# ผลของ 2-เมท็อกซี่-1,4-แนพโทควิโนน ที่มีต่อกระบวนการหายใจของไมโตคอนเดรีย

นางสาวยุพดี วาณิชยชาติ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาเภสัชศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาเภสัชวิทยา
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2534

ISBN 974-578-816-3

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

017440 I 10313072

# EFFECT OF 2-METHOXY-1,4-NAPHTHOQUINONE ON MITOCHONDRIAL RESPIRATION

MISS. YUPADEE VANICHAYACHART

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements

for the Degree of Master of Science in Pharmacy

Department of Pharmacology

Graduate School

Chulalongkorn University

1991

ISBN 974-578-816-3

| | |
|---|---|
| หัวข้อวิทยานิพนธ์ | ผลของ 2-เมทื่อกซี่-1,4-แนพโทควิโนน ที่มีต่อกระบวนการหายใจของไมโตคอนเดรีย |
| โดย | นางสาวยุพดี วาณิชยชาติ |
| ภาควิชา | เภสัชวิทยา |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิทยา จันทสูตร |
| อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม | รองศาสตราจารย์ ดร.มณฑล สงวนเสริมศรี |

---

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาในหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ อุษณา หงส์วาริวัธน์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิทยา จันทสูตร)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.มณฑล สงวนเสริมศรี)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ประกร จุฑะพงษ์)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ที่คัดย่อนี้เป็นเพียงส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์ฉบับเต็ม ซึ่งได้รับการอนุมัติให้เก็บในคลังวิทยานิพนธ์ได้

ยุพดี วาณิชยชาติ : ผลของ 2-เมท็อกซี่-1,4-แนพโทควิโนน ที่มีต่อกระบวนการหายใจของไมโตคอนเดรีย ( EFFECT OF 2-METHOXY-1,4- NAPHTHOQUINONEON MITOCHONDRIAL RESPIRATION) อ.ที่ปรึกษา : ผศ.วิทยา จันทสูตร รศ.ดร.มณฑล สงวนเสริมศรี, 100 หน้า. ISBN 974-578-816-3

2-methoxy-1,4-naphthoquinone(MNQ) เป็นสารประกอบที่สกัดได้จากใบของต้นเทียนบ้าน (*Impatiens balsamina*) เมื่อทำการศึกษาผลต่อการทำงานของไมโตคอนเดรียที่เตรียมจากตับของหนูขาว พบว่า มีผลกระตุ้นการหายใจ state 4 คล้าย classical uncoupler ไม่ว่าจะใช้สับสเตรทเป็น glutamate + malate หรือ succinate โดยมีลักษณะเป็นแบบ dose dependent แต่กลไกในการออกฤทธิ์กระตุ้นการหายใจ state 4 ต่างจาก classical uncoupler คือ MNQ ไม่สามารถกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ ATPase แสดงว่า MNQ ไม่ได้ทำหน้าที่เป็น proton-ionophore เช่นเดียวกับ classical uncoupler และคุณสมบัติที่ต่างออกไปอีกคือ ในกรณีที่ใช้ glutamate + malate เป็นสับสเตรท MNQ สามารถกระตุ้นการหายใจ state 4 ได้แม้ว่าจะมี rotenone ซึ่งเป็น site I inhibitor และถ้ามี antimycin ซึ่งเป็น site II inhibitor พบว่า antimycin สามารถยับยั้งฤทธิ์ของ MNQ ได้เพียงบางส่วน ส่วนกรณีที่ใช้ succinate เป็นสับสเตรท rotenone กลับสามารถยับยั้งผลของ MNQ ในการกระตุ้นการหายใจ state 4 ได้ รวมทั้ง antimycin ก็สามารถยับยั้งผลของ MNQ ได้ในลักษณะที่เพิ่มขึ้นตามเวลาที่ผ่านไป จากผลการทดลองดังกล่าวทำให้ทราบว่าการกระตุ้นการหายใจ state 4 ของ MNQ เนื่องมาจาก MNQ สามารถรับอิเลคตรอนจาก $NAD^+$-linked substrate ในตำแหน่งก่อนหน้าที่ rotenone ยับยั้งและส่งอิเลคตรอนเข้าสู่วิถีการส่งผ่านอิเลคตรอนปกติในตำแหน่งก่อนหน้าและหลังตำแหน่งซึ่ง antimycin ยับยั้ง ซึ่งการส่งผ่านอิเลคตรอนหลังจากนั้นจะมีการควบคู่ (couple) กับการสร้าง ATP ซึ่งถูกยับยั้งโดย oligomycin ได้ ส่วนในกรณีการส่งอิเลคตรอนจาก succinate จะส่งอิเลคตรอนในทิศทางย้อนกลับ (reversal pathway) ซึ่ง rotenone ยับยั้งได้ ส่วนการที่ antimycin ยับยั้งได้ด้วยนั้นเนื่องจาก antimycin ขัดขวางการสร้างพลังงานซึ่งเป็นตัวผลักดันให้มีการส่งผ่านอิเลคตรอนในทิศทางย้อนกลับ ส่วนผลของอนุพันธ์อื่นๆคือ lawsone และ menadione พบว่ามีผลกระตุ้นการหายใจใน state 4 ได้เช่นเดียวกับ MNQ แต่ในขนาดที่น้อยกว่ามาก และเมื่อให้ MNQ ร่วมกับอนุพันธ์ทั้งสองชนิด ทำให้ผลในการกระตุ้นการหายใจ state 4 ของ MNQ ลดลง และการศึกษาใน yeast cell และไมโตคอนเดรียที่เตรียมจาก *Saccharomyces cerevisiae* ได้ผลสอดคล้องกับผลการศึกษาที่ทำกับไมโตคอนเดรียที่เตรียมจากตับของหนูขาว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา เภสัชวิทยา ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา เภสัชวิทยา ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2533 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

YUPADEE VANICHAYACHART : EFFECT OF 2-METHOXY-1,4-NAPHTHOQUINONE ON MITOCHONDRIAL RESPIRATION. THESIS ADVISOR : ASSIS. PROF. WITHAYA JANTHASOOT, ASSO. PROF. MONTHOL SANGUANSERMSRI, Ph.D. 100 pp.
ISBN 974-578-816-3

2-methoxy-1,4-naphthoquinone (MNQ), the compound that extract from the leaf of Garden Balsam (*Impatiens balsamina*), was found to stimulate state 4 respiration of isolated rat liver mitochondria. This compound showed difference in mechanism of action from classical uncoupler DNP; First MNQ didn't activate mitochondrial ATPase activity, second MNQ stimulated state 4 respiration in the presence of rotenone, and third, antimycin partially inhibited the MNQ stimulated state 4 respiration. However, both rotenone and antimycin could inhibited the effect of MNQ when used succinate as substrate instead of glutamate plus malate. These indicated that MNQ acted as electron acceptor from $NAD^+$-linked substrate before site of action of rotenone and after antimycin. Lawsone and menadione showed unsignificant effect in stimulating state 4 respiration. These results were similar when studied in yeast cell (*Saccharomyces cerevisiae*) and isolated yeast mitochondria.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา .....เภสัชวิทยา.....
สาขาวิชา .....เภสัชวิทยา.....
ปีการศึกษา .....2533.....

ลายมือชื่อนิสิต .....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิทยา จันทสูตร และรองศาสตราจารย์ ดร.มณฑล สงวนเสริมศรี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้แนะนำและให้ข้อคิดเห็นต่างๆในการทำวิจัยด้วยดีตลอดมา และเนื่องจากทุนในการวิจัยครั้งนี้ บางส่วนได้รับมาจากทุนงบประมาณแผ่นดิน จึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ประกร จุฑะพงษ์ ที่ได้ชี้แนะแนวทางในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ รองศาสตราจารย์อุษณา หงส์วารีวัธน์ หัวหน้าภาควิชาเภสัชวิทยา และ รองศาสตราจารย์ ดร. มณฑล สงวนเสริมศรี หัวหน้าภาควิชาชีวเคมี ที่อนุญาตให้ผู้วิจัยใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆในห้องปฏิบัติการตลอดการวิจัย

ยุพดี วาณิชยชาติ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# สารบัญ

หน้า


บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญตาราง..... ฏ

สารบัญรูป..... ฐ

คำอธิบายสัญญลักษณ์และคำย่อ..... ด

บทที่

1 บทนำ..... 1

2-methoxy-1,4-naphthoquinone..... 1

กลไกการออกฤทธิ์ของสารที่มีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อรา..... 6

การหายใจ และออกซิเดทีฟฟอสฟอริลเลชั่นของไมโตคอนเดรีย..... 9

บทบาทบางประการของอนุพันธ์แนพโทควิโนนที่มีต่อออกซิเดทีฟ-
ฟอสฟอริลเลชั่น..... 20

2 อุปกรณ์และวิธีทำการวิจัย..... 27

การเตรียมไมโตคอนเดรีย..... 27

1. การเตรียมไมโตคอนเดรียจากตับของหนูขาว..... 27

ก. สัตว์ทดลอง..... 27

ข. วิธีเตรียมไมโตคอนเดรีย..... 27

2. การเตรียมไมโตคอนเดรียจาก *Saccharomyces cerevisiae*..... 29

ก. เชื้อที่ใช้..... 29

ข. วิธีการเตรียมไมโตคอนเดรีย..... 29

การเตรียม intact yeast suspension ของ *Saccharomyces cerevisiae*..... 32

การ incubate ไมโตคอนเดรีย/ intact yeast suspension และ incubation medium..... 32

การวัดอัตราการใช้ออกซิเจนของไมโตคอนเดรีย และ intact yeast ในสภาวะต่างๆ..... 33

สารบัญ(ต่อ)


| บทที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| | การคำนวณค่าดัชนีควบคุมการหายใจ (RCI),อัตราการใช้ออกซิเจนของไมโตคอนเดรียและ intact yeast ในระยะต่างๆ..... | 34 |
| | การวัด ATPase activity ของไมโตคอนเดรีย..... | 38 |
| | การหาปริมาณโปรตีนของไมโตคอนเดรีย..... | 40 |
| | การเตรียมสารละลายสำหรับใช้ในการทดลองและแหล่งที่มาของสารเคมี..... | 42 |
| | การแสดงผลการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ..... | 43 |
| | การศึกษาผลของ 2-methoxy-1,4-naphthoquinone ที่มีต่อการเจริญของเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae*..... | 44 |
| | 1. การเตรียมเชื้อ..... | 44 |
| | 2. วิธีทำการทดลอง..... | 44 |
| 3 | ผลการวิจัย..... | 47 |
| | ผลของ 2-methoxy-1,4-naphthoquinone ที่มีต่อไมโตคอนเดรียที่เตรียมจากตับของหนูขาว..... | 47 |
| | 1. ผลของ 2-methoxy-1,4-naphthoquinone ที่มีต่อการหายใจของไมโตคอนเดรีย..... | 47 |
| | 1.1) ผลของ 2-methoxy-1,4-naphthoquinone ในขนาดต่างๆ..... | 47 |
| | 1.2) ผลการเปรียบเทียบ maximum response เมื่อใช้ 2-methoxy-1,4-naphthoquinone,DNP และอนุพันธ์แนฟโทควิโนนคือ lawsone และ menadione ในขนาดต่างๆต่อการกระตุ้นการหายใจของไมโตคอนเดรีย..... | 70 |
| | 2. ผลของ rotenone และ antimycin ที่มีต่อผลของ 2-methoxy-1,4-naphthoquinone ในการกระตุ้นการหายใจ..... | 70 |

สารบัญ(ต่อ)

บทที่ หน้า

2.1) ผลของ rotenone และ antimycin ที่มีต่อผลการกระตุ้นการหายใจของ 2-methoxy-1,4-naphthoquinone ในกรณีที่ใช้ glutamate + malate เป็นสับสเตรท..... 71

2.2) ผลของ rotenone และ antimycin ที่มีต่อผลการกระตุ้นการหายใจของ 2-methoxy-1,4-naphthoquinone ในกรณีที่ใช้ succinate เป็นสับสเตรท..... 71

3. ผลของ 2-methoxy-1,4-naphthoquinone ในขนาดต่ำๆ ที่มีผลต่อการหายใจใน state 3 และการกระตุ้นการหายใจโดย $Ca^{2+}$ (กรณีมี Pi อยู่ด้วย)รวมทั้งผลที่เกิดขึ้นกรณีที่มี rotenone และ oligomycin..... 72

3.1) กรณี glutamate + malate เป็นสับสเตรท..... 72

3.2) กรณี succinate เป็นสับสเตรท..... 74

4. ผลในการกระตุ้นการหายใจของ 2-methoxy-1,4-naphthoquinone ในกรณีให้ร่วมกับ lawsone หรือ menadione..... 74

5. ผลของ 2-methoxy-1,4-naphthoquinone ที่มีต่อ ATPase activity ของไมโตคอนเดรีย..... 75

5.1) ผลของ 2-methoxy-1,4-naphthoquinone ในขนาดต่างๆ..... 75

5.2) ผลของ 2-methoxy-1,4-naphthoquinone ในขนาดต่างๆที่มีต่อ DNP activated ATPase activity เปรียบเทียบกับผลของ oligomycin ในการยับยั้ง DNP activated ATPase activity 76

สารบัญ(ต่อ)

บทที่ หน้า

ผลของ 2-methoxy-1,4-naphthoquinone ที่มีต่อเซลยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ..... 76

1. ผลของ 2-methoxy-1,4-naphthoquinone ที่มีต่อการใช้ออกซิเจนของ intact yeast ในสภาวะต่างๆ..... 76

1.1) ผลของ 2-methoxy-1,4-naphthoquinone ในขนาดต่างๆที่มีผลกระตุ้นการใช้ออกซิเจนของ intact cell ของ *S. cerevisiae* ในกรณีที่ใช้ glucose เป็นสับสเตรท..... 76

1.2) ผลการเปรียบเทียบ maximum response เมื่อใช้ 2-methoxy-1,4-naphthoquinone, DNP , lawsone และ menadione ต่อการกระตุ้นการใช้ออกซิเจนของยีสต์ *S. cerevisiae* เมื่อใช้ glucose เป็นสับสเตรท..... 78

2. ผลของ mitochondrial respiratory inhibitors ต่อการออกฤทธิ์ของ 2-methoxy-1,4-naphthoquinone ที่มีผลต่อการใช้ออกซิเจนของเซลยีสต์ *S. cerevisiae*..... 78

ผลของ 2-methoxy-1,4-naphthoquinone ที่มีต่อไมโตคอนเดรียที่เตรียมจาก *Saccharomyces cerevisiae*..... 80

1. ผลของ 2-methoxy-1,4-naphthoquinone ในขนาดต่างๆ ที่มีผลกระตุ้นการใช้ออกซิเจน..... 80

2. ผลการเปรียบเทียบ maximum response เมื่อใช้ 2-methoxy-1,4-naphthoquinone และ DNP ต่อการกระตุ้นการใช้ออกซิเจนของไมโตคอนเดรียที่เตรียมจากเซลยีสต์ *S. cerevisiae*..... 81

3. ผลของ mitochondrial respiratory inhibitor site II(antimycin) ต่อการออกฤทธิ์ของ 2-methoxy-1,4-naphthoquinone ในการทดลองกับไมโตคอนเดรียที่เตรียมจากเซลยีสต์ *S. cerevisiae* เทียบกับ DNP..... 81

สารบัญ(ต่อ)


| บทที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| | ผลของ 2-methoxy-1,4-naphthoquinone ในด้านฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อหรือยับยั้งการเจริญของ S. cerevisiae โดยวิธี broth dilution..... | 82 |
| 4 | อภิปรายและสรุปผลการทดลอง..... | 83 |
| | กลไกในการเกิดอันตับปลิงโดย 2-methoxy-1,4-naphthoquinone..... | 83 |
| | โอกาสในการนำเอาสาร 2-methoxy-1,4-naphthoquinone ตลอดจนสมุนไพรเทียนบ้านในทางการแพทย์..... | 92 |
| เอกสารอ้างอิง..... | | 94 |
| ประวัติผู้เขียน..... | | 100 |


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | แสดงส่วนประกอบในหลอดทดลองต่างๆที่ใช้ในการทดสอบผลของ 2-methoxy-1,4-naphthoquinone ที่มีต่อการเจริญของเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae*..... | 45 |
| 2 | แสดงอัตราการใช้ออกซิเจนของไมโตคอนเดรียที่เตรียมจากตับของหนูขาว รวมทั้ง % inhibition เมื่อมี 2-methoxy-1,4-naphthoquinone เพียงชนิดเดียว และเมื่อให้ร่วมกับ lawsone 50 มคก.หรือ menadione 50 มคก. เมื่อใช้ glutamate + malate เป็นสับสเตรท..... | 58 |
| 3 | แสดง dose-response ของผลของ 2-methoxy-1,4-naphthoquinone ในขนาดต่างๆที่มีต่อการกระตุ้น ATPase activity ของไมโตคอนเดรียที่เตรียมจากตับของหนูขาว... | 59 |
| 4 | แสดง dose-response ของผลของ 2-methoxy-1,4-naphthoquinone ในขนาดต่างๆที่มีผลต่อ DNP activated ATPase activity เปรียบเทียบกับผลของ oligomycin ในการยับยั้งผลของ DNP activated ATPase activity.. | 60 |
| 5 | แสดงความเข้มข้นต่ำสุดที่ยับยั้งการเจริยเติบโต(MIC) และค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ฆ่าเชื้อ(MFC) ของเชื้อรา *Saccharomyces cerevisiae* โดยวิธี broth dilution..... | 82 |


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# สารบัญรูป


| รูปที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | แสดงสูตรโครงสร้างทางเคมีของ 2-methoxy-1,4-naphthoquinone และ ubiquinone..... | 2 |
| 2 | แสดงลักษณะทั่วไปของต้นเทียนบ้าน(*Impatiens balsamina*) | 3 |
| 3 | แสดงวิถีทางที่เกิดภายในเซลเชื้อราและกลไกการออกฤทธิ์ของ flucytosine..... | 8 |
| 4 | แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Krebs' cycle, respiratory chain oxidation reduction, และปฏิกิริยา oxidative-phosphorylation..... | 11 |
| 5 | แสดงการเตรียม submitochondrial vesicles เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของไมโตคอนเดรีย..... | 13 |
| 6 | แสดงโครงสร้างและองค์ประกอบของเอนไซม์ ATPase..... | 13 |
| 7 | แสดงตำแหน่งที่มีการยับยั้งการหายใจโดยสารยับยั้งการส่งผ่านอิเลคตรอนในลูกโซ่การหายใจ..... | 16 |
| 8 | แสดง grinding mill สำหรับทำลายผนังเซลยีสต์..... | 18 |
| 9 | แสดงวิถีทางของกระบวนการหายใจของเซลยีสต์ที่เตรียมได้... | 18 |
| 10 | แสดงความสัมพันธ์ของปฏิกิริยาต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานที่ไมโตคอนเดรียสามารถสงวนไว้..... | 21 |
| 11 | แสดงกลไกในการออกฤทธิ์เป็น uncoupler ของ menadione | 21 |
| 12 | แสดงขั้นตอนการแยกไมโตคอนเดรียจาก rat liver homogenate โดยวิธี differential centrifugation..... | 28 |
| 13 | แสดง incubation chamber ที่ใช้ในการทดลองเพื่อวัดอัตราการหายใจของไมโตคอนเดรียในสภาวะต่างๆ..... | 32 |
| 14 | ตัวอย่าง oxygraph tracing เพื่อแสดงวิธีการหาค่า RCI.. | 35 |
| 15 | ตัวอย่าง oxygraph tracing เพื่อแสดงวิธีการหาอัตราการใช้ออกซิเจนของไมโตคอนเดรียในระยะต่างๆ..... | 35 |
| 16 | ผลของ 2-methoxy-1,4-naphthoquinone ขนาด 0.25,1,6 และ 50 มคก. ที่มีต่อการหายใจของไมโตคอนเดรียที่เตรียมจากตับของหนูขาว เมื่อใช้ glutamate + malate เป็นสับสเตรท.. | 48 |

สารบัญรูป(ต่อ)


| รูปที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 17 | ผลของ 2-methoxy-1,4-naphthoquinone ขนาด 0.25,1,6 และ 50 มคก. ที่มีต่อการหายใจของไมโตคอนเดรียที่เตรียมจากตับของหนูขาว เมื่อใช้ succinate เป็นสับสเตรท..... | 49 |
| 18 | dose-response curve ของผลของ 2-methoxy-1,4-naphthoquinone ในขนาดต่างๆที่มีผลต่อการหายใจของไมโตคอนเดรียที่เตรียมจากหนูขาว เมื่อใช้ glutamate + malate (curve A)และ succinate (curve B) เป็นสับสเตรท..... | 50 |
| 19 | ผลการเปรียบเทียบ maximum response โดยใช้ 2-methoxy-1,4-naphthoquinone, DNP, lawsone และ menadione ต่อการกระตุ้นการหายใจของไมโตคอนเดรียที่เตรียมจากหนูขาว เมื่อใช้ glutamate + malate เป็นสับสเตรท..... | 51 |
| 20 | ผลการเปรียบเทียบ maximum response โดยใช้ 2-methoxy-1,4-naphthoquinone, DNP, lawsone และ menadione ต่อการกระตุ้นการหายใจของไมโตคอนเดรียที่เตรียมจากหนูขาว เมื่อใช้ succinate เป็นสับสเตรท..... | 52 |
| 21 | ผลของrotenone และผลของ antimycin ที่มีต่อการออกฤทธิ์ของไมโตคอนเดรียที่เตรียมจากตับของหนูขาวโดยสาร 2-methoxy-1,4-naphthoquinone ขนาด 6 มคก. เมื่อใช้ glutamate + malate เป็นสับสเตรท..... | 53 |
| 22 | ผลของrotenone และผลของ antimycin ที่มีต่อผลการกระตุ้นการหายใจของไมโตคอนเดรียที่เตรียมจากตับของหนูขาวโดยสาร 2-methoxy-1,4-naphthoquinone ขนาด 6 มคก. เมื่อใช้ succinate เป็นสับสเตรท..... | 54 |
| 23 | ผลของ 2-methoxy-1,4-naphthoquinone ในขนาด 1 มคก. ที่มีต่อ state 3 respiration และการกระตุ้นการหายใจโดย $Ca^{2+}$ (กรณีที่มี Pi อยู่ด้วย) รวมทั้งผลของ rotenone และผลของ oligomycin อยู่ร่วมด้วยในปฏิกิริยา ต่อการหายใจของไมโตคอนเดรียที่เตรียมจากตับของหนูขาวเมื่อใช้ glutamate + malate เป็นสับสเตรท..... | 55 |

สารบัญรูป(ต่อ)


| รูปที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 24 | ผลของ rotenone ที่มีต่อการออกฤทธิ์ของ 2-methoxy-1,4-naphthoquinone ในขนาด 6 มคก.ต่อ state 3 respiration ของไมโตคอนเดรียที่เตรียมจากตับของหนูขาว เมื่อใช้ succinate เป็นสับสเตรท..... | 56 |
| 25 | dose-response ของผลของการกระตุ้นการหายใจของ 2-methoxy-1,4-naphthoquinone ในขนาดต่างๆ ในสภาวะที่มี lawsone ในขนาด 10 มคก.และ 25 มคก. ต่อการหายใจของไมโตคอนเดรียที่เตรียมจากตับของหนูขาว เมื่อใช้ glutamate+malate เป็นสับสเตรท | 57 |
| 26 | ผลของ 2-methoxy-1,4-naphthoquinone ในขนาด 6,50 และ 100 มคก.ที่มีผลกระตุ้นการใช้ออกซิเจนของ intact cell ของ S. cerevisiae กรณีที่ใช้ glucose เป็นสับสเตรท..... | 61 |
| 27 | dose-response curve ของผลของ 2-methoxy-1,4-naphthoquinone ในขนาดต่างๆที่มีต่อการใช้ออกซิเจนของ intact cell ของ S. cerevisiae เมื่อใช้ glucose เป็นสับสเตรท... | 62 |
| 28 | ผลการเปรียบเทียบ maximum response โดยใช้ 2-methoxy-1,4-naphthoquinone, CCCP, lawsone และ menadione ต่อการกระตุ้นการใช้ออกซิเจนของ intact cell ของ S. cerevisiae เมื่อใช้ glucose เป็นสับสเตรท..... | 63 |
| 29 | ผลของ rotenone ที่มีต่อผลการกระตุ้นการใช้ออกซิเจนของ intact cell ของ S. cerevisiae โดย CCCP และ 2-methoxy-1,4-naphthoquinone โดยมี glucose เป็นสับสเตรท..... | 64 |
| 30 | ผลของ antimycin ที่มีต่อผลการกระตุ้นการใช้ออกซิเจนของ intact cell ของ S. cerevisiae โดย CCCP และ 2-methoxy-1,4-naphthoquinone โดยมี glucose เป็นสับสเตรท..... | 65 |
| 31 | dose-response curve ของผลของ 2-methoxy-1,4-naphthoquinone ในขนาดต่างๆที่มีต่อการใช้ออกซิเจนของไมโตคอนเดรียที่เตรียมจากเซล S. cerevisiae เมื่อใช้ succinate เป็นสับสเตรท..... | 66 |

สารบัญรูป(ต่อ)


| รูปที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 32 | ผลเปรียบเทียบ maximum response ระหว่าง 2-methoxy-1,4-naphthoquinone และ DNP ต่อการกระตุ้นการใช้ออกซิเจนของ S. cerevisiae เมื่อใช้ succinate เป็นสับสเตรท..... | 67 |
| 33 | ผลของ antimycin ที่มีต่อการกระตุ้นการหายใจของไมโตคอนเดรียที่เตรียมจากเซล S. cerevisiae โดยสาร 2-methoxy-1,4-naphthoquinone โดยมี succinate เป็นสับสเตรท ..... | 68 |
| 34 | แสดงวิถีทางการส่งผ่านอิเลคตรอนที่คาดว่าจะเป็นโดยสาร 2-methoxy-1,4-naphthoquinone..... | 86 |


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# คำอธิบายสัญญลักษณ์และคำย่อ

| | | |
|---|---|---|
| น.น. | = | น้ำหนัก |
| นนอ. | = | นาโนอะตอม |
| มก. | = | มิลลิกรัม |
| มคก. | = | ไมโครกรัม |
| มคม. | = | ไมโครโมล |
| มค.โมลาร์ | = | ไมโครโมลาร์ |
| มคล. | = | ไมโครลิตร |
| มคอ. | = | ไมโครอะตอม |
| มม. | = | มิลลิเมตร |
| มล. | = | มิลลิลิตร |
| anti-A | = | antimycin A |
| ADP | = | adenosine-5'-diphosphate |
| ATP | = | adenosine-5'-triphosphate |
| $^{\circ}C$ | = | degree celsius |
| $Ca^{2+}$ | = | calcium ion |
| CCCP | = | carbonyl cyanide - m-chlorophenylhydrazone |
| DMSO | = | dimethylsulfoxide |
| DNP | = | dinitrophenol |
| $E_{t/2}$ | = | half wave potential |
| FAD | = | flavin adenine dinucleotide |
| $FADH_2$ | = | reduced flavin adenine dinucleotide |
| FMN | = | flavin mononucleotide |
| g | = | centrifugal force unit(gravity) |
| $H^+$ | = | proton |
| HEPES | = | N-2-hydroxyethylpiperazine-N'-2-ethanesulfonic acid |
| $K^+$ | = | potassium ion |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| | | |
|---|---|---|
| law | = | lawsone |
| MNQ | = | 2-methoxy-1,4-naphthoquinone |
| M | = | molar |
| mM | = | millimolar |
| mena | = | menadione |
| mg | = | milligram |
| $Mg^{2+}$ | = | magnesium ion |
| min | = | minute |
| ml | = | milliliter |
| mOsm | = | milliosmolar |
| µatom | = | microatom |
| µg | = | microgram |
| µl | = | microliter |
| µM | = | micromolar |
| N | = | normality |
| Na | = | sodium |
| $NAD^{+}$ | = | nicotinamide adenine dinucleotide |
| NADH | = | reduced nicotinamide adenine-dinucleotide |
| NADPH | = | reduced nicotinamide adenine-dinucleotide phosphate |
| natom | = | nanoatom |
| $O, O_2$ | = | oxygen atom,molecule |
| Pi | = | inorganic phosphate |
| RCI | = | respiratory control index |
| RPM | = | revolution per minute |
| TMPD | = | N,N,N',N'-tetramethyl-p-phenylene diamine |
| w/v | = | weight by volume |
| / | = | per |
| % | = | percent |
| > | = | greater |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย