & Toshikazu Yoshikawa. pp. 46-47. San Diego : Academic Press.
- Gotoh Naohiro; & Niki Etsuo. (1992). Rates of interactions of superoxide with vitamin E, vitamin C and related compounds as measured by chemiluminescence. *Biochemica et Biophysica Acta*. 1115 : 201-207.
- Halliwell, B. (1991). Drug antioxidant effects : A basis for drug selection. *Drugs*. 42(2) : 569-605.
- Halliwell, B. (1993). The biochemistry of oxygen free radicals. In *Free radicals in tropical diseases*. Aruoma, Okezi I. pp. 1-3. Switzerland : Harwood Academic.
- Heinonen; Meyer; & Frankel. (1998). Antioxidant activity of berry phenolics on human Low-Density-Lipoprotein and liposome oxidation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 46 : 4107-4112.
- Jayaprakasha, G.K.; Singh, R.P.; & Sakariah, K.K. (2001). Antioxidant activity of grape seed (*Vitis vinefera*) extracts on peroxidation model *in vitro*. *Food Chemistry*. 73 : 285-290.
- Kappus, H. (1992). Oxidative stress in chemical toxicity. In *Free radicals and the liver*. Csomós, G.; & Fehér, J. pp. 13. Berlin : Springer-Verlag.
- Klein, Shelley M.; Cohen, Gerald; & Cederbaum, Arthur I. (1981). Production of formaldehyde during metabolism of dimethyl sulfoxide by hydroxyl radical generating systems. *Biochemistry*. 20 : 6006-6012.
- Lee; et al. (2002). Antioxidant property of ethanol extract of the stem of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50 : 6490-6496.
- Lim; et al. (2002). Evaluation of antioxidative activity of extracts from a brown seaweed, *Sargassum siliquastrum*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50 : 3862-3866.
- Mau; Lin; & Chen. (2002). Antioxidant properties of several medicinal mushrooms. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50 : 6072-6077.

- Maurício; et al. (2003). Pyridoxal isonicotinoyl hydrazone inhibits iron-induced ascorbate oxidation and ascorbyl radical formation. *Biochemica et Biophysica Acta*. 1620 : 15-24.
- Maxwell, S.R.J. (1995). Prospects for the use of antioxidant therapies. *Drugs*. 49 : 345-361.
- Michiels, C.; et al. (1994). Importance of Se-glutathione peroxidase, catalase, and Cu/Zn-SOD for Cell survival against oxidative stress. *Free Radical Biology and Medicine*. 17 : 235-248.
- Napralert profile for Basella rubra*. (Online). Available: Napralert profile. Retrieved August 13, 2003.
- Nash, T. (1953). The colorimetric estimation of formaldehyde by means of the Hantzsch reaction. *Biochemistry Journal*. 55 : 416-421.
- Noguchi, Noriko; & Niki, Etsuo. (1998). Chemistry of active oxygen species and antioxidants. In *Antioxidant status, diet, nutrition, and health*. Papas, Andreas M. pp. 9-13. London : CRC press.
- Scott, B.C.; et al. (1994, Feb). Lipoic and dihydrolipoic acid as antioxidants : A critical evaluation. *Free Radical Research*. 20(2) : 119-133.
- Sies, H.; & Stahl, W. (1995). Vitamin E and C beta-carotene and other carotenoids as antioxidant. *American Journal of Clinical Nutrition*. 62 : 1315S-1321S.
- Singleton, V.L.; Orthofer, R.; & Lamuela-Raventos, R.M. (1999). Analysis of total phenolics by means of Folin-Ciocalteu reagent. In *Methods in Enzymology, Oxidants and Antioxidants, Part A*. Packer, Lester. pp. 152-178. San Diego : Academic press.
- Spayd, S.E.; et al. (2002). Separation of sunlight and temperature effects on the composition of *Vitis vinifera* cv. Merlot Berries. *American Journal of Enology and Viticulture*. 53 : 171-182.
- Strain, J.J.; & Benzie, I.F.F. (1999). Antioxidants. In *Encyclopedia of Human Nutrition*. Michele, J. Sadler; Strain, J.J.; & Benjamin Caballero. pp. 95-105. San Diego : Academic Press.
- Takao, T.; et al. (1994). A simple screening method for antioxidants and isolation of several antioxidants produced by marine bacteria from fish and shellfish. *Bioscience Biotechnology Biochemistry*. 58 : 1780-1783.
- Thanasettakorn, K. (2001). *Phytosterol content and antioxidant activities in common Thai vegetable*. Thesis, M.Sc. (Food and Nutrition for Development). Bangkok : Mahidol University. Photocopies.

- Velioglu, Y.S.; et al. (1998). Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetable and grain products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 46 : 4113-4117.
- Vinson; et al. (2001). Phenol antioxidant quantity and quality in foods: fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 49 : 5315-5321.
- Yen, Gow-Chin; & Hsieh, Chin-Luan. (1998). Antioxidant activity of extracts from Du-zhong (*Eucommia ulmoides*) toward various lipid peroxidation models in vitro. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 46 : 3952-3957.
- Zielinski; & Kozłowska. (2000). Antioxidant activity and total phenolics in selected cereal grains and different morphological fraction. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 48 : 2008-2016.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.
วิธีเตรียมสารเคมี

วิธีเตรียมสารเคมี

1. สารละลาย Iron-EDTA

ชั่ง ferrous ammonium sulfate 0.13 กรัม และ EDTA 0.26 กรัม ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 mL แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

2. สารละลาย Nash reagent

ชั่ง ammonium acetate 75.00 กรัม ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 1,000 mL แล้ว ปิเปิด glacial acetic acid ปริมาตร 3 mL และ acetyl acetone ปริมาตร 2 mL ลงในขวดวัดปริมาตร จากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

ภาคผนวก ข
ตารางบันทึกผลการวิจัย

ตาราง 2 ปริมาณสารสกัดและสารประกอบฟีนอลิกจากตัวอย่างส่วนต่างๆ ของผักปลัง

ตัวอย่าง	ปริมาณสารสกัดแห้ง (mg/100 g ตัวอย่าง)	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (μg GAE/mg สารสกัดแห้ง)			ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (mg GAE/100 g ตัวอย่าง)
		mean	$\pm$	SD	
ดอกสด	2479.44	70.30	$\pm$	4.15	174.29
ดอกตาก	1337.90	72.32	$\pm$	3.26	96.76
ยอดสด	1498.18	72.55	$\pm$	1.05	108.69
ยอดตาก	709.06	80.07	$\pm$	1.17	56.77
ผลอ่อนสด	1755.00	83.10	$\pm$	1.28	145.85
ผลอ่อนตาก	1565.87	78.00	$\pm$	3.43	122.14
ใบสด	1075.08	87.02	$\pm$	0.89	93.56
ใบตาก	878.00	71.00	$\pm$	2.21	62.33
ผลสุกสด	1736.00	117.08	$\pm$	0.63	203.25
ผลสุกตาก	1713.00	88.90	$\pm$	1.21	152.29

ตาราง 3 ผลการวัดสมบัติในการยับยั้ง DPPH radical ของสารสกัดจากดอกสดของผักปลัง

สารตัวอย่าง	ความเข้มข้น ($\mu\text{g/mL}$)	% Inhibition			
		Mean	$\pm$	SD	CV (%)
ดอกสด	50	16.81	$\pm$	0.52	3.10
	100	28.15	$\pm$	0.66	2.35
	150	42.48	$\pm$	2.04	4.81
	200	58.97	$\pm$	2.42	4.10
	250	68.55	$\pm$	2.18	3.18

ตาราง 4 ผลการวัดสมบัติในการยับยั้ง DPPH radical ของสารสกัดจากดอกหลวงของผักปลัง

สารตัวอย่าง	ความเข้มข้น ($\mu\text{g/mL}$)	% Inhibition			
		Mean	$\pm$	SD	CV (%)
ดอกหลวง	50	10.52	$\pm$	0.43	4.09
	100	29.15	$\pm$	1.03	3.52
	150	44.05	$\pm$	1.17	2.65
	200	59.24	$\pm$	1.78	3.01
	250	70.61	$\pm$	3.69	5.23

ตาราง 5 ผลการวัดสมบัติในการยับยั้ง DPPH radical ของสารสกัดจากยอดสดของผักปลัง

สารตัวอย่าง	ความเข้มข้น ($\mu\text{g/mL}$)	% Inhibition			
		Mean	$\pm$	SD	CV (%)
ยอดสด	50	8.50	$\pm$	0.36	4.26
	100	23.32	$\pm$	0.90	3.88
	150	38.23	$\pm$	1.60	4.19
	200	52.70	$\pm$	3.44	6.53
	250	65.67	$\pm$	2.02	3.08

ตาราง 6 ผลการวัดสมบัติในการยับยั้ง DPPH radical ของสารสกัดจากยอดผลวกของผักปลัง

สารตัวอย่าง	ความเข้มข้น ($\mu\text{g/mL}$)	% Inhibition			
		Mean	$\pm$	SD	CV (%)
ยอดผลวก	50	12.39	$\pm$	0.41	3.31
	100	33.97	$\pm$	1.20	3.54
	150	53.49	$\pm$	0.44	0.83
	200	71.48	$\pm$	1.94	2.72
	250	85.39	$\pm$	0.64	0.74

ตาราง 7 ผลการวัดสมบัติในการยับยั้ง DPPH radical ของสารสกัดจากผลอ่อนสดของผักปลัง

สารตัวอย่าง	ความเข้มข้น ($\mu\text{g/mL}$)	% Inhibition			
		Mean	$\pm$	SD	CV (%)
ผลอ่อนสด	30	15.44	$\pm$	0.83	5.36
	60	38.59	$\pm$	1.04	2.69
	90	55.03	$\pm$	1.34	2.44
	120	68.24	$\pm$	1.61	2.37
	150	83.91	$\pm$	0.44	0.52

ตาราง 8 ผลการวัดสมบัติในการยับยั้ง DPPH radical ของสารสกัดจากผลอ่อนลวกของผักปลัง

สารตัวอย่าง	ความเข้มข้น ($\mu\text{g/mL}$)	% Inhibition			
		Mean	$\pm$	SD	CV (%)
ผลอ่อนลวก	30	13.26	$\pm$	0.59	4.42
	60	28.54	$\pm$	0.53	1.85
	90	43.95	$\pm$	2.05	4.66
	120	57.11	$\pm$	1.47	2.58
	150	67.14	$\pm$	0.29	0.43

ตาราง 9 ผลการวัดสมบัติในการยับยั้ง DPPH radical ของสารสกัดจากใบสดของผักปลัง

สารตัวอย่าง	ความเข้มข้น ($\mu\text{g/mL}$)	% Inhibition			
		Mean	$\pm$	SD	CV (%)
ใบสด	50	13.23	$\pm$	0.63	4.78
	100	30.74	$\pm$	0.91	2.97
	150	45.14	$\pm$	1.05	2.32
	200	58.86	$\pm$	2.01	3.42
	250	73.30	$\pm$	3.42	4.67

ตาราง 10 ผลการวัดสมบัติในการยับยั้ง DPPH radical ของสารสกัดจากใบลวกของผักปลัง

สารตัวอย่าง	ความเข้มข้น ($\mu\text{g/mL}$)	% Inhibition			
		Mean	$\pm$	SD	CV (%)
ใบลวก	50	14.69	$\pm$	0.35	2.41
	100	26.35	$\pm$	1.14	4.31
	150	38.23	$\pm$	0.30	0.78
	200	49.61	$\pm$	1.80	3.62
	250	60.61	$\pm$	1.49	2.45

ตาราง 11 ผลการวัดสมบัติในการยับยั้ง DPPH radical ของสารสกัดจากผลสุกสดของผักปลัง

สารตัวอย่าง	ความเข้มข้น ($\mu\text{g/mL}$)	% Inhibition			
		Mean	$\pm$	SD	CV (%)
ผลสุกสด	10	15.54	$\pm$	0.31	1.97
	20	33.94	$\pm$	0.55	1.63
	30	48.32	$\pm$	1.44	2.98
	40	73.61	$\pm$	1.17	1.59
	50	87.27	$\pm$	0.29	0.33

ตาราง 12 ผลการวัดสมบัติในการยับยั้ง DPPH radical ของสารสกัดจากผลสุกลวกของผักปลัง

สารตัวอย่าง	ความเข้มข้น ($\mu\text{g/mL}$)	% Inhibition			
		Mean	$\pm$	SD	CV (%)
ผลสุกลวก	30	14.86	$\pm$	0.47	3.16
	60	30.68	$\pm$	0.84	2.74
	90	45.48	$\pm$	0.52	1.13
	120	60.91	$\pm$	3.25	5.33
	150	74.03	$\pm$	3.13	4.23

ตาราง 13 IC_{50} ของการยับยั้ง 0.1 mM DPPH radical ของสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของผักปลัง

สารตัวอย่าง	IC_{50} ($\mu\text{g/mL}$)			CV (%)
	mean	$\pm$	SD	
ดอกสด	172.85	$\pm$	4.59	2.66
ดอกตาก	169.69	$\pm$	4.49	2.65
ยอดสด	191.29	$\pm$	10.84	5.67
ยอดตาก	141.05	$\pm$	1.03	0.73
ผลอ่อนสด	80.86	$\pm$	2.19	2.71
ผลอ่อนตาก	103.66	$\pm$	4.06	3.92
ใบสด	167.89	$\pm$	4.21	2.51
ใบตาก	201.01	$\pm$	6.34	3.16
ผลสุกสด	30.63	$\pm$	0.49	1.61
ผลสุกตาก	99.02	$\pm$	1.47	1.48
วิตามินซี	5.01	$\pm$	0.03	0.50
วิตามินอี	6.03	$\pm$	0.18	3.06
BHT	27.40	$\pm$	0.88	3.23

ตาราง 14 ผลการวัดสมบัติในการเป็นสารจับ hydroxyl radical ของสารสกัดจากดอกสดของผักปลัง

สารตัวอย่าง	ความเข้มข้น (mg/mL)	% Inhibition			
		Mean	±	SD	CV (%)
ดอกสด	0.2	6.11	±	0.17	2.78
	0.4	22.78	±	0.47	2.07
	0.6	36.01	±	0.53	1.47
	0.8	55.23	±	0.23	0.41
	1.0	69.80	±	1.35	1.93

ตาราง 15 ผลการวัดสมบัติในการเป็นสารจับ hydroxyl radical ของสารสกัดจากดอกหลวงของผักปลัง

สารตัวอย่าง	ความเข้มข้น (mg/mL)	% Inhibition			
		Mean	±	SD	CV (%)
ดอกหลวง	0.2	8.01	±	0.31	3.83
	0.4	21.70	±	1.24	5.72
	0.6	27.80	±	0.30	1.06
	0.8	41.83	±	1.65	3.95
	1.0	53.52	±	1.84	3.43

ตาราง 16 ผลการวัดสมบัติในการเป็นสารจับ hydroxyl radical ของสารสกัดจากยอดสดของ ผักปลัง

สารตัวอย่าง	ความเข้มข้น (mg/mL)	% Inhibition			
		Mean	±	SD	CV (%)
ยอดสด	0.2	10.89	±	0.62	5.66
	0.4	21.18	±	0.80	3.77
	0.6	37.25	±	0.33	0.90
	0.8	55.52	±	1.24	2.23
	1.0	67.20	±	1.43	2.14

ตาราง 17 ผลการวัดสมบัติในการเป็นสารจับ hydroxyl radical ของสารสกัดจากยอดผลของ ผักปลัง

สารตัวอย่าง	ความเข้มข้น (mg/mL)	% Inhibition			
		Mean	±	SD	CV (%)
ยอดผล	0.2	16.89	±	0.93	5.53
	0.4	25.55	±	0.94	3.69
	0.6	45.81	±	1.80	3.93
	0.8	63.87	±	1.77	2.77
	1.0	80.96	±	4.80	5.92

ตาราง 18 ผลการวัดสมบัติในการเป็นสารจับ hydroxyl radical ของสารสกัดจากผลอ่อนสด
ของผักปลัง

สารตัวอย่าง	ความเข้มข้น (mg/mL)	% Inhibition			
		Mean	±	SD	CV (%)
ผลอ่อนสด	0.2	18.56	±	0.80	4.34
	0.4	25.14	±	0.64	2.54
	0.6	41.67	±	0.81	1.93
	0.8	58.42	±	0.57	0.97
	1.0	72.97	±	2.72	3.73

ตาราง 19 ผลการวัดสมบัติในการเป็นสารจับ hydroxyl radical ของสารสกัดจากผลอ่อนลวก
ของผักปลัง

สารตัวอย่าง	ความเข้มข้น (mg/mL)	% Inhibition			
		Mean	±	SD	CV (%)
ผลอ่อนลวก	0.2	8.13	±	0.17	2.15
	0.4	22.01	±	0.23	1.04
	0.6	37.97	±	1.58	4.16
	0.8	51.77	±	1.30	2.51
	1.0	65.46	±	0.58	0.89

ตาราง 20 ผลการวัดสมบัติในการเป็นสารจับ hydroxyl radical ของสารสกัดจากใบสดของ ผักปลัง

สารตัวอย่าง	ความเข้มข้น (mg/mL)	% Inhibition			
		Mean	±	SD	CV (%)
ใบสด	0.2	4.20	±	0.29	6.81
	0.4	14.85	±	0.69	4.67
	0.6	29.65	±	0.45	1.51
	0.8	43.49	±	1.34	3.08
	1.0	55.35	±	3.79	6.85

ตาราง 21 ผลการวัดสมบัติในการเป็นสารจับ hydroxyl radical ของสารสกัดจากใบลวกของ ผักปลัง

สารตัวอย่าง	ความเข้มข้น (mg/mL)	% Inhibition			
		Mean	±	SD	CV (%)
ใบลวก	0.2	6.96	±	0.18	2.53
	0.4	20.69	±	0.66	3.17
	0.6	42.16	±	0.67	1.59
	0.8	56.46	±	2.68	4.75
	1.0	70.03	±	2.96	4.23

ตาราง 22 ผลการวัดสมบัติในการเป็นสารจับ hydroxyl radical ของสารสกัดจากผลสุกสดของ
ผักปลัง

สารตัวอย่าง	ความเข้มข้น (mg/mL)	% Inhibition			
		Mean	±	SD	CV (%)
ผลสุกสด	0.1	16.10	±	0.51	3.17
	0.2	30.92	±	1.36	4.41
	0.3	40.78	±	1.26	3.09
	0.4	51.84	±	2.62	5.05
	0.5	65.99	±	2.50	3.78

ตาราง 23 ผลการวัดสมบัติในการเป็นสารจับ hydroxyl radical ของสารสกัดจากผลสุกลวก
ของผักปลัง

สารตัวอย่าง	ความเข้มข้น (mg/mL)	% Inhibition			
		Mean	±	SD	CV (%)
ผลสุกลวก	0.1	2.57	±	0.08	3.22
	0.2	18.25	±	0.79	4.35
	0.3	28.35	±	0.10	0.35
	0.4	48.34	±	1.05	2.18
	0.5	60.13	±	0.70	1.16

ตาราง 24 IC₅₀ ของการเป็นสารจับ hydroxyl radical (HO[•]) ของสารสกัดจากส่วนต่างๆ
ของของผักปลัง

สารตัวอย่าง	IC ₅₀ (mg/mL)			CV (%)
	mean	±	SD	
ดอกสด	0.75	±	0.00	0.46
ดอกตาก	0.94	±	0.02	2.05
ยอดสด	0.75	±	0.01	1.14
ยอดตาก	0.65	±	0.02	3.22
ผลอ่อนสด	0.70	±	0.01	1.15
ผลอ่อนตาก	0.78	±	0.01	1.50
ใบสด	0.92	±	0.03	3.41
ใบตาก	0.72	±	0.01	0.90
ผลสุกสด	0.38	±	0.01	2.12
ผลสุกตาก	0.43	±	0.00	0.94
วิตามินซี	0.11	±	0.01	5.09

ตาราง 25 ผลการวัดสมบัติในการเป็นสารจับ superoxide anion radical ของสารสกัดจาก
ดอกสดของผักปลัง

สารตัวอย่าง	ความเข้มข้น (mg/mL)	% Inhibition			
		Mean	±	SD	CV (%)
ดอกสด	0.4	18.37	±	1.52	8.27
	0.8	27.07	±	1.10	4.05
	1.2	43.00	±	0.29	0.67
	1.6	53.51	±	0.47	0.88
	2.0	65.19	±	1.32	2.03

ตาราง 26 ผลการวัดสมบัติในการเป็นสารจับ superoxide anion radical ของสารสกัดจาก
ดอกหลวงของผักปลัง

สารตัวอย่าง	ความเข้มข้น (mg/mL)	% Inhibition			
		Mean	±	SD	CV (%)
ดอกหลวง	0.4	10.28	±	0.36	3.53
	0.8	23.10	±	0.78	3.38
	1.2	40.97	±	1.42	3.46
	1.6	50.48	±	0.50	0.99
	2.0	72.57	±	2.38	3.27

ตาราง 27 ผลการวัดสมบัติในการเป็นสารจับ superoxide anion radical ของสารสกัดจาก
ยอดสดของผักปลัง

สารตัวอย่าง	ความเข้มข้น (mg/mL)	% Inhibition			
		Mean	±	SD	CV (%)
ยอดสด	0.4	19.15	±	1.22	6.40
	0.8	30.76	±	1.43	4.66
	1.2	37.27	±	1.62	4.34
	1.6	53.15	±	1.23	2.31
	2.0	60.04	±	1.52	2.54

ตาราง 28 ผลการวัดสมบัติในการเป็นสารจับ superoxide anion radical ของสารสกัดจาก
ยอดผลวกของผักปลัง

สารตัวอย่าง	ความเข้มข้น (mg/mL)	% Inhibition			
		Mean	±	SD	CV (%)
ยอดผลวก	0.4	19.02	±	0.61	3.18
	0.8	31.55	±	1.22	3.85
	1.2	38.52	±	0.78	2.02
	1.6	45.51	±	1.29	2.83
	2.0	51.59	±	0.54	1.04

ตาราง 29 ผลการวัดสมบัติในการเป็นสารจับ superoxide anion radical ของสารสกัดจาก
ผลอ่อนสดของผักปลัง

สารตัวอย่าง	ความเข้มข้น (mg/mL)	% Inhibition			
		Mean	±	SD	CV (%)
ผลอ่อนสด	0.4	7.92	±	0.29	3.66
	0.8	22.97	±	1.31	5.71
	1.2	42.41	±	3.75	8.85
	1.6	60.40	±	2.94	4.87
	2.0	76.97	±	2.24	2.91

ตาราง 30 ผลการวัดสมบัติในการเป็นสารจับ superoxide anion radical ของสารสกัดจาก
ผลอ่อนลวกของผักปลัง

สารตัวอย่าง	ความเข้มข้น (mg/mL)	% Inhibition			
		Mean	±	SD	CV (%)
ผลอ่อนลวก	0.4	17.29	±	0.40	2.30
	0.8	25.61	±	0.99	3.85
	1.2	35.86	±	1.36	3.80
	1.6	47.74	±	1.65	3.46
	2.0	61.23	±	0.65	1.06

ตาราง 31 ผลการวัดสมบัติในการเป็นสารจับ superoxide anion radical ของสารสกัดจากใบสด
ของผักปลัง

สารตัวอย่าง	ความเข้มข้น (mg/mL)	% Inhibition			
		Mean	±	SD	CV (%)
ใบสด	0.8	25.24	±	1.00	3.95
	1.2	39.45	±	0.93	2.36
	1.6	54.51	±	1.98	3.64
	2.0	66.46	±	2.50	3.77
	2.4	72.02	±	1.81	2.52

ตาราง 32 ผลการวัดสมบัติในการเป็นสารจับ superoxide anion radical ของสารสกัดจาก
ใบลวกของผักปลัง

สารตัวอย่าง	ความเข้มข้น (mg/mL)	% Inhibition			
		Mean	±	SD	CV (%)
ใบลวก	0.4	29.02	±	0.74	2.56
	0.8	32.86	±	0.32	0.97
	1.2	38.61	±	1.20	3.11
	1.6	46.69	±	1.39	2.98
	2.0	51.84	±	1.24	2.38

ตาราง 33 ผลการวัดสมบัติในการเป็นสารจับ superoxide anion radical ของสารสกัดจาก
ผลสุกสดของผักปลัง

สารตัวอย่าง	ความเข้มข้น (mg/mL)	% Inhibition			
		Mean	±	SD	CV (%)
ผลสุกสด	0.2	12.74	±	0.29	2.31
	0.4	23.28	±	0.72	3.10
	0.6	39.23	±	1.38	3.51
	0.8	45.55	±	2.31	5.06
	1.0	56.03	±	2.00	3.57

ตาราง 34 ผลการวัดสมบัติในการเป็นสารจับ superoxide anion radical ของสารสกัดจาก
ผลสุกลวกของผักปลัง

สารตัวอย่าง	ความเข้มข้น (mg/mL)	% Inhibition			
		Mean	±	SD	CV (%)
ผลสุกลวก	0.4	3.32	±	0.11	3.22
	0.8	26.46	±	0.78	2.94
	1.2	37.06	±	1.60	4.31
	1.6	51.17	±	2.27	4.44
	2.0	60.05	±	1.67	2.78

ตาราง 35 IC₅₀ ของการเป็นสารจับ superoxide anion radical (O₂⁻) ของสารสกัดจากส่วน
ต่างๆ ของผักปลัง

สารตัวอย่าง	IC ₅₀ (mg/mL)			CV (%)
	Mean	±	SD	
ดอกสด	1.47	±	0.01	0.82
ดอกตาก	1.57	±	0.02	1.18
ยอดสด	1.52	±	0.03	1.74
ยอดตาก	1.81	±	0.02	0.95
ผลอ่อนสด	1.36	±	0.04	2.63
ผลอ่อนตาก	1.66	±	0.03	2.05
ใบสด	1.48	±	0.04	2.87
ใบตาก	1.89	±	0.04	2.31
ผลสุกสด	0.88	±	0.04	4.26
ผลสุกตาก	1.58	±	0.05	2.96
วิตามินซี	0.80	±	0.01	1.56

ตาราง 36 ผลการวัดสมบัติในการยับยั้ง lipid peroxidation ของสารสกัดจากดอกสดของ
ผักปลัง

สารตัวอย่าง	ความเข้มข้น (mg/mL)	% Inhibition			
		Mean	±	SD	CV (%)
ดอกสด	1.0	38.81	±	1.09	2.81
	1.5	47.05	±	1.39	2.95
	2.0	52.87	±	0.60	1.13
	2.5	56.21	±	1.92	3.42
	3.0	64.17	±	1.46	2.27

ตาราง 37 ผลการวัดสมบัติในการยับยั้ง lipid peroxidation ของสารสกัดจากดอกหลวงของ
ผักปลัง

สารตัวอย่าง	ความเข้มข้น (mg/mL)	% Inhibition			
		Mean	±	SD	CV (%)
ดอกหลวง	0.4	25.09	±	0.68	2.70
	0.8	32.79	±	0.88	2.70
	1.2	39.34	±	0.90	2.29
	1.6	45.58	±	0.08	0.17
	2.0	50.71	±	0.58	1.14

ตาราง 38 ผลการวัดสมบัติในการยับยั้ง lipid peroxidation ของสารสกัดจากยอดสดของ ผักปลัง

สารตัวอย่าง	ความเข้มข้น (mg/mL)	% Inhibition			
		Mean	±	SD	CV (%)
ยอดสด	1.0	46.90	±	1.08	2.30
	1.5	52.90	±	1.35	2.55
	2.0	61.41	±	3.24	5.28
	2.5	65.75	±	2.50	3.81
	3.0	68.79	±	2.67	3.89

ตาราง 39 ผลการวัดสมบัติในการยับยั้ง lipid peroxidation ของสารสกัดจากยอดผลวกของ ผักปลัง

สารตัวอย่าง	ความเข้มข้น (mg/mL)	% Inhibition			
		Mean	±	SD	CV (%)
ยอดผลวก	0.4	19.96	±	0.77	3.88
	0.8	25.24	±	0.13	0.50
	1.2	38.45	±	1.42	3.70
	1.6	43.29	±	0.79	1.81
	2.0	50.02	±	0.24	0.49

ตาราง 40 ผลการวัดสมบัติในการยับยั้ง lipid peroxidation ของสารสกัดจากผลอ่อนสดของ
ผักปลัง

สารตัวอย่าง	ความเข้มข้น (mg/mL)	% Inhibition			
		Mean	±	SD	CV (%)
ผลอ่อนสด	1.0	45.82	±	1.98	4.32
	1.5	52.45	±	0.46	0.88
	2.0	58.05	±	0.35	0.60
	2.5	62.51	±	1.25	2.01
	3.0	65.20	±	2.42	3.71

ตาราง 41 ผลการวัดสมบัติในการยับยั้ง lipid peroxidation ของสารสกัดจากผลอ่อนลวกของ
ผักปลัง

สารตัวอย่าง	ความเข้มข้น (mg/mL)	% Inhibition			
		Mean	±	SD	CV (%)
ผลอ่อนลวก	0.4	34.41	±	0.88	2.56
	0.8	38.42	±	0.13	0.35
	1.2	44.53	±	1.00	2.25
	1.6	53.89	±	0.96	1.78
	2.0	57.28	±	1.67	2.91

ตาราง 42 ผลการวัดสมบัติในการยับยั้ง lipid peroxidation ของสารสกัดจากใบสดของผักปลัง

สารตัวอย่าง	ความเข้มข้น (mg/mL)	% Inhibition			
		Mean	±	SD	CV (%)
ใบสด	0.4	5.38	±	0.20	3.68
	0.8	18.50	±	0.42	2.26
	1.2	36.32	±	0.41	1.13
	1.6	44.23	±	0.68	1.53
	2.0	54.07	±	1.16	2.14

ตาราง 43 ผลการวัดสมบัติในการยับยั้ง lipid peroxidation ของสารสกัดจากใบลวกของผักปลัง

สารตัวอย่าง	ความเข้มข้น (mg/mL)	% Inhibition			
		Mean	±	SD	CV (%)
ใบลวก	0.4	35.45	±	1.70	4.81
	0.8	38.09	±	0.48	1.25
	1.2	48.46	±	0.46	0.95
	1.6	57.39	±	1.08	1.88
	2.0	60.24	±	1.28	2.13

ตาราง 44 ผลการวัดสมบัติในการยับยั้ง lipid peroxidation ของสารสกัดจากผลสุกสดของ
ผักปลัง

สารตัวอย่าง	ความเข้มข้น (mg/mL)	% Inhibition			
		Mean	±	SD	CV (%)
ผลสุกสด	0.3	9.18	±	0.26	2.81
	0.4	28.82	±	0.44	1.53
	0.5	43.32	±	0.76	1.76
	0.6	46.03	±	1.72	3.73
	0.7	57.87	±	1.82	3.15

ตาราง 45 ผลการวัดสมบัติในการยับยั้ง lipid peroxidation ของสารสกัดจากผลสุกลวกของ
ผักปลัง

สารตัวอย่าง	ความเข้มข้น (mg/mL)	% Inhibition			
		Mean	±	SD	CV (%)
ผลสุกลวก	0.6	26.90	±	0.22	0.83
	0.8	36.41	±	1.43	3.93
	1.0	40.90	±	1.05	2.57
	1.2	42.64	±	1.13	2.65
	1.4	58.67	±	2.79	4.76

ตาราง 46 IC₅₀ ของการยับยั้ง lipid peroxidation ของสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของผักปลัง

สารตัวอย่าง	IC ₅₀ (mg/mL)			CV (%)
	mean	±	SD	
ดอกสด	1.74	±	0.07	3.90
ดอกตาก	1.95	±	0.04	2.08
ยอดสด	1.26	±	0.11	8.46
ยอดตาก	2.00	±	0.02	0.77
ผลอ่อนสด	1.30	±	0.08	6.30
ผลอ่อนตาก	1.43	±	0.04	2.90
ใบสด	1.84	±	0.04	2.20
ใบตาก	1.27	±	0.03	1.98
ผลสุกสด	0.63	±	0.01	0.91
ผลสุกตาก	1.29	±	0.01	0.89
วิตามินอี	0.21	±	0.01	4.76
BHT	0.19	±	0.01	5.26

ภาคผนวก ค.

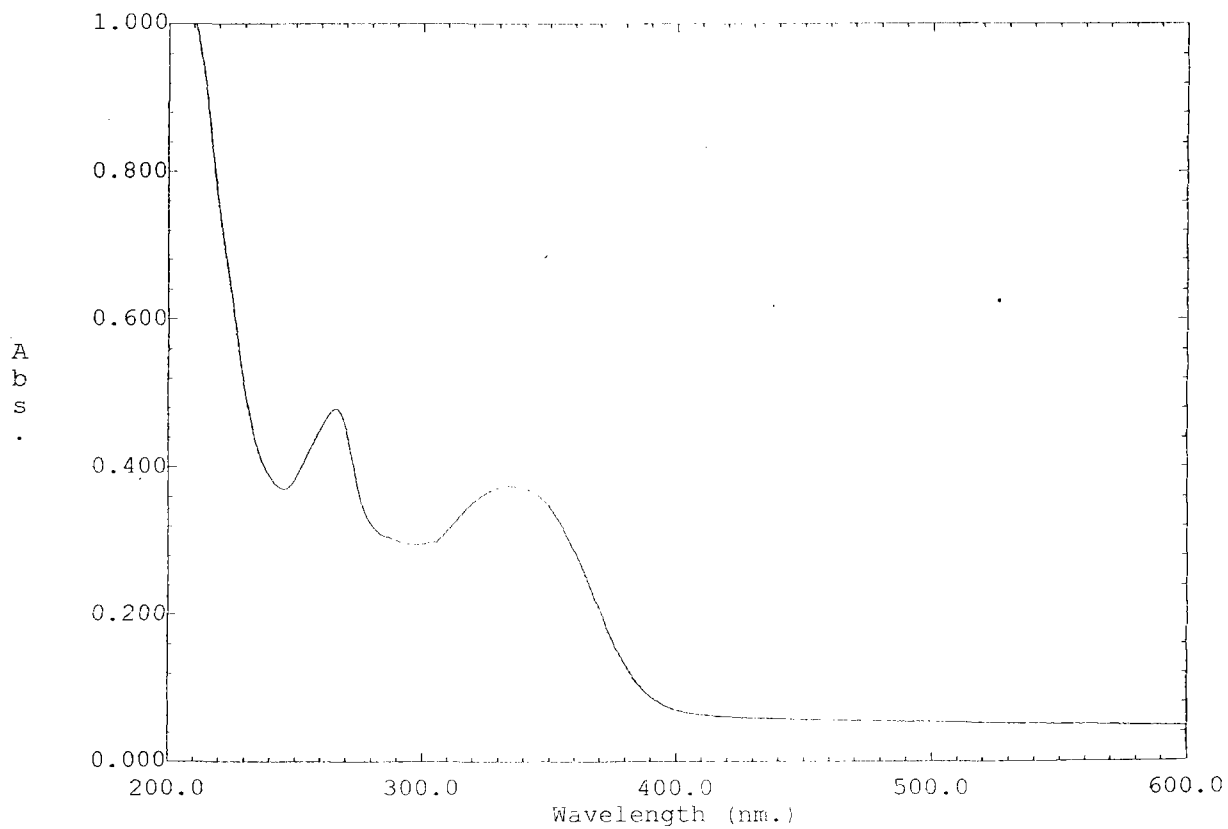
สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารสกัดจากส่วนต่าง ๆ ของผักปลัง

Peak Pick
File Name: SAM11
spectrum of sample 1 (100 ppm)

Created: 12:27 13/01/04
Data: Original

Measuring Mode: Abs.
Scan Speed: Fast
Slit Width: 1.0
Sampling Interval: 0.5

No.	Wavelength (nm.)	Abs.
1	335.50	0.3741
2	266.00	0.4782



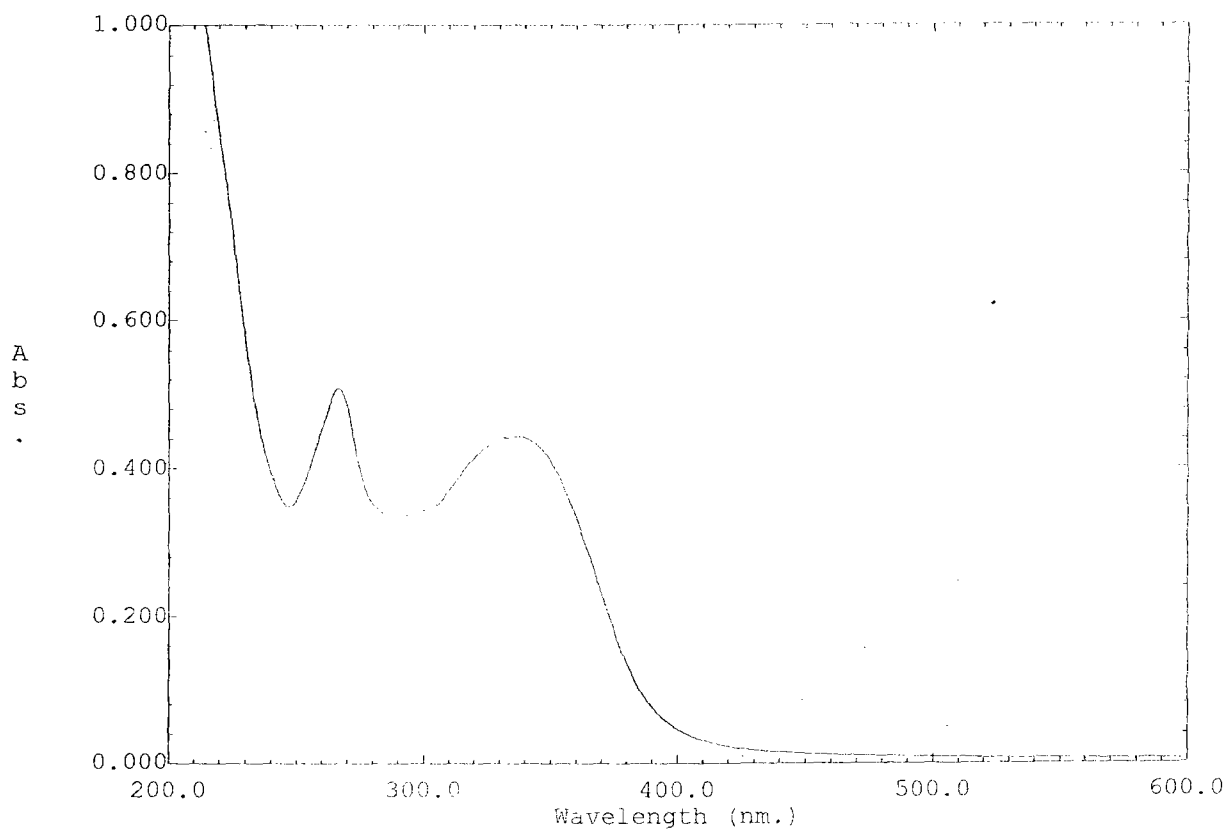
ภาพประกอบ 55 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารสกัดจากดอกสดของผักปลังที่ความเข้มข้น 100 $\mu\text{g/mL}$

Peak Pick
File Name: SAM21
spectrum of sample2 (100 ppm)

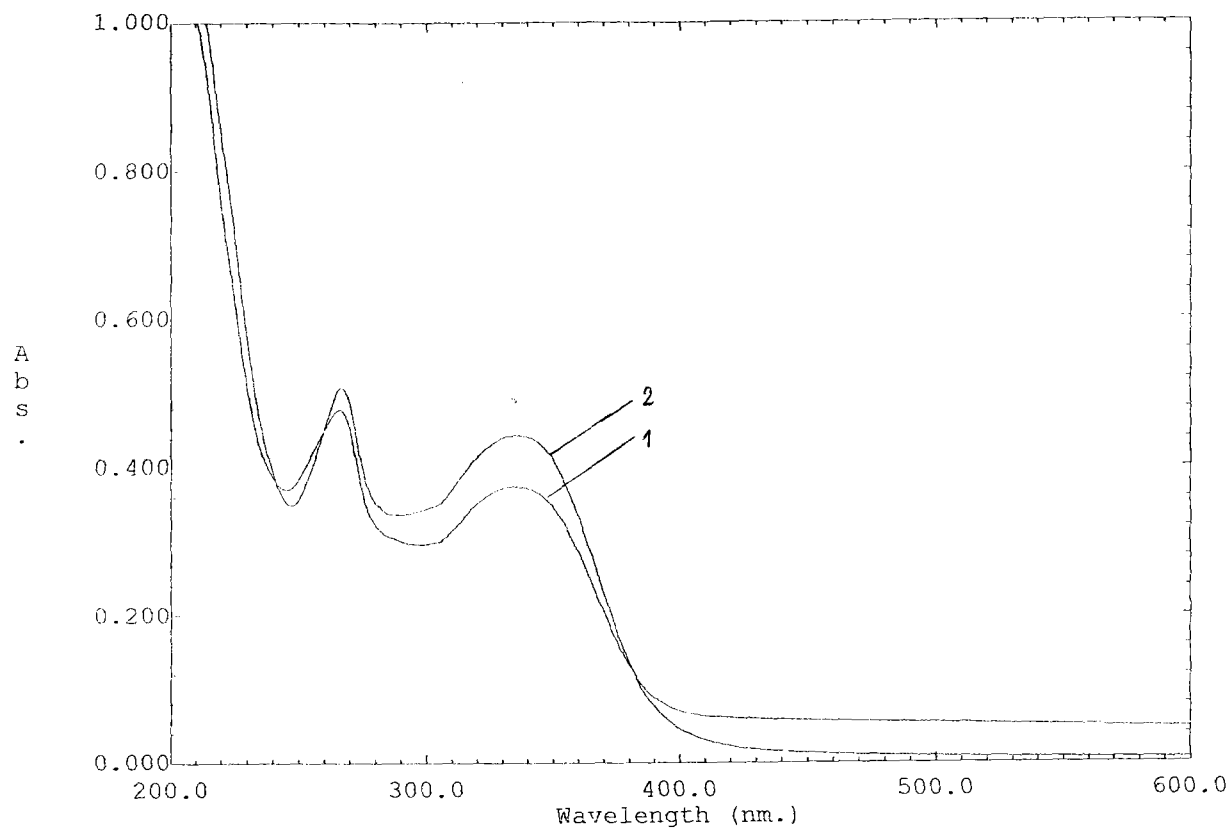
Created: 12:30 13/01/04
Data: Original

Measuring Mode: Abs.
Scan Speed: Fast
Slit Width: 1.0
Sampling Interval: 0.5

No.	Wavelength (nm.)	Abs.
1	334.50	0.4437
2	266.50	0.5078



ภาพประกอบ 56 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารสกัดจากดอกพลูของผักปลังที่ความเข้มข้น
100 µg/mL



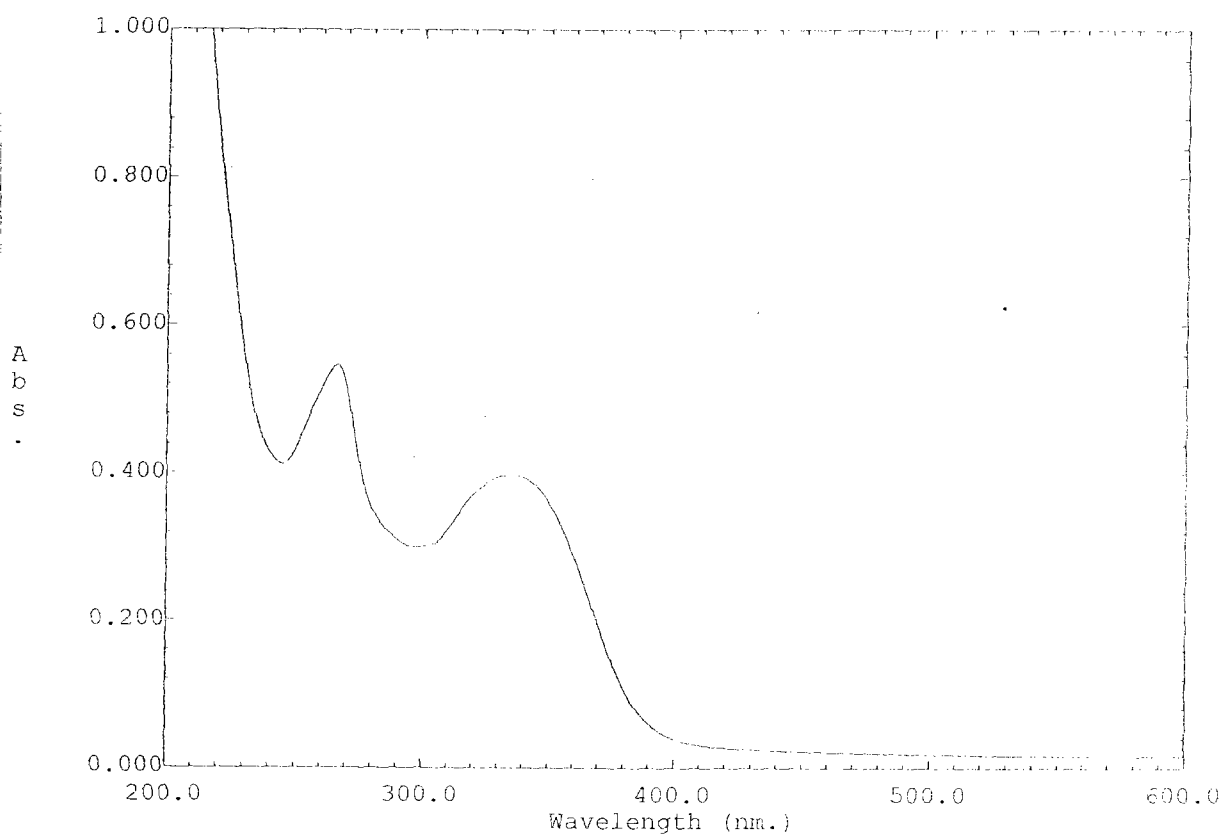
ภาพประกอบ 57 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารสกัดจากดอกสดและดอกผลของผักปลังที่ความเข้มข้น 100 $\mu\text{g/mL}$

Peak Pick
File Name: SAM31
spectrum of sample3 (100 ppm)

Created: 12:33 13/01/04
Data: Original

Measuring Mode: Abs.
Scan Speed: Fast
Slit Width: 1.0
Sampling Interval: 0.5

No.	Wavelength (nm.)	Abs.
1	335.50	0.3984
2	266.50	0.5452



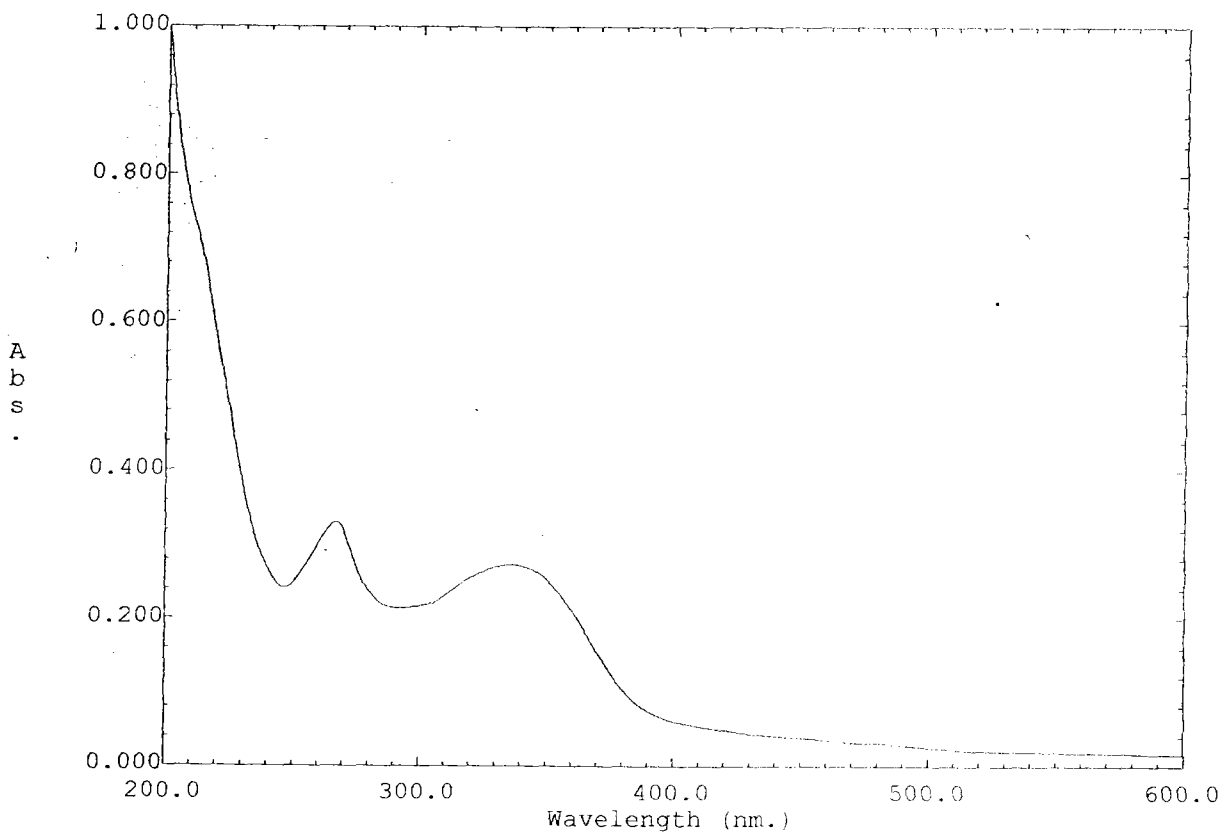
ภาพประกอบ 58 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารสกัดจากยอดสดของผักปลังที่ความเข้มข้น 100 $\mu\text{g/mL}$

Peak Pick
File Name: SAM41
spectrum of sample 4 (100 ppm)

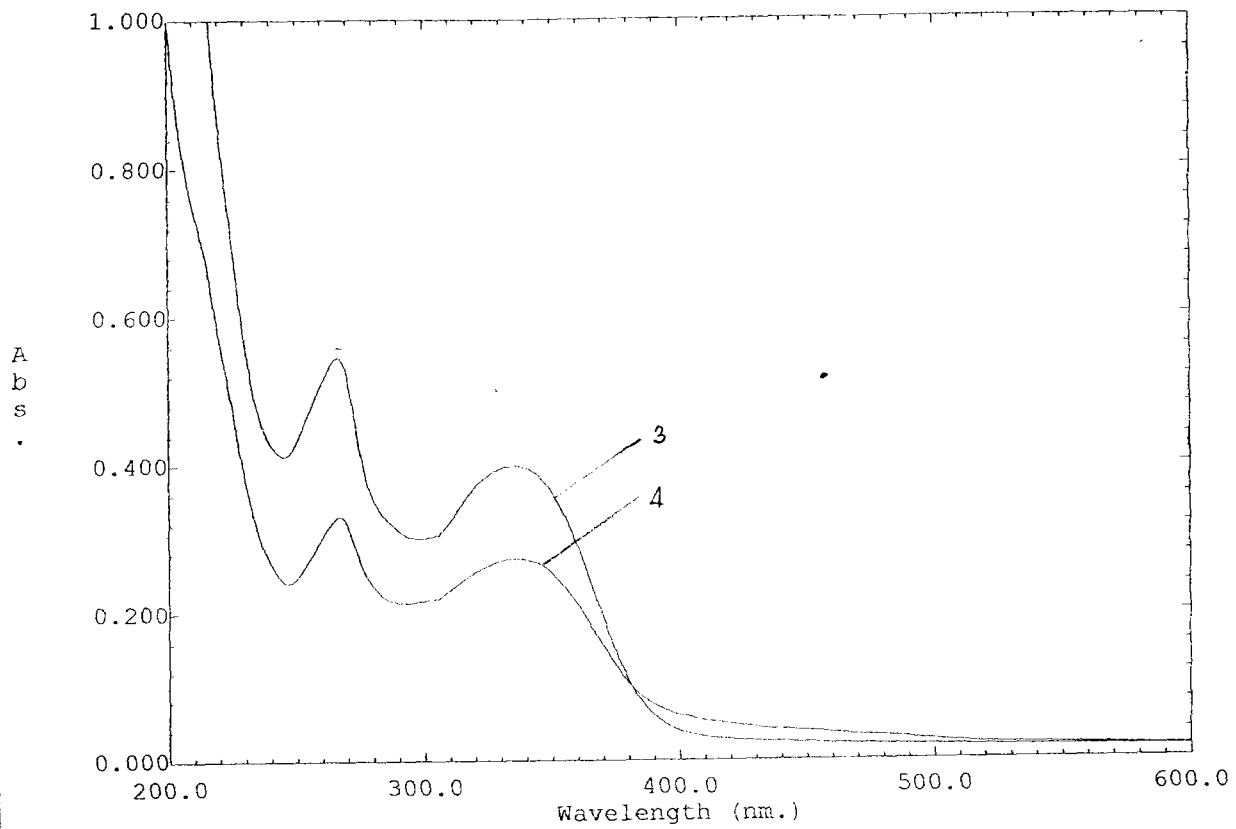
Created: 12:36 13/01/04
Data: Original

Measuring Mode: Abs.
Scan Speed: Fast
Slit Width: 1.0
Sampling Interval: 0.5

No.	Wavelength (nm.)	Abs.
1	670.00	0.0207
2	337.00	0.2732
3	267.00	0.3307



ภาพประกอบ 59 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารสกัดจากยอดลาวของผักปลังที่ความเข้มข้น
100 µg/mL



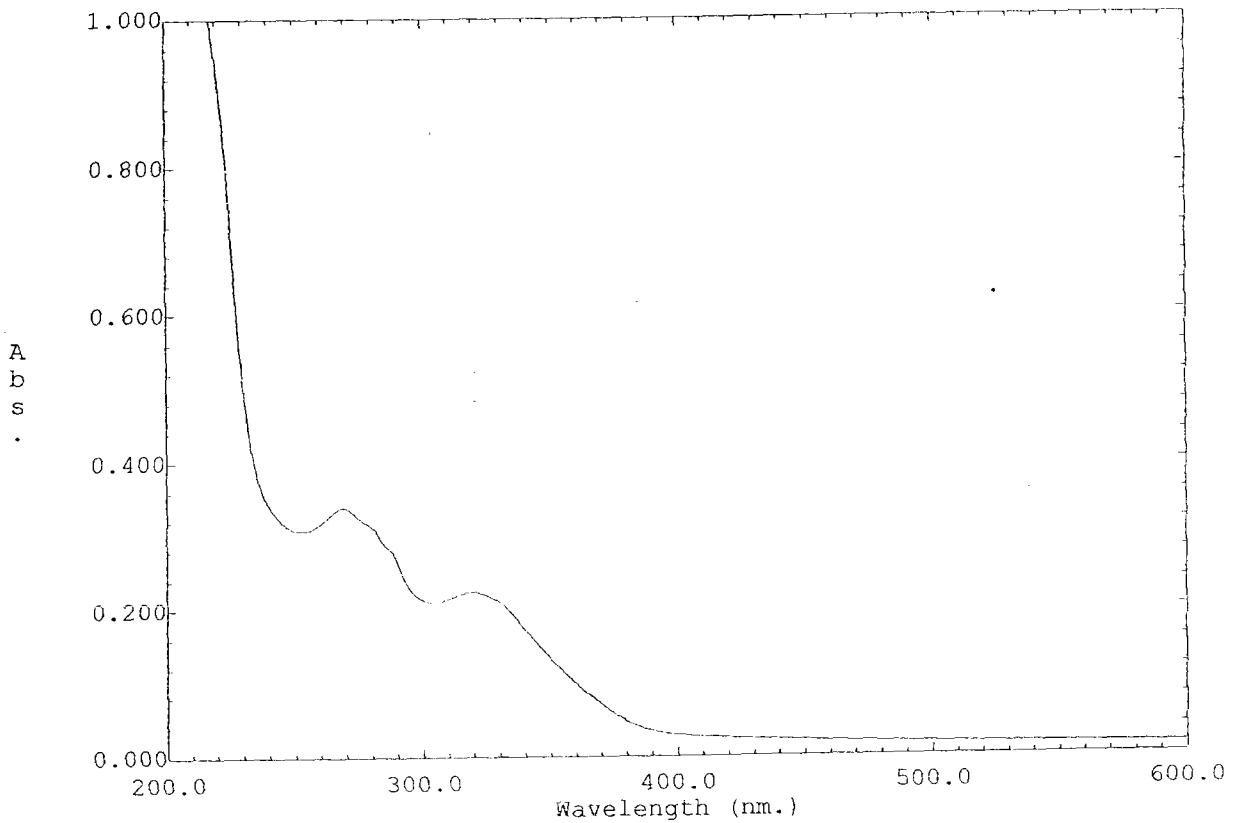
ภาพประกอบ 60 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารสกัดจากยอดสดและยอดลวกของผักปลังที่ความเข้มข้น 100 $\mu\text{g/mL}$

Peak Pick
File Name: SAM51
spectrum of sample5 (100 ppm)

Created: 12:38 13/01/04
Data: Original

Measuring Mode: Abs.
Scan Speed: Fast
Slit Width: 1.0
Sampling Interval: 0.5

No.	Wavelength (nm.)	Abs.
1	321.00	0.2251
2	269.00	0.3392



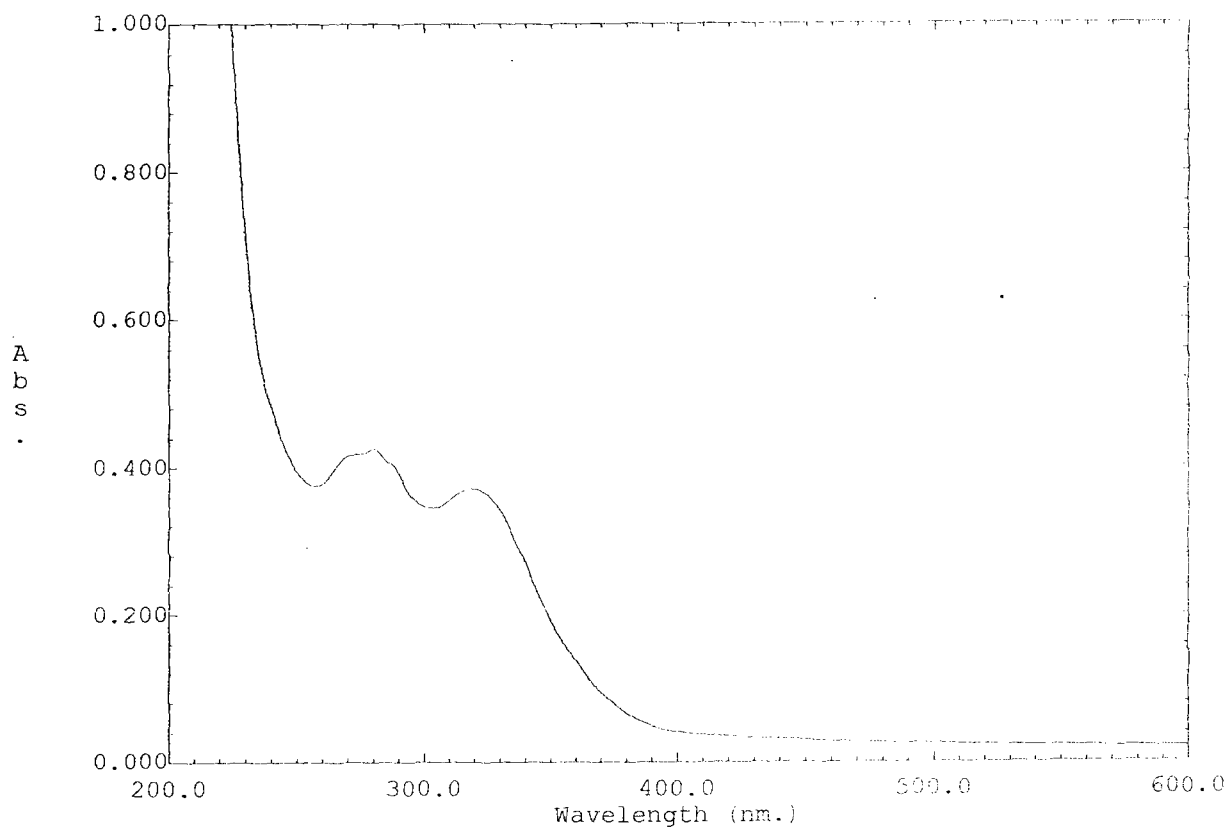
ภาพประกอบ 61 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารสกัดจากผลอ่อนสดของผักปลังที่ความเข้มข้น
100 µg/mL

Peak Pick
File Name: SAM61
spectrum of sample6 (100 ppm)

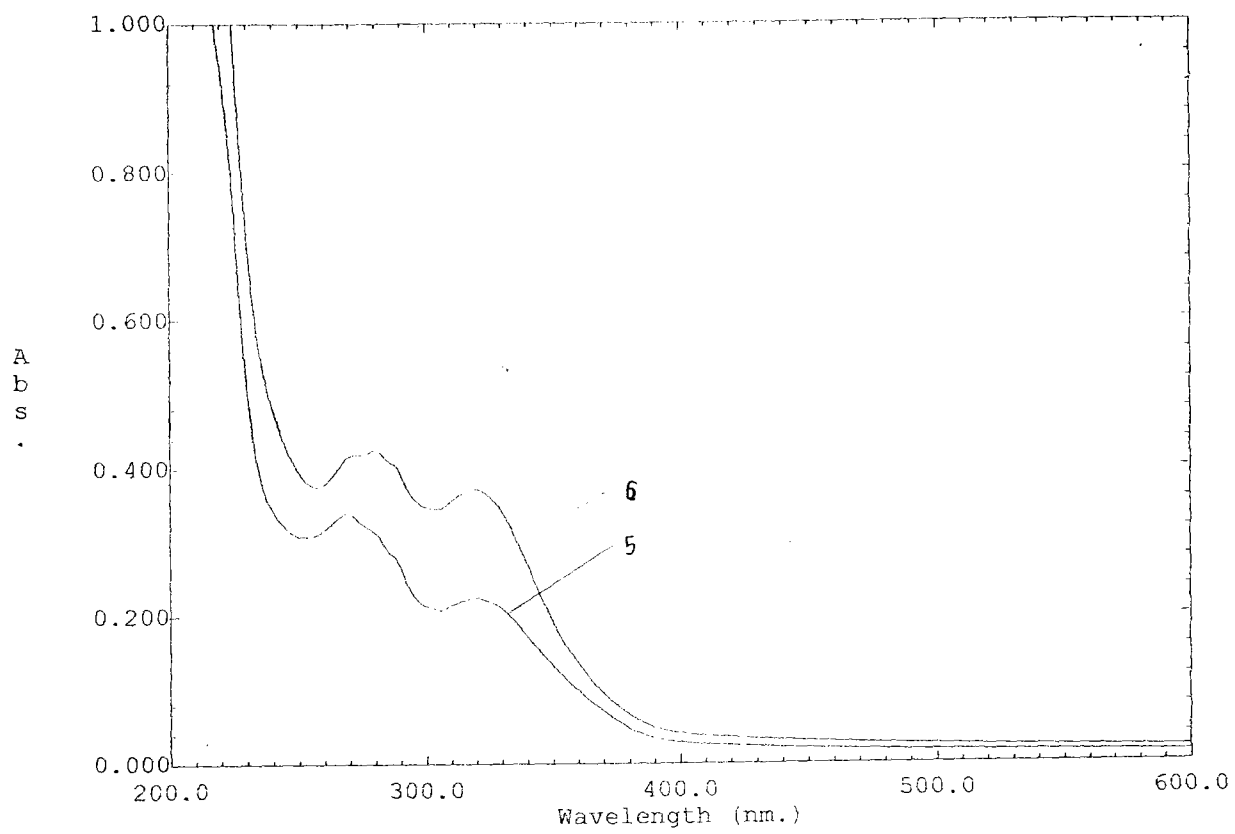
Created: 12:41 13/01/04
Data: Original

Measuring Mode: Abs.
Scan Speed: Fast
Slit Width: 1.0
Sampling Interval: 0.5

No.	Wavelength (nm.)	Abs.
1	319.00	0.3723
2	280.50	0.4252



ภาพประกอบ 62 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารสกัดจากผลอ่อนลูกของผักปลังที่ความเข้มข้น
100 µg/mL



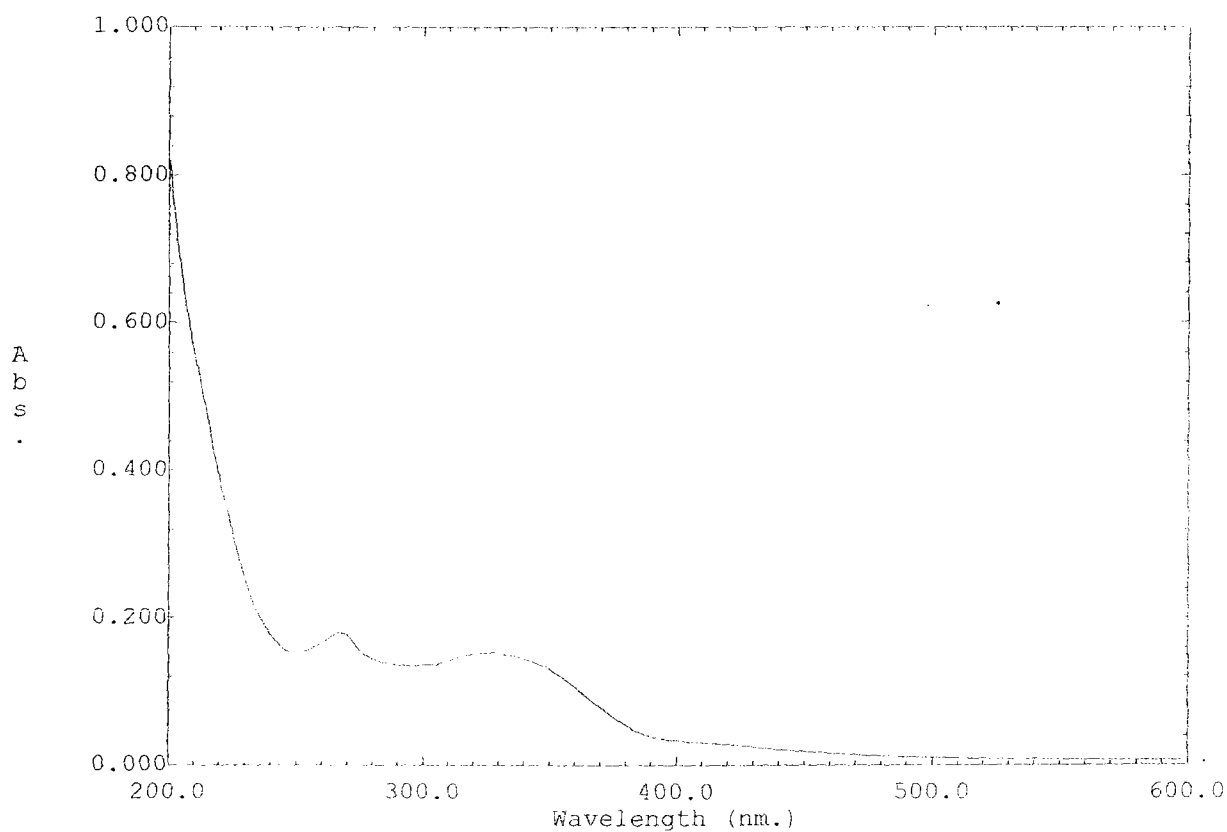
ภาพประกอบ 63 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารสกัดจากผลอ่อนสดและผลอ่อนลวกของผักปลัง
ที่ความเข้มข้น 100 µg/mL

Peak Pick
File Name: SAM71
spectrum of sample7 (100 ppm)

Created: 12:43 13/01/04
Data: Original

Measuring Mode: Abs.
Scan Speed: Fast
Slit Width: 1.0
Sampling Interval: 0.5

No.	Wavelength (nm.)	Abs.
1	670.50	0.0101
2	326.50	0.1534
3	267.50	0.1803



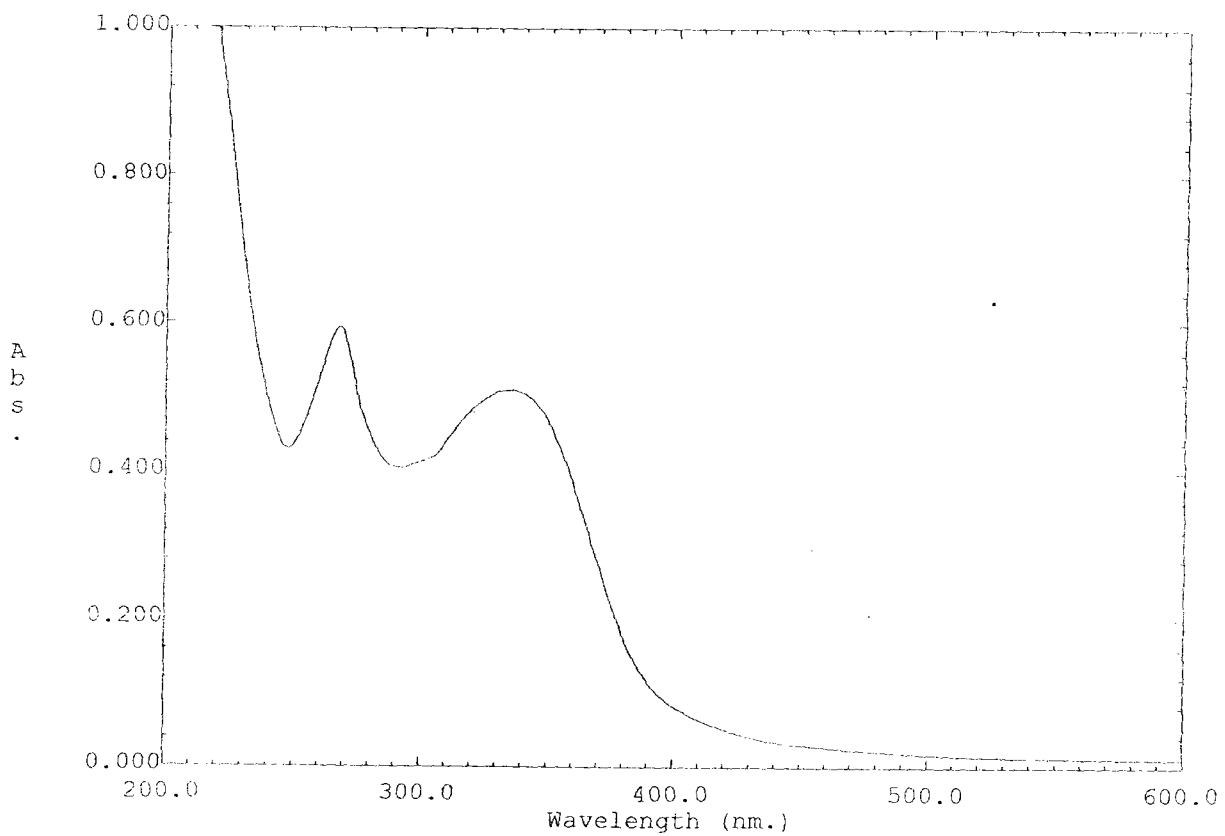
ภาพประกอบ 64 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารสกัดจากใบสดของผักปลังที่ความเข้มข้น
100 µg/mL

Peak Pick
File Name: SAM81
spectrum of sample8 (100 ppm)

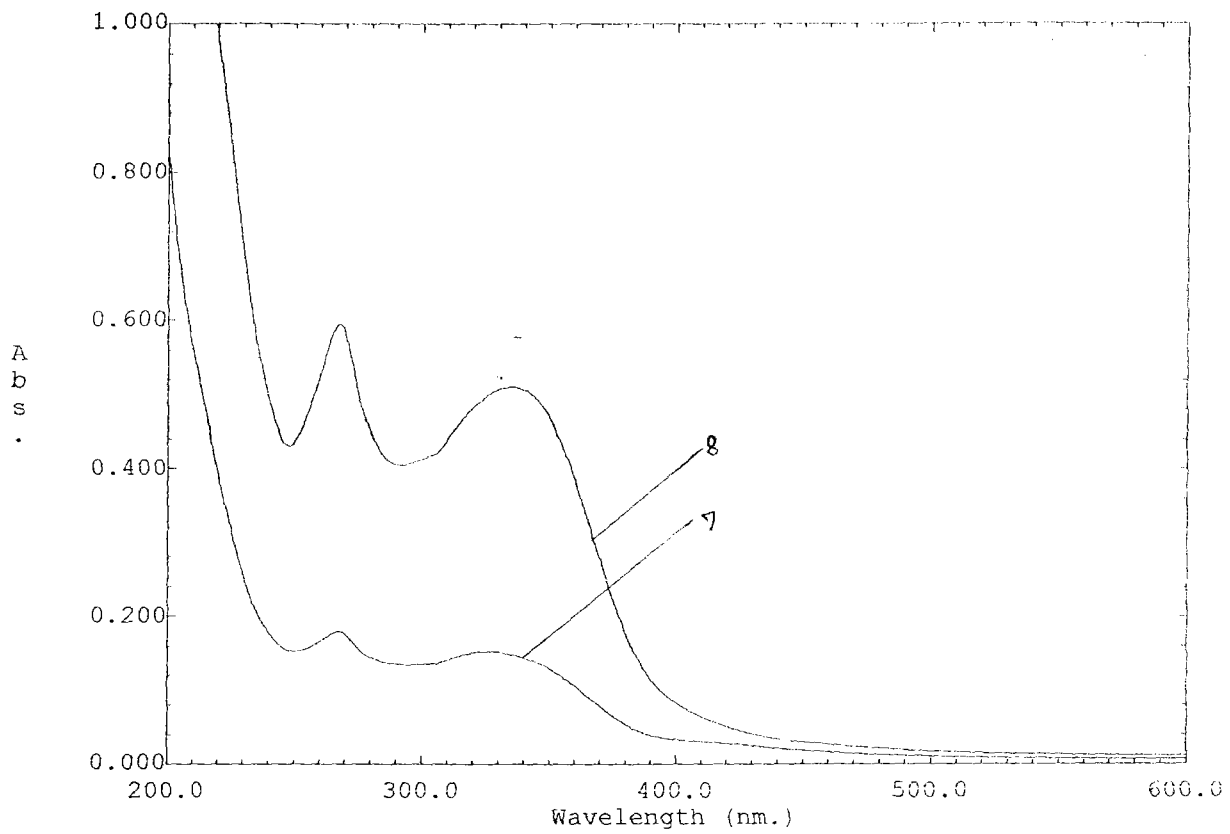
Created: 12:46 13/01/04
Data: Original

Measuring Mode: Abs.
Scan Speed: Fast
Slit Width: 1.0
Sampling Interval: 0.5

No.	Wavelength (nm.)	Abs.
1	672.00	0.0162
2	336.50	0.5103
3	267.50	0.5947



ภาพประกอบ 65 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารสกัดจากผลไม้วอกของผักปลังที่ความเข้มข้น
100 µg/mL



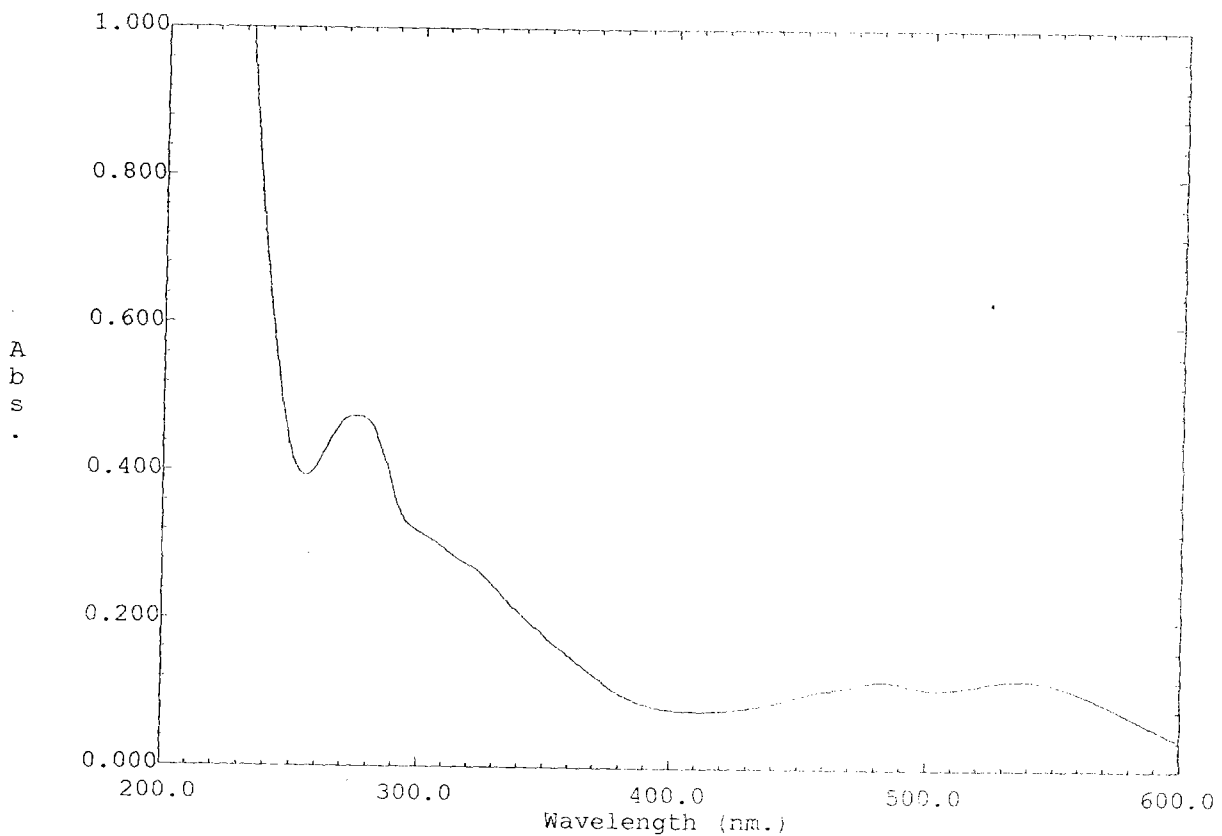
ภาพประกอบ 66 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารสกัดจากใบสดและใบลวกของผักปลังที่ความเข้มข้น 100 $\mu\text{g/mL}$

Peak Pick
File Name: SAM92
spectrum of sample9 (100 ppm)

Created: 12:48 13/01/04
Data: Original

Measuring Mode: Abs.
Scan Speed: Fast
Slit Width: 1.0
Sampling Interval: 0.5

No.	Wavelength (nm.)	Abs.
1	538.00	0.1214
2	482.50	0.1194
3	275.50	0.4748



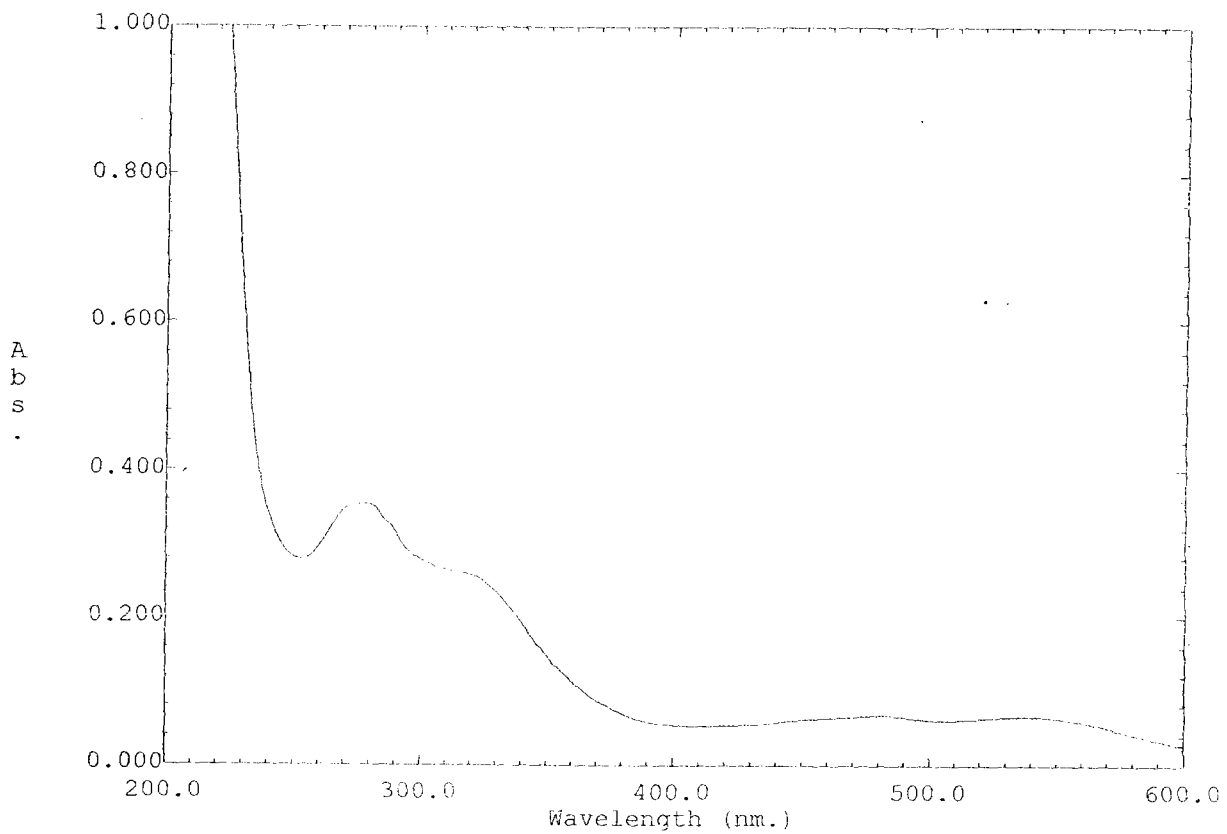
ภาพประกอบ 67 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารสกัดจากผลสุกสดของผักปลังที่ความเข้มข้น
100 µg/mL

Peak Pick
File Name: SAM102
spectrum of sample10 (100 ppm)

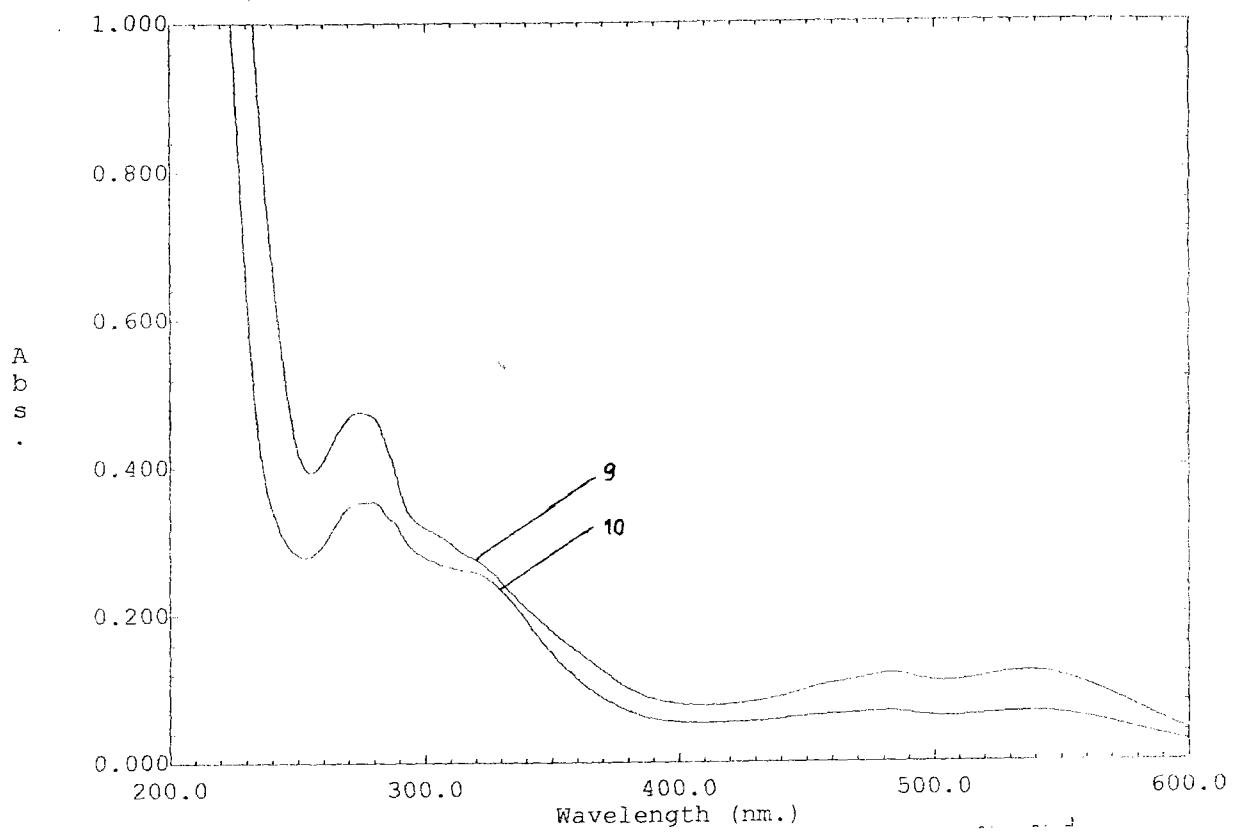
Created: 12:51 13/01/04
Data: Original

Measuring Mode: Abs.
Scan Speed: Fast
Slit Width: 1.0
Sampling Interval: 0.5

No.	Wavelength (nm.)	Abs.
1	697.50	0.0252
2	541.50	0.0670
3	482.00	0.0683
4	278.50	0.3542



ภาพประกอบ 68 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารสกัดจากผลสุกของผักปลังที่ความเข้มข้น
100 µg/mL



ภาพประกอบ 69 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารสกัดจากผลสุกสดและผลสุกลวกของผักปลังที่
ความเข้มข้น 100 $\mu\text{g/mL}$

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นางสาวปิยะนันท์ เสิงประชา
วันเดือนปีเกิด	13 กุมภาพันธ์ 2518
สถานที่เกิด	กิ่ง อ.สามร้อยยอด จ.ประจวบคีรีขันธ์
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	204 หมู่ 6 ต.ศาลาลัย กิ่ง อ.สามร้อยยอด จ.ประจวบคีรีขันธ์
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	รับราชการครู ตำแหน่งอาจารย์ 1 ระดับ 4
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนหนองรีประชานิมิต อ.บ่อพลอย จ.กาญจนบุรี
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2536	สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษา จากโรงเรียนสามร้อยยอดวิทยาคม
พ.ศ. 2540	ครุศาสตรบัณฑิต (คบ.เคมี) จากสถาบันราชภัฏเพชรบุรี จ.เพชรบุรี
พ.ศ. 2547	การศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.เคมี) จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ