

ผลของการออกกำลังกายแบบแอโรบิกต่อระดับสารต้านอนุมูลอิสระในซีรัม

ชุตินา ศิลปเวช

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา

สิงหาคม 2549

ISBN 974-502-888-6

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบปากเปล่าวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณา
วิทยานิพนธ์ของ ชุตินา ศิลปเวช ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์

..... ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมรรถชัย สารถวัลย์แพศย์)
..... กรรมการ
(ศาสตราจารย์ นพ. ศาสตรี เสาวคนธ์)
..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประสาร สวัสดิ์จิตติง)

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

..... ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมรรถชัย สารถวัลย์แพศย์)
..... กรรมการ
(ศาสตราจารย์ นพ. ศาสตรี เสาวคนธ์)
..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประสาร สวัสดิ์จิตติง)
..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ พรรณีตา ศิริเพิ่มพูล)
..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สันติพงษ์ ปลั่งสุวรรณ)

บัณฑิตวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ของมหาวิทยาลัยบูรพา

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. ประทุม ม่วงมี)
วันที่ ๒๒ เดือน พฤษภาคม พ.ศ. ๒๕๔๙

ประกาศคุณูปการ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาให้คำแนะนำ ปรีกษา ตลอดจนแก้ไขข้อผิดพลาดต่าง ๆ จากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมรรถชัย สารถวัลย์แพศย์ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ศาสตราจารย์ นพ. ศาสตรี เสาวคนธ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประสาร สวัสดิ์ชิตัง กรรมการที่ปรึกษา ที่กรุณาให้คำแนะนำ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วน จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์เอนก สุตรมงคล ผู้อำนวยการวิทยาลัยวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา ที่กรุณาให้การสนับสนุนจักรยานวัดงาน อุปกรณ์ต่าง ๆ สถานที่และบุคลากร รวมถึงคำแนะนำเกี่ยวกับการออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สันติพงษ์ ปลั่งสุวรรณ และ รองศาสตราจารย์ พรรณิภา ศิริเพิ่มพูล ที่เสียสละเวลาและให้คำแนะนำในการแก้ไขข้อผิดพลาดต่าง ๆ ในงานวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการตรวจวิเคราะห์เลือด โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยบูรพา ที่ให้ความกรุณาในการเจาะเลือดกลุ่มตัวอย่างในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ ทนุอดหนุนการวิจัยจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา

ขอขอบพระคุณ ทนุสนับสนุนการทำวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาจากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ขอขอบพระคุณ ภาควิชาชีวะเคมีที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัย

ขอขอบคุณ คุณวิรัตน์ สนั่นจันทร์ ที่ให้ความช่วยเหลือในการฝึกสอนและแนะนำเกี่ยวกับการใช้จักรยานวัดงาน รวมถึงช่วยจัดหาสถานที่ในการเก็บตัวอย่าง

ขอขอบคุณ คุณสุกัญญา เจริญวัฒนะ คุณพรทิพย์ อุ่นจิต คุณวนิดา กัณทมนัฏ คุณมจรินทร์ แดงใหม่ และคุณทิพย์สุดา ผลภาณี สำหรับทุกความช่วยเหลือและทุกคำแนะนำ รวมทั้งกำลังใจที่มีให้เสมอมา

ขอขอบคุณ ผู้เข้าร่วมการวิจัยทุกท่านที่ให้ความร่วมมือจนการวิจัยนี้สำเร็จลงได้

ขอขอบคุณ สมาชิกหอพักบัณฑิตทุกท่าน (หอ 18) สำหรับกำลังใจ และความช่วยเหลือในงานวิจัยสำเร็จลงได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ ที่มอบความรักและความห่วงใย ให้กำลังใจ รวมทั้งทุนการศึกษา จนลูกมีวันแห่งความสำเร็จ ในวันนี้

ชุตินา ศิลปเวช

45911859: สาขาวิชา: วิทยาศาสตร์ชีวภาพ; วท.ม. (วิทยาศาสตร์ชีวภาพ)

คำสำคัญ: สารต้านอนุมูลอิสระ/ อนุมูลอิสระ/ การออกกำลังกายแบบแอโรบิค/ เบตา-แคโรทีน/
เบตา-คริปโทแซนทีน/ ลูทีน/ โลโคพีน/ วิตามินอี/ วิตามินเอ

ชุดิมา ศิลปเวช: ผลของการออกกำลังกายแบบแอโรบิคต่อระดับสารต้านอนุมูลอิสระ
ในซีรัม (EFFECT OF AEROBIC EXERCISE ON SERUM ANTIOXIDANT LEVEL)

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์: สมรรถชัย สารถวัลย์แพศย์, Ph.D., ศาสตราจารย์ เสาวคนธ์, Ph.D.,
ประสาร สวัสดิ์ชิตังค์, Ph.D., สันติพงษ์ ปลั่งสุวรรณ, Ph.D., พรรณีภา ศิริเพิ่มพูล, M.Sc. 112 หน้า
ปี พ.ศ.2549 ISBN 974-502-888-6

การออกกำลังกายมีส่วนช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่าง ๆ แต่การออกกำลังกายสามารถก่อให้เกิดภาวะที่เรียกว่า Oxidative Stress และนำไปสู่การเกิดโรคต่าง ๆ ได้ สารต้านอนุมูลอิสระในร่างกายแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ร่างกายสร้างขึ้น ได้แก่ เอนไซม์ต่าง ๆ เช่น ซูเปอร์ออกไซด์ ดิสมิวเทส (Superoxide Dismutase, SOD) คตะเลส (Catalase, CAT) และ กลูตาไทโอนเปอร์ออกซิเดส (Glutathione Peroxidase, GPx) กลุ่มที่สองได้จากอาหาร ได้แก่ แคโรทีนอยด์ วิตามินอี และวิตามินซี ในการวิจัยครั้งนี้จึงทำการศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบแอโรบิคต่อระดับสารต้านอนุมูลอิสระในซีรัมของกลุ่มตัวอย่างเพศชายสองกลุ่มคือ กลุ่มตัวอย่างที่ออกกำลังกายประจำ 20 คน และกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ได้ออกกำลังกายประจำ 18 คน ให้ออกกำลังกายโดยการปั่นจักรยานวัดงาน (Monark Ergometer Bicycle) เริ่มจากการอบอุ่นร่างกายที่ความหนัก 50% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด นาน 3 นาที เพิ่มความหนักเป็น 60-70% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด นาน 10 นาที และลดความหนักเป็น 50-60% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด จนครบ 30 นาที เก็บเลือดกลุ่มตัวอย่างทั้งก่อนและหลังการปั่นจักรยานวัดงาน นำไปหาระดับสารต้านอนุมูลอิสระทั้งหมดในซีรัมโดยทำปฏิกิริยากับ DPPH (1,1-Diphenyl-2-Picrylhydrazyl) และหาความเข้มข้นของแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในซีรัมโดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 450 นาโนเมตร หาความเข้มข้นของ เบตา-แคโรทีน เบตา-คริปโทแซนทีน ลูทีน โลโคพีน วิตามินอี และวิตามินเอ ด้วยเครื่อง HPLC จากการศึกษาพบว่าระดับสารต้านอนุมูลอิสระทั้งหมดในซีรัมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มหลังจากออกกำลังกายตามที่กำหนด ส่วนสารต้านอนุมูลอิสระกลุ่มที่ได้รับจากอาหาร ได้แก่ แคโรทีนอยด์ วิตามินอี และวิตามินเอ ไม่พบว่ามีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญหลังการออกกำลังกาย จึงสรุปได้ว่าการออกกำลังกายที่ความหนักและระยะเวลาตามที่กำหนดมีผลในการเพิ่มระดับสารต้านอนุมูลอิสระทั้งหมดในซีรัมได้ โดยน่าจะเป็นกลุ่มที่ร่างกายสร้างขึ้นเอง ได้แก่ ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทส คตะเลส และกลูตาไทโอนเปอร์ออกซิเดส

45911859: MAJOR: BIOLOGICAL SCIENCE; M.Sc. (BIOLOGICAL SCIENCE)

KEYWORDS: ANTIOXIDANT/ FREE RADICAL/ AEROBIC EXERCISE/

β -CAROTENE/ β -CRYPTOXANTHIN/ LUTEIN/ LYCOPENE/

α -TOCOPHEROL/ RETINOL

CHUTIMA SINLAPAVECH: EFFECT OF AEROBIC EXERCISE ON SERUM
ANTIOXIDANT LEVEL. THESIS ADVISORS: SMARTACHAI SANTAWANPAS, Ph.D.,
SASTREE SAOWAKON, Ph.D., PRASAN SWATSITANG, Ph.D., SANTIPONG
PLANGSUWAN, Ph.D., PUNNIPA SIRIPERMPOOL, M.Sc. 112 P. 2006 ISBN 974-502-888-6

Regular physical exercise has a number of beneficial effects. But physical exercise may cause an oxidative stress which can lead to many diseases. Antioxidants in the body come from two sources, internal and external sources. The purpose of this research was to study the effect of aerobic exercise on total serum antioxidant level. Thirty-eight male subjects were divided into two groups; eighteen sedentary and twenty regular exercise people. The subjects had to exercise on a cycle ergometer, warm up at 50% maximal heart rate for 3 min then increased the intensity to 60-70% of maximal heart rate for 10 min and decreased the intensity to 50-60% of maximal heart rate for 30 min. Blood samples were collected before and after the exercise. Antioxidant levels were detected by DPPH (1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl) reaction. Total serum carotenoids in serum was determined spectrophotometrically at 450 nm. β -Carotene, β -cryptoxanthin, lutein, lycopene, vitamin A and vitamin E in serum were detected by HPLC. It was found that the total serum antioxidants increased significantly in both groups after the exercise ($P < 0.05$). The external sources of antioxidants such as β -carotene, β -cryptoxanthin, lutein, lycopene, vitamin A and vitamin E did not change after the exercise. It might be concluded that exercise at the designated level and duration may lead to increase the synthesis of internal antioxidants such as superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), and glutathione peroxidase (GPx).

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญภาพ.....	ฉ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์.....	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
ขอบเขตของการวิจัย.....	3
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	4
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
อนุมูลอิสระ.....	6
ประโยชน์ของการออกกำลังกาย.....	10
การออกกำลังกายทำให้มีการสร้างอนุมูลอิสระ ในร่างกายเพิ่มมากขึ้น.....	10
การออกกำลังกายช่วยให้ระบบสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant Defense System) ในร่างกายทำงานได้ดีขึ้น.....	11
สารต้านอนุมูลอิสระ.....	12
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	27
อุปกรณ์และเครื่องมือ.....	27
สารเคมี.....	28
วิธีดำเนินการ.....	29
การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.....	32
4 ผลการวิจัย.....	33

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
การหาเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาในการหาระดับ	
สารต้านอนุมูลอิสระในซีรัมด้วย DPPH.....	35
การหาระดับสารต้านอนุมูลอิสระในซีรัมด้วย DPPH.....	35
การหาปริมาณแคโรทีนอยทั้งหมดในซีรัม.....	36
การหาปริมาณของเบตา-แคโรทีน เบตา-คริฟโทแซนทีน ลูทีน	
ไลโคปีน วิตามินอี วิตามินเอ ในซีรัม โดย HPLC.....	36
5 สรุปและอภิปรายผล	49
สรุปผลการทดลอง.....	49
อภิปรายผลการทดลอง.....	49
ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย.....	55
ข้อเสนอแนะ.....	56
บรรณานุกรม.....	57
ภาคผนวก.....	61
ภาคผนวก ก ข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมการวิจัย.....	62
ภาคผนวก ข ข้อมูลในการวิเคราะห์ซีรัม.....	77
ภาคผนวก ค การคำนวณความเข้มข้น.....	94
ประวัติย่อของผู้วิจัย.....	112

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4-1 อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง และค่าดัชนีมวลกาย (Body Mass Index, BMI) ของกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ได้ออกกำลังกายประจำ.....	33
4-2 อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง และค่าดัชนีมวลกาย (Body Mass Index , BMI) ของกลุ่มตัวอย่างที่ออกกำลังกายประจำ.....	34
ภาคผนวก ก-1 ข้อมูลเกี่ยวกับการสูบบุหรี่ของกลุ่มตัวอย่าง.....	63
ภาคผนวก ก-2 ข้อมูลเกี่ยวกับการรับประทานผลิตภัณฑ์เสริมอาหารของกลุ่มตัวอย่าง...	63
ภาคผนวก ก-3 ข้อมูลเกี่ยวกับประวัติการป่วยของบุคคลในครอบครัว ของกลุ่มตัวอย่าง.....	63
ภาคผนวก ก-4 ข้อมูลเกี่ยวกับประวัติการป่วยของกลุ่มตัวอย่าง.....	64
ภาคผนวก ก-5 ข้อมูลเกี่ยวกับความถี่ (Frequency) ในการออกกำลังกาย ของกลุ่มตัวอย่าง.....	64
ภาคผนวก ก-6 ข้อมูลเกี่ยวกับระยะเวลา (Duration) ในการออกกำลังกาย ของกลุ่มตัวอย่าง.....	64
ภาคผนวก ก-7 ข้อมูลเกี่ยวกับประเภทกีฬาที่กลุ่มตัวอย่างใช้ในการออกกำลังกาย.....	65
ภาคผนวก ก-8 ข้อมูลเกี่ยวกับการดื่มเครื่องดื่มประเภทต่าง ๆ ของกลุ่มตัวอย่าง.....	65
ภาคผนวก ก-9 ข้อมูลเกี่ยวกับการรับประทานอาหารมื้อต่าง ๆ ใน 1 วัน ของกลุ่มตัวอย่าง.....	66
ภาคผนวก ก-10 ข้อมูลเกี่ยวกับความถี่ในการรับประทานอาหารมื้อต่าง ๆ ใน 1 สัปดาห์ของกลุ่มตัวอย่าง.....	66
ภาคผนวก ก-11 ข้อมูลเกี่ยวกับประเภทของนมที่กลุ่มตัวอย่างเลือกบริโภค.....	67
ภาคผนวก ก-12 ข้อมูลเกี่ยวกับความถี่ในการรับประทานอาหารที่เป็นผลิตภัณฑ์ จากสัตว์ของกลุ่มตัวอย่าง.....	68
ภาคผนวก ก-13 ข้อมูลเกี่ยวกับความถี่ในการรับประทานอาหารประเภท คาร์โบไฮเดรตและไขมันของกลุ่มตัวอย่าง.....	69
ภาคผนวก ก-14 ข้อมูลเกี่ยวกับความถี่ในการรับประทานอาหารประเภท ผักและผลไม้ของกลุ่มตัวอย่าง.....	70

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ภาคผนวก ก-15 ข้อมูลเกี่ยวกับชนิดของอาหารที่รับประทานของกลุ่มตัวอย่างที่ออกกำลังกายประจำ จำนวน 20 คน (24 Hour Recall)	71
ภาคผนวก ก-16 ข้อมูลเกี่ยวกับชนิดของอาหารที่รับประทานของกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ได้ออกกำลังกายประจำ จำนวน 18 คน (24 Hour Recall)	74
ภาคผนวก ข-1 ระดับสารต้านอนุมูลอิสระในซีรัมก่อนและหลังการออกกำลังกายในกลุ่มตัวอย่างที่ออกกำลังกายประจำ.....	78
ภาคผนวก ข-2 ระดับสารต้านอนุมูลอิสระในซีรัมก่อนและหลังการออกกำลังกายในกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ได้ออกกำลังกายประจำ.....	79
ภาคผนวก ข-3 ความเข้มข้นของแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในซีรัมก่อนและหลังการออกกำลังกายในกลุ่มตัวอย่างที่ออกกำลังกายประจำ.....	80
ภาคผนวก ข-4 ความเข้มข้นของแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในซีรัมก่อนและหลังการออกกำลังกายในกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ได้ออกกำลังกายประจำ.....	81
ภาคผนวก ข-5 ความเข้มข้นของเบตา-แคโรทีนก่อนและหลังการออกกำลังกายในกลุ่มตัวอย่างที่ออกกำลังกายประจำ.....	82
ภาคผนวก ข-6 ความเข้มข้นของเบตา-แคโรทีนก่อนและหลังการออกกำลังกายในกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ได้ออกกำลังกายประจำ.....	83
ภาคผนวก ข-7 ความเข้มข้นของเบตา-คริปโทแซนทีนก่อนและหลังการออกกำลังกายในกลุ่มตัวอย่างที่ออกกำลังกายประจำ.....	84
ภาคผนวก ข-8 ความเข้มข้นของเบตา-คริปโทแซนทีนก่อนและหลังการออกกำลังกายในกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ได้ออกกำลังกายประจำ.....	85
ภาคผนวก ข-9 ความเข้มข้นของลูทีนก่อนและหลังการออกกำลังกายในกลุ่มตัวอย่างที่ออกกำลังกายประจำ.....	86
ภาคผนวก ข-10 ความเข้มข้นของลูทีนก่อนและหลังการออกกำลังกายในกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ได้ออกกำลังกายประจำ.....	87

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ภาคผนวก ข-11 ความเข้มข้นของไลโคพีนก่อนและหลังการออกกำลังกาย ในกลุ่มตัวอย่างที่ออกกำลังกายประจำ.....	88
ภาคผนวก ข-12 ความเข้มข้นของไลโคพีนก่อนและหลังการออกกำลังกาย ในกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ได้ออกกำลังกายประจำ.....	89
ภาคผนวก ข-13 ความเข้มข้นของวิตามินอี ก่อนและหลังการออกกำลังกาย ในกลุ่มตัวอย่างที่ออกกำลังกายประจำ.....	90
ภาคผนวก ข-14 ความเข้มข้นของวิตามินอี ก่อนและหลังการออกกำลังกาย ในกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ได้ออกกำลังกายประจำ.....	91
ภาคผนวก ข-15 ความเข้มข้นของวิตามินเอ ก่อนและหลังการออกกำลังกาย ในกลุ่มตัวอย่างที่ออกกำลังกายประจำ.....	92
ภาคผนวก ข-16 ความเข้มข้นของวิตามินเอ ก่อนและหลังการออกกำลังกาย ในกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ได้ออกกำลังกายประจำ.....	93
ภาคผนวก ค-1 ค่าการดูดกลืนแสงของ DPPH ที่ทำปฏิกิริยากับวิตามินซี	96
ภาคผนวก ค-2 ความเข้มข้นและพื้นที่ใต้พีคของเบตา-แคโรทีน ที่วิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC.....	98
ภาคผนวก ค-3 ความเข้มข้นและพื้นที่ใต้พีคของ เบตา-คริปโทแซนทีน ที่วิเคราะห์ด้วย HPLC.....	100
ภาคผนวก ค-4 ความเข้มข้นและพื้นที่ใต้พีคของสารมาตรฐานลูทีน.....	101
ภาคผนวก ค-5 ความเข้มข้นและพื้นที่ใต้พีคของไลโคพีนที่วิเคราะห์ด้วย HPLC	103
ภาคผนวก ค-6 ความเข้มข้นและพื้นที่ใต้พีคของวิตามินอีที่วิเคราะห์ด้วย HPLC	106
ภาคผนวก ค-7 ความเข้มข้นและพื้นที่ใต้พีคของวิตามินเอที่วิเคราะห์ด้วย HPLC	108
ภาคผนวก ค-8 ค่าครรหนิมวลกาย.....	110

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2-1	โครงสร้างของ Tocopherol และ Tocotrienol	14
2-2	การเปลี่ยนวิตามินอีในรูปออกซิไดส์กลับสู่วิตามินอีในรูปรีดิวซ์.....	17
2-3	โครงสร้างพื้นฐานของแคโรทีนอยด์.....	17
2-4	โครงสร้างของเบตา-แคโรทีน.....	18
2-5	โครงสร้างของแอลฟา-แคโรทีน.....	19
2-6	โครงสร้างของไลโคพีน.....	19
2-7	โครงสร้างของลูทีนและซีอะแซนทีน.....	20
2-8	โครงสร้างของเบตา-คริปโทแซนทีน.....	21
2-9	โครงสร้างของวิตามินเอ.....	24
2-10	โครงสร้างของวิตามินซี.....	25
4-1	ค่าเฉลี่ยของระดับสารต้านอนุมูลอิสระในซีรัมก่อนและหลัง การออกกำลังกายในกลุ่มตัวอย่างที่ออกกำลังกายประจำ	41
4-2	ค่าเฉลี่ยของระดับสารต้านอนุมูลอิสระในซีรัมก่อนและหลัง การออกกำลังกายในกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ได้ออกกำลังกายประจำ.....	42
4-3	ค่าเฉลี่ยผลต่างของระดับสารต้านอนุมูลอิสระในซีรัม ในกลุ่มตัวอย่างที่ ออกกำลังกายประจำ และกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ได้ออกกำลังกายประจำ.....	41
4-4	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในซีรัมก่อนและหลัง การออกกำลังกายในกลุ่มตัวอย่างที่ออกกำลังกายประจำ.....	42
4-5	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในซีรัมก่อนและหลัง การออกกำลังกายในกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ได้ออกกำลังกายประจำ.....	42
4-6	ค่าเฉลี่ยผลต่างความเข้มข้นของแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในซีรัม ในกลุ่มตัวอย่างที่ ออกกำลังกายประจำ และกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ได้ออกกำลังกายประจำ.....	42
4-7	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของเบตา-แคโรทีนก่อนและหลังการออกกำลังกาย ในกลุ่มตัวอย่างที่ออกกำลังกายประจำ.....	43
4-8	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของเบตา-แคโรทีนก่อนและหลังการออกกำลังกาย ในกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ได้ออกกำลังกายประจำ.....	43

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-9 ค่าเฉลี่ยผลต่างความเข้มข้นของเบตา-แคโรทีน ในกลุ่มตัวอย่างที่ ออกกำลังกายประจำ และกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ได้ออกกำลังกายประจำ.....	43
4-10 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของเบตา-คริปโทแซนทีนก่อนและหลังการออกกำลังกาย ในกลุ่มตัวอย่างที่ออกกำลังกายประจำ	44
4-11 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของเบตา-คริปโทแซนทีนก่อนและหลังการออกกำลังกาย ในกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ได้ออกกำลังกายประจำ	44
4-12 ค่าเฉลี่ยผลต่างความเข้มข้นของเบตา-คริปโทแซนทีน ในกลุ่มตัวอย่างที่ ออกกำลังกายประจำ และกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ได้ออกกำลังกายประจำ.....	44
4-13 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของลูทีนก่อนและหลังการออกกำลังกาย ในกลุ่มตัวอย่างที่ออกกำลังกายประจำ	45
4-14 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของลูทีนก่อนและหลังการออกกำลังกาย ในกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ได้ออกกำลังกายประจำ	45
4-15 ค่าเฉลี่ยผลต่างความเข้มข้นของลูทีน ในกลุ่มตัวอย่างที่ออกกำลังกายประจำ และกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ได้ออกกำลังกายประจำ.....	45
4-16 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของไลโคพีนก่อนและหลังการออกกำลังกาย ในกลุ่มตัวอย่างที่ออกกำลังกายประจำ.....	46
4-17 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของไลโคพีนก่อนและหลังการออกกำลังกาย ในกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ได้ออกกำลังกายประจำ.....	46
4-18 ค่าเฉลี่ยผลต่างความเข้มข้นของไลโคพีน ในกลุ่มตัวอย่างที่ออกกำลังกายประจำ และกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ได้ออกกำลังกายประจำ.....	46
4-19 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของวิตามินอี ก่อนและหลังการออกกำลังกาย ในกลุ่มตัวอย่างที่ออกกำลังกายประจำ.....	47
4-20 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของวิตามินอี ก่อนและหลังการออกกำลังกาย ในกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ได้ออกกำลังกายประจำ.....	47
4-21 ค่าเฉลี่ยผลต่างความเข้มข้นของวิตามินอี ในกลุ่มตัวอย่างที่ออกกำลังกายประจำ และกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ได้ออกกำลังกายประจำ.....	47

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-22 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของวิตามินเอ ก่อนและหลังการออกกำลังกาย ในกลุ่มตัวอย่างที่ออกกำลังกายประจำ.....	48
4-23 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของวิตามินเอ ก่อนและหลังการออกกำลังกาย ในกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ได้ออกกำลังกายประจำ.....	48
4-24 ค่าเฉลี่ยผลต่างความเข้มข้นของวิตามินเอ ในกลุ่มตัวอย่างที่ออกกำลังกายประจำ และกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ได้ออกกำลังกายประจำ.....	48
ภาคผนวก ค-1 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสง และความเข้มข้นของวิตามินซี.....	97
ภาคผนวก ค-2 โครมาโตแกรมของสารมาตรฐานเบตา-แคโรทีน	98
ภาคผนวก ค-3 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใต้พีค และความเข้มข้นของเบตา-แคโรทีน.....	99
ภาคผนวก ค-4 โครมาโตแกรมของเบตา-คริฟโทแซนทีนจากสารสกัดมะละกอ พันธุ์พื้นเมือง	100
ภาคผนวก ค-5 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใต้พีค และความเข้มข้นของเบตา-คริฟโทแซนทีน.....	101
ภาคผนวก ค-6 โครมาโตแกรมของสารมาตรฐานลูทีน.....	102
ภาคผนวก ค-7 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใต้พีค และความเข้มข้นของลูทีน.....	102
ภาคผนวก ค-8 โครมาโตแกรมของไลโคพีนจากสารสกัดมะเขือเทศ.....	104
ภาคผนวก ค-9 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใต้พีค และความเข้มข้นของไลโคพีน.....	104
ภาคผนวก ค-10 โครมาโตแกรมของสารมาตรฐานวิตามินอี.....	106
ภาคผนวก ค-11 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใต้พีค และความเข้มข้นของวิตามินอี	107
ภาคผนวก ค-12 โครมาโตแกรมของสารมาตรฐานวิตามินเอ	109
ภาคผนวก ค-13 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใต้พีค และความเข้มข้นของวิตามินเอ.....	109

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
ภาคผนวก ค-14 โครมาโตแกรมของวิตามินเอ ในซีรัมหลังการออกกำลังกาย	
เมื่อวัดที่ความยาวคลื่น 325 นาโนเมตร.....	110
ภาคผนวก ค-15 โครมาโตแกรมของวิตามินอี ในซีรัมหลังการออกกำลังกาย	
เมื่อวัดที่ความยาวคลื่น 292 นาโนเมตร.....	111
ภาคผนวก ค-16 โครมาโตแกรมของแคโรทีนอยด์ในซีรัมก่อนการออกกำลังกาย	
เมื่อวัดที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร.....	111