# ผลของเคอร์เซตินและนารินเจนินต่อการทำงานของไมโตคอนเดรีย ที่แยกจากตับหนูขาว

พันตรีหญิง จิรภา จังกาจิตต์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาเภสัชศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเภสัชวิทยา ภาควิชาเภสัชวิทยา
คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2549
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# EFFECTS OF QUERCETIN AND NARINGENIN ON FUNCTIONS OF MITOCHONDRIA ISOLATED FROM RAT LIVER

Major Chirapa Changkachitta

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science in Pharmacy Program in Pharmacology

Department of Pharmacology

Faculty of Pharmaceutical Sciences Chulalongkorn University

Academic Year 2006

Copyright of Chulalongkorn University

491459

| | |
|---|---|
| หัวข้อวิทยานิพนธ์ | ผลของเคอร์เซตินและนารินเจนินต่อการทำงานของไมโตคอนเดรียที่แยกจากตับหนูขาว |
| โดย | พันตรีหญิง จิรภา จังกาจิตต์ |
| สาขาวิชา | เภสัชวิทยา |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิทยา จันทสูตร |

---

คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะเภสัชศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. พรเพ็ญ เปรมโยธิน)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ดร. รัตยา ลือชาพุฒิพร)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิทยา จันทสูตร)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชำนาญ ภัตรพานิช)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ร.ท.หญิง ภัสราภา โตวิวัฒน์)

จิรภา จังกาจิตต์ : ผลของเคอร์เซตินและนารินเจนินต่อการทำงานของไมโตคอนเดรียที่แยกจากตับหนูขาว. (EFFECTS OF QUERCETIN AND NARINGENIN ON FUNCTIONS OF MITOCHONDRIA ISOLATED FROM RAT LIVER) อ. ที่ปรึกษา : ผศ. วิทยา จันทสูตร, 132 หน้า.

เคอร์เซตินและนารินเจนิน เป็นสารจากธรรมชาติในกลุ่มฟลาโวนอยด์ จัดอยู่ในกลุ่มย่อยฟลาโวนอล และ ฟลาวาโนนตามลำดับ ซึ่งมีรายงานว่ามีคุณสมบัติทางเภสัชวิทยาหลายประการ ในการศึกษานี้กระทำขึ้นเพื่อที่จะศึกษาเกี่ยวกับผลของเคอร์เซติน และ นารินเจนินต่อกระบวนการออกซิเดทิฟฟอสฟอริลเลชัน การทำงานของเอนไซม์ ATPase การเกิดลิพิดเปอร์ออกซิเดชัน และ การทำงานของเอนไซม์โมโนเอมีนออกซิเดส (MAO) ของไมโตคอนเดรียที่แยกจากตับหนูขาว พบว่าทั้งเคอร์เซตินและนารินเจนินออกฤทธิ์เป็น mitochondrial respiratory chain inhibitor ที่ complex I และ complex II โดยยับยั้งการหายใจของไมโตคอนเดรียที่ใช้กลูตาเมตร่วมกับมาเลต และ ซักซิเนตเป็นซับสเตรต ทำให้การใช้ออกซิเจนใน state 3 respiration และค่า RCI ลดลง ทั้งเคอร์เซตินและนารินเจนินมีฤทธิ์ยับยั้งการใช้ออกซิเจนของไมโตคอนเดรียในสภาวะที่ถูกกระตุ้นด้วย DNP ได้ นอกจากนี้ยังสามารถยับยั้งการเกิดลิพิดเปอร์ออกซิเดชันที่เหนี่ยวนำด้วยแอสคอร์เบตและเฟอร์รัสซัลเฟตได้ และสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ MAO อย่างไม่จำเพาะเจาะจง โดยที่มีฤทธิ์ยับยั้งต่อ MAO-A มากกว่า MAO-B แต่ทั้งเคอร์เซตินและนารินเจนินนี้ไม่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ ATPase

ภาควิชา .....เภสัชวิทยา..... ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา .....เภสัชวิทยา..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา ...2549.....

## 4876558333 : MAJOR PHARMACOLOGY

KEY WORD: QUERCETIN / NARINGENIN / MITOCHONDRIA

CHIRAPA CHANGKACHITTA : EFFECTS OF QUERCETIN AND NARINGENIN ON FUNCTIONS OF MITOCHONDRIA ISOLATED FROM RAT LIVER. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. WITHAYA JANTHASOOT, 132 pp.

Quercetin and naringenin are naturally occurring flavonoids, subclass flavonol and flavanone respectively, which have been reported to have a wide range of pharmacological properties. The present study was carried out to evaluate the effects of quercetin and naringenin on oxidative phosphorylation, ATPase activity, lipid peroxidation and monoamine oxidases (MAO) activity of mitochondria isolated from rat liver. The results showed that quercetin and naringenin are complex I and complex II of mitochondrial respiratory chain inhibitors. Because of inhibition of intact mitochondrial oxygen consumption with both glutamate plus matate and succinate as substrates. Significantly decreased state 3 respiration and respiratory control index (RCI). DNP-stimulated respiration was inhibited by quercetin and naringenin. In addition, quercetin and naringenin exhibited the inhibitory effects on lipid peroxidation induced by ascorbate + ferrous sulfate. Quercetin and naringenin inhibited both MAO-A and MAO-B activities, but inhibitory effects on MAO-A were more potent than MAO-B. Whereas, both quercetin and naringenin had no significant effect on ATPase activity.

Department ..... PHARMACOLOGY..... Student's signature Miss. Chirapa Changkachitta

Field of study.....PHARMACOLOGY..... Advisor's signature Withaya Janthasoot

Academic year....2006....

# กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิทยา จันทสูตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือและคำปรึกษาที่ดียิ่งในทุกด้าน ตลอดจนคำแนะนำ ความรู้ และข้อคิดเห็นต่างๆของการวิจัยมาโดยตลอด ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. พ.ต.ท.หญิง สมทรง ลาวัณย์ประเสริฐ หัวหน้าภาควิชาเภสัชวิทยา คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่อนุญาตให้ผู้วิจัยได้ใช้สถานที่เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆของภาควิชาในการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาเภสัชวิทยาทุกท่านที่กรุณาให้ความรู้ และคำปรึกษาตลอดการศึกษาระดับปริญญามหาบัณฑิต ตลอดจนบัณฑิตวิทยาลัยที่กรุณาให้ทุนอุดหนุนการวิจัยในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณบิดา-มารดาที่ท่านได้ให้การสนับสนุนด้านการศึกษา ให้กำลังใจและสิ่งที่ดีแก่ผู้วิจัยเสมอมา และ ขอขอบคุณบุคคลอื่นๆที่มีส่วนช่วยเหลือในความสำเร็จของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

# สารบัญ


| | | หน้า |
|---|---|---|
| บทคัดย่อภาษาไทย | | ง |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | | จ |
| กิตติกรรมประกาศ | | ฉ |
| สารบัญ | | ช |
| สารบัญตาราง | | ญ |
| สารบัญภาพ | | ฏ |
| คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ | | ณ |
| บทที่ 1 | บทนำ | 1 |
| | ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา | 1 |
| | วัตถุประสงค์ของการวิจัย | 2 |
| | สมมติฐานของงานวิจัย | 2 |
| | ขอบเขตของการวิจัย | 2 |
| | ข้อจำกัดของการวิจัย | 3 |
| | ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 3 |
| | วิธีดำเนินการวิจัย | 3 |
| บทที่ 2 | เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 4 |
| | quercetin และ naringenin | 4 |
| | ลักษณะและโครงสร้างของไมโตคอนเดรีย | 8 |
| | ส่วนประกอบของ respiratory chain | 12 |
| | การถ่ายทอดอิเล็กตรอนใน respiratory chain | 16 |
| | การสังเคราะห์ ATP | 17 |
| | ความเป็นพิษต่อไมโตคอนเดรีย | 20 |
| | โมโนเอมีนออกซิเดส | 24 |
| | Lipid peroxidation | 27 |

หน้า

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการวิจัย..... 31
วัสดุและอุปกรณ์..... 31
สัตว์ทดลอง..... 31
เครื่องมือและอุปกรณ์..... 31
สารเคมี..... 32
วิธีการวิจัย..... 33
การเตรียมสารละลายสำหรับใช้ในการทดลอง..... 33
การเตรียม incubation medium ที่ใช้ในการทดลอง..... 33
การเตรียมไมโตคอนเดรียจากตับหนูขาว..... 34
การหาปริมาณโปรตีนของไมโตคอนเดรีย..... 37
การศึกษาผลของสารต่ออัตราการใช้ออกซิเจนในระยะต่างๆ..... 38
การคำนวณดัชนีควบคุมการหายใจ และ อัตราการใช้ออกซิเจนของ
ไมโตคอนเดรียในระยะต่างๆ..... 41
การศึกษาผลของสาร ต่อ ATPase activity..... 47
การวัดการเกิด lipid peroxidation ในไมโตคอนเดรีย..... 49
การศึกษาการทำงานของเอนไซม์ monoamine oxidase..... 49
การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ..... 51

บทที่ 4 ผลการวิจัย..... 52
ผลของ quercetin และ naringenin ต่ออัตราการใช้ออกซิเจนในระยะต่างๆ
ของไมโตคอนเดรีย เมื่อใช้ glutamate + malate เป็นซับสเตรต..... 52
ผลของ quercetin และ naringenin ต่ออัตราการใช้ออกซิเจนในระยะต่างๆ
ของไมโตคอนเดรีย เมื่อใช้ succinate เป็นซับสเตรต..... 54
ผลของ quercetin และ naringenin ต่ออัตราการใช้ออกซิเจนของ
ไมโตคอนเดรียในสภาวะที่ถูกกระตุ้นด้วย DNP..... 56
ผลของ quercetinและnaringenin ต่อการทำงานของเอนไซม์ ATPase ของ
ไมโตคอนเดรีย..... 58

หน้า

ผลของ quercetin และ naringenin ต่อการเกิด lipid peroxidation..... 58
ผลของ quercetin และ naringenin ต่อการทำงานของเอนไซม์
monoamine oxidase (MAO) ของไมโตคอนเดรีย..... 59

บทที่ 5 อภิปรายและสรุปผลการวิจัย..... 96
ผลต่อกระบวนการ oxidative phosphorylation ของไมโตคอนเดรีย..... 96
ผลต่อการทำงานของเอนไซม์ ATPase ผลต่อการทำงานของเอนไซม์..... 99
ผลต่อการเกิด lipid peroxidation ของไมโตคอนเดรีย..... 99
ผลต่อการทำงานของเอนไซม์ monoamine oxidase (MAO) ของไมโตคอนเดรีย.. 100

รายการอ้างอิง..... 103

ภาคผนวก..... 109

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 132

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | การจำแนก flavonoid ตามโครงสร้าง | 5 |
| 2 | เอนไซม์ชนิดต่างๆ ในแต่ละส่วนของไมโตคอนเดรีย | 11 |
| 3 | ตัวอย่างซับสเตรตของเอนไซม์ monoamine oxidase จากการศึกษาในหนูขาว | 26 |
| 4 | สัดส่วนสมรรถนะของเอนไซม์ MAO-A และ MAO-B ในแต่ละอวัยวะของหนูขาว | 27 |
| 5 | ผลของ quercetin ต่ออัตราการใช้ออกซิเจนของไมโตคอนเดรียในช่วง state 4 respiration, state 3 respiration และ respiratory control index (RCI) เมื่อใช้ glutamate + malate เป็นซับสเตรต | 110 |
| 6 | ผลของ quercetin ต่อการยับยั้งการใช้ออกซิเจนของไมโตคอนเดรียในช่วง state 4 respiration, state 3 respirationเมื่อใช้ glutamate + malate เป็นซับสเตรต | 111 |
| 7 | ผลของ naringenin ต่ออัตราการใช้ออกซิเจนของไมโตคอนเดรียในช่วง state 4 respiration, state 3 respiration และ RCI เมื่อใช้ glutamate + malate เป็นซับสเตรต | 112 |
| 8 | ผลของ naringenin ต่อการยับยั้งการใช้ออกซิเจนของไมโตคอนเดรียในช่วง state 4 respiration, state 3 respiration เมื่อใช้ glutamate + malate เป็นซับสเตรต | 113 |
| 9 | ผลของ quercetin ต่ออัตราการใช้ออกซิเจนของไมโตคอนเดรียในช่วง state 4 respiration, state 3 respiration และ RCI เมื่อใช้ succinate เป็นซับสเตรต | 114 |
| 10 | ผลของ quercetin ต่อการยับยั้งการใช้ออกซิเจนของไมโตคอนเดรียในช่วง state 4 respiration, state 3 respiration เมื่อใช้ succinate เป็นซับสเตรต | 115 |
| 11 | ผลของ naringenin ต่ออัตราการใช้ออกซิเจนของไมโตคอนเดรียในช่วง state 4 respiration, state 3 respiration และ RCI เมื่อใช้ succinate เป็นซับสเตรต | 116 |
| 12 | ผลของ naringenin ต่อการยับยั้งการใช้ออกซิเจนของไมโตคอนเดรียในช่วงstate 4 respiration, state 3 respiration เมื่อใช้ succinate เป็นซับสเตรต | 117 |
| 13 | ผลของ quercetin ต่อการใช้ออกซิเจนของไมโตคอนเดรียในสภาวะที่ถูกกระตุ้นด้วย DNP เมื่อใช้ glutamate + malate เป็นซับสเตรต | 118 |

ตารางที่ หน้า

14 ผลของ quercetin ต่อการใช้ออกซิเจนของไมโตคอนเดรียในสภาวะที่ถูกกระตุ้นด้วย DNP เมื่อใช้ succinate เป็นซับสเตรต..... 119
15 ผลของ naringenin ต่อการใช้ออกซิเจนของไมโตคอนเดรียในสภาวะที่ถูกกระตุ้นด้วย DNP เมื่อใช้ glutamate + malate เป็นซับสเตรต..... 120
16 ผลของ naringenin ต่อการใช้ออกซิเจนของไมโตคอนเดรียในสภาวะที่ถูกกระตุ้นด้วย DNP เมื่อใช้ succinate เป็นซับสเตรต..... 121
17 ผลของ quercetin ต่อการทำงานของเอนไซม์ ATPase และ เปรียบเทียบผลกับ DNP ทั้งในสภาวะที่มีและไม่มี oligomycin ซึ่งเป็นตัวยับยั้งเอนไซม์ ATPase..... 122
18 ผลของ naringenin ต่อการทำงานของเอนไซม์ ATPase และ เปรียบเทียบผลกับ DNP ทั้งในสภาวะที่มีและไม่มี oligomycin ซึ่งเป็นตัวยับยั้งเอนไซม์ ATPase..... 123
19 ผลของ quercetin ต่อการเกิด lipid peroxidation..... 124
20 ผลของ naringenin ต่อการเกิด lipid peroxidation..... 125
21 ผลของ quercetin ต่อการทำงานของเอนไซม์ MAO ชนิดไม่จำเพาะเจาะจง..... 126
22 ผลของ quercetin ต่อการทำงานของเอนไซม์ MAO-A..... 127
23 ผลของ quercetin ต่อการทำงานของเอนไซม์ MAO-B..... 128
24 ผลของ naringenin ต่อการทำงานของเอนไซม์ MAO ชนิดไม่จำเพาะเจาะจง ..... 129
25 ผลของ naringenin ต่อการทำงานของเอนไซม์ MAO-A..... 130
26 ผลของ naringenin ต่อการทำงานของเอนไซม์ MAO-B..... 131

# สารบัญภาพ


| รูปที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | โครงสร้างทางเคมีของสาร quercetin | 7 |
| 2 | โครงสร้างทางเคมีของสาร naringenin | 7 |
| 3 | สูตรโครงสร้างทางเคมี และแหล่งที่พบในอาหารของ flavonoids 6 กลุ่มย่อย | 8 |
| 4 | ลักษณะและโครงสร้างของไมโตคอนเดรีย | 10 |
| 5 | โครงสร้างและส่วนประกอบที่สำคัญของไมโตคอนเดรีย | 10 |
| 6 | ลักษณะและส่วนประกอบของ permeability transition pore | 12 |
| 7 | ลักษณะโครงสร้างของ flavin mononucleotide (FMN) | 14 |
| 8 | การเกิดปฏิกิริยา reduction ของ Coenzyme Q | 14 |
| 9 | ลักษณะโครงสร้างของ iron-sulfur protein ที่เป็นส่วนประกอบของลูกโซ่การหายใจ และ ลักษณะโครงสร้างของ Heme a, b และ c | 15 |
| 10 | ส่วนประกอบและการถ่ายทอดอิเล็กตรอนในลูกโซ่การหายใจของไมโตคอนเดรีย | 18 |
| 11 | การเปลี่ยนแปลง redox potential และ free energy ระหว่างขั้นตอนการขนส่งอิเล็กตรอนผ่านลูกโซ่การหายใจ | 19 |
| 12 | โครงสร้างของเอนไซม์ ATPase | 19 |
| 13 | การถ่ายทอดอิเล็กตรอนในลูกโซ่การหายใจของไมโตคอนเดรีย (ETC) และการเกิด proton - motive force | 20 |
| 14 | chemiosmotic hypothesis and electron transport chain | 21 |
| 15 | ตำแหน่งที่สารสามารถออกฤทธิ์ยับยั้งกระบวนการ oxidative phosphorylation | 24 |
| 16 | กลไกการเกิด uncoupling ของ 2,4-Dinitrophenol (DNP) | 24 |
| 17 | บริเวณที่มีการเกิดสารอนุมูลอิสระในลูกโซ่การหายใจของไมโตคอนเดรีย | 29 |
| 18 | กระบวนการเกิด lipid peroxidation | 30 |
| 19 | ขั้นตอนการแยกไมโตคอนเดรียจาก rat liver homogenate โดยใช้วิธี differential centrifugation | 36 |
| 20 | reaction chamber ที่ใช้ในการทดลองเพื่อวัดอัตราการหายใจของไมโตคอนเดรีย | 39 |
| 21 | ลักษณะของ Clark oxygen electrode | 40 |
| 22 | ตัวอย่าง oxygraph tracing เพื่อแสดงวิธีการหาค่า RCI | 41 |
| 23 | ตัวอย่าง oxygraph tracing เพื่อแสดงวิธีการหาอัตราการใช้ ออกซิเจน ของไมโตคอนเดรีย ในระยะต่างๆ | 43 |

รูปที่ หน้า

24 oxygraph tracing ปกติของการใช้ออกซิเจนของไมโตคอนเดรีย เมื่อใช้ glutamate + malate เป็นซับสเตรต..... 62

25 ผลของ quercetin ต่ออัตราการใช้ออกซิเจนของไมโตคอนเดรียในช่วง state 4 respiration และ state 3 respiration เมื่อใช้ glutamate + malate เป็นซับสเตรต..... 63

26 ผลของ quercetin ต่อ respiratory control index (RCI) เมื่อใช้ glutamate + malate เป็นซับสเตรต..... 64

27 dose-response relationship curve ของ quercetin ต่ออัตราการใช้ออกซิเจนของไมโตคอนเดรีย เมื่อใช้ glutamate + malate เป็นซับสเตรต..... 65

28 ผลของ naringenin ต่ออัตราการใช้ออกซิเจนของไมโตคอนเดรียในช่วง state 4 respiration และ state 3 respirationเมื่อใช้ glutamate + malate เป็นซับสเตรต..... 66

29 ผลของ naringenin ต่อ respiratory control index (RCI) เมื่อใช้ glutamate + malate เป็นซับสเตรต..... 67

30 dose-response relationship curve ของ naringenin ต่ออัตราการใช้ออกซิเจนของไมโตคอนเดรีย เมื่อใช้ glutamate + malate เป็นซับสเตรต..... 68

31 oxygraph tracing ปกติของการใช้ออกซิเจนของไมโตคอนเดรีย เมื่อใช้ succinate เป็นซับสเตรต..... 69

32 ผลของ quercetin ต่ออัตราการใช้ออกซิเจนของไมโตคอนเดรียในช่วง state 4 respiration และ state 3 respiration เมื่อใช้ succinate เป็นซับสเตรต..... 70

33 ผลของ quercetin ต่อ respiratory control index (RCI) เมื่อใช้ succinate เป็นซับสเตรต..... 71

34 dose-response relationship curve ของ quercetin ต่ออัตราการใช้ออกซิเจนของไมโตคอนเดรีย เมื่อใช้ succinate เป็นซับสเตรต..... 72

35 ผลของ naringenin ต่ออัตราการใช้ออกซิเจนของไมโตคอนเดรียในช่วง state 4 respiration และ state 3 respiration เมื่อใช้ succinate เป็นซับสเตรต..... 73

36 ผลของ naringenin ต่อ respiratory control index (RCI) เมื่อใช้ succinate เป็นซับสเตรต..... 74

รูปที่ หน้า

37 dose-response relationship curve ของ naringenin ต่ออัตราการใช้ออกซิเจนในช่วง state 3 respiration ของไมโตคอนเดรีย เมื่อใช้ succinate เป็นซับสเตรต..... 75

38 ผลของ quercetin ต่อการใช้ออกซิเจนของไมโตคอนเดรียในสภาวะที่ถูกกระตุ้นด้วย DNP เมื่อใช้ glutamate + malate เป็นซับสเตรต..... 76

39 dose-response relationship curve ของ quercetin ต่อการใช้ออกซิเจนของไมโตคอนเดรีย ในสภาวะที่ถูกกระตุ้นด้วย DNP เมื่อใช้ glutamate + malate เป็นซับสเตรต..... 77

40 ผลของ quercetin ต่อการใช้ออกซิเจนของไมโตคอนเดรียในสภาวะที่ถูกกระตุ้นด้วย DNP เมื่อใช้ succinate เป็นซับสเตรต..... 78

41 dose-response relationship curve ของ quercetin ต่อการใช้ออกซิเจนของไมโตคอนเดรีย ในสภาวะที่ถูกกระตุ้นด้วย DNPเมื่อใช้ succinate เป็นซับสเตรต..... 79

42 ผลของ naringenin ต่อการใช้ออกซิเจนของ ไมโตคอนเดรียในสภาวะที่ถูกกระตุ้นด้วย DNP เมื่อใช้ glutamate + malate เป็นซับสเตรต..... 80

43 ผลของ naringenin ต่อการใช้ออกซิเจนของ ไมโตคอนเดรียในสภาวะที่ถูกกระตุ้นด้วย DNP เมื่อใช้ glutamate + malate เป็นซับสเตรต..... 81

44 ผลของ naringenin ต่อการใช้ออกซิเจนของไมโตคอนเดรียในสภาวะที่ถูกกระตุ้นด้วย DNP เมื่อใช้ succinate เป็นซับสเตรต..... 82

45 dose-response relationship curve ของ naringenin ต่อการใช้ออกซิเจนขอไมโตคอนเดรีย ในสภาวะที่ถูกกระตุ้นด้วย DNP เมื่อใช้ succinate เป็นซับสเตรต..... 83

46 ผลของ quercetin ต่อการทำงานของเอนไซม์ ATPase..... 84

47 ผลของ naringenin ต่อการทำงานของเอนไซม์ ATPase..... 85

48 ผลของ quercetin ต่อการเกิด lipid peroxidation..... 86

49 ผลของ naringenin ต่อการเกิด lipid peroxidation..... 87

50 dose-response relationship curve ของ quercetin ต่อการทำงานของเอนไซม์ MAO ชนิดไม่จำเพาะเจาะจง..... 88

รูปที่ หน้า

51 dose-response relationship curve ของ quercetin ต่อการทำงานของเอนไซม์ MAO-A..... 89
52 dose-response relationship curve ของ quercetin ต่อการทำงานของเอนไซม์ MAO-B..... 90
53 การเปรียบเทียบผลของ quercetin ต่อการทำงานของเอนไซม์ MAO..... 91
54 dose-response relationship curve ของ naringenin ต่อการทำงานของเอนไซม์ MAO ชนิดไม่จำเพาะเจาะจง..... 92
55 dose-response relationship curve ของ naringenin ต่อการทำงานของเอนไซม์ MAO-A..... 93
56 dose-response relationship curve ของ naringenin ต่อการทำงานของเอนไซม์ MAO-B..... 94
57 การเปรียบเทียบผลของ naringenin ต่อการทำงานของเอนไซม์ MAO..... 95

# คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

| | | |
|---|---|---|
| ADP | = | adenosine 5'-diphosphate |
| ATP | = | adenosine 5'-triphosphate |
| ATPase | = | adenosinetriphosphatase |
| BSA | = | bovine serum albumin |
| ° C | = | degree Celcius |
| cm | = | centimeter |
| DMSO | = | dimethylsulfoxide |
| DNP | = | 2,4-dinitrophenol |
| EDTA | = | ethylenediamine tetraacetic acid |
| EGTA | = | ethyleneglycol-bis-(β-amino-ethyl ether) N,N,N',N'-tetraacetic acid |
| FAD | = | flavin adenine dinucleotide |
| $FADH_2$ | = | reduced flavin adenine dinucleotide |
| g | = | gram |
| *g* | = | centrifugal force unit (gravity) |
| $H^+$ | = | proton |
| HEPES | = | N-2-hydroxyethylpiperazine-N'-2-ethane-sulfonic acid |
| 5-HT | = | 5-hydroxytryptamine |
| $IC_{50}$ | = | median inhibitory concentration |
| kg | = | kilogram |
| M | = | molar |
| MAO | = | monoamine oxidase |
| MAO-A | = | monoamine oxidase type A |
| MAO-B | = | monoamine oxidase type B |
| mg | = | milligram |
| min | = | minute |
| ml | = | milliliter |
| mm | = | millimeter |
| mM | = | millimolar |

| | | |
|---|---|---|
| mOsm | = | milliosmole |
| μ atoms | = | microatoms |
| μg | = | microgram |
| μl | = | microliter |
| μM | = | micromolar |
| N | = | normality |
| $NAD^+$ | = | nicotinamide adenine dinucleotide |
| NADH | = | reduced nicotinamide adenine dinucleotide |
| n atoms | = | nanoatoms |
| nm | = | nanometer |
| O | = | oxygen |
| Pi | = | inorganic phosphate |
| RCI | = | respiratory control index |
| rpm | = | revolution per minute |
| TBA | = | thiobarbituric acid |
| TCA | = | trichloroacetic acid |
| w/v | = | weight by volume |
| v/v | = | volume by volume |
| / | = | per |
| % | = | percent |
| < | = | less than |