ผลของการรับประทานอาหารเสริมที่มีสารต้านอนุมูลอิสระต่อภาวะเครียดออกซิเดชั่น

วาสนา อินทะแสง

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ วิทยาลัยการแพทย์บูรณาการ
มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
พ.ศ. 2564

THE EFFECT OF DIETARY ANTIOXIDANT SUPPLEMENT ON OXIDATIVE STRESS

Wasana Intasang

A Thematic Paper Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Anti-aging and Regenerative Medicine

College of Integrative Medicine, Dhurakij Pundit University

2021

ใบรับรองสารนิพนธ์

วิทยาลัยการแพทย์บูรณาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

หัวข้อสารนิพนธ์ ผลของการรับประทานอาหารเสริมที่มีสารต้านอนุมูลอิสระต่อภาวะเครียดออกซิเดชั่น

เสนอโดย วาสนา อินทะแสง

สาขาวิชา วิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ

กลุ่มวิชา วิทยาศาสตร์ชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ

อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายแพทย์มาศ ไม้ประเสริฐ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดยคณะกรรมการสอบสารนิพนธ์แล้ว

ลงชื่อ .....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายแพทย์พันธ์ศักดิ์ ศุกระฤกษ์)

ลงชื่อ .....กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายแพทย์มาศ ไม้ประเสริฐ)

ลงชื่อ .....กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์(ร่วม)

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เอกราช บำรุงพืชน์)

ลงชื่อ .....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. เภสัชกรศุภโชค มั่งมูล)

ลงชื่อ .....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์.ดร.พยงค์ วณิเกียรติ)

วิทยาลัยการแพทย์บูรณาการ รับรองแล้ว

ลงชื่อ ..... คณบดีวิทยาลัยการแพทย์บูรณาการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นายแพทย์พัฒนา เด็งอำนวย)

วันที่ 9 เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2563

หัวข้อสารนิพนธ์ การศึกษาผลของการรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระต่อภาวะเครียดออกซิเดชั่น
ชื่อผู้เขียน วาสนา อินทะแสง
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายแพทย์มาศ ไม้ประเสริฐ
สาขาวิชา วิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ
ปีการศึกษา 2563

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระของประชากรในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร โดยการเปรียบเทียบภาวะเครียดออกซิเดชั่นทั้งก่อนและหลังการรับประทาน จากอาสาสมัครที่อยู่ในช่วงวัยทำงานจำนวน 20 คน เก็บข้อมูลโดยการตรวจวิเคราะห์เลือด และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์ตัวแปรทวินาม และดัชนีความสอดคล้องของประเด็นกับจุดประสงค์

ผลการวิจัยพบว่า การรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2 สามารถช่วยลดปริมาณอนุมูลอิสระได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ 0.05 และช่วยเพิ่มปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ 0.01 นั่นคือ สามารถช่วยลดภาวะเครียดออกซิเดชั่นได้ โดยการเปลี่ยนแปลงของอนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ ระหว่างก่อนและหลังรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อจำแนกตามกลุ่มปัจจัยด้านอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อภาวะเครียดออกซิเดชั่น

คำสำคัญ: อนุมูลอิสระ สารต้านอนุมูลอิสระ ภาวะเครียดออกซิเดชั่น

Thematic Paper Title	The study of effects of oral anti-oxidant supplementation on oxidative stress
Author	Wasana Intasang
Thematic Paper Advisor	Assistant Professor Dr. Mart Maiprasert
Department	Anti-aging and Regenerative Medicine
Academic Year	2020

ABSTRACT

The purpose of this research aimed to study the effects of antioxidant intake on the population of Bangkok area. By comparing oxidative stress both before and after eating. From 20 working-age volunteers, data was collected by blood analysis. And analyzed the data by Bivariate Analysis and The Index of Item Objective Congruence.

The research results were found that by taking antioxidant M2 formular was able to significantly reduce free radical content at 0.05 level and increase antioxidant content at level 0.01. Showed that it can help reduce oxidative stress. However, the change of free radicals and antioxidants between prior and after taking antioxidant was not shown statistically significant difference when classified by other factors that affect oxidative stress.

Keyword: Free Radicals, Antioxidant, Oxidative Stress

กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลือเป็นอย่างดียิ่งจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายแพทย์มาศ ไม้ประเสริฐ อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ ผู้ให้คำแนะนำวิธีการวิจัยในทุกขั้นตอนมาโดยตลอด

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์และคณะผู้ช่วยการเรียนการสอนทุก ๆ ท่านของสาขาวิชาเวชศาสตร์ชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพสำหรับความรู้ คำแนะนำและความช่วยเหลือตลอดระยะเวลาศึกษาจนกระทั่งสารนิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณนายพีระยุทธ มั่งคั่ง กรรมการผู้จัดการ บริษัท สมาร์ท คลินิก จำกัด สำหรับความร่วมมือ อำนวยความสะดวกด้านสถานที่ เครื่องมือ บุคลากร และอุปกรณ์สนับสนุนการศึกษาวิจัยให้สำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี และขอขอบพระคุณอาสาสมัครทุก ๆ ท่านที่มีความยินดีและเต็มใจเข้าร่วมงานวิจัย รวมถึงได้สละเวลามาเข้าร่วมการศึกษาวิจัย

ท้ายนี้ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า สารนิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาวิจัยในขั้นต่อ ๆ ไป และขอมอบคุณประโยชน์อันเกิดจากสารนิพนธ์ฉบับนี้ให้แด่บิดา มารดา ครอบครัว คณาจารย์และผู้ช่วยการเรียนการสอน อาสาสมัคร และผู้มีพระคุณทุกท่าน ที่ให้การสนับสนุนในการทำสารนิพนธ์ทุก ๆ ท่าน

วาสนา อินทะแสง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ฆ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง
กิตติกรรมประกาศ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ญ
สารบัญภาพ ..... ฎ

บทที่

1. บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3
1.3 สมมติฐานของการวิจัย 3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย 3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย 3
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะในการวิจัย 3
1.7 กรอบแนวคิดในการวิจัย 4

2. แนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5
2.1 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับภาวะเครียดออกซิเดชั่น 5
2.2 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับอนุมูลอิสระ 7
2.3 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับสารต้านอนุมูลอิสระ และกระบวนการต้านอนุมูลอิสระ 11
2.4 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2 21
2.5 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพ 41
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 46

3. ระเบียบวิธีวิจัย 48
3.1 ประชากรและตัวอย่าง 48
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 49
3.3 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล 49
3.4 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลหรือสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 50

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	3.5 ผังงานขั้นตอนการวิจัย	52
	3.6 ประเด็นที่ต้องควบคุมอย่างใกล้ชิดในระหว่างการวิจัย	53
	3.7 เครื่องมือที่ใช้ตรวจวิเคราะห์เลือด	54
	3.8 ขั้นตอนการตรวจเลือดก่อนการรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2	57
	3.9 ขั้นตอนการตรวจติดตามผลการรับประทานฯ ระหว่างการร่วมวิจัย	58
	3.10 ขั้นตอนการตรวจเลือดก่อนการรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2	58
4.	**ผลการวิเคราะห์ข้อมูล**	**60**
	4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของตัวอย่าง	60
	4.2 ผลการตรวจเลือดวิเคราะห์โดยเครื่อง Callegari CR3000 ก่อนและหลังการรับประทาน	62
	4.3 ผลการทดสอบสมมติฐานการวิจัย	67
5.	**สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ**	**71**
	5.1 สรุปผลการวิจัย	71
	5.2 อภิปรายผลการวิจัย	71
	5.3 ข้อเสนอแนะ	72
บรรณานุกรม		**74**
ภาคผนวก		**79**
	ก แบบบันทึกข้อมูลผู้เข้าร่วมวิจัย	80
	ข แบบหนังสือยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย	85
	ค การเก็บตัวอย่างเลือด และขั้นตอนการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Callegari CR3000	96
	ง แบบบันทึกผลการตรวจวิเคราะห์เลือด	98
	จ แบบบันทึกการติดตามผลรายวัน	102
ประวัติผู้เขียน		**105**

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1.1 ตารางแสดงจำนวนผู้ป่วยและผู้เสียชีวิตจากโรคความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน โรคหลอดเลือดหัวใจ และโรคหลอดเลือดสมอง ของคนไทย ปี พ.ศ. 2559 - 2561 2

2.1 ผลข้างเคียง (Adverse Effects) จากสารต้านอนุมูลอิสระที่เป็นประกอบในสูตร M2 37

3.1 การแปลผลและวิเคราะห์ผลการตรวจเลือดของอาสาสมัคร 56

4.1 จำแนกสถานะของอาสาสมัครที่ผ่านและไม่ผ่านเกณฑ์/ ข้อกำหนดของการวิจัย. 60

4.2 ข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้ (ผู้ที่ผ่านเกณฑ์/ ข้อกำหนดของการวิจัย) 61

4.3 ผลการตรวจเลือดวิเคราะห์โดยเครื่อง Callegari CR3000 ก่อนและหลังการรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2 62

4.4 การเปลี่ยนแปลงของค่า REDOX Index เปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2 65

4.5 เปรียบเทียบความเปลี่ยนแปลงของอนุมูลอิสระ (FORT) ของกลุ่มตัวอย่าง ระหว่างก่อนและหลังรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2 67

4.6 เปรียบเทียบความเปลี่ยนแปลงของสารต้านอนุมูลอิสระ (FORD) ของกลุ่มตัวอย่าง ระหว่างก่อนและหลังรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2..... 68

4.7 เปรียบเทียบความเปลี่ยนแปลงของอนุมูลอิสระ (FORT) จำแนกตามปัจจัย/ พฤติกรรมของกลุ่มตัวอย่าง ระหว่างก่อนและหลังรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2 68

4.8 เปรียบเทียบความเปลี่ยนแปลงของสารต้านอนุมูลอิสระ (FORD) จำแนกตามปัจจัย/ พฤติกรรมของกลุ่มตัวอย่าง ระหว่างก่อนและหลังรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2 69

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	กรอบแนวคิดในการวิจัย	4
2.1	ปฏิกิริยาออกซิเดชันของอนุมูล Cysteine	6
2.2	อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในร่างกายเนื่องจากมีมูลเหตุจากออกซิเจน (ROS) โดยจุดสีแดงคือ unpaired electron	8
2.3	สาเหตุที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นในร่างกาย	9
2.4	สาเหตุที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นในร่างกายและความเสียหายที่เกิดขึ้น	10
2.5	การกำจัดสารอนุมูลอิสระภายในร่างกายโดยสารต้านอนุมูลอิสระที่ร่างกายสร้างเองได้	12
2.6	สารต้านอนุมูลอิสระที่สกัดได้จาก Cucumis Melo	14
2.7	วิตามินซี	15
2.8	แอสคอเบส และ วัฏจักรการรีไซเคิลสารต้านอนุมูลอิสระ AA	16
2.9	แอลฟา – โทโคฟีรอล	16
2.10	ตัวอย่างของสารกลุ่มฟลาโวนอยด์	17
2.11	บิวทิลเลท ไฮดรอกซิลลานิโซล	18
2.12	บิวทิลเลท ไฮดรอกซิลทูลูอีน	19
2.13	โครงสร้างทางเคมีของ กรดแกลลิค	19
2.14	โครงสร้างทางเคมีของ EDTA (Sinex, 2007)	20
2.15	โครงสร้างทางเคมีของ EDTA จับกับไอออนของโลหะ	20
2.16	Resveratrol antioxidant potential	22
2.17	Inhibition of LP by resveratrol and its antioxidant mechanisms in carcinogenesis	23
2.18	Astaxanthin improves insulin sensitivity and glucose uptake	24
2.19	Potential of Co-enzyme Q10 in Retinal Diseases	26
2.20	Different plants and their predominant GlcCER species	27
2.21	Main phytosterol content of grape (V. vi ni fera l.) seed oil	28
2.22	Oxidation of b-carotene by a peroxyl radical	30

ภาพที่ **หน้า**

2.23 The antioxidant network showing the interaction among vitamin E, vitamin C and thiol redox cycles 32
2.24 The vitamin A–redox hypothesis applied to carotenoid and retinoid pathways in a cardueline finch (family Fringillidae) with redfeather coloration. 33
2.25 Involvement of zinc as an antioxidant 34
2.26 Oxidation and subsequent repair of free seleno amino acids..... 36
2.27 The homeostasis of reduced (GSH) and oxidized/disulfide (GSSG) glutathione within cells 37
2.28 แสดงปฏิกิริยาของ Antioxidant กับ DPPH 42
2.29 กลไกการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH..... 42
2.30 ปฏิกิริยาออกซิเดชันของลิพิด 43
2.31 กลไกการทดสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน Lipid-peroxidation ด้วยวิธี Ferric-thiocyanate 43
2.32 การเกิดคีเลชันของโลหะ 44
2.33 กลไกการทดสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชันด้วยวิธี Ferrous Metal Chelating 45
2.34 เครื่อง Callegari CR3000..... 45
3.1 การหาค่าปริมาณอนุมูลอิสระ (FORT Test) 54
3.2 การหาค่าปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (FORD Test) 55
3.3 การแปลผลของค่า Redox Index..... 55
4.1 เปรียบเทียบค่า FORT ระหว่างก่อนและหลังรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระสูตร M2..... 64
4.2 เปรียบเทียบค่า FORD ระหว่างก่อนและหลังรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระสูตร M2..... 64

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ภาวะเครียดออกซิเดชั่น (Oxidative Stress) คือ ภาวะความไม่สมดุลระหว่างอนุมูลอิสระ (Free Radicals) และกระบวนการต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant Defenses) ที่เกิดในเซลล์หรือร่างกาย กระบวนการต้านอนุมูลอิสระนี้มีทั้งโดยเอนไซม์และสารต้านอนุมูลอิสระ โดยอนุมูลอิสระและสารเกี่ยวข้องที่เป็นผลิตผลของอนุมูลอิสระจะมีความไวในการเกิดปฏิกิริยาและมีปริมาณที่สูงมากเกินกว่ากระบวนการต้านอนุมูลอิสระโดยปกติของร่างการจะสามารถต้านทานไว้ได้ (Betteridge, 2000 ; Tiahou et al., 2004)

ภาวะเครียดออกซิเดชั่นส่งผลให้เกิดการทำลายออกซิเดชั่น (Oxidative Damage) ต่อดีเอ็นเอ โปรตีน ไขมันและโมเลกุลขนาดต่าง ๆ อันเป็นเหตุให้เกิดโรคต่าง ๆ ของมนุษย์ ทั้งนี้ โรคบางโรคมีสาเหตุหลักมาจากการที่ดีเอ็นเอ โปรตีน และไขมันถูกทำลายด้วยกระบวนการออกซิเดชั่น ในขณะที่บางโรคนั้นภาวะเครียดออกซิเดชั่นไม่ได้เป็นสาเหตุเบื้องต้น แต่เป็นผลสืบเนื่องจากกระบวนการของโรคที่ส่งผลให้เกิดการทำลายเนื้อเยื่อ อาทิ การติดเชื้อ (Infection) การบาดเจ็บ (Trauma) หรือการได้รับสารพิษ (Toxins) ซึ่งเป็นต้นเหตุของการสร้าง และสะสมอนุมูลอิสระที่ก่อให้เกิดพยาธิสภาพของโรคภาวะไม่สมดุลของปฏิกิริยารีดอกซ์ในร่างกายมีผลรบกวนการแสดงออกของยีนและภาวะของโรคต่าง ๆ อาทิ โรคระบบหัวใจและหลอดเลือด (Cardiovascular Diseases) โรคมะเร็ง (Cancer) โรคเบาหวาน (Diabetes) โรคระบบประสาท (Neurological Diseases) โรคระบบภูมิคุ้มกัน (Immune Diseases) โรคตา (Eye Diseases) และภาวะชราภาพ (Aging Process) (Willcox et al., 2004)

ทั้งนี้ ในภาวะปัจจุบันพบว่า คนไทยกำลังประสบกับปัญหาภาวะของโรคต่าง ๆ ที่มีสาเหตุจากภาวะเครียดออกซิเดชั่นทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยเฉพาะโรคที่ไม่ติดต่อเรื้อรัง (Non-Communicable Diseases: NCDs) อาทิ โรคมะเร็ง โรคความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน โรคหลอดเลือดหัวใจ และโรคหลอดเลือดสมอง เป็นต้น เป็นสาเหตุการตายอันดับหนึ่งของคนไทย โดยมีคนไทยป่วยเป็นโรค NCDs มากถึง 14 ล้านคน เสียชีวิตปีละกว่า 300,000 คน และคาดว่ามีแนวโน้มที่จะเพิ่มมากขึ้นในทุก ๆ ปี ซึ่งส่วนใหญ่เสียชีวิตก่อนอายุ 70 ปี สะท้อนภาพการสูญเสียจากการตาย

ก่อนวัยอันควร ซึ่งเมื่อคิดเป็นมูลค่าทางเศรษฐกิจรวมที่เสียไปแล้ว นับว่าสูงมากถึงประมาณร้อยละ 40 ของมูลค่างบประมาณภาครัฐของประเทศไทยทั้งหมด โดยมีจำนวนผู้ป่วยและจำนวนผู้เสียชีวิตจาก 4 อันดับแรก (ไม่รวมโรคมะเร็ง) ดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 ตารางแสดงจำนวนผู้ป่วยและผู้เสียชีวิตจากโรคความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน โรคหลอดเลือดหัวใจ และโรคหลอดเลือดสมอง ของคนไทย ปี พ.ศ. 2559 - 2561

	พ.ศ. 2559	**พ.ศ. 2560**	**พ.ศ. 2561**
จำนวนผู้ป่วย (ราย)	2,767,475	2,872,339	3,078,186
จำนวนผู้เสียชีวิต (ราย)	75,110	74,765	74,518

ที่มา: ฐานข้อมูลผู้ป่วยในรายบุคคล หลักประกันสุขภาพถ้วนหน้า และสวัสดิการรักษาพยาบาลข้าราชการและครอบครัว กระทรวงสาธารณสุข

จากตารางที่ 1.1 พบว่าคนไทยมีแนวโน้มป่วยด้วยโรคความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน โรคหลอดเลือดหัวใจ และโรคหลอดเลือดสมอง สูงขึ้น โดยมีสาเหตุหลักเนื่องจากพฤติกรรมการใช้ชีวิตและสภาพแวดล้อมที่เอื้อให้เกิดภาวะเครียดออกซิเดชั่นมากขึ้นกว่าในอดีต ในขณะที่จำนวนการเสียชีวิตมีแนวโน้มลดลง อาจจะเนื่องมาจากเทคโนโลยีและความก้าวหน้าทางการแพทย์ทั้งการตรวจและรักษาโรคเหล่านี้ รวมทั้งประชาชนมีความรู้ ความเข้าใจ และตระหนักถึงความสำคัญของการดูแลสุขภาพของตนเองให้แข็งแรงสมวัยและห่างไกลโรค ทัศนคติของการมีคุณภาพชีวิตที่ดีด้วยตนเอง การปรับเปลี่ยนพฤติกรรม การใส่ใจดูแลสุขภาพอย่างมีประสิทธิภาพ และที่สำคัญคือการยอมรับและเข้าใจว่าการมีสุขภาพที่ดีคือความร่วมมือของทุกฝ่ายไม่ใช่ภาระหรือหน้าที่ของแพทย์หรือบุคลากรทางการแพทย์เพียงฝ่ายเดียว (มาศ ไม้ประเสริฐ, 2562)

ทั้งนี้ การรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ (Anti-oxidant) เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้ในการเสริมประสิทธิภาพของกระบวนการต้านอนุมูลอิสระของร่างกายตามหลักเวชศาสตร์ชะลอวัย (Anti-aging) ที่ได้รับความนิยมอย่างมากในปัจจุบันสำหรับการดูแลสุขภาพของคนไทย จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาเรื่อง ประสิทธิผลของการรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระต่อภาวะเครียดออกซิเดชั่น เพื่อที่จะสามารถนำข้อมูลจากการวิจัยดังกล่าวมาเป็นข้อมูลในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารเสริมได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม เพื่อส่งเสริมสุขภาพที่ดีสมวัยและห่างไกลโรค

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลของการรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระต่อภาวะเครียดออกซิเดชั่น

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

การรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระสามารถช่วยลดภาวะเครียดออกซิเดชั่น

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาผลของการรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระของประชากรในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร โดยการเปรียบเทียบภาวะเครียดออกซิเดชั่นทั้งก่อนและหลังการรับประทานจากอาสาสมัครจำนวน 30 คน ใช้ระยะเวลาในการศึกษา เป็นเวลาหนึ่งเดือน (รับประทานติดต่อกันเป็นระยะเวลา 14 วัน) ซึ่งการวัดผลจะใช้การตรวจเลือดวิเคราะห์โดยเครื่อง Callegari CR3000 คนละ 2 ครั้ง ทั้งก่อนและหลังการรับประทาน รวมถึงมีการสอบถามผลข้างเคียงต่าง ๆ ระหว่างการรับประทาน

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ทราบประสิทธิผลของการรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระต่อภาวะเครียดออกซิเดชั่น
2) เป็นทางเลือกของผู้ที่ต้องการดูแลสุขภาพและลดภาวะเครียดออกซิเดชั่น
3) เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการกำหนดกลยุทธ์ทางการตลาดและการศึกษาวิจัยอื่น ๆ ต่อในอนาคต

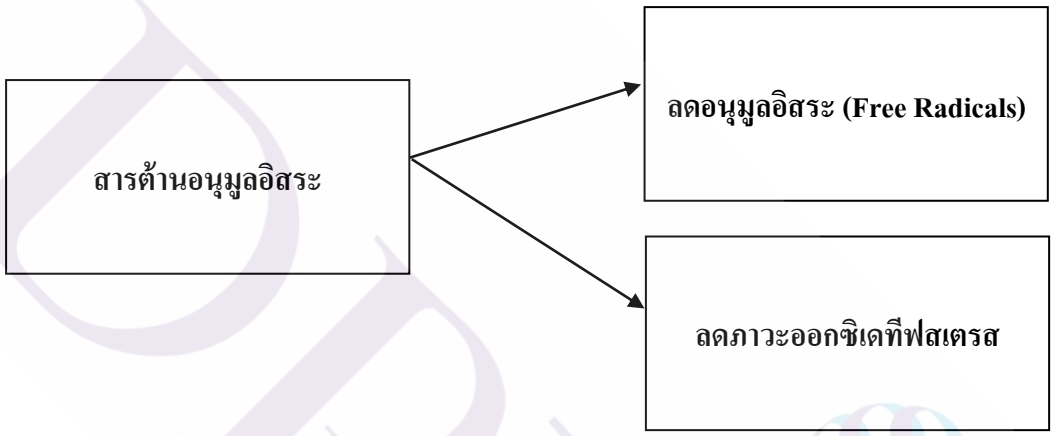
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

ภาวะเครียดออกซิเดชั่น (Oxidative Stress) หมายถึง ภาวะความไม่สมดุลระหว่างอนุมูลอิสระ (Free Radicals) และกระบวนการต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant Defenses) ที่เกิดในเซลล์หรือร่างกาย กระบวนการต้านอนุมูลอิสระนี้มีทั้งโดยเอนไซม์และสารต้านอนุมูลอิสระ โดยอนุมูลอิสระและสารเกี่ยวข้องที่เป็นผลิตผลของอนุมูลอิสระจะมีความไวในการเกิดปฏิกิริยาและมีปริมาณที่สูงมากเกินกว่ากระบวนการต้านอนุมูลอิสระโดยปกติของร่างการจะสามารถต้านทานไว้ได้

กระบวนการต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant Defenses) หมายถึง กลไกของร่างกายเพื่อควบคุมปริมาณอนุมูลอิสระไม่ให้สูงจนเกินขีดอันตราย โดยทำหน้าที่ลดผลกระทบที่เป็นอันตรายของอนุมูลอิสระต่อเซลล์ต่าง ๆ ในร่างกาย

สารต้านอนุมูลอิสระ (Anti-oxidant) หมายถึง สารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2 ที่ประกอบไปด้วยสารออกฤทธิ์สำคัญจำนวนทั้งสิ้น 15 ชนิด ได้แก่ Resveratol (Grape Skin Extract), Astaxanthin, Co-Enzyme Q10, Super Oxide Distumases (SOD), Oryza Rice Ceramide, Grape Seed Extract (GSE), Beta Carotene, Alpha Lipoic Acid (ALA), Vitamin C, Vitamin E, Vitamin A, Zinc Amino Acid Chelate, Copper Amino Acid Chelate, Selenium Amino Acid Chelate และ L-Glutathione

1.7 กรอบแนวคิดในการวิจัย



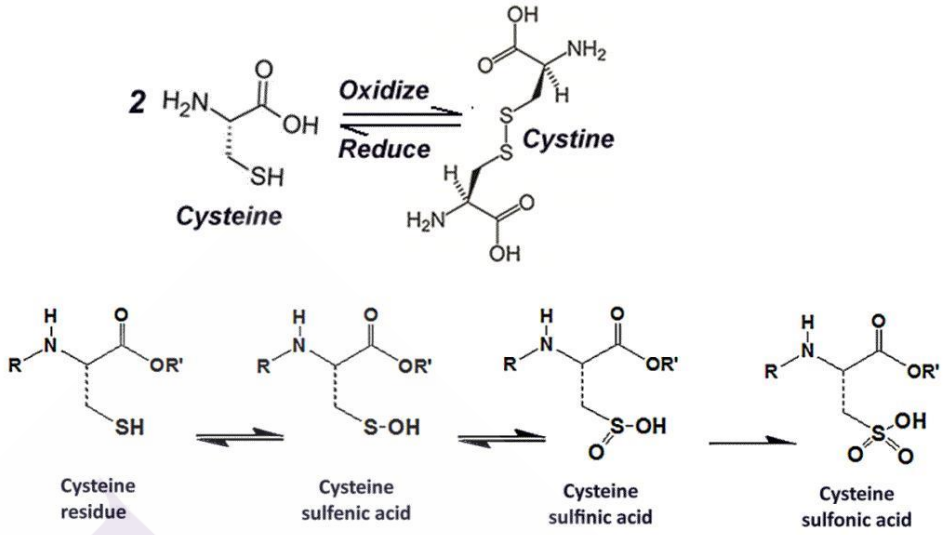
ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ภาวะเครียดออกซิเดชั่น (Oxidative Stress)

การดำรงชีวิตของพืชและสัตว์ทั้งหลายต้องการใช้พลังงานเพื่อประกอบกิจกรรมต่าง ๆ ในการอยู่รอดและสืบพันธุ์ สิ่งมีชีวิตเหล่านี้เผาผลาญอาหารเพื่อการสร้างพลังงานโดยใช้โมเลกุลออกซิเจนเป็นตัวรับอิเล็กตรอนขั้นสุดท้าย มีปฏิกิริยาขนส่งอิเล็กตรอนที่มีพลังงานไปตามห่วงโซ่หายใจในไมโทคอนเดรีย (Mitochondria) ก่อให้เกิดเป็นพลังงานศักย์ที่ใช้ในการสังเคราะห์ ATP ในขั้นสุดท้ายอิเล็กตรอนจะส่งไปรีดิวซ์โมเลกุลออกซิเจนและกลายเป็นน้ำ ซึ่งมีคุณสมบัติเฉื่อยไม่ก่อปฏิกิริยาต่อไป ทั้งนี้ ปฏิกิริยารีดักชันของออกซิเจนในไมโทคอนเดรีย นั้นก่อให้เกิดอนุมูลอิสระ (Free Radicals) และอนุมูลว่องไวปฏิกิริยาออกซิเจน (Reactive Oxygen Species: ROS) โดยไม่ตั้งใจ ดังนั้น สิ่งมีชีวิตจึงต้องมีระบบต้านออกซิเดชันที่ทำงานเพื่อป้องกันการบาดเจ็บของชีวโมเลกุลของเซลล์และเนื้อเยื่อ โดยการทำลายอนุมูลว่องไวปฏิกิริยาที่เป็นพิษ แก้ไขชีวโมเลกุลที่บาดเจ็บให้กลับคืนสภาพ

แต่อย่างไรก็ตามอนุมูลว่องไวปฏิกิริยาที่สร้างขึ้นบางชนิดอาจมีประโยชน์และจำเป็นต่อร่างกาย เช่น สารอนุมูลที่มีฤทธิ์สูง Hypochlorous Acid (HClO) ใน Polymorphonuclear Cell (PMN) ทำลายเชื้อจุลชีพที่แปลกปลอมบุกรุกทำหน้าที่ป้องกันตัว นอกจากนี้ ROS ยังทำหน้าที่ควบคุมสถานะภาพออกซิเดชัน-รีดักชัน (Redox) ของโปรตีนและเอนไซม์ โดยมักเป็นการแลกเปลี่ยนระหว่างหมู่ Sulfhydryl (-SH)$_2$ กับ Disulfide (-S-S-) ของโปรตีนหรือเอนไซม์ หรืออนุมูล Cysteine ถูกออกซิไดซ์ไปอยู่ในสถานะภาพต่าง ๆ เช่น อนุพันธุ์ของ Sulfenic Acid และ Sulfinic Acid หรือในรูปไม่หวนคืนคือ Sulfonic acid โปรตีนที่มีสถานะภาพของ Redox ที่แตกต่างกันจะมีการทำงานที่แตกต่างกัน การเปลี่ยนแปลงสถานะภาพ Redox ของเอนไซม์หรือโปรตีนจึงเป็นการควบคุมการทำงานของโมเลกุลแบบหนึ่ง ดังนั้น ระบบต้านออกซิเดชันจึงไม่ได้ทำการกำจัดสารก่อออกซิแดนซ์ออกไป แต่เป็นการควบคุมให้ระดับสารก่อออกซิแดนซ์อยู่ในระดับที่พอเหมาะเพื่อควบคุมการทำงานของเอนไซม์หรือโปรตีนนั้น ๆ (Kukongviriyapan, 2014) ตามกระบวนการที่แสดงในภาพที่ 2.1

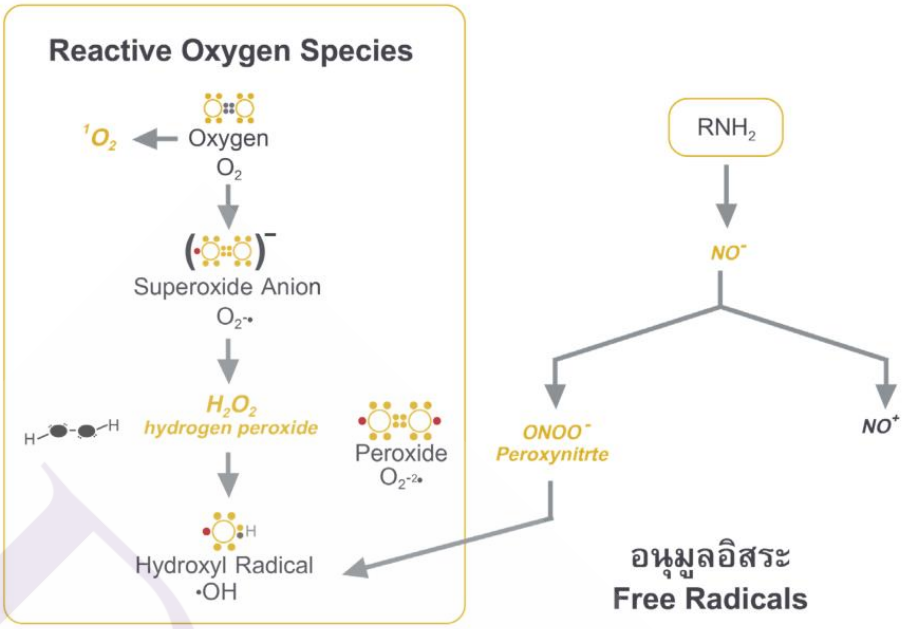


ภาพที่ 2.1 ปฏิกิริยาออกซิเดชันของอนุมูล Cysteine
ที่มา: Srinagarind Med J 2014 ; 29 (1)

ทั้งนี้ เมื่อเกิดภาวะความไม่สมดุลระหว่างอนุมูลอิสระ (Free Radicals) และกระบวนการต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant Defenses) ที่เกิดในเซลล์หรือร่างกาย กระบวนการต้านอนุมูลอิสระนี้มีทั้งโดยเอนไซม์และสารต้านอนุมูลอิสระ โดยอนุมูลอิสระและสารเกี่ยวข้องที่เป็นผลิตผลของอนุมูลอิสระจะมีความไวในการเกิดปฏิกิริยาและมีปริมาณที่สูงมากเกินกว่ากระบวนการต้านอนุมูลอิสระโดยปกติของร่างการจะสามารถต้านทานไว้ได้ ซึ่งภาวะนี้เรียกว่า “ภาวะเครียดออกซิเดชั่น (Oxidative Stress)” (Betteridge, 2000 ; Tiahou et al., 2004) โดยภาวะเครียดออกซิเดชั่นส่งผลให้เกิดการทำลายออกซิเดชั่น (Oxidative Damage) ต่อดีเอ็นเอ โปรตีน ไขมันและโมเลกุลขนาดต่าง ๆ อันเป็นเหตุให้เกิดโรคต่าง ๆ ของมนุษย์ ทั้งนี้ โรคบางโรคมีสาเหตุหลักมาจากการที่ดีเอ็นเอ โปรตีน และไขมันถูกทำลายด้วยกระบวนการออกซิเดชั่น ในขณะที่บางโรคนั้นภาวะเครียดออกซิเดชั่นไม่ได้เป็นสาเหตุเบื้องต้น แต่เป็นผลสืบเนื่องจากกระบวนการของโรคที่ส่งผลให้เกิดการทำลายเนื้อเยื่อ อาทิ การติดเชื้อ (Infection) การบาดเจ็บ (Trauma) หรือการได้รับสารพิษ (Toxins) ซึ่งเป็นต้นเหตุของการสร้าง และสะสมอนุมูลอิสระที่ก่อให้เกิดพยาธิสภาพของโรคภาวะไม่สมดุลของปฏิกิริยารีดอกซ์ในร่างกายมีผลรบกวนการแสดงออกของยีนและภาวะของโรคต่าง ๆ อาทิ โรคระบบหัวใจและหลอดเลือด (Cardiovascular Diseases) โรคมะเร็ง (Cancer) โรคเบาหวาน (Diabetes) โรคระบบประสาท (Neurological Diseases) โรคระบบภูมิคุ้มกัน (Immune Diseases) โรคตา (Eye Diseases) และภาวะชราภาพ (Aging Process) (Willcox et al., 2004)

2.2 อนุมูลอิสระ (Free Radicals)

อนุมูลอิสระ (Free Radicals) คือ อะตอม โมเลกุล หรือสารประกอบที่มีอิเล็กตรอนเดี่ยวอยู่ในออร์บิทัลวงนอกสุดที่มีระดับพลังงานสูง อนุมูลอิสระมีทั้งที่อยู่ในสภาวะที่เป็นกลางทางไฟฟ้า และอนุมูลในสภาวะที่มีประจุไฟฟ้า โดยมีทั้งประจุบวกและประจุลบ โดยเฉพาะอนุมูลที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำจะไวต่อการเกิดปฏิกิริยามากกว่าอนุมูลที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง เนื่องจากอิเล็กตรอนเดี่ยวจะไม่เสถียร (ปกติอะตอมของธาตุใด ๆ จะต้องพยายามจับคู่กับอะตอมอื่น เพื่อทำให้มีอิเล็กตรอนวงนอกครบ 2 หรือ 8 ตัว) เมื่อขาดความสมดุลภายในโครงสร้างโมเลกุล ก็จะเกิดกระบวนการหาโมเลกุลข้างเคียงมาทดแทน (มาศ ไม้ประเสริฐ, 2562) ดังนั้น อนุมูลอิสระจึงมีคุณสมบัติเฉพาะ คือ มีความไวสูงต่อการเกิดปฏิกิริยากับโมเลกุลอื่น ๆ อย่างไรก็ตามยังคงมีอนุมูลอิสระบางชนิดที่มีความเสถียร ไม่ไวในการเกิดปฏิกิริยาและสามารถคงอยู่ในสภาพอนุมูลได้นาน อนุมูลอิสระที่มีความเสถียรมีจำนวนน้อยชนิดมาก ตัวอย่างของอนุมูลอิสระที่มีความสำคัญทางชีวภาพ ได้แก่ อนุมูลซูเปอร์ออกไซด์แอนอิออน ($O^{\cdot-}$) อนุมูลไฮดรอกซี ($^{\cdot}OH$) อนุมูลอัลคอกซี ($RO^{\cdot}$) และอนุมูลเปอร์ไฮดรอกซี ($HO_2^{\cdot}$) อนุมูลอิสระเหล่านี้จัดเป็นอนุมูลที่ไวในการเกิดปฏิกิริยาสูงมาก และขณะที่ไนตริกออกไซด์ (NO) หรืออนุมูลไนตริกออกไซด์ ($^{\cdot}NO$) อนุมูลวิตามินอี และอนุมูลวิตามินซี เป็นอนุมูลอิสระที่มีความไวสูงรองลงมา โดยที่พบค่อนข้างมากคืออนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในร่างกายเนื่องจากมีมูลเหตุจากออกซิเจน จึงมีชื่อเรียกเป็นภาษาอังกฤษว่า Reactive Oxygen Species (ROS) อนุมูลอิสระที่สำคัญ ได้แก่ ซูเปอร์ออกไซด์แอนอิออน ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ และไฮดรอกซิลแรดดิเคิล ดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในร่างกายเนื่องจากมีมูลเหตุจากออกซิเจน (ROS) โดยจุดสีแดงคือ unpaired electron

ที่มา : มาศ ไม้ประเสริฐ, 2562

2.2.1 กระบวนการสร้างอนุมูลอิสระภายในร่างกาย

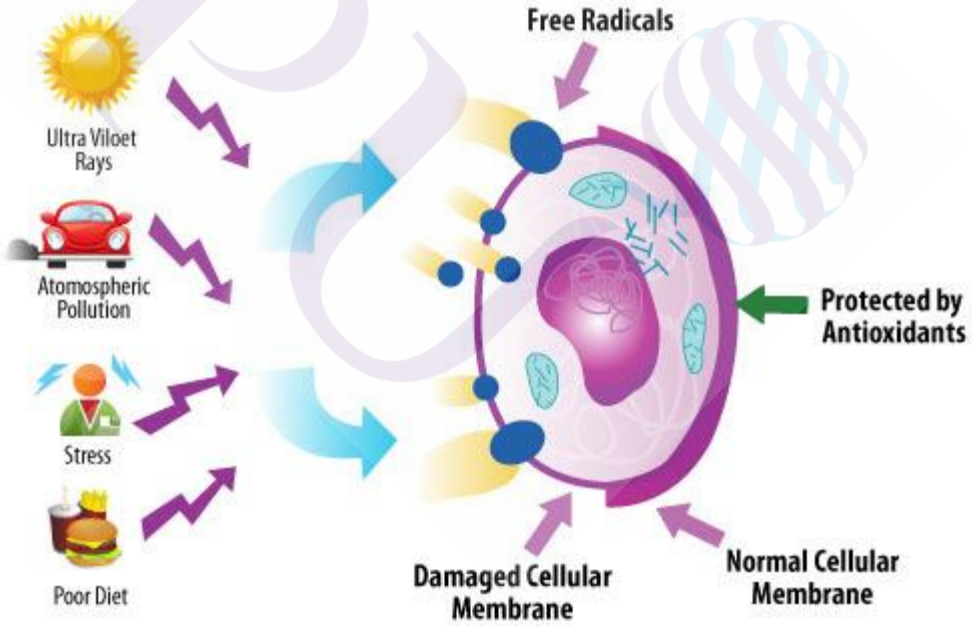
อนุมูลอิสระเป็นกระบวนการปกติที่เกิดขึ้นในร่างกาย รวมถึงการได้รับสารกระตุ้นจากภายนอก เช่น แสงแดด มลภาวะ อาหาร เป็นต้น โดยจะเข้ามากระตุ้นภายในร่างกายให้เกิดการสร้างอนุมูลอิสระ โดยจะกล่าวถึงภาวะที่เกิดขึ้นภายในร่างกายเท่านั้น

2.2.1.1 อนุมูลอิสระที่เกิดจากกระบวนการหายใจและกระบวนการสร้างพลังงานภายในร่างกาย โดยไมโตรคอนเดรียเป็นแหล่งที่สร้างพลังงานและเกี่ยวข้องกับกระบวนการหายใจ ซึ่งอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นคืออนุมูลซูเปอร์ออกไซด์แอนอิออน อนุมูลไฮดรอกซี และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) เมื่อสร้างพลังงานให้กับร่างกายโดยออกซิเดทีฟฟอสโฟรีเลชัน (Oxidative Phosphorylation) พบว่าออกซิเจนทั้งหมดที่ใช้สร้างพลังงานจะมีการรีดิวซ์ไม่สมบูรณ์ประมาณ 2-10% ได้เป็นอนุมูลซูเปอร์ออกไซด์แอนอิออน ซึ่งจะนำไปสู่อนุมูลอิสระตัวอื่น คือ อนุมูลไฮดรอกซีและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ โดยที่อนุมูลไฮดรอกซีที่เกิดจากอนุมูลซูเปอร์ออกไซด์แอนอิออน ในสภาวะที่มี Fe^{2+} เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ยังทำให้เกิดอนุมูลไฮดรอกซีจากไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ โดยปฏิกิริยาเฟนตัน (Fenton) ($Fe^{2+} + H_2O_2 \rightarrow Fe^{3+} + HO^{\bullet} + OH^-$) นอกจากปฏิกิริยาเฟนตันแล้วยังทำให้เกิดอนุมูลไฮดรอกซี โดยปฏิกิริยาฮาเบอร์ไวส์ (Haberweiss) จากไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

($Fe^{2+} + O_2^{\cdot-} + H_2O_2 \rightarrow Fe^{3+} + O_2 + HO^{\cdot} + OH^-$) อนุมูลอิสระที่หลุดออกมาจากโมเลกุลอื่นเพื่อทำให้ตัวเองเสถียรขึ้น ซึ่งทำให้มีอนุมูลอิสระตัวใหม่เกิดขึ้น เป็นจุดเริ่มต้นของปฏิกิริยาลูกโซ่เพื่อสร้างอนุมูลอิสระ หากไม่มีการยับยั้งให้มีการสร้างลดลงของอนุมูลตัวใหม่ จะทำให้เกิดปฏิกิริยา เช่น ลิพิดเปอร์ออกซิเดชัน (Lipid Peroxidation) ซึ่งเป็นการสร้างอนุมูลอิสระภายในเยื่อหุ้มเซลล์

2.2.1.2 อนุมูลอิสระที่สร้างขึ้นในระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย เมื่อเซลล์ในร่างกายของเราพบว่ามีแบคทีเรียเข้าสู่ร่างกายจะมีการสร้างอนุมูลอิสระมาทำลายแบคทีเรียนั้น ๆ ซึ่งระบบภูมิคุ้มกันในร่างกายจะควบคุมการสร้างอนุมูลอิสระ แต่ถ้าเมื่อใดที่ระบบภูมิคุ้มกันไม่สามารถควบคุมการสร้างได้ จะทำให้เกิดโทษต่อร่างกายโดยอนุมูลอิสระที่มีการสร้างขึ้นมากมายจะไปทำลายเซลล์ร่างกาย เช่น การเป็นโรคออโต้อิมมูน (Autoimmune Diseases)

2.2.1.3 อนุมูลอิสระเป็นผลผลิตที่มาจากการทำงานของเอนไซม์หรือปฏิกิริยาเคมีในร่างกาย โดยอนุมูลอิสระจะถูกสร้างจากกระบวนการย่อยสลายของอะดีนาลีน (Adrenaline) กระบวนการเมแทบอริซึมของไขมัน (Lipid Metabolism) และ เหล็ก (Iron Metabolism) (โอภา วัชระคุปต์ และคณะ, 2550)

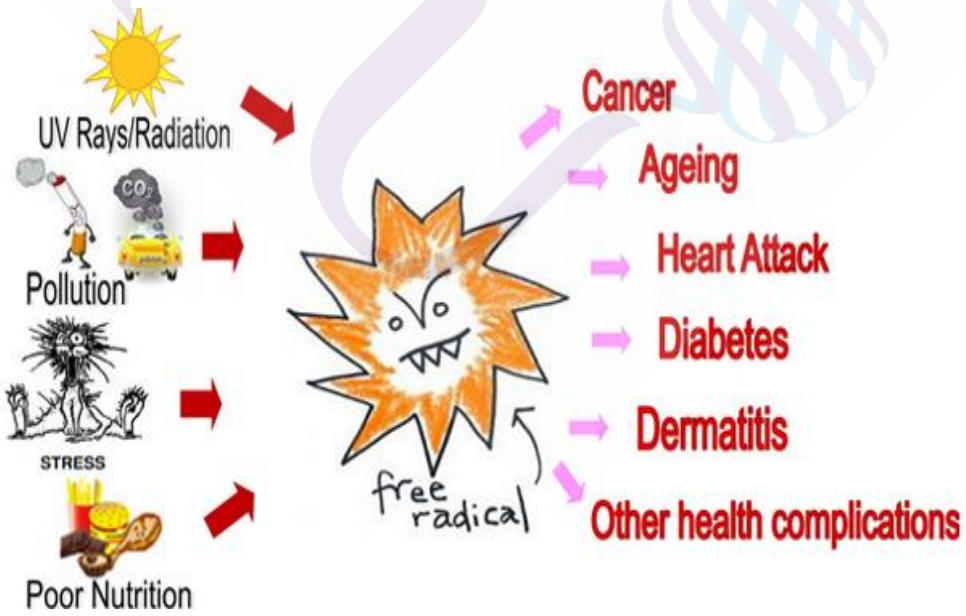


ภาพที่ 2.3 สาเหตุที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นในร่างกาย

ที่มา : https://www.scimath.org/article-biology/item/6903-2017-05-14-06-44-33

2.2.2 ความเสียหายที่เกิดจากอนุมูลอิสระ

อนุมูลอิสระมีบทบาทสำคัญในกระบวนการเกิดโรค ทั้งเป็นต้นเหตุของการเกิดโรค และเป็นปัจจัยทำให้โรคมีพัฒนาการอย่างรวดเร็วและมีความรุนแรงยิ่งขึ้น โดยเฉพาะโรคที่เกี่ยวกับความเสื่อมและความบกพร่องของเซลล์ประสาท และระบบสื่อประสาทในสมอง และสภาวะขาดเลือดของอวัยวะที่สำคัญต่อการดำรงชีวิต คือ หัวใจ และสมอง นอกจากนี้อนุมูลอิสระยังเกี่ยวข้องกับกระบวนการอักเสบ อนุมูลอิสระมีความไวสูงไม่คงตัวเนื่องจากมีอิเล็กตรอนเดี่ยวไร้คู่ ดังนั้นจึงพยายามหาอิเล็กตรอนมาจับคู่ทำให้มีความคงตัวขึ้น เป้าหมายแรกที่อนุมูลอิสระทำให้เกิดความเสียหายและเป็นสาเหตุของการเกิดโรค คือ ชีวโมเลกุลที่สำคัญในร่างกายที่ไวต่อการถูกออกซิไดส์ ได้แก่ ลิพิดที่เป็นองค์ประกอบของเมมเบรน โปรตีนที่เป็นองค์ประกอบของเอนไซม์ รีเซพเตอร์ และสารสื่อประสาท และ ดีเอ็นเอ เช่น การก่อเปอร์ออกซิเดชันของลิปิด (Lipid Peroxidation) นำไปสู่การทำลายลิปิดในเซลล์เมมเบรนอย่างต่อเนื่อง ทำให้เซลล์เมมเบรนถูกทำลาย เกิดรั่วของอิออนและเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ระหว่างในเซลล์ออกนอกเซลล์ ในขณะที่การออกซิไดซ์ DNA ทำให้เกิดกลายพันธุ์ของพันธุกรรม มีผลให้ไม่สามารถสร้าง RNA, DNA หรือทำการแบ่งเซลล์ ทำให้เซลล์ตาย หรือทำให้การแสดงออกของยีนไม่ถูกต้อง ทำให้เซลล์หรือเนื้อเยื่อมีลักษณะแสดงออก (Phenotype) ไม่เหมาะสม เกิดเป็นพันธุ์กลาย และกลายเป็นมะเร็งได้ (อรชร บุญลา และคณะ, 2557)



ภาพที่ 2.4 สาเหตุที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นในร่างกายและความเสียหายที่เกิดขึ้น

ที่มา : https://manishakoirala.me/tag/antioxidant/

จากงานวิจัยในอดีตพบว่าการสร้างสารอนุมูลอิสระและการตอบสนองของเซลล์ภูมิคุ้มกัน เป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการอักเสบอย่างต่อเนื่องในโรคเรื้อรังต่าง ๆ เช่น ไขข้ออักเสบ ตับอักเสบ การเกิดเซลล์มะเร็ง เป็นต้น ทั้งนี้ การตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันเป็นผลมาจากเซลล์ภูมิคุ้มกันถูกกระตุ้นร่วมกับการสร้างสารไซโตไคน์ (cytokines) และอนุมูลอสระ (free radicals) โดยระบบภมิคุ้มกันสามารถแบ่งได้ 2 แบบ คือ ภูมิคุ้มกันแต่กำเนิด (innate immunity) และภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะ (adaptive/specific immunity) เมื่อเซลล์ได้รับบาดเจ็บหรือมีสิ่งแปลกปลอมเข้ามารบกวน จะเกิดการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันทันทีและเริ่มกระบวนการอักเสบ ซึ่งเป็นการทำงานร่วมกันของภูมิคุ้มกันแต่กำเนิดและภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะ โดยเราสามารถลดการอักเสบของเซลล์ เพื่อลดความเสี่ยงในการเกิดโรคต่าง ๆ ได้ด้วยการเพิ่มสารต้านอนุมูลอิสระในร่างการเพื่อสร้างภาวะสมดุลระหว่างอนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ (สรินยา คำปัญญา และสกลวรรณ ประพฤติบัติ, 2014)

2.3 สารต้านอนุมูลอิสระ และกระบวนการต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant and Antioxidant Defenses)

โดยธรรมชาติแล้วจะมีอนุมูลอิสระเกิดขึ้นในเซลล์และร่างกายหลายชนิด มีทั้งที่เป็นประโยชน์และให้โทษประกอบด้วย เซลล์และร่างกายจะเป็นอันตรายและเสียหายหากมีอนุมูลอิสระจำนวนมากเกินสมดุล ดังนั้น เซลล์ร่างกายจึงมีกลไกเพื่อควบคุมปริมาณอนุมูลอิสระไม่ให้สูงจนเกินขีดอันตราย กลไกสำคัญที่ทำหน้าที่ควบคุมปริมาณอนุมูลอิสระมีกลไกอิสระอยู่ 3 กลไก โดยทำหน้าที่ลดผลกระทบที่เป็นอันตรายของอนุมูลอิสระต่อเซลล์ต่าง ๆ ของร่างกาย ในภาวะปกติกลไกเหล่านี้ถือว่าเพียงพอต่อการรักษาปริมาณอนุมูลอิสระให้อยู่ในสมดุลได้กลไกที่สำคัญที่ทำหน้าที่ควบคุมปริมาณอนุมูลอิสระให้อยู่ในสมดุล ได้แก่

2.3.1 เอนไซม์ต้านออกซิเดชัน (antioxidant enzymer)

2.3.1.1 เอนไซม์ซุปเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเตส (Superoxide dismutase, SOD) เอนไซม์ SOD จะทำหน้าที่ขจัดอนุมูลอิสระเริ่มต้นที่เกิดขึ้นในร่างกาย คืออนุมูลซุปเปอร์ออกไซด์แอนอิออนโดนแรงปฏิกิริยาดิสมิวเตสในการเปลี่ยนอนุมูล ซุปเปอร์ออกไซด์ ($O_2^{-\bullet}$) ให้เป็นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

$$2O_2^{-\bullet} + 2H^+ \xrightarrow{SOD} H_2O_2 + O_2$$

2.3.1.2 เอนไซม์คาตาเลส (Catalase, CAT) เอนไซม์คาตาเลสเป็นเอนไซม์ซึ่งอยู่ในเปอร์ออกซิโซม มีฮีม คือ ferriprotoporphyrin เป็นองค์ประกอบ โครงสร้างเอนไซม์คาตาเลสประกอบด้วยหน่วยย่อยของโปรตีนอีก 4 หน่วยย่อยที่เหมือนกัน เอนไซม์คาตาเลสทำหน้าที่เปลี่ยนไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ไปเป็นโมเลกุลของน้ำและออกซิเจน

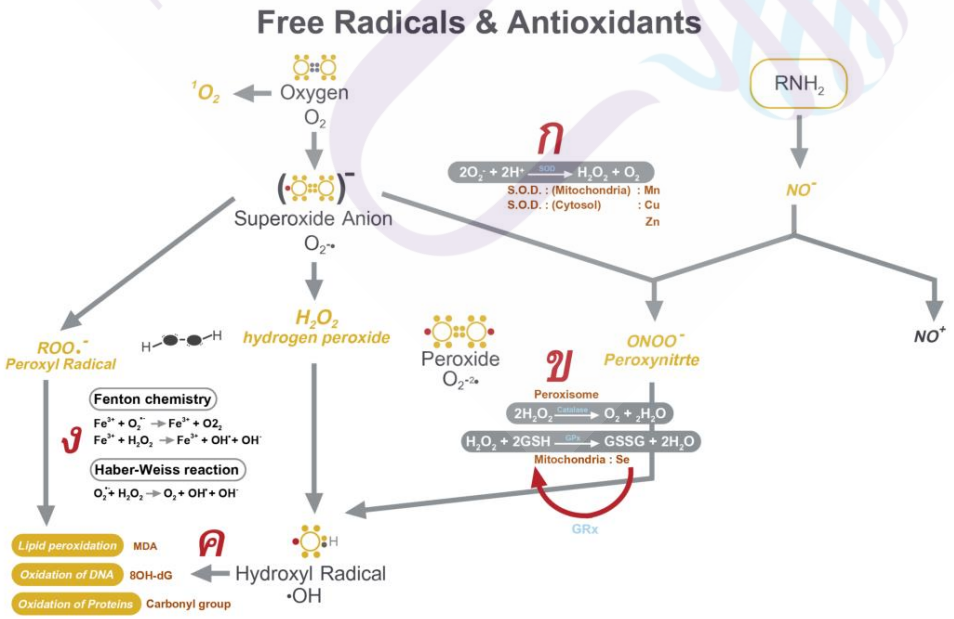
$$2H_2O_2 + 2H^+ \xrightarrow{CAT} 2H_2O + O_2$$

2.3.1.3 เอนไซม์กลูตาไทโอนเปอร์ออกไซด์ (Glutathione peroxidase ,GP**x)** เอนไซม์เปอร์ออกซิเดสจะมีธาตุซีเลเนียมเป็นองค์ประกอบสำคัญอยู่ในโครงสร้างของเอนไซม์ เอนไซม์ GPx ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยารีดักชันของสารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์ ได้แก่ ลิพิดเปอร์ออกไซด์ (ROOH) และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ โดยมีการออกซิไดส์กลูตาไทโอน (GSH) ร่วมในปฏิกิริยาด้วย เป็นการสลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ไม่ให้เกิดปฏิกิริยาเฟนตันซึ่งเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ เอนไซม์นี้ปกป้องเซลล์ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมไม่ให้ถูกทำลายหรือเสียหายจากภาวะที่ร่างกายถูกออกซิไดซ์หรือมีอนุมูลอิสระมากเกินไป

$$H_2O_2 + 2GSH \xrightarrow{GPx} GSSG + H_2O$$

$$ROOH + 2GSH \xrightarrow{GPx} ROH + GSSG + H_2O$$

โดยปกติแล้วร่างกายจะมีกระบวนการต่อต้านหรือกำจัดสารอนุมูลอิสระเหล่านี้เพื่อรักษาสมดุลของอนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ ดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 การกำจัดสารอนุมูลอิสระภายในร่างกายโดยสารต้านอนุมูลอิสระที่ร่างกายสร้างเองได้

ที่มา : มาศ ไม้ประเสริฐ, 2562

เอนไซม์ตัวแรกคือ ซูเปอร์ออกไซด์ ดิสมิวเทส (Superoxide Dismutase) ที่จะขจัด ซูเปอร์ออกไซด์ แอนไอออน (Superoxide Anion) แล้วเปลี่ยนเป็น ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ (Hydrogen Peroxide) ซึ่งมีความเป็นพิษที่ลดลง (ดังในภาพ ส่วน “ก”)

จากนั้น ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ (Hydrogen Peroxide) จะถูกกำจัดโดยเอนไซม์ของร่างกายอีกสองชนิด คือ แคเทเลส (Catalyze) กับ กลูตาไทโอน เพอร์ออกซิเดส (Glutathione Peroxidase) แล้วกลายสภาพเป็นน้ำ (H_2O) (ดังในภาพ ส่วน “ข”)

แต่หากสารต้านอนุมูลอิสระมีไม่เพียงพอ ซูเปอร์ออกไซด์ แอนไอออน (Superoxide Anion) หรือ ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ (Hydrogen Peroxide) อาจเปลี่ยนเป็น ไฮดรอกซิล เรดิคอล (Hydroxyl Radical) ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระที่มีฤทธิ์รุนแรงกว่าตัวอื่น ๆ (ดังในภาพ ส่วน “ง”)

การเกิดไฮดรอกซิล เรดิคอล (Hydroxyl Radical) นั้น อาจจะเกิดได้จากจากการที่สารต้านอนุมูลอิสระ เช่น ซูเปอร์ออกไซด์ ดิสมิวเทส (Superoxide Dismutase) แคเทเลส (Catalyze) กับ กลูตาไทโอน เพอร์ออกซิเดส (Glutathione Peroxidase) นั้นสร้างได้ไม่เพียงพอ หรือทำงานไม่สมบูรณ์ หรือสารอนุมูลอิสระเกิดมากเกินไปจากการบริโภคอาหารมาก หรือออกกำลังกายมาก จนทำให้ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ (Hydrogen Peroxide) เหลือล้นอย่างมากจนจับคู่กันเอง เรียกว่าปฏิกิริยา Haber-Weiss Reaction หรืออาจจะเกิดได้จากการที่มีธาตุเหล็กสะสมในร่างกาย (Fe2+, Fe3+) มากจนเกินไป ซึ่งจะไปทำปฏิกิริยากับ ซูเปอร์ออกไซด์ แอนไอออน (Superoxide Anion) และไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ (Hydrogen Peroxide) เกิดเป็นไฮดรอกซิล เรดิคอล (Hydroxyl Radical) มากยิ่งขึ้น เราเรียกว่าปฏิกิริยา Fenton Reaction นั่นเอง

ไฮดรอกซิล เรดิคอล (Hydroxyl Radical) นี้ เป็น R.O.S. ที่มีฤทธิ์รุนแรงกว่าตัวอื่น ๆ ในตระกูลเดียวกัน เมื่อเกิดขึ้นแล้วร่างกายจะไม่มีสารแอนติออกซิแดนท์ตัวใดทำลายล้างได้ และจะมีผลต่อการทำลายเซลล์อย่างรุนแรง โดยเราสามารถตรวจวัดระดับการทำลายของสารอนุมูลอิสระในร่างกายของเราได้จากการวัดหาค่าต่าง ๆ ดังในภาพ ส่วน “ค”

จูลี่ คาริลลอน และคณะ (2557) ได้ทำการศึกษากลุ่มของเอนไซม์ต้านออกซิเดชัน ได้แก่ ซูเปอร์ออกไซด์ ดิสมิวเทส (Superoxide Dismutase) แคเทเลส (Catalyze) และ กลูตาไทโอน เพอร์ออกซิเดส (Glutathione Peroxidase) ซึ่งได้จากการสกัดจากแตง Cucumis Melo โดยมีส่วนประกอบของเอนไซม์และปริมาณตามภาพที่ 2.5.1 มาทำการทดลองทางคลินิก โดยให้อาสาสมัครที่มีสุขภาพดีรับประทาน โดยตั้งสมมุติฐานว่า เอนไซม์จากสารสกัดจากแตง Cucumis Melo สามารถลดความเหนื่อยล้าทางกายและใจได้ โดยอ้างอิงการศึกษาจาก ชิชิริ และคณะ (2556) ที่สรุปว่าภาวะเครียดออกซิเดชั่น (Oxidative Stress) เกี่ยวข้องกับภาวะเหนื่อยล้าทั้งทางกายและใจ และการศึกษาโดย

เคนเนดี และคณะ (2548) ที่สรุปว่า กลุ่มอาการความล้าเรื้อรัง (Chronic Fatigue Syndrome) สัมพันธ์กับ ภาวะเครียดออกซิเดชั่น (Oxidative Stress) ที่เพิ่มมากขึ้น โดยการทดลองของจูลี่ คาริลลอน และคณะ (2557) ได้ข้อสรุปว่า การให้อาสาสมัครรับประทาน สารสกัดดังกล่าวมีประสิทธิภาพในการลดความเครียด และความเหนื่อยล้าได้ ตาม

Antioxidants	Level (per g)
Superoxide dismutase	14,000 U
Catalase	1550 U
Glutathione peroxydase	155 U
Co-enzyme Q10	0.08 mg
Lipoic acid	0.03 mg
Glutathione	0.33 µg
Glutathione disulfide	4.78 µg
Carotenoids	0.54 µg
Vitamin A	15.5 µg
Vitamin E	0.37 µg
Vitamin C	7.78 µg
Selenium	0.004 µg
Total phenolics	0.54 mg GAE [1]

[1] GAE: gallic acid equivalents.

ภาพที่ 2.6 สารต้านอนุมูลอิสระที่สกัดได้จาก *Cucumis Melo*

ที่มา : Carillon J., et al. (2014)

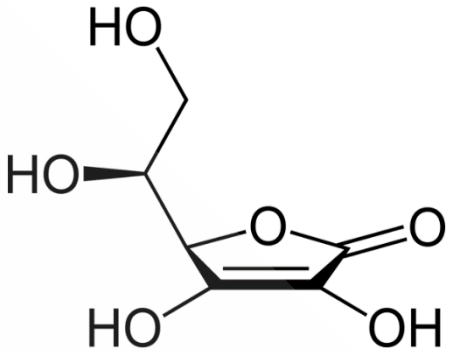
2.3.2 สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant)

สารต้านอนุมูลอิสระ คือ โมเลกุลหรือสารที่สามารถให้อิเล็กตรอนกับอนุมูลอิสระ แล้วทำให้เกิดความสมดุล เพื่อกำจัดอนุมูลให้หมดไป หรือหยุดปฏิกิริยาที่อนุมูลอิสระไปแย่งอิเล็กตรอนอื่น ๆ ไม่ให้ดำเนินต่อไป เป็นการยับยั้งขบวนการทำลายหรือสร้างความเสียหายจากอนุมูลอิสระได้ จึงสามารถช่วยชะลอการเสื่อม เหี่ยวแก่ หรือต้านมะเร็งได้นั่นเอง โดยสารต้านอนุมูลมูลอิสระสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

2.3.2.1 สารต้านอนุมูลอิสระที่มีอยู่ในธรรมชาติ เช่น

1) วิตามินซี มีคุณสมบัติละลายน้ำได้ดี จึงมีหน้าที่ต้านอนุมูลอิสระในเซลล์และอวัยวะที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบหลัก วิตามินซี หรือกรดแอสคอร์บิก ($AscH_2$) มีหมู่ไฮดรอกซี 2 หมู่ที่

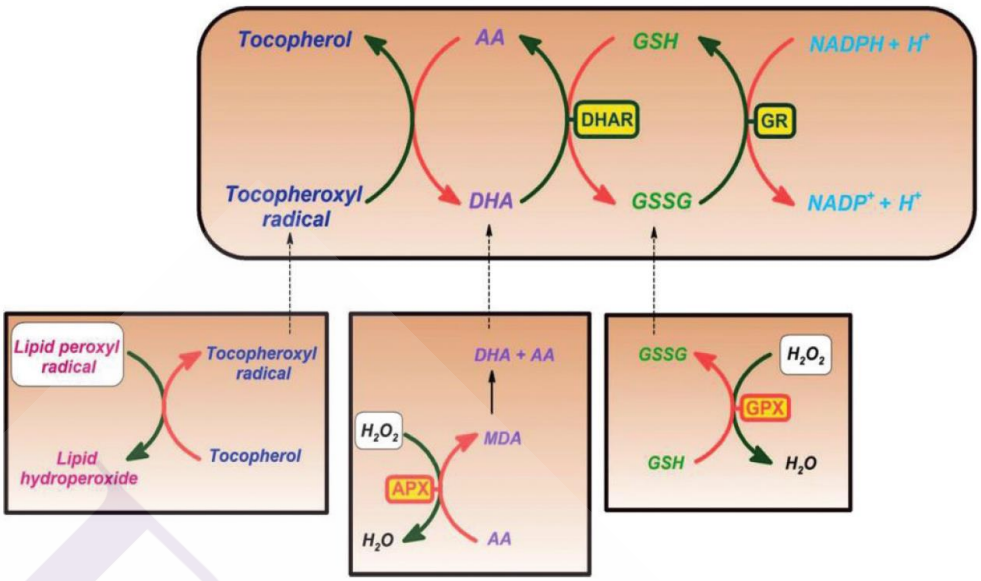
แตกตัวให้ไฮโดรเจนได้ปฏิกิริยาโดยรวมคือ การให้อิเล็กตรอน 1 ตัว ร่วมกับอะตอมไฮโดรเจนแก่อนุมูลอิสระ เป็นการกำจัดหรือขยายอนุมูลอิสระคือ $R^{\cdot}$ ให้เป็น RH จากการกำจัดนี้จะได้อนุมูลอิสระตัวใหม่ที่มีความไวต่ำคือ $ACS^{\cdot-}$ แสดงดังภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.7 วิตามินซี

ที่มา : http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/09/Ascorbic-acid-2D-skeletal.png&imgrefurl

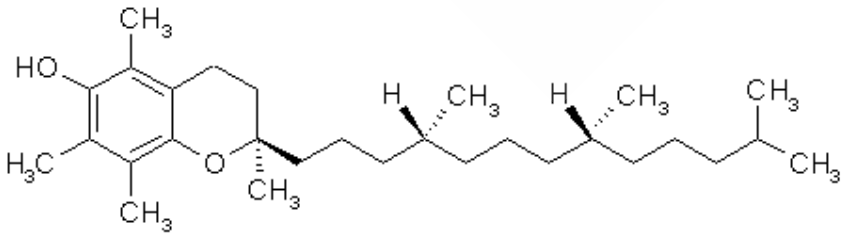
วิตามินซีเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพสูงในการให้อิเลคตรอนกับกลุ่มออกซิเจน ไนโตรเจนออกไซด์ เช่น ซูเปอร์ออกไซด์แรดิคัลไอออน ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ กลุ่มอนุมูลไฮดรอกซิล และซิงเกลทออกซิเจน ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ทำให้วิตามินซีสามารถปกป้องเซลของร่างกายจากการถูกทำลายจากอนุมูลอิสระ และวิตามินซียังสามารถช่วยให้วิตามินอีให้กลับคืนมาสู่โครงสร้างที่สามารถต้านอนุมูลอิสระได้โดยการแปลง โทโคฟีรอกซีแรดิคัล ให้กลายเป็นวิตามินอี โดยขบวนการนี้มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการปกป้องผนังเซลล์และส่วนประกอบต่างๆของเซลล์จากอนุมูลอิสระ ตามภาพที่ 2.5.2



ภาพที่ 2.8 แอสคอเบส และ วัฏจักรการรีไซเคิลสารต้านอนุมูลอิสระ AA, ascorbate; DHA, dehydroascorbate; DHAR, semidehydroascorbate reductase; GSH, glutathione; GSSG, semi-glutathione reductase; GR, glutathione reductase; APX, ascorbate peroxidase; และ GPX, glutathione peroxidase

ที่มา : เพห์ลิวัน และคณะ, 2560

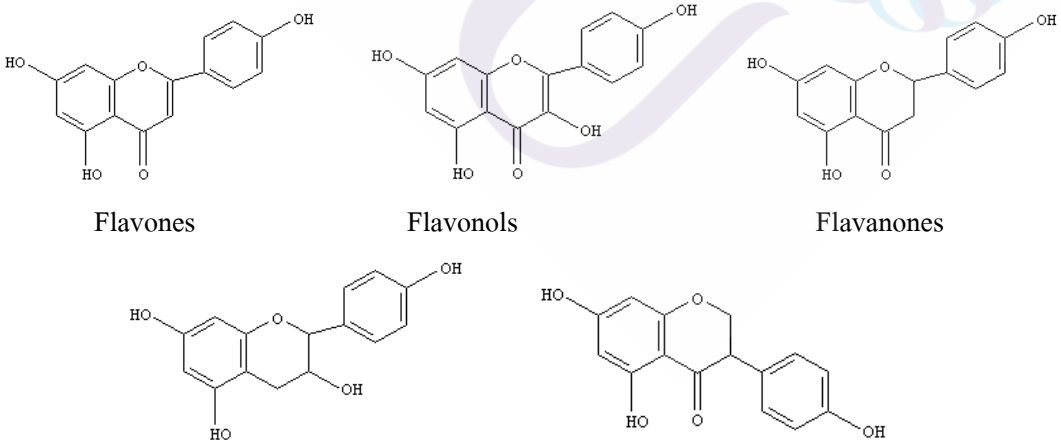
2) วิตามินอี หรือ Tocopherol เป็นวิตามินที่ละลายได้ในไขมันเป็นสารต้านออกซิเดชันที่สำคัญ โดยวิตามินอีทำงานร่วมกับสารต้านออกซิเดชัน ตัวอื่น ๆ เช่น วิตามินซีและซิลิเนียมเป็นต้น วิตามินอีช่วยปรับให้ร่างกายสามารถนำเอาวิตามินเอมาใช้ ซึ่งจะช่วยในการป้องกันสารที่เป็นพิษที่มีผลมาจากโลหะ เช่น ตะกั่ว ในธรรมชาติมีวิตามินอีอยู่หลายชนิด ปัจจุบันแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ โทโคฟีรอล และ โทโคไทอินอล แต่ละกลุ่มยังแยกเป็นวิตามินย่อย ๆ อีก 4 ชนิด ได้แก่ อัลฟ่า (α-) เบต้า (β-) แกมม่า (γ-) และเดลต้า (δ-) วิตามินอีทำหน้าที่เป็นตัวให้ไฮโดรเจนแก่อนุมูล peroxyl ดังภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.9 แอลฟา – โทโคฟีรอล

ที่มา: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7d/RRR_alpha-tocopherol.png&imgrefurl

3) สารประกอบฟีนอลิก (Phenolic Compounds) จัดเป็นสารต้านอนุมูลที่ได้รับจากภายนอก และพบได้มากในธรรมชาติ ได้แก่ พืชผัก ผลไม้ ชาเขียว ชาดำ ช็อกโกแลต และไวน์แดง เป็นต้น ในปัจจุบันมีการค้นพบสารประกอบฟีนอลิกมากกว่า 8,000 ชนิดในธรรมชาติ ตั้งแต่โมเลกุลอย่างง่าย เช่น กรดฟีนอลิก (Phenolic Acid) ฟีนิลโปพานอยด์ (Phenylpopanoid) และฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) ไปจนถึงโครงสร้างโพลิเมอร์ที่ซับซ้อน เช่น ลิกนิน (Lignin) เมลานิน (Melanin) และแทนนิน (Tannin) เป็นต้น แม้ว่าปริมาณสารกลุ่มฟีนอลิกในธรรมชาติจะมีปริมาณที่แตกต่างกัน แต่พบว่าปริมาณโดยเฉลี่ยที่คนได้รับต่อวันจะอยู่ในช่วงตั้งแต่ 20 มิลลิกรัม -1 กรัม ซึ่งเป็นปริมาณที่สูงกว่าปริมาณวิตามินอีที่ได้รับต่อวัน สารประกอบโพฟีนอลิกเป็นสารที่มีบทบาทสำคัญเนื่องจากมีฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย ต้านไวรัส ต้านการอักเสบต้านการแพ้ และมีคุณสมบัติสลายลิ่มเลือด เป็นต้น ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวนี้มีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติ การเป็นสารต้านอนุมูล โครงสร้างทั่วไปของสารประกอบฟีนอลิก ประกอบด้วยโครงสร้างที่เป็นวงอะโรมาติก และมีหมู่แทนที่เป็นหมู่ไฮดรอกซี อย่างน้อย 1 หมู่ ในที่นี้จะกล่าวถึงสารกลุ่มที่สำคัญได้แก่ ฟลาโวนอยด์ โดยสารกลุ่มฟลาโนวอยด์ (Flavonoids) แบ่งเป็นกลุ่มย่อยได้หลายกลุ่ม ตามความแตกต่างของสูตรโครงสร้างโดยเฉพาะที่วงที่มีอะตอมออกซิเจนอยู่ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น อีเทอร์คีโตน รวมทั้ง การมีหมู่ไฮดรอกซีแทนที่บนวงอะโรมาติกในโมเลกุล ตัวอย่างของสารกลุ่มฟลาโนวอยด์ ได้แก่ ฟลาแวน (Flavanes) ฟลาวานอล (Flavanols) ฟลาวาโนน (Flavanons) ฟลาวานอล (Flavonols) ฟลาโวน (Flavonoes) และแอนโทไซยานินิดิน (Anthocyanidins) เป็นต้น โครงสร้างของกลุ่มฟลาโวนอยด์บางชนิด ดังภาพที่ 2.8

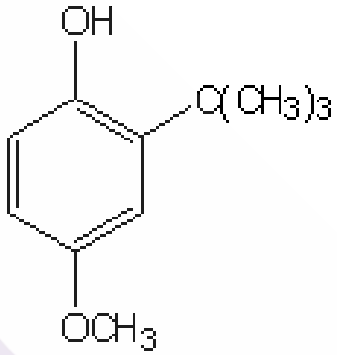


ภาพที่ 2.10 ตัวอย่างของสารกลุ่มฟลาโวนอยด์

ที่มา: http://www.friedli.com/herbs/phytochem/flavonoids.html

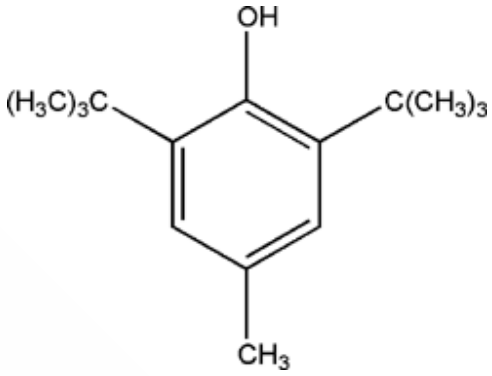
2.3.2.2 สารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ (synthetic antioxidants)

1) บีเอชเอ (butylated hydroxylanisole,BHA) เป็นวัตถุกันหืนที่นิยมใช้กันมากชนิดหนึ่งโดยเฉพาะอย่างยิ่งในผลิตภัณฑ์อาหารที่มีไขมันและน้ำมันเป็นส่วนประกอบที่มีผลึกสีขาวหรือมีสีเหลือง มีกลิ่นฉุน ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายในแอลกอฮอล์ ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของสารผสม 2- และ 3- tert –butyl -4 -hyfroxyanisole หรืออาจใช้ร่วมกับแกลเลตหรือบีเอชที เพื่อให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น ดังภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.11 บิวทิลเลท ไฮดรอกซิลลานิโซล
ที่มา: http://www.promma.ac.th/chemistry/boonrawd_site/radicy_files/image002.gif

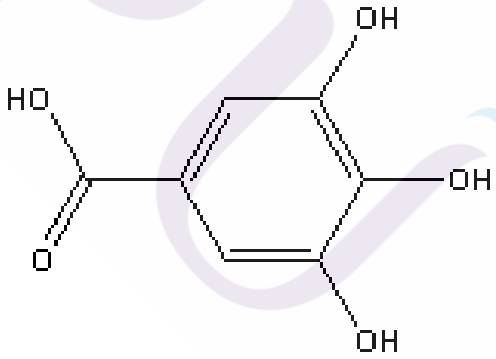
2) บีเอชที (butylated hydroxytoluene,BHT) เป็นวัตถุกันหืนชนิดหนึ่งที่นิยมใช้กันเช่นเดียวกับบีเอชเอ แต่มีประสิทธิภาพดีกว่าเล็กน้อย บีเอชทีเป็นสารประกอบที่เป็นผลึกสีขาวหรือสีเหลืองอ่อน ไม่ละลายน้ำ และ propane-1,2-diol แต่ละลายในแอลกอฮอล์ และให้กลิ่นฟีนอล (phenol) เช่นเดียวกัน มักนิยมให้ผสมกับวัตถุกันหืนชนิดอื่น เพื่อเสริมให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น นิยมใช้ในอาหารประเภท ไขมันสัตว์ น้ำมันพืช ผลิตภัณฑ์นม ผลิตภัณฑ์ขนมอบ ผลิตภัณฑ์เนื้อ ผลิตภัณฑ์ปลา และน้ำมันหอมระเหย ดังภาพที่ 2.10



ภาพที่ 2.12 บิวทิลเลท ไฮดรอกซิลทูลูอีน

ที่มา: http://www.medicinescomplete.com/excipients/2009/images /ExcButylatedHydroxytol ueneC001

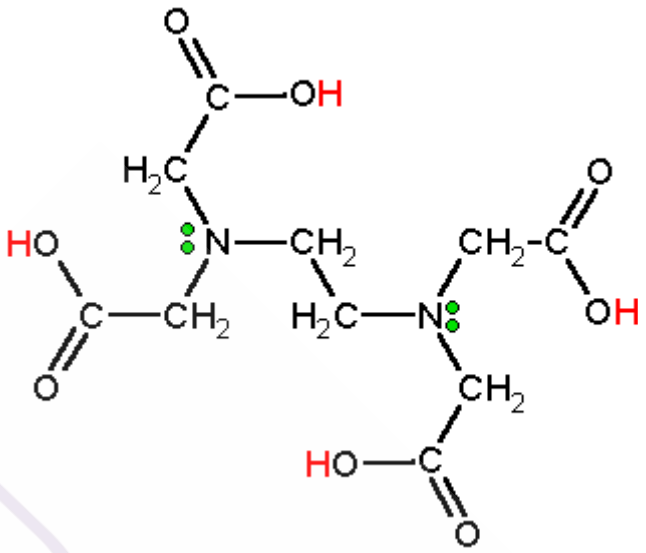
3) กรดแกลลิค หรือ 3, 4, 5-hydroxybenzoic acid เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีสูตรโมเลกุลทางเคมีคือ C7H6O5 Gallic acid เป็นส่วนประกอบของแทนนิน พบมากในองุ่น ใบชา เปลือกไม้โอ๊ค และพืชอื่น ๆ โดยทั่วไปจะใช้เกี่ยวกับอุตสาหกรรมทางยา คุณสมบัติของ กรดแกลลิค คือ สามารถยับยั้งเชื้อรา เชื้อไวรัส และมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้ดี ดังภาพที่ 2.11



ภาพที่ 2.13 โครงสร้างทางเคมีของ กรดแกลลิค

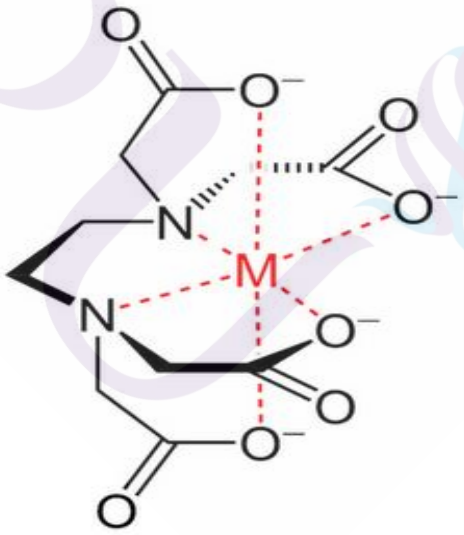
ที่มา: http://www.phytochemicals.info/pictures/phytochemicals/gallic-acid

4) อีดีทีเอ หรือ (Ethylenediaminetetraacetic acid, EDTA) มีสูตรโมเลกุลทางเคมีคือ C10H16N2O8 มีคุณสมบัติเป็นสารคีเลท โดยการจับกับธาตุโลหะที่มีประจุ เช่น ตะกั่ว เหล็ก สังกะสี แคดเมียม แมงกานีส และทองแดง ซึ่งประโยชน์ทางการแพทย์สามารถนำมาใช้กำจัดไอออนของโลหะต่าง ๆ ได้ดังภาพที่ 2.12 และ ภาพที่ 2.13



ภาพที่ 2.14 โครงสร้างทางเคมีของ EDTA (Sinex, 2007)

ที่มา: http://curxcom2.blogspot.com/2009_08_01_archive.html



ภาพที่ 2.15 โครงสร้างทางเคมีของ EDTA จับกับไอออนของโลหะ

ที่มา: http://curxcom2.blogspot.com/2009_08_01_archive.html

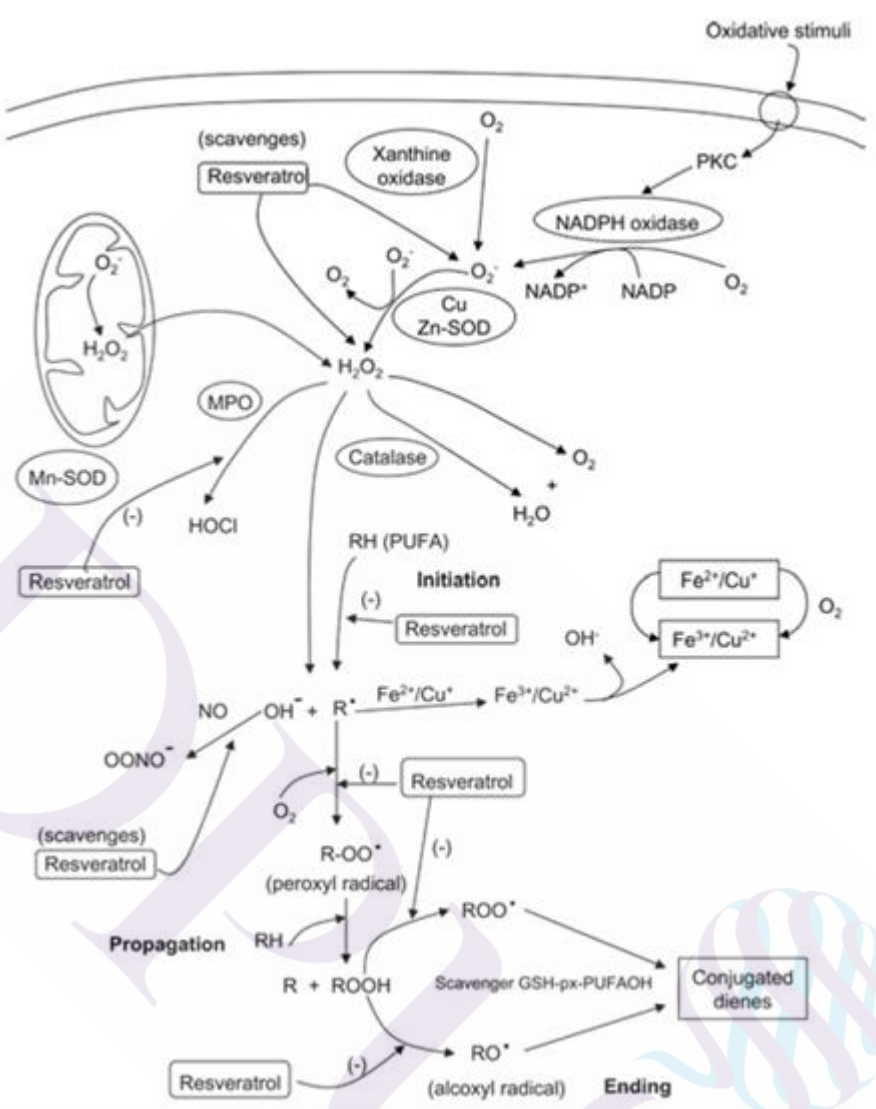
2.4 สารต้านอนุมูลอิสระ (Anti-oxidant) สูตร M2

สารต้านอนุมูลอิสระสำหรับการวิจัยในครั้งนี้ คือ สารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2 ที่ประกอบไปด้วยสารออกฤทธิ์สำคัญจำนวนทั้งสิ้น 15 ชนิด ได้แก่ Resveratol (Grape Skin Extract), Astaxanthin, Co-Enzyme Q10, Super Oxide Distumases (SOD), Oryza Rice Ceramide, Grape Seed Extract (GSE), Beta Carotene, Alpha Lipoic Acid (ALA), Vitamin C, Vitamin E, Vitamin A, Zinc Amino Acid Chelate, Copper Amino Acid Chelate, Selenium Amino Acid Chelate และ L-Glutathione เพื่อใช้สำหรับลดภาวะเครียดออกซิเดชั่น โดยมีรายละเอียด คุณสมบัติ และขนาดรับประทาน ดังต่อไปนี้

2.4.1 Resveratol (Grape Skin Extract)

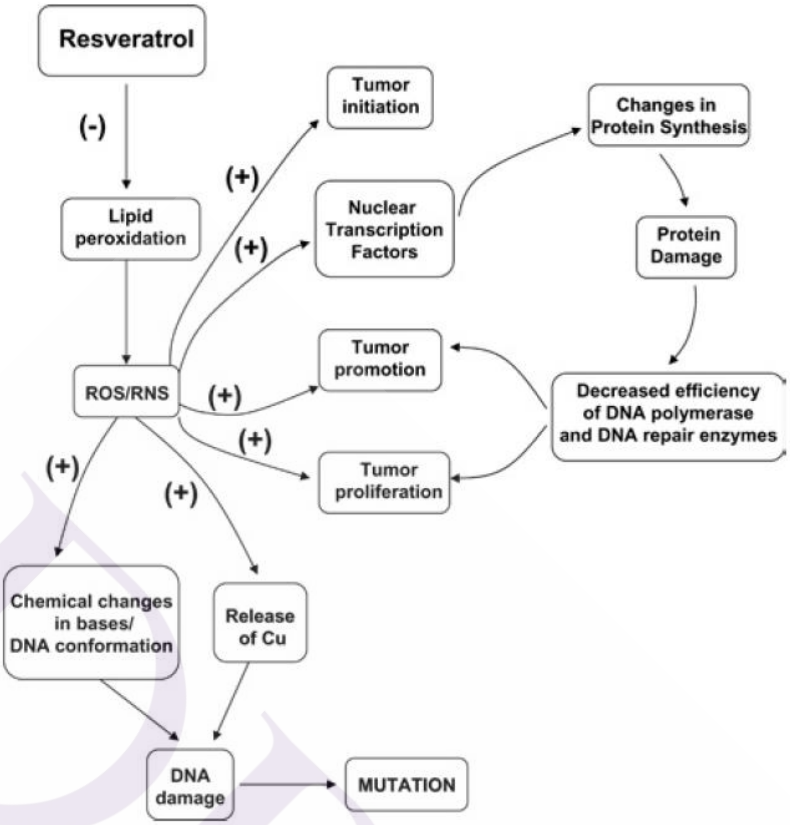
เรสเวอราทรอล (Resveratol) เป็นสารที่ได้จากการของผิวเปลือกองุ่นและเมล็ดองุ่นแดง (Grapevine,Vitis spp.) ในองุ่นแดงมีสารกลุ่ม Polyphenol สูงมากโดยเฉพาะแอนโทไซยานิติน ซึ่งมีคุณสมบัติยับยั้งและต้านเซลล์มะเร็งที่เกิดขึ้นแล้วหรือที่กำลังจะเกิดขึ้น โดยมีการศึกษาพบว่าองุ่นและไวน์มีปริมาณเรสเวอราทรอลแตกต่างกัน และไวน์ขาวจะมีปริมาณต่ำกว่าไวน์แดง ขณะเดียวกันการดื่มไวน์แดงเป็นประจำและในปริมาณที่เหมาะสมจะสามารถช่วยระดับปริมาณของ High-Density Lipoprotein (HDL) ลดและป้องกันการเกิดโรคหัวใจล้มเหลวได้ดี (Leger et al.,1979) นอกจากนี้ยังสามารถป้องกันการเกิดโรคการเสื่อมของเส้นประสาทสมอง โดยเฉพาะโรคอัลไซเมอร์และพาร์กินสันได้อีกด้วย สารเรสเวอราทรอลยังมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระยับยั้งการรวมตัวตกตะกอนของเลือดได้ดีช่วยในการควบคุม Metabolism ของไขมัน (Jang et al.,1997) ช่วยลดการอักเสบของเนื้อเยื่อ ลดการเกิดเนื้องอกของมะเร็ง และนอกจากนี้ยังมีสาร Ellagic Acid ที่สามารถจับและทำลายพิษของสารก่อมะเร็ง (Ahmad et al., 2001)

ขนาดการรับประทาน: 150 มิลลิกรัมต่อวัน



ภาพที่ 2.16 Resveratrol antioxidant potential

ที่มา: Biochemical Society Transactions (2007) Volume 35, part 5



ภาพที่ 2.17 Inhibition of LP by resveratrol and its antioxidant mechanisms in carcinogenesis
ที่มา: Biochemical Society Transactions (2007) Volume 35, part 5

2.4.2 Astaxanthin

แอสต้าแซนทีน (Astaxanthin) เป็นสารสกัดธรรมชาติที่ได้จาก สาหร่ายสีแดง (Haematococcus Pluvialis) และยังได้จากสัตว์น้ำ อาทิ กุ้ง ปู ปลาแซลมอน ซึ่งร่างกายมนุษย์ไม่สามารถสังเคราะห์ได้เอง มีคุณสมบัติละลายไขมันได้ดี และมีโครงสร้างแกนเป็นพันธะคู่สลับเดี่ยว (Conjugated Double Bond) ในตำแหน่ง Polyene ที่มีความสามารถต้านอนุมูลอิสระได้สูงและส่วนแกนจะเชื่อมต่อกับวงแหวนปิด Ionone ต่อกับหมู่ Hydroxy กับ Keto ได้ทั้งในและนอกเซลล์ จึงทำให้มีฤทธิ์ เป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูงกว่า Vitamin C ถึง 6,000 เท่า และ สูงกว่า Vitamin E 100 เท่า (Kishimoto Y1 et al., 2016 ; Yasuhiro Nishida et al., 2007) โดยคุณประโยชน์ของ Astaxanthin มีดังนี้

1) ลดอัตราการตายที่เกิดจากระบบหลอดเลือดหัวใจ และเพิ่มการไหลเวียนของเลือด (Kishimoto Y1 et al., 2016 ; Hiromi Miyawaki et al., 2008)

2) ลดความเสื่อมของระบบประสาท เนื่องจาก สมองมีการใช้กลูโคสและออกซิเจนมาก ทำให้เกิดภาวะออกซิเดชั่น ทำให้เกิดภาวะความเสื่อม อาทิ โรคอัลไซเมอร์ พากินสัน เป็นต้น (Yasuhiro Nishida et al., 2007)

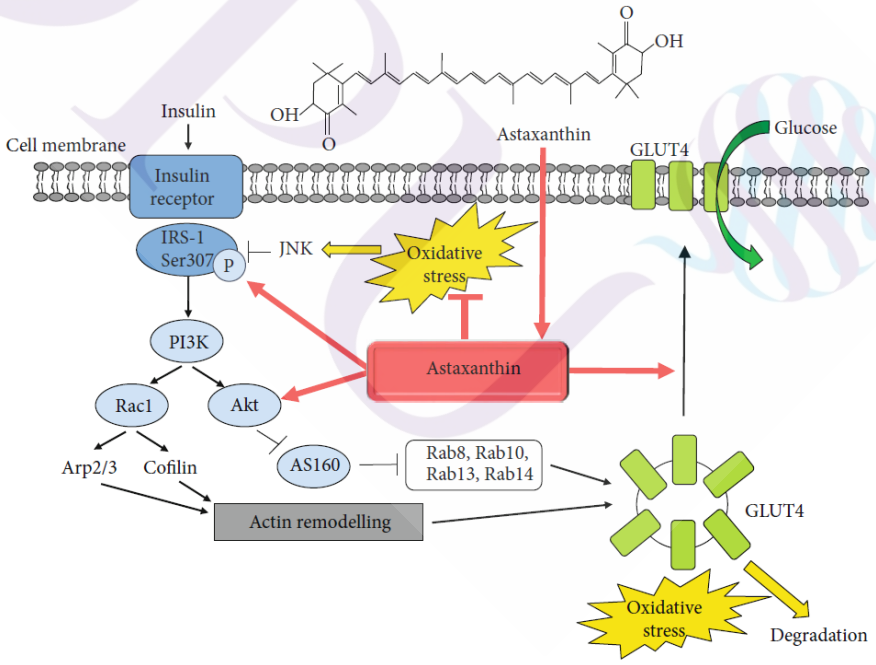
3) ลดอาการตาล้า ในกลุ่มคนที่ต้องใช้สายตาเป็นเวลานาน (Takuya N. et al., 2005)

4) ลดความเสื่อมของคอลลาเจนในผิวหนัง โดยไปลดการเกิดอนุมูลอิสระที่ไปกระตุ้นการหลั่ง MMP1 ที่เป็นเอนไซม์ในการสลายคอลลาเจน จึงช่วยป้องกันความเหี่ยวย่น กระตุ้นการฟื้นฟูการสร้างคอลลาเจน และลดการอักเสบ ช่วยให้ผิวชุ่มชื้น ลดริ้วรอย ผิวยืดหยุ่นได้ดีขึ้น (E.Yamashita, 2006)

5) ในระบบสืบพันธุ์ ในชายที่มีบุตรยากมักพบว่าอสุจิผลิตอนุมูลอิสระมากเกินไปและสัมพันธ์กับการตายของอสุจิ Astaxanthin จึงช่วยลดการเกิดอนุมูลอิสระและพบอัตราการตั้งครรภ์ต่อเดือนเพิ่มขึ้นในกลุ่มทดลอง (Comhaire FH1 et al., 2005)

ทั้งนี้ คณะกรรมการอาหารและยาของประเทศสหรัฐอเมริกา ได้รับรอง Astaxanthin เป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร (Kishimoto Y1 et al., 2016)

ขนาดการรับประทาน : 4- 12 มิลลิกรัมต่อวัน โดยแนะนำให้รับประทานหลังอาหาร



ภาพที่ 2.18 Astaxanthin improves insulin sensitivity and glucose uptake

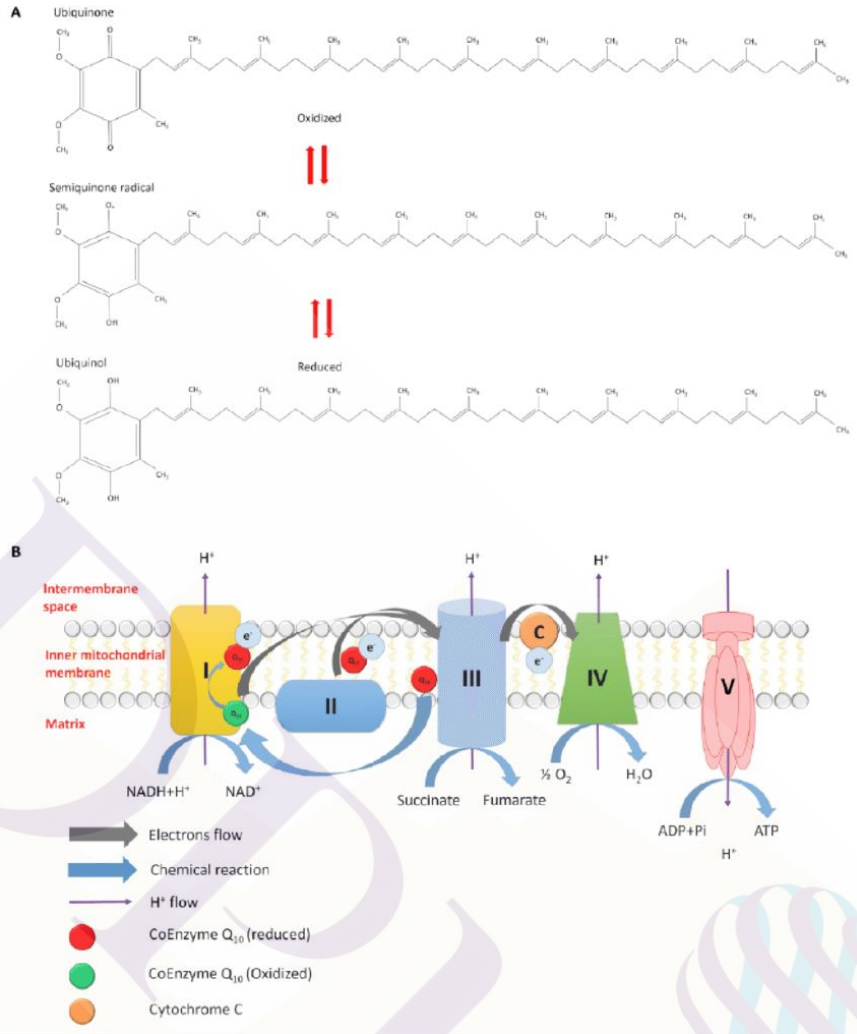
ที่มา: Oxidative Medicine and Cellular Longevity

2.4.3 Co-Enzyme Q10

โคเอนไซม์คิวเทน (Co-Enzyme Q10) เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่พบได้ในทุกเซลล์ของสิ่งมีชีวิต มีความสำคัญอย่างมากต่อการสร้างพลังงาน หากอายุมากขึ้นโคเอนไซม์คิวเทนในร่างกายจะลดลง ซึ่งอาจสัมพันธ์กับการเกิดโรคได้หลายชนิด เช่น โรคชรา โรคหลอดเลือด เป็นต้น โดยโคเอนไซม์คิวเทนละลายได้ในไขมัน พบได้ในทุกเซลล์ของร่างกาย เป็นสารที่ช่วยเหลือการทำงานของเอนไซม์ในร่างกายหลายชนิด ซึ่งจำเป็นสำหรับการนำวิตามินและเกลือแร่ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อร่างกาย โดยร่างกายสามารถสร้างโคเอนไซม์คิวเทนส่วนหนึ่งจากกระบวนการสังเคราะห์ไขมันโคเลสเตอรอลที่ตับ และอีกส่วนหนึ่งได้รับจากอาหาร แหล่งที่พบโคเอนไซม์คิวเทนตามธรรมชาติ ได้แก่ ไข่ เนื้อสัตว์ เครื่องในสัตว์ ตับ ไต หัวใจ น้ำมันปลา ปลาทะเลน้ำลึก ปลาซาร์ดีน ปลาแมคเคอเรล ปลาแซลมอน อาหารทะเล ผลิตภัณฑ์จากนม น้ำมันถั่วเหลือง ผัก รำข้าว ซีเรียล น้ำมันถั่วเหลือง เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบว่า ความเครียด การติดเชื้อ และการรับประทานอาหารไม่มีประโยชน์ อาจทำให้ปริมาณโคเอนไซม์คิวเทนในร่างกายไม่เพียงพอ

คุณประโยชน์เด่น ๆ ของโคเอนไซม์คิวเทน คือ ลดความเสี่ยงของการเกิดภาวะหลอดเลือดแข็งตัว โดยจำกัดปริมาณของไขมันที่จะไปสะสมบนผนังหลอดเลือด จากงานวิจัยพบว่าการเสริมวิตามินอี (Vitamin E) ร่วมกับ โคเอนไซม์คิวเทน ให้ผลในการลดความเสี่ยงและเพิ่มการป้องกันภาวะหลอดเลือดอุดตันได้มากกว่าการได้รับเพียงอย่างเดียว นอกจากนั้นยังมีรายงานว่า โคเอนไซม์คิวเทนสามารถช่วยและลดการสะสมของโคเลสเตอรอลในเลือด เพิ่มเอชดีแอลโคเลสเตอรอล (HDL-Cholesterol) ได้อีกด้วย

ขนาดการรับประทาน : 30-100 มิลลิกรัมต่อวัน และในผู้ป่วยที่มีโรคประจำตัว เช่น โรคหัวใจควรปรึกษาแพทย์ประจำตัวก่อนที่จะไปซื้อหามารับประทานเอง



ภาพที่ 2.19 Potential of Co-enzyme Q10 in Retinal Diseases

ที่มา: Current Medicinal Chemistry, 2017, 24, 1-11

2.4.4 Super Oxide Distumases (SOD)

Super Oxide Distumases (SOD) คือ เอนไซม์สลายอนุมูลอิสระที่ร่างกายสร้างได้เอง ทำหน้าที่สลายอนุมูลอิสระเพื่อเร่งปฏิกิริยาการสลายตัวของ Superoxide ให้เปลี่ยนเป็น H_2O_2 ซึ่งเอนไซม์ชนิดนี้จะพบในเซลล์ทุกเซลล์และพบใน Extracellular Fluid SODs นั้นจะมี Cofactor เป็นโลหะหนักซึ่งได้แก่ Cu, Zn และ Mn โดยในมนุษย์ Cu/Zn-SODs จะพบใน Cytoplasm ส่วน Mn-SODs จะพบใน Mitochondria จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ของ SODs ยังคงเป็น ROS ซึ่งในสภาวะปกติจะมี เอนไซม์ Catalases และ Peroxidases เข้ามาเปลี่ยนโมเลกุลของ H_2O_2 ให้กลายเป็นน้ำ และ O_2 ต่อไป อย่างไรก็ตามหากร่างกายเกิดภาวะขาดเอนไซม์ทั้ง 2 ชนิดข้างต้นจะทำให้เกิดภาวะ

Oxidative Stress และ เสี่ยงต่อการเกิด Fenton Reaction ซึ่งจะเปลี่ยน H_2O_2 ให้กลายเป็น Hydroxyl Radical ซึ่งเป็น Oxidizing Agent ที่รุนแรงได้

ขนาดการรับประทาน : 5-10 มิลลิกรัมต่อวัน

2.4.5 Oryza Rice Ceramide

ออรีซ่า ไรส์ เซราไมด์ (Oryza Rice Ceramide) คือ สารสกัดจากจมูกข้าวสีน้ำตาลจากประเทศญี่ปุ่น ให้ประสิทธิภาพ ในการกักเก็บความชุ่มชื้น และลดริ้วรอย สูงกว่า เซราไมด์ทั่วไป ทั้งนี้ เซอราไมด์ เป็นส่วนประกอบของชั้นผิว เป็นสารจำพวกไขมัน ที่มีชื่อว่า สฟิงโกไลปิด (Sphingolipid) ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเยื่อหุ้มเซลล์ (Cell Membrane) มีหน้าที่ในการปกป้องเซลล์จากสิ่งแปลกปลอมภายนอก และยังมีบทบาทสำคัญที่ช่วยให้ผิวหนังสามารถทำหน้าที่อุ้มน้ำ และรักษาระดับการซึมผ่านของน้ำในผิวหนัง โดยเซราไมด์จะพบได้ที่ชั้นหนังกำพร้าชั้นนอก (Stratum Corneum) ซึ่งเป็นบริเวณผิวชั้นบนสุดของหนังกำพร้า (Epidermis) โดยจะอยู่ติดกับเคราติน (Keratin) ของผิว โดยเมื่ออายุมากขึ้น เซราไมด์ใต้ผิวหนังที่ช่วยทำให้ผิวหนังมีความยืดหยุ่น นั้นจะค่อยๆลดลงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นสาเหตุของผิวแห้งกร้าน ไม่ชุ่มชื้น ที่เป็นที่มาของริ้วรอยเหี่ยวย่น (Anthony V., 1993)

หน้าที่ของเซราไมด์คือ จะเป็นตัวเชื่อมเคราตินให้เกิดการเรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบ ช่วยให้ผิวแข็งแรง และ ลดการสูญเสียน้ำของผิว ช่วยปรับผิวขาวกระจ่างใส ลดการผลิตเม็ดสีเมลานิน (Tested in-vitro for skin whitening -Hokkaido University) โดยการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ Tyrosinase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ทำให้เกิดการสร้างเม็ดสีของ B16 melanoma cells จึงช่วยป้องกันไม่ให้สีผิวคล้ำขึ้น

ขนาดการรับประทาน : 5-10 มิลลิกรัมต่อวัน

Plants	Scientific name	Family	Tissue	Predominant GlcCER species
Rice	*Oryza sativa*	*Poaceae*	Seed bran, endosperm	d18:2/h20:0 and d18:2/h24:0
Wheat	*Triticum aestivum* L.	*Poaceae*	Grain, flour	d18:1$^{\Delta 8}$/h16:0 and d18:1$^{\Delta 8}$/h20:0
Sweet potato	*Ipomoea batatas* (L.) Lam.	*Convolvulaceae*	Tuber	d18:2-h16:0
Potato	*Solanum tuberosum* L.	*Solanaceae*	Tuber	d18:2/h16:0
Konjac	*Amorphophallus konjac*	*Araceae*	Tuber	d18:2/h18:0
Beet	*Beta vulgaris* L.	*Amaranthaceae*	Fibre	d18:2/h16:0
Maize	*Zea mays* L.	*Poaceae*	Commercial[a]	d18:2/h20:0 and d18:2/h24:0
Kidney bean	*Phaseolus vulgaris* L.	*Fabaceae*	Seed	d18:2/h16:0
Soybean	*Glycine max*	*Fabaceae*	Seed	d18:2/h16:0

ภาพที่ 2.20 Different plants and their predominant GlcCER species

ที่มา: Skin Pharmacol Physiol 2017;30:115–138

2.4.6 Grape Seed Extract (GSE)

สารสกัดจากเมล็ดองุ่น (Grape Seed Extract) คือ สารสกัดจากเมล็ดองุ่นที่ได้จากเมล็ดขององุ่นแดง (Vitis Vinifera) ซึ่งเป็นผลพลอยได้ (by product) จากการผลิตน้ำองุ่น (Grape Juice) เป็นสารต่อต้านอนุมูลอิสระชั้นเลิศ เพราะช่วยป้องกันการเกิดโรคหัวใจและโรคมะเร็ง และช่วยเสริมภูมิต้านทานให้แก่ร่างกาย ช่วยบำรุงผิวพรรณ ช่วยชะลอไม่ให้ผิวหนังแก่ก่อนวัยและแห้งกร้านของเซลล์ผิว ด้วยการเสริมสร้างคอลลาเจนใต้ผิวหนัง ช่วยปกป้องดวงตาของคุณหรือโรคที่เกี่ยวกับการมองเห็นอื่น ๆ ด้วยการป้องกันและรักษาโรคต้อหิน ศูนย์กลางจอประสาทตาเสื่อม ช่วยในการรักษาโรคเบาหวานขึ้นตา ช่วยลดกระบวนการสร้างเม็ดสีที่ผิดปกติอันเป็นสาเหตุของฝ้า กระ หรือจุดด่างดำ

ขนาดการรับประทาน : 40-100 มิลลิกรัมต่อวัน

PHYTOSTEROLS	mg/kg/OIL
Cholesterol	nd–0.10
Cholestanol	nd
Brassicasterol	0.6–0.9
2,4 methylencholesterol	nd–0.18
Campesterol	0.1–9.3
Campestanol	–
Stigmasterol	10.2–10.8
Δ-7 campesterol	0.16–0.27
Δ-5 2,3 stigmastadienol	–
Clerosterol	0.90–0.94
β-sitosterol	66.6–67.4
Sitostanol	3.92–4.70
Δ-5 avenasterol	1.98–2.09
Δ-5 2,4 stigmastadienol	0.41–0.47
Δ-7 estigmastenol	1.99–2.30
Δ-7 avenasterol	0.98–1.10

Abbreviation: nd, not determined.

ภาพที่ 2.21 Main phytosterol content of grape (V. vi ni fera l.) seed oil

ที่มา: Nutrition and Metabolic insights 2016:9

2.4.7 Beta Carotene

เบต้าแคโรทีน (Beta Carotene) เป็นรงควัตถุที่ละลายได้ดีในน้ำมัน พบได้ในผักและผลไม้ที่มีสีสัน เช่น แครอท มะเขือเทศ เป็นต้น สารในกลุ่ม Carotenoids ที่พบในธรรมชาติมีอยู่กว่า 600 ชนิด โดย Carotenoid ที่พบมากได้แก่ Lycopene และ เบต้า ซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ดี สารในกลุ่มนี้มีความสามารถในการจับอนุมูลอิสระประเภท Peroxyl Radical ได้ดีกว่า ROS ชนิดอื่น เพราะสามารถละลายในน้ำมันได้ดี ซึ่ง Peroxyl Radical นั้นเกิดจากกระบวนการ Lipid Peroxidation ที่บริเวณเยื่อหุ้มเซลล์ ดังนั้น Carotenoids จึงมีส่วนสำคัญในการปกป้องเยื่อหุ้มเซลล์ สาร Lipoprotein จากการทำลายของ ROS เมื่อ Carotenoid จับกับอนุมูลอิสระแล้วจะสามารถ Delocalized อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นได้ผ่านทาง Conjugated Double Bond สายยาวและทำให้โมเลกุลนั้นมีความเสถียรขึ้น (อธิป สกุลเผือก, 2557)

คุณประโยชน์เด่น ๆ ของเบต้าแคโรทีน คือ ช่วยให้ร่างกายได้รับวิตามินเอในปริมาณที่เพียงพอกับความต้องการ ช่วยป้องกันผิวที่อาจเกิดอันตรายจากรังสีอัลตราไวโอเลตที่มากับแสงแดดได้ ผิวพรรณมีสุขภาพสวยใสไร้รอยด่างดำ ช่วยชะลอริ้วรอย เพิ่มเติมความสดใสเต่งตึงของเซลล์ผิว โดยจะคอยกำจัดอนุมูลอิสระในร่างกาย ยับยั้งไม่ให้ไปทำปฏิกิริยากับเซลล์แล้วทำลายโครงสร้างหน้าที่ของเซลล์ในร่างกาย จนเซลล์เสื่อมสภาพ นั่นคือสาเหตุให้โรคเรื้อรังต่าง ๆ มารุมเร้าเราจนทรุดโทรมลงไปในที่สุด ช่วยการทำงานของการมองเห็น ให้มองเห็นในที่มืดได้ดี ลดความเสื่อมสภาพของเซลล์ของลูกตา เยื่อบุตา กระจกตา ช่วยให้ระบบภูมิคุ้มกันโดยรวมของร่างกายทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ ยังช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด และการเกิดโรคมะเร็ง (Gul K. et al., 2015)

ขนาดการรับประทาน : 10-30 มิลลิกรัมต่อวัน

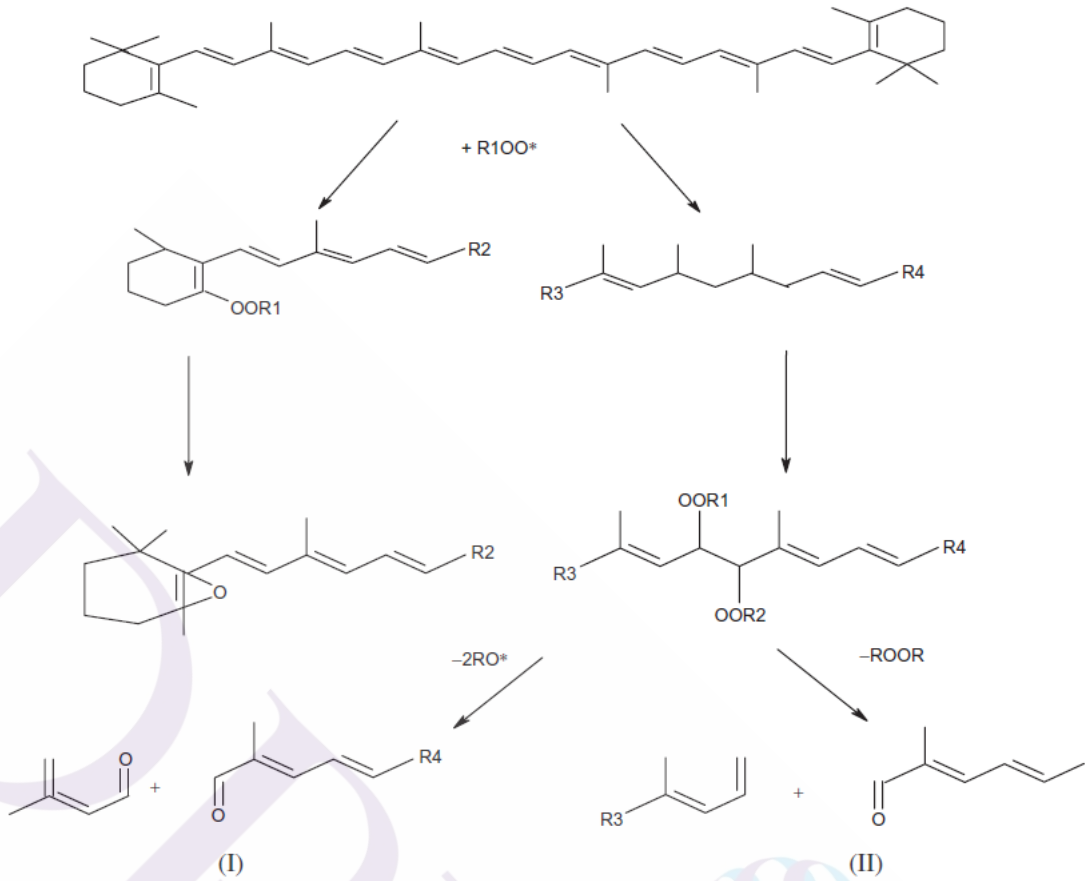


Figure 2. Oxidation of β-carotene by a peroxyl radical. (I) *Homolytic cleavage*: no antioxidant effect, (II) *Heterolytic cleavage*: antioxidant effect.

ภาพที่ 2.22 Oxidation of b-carotene by a peroxyl radical. (I) Homolytic cleavage: no antioxidant effect, (II) Heterolytic cleavage: antioxidant effect.

ที่มา: https://doi.org/10.1081/FRI-120037155

2.4.8 Alpha Lipoic Acid (ALA)

แอลฟาไลโพอิกแอซิด (Alpha Lipoic Acid) ทำหน้าที่รีไซเคิลสารและวิตามินตัวอื่น ๆ เช่น วิตามินซี วิตามินอี โคเอนไซม์คิวเทน และกลูตาไทโอน ที่ถูกใช้ไปแล้ว ให้เอากลับมาใช้ใหม่ได้อีก และยังสามารถทำงานต้านอนุมูลอิสระทั้งในบริเวณที่เป็นไขมันและบริเวณที่เป็นน้ำ สามารถเร่งกระบวนการสร้างพลังงาน และจัดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระฤทธิ์แรง ช่วยให้อนุภาคที่ไม่เสถียรและเป็นผลร้ายต่อร่างกาย มีสภาพเป็นกลาง ช่วยควบคุมระดับของธาตุเหล็ก และทองแดงซึ่งเป็นแร่ธาตุจำเป็นของร่างกายให้อยู่ในระดับที่พอดี ช่วยปกป้องตับมิให้ถูกอนุมูลอิสระทำลาย ช่วยกำจัดสารพิษออกจากร่างกาย มีการใช้สารนี้รักษาตับอักเสบ ตับแข็ง และโรคตับอื่น ๆรวมทั้งสารพิษตะกั่ว หรือโลหะหนักอื่น ๆ และสารเคมีจาก อุตสาหกรรม เช่น Carbon Tetrachloride เป็นต้น

นอกจากนี้ยังสามารถยับยั้งการเพิ่มจำนวนของไวรัสจากคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ เสริมภูมิคุ้มกันและการทำงานของตับ ช่วยชะลอการเกิดหลอดเลือดแข็งตัว ซึ่งมักพบในผู้ป่วยเบาหวาน ตลอดจนใช้คุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ ช่วยเรื่องอ่อนเพลียเรื้อรัง สะเก็ดเงิน ซึ่งรุนแรงจากอนุมูลอิสระได้อีกด้วยเช่นกัน

ขนาดการรับประทาน : การทาน ALA ทั่วไปอยู่ที่ 50-100 มิลลิกรัมต่อวัน และการทานเพื่อป้องกันภาวะแทรกซ้อนจากโรคเบาหวานแนะนำ 100-200 มิลลิกรัมต่อวัน

2.4.9 Vitamin C

วิตามินซี (Vitamin C) เป็นวิตามินชนิดละลายน้ำ มีประโยชน์มากมาย เช่น ใช้รักษาและป้องกันโรคลักปิดลักเปิด และวิตามินซียังเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ หรือ Antioxidant มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นภายในร่างกาย นอกจากนี้ยังมีส่วนช่วยในการซ่อมแซมและการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อในร่างกาย ช่วยทำให้แผลหายเร็วขึ้น และมีส่วนช่วยในการสร้างคอลลาเจนในร่างกายได้อีกด้วย (Nicholas N. et al., 2018)

ขนาดการรับประทาน : แนะนำให้ทานปริมาณ 500 - 1,000 มิลลิกรัมต่อวัน

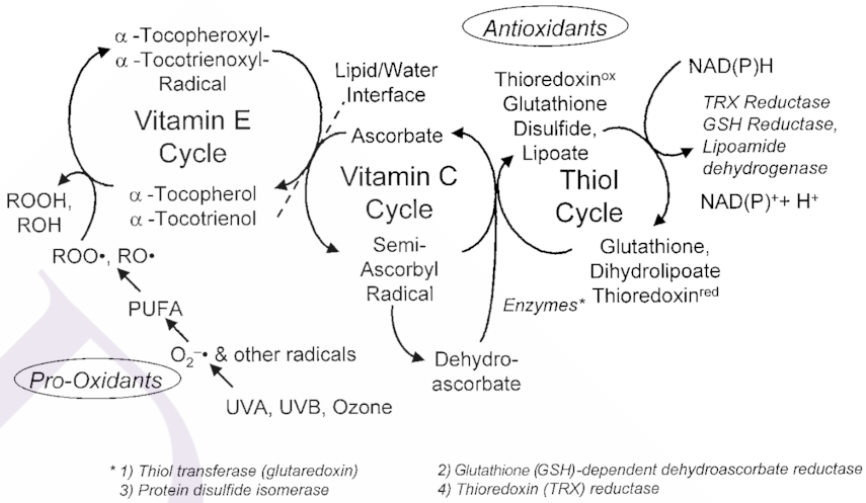
2.4.10 Vitamin E

วิตามินอี (Vitamin E) หรือ โทโคฟีรอล (Tocopherol) เป็นวิตามินที่ละลายในไขมัน ซึ่งจะถูกเก็บสะสมไว้ที่ตับ เนื้อเยื่อ ไขมัน หัวใจ เลือด กล้ามเนื้อ มดลูก อัณฑะ ต่อมหมวกไต ต่อมใต้สมอง (มีหน่วยวัดเป็น IU โดย 1 IU = 1 mg.) โดยวิตามินอีแบ่งออกออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ โทโคฟีรอลและโทโคไทรอีนอล โดยทั้ง 2 กลุ่มจะแบ่งเป็น 4 รูปแบบ คือ แอลฟา บีตา แกมมา เดลตา ซึ่งในบรรดาสารทั้ง 8 ตัว แอลฟาโทโคฟีรอลจัดได้ว่ามีฤทธิ์ทางชีวภาพ แต่แกมมาโทโคฟีรอลมีประสิทธิภาพมากกว่าในการเพิ่มระดับเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทส (SOD) ซึ่งมีความสามารถในการต่อต้านอนุมูลอิสระและป้องกันโรคที่เกี่ยวข้องกับการอักเสบเรื้อรัง ซึ่งรวมไปถึงมะเร็ง โรคหัวใจ โรคชรา อัลไซเมอร์

คุณประโยชน์เด่น ๆ ของวิตามินอี คือ ช่วยทำให้แลดูอ่อนกว่าวัย โดยชะลอกระบวนการเสื่อมสภาพของเซลล์ ช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของคอเลสเตอรอลชนิดไม่ดี ช่วยนำออกซิเจนเข้าสู่ร่างกายเพื่อเพิ่มสมรรถภาพความทนทาน ช่วยปกป้องปอดจากมลพิษทางอากาศ โดยทำงานร่วมกับวิตามินเอ ช่วยป้องกันโรคมะเร็งได้หลายชนิด เพิ่มประสิทธิภาพในการต่อสู้กับโรคให้เม็ดเลือดขาวชนิดทีเซลล์ ยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งเต้านม ช่วยป้องกันและสลายลิ่มเลือด ช่วยบรรเทาอาการอ่อนเพลีย ลดโอกาสเสี่ยงต่อการเป็นต้อกระจก ลด

ความเสี่ยงต่อการเป็นโรคกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือดและอัมพฤกษ์ อัมพาต และลดความเสี่ยงและความรุนแรงของโรคอัลไซเมอร์ได้

ขนาดการรับประทาน : 10 มิลลิกรัมต่อวัน



ภาพที่ 2.23 The antioxidant network showing the interaction among vitamin E, vitamin C and thiol redox cycles

ที่มา: Journal of Nutrition 131(2):369S-73S

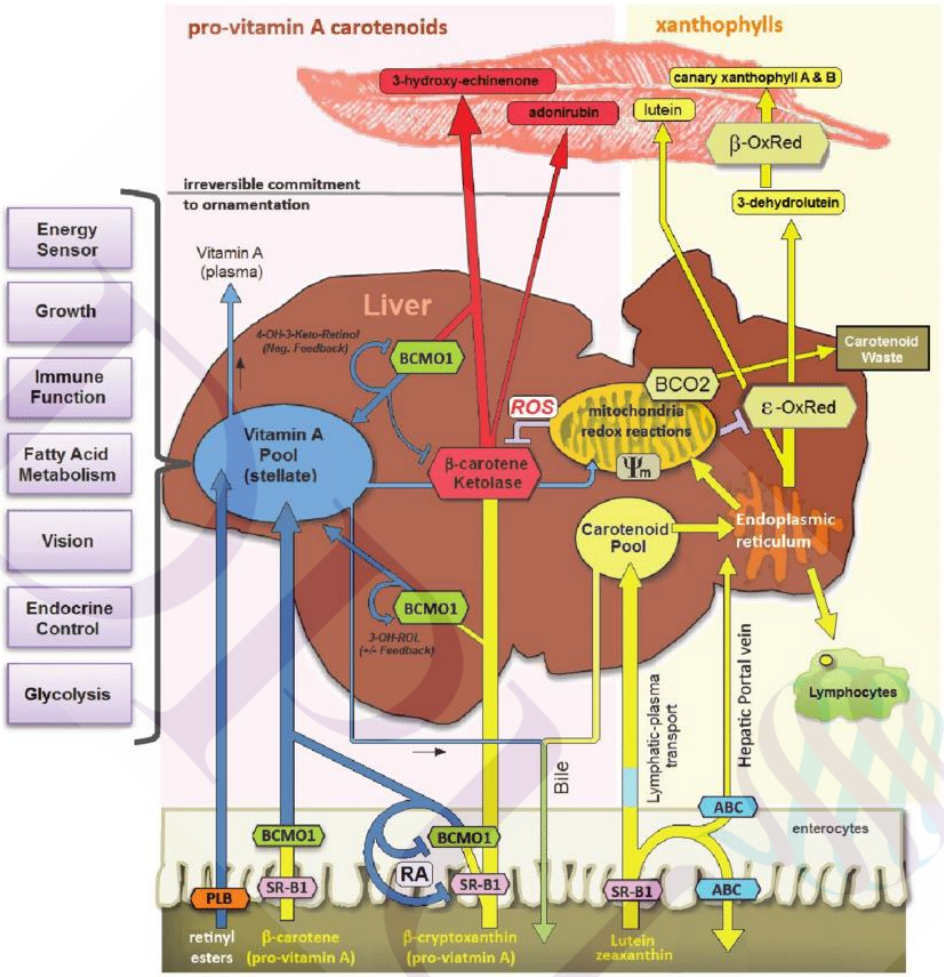
2.4.11 Vitamin A

วิตามินเอ (Vitamin A) เป็นวิตามินที่ละลายในไขมัน ซึ่งต้องใช้ไขมันและแร่ธาตุมาช่วยในการดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย วิตามินเอแบ่งเป็น 2 ชนิดคือ วิตามินเอแบบสำเร็จที่เรียกว่า เรตินอล Retinol (พบในอาหารที่มาจากสัตว์เท่านั้น) และโปรวิตามินเอหรือแคโรทีน (พบทั้งพืชและสัตว์) แหล่งอาหารของวิตามินเอที่พบได้โดยทั่วไป เช่น น้ำมันตับปลา ตับ แคร์รอต ผักสีเหลืองและเขียวเข้ม ผักตำลึง ยอดชะอม คะน้า ยอดกระถิน ผักโขม ฟักทอง บรอกโคลี แคนตาลูป แตงกวา ผักกาดขาว มะละกอสุก ไข่ นม เป็นต้น

คุณประโยชน์เด่น ๆ ของวิตามินเอ คือ ช่วยสร้างภูมิต้านทานต่อการติดเชื้อในทางเดินหายใจ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการมองเห็น ช่วยรักษาโรคตาได้หลายโรค โดยช่วยสร้างเม็ดสีที่มีคุณสมบัติไวต่อแสง ทำให้ระบบภูมิคุ้มกันในร่างกายของเราทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยลดระยะเวลาการเจ็บป่วยจากโรคต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี ช่วยลดจุดด่างดำ รอยแผลเป็น รอยแผลสิวที่ผิวหนังได้ดี ช่วยสร้างเนื้อเยื่อชั้นนอกของอวัยวะต่าง ๆ ให้มีสุขภาพดีขึ้น ส่งเสริมการเจริญเติบโต

ของร่างกาย ผิวพรรณ ผม ฟัน เหงือก และเพิ่มความแข็งแรงของกระดูก รวมทั้งสามารถรักษาโรคถุงลมโป่งพองและไทรอยด์เป็นพิษได้อีกด้วย

ขนาดการรับประทาน : 700-900 ไมโครกรัมต่อวัน



ภาพที่ 2.24 The vitamin A–redox hypothesis applied to carotenoid and retinoid pathways in a cardueline finch (family Fringillidae) with redfeather coloration.

ที่มา: The American Naturalist, Vol. 180, No. 5

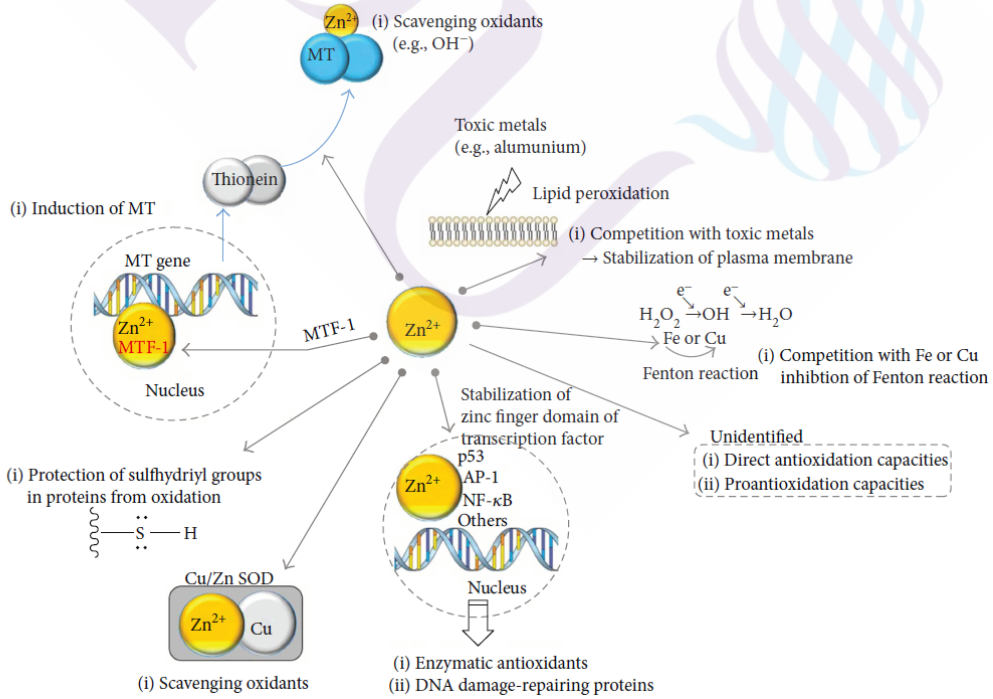
2.4.12 Zinc Amino Acid Chelate

อะมิโน แอซิด คีเลต (Amino Acid Chelate) คือ รูปแบบของการจับกันระหว่างโลหะ (แร่ธาตุ) กับกรดอะมิโน เพื่อทำหน้าที่ในการนำโลหะเข้าสู่ร่างกาย ซึ่งผลดีที่ได้รับจากการที่มีแร่ธาตุอยู่ในรูปแบบนี้คือ ทำให้มีการดูดซึมอย่างรวดเร็วพร้อมกับได้รับปริมาณแร่ธาตุที่ครบถ้วนและไม่เหลือการตกค้างของโลหะ

ซิงค์ (Zinc) หรือ สังกะสี คือ แร่ธาตุที่จำเป็น และสำคัญต่อการทำงานของเอ็นไซม์ต่าง ๆ ในร่างกาย และหน้าที่สำคัญอื่น ๆ อีกมากมาย โดยเป็นแร่ธาตุที่จัดอยู่ในกลุ่มที่ร่างกายต้องการในปริมาณน้อยแต่ไม่สามารถขาดได้ พบมากในผม เล็บ อัณฑะ กระดูก กล้ามเนื้อและ ตับ เป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ในร่างกายมากกว่า 300 ชนิด เพื่อช่วยให้ร่างกายทำหน้าที่ได้เป็นปกติ นอกจากนี้ยังมีผลต่อการเจริญเติบโตของร่างกาย ระบบภูมิคุ้มกัน การสมานแผล และประโยชน์อื่น ๆ ต่อร่างกายอีกมากมาย แหล่งอาหารของสังกะสีที่พบได้โดยทั่วไป คือ หอยนางรม เนื้อสัตว์ อาหารทะเล จมูกถั่วเหลือง ไข่แดง ธัญพืช และถั่วต่าง ๆ

คุณประโยชน์เด่น ๆ ของแร่ธาตุสังกะสี คือ เสริมสร้างภูมิคุ้มกัน (Ananda S., 2008) รักษาสิว (Cervantes J1 et al., 2018) แร่ธาตุสังกะสีจำเป็นต่อกระบวนการสร้างฮอร์โมสเทสโทสเตอโรน ซึ่งจะไปมีผลต่อการเพิ่มจำนวนและความแข็งแรงของสเปิร์ม ดังนั้น สังกะสีจึงจัดว่าเป็นแร่ธาตุที่เหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการมีบุตร นอกจากนี้ในผู้ป่วยที่มีอาการต่อมลูกหมากโต เมื่อได้รับแร่ธาตุสังกะสีจะพบว่ามีขนาดของต่อมลูกหมากลดลง (Ali Fallah et al., 2018) นอกจากนี้ ยังทำหน้าที่สมานแผล ไม่ว่าจะเป็นแผลบริเวณผิวด้านนอก หรือแผลภายใน เช่นที่ผิวหนังหรือที่กระเพาะอาหาร จากการทดลองพบว่ากลุ่มผู้ป่วยที่มีปัญหาเกี่ยวกับแผลในกระเพาะอาหารเมื่อได้รับแร่ธาตุสังกะสีเสริมแผลจะหายเร็วกว่ากลุ่มผู้ป่วยที่ไม่ได้รับ

ขนาดการรับประทาน : 20-50 มิลลิกรัมต่อวัน



ภาพที่ 2.25 Involvement of zinc as an antioxidant

ที่มา: Oxidative Medicine and Cellular Longevity

2.4.13 Copper Amino Acid Chelate

คอปเปอร์ อะมิโน แอซิด คีเลต (Copper Amino Acid Chelate) ช่วยให้ร่างกายดูดซึมธาตุเหล็ก (Iron) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเคมี (Catalyst) ในการสร้างฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) และเม็ดเลือดแดง นอกจากนี้ยังมีความสำคัญในการนำพาออกซิเจน (Oxygen) ไปยังเซลล์ต่าง ๆ ในร่างกาย ช่วยควบคุมการสร้างเซลล์ให้เป็นไปอย่างปกติและถูกต้อง ช่วยในการสร้างสีผิว สีตา และสีผม คอปเปอร์ อะมิโน แอซิด คีเลต (Copper Amino Acid Chelate) และวิตามินซี (Vitamin C) จะร่วมกันในการสร้างคอลลาเจน (Collagen) และอีลาสติน (Elastin) ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของร่างกายที่ช่วยบำรุงรักษาผิวหนังให้เกิดความยืดหยุ่นและมีบทบาทสำคัญในการสร้างกระดูก

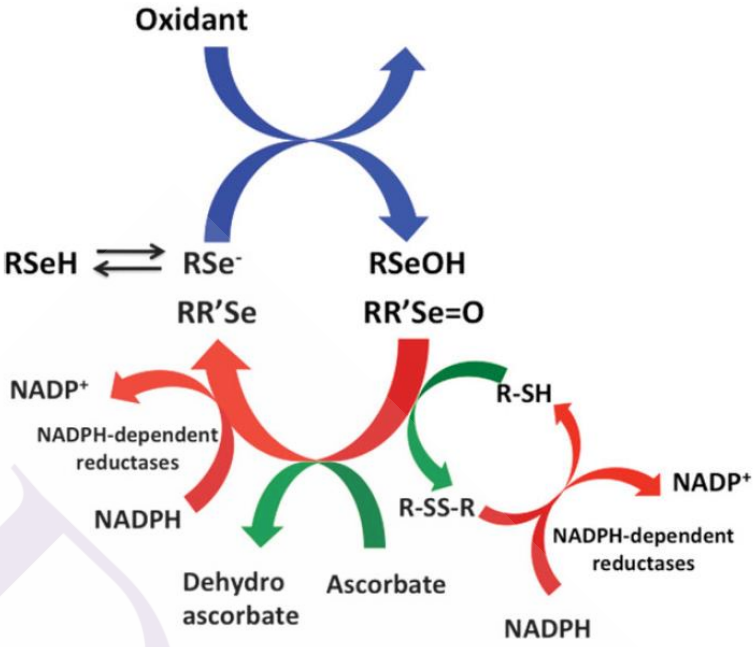
ขนาดการรับประทาน : 20-50 มิลลิกรัมต่อวัน

2.4.14 Selenium Amino Acid Chelate

ซีลีเนียม อมิโน แอซิด คีเลต (Selenium Amino Acid Chelate) เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ทรงประสิทธิภาพ ทำงานร่วมกับวิตามินอี หากได้รับพร้อมกันจะมีประสิทธิภาพสูงในการขจัดอนุมูลอิสระ ซีลีเนียมจำเป็นสำหรับกระบวนการเมทาบอลิซึม ช่วยให้ตับทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ และยังพบในอสุจิ ทั้งนี้ การขาดซีลีเนียมอาจทำให้เพศชายเป็นหมันได้

คุณประโยชน์เด่น ๆ ของซีลีเนียม อมิโน แอซิด คีเลต คือ จำเป็นสำหรับการมองเห็น บำรุงสุขภาพผิวและผม ช่วยป้องกันรังแค ลดการอักแสบบนผิวหนัง และบรรเทาอาการต่าง ๆ ของสตรีวัยหมดประจำเดือน ช่วยคงความยืดหยุ่นอ่อนเยาว์ของเนื้อเยื่อต่าง ๆ ช่วยป้องกันมะเร็งได้หลายชนิด ช่วยลดความเสี่ยงของโรคหัวใจและเส้นเลือดในสมองตีบ และช่วยเพิ่มจำนวนสเปิร์มและประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ในผู้ชาย (Hawkes W.C., et al., 2003; S. Zhang and E. Duan, 2018)

ขนาดการรับประทาน : 2-5 มิลลิกรัมต่อวัน



ภาพที่ 2.26 Oxidation and subsequent repair of free seleno amino acids

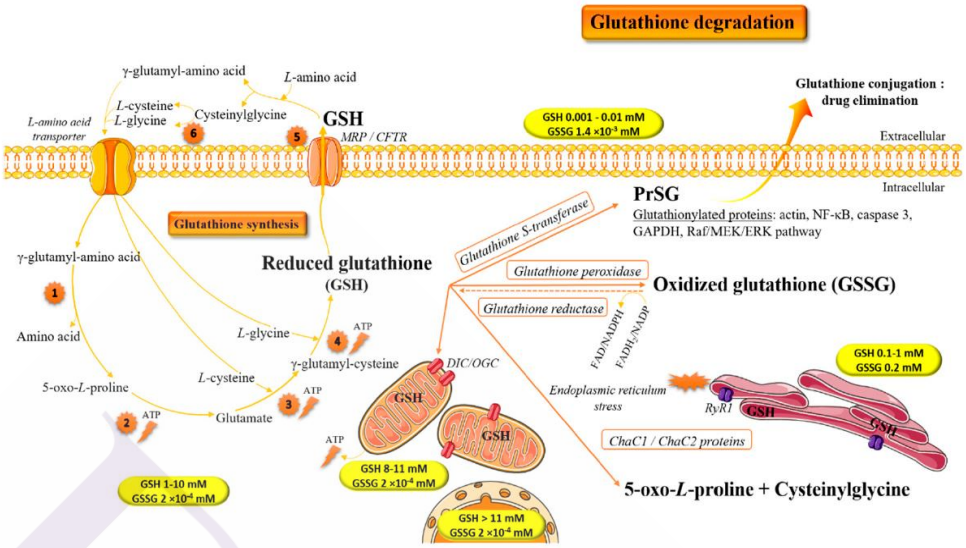
ที่มา: IUBMB Life, 64(11): 863–871, November 2012

2.4.15 L-Glutathione

กลูตาไธโอน (Glutathione) เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่เซลล์ในร่างกายมนุษย์สามารถสังเคราะห์ได้เอง เป็นสารประเภท Tripeptide ที่ประกอบด้วยกรดอะมิโน 3 ชนิด ได้แก่ ซิสเทอีน (Cysteine), ไกลซีน (Glycine) และ กลูตามิกแอซิด (Glutamic acid) พบมากที่ตับของมนุษย์

แอลกลูต้าไธโอน (L-Glutathione) เป็นกรดอะมิโนที่สำคัญในการต่อต้านอนุมูลอิสระ ทำหน้าที่ในการปกป้องเนื้อเยื่อไม่ให้ถูกทำลายจากอนุมูลอิสระ กระตุ้นภูมิคุ้มกันของร่างกาย ช่วยตับในการทำลาย/ ขจัดสารพิษออกจากร่างกาย และยับยั้งการสร้างเม็ดสีเมลานิน ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดกระ ฝ้า และจุดด่างดำ นอกจากนี้พบว่าผู้ที่มีสภาพการทำงานของตับบกพร่อง ผู้ที่ทานแอลกอฮอล์เป็นประจำ รวมทั้งผู้ป่วยโรคตับอักเสบและตับแข็ง จะพบกลูต้าไทโอนในตับมีปริมาณน้อย ไม่เพียงพอต่อการนำไปใช้ประโยชน์ได้ จำเป็นต้องได้รับเสริมเข้าไปโดยตรงจากแหล่งอาหารอื่น ๆ เช่น ผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์บางชนิด รวมทั้งที่อยู่ในรูปของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารด้วย

ขนาดการรับประทาน : 200-500 มิลลิกรัมต่อวัน



ภาพที่ 2.27 The homeostasis of reduced (GSH) and oxidized/disulfide (GSSG) glutathione within cells

ที่มา: Antioxidants 2018, 7, 62

ทั้งนี้ จากการทบทวนงานวิจัยอื่น ๆ พบว่า มีผลข้างเคียง (Adverse Effects) จากสารต้านอนุมูลอิสระที่เป็นประกอบในสูตร M2 รายละเอียดดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ผลข้างเคียง (Adverse Effects) จากสารต้านอนุมูลอิสระที่เป็นประกอบในสูตร M2

No.	Active Ingredients	Dosage (mg.)	Adverse Effect	References
1	Grape Skin Extract - Resveratrol	115	No side effect but avoid taking with blood thinners like warfarin (Coumadin), and NSAID medications like aspirin and ibuprofen. That may raise your chance of bleeding.	https://www.webmd.com/heart-disease/resveratrol-supplements

No.	Active Ingredients	Dosage (mg.)	Adverse Effect	References
2	Haematococcus Pluviaris Eq.to astaxanthin 2 mq	40	May increased bowel movements and red stool color. High doses of astaxanthin may cause stomach pain.	https://www.rxlist.com/astaxanthin-supplements.htm
3	Co-Enzyme Q10- Spec 100%	30	Co-Enzyme Q10can cause some mild side effects including stomach upset, loss of appetite, nausea, vomiting, and diarrhea. It can cause allergic skin rashes in some people.	https://www.webmd.com/vitamins/ai/ingredientmono-938/coenzyme-q10
4	Melon Extract - SOD	5	Information from large clinical studies is lacking; however, adverse effects appear to be limited such as pain	https://www.drugs.com/npp/sod.html
5	Oryza Rice Ceramide PCD 10%	5	No toxic effect observed, at 5000 mg/kg.	http://www.oryza.co.jp/html/english/pdf/ORYZA%20CERAMIDE%207.1NS.pdf
6	Grape Seed Oil	60	Common side effects include headache, sore throat, dizziness, itchy scalp, stomach ache, nausea	https://www.medicalnewstoday.com/articles/263332.php#side-effects
7	Beta Carotene 30%	20	Some people can cause diarrhea, discoloration of the skin, joint pain, yellowing of the skin	https://www.rxlist.com/consumer_beta-carotene_lumitene/drugs-condition.htm

No.	Active Ingredients	Dosage (mg.)	Adverse Effect	References
8	Alpha Lipoic Acid	50	In some people can cause nausea or skin rash.	https://www.drugs.com/sfx/alpha-lipoic-acid-300-side-effects.html
9	Vitamin C	60	In some people, vitamin C might cause nausea, vomiting, heartburn, stomach cramps, headache, and other side effects.	https://www.webmd.com/vitamins/ai/ingredientmono-1001/vitamin-c-ascorbic-acid
10	Vitamin E Acetate 50%	20	No adverse effects have been reported from normal dietary consumption. If take doses greater than 400 Units a day and long-term use Blurred vision, diarrhea, dizziness, headache, nausea or stomach cramps	https://www.drugs.com/sfx/vitamin-e-side-effects.html
11	Vitamin A Acetate (500.000 IU/q)	1	No adverse effects have been reported from normal dietary consumption. Some research suggests that higher doses might increase the risk of osteoporosis and hip fracture, particularly in older people.	https://www.webmd.com/vitamins/ai/ingredientmono-964/vitamin-a
12	Zinc Amino Acid Chelate 20%	50	No adverse effects have been reported from normal dietary consumption, but rare case occurs: Nausea, stomach cramps.	https://www.webmd.com/drugs/2/drug-151988/zinc-amino-acid-chelate-oral/details/list-sideeffects

No.	Active Ingredients	Dosage (mg.)	Adverse Effect	References
13	Copper Amino Acid Chelate 1%	3	No adverse effects have been reported from normal dietary consumption of copper. Signs of copper toxicity include nausea, vomiting, diarrhea, stomach pain, headache, dizziness, weakness, a metallic taste in the mouth	https://www.medicalnewstoday.com/articles/288165.php#risks
14	Selenium Amino Acid Chelate 1%	2	Taking doses above 400 mcg can increase the risk of developing selenium toxicity. Selenium can cause muscle tenderness, tremor, lightheadedness, facial flushing, blood clotting problems, liver and kidney problems, and other side effects. High doses of selenium can cause significant side effects including nausea, vomiting, nail changes, loss of energy, and irritability.	https://www.webmd.com/vitamins/ai/ingredientmono-1003/selenium
15	L-Glutathione	100	no serious adverse reactions	https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5413479/

2.5 การศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพ

2.5.1 ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน (Anti-oxidation activity)

ในสิ่งมีชีวิตต้องการใช้พลังงานเพื่อประกอบกิจกรรมต่าง ๆ ซึ่งจะต้องใช้ออกซิเจนเพื่อการสร้างพลังงาน โดยใช้โมเลกุลของออกซิเจนเป็นตัวรับอิเล็กตรอนในขั้นสุดท้ายและจะถูกรีดิวซ์เป็นน้ำซึ่งเป็นสารที่ไม่ก่อปฏิกิริยา ส่วนปฏิกิริยาของออกซิเจนนั้นสามารถก่อสารอนุมูลอิสระ และอนุมูลว่องไวปฏิกิริยาออกซิเดชัน คือ Reactive Oxygen Species หรือ ROS ซึ่งการเพิ่มสารเหล่านี้จะทำให้มีผลทำลายสารชีวโมเลกุลได้แก่ โปรตีน กรดนิวคลีอิกหรือลิปิด ซึ่งจะทำให้การทำงานบกพร่องไปและไม่สามารถกลับมาทำงานได้อีก ภาวะนี้เรียกว่า ภาวะเครียดออกซิเดชั่น (Oxidative Stress) นอกจากนี้ยังสามารถก่อให้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ของสารออกซิเดชัน เช่น การเกิดเปอร์ออกซิเดชันของลิปิด (Lipid Peroxidation) ทำให้เกิดการทำลายเซลล์เมมเบรนอย่างต่อเนื่อง สารภายในเซลล์รั่วไหลและทำให้เซลล์ตายในที่สุด นอกจากนี้โลหะบางประเภท เช่น เหล็ก (Fe) และทองแดง (Cu) ที่มีอยู่ในร่างกายสามารถที่จะก่อปฏิกิริยาออกซิเดชันได้เช่นกัน (อุไรวรรณ และคณะ, 2552)

สารต้านออกซิเดชัน (Antioxidant) คือ สารที่ทำหน้าที่ยับยั้งหรือต่อต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือสารที่สามารถขจัดอนุมูลอิสระออกจากร่างกาย ร่างกายมีระบบต้านออกซิเดชันแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ ประเภทแรกป้องกันการเกิดสารอนุมูลอิสระ ได้แก่ เอนไซม์ Superoxide Dismutase, Glutathione Peroxidase, Catalase, Peroxidase, Cytochrome C Peroxidase ทองแดง สังกะสี ซีเลเนียม โปรตีนซึ่งมีทองแดงอยู่ในโมเลกุล (Ceruloplasmin) ส่วนอีกประเภทหนึ่งคือ สารต้านออกซิเดชัน ในกลุ่มที่ทำลายปฏิกิริยาลูกโซ่นี้ได้แก่ วิตามินอี เบต้าแคโรทีน วิตามินซี Ubiquinone, Uric Acid, Bilirubin, Albumin, Sulfhydryl Groups ในกรดอะมิโน Cysteine ซึ่งมีอยู่ในโปรตีน เช่น เนื้อสัตว์ นอกจากวิธีนี้ยังมีสารประกอบฟีนอลิกและสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่มีสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชันอีกด้วย (อุไรวรรณ และคณะ, 2552)

2.5.2 การทดสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน

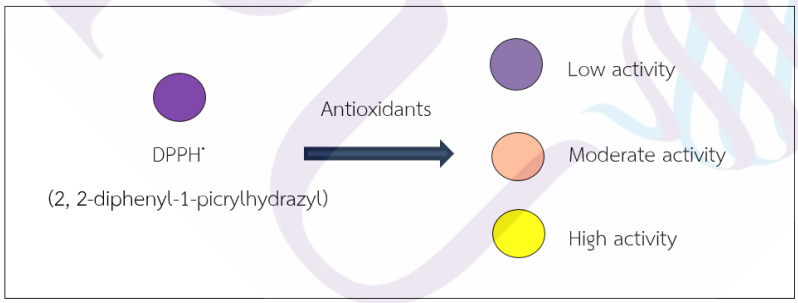
2.5.2.1 การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งอนุมูลอิสระ

เป็นการทดสอบทางเคมีโดยใช้สารที่มีคุณสมบัติเป็นอนุมูลอิสระคือ DPPH (Diphenly-Picryhydrazyl Radical) ซึ่งเป็นสารสังเคราะห์ที่อยู่ในรูปอนุมูลอิสระที่คงตัวและมีสีม่วงสามารถดูดกลืนแสงได้สูงสุดโดยใช้เครื่องมือสเปกโตโฟโตรมิตอร์ (Spectrophotometer) ที่ความยาวคลื่น 515 nm เมื่อ DPPH ทำปฏิกิริยากับสารต้านอนุมูลอิสระที่ละลายด้วยเอทานอลจะทำให้สีม่วงจางลงจนเป็นสีเหลืองซึ่งก่อนนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงต้องตั้งทิ้งไว้ที่มืดเป็นเวลา 30 นาที เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์สามารถหาสารต้านอนุมูลอิสระของสารตัวอย่างได้จากการคำนวณสีที่จางลง

ของการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH (บุหรัน, 2556) โดย DPPH จะเกิดปฏิกิริยากับ Antioxidant (AH) หรือกับ Radical Species (R) ได้ดังสมการแสดงในภาพที่ 2.14

ภาพที่ 2.28 แสดงปฏิกิริยาของ Antioxidant กับ DPPH
ที่มา: http://www.foodnetworksolution.com

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH เป็นการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระหรือฤทธิ์ต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยการให้สารตัวอย่างทำปฏิกิริยากับ DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระที่เสถียรมีสีม่วง เมื่อ DPPH ได้รับอิเล็กตรอนหรืออนุมูลอิสระไฮโดรเจน จะเปลี่ยนเป็น DPPH:H ติดตามผลโดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร (Yamasaki *et al*., 1994) ซึ่งเป็นค่าการดูดกลืนแสงของ DPPH ดังแสดงในภาพที่ 2.15

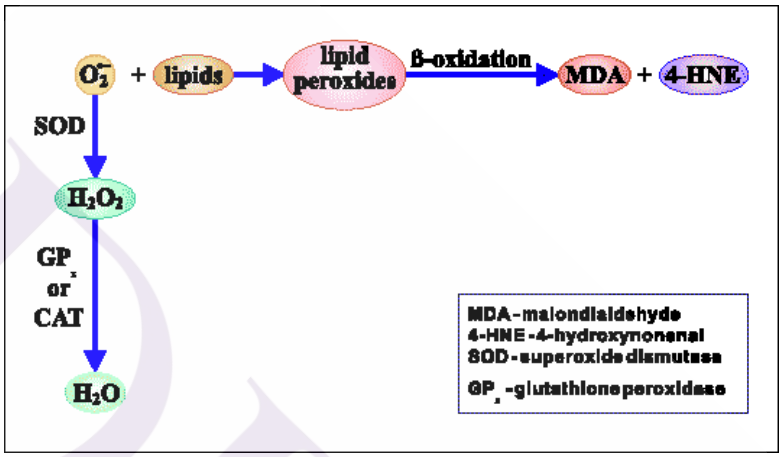


ภาพที่ 2.29 กลไกการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH
ที่มา: http://www.foodnetworksolution.com

2.5.2.2 การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเปอร์ออกซิเดชันของไขมัน

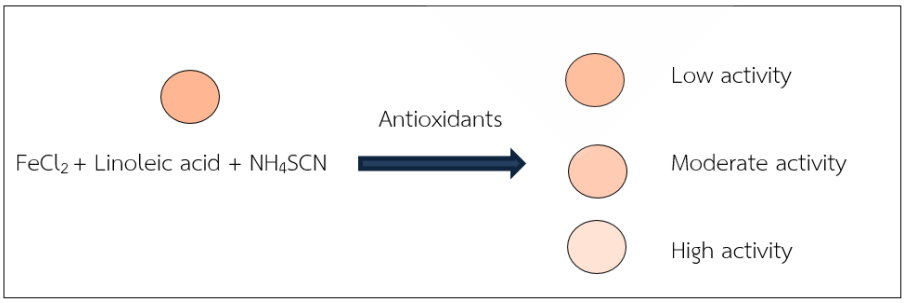
เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันแบบลูกโซ่ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวอนุมูลอิสระเพียง 1 อนุมูลสามารถทำให้เกิดลิปิดเปอร์ออกไซด์จำนวนหลายร้อยโมเลกุลเนื่องจากปฏิกิริยาเปอร์ออกซิเดชันของไขมัน (Lipid Peroxidation) เกิดได้ง่ายกับเยื่อหุ้มเซลล์ที่ประกอบด้วยลิปิด 2 ชั้น

การเกิดเปอร์ออกซิเดชันของไขมัน กับลิปิดในเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์มีคุณสมบัติที่เปลี่ยนไปและส่งผมกระทบต่อเอนไซม์ และรีเซพเตอร์ทำให้การทำงานเสียไป เป็นเหตุให้เกิดโรคต่าง ๆ ผลผลิตที่เกิดขึ้นมาจากเปอร์ออกซิเดชันของไขมัน ได้แก่ สารไฮโดรคาร์บอน เช่น อีเทนอีทีนและเพนเทน รวมถึงสารคีโตน และสารอัลดีไฮด์ เป็นต้น ปฏิกิริยาลูกโซ่เริ่มต้นด้วยการมีอนุมูลอิสระเกิดขึ้น และอนุมูลอิสระนี้เข้าทำปฏิกิริยากับลิปิด ทำให้เกิดอนุมูลลิปิด ดังภาพที่ 2.16



ภาพที่ 2.30 ปฏิกิริยาออกซิเดชันของลิพิด
ที่มา: http://jpp.krakow.pl

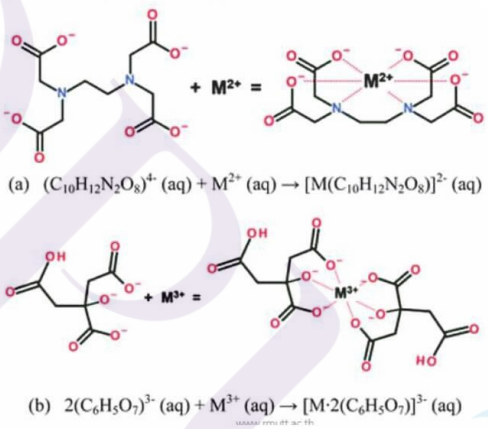
การทดสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน Lipid-peroxidation ด้วยวิธี Ferric-thiocyanate เป็นการทดสอบกลไกการเกิดออกซิเดชันของไขมัน เป็นการทดสอบการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัว คือ Linoleic Acid โดยกรดไขมันไม่อิ่มตัวทำปฏิกิริยากับอนุมูล ROS ซึ่ง ROS นี้จะเข้าไปดึงไฮโดรเจนอะตอมของหมู่ Methylene ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเกิดเป็นอนุมูลอิสระ Peroxyl Radical (Moon & Shibamoto, 2009) ดังแสดงในภาพที่ 2.17



ภาพที่ 2.31 กลไกการทดสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน Lipid-peroxidation ด้วยวิธี Ferric-thiocyanate
ที่มา: ภัชชัญญาณ์ กฤษศิริพงศ์กุล (2562)

2.5.2.3 การทดสอบฤทธิ์การเกิดคีเลชันของโลหะ

เป็นการทดสอบการต้านออกซิเดชันโดยวัดความสามารถในการแย่งจับกับโลหะ เนื่องจากโลหะไอออนมีความสำคัญในการเร่งปฏิกิริยาทำให้เกิดสารอนุมูลอิสระต่าง ๆ โดยเฉพาะธาตุเหล็กที่อยู่ในรูปเฟอร์รัสหรือ Fe^{2+}จะทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับออกซิเจนในอากาศ เกิดเป็นสารอนุมูล Superoxide anion radical (O^2) ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระตัวเริ่มต้นที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระตัวอื่น ๆ ต่อไป ดังนั้นวิธีการวัดความสามารถในการแย่งจับโลหะเฟอร์รัสของสารที่ต้องการทดสอบนั้นอาศัยจากการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นที่ 562 nm ที่มีค่าลดลง โดยเมื่อเติมสารเฟอร์โรซีนลงไป สารนี้จะไปจับกับเฟอร์รัสแล้วอยู่ในรูป Ferrozine-Fe^{2+}Complex ซึ่งจะให้สีแดง และถ้าสารที่ต้องการทดสอบมีความสารถในการแย่งจับกับเฟอร์รัสจะอยู่ในรูป Antioxidant-Fe^{2+}Complex ซึ่งจะทำให้สีแดงของ Ferrozine-Fe^{2+} Complex จางลงได้ (ปรียานุช, 2551) ดังภาพที่ 2.18



ภาพที่ 2.32 การเกิดคีเลชันของโลหะ

ที่มา: http://pubs.rsc.org

การทดสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชันด้วยวิธี Ferrous Metal Chelating เป็นการทดสอบการวัดความสามารถในการแย่งจับโลหะเป็นวิธีหนึ่งที่นิยมใช้ในการหาความสามารถในการต้านออกซิเดชันของสารที่ต้องการทดสอบ เพราะโลหะไอออนเป็นตัวการสำคัญในการเร่งปฏิกิริยาทำให้เกิดสารอนุมูลอิสระต่าง ๆ มากมายโดยเฉพาะธาตุเหล็กที่อยู่ในรูปเฟอร์รัสหรือ Fe^{2+} จะทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับออกซิเจนในอากาศ เกิดเป็นสารอนุมูล Superoxide Anion Radical ซึ่งเป็นอนุมูลตัวเริ่มต้นที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระตัวอื่น ๆ ดังนั้นวิธีการวัดความสามารถในการจับโลหะ Fe^{2+} ของสารที่ต้องการทดสอบนั้นอาศัยจากการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 562 nm ที่มีค่าลดลงโดยเมื่อเติมสาร Ferrozine ลงไป สารนี้จะไปจับกับ Fe^{2+} แล้วอยู่ในรูป Ferrozine – Fe^{2+} Complex ซึ่งจะให้สีแดง และถ้าสารที่ต้องการทดสอบมีความสามารถในการแย่งจับกัน Fe^{2+} จะอยู่

ในรูป Antioxidant – Fe^{2+} Complex แล้วจะทำให้สีแดงของ Ferrozine – Fe^{2+} Complex จางลงได้ (Denis et al., 1994) ดังภาพที่ 2.19

ภาพที่ 2.33 กลไกการทดสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชันด้วยวิธี Ferrous Metal Chelating
ที่มา: http://pubs.rsc.org

โดยในการวิจัยนี้เลือกใช้การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH เท่านั้น โดยการวัดค่าต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องด้วยเครื่อง Callegari CR3000 (ภาคผนวก ค) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจเลือดเพื่อทดสอบ Oxidative Stress/Anti-Ageing (Free Oxygen Radicals Test and Free Oxygen Antioxidant Test) จากประเทศอิตาลีที่ได้รับการยอมรับและได้รับการรับรองมาตรฐานในระดับสากล

ภาพที่ 2.34 เครื่อง Callegari CR3000
ที่มา: https://www.callegari1930.com/en/general-health-screening/cr3000rc

2.6 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กรุณา คชเรนท์ (2560) ได้ทำการศึกษาฤทธิต้านอนุมูลอิสระของ ชาดอกเก็กฮวย ชาดอกกระเจี๊ยบและชาดอกอัญชัน ที่สกัดด้วยการต้มน้ำ จากผลการทดสอบฤทธิต้านออกซิเดชันจำนวน 3 วิธีของสารสกัดเหล่านี้ พบว่าสารสกัดทั้งหมดมีฤทธิต้านออกซิเดชัน โดยสารสกัดชาเก็กฮวย (DI) มีฤทธิต้านอนุมูลอิสระ(Free radical scavenging activity) ด้วยวิธี DPPH ดีที่สุด (SC_{50} เท่ากับ 0.16±0.01 mg/ml) ซึ่งมีฤทธิเทียบเท่ากับสารละลายวิตามินซีและมีฤทธิยับยั้งการเกิดเปอร์ออกซิเดชั่นของไขมัน (Lipid peroxidation activity) ด้วยวิธี Ferric-Thiocyanate ดีที่สุด (LC_{50} เท่ากับ 0.26±0.22 mg/ml) มีฤทธิเทียบเท่ากับสารละลายวิตามินอี ($p < 0.05$) นอกจากนี้พบว่าสารสกัดชาเก็กฮวยมีฤทธิต้านการเกิดคีเลชั่นของโลหะ (Metal chelating activity) ด้วยวิธี Ferric metal chelating ดีที่สุด (MC_{50} เท่ากับ 0.05±0.04 mg/ml) ซึ่งมีฤทธิคีเลชั่นของโลหะได้สูงกว่าสารละลายอีดีทีเอประมาณ 5 เท่า ($p<0.05$) แสดงให้เห็นว่าฤทธิต้านออกซิเดชั่นทั้ง 3 กลไกของสารสกัดชาดอกไม้ทั้ง 3 ชนิดอาจจะมีส่วนเกี่ยวข้องกับฤทธิทางชีวภาพและฤทธิเภสัชวิทยาของชาดอกไม้ได้

บัลกีส มามะและคณะ (2560) ได้ทำการทดสอบสารสกัดใบมะรุมสกัดด้วยน้ำ แสดงฤทธิ์ต้านนออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH, ABTS และ FRAP สูงสุด ให้ค่า IC_{50}, VEAC และ FRAP value เท่ากับ 99.28 ± 3.47 µg/mL, 2.40 ± 0.01 mM ascorbic acid/g และ 14.80 ± 0.59 mM Fe2+ /g ตามลำดับ ดังนั้นจึงนำสารสกัดน้ำจากใบมะรุมมาพัฒนาผลิตภัณฑ์เจลบำรุงผิวต้านอนุมูลอิสระและศึกษาความคงตัวของตำรับในสภาวะ เร่ง ด้วยวิธี Hot And Cold Temperature Cycle และสภาวะเร่งระยะยาวที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส พบว่าสภาวะเร่งในรอบที่ 8 ตำรับมีความคงตัวทางเคมีโดยให้ค่าการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ไม่แตกต่างกันกับค่าเริ่มต้น (IC50 = 138.04 ± 3.84 µg/mL) และในสภาวะเร่งระยะยาว ตำรับที่ผสมสารสกัดใบมะรุมมีความคงตัวทางเคมีและทางกายภาพดีเมื่อเทียบกับตำรับควบคุม มีค่า IC50 อยู่ในช่วง 97.72 - 123.89 µg/mL ในระหว่างเวลา 90 วัน โดย ณ วันที่ 90 ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของเจล (IC50 = 104.71 ± 4.83 µg/mL) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเทียบกับเริ่มต้น (IC50 = 97.72 ± 5.25 µg/mL) ดังนั้นตำรับนี้จะมีความคงตัวในช่วงระยะเวลา 3 เดือน

ภาวดี ช่วยเจริญ (2560) ได้ศึกษาชาสมุนไพรในด้านคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลในชาสมุนไพร 5 ชนิด คือ ชาขิง ชาตะไคร้ ชากระเจี๊ยบ ชามะตูม และชาใบเตยพบว่าในแง่ของคุณสมบัติการมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี 1-diphenyl-2-picryl hydrazyl หรือ DPPH ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นอนุมูลอิสระ พบว่าชาสมุนไพรที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดคือ ชาขิง ชากระเจี๊ยบ ชาตะไคร้ ชาใบเตย และชามะตูม ตามลำดับ

กฤติยา ไชยนอก (2559) การศึกษาฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของอินทผลัม โดยพบว่าผลของอินทผลัมมีฤทธิ์ ต้านอนุมูลอิสระ ต้านการอักเสบ ลดไขมันและน้ำตาลในเลือด ช่วยปกป้องตับไต หัวใจ และป้องกันการ ตายของเซลล์หัวใจ ซึ่งส่วนใหญ่ยังเป็นการศึกษาในระดับเซลล์และสัตว์ทดลองสำหรับการศึกษาทาง คลินิกพบว่า เมื่อให้อาสาสมัครสุขภาพดีรับประทานผลอินทผลัมในขนาด 100 ก./วัน นาน 4 สัปดาห์ จะทำให้ระดับไตรกลีเซอไรด์ลดลง โดยไม่ส่งผลเสียต่อระดับน้ำตาลในเลือด อีกทั้งยังช่วยป้องกันภาวะ หลอดเลือดแข็งตัวด้วย และการศึกษาในชายที่มีภาวะเสื่อมสมรรถภาพทางเพศพบว่า สารสกัดจากละอองเกสรของอินทผลัม (Date Palm Pollen; DPP) ซึ่งอุดมไปด้วย amino acids, fatty acids, flavonoids, saponins และ estroles สามารถช่วยให้จำนวนอสุจิและการเคลื่อนที่ของอสุจิเพิ่มขึ้น รวมทั้งทำให้ระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนเพิ่มขึ้นด้วย นอกจากนี้ DPPH ยังช่วยป้องกันการอักเสบจาก การฉายแสงรักษามะเร็งด้วย

ศรัญญา มณีทอง (2559) ได้ศึกษาการสกัดและการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในพืชสมุนไพร 4 ชนิดด้วยวิธีการทำลายอนุมูลอิสระดีพีพีเอช พืชสมุนไพร 4 ชนิด ได้แก่ ผักโขม ผักปลัง มะระขี้นก และผักแพว โดยสกัดด้วยตัวทำละลาย 0.1 M HCl ใน 10% Ethanol และผลของอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการสกัด ได้แก่ อุณหภูมิห้อง 50 และ60 องศาเซลเซียส ที่เวลา30 60 และ 120 นาที ทดสอบฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH Radical Scavenging Assay ผลการศึกษาพบว่า ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH มีค่าเท่ากับ 0.568 ซึ่งสารสกัดตัวอย่าง ผักโขม ผักปลัง มะระขี้นก และผักแพว ทำให้ค่าการดูดกลืนแสงของ DPPH ลดลงเท่ากับ 0.119 0.140 0.131 และ 0.074 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าพืชทั้ง 4 ชนิด มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระโดยผักแพวมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดรองลงมาคือ ผักโขม มะระขี้นก และผักปลัง ส่วนสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดพืชพบว่า ผักโขม ผักปลัง และผักแพว ใช้ระยะเวลาในการสกัด 30 นาที ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสและมะระขี้นก ใช้ระยะเวลาในการสกัด 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง

บทที่ 3
ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 ประชากรและตัวอย่าง

3.1.1 ประชากรในงานวิจัยนี้ คือ ประชากรในวัยทำงาน (อายุ 20 – 50 ปี) ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร ซึ่งเป็นกลุ่มประชากรที่ไม่มีข้อมูลระบุจำนวนเอาไว้แน่ชัดว่ามีเท่าใดแน่

3.1.2 กลุ่มตัวอย่างของงานวิจัยนี้ คือ ประชากรในวัยทำงาน (อายุ 20 – 50 ปี) ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร จำนวน 30 คน ตามหลักเกณฑ์การกำหนดขนาดตัวอย่างตามวัตถุประสงค์การวิจัยและเป็นจำนวนน้อยที่สุดที่สร้างโค้งปกติได้ (สุวิมล ว่องวาณิช และนงลักษณ์ วิรัชชัย, 2546) โดยใช้การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จากอาสาสมัครที่สมัครเข้ามาตามช่องทางที่ผู้วิจัยเปิดรับสมัคร (Facebook Line และการแนะนำ/ บอกต่อ)

3.1.3 เกณฑ์ในการคัดเลือกเข้าร่วมการวิจัย

1) เพศชาย หรือ หญิง
2) อายุ 20 – 50 ปี
3) สุขภาพร่างกายและจิตใจโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ปกติ
4) ไม่อยู่ในระหว่างการตั้งครรภ์
5) มีความตั้งใจในการเข้าร่วมโครงการตั้งแต่ต้นจนจบและสามารถมาตรวจติดตามได้ทุกครั้งในการวิจัย

3.1.4 เกณฑ์ในการคัดเลือกให้ออกจากการวิจัย

1) ตั้งครรภ์ระหว่างการทดลอง
2) ลืมรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2 ติดต่อกันเกิน 3 วัน
3) มีพฤติกรรมลดน้ำหนัก หรือ น้ำหนักลดลงมากกว่า 5% ระหว่างการวิจัย
4) มีเหตุที่เพิ่มความเครียด หรือ มีความเครียดเพิ่มขึ้นระหว่างการวิจัย เช่น ตกงาน ย้ายที่ทำงาน มีปัญหาการนอนหลับ เป็นต้น
5) มีอาการไม่พึงประสงค์หลังการรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2
6) ไม่ปฏิบัติตามคำแนะนำ ฝ่าฝืนข้อห้าม หรือ ข้อกำหนดของการวิจัย เช่น สูบบุหรี่ ดื่มแอลกอฮอล์ หรือ ออกกำลังกาย มากเกินกว่าปกติ เป็นต้น

7) ผู้เข้าร่วมฯ ขอถอนตัวจากการวิจัย

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.2.1 หนังสือยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย (ภาคผนวก ข)

3.2.2 เก็บข้อมูลสุขภาพเบื้องต้นของกลุ่มตัวอย่าง (แยกรายบุคคล) ทั้งก่อนและหลังการรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ (วันที่ 1 และ วันที่ 15 ของการวิจัย) โดยแบบเก็บข้อมูลของกลุ่มตัวอย่าง (ภาคผนวก ก)

3.2.3 เก็บข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับอนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระของกลุ่มตัวอย่าง (แยกรายบุคคล) โดยใช้ผลวิเคราะห์เลือดจากเครื่อง Callegari CR3000

3.3 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.3.1 ประกาศรับสมัครอาสาสมัครเข้าร่วมการวิจัยตามช่องทางที่ระบุ โดยมีระยะเวลารับสมัคร 30 วัน (วันที่ 9 มกราคม 2563 - วันที่ 9 กุมภาพันธ์ 2563)

3.3.2 คัดเลือกผู้เข้าร่วมการวิจัย จำนวนทั้งสิ้น 30 คน จากผู้สมัครทั้งหมด โดยพิจารณาความเหมาะสมตามเกณฑ์ที่กำหนด

3.3.3 สร้างกลุ่ม Line เพื่อทำการติดตามผล และให้คำแนะนำตลอดระยะเวลาของการเข้าร่วมวิจัยในครั้งนี้ (หากผู้เข้าร่วมฯ มีอาการไม่พึงประสงค์ หรือ ไม่ประสงค์ร่วมการวิจัย สามารถหยุดการรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระนี้ได้ และอนุญาตให้ออกจากการร่วมวิจัย โดยผู้วิจัยจะต้องหาอาสาสมัครมาทดแทน เพื่อให้มีจำนวนรวมครบ 30 คน)

3.3.4 วันที่ 1 นัดผู้เข้าร่วมการวิจัย เพื่อทำการลงนามในหนังสือยินยอมเข้าร่วมการวิจัย และเก็บข้อมูลก่อนการรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ พร้อมทั้งแจกเอกสารประกอบการวิจัย อธิบายรายละเอียดต่าง ๆ และแจกสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2 แก่ผู้เข้าร่วมฯ ทุกคน (คนละ 2 กระปุก หรือ 40 แคปซูล) รวมทั้งแนะนำวิธีการรับประทาน และการปฏิบัติตัวตลอดระยะเวลาของการเข้าร่วมวิจัยในครั้งนี้

3.3.5 ดำเนินการเก็บตัวอย่างเลือดของผู้เข้าร่วมวิจัยก่อนการรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2 เพื่อนำส่งเพื่อตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Callegari CR3000 (รายละเอียดการเก็บตัวอย่างเลือด และขั้นตอนการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Callegari CR3000 ภาคผนวก ค)

3.3.6 ผู้เข้าร่วมฯ เริ่มการรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2 วันที่ 1 (เตรียมการและรับประทานต่อหน้าผู้วิจัย เพื่อตรวจสอบความเข้าใจของการรับประทาน)

3.3.7 ผู้เข้าร่วมฯ ส่งผล/ หลักฐานการรับประทานในกลุ่ม Line และผู้วิจัยทำการบันทึกผลการรับประทานตามแบบฟอร์มการติดตามผล (ภาคผนวก จ) และติดตามผลอย่างใกล้ชิดตลอดการวิจัย

3.3.8 วันที่ 15 ของการวิจัย (หลังจากรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2 ครบ 14 วัน) นัดผู้เข้าร่วมการวิจัย เพื่อทำการเก็บข้อมูลหลังการรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2

3.3.9 ดำเนินการเก็บตัวอย่างเลือดของผู้เข้าร่วมวิจัยหลังการรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2 เพื่อนำส่งเพื่อตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Callegari CR3000

3.4 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลหรือสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากดำเนินการเก็บข้อมูลต่าง ๆ ครบถ้วนแล้ว (ข้อ 3.3) ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบความสมบูรณ์และความถูกต้องของข้อมูล จากนั้นจึงนำข้อมูลมาลงรหัสตามวิธีการวิจัยทางสถิติและดำเนินการประมวลผลโดยคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรมสถิติสำเร็จรูป และได้ใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ

3.4.1 สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ได้แก่ ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เพื่ออธิบายข้อมูลเกี่ยวกับคุณลักษณะทางประชากรของกลุ่มตัวอย่าง

3.4.2 สถิติอ้างอิงหรือเชิงอนุมาน (Inferential Statistics) ได้แก่ ค่า t-test for dependent Samples เพื่อเปรียบเทียบความเปลี่ยนแปลงของอนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระของกลุ่มตัวอย่าง ระหว่างก่อนและหลังรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p = 0.05) ตามสูตร

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n\sum D^2 - \left(\sum D\right)^2}{n-1}}} \quad \text{เมื่อ} \quad df = n - 1$$

และใช้การทดสอบ One-Way Analysis of Variance (One-Way ANOVA) เพื่อทดสอบความสัมพันธ์ของปัจจัยด้านอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อภาวะเครียดออกซิเดชั่น นอกเหนือจากการรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2

3.4.3 ประยุกต์ใช้ดัชนีความสอดคล้องของประเด็นกับจุดประสงค์ (The Index of Item Objective Congruence) หรือค่า IOC เพื่ออธิบายประสิทธิผลของสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2 โดยพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงของค่า REDOX Index (เกรด A, B, C, D, และ E) โดยพิจารณาให้ค่าคะแนน คือ

1) หลังการรับประทานแล้วเกรดเปลี่ยนแปลงในทางที่ดีขึ้น ได้คะแนน +1

2) หลังการรับประทานแล้วเกรดไม่เปลี่ยนแปลง (คงที่) ได้คะแนน 0

3) หลังการรับประทานแล้วเกรดเปลี่ยนแปลงในทางที่แย่ลง ได้คะแนน -1

มีสูตรการคำนวณ ดังนี้

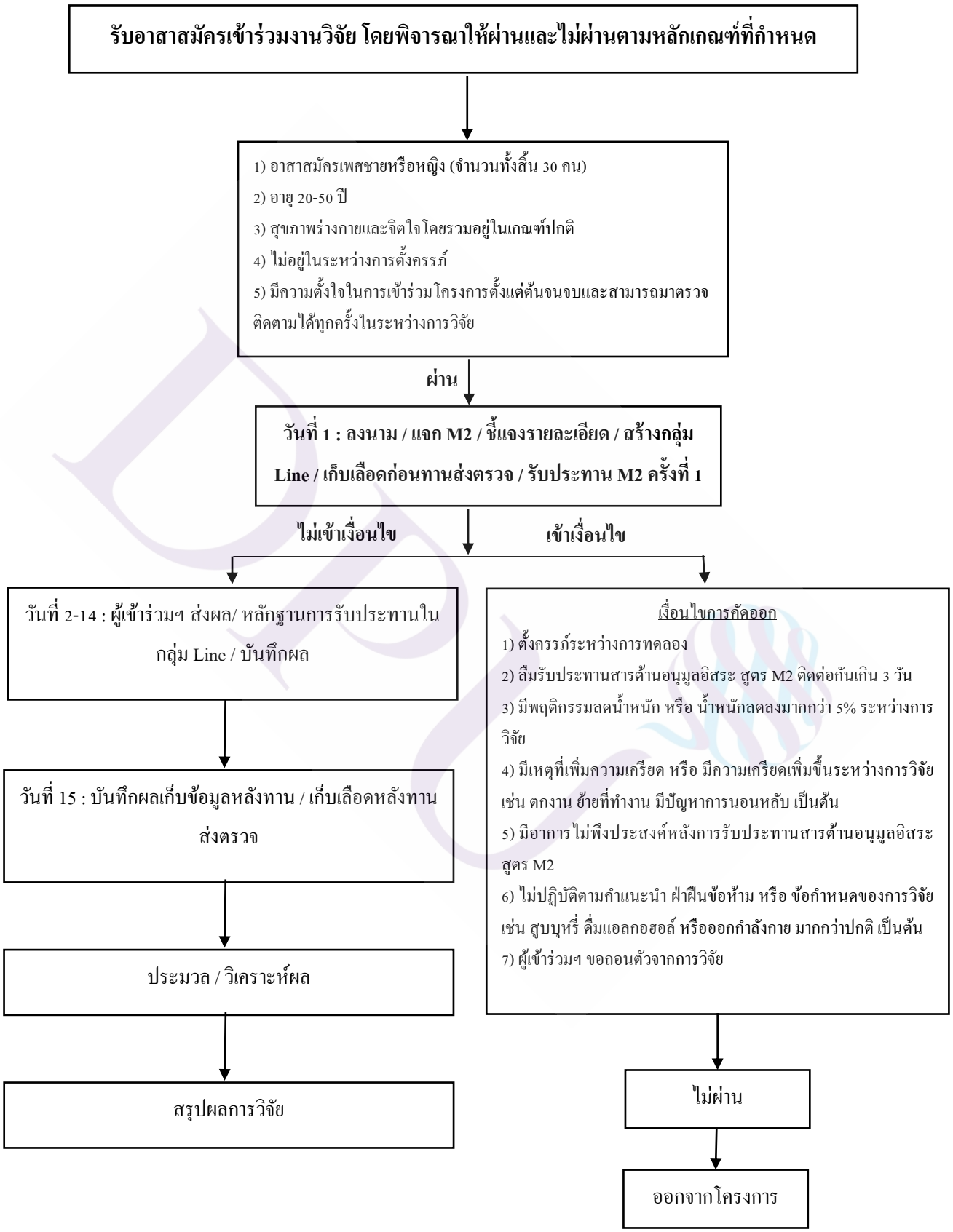
$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

IOC = ดัชนีความสอดคล้องของประเด็นกับจุดประสงค์

$\sum$R = ผลรวมของคะแนนของการเปลี่ยนแปลง

N = จำนวนอาสาสมัครผู้เข้าร่วมวิจัย

3.5 ผังงานขั้นตอนการวิจัย (Flowchart)



3.6 ประเด็นที่ต้องควบคุมอย่างใกล้ชิดในระหว่างการวิจัย

เนื่องจากการวิจัยนี้เป็นการวิจัยในบุคคลที่ปกติ (ไม่ได้อยู่ในภาวะแสดงอาการป่วยหรือเป็นโรคที่ส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนของผลการวิจัย) ซึ่งประเด็นด้านล่างนี้จะต้องติดตามและควบคุมอย่างใกล้ชิด โดยจะต้องชี้แจงให้อาสาสมัครผู้เข้าร่วมวิจัยรับทราบ เข้าใจ และปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัด และ*หากมีเหตุการณ์สุดวิสัย หรือ มีความจำเป็นที่จะไม่สามารถปฏิบัติตามแนวทางการปฏิบัติตนระหว่างการวิจัยได้ จะต้องรีบแจ้งผู้วิจัยโดยทันที* และผู้วิจัย และ/หรือ ผู้บันทึกผลการวิจัยจะต้องระบุในหมายเหตุทุกครั้ง เนื่องจากอนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระสามารถเปลี่ยนแปลงได้อย่างรวดเร็วหากมีปัจจัยต้นเหตุมากระตุ้น ซึ่งอาจจะส่งผลให้การวิจัยนี้คลาดเคลื่อนได้ ดังนั้น อาสาสมัครผู้เข้าร่วมการวิจัยจะต้องหลีกเลี่ยงปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ และพยายามดำเนินชีวิตปฏิบัติภารกิจประจำวันให้ใกล้เคียงกันทั้งก่อน และระหว่างการทดลอง เพื่อควบคุมปัจจัยที่อาจจะส่งผลกระทบต่อผลการทดลอง และหากมีการละเมิดจะต้องแจ้งผู้วิจัยโดยทันที โดยอาสาสมัครจะต้องปฏิบัติ ดังนี้

1) ต้องรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2 ตามจำนวนและระยะเวลาที่ผู้วิจัยกำหนด (รับประทานครั้งละ 2 เม็ด วันละ 1 ครั้ง ก่อนอาหารเช้า ติดต่อกันเป็นระยะเวลา 14 วัน)
2) ต้องส่งผล / หลักฐานการรับประทาน ตามรูปแบบและช่องทางที่ผู้วิจัยกำหนด
3) ต้องปฏิบัติตัวตามคำแนะนำของผู้วิจัยอย่างเคร่งครัด
4) ไม่ตั้งครรภ์ระหว่างร่วมวิจัย
5) ไม่รับประทานยา หรือ ฮอร์โมนทดแทน (HRT)
6) ไม่รับประทานยาคุมกำเนิด
7) ไม่ออกกำลังกายมากกว่าปกติ
8) ไม่รับประทานยาต่าง ๆ (เช่น ยาปฏิชีวนะ ยาต้านมะเร็ง ยาแก้ปวด ฯลฯ)
9) ไม่สูบบุหรี่มากกว่าปกติ (ควรงดระหว่างการร่วมวิจัย)
10) ไม่ดื่มแอลกอฮอล์มากกว่าปกติ (ควรงดระหว่างการร่วมวิจัย)
11) ไม่รับประทานอาหารที่ผิดไปจากปกติ
12) เข้านอนและตื่นนอนตามปกติ (ไม่ควรนอนมาก หรือ นอนน้อยกว่าปกติ)
13) หลีกเลี่ยงสถานที่ หรือ สถานการณ์ที่จะต้องเผชิญกับฝุ่น มลภาวะ อากาศเป็นพิษ ที่มากกว่าปกติ
14) ไม่รับประทานอาหารมื้อหนักก่อนการเจาะเลือด

ปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้เป็นตัวแปรที่จะต้องควบคุมให้ได้มากที่สุดเนื่องจากอาจจะส่งผลให้เกิดความแปรปรวนของผลการทดลองได้ ดังนั้น หากเกิดเหตุการณ์เหล่านี้ หรือ เหตุการณ์อื่นใดที่อาจจะส่งผลต่อความแม่นยำ/ ความน่าเชื่อถือของการวิจัย ผู้วิจัยสามารถพิจารณาให้อาสาสมัครที่ไม่ปฏิบัติตามคำแนะนำออกจากการวิจัย หรือ ให้ร่วมวิจัยต่อแต่อาจจะไม่เอาผลที่ได้มาประมวลและวิเคราะห์ผลทางด้านสถิติเนื่องอาจจะส่งผลให้เกิดความแปรปรวนได้

3.7 เครื่องมือที่ใช้ตรวจวิเคราะห์เลือด

การตรวจวิเคราะห์เลือดของอาสาสมัครผู้เข้าร่วมในการวิจัยนี้ จะตรวจวิเคราะห์โดยเครื่อง Callegari CR3000 โดยเก็บเลือดเลือดของอาสาสมัครด้วย capillary tube คนละ 20-50 ไมโครลิตร (ต่อหลอด ใช้คนละ 2 หลอด) และมีขั้นตอนของการตรวจสอบดังนี้

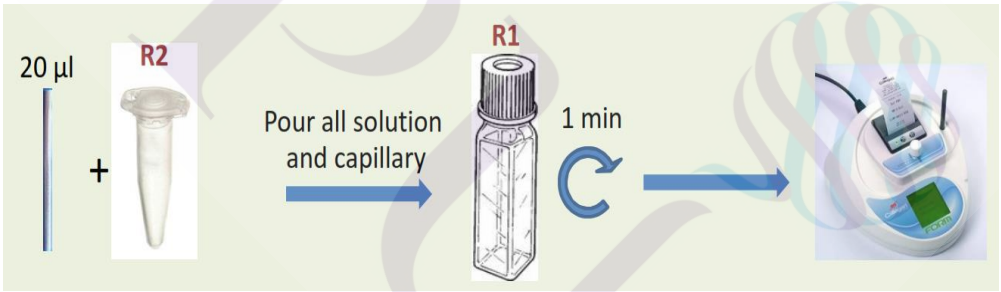
3.7.1 FORT Test (การหาค่าปริมาณอนุมูลอิสระ)

1) ใช้เลือด 20 ไมโครลิตรหยดผสมลงในน้ำยา R2 (Conical Tube) แล้วคนเบา ๆ

2) เทสารละลายที่ได้จากข้อ 1) ลงผสมในน้ำยา R1 (Squared Cuvette) แล้วคนเบา ๆ

3) ใส่ในเครื่องเหวี่ยง (Centrifuge) เป็นเวลา 1 นาที

4) นำ Cuvette จากข้อ 3) มาใส่ในเครื่อง Callegari CR3000 เพื่ออ่านค่า



ภาพที่ 3.1 การหาค่าปริมาณอนุมูลอิสระ (FORT Test)

3.7.2 FORD Test (การหาค่าปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ)

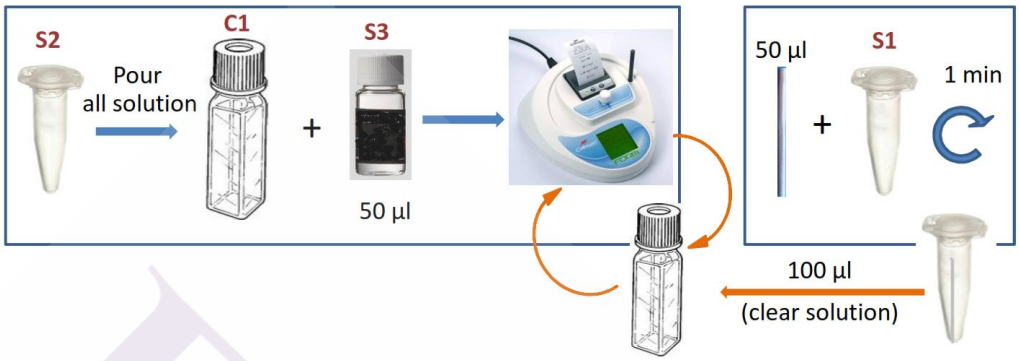
1) เทน้ำยา S2 (Blue Tube) ลงใน Cuvette C1 แล้วเติมน้ำยา S3 ลงไปปริมาณ 50 ไมโครลิตร แล้วคนเบา ๆ

2) นำ Cuvette จากข้อ 1) มาใส่ในเครื่อง Callegari CR3000 เพื่ออ่านค่าครั้งที่ 1

3) ในขณะเดียวกัน, ใช้เลือด 50 ไมโครลิตรหยดผสมลงในน้ำยา S1 (White Tube) แล้วคนเบา ๆ จากนั้น นำไปใส่ในเครื่องเหวี่ยง (Centrifuge) เป็นเวลา 1 นาที เพื่อให้เกิดการแยกชั้น

4) นำของเหลวใสด้านบนของตะกอน (Supernatant) ที่ได้จากข้อ 3) จำนวน 100 ไมโครลิตร หยดผสมลงใน Cuvette C1 แล้วคนเบา ๆ

5) นำ Cuvette C1 จากข้อ 4) มาใส่ในเครื่อง Callegari CR3000 เพื่ออ่านค่าครั้งที่ 2



ภาพที่ 3.2 การหาค่าปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (FORD Test)

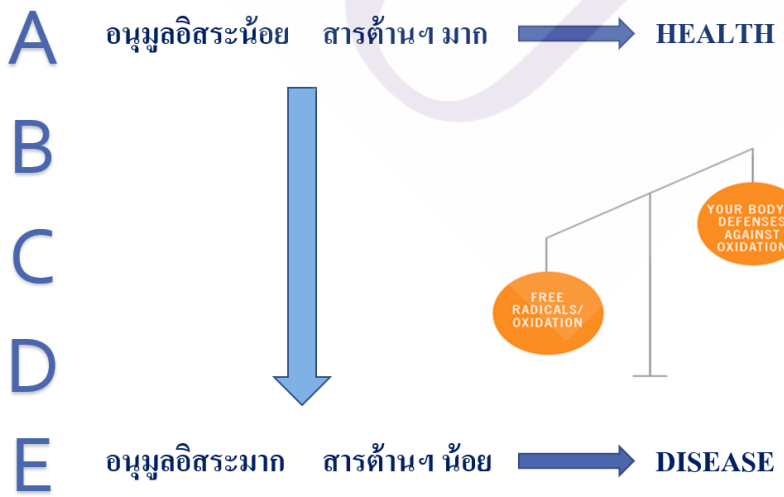
โดยค่าที่ได้จากเครื่อง Callegari CR3000 มี 3 ค่าที่สำคัญคือ

4.1) FORT : ปริมาณอนุมูลอิสระ

4.2) FORD : ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ

4.3) REDOX Index : 0-100 (ได้จากการคำนวณทางคณิตศาสตร์)

โดยมีรายละเอียดการแปลผลและวิเคราะห์ผล ดังตารางที่ 3.1 และรูปที่ 3.2



ภาพที่ 3.3 การแปลผลของค่า Redox Index

ตารางที่ 3.1 การแปลผลและวิเคราะห์ผลการตรวจเลือดของอาสาสมัคร

	FORT Free Oxygen Radicals Test	FORD Free Oxygen Radicals Defense	Redox Index Oxidereductive balance
พารามิเตอร์ที่ตรวจวัด	Organic radicals ทั้งหมด ได้แก่ Hydroperoxides (ROOHs)/ Reactive oxygen species (ROS)	สภาวะทั้งหมดของ antioxidant	คะแนนรวมของ oxidation-reduction state
ความจำเพาะเจาะจง	Hydroperoxides เป็นตัวชี้บ่งที่ดีที่สุดของการเกิดความเสียหายอันเนื่องมาจาก **free radicals**	**สารประกอบที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ** ได้แก่ วิตามินซี โปรตีน (เช่น อัลบูมิน และเซรูโลพลาสมิน)สารในกลุ่มไทออล (เช่น กลูต้าไทโอน) สารประกอบโพลีฟีโนลิค (เช่น ฟลาโวนอยด์และแทนนิน)	ค่าดัชนีที่ตรวจวัดเริ่มจาก 0 ถึง 100 โดยแบ่งย่อยออกเป็น 5 กลุ่ม (A-E)
ความสัมพันธ์กัน	ค่า free radicals บ่งบอกถึงผลกระทบที่เกิดจากความเสียหายของเนื้อเยื่อ เช่น lipid peroxidation และ DNA หรือ protein damage การบาดเจ็บของเซลล์เกิดขึ้นเมื่อมี OS มากเกินไป การวัดค่าของ reactive species เหล่านี้มีประโยชน์ในการประเมินการลุกลามของ OS ที่จะนำไปสู่การก่อตัวขึ้นของโรค การทดสอบ FORT จึงเป็นวิธีที่ง่ายและเป็นมืออาชีพเพื่อดูภาพรวมของ OS จากเลือดของผู้ป่วย	สารต้านอนุมูลอิสระเป็นตัวช่วยต่อต้านการทำลายของอนุมูลอิสระ ในสิ่งมีชีวิต มีโรคมากมายที่สัมพันธ์กับการมีระดับ antioxidant ต่ำ ในระบบของการต่อต้านอนุมูลอิสระประกอบด้วยสารประกอบหลายชนิด การขาดสารตัวใดตัวหนึ่ง ส่งผลให้ความสามารถในการต่อต้านอนุมูลอิสระลดลง โดยข้อเท็จจริงแล้ว กลไกการทำงานของระบบต่อต้านอนุมูลในร่างกาย เป็นการทำงานแบบเสริมกัน ชุดทดสอบ FORD เป็นตัวช่วยประเมินค่าโดยรวมของสารต้านอนุมูลอิสระในพลาสม่าจากตัวอย่างเลือด	ค่า Oxidative stress แสดงถึงความไม่สมดุลกันระหว่างการสร้าง ROS และความสามารถของกลไกทางชีววิทยาในการกำจัดของเสียหรือซ่อมแซมความเสียหายที่เกิดขึ้นจาก ROS ทำให้มีการเสียหายของเซลล์เกิดขึ้น การรบกวนในกระบวนการรีดอกปกติของเนื้อเยื่อ เป็นสาเหตุของการเป็นพิษ จึงเป็นข้อดีของการวัดค่า oxidative damage – FORT และการวัด antioxidant factors FORD – เพื่อให้ได้คะแนนสรุปเป็น REDOX index สำหรับเป็นค่าบ่งชี้ความสมดุลของสภาวะ oxidation-reduction
ค่าอ้างอิง	สูงถึง 310 Fort ยูนิต /2.36 mM H2O2 eq.	1.07-1.53 mM trolox eq.	N/A
หลักการวิเคราะห์	การวัดสีที่เกิดจากปฏิกิริยา Fenton	การวัดค่าสีที่ลดลงจากการทำปฏิกิริยา	การคำนวณทางคณิตศาสตร์
ชนิดของตัวอย่าง	Whole blood		N/A
เทคนิค	การทดสอบแบบ Point of care ด้วยชุดอุปกรณ์ที่ใช้ครั้งเดียวทิ้งและน้ำยาที่พร้อมใช้งาน		N/A
การเก็บรักษา	อุณหภูมิห้อง (15-30°C)		N/A
ความยาวคลื่น	505 นาโนเมตร		N/A

3.8 ขั้นตอนการตรวจเลือด*ก่อน*การรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2

3.8.1 ก่อนวันนัดหมายเจาะเลือด 7 วัน แจ้งอาสาสมัครฯ ผ่าน Line Group ของการวิจัยนี้ เพื่อให้ทุกคนทราบวัน เวลา และสถานที่ในการนัดหมายเพื่อทำการเจาะเลือดครั้งที่ 1 (ก่อนการรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2)

3.8.2 ก่อนวัดนัดหมายเจาะเลือด 1 วัน ผู้วิจัยแจ้งแนวทางการปฏิบัติตนก่อนการเจาะเลือด เช่น พักผ่อนให้เพียงพอ ไม่รับประทานอาหารมื้อหนักก่อนการเจาะเลือด ไม่รับประทานยาต่าง ๆ ก่อนการเจาะเลือด เป็นต้น รวมทั้งติดตามผ่านช่องทาง Line Group และ/ หรือ การโทรศัพท์รายบุคคล เพื่อยืนยันการนัดหมาย

3.8.3 วันเจาะเลือดครั้งที่ 1 อาสาสมัครฯ ทุกคนพร้อมกันตามเวลาที่นัดหมาย และทำการกำหนดหมายเลขประจำตัวของการทดลองครั้งนี้ โดยกำหนดตามลำดับก่อนหลังของความพร้อมในการตรวจร่างกายเบื้องต้นก่อนทำการเจาะเลือด (วัดความดัน และชั่งน้ำหนัก) โดยคนที่วัดความดันคนแรก จะได้หมายเลข 1 คนที่วัดความดันคนที่ 2 จะได้หมายเลข 2 ตามลำดับจนครบ 30 คน

3.8.4 ผู้วิจัยแจกเอกสารประกอบการวิจัย พร้อมชี้แจงและอธิบายรายละเอียดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ให้อาสาสมัครฯ ทุกคนทราบก่อนเริ่มทำการเจาะเลือด เช่น วิธีรับประทาน การปฏิบัติตนระหว่างการวิจัย สิทธิ์และประโยชน์ต่าง ๆ ที่จะได้รับ ผลข้างเคียงที่อาจจะเกิด เป็นต้น

3.8.5 อาสาสมัครฯ ลงนามในหนังสือยินยอมเข้าร่วมการวิจัย และกรอกแบบฟอร์มเพื่อเก็บข้อมูลก่อนการรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ (สามารถกรอกได้ทั้งออฟไลน์และออนไลน์)

3.8.6 ดำเนินการเจาะเลือด โดยไม่จำเป็นต้องเรียงตามลำดับหมายเลข เป็นการเรียงลำดับการเจาะเลือดตามความสะดวกของอาสาสมัครฯ ในขณะนั้น โดยให้อาสาสมัครฯ เป็นคนเลือกเองว่าพร้อมที่จะเจาะเลือดหรือไม่ และแจ้งกับเจ้าหน้าที่ของการวิจัยครั้งนี้ เพื่อจัดลำดับและเตรียมการเพื่อพาไปยังห้องที่ใช้สำหรับเจาะเลือด (เป็นห้องปิดมิดชิด เข้าได้เฉพาะผู้ที่เกี่ยวข้องเท่านั้น) และดำเนินการในลักษณะนี้ไปจนกระทั่งครบตามจำนวน 30 คน

3.8.7 ก่อนเจาะเลือด เจ้าหน้าที่ผู้ดำเนินการเจาะเลือดจะต้องตรวจสอบว่าชื่อ-สกุล และหมายเลขของอาสาสมัครฯ ตรงตามเอกสารหรือไม่

3.8.8 เจ้าหน้าที่ดำเนินการเจาะเลือดและนำเลือดไปทำการตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Callegari CR3000 และบันทึกผลลงในแบบฟอร์มฯ ของอาสาสมัครฯ แต่ละคน

3.8.9 อาสาสมัครฯ ที่เจาะเลือดแล้ว นั่งพักผ่อนเพื่อตรวจสอบอาการหลังการเจาะเลือด และรับสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2 จำนวนคนละ 2 กระปุก (40 แคปซูล) พร้อมรับประทานทันทีต่อหน้าผู้วิจัยจำนวน 2 แคปซูล

3.8.10 หลังจากการเจาะเลือดและรับประทานรับสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2 ต่อหน้าผู้วิจัยจำนวน 2 แคปซูล และไม่มีอาการผิดปกติใด ๆ อาสาสมัครฯ สามารถกลับบ้านได้ และถือว่าเป็นการเสร็จสิ้นกระบวนการเจาะเลือดครั้งที่ 1

3.9 ขั้นตอนการตรวจติดตามผลการรับประทานฯ ระหว่างการร่วมวิจัย

3.9.1 หลังจากการเจาะเลือดครั้งที่ 1 อาสาสมัครฯ จะต้องรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2 ติดต่อกันเป็นระยะเวลา 14 วัน โดยรับประทานก่อนอาหารเช้า วันละ 1 ครั้ง ครั้งละ 2 แคปซูล หากลืมรับประทานในช่วงเช้า สามารถรับประทานได้ในระหว่างวัน แต่ห้ามลืมรับประทานโดยเด็ดขาด

3.9.2 ในระหว่างการร่วมวิจัย อาสาสมัครฯ จะต้องรายงานการรับประทานฯ ทุกวันผ่านช่องทาง Line Group โดยระบุเวลาและจำนวนที่ทานทุกครั้ง ทั้งนี้ ผู้วิจัยจะต้องทำการตรวจสอบและบันทึกผลตามแบบฟอร์มติดตามฯ และหากพบว่าอาจจะมีอาสาสมัครบางคนลืมรับประทานหรือไม่ได้รายงานผลการรับประทาน จะต้องติดต่อเป็นรายบุคคลผ่านช่องทาง Line และ/ หรือ โทรศัพท์ เพื่อสอบถามถึงสาเหตุของการไม่รายงานผล

3.9.3 ในระหว่างการวิจัย ผู้วิจัยจะคอยย้ำเตือนแนวทางและข้อควรปฏิบัติตนของอาสาสมัครเป็นระยะ ๆ รวมทั้ง อาสาสมัครฯ สามารถแจ้งอาการไม่พึงประสงค์ หรือ สอบถามข้อมูลต่าง ๆ ได้ตลอดระยะเวลา (ใน Line Group ของการวิจัยนี้มีแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ และอาจารย์ที่ปรึกษาคอยติดตามผลและให้คำแนะนำด้วย)

3.10 ขั้นตอนการตรวจเลือด*หลัง*การรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2

3.8.1 ก่อนวันนัดหมายเจาะเลือด 7 วัน แจ้งอาสาสมัครฯ ผ่าน Line Group ของการวิจัยนี้ เพื่อให้ทุกคนทราบวัน เวลา และสถานที่ในการนัดหมายเพื่อทำการเจาะเลือดครั้งที่ 2 (หลังการรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2 แล้ว 14 วัน)

3.8.2 ก่อนวัดนัดหมายเจาะเลือด 1 วัน ผู้วิจัยแจ้งแนวทางการปฏิบัติตนก่อนการเจาะเลือด เช่น พักผ่อนให้เพียงพอ ไม่รับประทานอาหารมื้อหนักก่อนการเจาะเลือด ไม่รับประทานยาต่าง ๆ ก่อนการเจาะเลือด เป็นต้น รวมทั้งติดตามผ่านช่องทาง Line Group และ/ หรือ การโทรศัพท์รายบุคคล เพื่อยืนยันการนัดหมาย

3.8.3 วันเจาะเลือดครั้งที่ 2 อาสาสมัครฯ ทุกคนพร้อมกันตามเวลาที่นัดหมาย

3.8.4 ผู้วิจัยแจกเอกสารและแบบฟอร์มประกอบการวิจัย พร้อมชี้แจงและอธิบายรายละเอียดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเจาะเลือดครั้งนี้ พร้อมสอบถามความรู้สึก/ อาการหลังการรับประทานฯ ของอาสาสมัครฯ

3.8.5 กรอกแบบฟอร์มเพื่อเก็บข้อมูลหลังการรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ (สามารถกรอกได้ทั้งออฟไลน์และออนไลน์)

3.8.6 ดำเนินการเจาะเลือด โดยไม่จำเป็นต้องเรียงตามลำดับหมายเลข เป็นการเรียงลำดับการเจาะเลือดตามความสะดวกของอาสาสมัครฯ ในขณะนั้น โดยให้อาสาสมัครฯ เป็นคนเลือกเองว่าพร้อมที่จะเจาะเลือดหรือไม่ และแจ้งกับเจ้าหน้าที่ของการวิจัยครั้งนี้ เพื่อจัดลำดับและเตรียมการเพื่อพาไปยังห้องที่ใช้สำหรับเจาะเลือด (เป็นห้องปิดมิดชิด เข้าได้เฉพาะผู้ที่เกี่ยวข้องเท่านั้น) และดำเนินการในลักษณะนี้ไปจนกระทั่งครบตามจำนวน 30 คน

3.8.7 ก่อนเจาะเลือด เจ้าหน้าที่ผู้ดำเนินการเจาะเลือดจะต้องตรวจสอบว่าชื่อ-สกุล และหมายเลขของอาสาสมัครฯ ตรงตามเอกสารหรือไม่

3.8.8 เจ้าหน้าที่ดำเนินการเจาะเลือดและนำเลือดไปทำการตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Callegari CR3000 และบันทึกผลลงในแบบฟอร์มฯ ของอาสาสมัครฯ แต่ละคน

3.8.9 อาสาสมัครฯ ที่เจาะเลือดแล้ว นั่งพักผ่อนเพื่อตรวจสอบอาการหลังการเจาะเลือด หากไม่มีอาการผิดปกติใด ๆ อาสาสมัครฯ สามารถกลับบ้านได้ และถือว่าเป็นการเสร็จสิ้นกระบวนการเจาะเลือดครั้งที่ 2

3.8.10 หลังจากได้รับผลการตรวจวิเคราะห์เลือดครั้งที่ 2 ผู้วิจัย และ/ หรือ ผู้เชี่ยวชาญจะทำการแจ้งผลการตรวจวิเคราะห์ทั้ง 2 ครั้งแก่อาสาสมัครฯ โดยจะเป็นการแจ้งผลรายบุคคลผ่านช่องทาง Line และ/ หรือ การโทรศัพท์ โดยรายละเอียดที่แจ้งจะประกอบด้วย

1) ผลการตรวจวิเคราะห์เลือดครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 (เปรียบเทียบผลก่อน-หลัง)
2) โอกาส และ/หรือ ภาวะเสี่ยงของโรคต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นแก่อาสาสมัคร โดยอ้างอิงจากค่า FORT, FORD และ REDOX Index
3) แนวทางการปฏิบัติตนของอาสาสมัคร เพื่อให้มีสุขภาพดีเหมาะสมกับวัย โดยการลดปริมาณอนุมูลอิสระ และเพิ่มปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของตัวอย่าง

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาผลของการรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระของประชากรในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร โดยการเปรียบเทียบภาวะเครียดออกซิเดชั่นทั้งก่อนและหลังการรับประทานจากอาสาสมัครจำนวน 30 คน ใช้ระยะเวลาในการศึกษา เป็นเวลาหนึ่งเดือน (รับประทานติดต่อกันเป็นระยะเวลา 14 วัน) ซึ่งการวัดผลจะใช้การตรวจเลือดวิเคราะห์โดยเครื่อง Callegari CR3000 คนละ 2 ครั้ง ทั้งก่อนและหลังการรับประทาน รวมถึงมีการสอบถามผลข้างเคียงต่าง ๆ ระหว่างการรับประทาน

ทั้งนี้ มีอาสาสมัครที่ผ่านเกณฑ์การรับสมัครและยินดีเข้าร่วมการวิจัยจำนวนทั้งสิ้น 30 คน แต่ในระหว่างทำการวิจัยมีผู้ที่สามารถปฏิบัติได้ตามข้อกำหนดของการวิจัยทั้งสิ้นจำนวน 20 คน และเข้าเกณฑ์ในการคัดเลือกให้ออกจากการวิจัยจำนวน 10 คน รายละเอียดตามที่แสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 จำแนกสถานะของอาสาสมัครที่ผ่านและไม่ผ่านเกณฑ์/ ข้อกำหนดของการวิจัย

ลำดับที่	สถานะตามเกณฑ์การคัดเลือกให้ออกจากการวิจัย	จำนวน (คน)	คิดเป็นร้อยละ
1	สามารถปฏิบัติได้ตามข้อกำหนดของการวิจัย	20	66.7
2	เป็นประจำเดือนระหว่างการวิจัย	2	6.7
3	ดื่มแอลกอฮอล์มากกว่าปกติ (มีงานเลี้ยง/ เพื่อนบังคับ)	3	10.0
4	ทานยาปฏิชีวนะระหว่างการร่วมวิจัย (ไม่สบาย/ มีไข้)	1	3.3
5	พักผ่อนน้อย/ นอนดึกกว่าปกติ (มีงานด่วนระหว่างการวิจัย)	4	13.3
	รวมทั้งสิ้น	**30**	**100**

ดังนั้น ในการวิเคราะห์ข้อมูลของการวิจัยครั้งนี้ จะใช้ข้อมูลเฉพาะของอาสาสมัครจำนวน 20 คนที่สามารถปฏิบัติได้ตามข้อกำหนดของการวิจัยเท่านั้น โดยมีรายละเอียดข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าร่วมวิจัยดังนี้

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้ (ผู้ที่ผ่านเกณฑ์/ ข้อกำหนดของการวิจัย)

ลำดับที่	รหัส (ID)	เพศ	อายุ (ปี)	น้ำหนัก (กก.)	ส่วนสูง (ซม.)	อาชีพ
1	541536	หญิง	32	62	158	พนักงานบริษัทเอกชน
2	590222	หญิง	35	54	169	พนักงานบริษัทเอกชน
3	550244	หญิง	54	70	150	พนักงานบริษัทเอกชน
4	600114	หญิง	25	56	163	พนักงานบริษัทเอกชน
5	620210	หญิง	19	45	155	พนักงานบริษัทเอกชน
6	620030	ชาย	25	75	156	อื่น ๆ (รับจ้างทั่วไป)
7	620030	หญิง	25	65	150	อื่น ๆ (รับจ้างทั่วไป)
8	630071	หญิง	28	53	155	อื่น ๆ (รับจ้างทั่วไป)
9	560399	หญิง	46	54	155	อื่น ๆ (รับจ้างทั่วไป)
10	550003	หญิง	29	64	167	พนักงานบริษัทเอกชน
11	551148	หญิง	40	57	167	อาชีพอิสระ (Freelance)
12	630055	หญิง	52	42	150	พนักงานบริษัทเอกชน
13	630054	หญิง	33	53	162	พนักงานบริษัทเอกชน
14	630059	ชาย	28	73	168	พนักงานบริษัทเอกชน
15	630060	หญิง	26	53.5	158	พนักงานบริษัทเอกชน
16	620249	ชาย	39	53	169	อาชีพอิสระ (Freelance)
17	630061	ชาย	39	85	180	พนักงานบริษัทเอกชน
18	630064	หญิง	43	45	159	พนักงานบริษัทเอกชน
19	620175	หญิง	43	48	160	ธุรกิจส่วนตัว
20	630065	หญิง	37	51	158	พนักงานราชการ
		เฉลี่ย	**34.9**	**57.9**	**160.5**	

จากตารางที่ 4.2 มีผู้ที่ผ่านเกณฑ์/ ข้อกำหนดของการวิจัย จำนวนทั้งสิ้น 20 คน โดยส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 16 คน และเป็นเพศชาย 4 คน มีอายุโดยเฉลี่ย 34.9 ปี น้ำหนักโดยเฉลี่ย

57.9 กิโลกรัม ส่วนสูงโดยเฉลี่ย 160.5 เซนติเมตร และส่วนใหญ่เป็นพนักงานบริษัทเอกชน จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 60 ของผู้ที่ผ่านเกณฑ์ฯ ทั้งหมด

4.2 ผลการตรวจเลือดวิเคราะห์โดยเครื่อง Callegari CR3000 ก่อนและหลังการรับประทาน

การวิจัยนี้ศึกษาผลของการรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระของประชากรในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร โดยการเปรียบเทียบภาวะเครียดออกซิเดชั่นทั้งก่อนและหลังการรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2 แล้ว 14 วัน วันละ 2 เม็ด จากอาสาสมัครจำนวน 20 คนที่ผ่านเกณฑ์ฯ ซึ่งการวัดผลจะใช้การตรวจเลือดวิเคราะห์โดยเครื่อง Callegari CR3000 โดยวัด 3 ค่าหลักเพื่อใช้ประกอบการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2 ดังนี้

1) ปริมาณอนุมูลอิสระ (FORT: Free Oxygen Radicals Test)

2) ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (FORD: Free Oxygen Radicals Defense)

3) ดัชนีสมดุลออกซิเดชั่น (REDOX Index Oxidoreductive Balance)

โดยได้ผลการตรวจวิเคราะห์ดังที่แสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการตรวจเลือดวิเคราะห์โดยเครื่อง Callegari CR3000 ก่อนและหลังการรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2

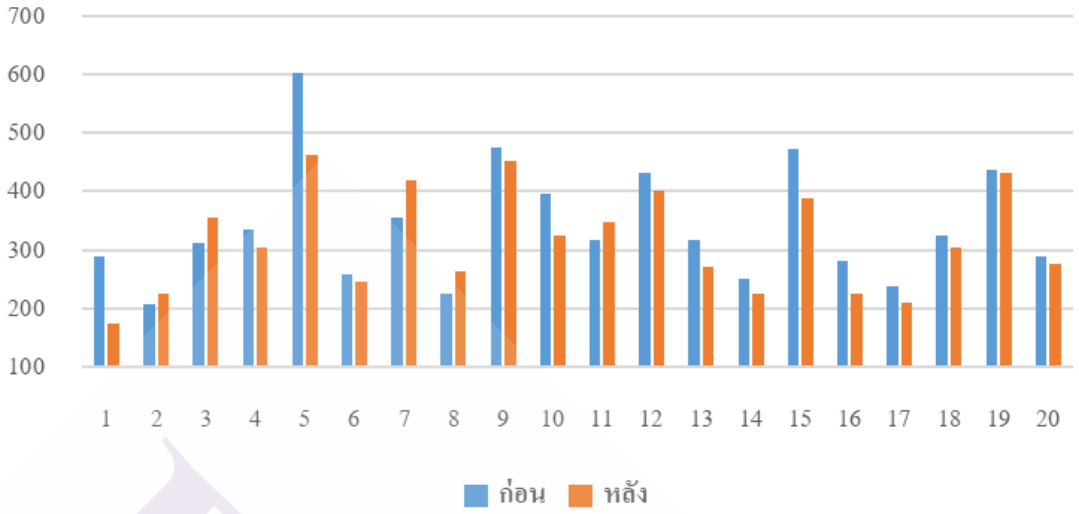
ลำดับที่	FORT			FORD			REDOX Index		
	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง
1	290	175	115	1.31	1.35	-0.04	A	A	0
2	206	224	-18	1.44	1.49	-0.05	A	A	0
3	312	356	-44	1.38	1.39	-0.01	C	E	-1
4	334	303	31	1.18	1.29	-0.11	E	C	1
5	601	462	139	1.04	1.29	-0.25	NA	E	1
6	259	246	13	1.12	1.33	-0.21	A	A	0
7	356	418	-62	1.08	1.24	-0.16	E	E	0
8	224	263	-39	1.01	1.36	-0.35	B	A	1
9	475	453	22	1.14	1.25	-0.11	E	E	0
10	396	325	71	1.15	1.35	-0.2	E	C	1

ตารางที่ 4.3 ผลการตรวจเลือดวิเคราะห์โดยเครื่อง Callegari CR3000 ก่อนและหลังการรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2 (ต่อ)

ลำดับที่	FORT			FORD			REDOX Index		
	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	เปลี่ยนแปลง
11	316	347	-31	1.07	1.17	-0.1	D	E	-1
12	431	400	31	1.22	1.19	0.03	E	E	0
13	316	272	44	1.17	1.26	-0.09	C	A	1
14	250	224	26	1.19	1.22	-0.03	A	A	0
15	471	387	84	1.23	1.29	-0.06	E	E	0
16	281	224	57	1.42	1.39	0.03	A	A	0
17	237	210	27	1.11	1.35	-0.24	A	A	0
18	325	303	22	1.34	1.3	0.04	C	C	0
19	436	431	5	1.42	1.21	0.21	E	E	0
20	290	277	13	1.34	1.37	-0.03	A	A	0

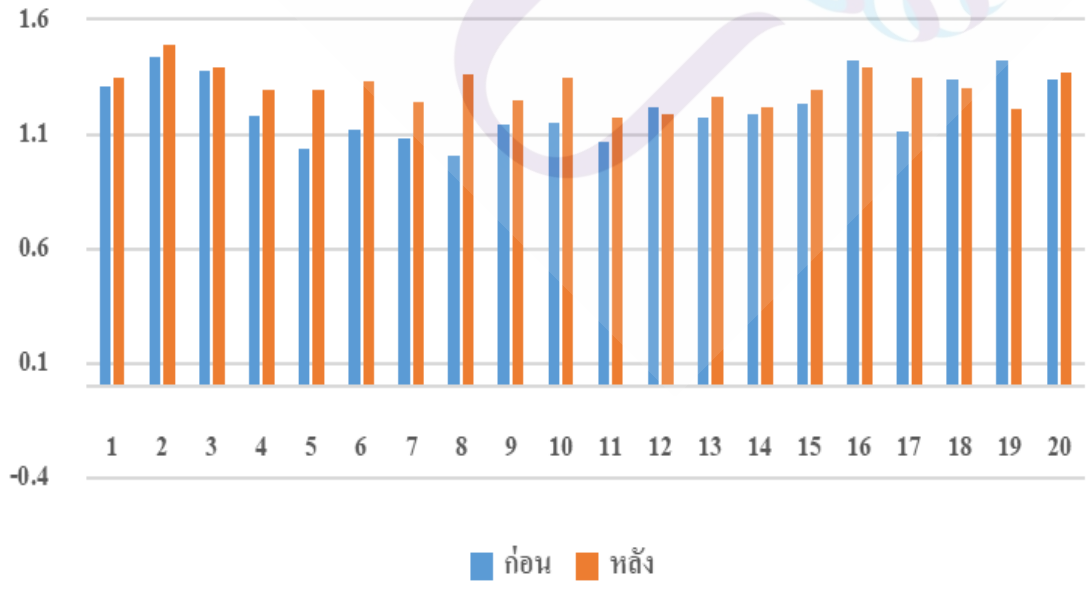
หมายเหตุ. การเปลี่ยนแปลงของค่า REDOX Index (เกรด A, B, C, D, และ E) โดยพิจารณาให้ค่าคะแนน คือ (1) หลังการรับประทานแล้วเกรดเปลี่ยนแปลงในทางที่ดีขึ้น ได้คะแนน +1 (2) หลังการรับประทานแล้วเกรดไม่เปลี่ยนแปลง (คงที่) ได้คะแนน 0 (3) หลังการรับประทานแล้วเกรดเปลี่ยนแปลงในทางที่แย่ลง ได้คะแนน -1

จากตารางที่ 4.3 เมื่อพิจารณาค่าปริมาณอนุมูลอิสระ (FORT: Free Oxygen Radicals Test) พบว่าหลังจากการรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2 จำนวน 14 วัน วันละ 2 เม็ด ผู้เข้าร่วมวิจัย**มีค่าปริมาณอนุมูลอิสระลดลงจำนวน 15 คน** คิดเป็นร้อยละ 75 ของผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งหมด นั่นคือ การรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2 สามารถลดปริมาณอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 75 ดังแสดงในภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 เปรียบเทียบค่า FORT ระหว่างก่อนและหลังรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2

จากตารางที่ 4.3 เมื่อพิจารณาค่าปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (FORD: Free Oxygen Radicals Defense) พบว่าหลังจากการรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2 จำนวน 14 วัน วันละ 2 เม็ด ผู้เข้าร่วมวิจัย**มีค่าปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นจำนวน 16 คน** คิดเป็นร้อยละ 80 ของผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งหมด นั่นคือ การรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2 สามารถเพิ่มปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 80 ดังแสดงในภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 เปรียบเทียบค่า FORD ระหว่างก่อนและหลังรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2

จากตารางที่ 4.3 เมื่อพิจารณาดัชนีสมดุลออกซิเดชั่น (REDOX Index Oxidoreductive Balance) หรือ การเปลี่ยนแปลงของค่า REDOX Index (เกรด A, B, C, D, และ E) โดยพิจารณาให้ค่าคะแนน คือ

1) หลังการรับประทานแล้วเกรดเปลี่ยนแปลงในทางที่ดีขึ้น ได้คะแนน +1

2) หลังการรับประทานแล้วเกรดไม่เปลี่ยนแปลง (คงที่) ได้คะแนน 0

3) หลังการรับประทานแล้วเกรดเปลี่ยนแปลงในทางที่แย่ลง ได้คะแนน -1

พบว่าได้ผลการเปลี่ยนแปลงดังรายละเอียดตามตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงของค่า REDOX Index เปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2

การเปลี่ยนแปลงหลังการรับประทานฯ	คะแนน	จำนวน (คน)	ผลรวมคะแนน
เกรดเปลี่ยนแปลงในทางที่ดีขึ้น	1	5	5
เกรดไม่เปลี่ยนแปลง (คงที่)	0	13	0
เกรดเปลี่ยนแปลงในทางที่แย่ลง	-1	2	-2
	รวม	**20**	$\sum R = \mathbf{3}$

จากตารางที่ 4.4 เมื่อพิจารณาดัชนีสมดุลออกซิเดชั่น (REDOX Index Oxidoreductive Balance) ซึ่งเป็นการตรวจวัดดัชนีการเปลี่ยนแปลงเป็นช่วงของคะแนนรวมของ Oxidation – Reduction State โดยค่าดัชนีที่ตรวจวัดเริ่มจาก 0 ถึง 100 และแบ่งการตีความเป็น 5 ช่วงนั่นคือ A-E (กลุ่มดัชนี A ดีที่สุด - กลุ่มดัชนี E แย่ที่สุด เรียงตามลำดับ) โดยผลจากการวิจัยนี้พบว่ามีเกรดคงที่มากที่สุด จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 65 เกรดดีขึ้นจำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 25 และเกรดแย่ลงจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 10 ทั้งนี้ ผู้ร่วมวิจัยส่วนใหญ่ที่เกรดเปลี่ยนแปลงคงที่ แต่มีแนวโน้มของสมดุลระหว่างอนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่ดีขึ้นหลังจากการรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2 นั่นคือ ค่าอนุมูลอิสระลดลง และค่าสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น รวมทั้งมีผู้เข้าร่วมวิจัยจำนวน 7 คนที่อยู่ในเกรด A ตั้งแต่ก่อนรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2 ดังนั้น แม้หลังจากรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2 ผลจะดีขึ้น แต่ก็ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงเกรดได้ เนื่องจากเป็นเกรดที่สูงสุดแล้ว

ทั้งนี้ การประยุกต์ใช้ดัชนีความสอดคล้องของประเด็นกับจุดประสงค์ (The Index of Item Objective Congruence) หรือค่า IOC เพื่ออธิบายประสิทธิผลของสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร

M2 โดยพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงของค่า REDOX Index (เกรด A, B, C, D, และ E) โดยพิจารณาให้ค่าคะแนน คือ

1) หลังการรับประทานแล้วเกรดเปลี่ยนแปลงในทางที่ดีขึ้น ได้คะแนน +1

2) หลังการรับประทานแล้วเกรดไม่เปลี่ยนแปลง (คงที่) ได้คะแนน 0

3) หลังการรับประทานแล้วเกรดเปลี่ยนแปลงในทางที่แย่ลง ได้คะแนน -1

มีสูตรการคำนวณ ดังนี้

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

IOC = ดัชนีความสอดคล้องของประเด็นกับจุดประสงค์

$\sum R$ = ผลรวมของคะแนนของการเปลี่ยนแปลง

N = จำนวนอาสาสมัครผู้เข้าร่วมวิจัย

เนื่องจากเหตุผลของการเปลี่ยนแปลงเกรดตามที่กล่าวข้างต้น การวิจัยนี้จึงจำแนกการประเมินประสิทธิผลของสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2 ออกเป็น 2 กรณี โดยค่า $\sum R = 3$ ทั้ง 2 กรณี ส่วนค่า N มีการเปลี่ยนแปลง คือ

กรณีที่ 1 ใช้จำนวนผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งหมดในการคำนวณ (N = 20) จะได้ค่าประสิทธิผลของสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2 คิดเป็นร้อยละ 15.0 นั่นคือ เชื่อได้ว่าจากผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งหมด 20 คน เมื่อรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2 จะมีการเปลี่ยนแปลงในทางที่ดีขึ้น แสดงให้เห็นว่าสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2 สามารถช่วยลดอนุมูลอิสระและเพิ่มสารต้านอนุมูลอิสระได้ถึงร้อยละ 15 เมื่อเทียบกับก่อนรับประทาน

กรณีที่ 2 ใช้จำนวนผู้เข้าร่วมวิจัยเฉพาะที่มีการเปลี่ยนเกรด (N = 7) จะได้ค่าประสิทธิผลของสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2 คิดเป็นร้อยละ 42.9 นั่นคือ เชื่อได้ว่าจากผู้เข้าร่วมวิจัยเฉพาะที่มีการเปลี่ยนเกรดจำนวน 7 คน เมื่อรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2 จะมีการเปลี่ยนแปลงในทางที่ดีขึ้น แสดงให้เห็นว่าสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2 สามารถช่วยลดอนุมูลอิสระและเพิ่มสารต้านอนุมูลอิสระได้ถึงร้อยละ 42.9 เมื่อเทียบกับก่อนรับประทาน

นั่นคือ แม้การคำนวณทั้ง 2 กรณีจะให้ผลที่ต่างกัน แต่ก็แสดงให้เห็นไปในทิศทางเดียวกันนั่นคือ การรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2 สามารถช่วยลดอนุมูลอิสระและเพิ่มสารต้านอนุมูลอิสระได้

4.3 ผลการทดสอบสมมติฐานการวิจัย

สมมติฐานของการวิจัยนี้ คือ **การรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระสามารถช่วยลดภาวะเครียดออกซิเดชั่น** ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้สถิติอ้างอิงหรือสถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistics) ได้แก่ ค่า t-test for dependent Samples เพื่อเปรียบเทียบความเปลี่ยนแปลงของอนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระของกลุ่มตัวอย่าง ระหว่างก่อนและหลังรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p = 0.05$) ได้ผลการวิจัยดังตารางที่ 4.5 และ 4.6 และใช้การทดสอบ One-Way Analysis of Variance (One-Way ANOVA) เพื่อทำการทดสอบความสัมพันธ์ของปัจจัยด้านอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อภาวะเครียดออกซิเดชั่น นอกเหนือจากการรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2 ซึ่งได้ผลการวิจัยดังตารางที่ 4.7 และ 4.8

ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบความเปลี่ยนแปลงของอนุมูลอิสระ (FORT) ของกลุ่มตัวอย่าง ระหว่างก่อนและหลังรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2

	จำนวน (คน)	**ค่าเฉลี่ย**	**ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน**	**t**	**df**	**Sig. (2-tailed)**
ก่อน	20	340.30	100.46	-	-	-
หลัง	20	315.00	87.79	-	-	-
ก่อน - หลัง	20	25.30	51.44	2.20	19	0.04

จากตารางที่ 4.5 พบว่า หลังรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2 จำนวน 14 วัน วันละ 2 เม็ด ค่าเฉลี่ยของปริมาณอนุมูลอิสระลดลงจาก 340.30 เป็น 315.00 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ 0.05

นั่นคือ สรุปได้ว่าการรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2 สามารถช่วยลดปริมาณอนุมูลอิสระได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ 0.05 (ข้อสรุปนี้มีระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95)

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบความเปลี่ยนแปลงของสารต้านอนุมูลอิสระ (FORD) ของกลุ่มตัวอย่าง ระหว่างก่อนและหลังรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2

	จำนวน (คน)	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	t	df	Sig. (2-tailed)
ก่อน	20	1.22	0.14	-	-	-
หลัง	20	1.31	0.08	-	-	-
ก่อน - หลัง	20	-0.09	0.13	-3.07	19	0.006

จากตารางที่ 4.6 พบว่า หลังรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2 จำนวน 14 วัน วันละ 2 เม็ด ค่าเฉลี่ยของปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นจาก 1.22 เป็น 1.31 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ 0.01

นั่นคือ สรุปได้ว่าการรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2 สามารถช่วยเพิ่มปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ 0.01 (ข้อสรุปนี้มีระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 99)

ตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบความเปลี่ยนแปลงของอนุมูลอิสระ (FORT) จำแนกตามปัจจัย/ พฤติกรรม ของกลุ่มตัวอย่าง ระหว่างก่อนและหลังรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2

ปัจจัย/ พฤติกรรม	จำนวน (คน)	df	F	Sig.
เพศ	20	19	1.01	0.58
อาชีพ	20	19	0.55	0.81
การสูบบุรี่	20	19	N/A	N/A
การดื่มแอลกอฮอล์	20	19	1.30	0.47
ระดับการนอนหลับ	20	19	0.17	0.99
ระดับความเครียดในปัจจุบัน	20	19	N/A	N/A
ระดับการเสี่ยงมลภาวะในงานที่ทำ	20	19	2.14	0.29
ระดับการออกกำลังกาย	20	19	0.37	0.92

หมายเหตุ. ค่า N/A คือไม่สามารถประมวลผลได้ อาจจะเนื่องมาจากจำนวนข้อมูล/ การเปลี่ยนแปลงมีไม่มากพอสำหรับการคำนวณ

จากตารางที่ 4.7 พบว่า การเปลี่ยนแปลงของอนุมูลอิสระ (FORT) ระหว่างก่อนและหลังรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อจำแนกตามกลุ่มปัจจัยด้านอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อภาวะเครียดออกซิเดชั่น นอกเหนือจากการรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2

นั่นคือ ยืนยันได้ว่าผลการเปลี่ยนแปลงของอนุมูลอิสระ (FORT) จากการวิจัยนี้เป็นผลเนื่องมาจากการรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2 ไม่ขึ้นอยู่กับเพศ อาชีพ การสูบบุหรี่ การดื่มแอลกอฮอล์ ระดับความเครียดในปัจจุบัน ระดับการเสี่ยงมลภาวะในงานที่ทำ และระดับการออกกำลังกาย ที่แตกต่างกันของผู้เข้าร่วมวิจัยครั้งนี้ (ข้อสรุปนี้มีระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95)

ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบความเปลี่ยนแปลงของสารต้านอนุมูลอิสระ (FORD) จำแนกตามปัจจัย/พฤติกรรมของกลุ่มตัวอย่าง ระหว่างก่อนและหลังรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2

ปัจจัย/ พฤติกรรม	จำนวน (คน)	df	F	Sig.
เพศ	20	19	0.41	0.90
อาชีพ	20	19	0.68	0.74
การสูบบุรี่	20	19	N/A	N/A
การดื่มแอลกอฮอล์	20	19	1.66	0.38
ระดับการนอนหลับ	20	19	N/A	N/A
ระดับความเครียดในปัจจุบัน	20	19	1.28	0.48
ระดับการเสี่ยงมลภาวะในงานที่ทำ	20	19	N/A	N/A
ระดับการออกกำลังกาย	20	19	0.40	0.90

หมายเหตุ. ค่า N/A คือไม่สามารถประมวลผลได้ อาจจะเนื่องมาจากจำนวนข้อมูล/ การเปลี่ยนแปลงมีไม่มากพอสำหรับการคำนวณ

จากตารางที่ 4.8 พบว่า การเปลี่ยนแปลงของสารต้านอนุมูลอิสระ (FORD) ระหว่างก่อนและหลังรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อจำแนกตามกลุ่มปัจจัยด้านอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อภาวะเครียดออกซิเดชั่น นอกเหนือจากการรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2

นั่นคือ ยืนยันได้ว่าผลการเปลี่ยนแปลงของสารต้านอนุมูลอิสระ (FORD) จากการวิจัยนี้เป็นผลเนื่องมาจากการรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2 ไม่ขึ้นอยู่กับเพศ อาชีพ การสูบบุหรี่ การดื่มแอลกอฮอล์ ระดับความเครียดในปัจจุบัน ระดับการเสี่ยงมลภาวะในงานที่ทำ และระดับการออกกำลังกาย ที่แตกต่างกันของผู้เข้าร่วมวิจัยครั้งนี้ (ข้อสรุปนี้มีระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95)

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาผลของการรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระของประชากรในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร โดยการเปรียบเทียบภาวะเครียดออกซิเดชั่นทั้งก่อนและหลังการรับประทานจากอาสาสมัครจำนวน 30 คน ใช้ระยะเวลาในการศึกษา เป็นเวลาหนึ่งเดือน (รับประทานติดต่อกันเป็นระยะเวลา 14 วัน) ซึ่งการวัดผลจะใช้การตรวจเลือดวิเคราะห์โดยเครื่อง Callegari CR3000 คนละ 2 ครั้ง ทั้งก่อนและหลังการรับประทาน รวมถึงมีการสอบถามผลข้างเคียงต่าง ๆ ระหว่างการรับประทาน

เมื่ออาสาสมัครผู้เข้าร่วมการวิจัยนี้ทั้ง 20 คน รับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2 จำนวน 14 วัน วันละ 2 เม็ด อย่างต่อเนื่อง รวมทั้งสามารถปฏิบัติตามเงื่อนไข/ กฎเกณฑ์ของการวิจัยได้อย่างเคร่งครัดตลอดการร่วมวิจัย เช่น ไม่ทานยาปฏิชีวนะ ไม่ออกกำลังกายมากกว่าปกติ ไม่ดื่มแอลกอฮอล์มากกว่าปกติ เข้านอนและตื่นนอนตามปกติ (ไม่ควรนอนมาก หรือ นอนน้อยกว่าปกติ) เป็นต้น ผลการวิจัยพบว่า การรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2 สามารถช่วยลดภาวะเครียดออกซิเดชั่นได้ โดยสามารถช่วยลดปริมาณอนุมูลอิสระ และช่วยเพิ่มปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นั่นคือ ***การรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2 จำนวน 14 วัน วันละ 2 เม็ด อย่างต่อเนื่อง สามารถลดภาวะเครียดออกซิเดชั่นได้***

นอกจากนี้ยังพบว่า ผลการเปลี่ยนแปลงของปริมาณอนุมูลอิสระ (FORT) และปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (FORD) จากการวิจัยนี้เป็นผลเนื่องมาจากการรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2 เท่านั้น ไม่ขึ้นอยู่กับเพศ อาชีพ การสูบบุหรี่ การดื่มแอลกอฮอล์ ระดับความเครียดในปัจจุบัน ระดับการเสี่ยงมลภาวะในงานที่ทำ และระดับการออกกำลังกาย ที่แตกต่างกันของผู้เข้าร่วมวิจัยครั้งนี้

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยนี้พบว่า การรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ สูตร M2 สามารถช่วยลดภาวะเครียดออกซิเดชั่นได้ โดยสามารถช่วยลดปริมาณอนุมูลอิสระ และช่วยเพิ่มปริมาณสารต้านอนุมูล

อิสระได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยเกี่ยวกับเบต้าแคโรทีน (Beta Carotene) ซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ดี สารในกลุ่มนี้มีความสามารถในการจับอนุมูลอิสระประเภท Peroxyl Radical ได้ดีกว่า ROS ชนิดอื่น เพราะสามารถละลายในน้ำมันได้ดี ซึ่ง Peroxyl Radical นั้นเกิดจากกระบวนการ Lipid Peroxidation ที่บริเวณเยื่อหุ้มเซลล์ ดังนั้น Carotenoids จึงมีส่วนสำคัญในการปกป้องเยื่อหุ้มเซลล์ สาร Lipoprotein จากการทำลายของ ROS เมื่อ Carotenoid จับกับอนุมูลอิสระแล้วจะสามารถ Delocalized อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นได้ผ่านทาง Conjugated Double Bond สายยาว และทำให้โมเลกุลนั้นมีความเสถียรขึ้น (อธิป สกุลเผือก, 2557) และสอดคล้องกับผลการศึกษาของกฤติยา ไชยนอก (2559) ที่พบว่าผลของอินทผลัมมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ต้านการอักเสบ ลดไขมันและน้ำตาลในเลือด ช่วยปกป้องตับไต หัวใจ และป้องกันการ ตายของเซลล์หัวใจ ซึ่งส่วนใหญ่ยังเป็นการศึกษาในระดับเซลล์และสัตว์ทดลองสำหรับการศึกษาทาง คลินิกพบว่า เมื่อให้อาสาสมัครสุขภาพดีรับประทานผลอินทผลัมในขนาด 100 ก./วัน นาน 4 สัปดาห์ จะทำให้ระดับไตรกลีเซอไรด์ลดลง โดยไม่ส่งผลเสียต่อระดับน้ำตาลในเลือด อีกทั้งยังช่วยป้องกันภาวะ หลอดเลือดแข็งตัวด้วย

นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับผลการศึกษาของภาวดี ช่วยเจริญ (2560) ที่พบว่าชาสมุนไพรที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดคือ ชาขิง ชากระเจี๊ยบ ชาตะไคร้ ชาใบเตย และชามะตูม ตามลำดับ รวมทั้งสอดคล้องกับผลการวิจัยเกี่ยวกับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดใบมะรุมสกัดด้วยน้ำ โดยบัลกีส มามะและคณะ (2560) นั่นคือ หากรับประทาน ชาขิง ชากระเจี๊ยบ ชาตะไคร้ ชาใบเตย ชามะตูม หรือ สารสกัดจากใบมะรุม อย่างต่อเนื่องจะช่วยลดอนุมูลอิสระได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะด้านการนำผลวิจัยไปใช้ประโยชน์

1) ผู้ประกอบการสามารถนำผลวิจัยนี้ไปพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภค และกำหนดกลยุทธ์การตลาด โดยเฉพาะในกลุ่มของวัยทำงานและผู้สูงวัย
2) ผู้บริโภคได้รับข้อมูลเพื่อประกอบการตัดสินใจในการเลือกบริโภคผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับความต้องการของตนเอง

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1) ควรศึกษาสารต้านอนุมูลอิสระอื่น ๆ เพิ่มเติมจากสารออกฤทธิ์สำคัญจำนวนทั้งสิ้น 15 ชนิดที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

2) ควรแบ่งกลุ่มผู้ร่วมวิจัยเป็นกลุ่มย่อยเฉพาะ เพื่อศึกษาสูตรสารต้านอนุมูลอิสระเฉพาะกลุ่ม เช่น กลุ่มผู้สูงอายุ กลุ่มที่มีพฤติกรรมเสี่ยง กลุ่มที่มีอาชีพเสี่ยง เป็นต้น

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กฤตยา ไชยนอก. (2559). *อินทผลัม ผลไม้เพิ่มพลัง (บทความเผยแพร่ความรู้สู่ประชาชน สำนักงานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล)*. สืบค้นจาก https://pharmacy.mahidol.ac.th/th/knowledge/article/320/%E0%B8%AD%E0%B8%B4%E0%B8%99%E0%B8%97%E0%B8%9C%E0%B8%A5%E0%B8%B1%E0%B8%A1%E0%B8%9C%E0%B8%A5%E0%B9%84%E0%B8%A1%E0%B9%89%E0%B9%80%E0%B8%9E%E0%B8%B4%E0%B9%88%E0%B8%A1%E0%B8%9E%E0%B8%A5%E0%B8%B1%E0%B8%87

กรุณา คชเรนท์. (2560). *การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของชาดอกไม้*. กรุงเทพ: สาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ วิทยาลัยการแพทย์บูรณาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

กองโรคไม่ติดต่อ กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. *จำนวนผู้ป่วยและผู้เสียชีวิตจากโรคความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน โรคหลอดเลือดหัวใจ และโรคหลอดเลือดสมอง ของคนไทย ปี พ.ศ. 2559 - 2561*. สืบค้น 10 ธันวาคม 2562, จาก http://www.thaincd.com/2016/mission/documents.php?tid=32&gid=1-020

บัลกีส มามะ, นูรีชัน นิสัน, ศุภรัตน์ ดวนใหญ่, และ สุชาดา มานอก, (2560). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางจากใบมะรุมที่พบในชุมชนศรีภูมิในพื้นที่ฝั่งธนบุรี, ว.เภสัชศาสตร์อีสาน 2560,* 13(2), 80-89.

ปรียานุช อินทร์รอด. (2551). *ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน และปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมของส่วนสกัดจากต้นเร่วหอมและว่านสาวหลง*. ชลบุรี: สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

ภัชชัญญาณ์ กฤษศิริพงศ์กุล. (2561). *การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของชามะรุม*. กรุงเทพ: สาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ วิทยาลัยการแพทย์บูรณาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

มาศ ไม้ประเสริฐ. (2562). *Anti-Aging by Dr. Mart รู้ทันโรคภัย ชะลอวัยความชรา* (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: มาดหมอ.

ศรัญญา มณีทอง. (2559). *การสกัดและการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในพืชสมุนไพร 4 ชนิดด้วยวิธีการทำลายอนุมูลอิสระดีพีพีเอช*. บุรีรัมย์: มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์.

อรชร บุญลา, ยุพา คู่คงวิริยพันธุ์, พวง รัตน์ภักดีโชติ, วีรพล คู่คงวิริยพันธุ์, พัชรีวัลย์ ปั้นเหน่งเพ็ชร, & ศุภวรรณ ถาวรชินสมบัติ. (2014). *Antihypertensive and Antioxidative Effects of Rice Bran Peptides in a Rat Model of Nitric Oxide-Deficient Hypertension (ผลต้านความดันเลือดสูง และต้านภาวะเครียดออกซิเดชันของเปปไทด์รำข้าวในหนูแรทรูปแบบความดันเลือดสูงจากการขาดไนตริกออกไซด์)*. KKU Research Journal (Graduate Studies), 14(2), 35-43.

อธิป สกุลเผือก . (2557). *อนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ*. บทความวิชาการศูนย์การศึกษาต่อเนื่องทางเภสัชศาสตร์ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. หน้า 12.

อุไรวรรณ วัฒนกุล, วัฒนา วัฒนกุล, ธีรวุฒิ เลิศสุทธิชวาล และพีรพงษ์ พึ่งแย้ม. (2552). *การวิเคราะห์ฤทธิต้านออกซิเดชัน สารประกอบฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์ในสารสกัดพืชป่าชายเลน บริเวณหาดราชมงคล จังหวัดตรัง*. ในการประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยมหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 19 ประจำปี 2552 . สงขลา: มหาวิทยาลัยทักษิณ.

โอภา วัชระคุปต์, ปรีชา บุญจูง , จันทนา บุณยะรัตน์ และ มาลีรักษ์ อัตต์สินทอง. (2550). *สารต้านอนุมูลอิสระ* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: นิวไทยมิตรการพิมพ์.

ภาษาต่างประเทศ

Adhami, V. M., Afaq, F., & Ahmad, N. (2001). *Involvement of the Retinoblastoma (pRb)–E2F/DP Pathway during Antiproliferative Effects of Resveratrol in Human Epidermoid Carcinoma (A431) Cells.* Biochemical and biophysical research communications, 288(3), 579-585.

Betteridge, D. J. (2000). *What is oxidative stress?* Metabolism-Clinical and Experimental, 49(2), 3-8.

Carillon, J., Knabe, L., Montalban, A., Stévant, M., Keophiphath, M., Lacan, D., ... & Rouanet, J. M. (2014). *Curative diet supplementation with a melon superoxide dismutase reduces adipose tissue in obese hamsters by improving insulin sensitivity.* Molecular nutrition & food research, 58(4), 842-850.

Cervantes, J., Eber, A. E., Perper, M., Nascimento, V. M., Nouri, K., & Keri, J. E. (2018). *The role of zinc in the treatment of acne: A review of the literature.* Dermatologic therapy, 31(1), e12576.

DePhillipo, N. N., Aman, Z. S., Kennedy, M. I., Begley, J. P., Moatshe, G., & LaPrade, R. F. (2018). *Efficacy of vitamin C supplementation on collagen synthesis and oxidative stress after musculoskeletal injuries: a systematic review.* Orthopaedic journal of sports medicine, 6(10), 2325967118804544.

Fallah, A., Mohammad-Hasani, A., & Colagar, A. H. (2018). *Zinc is an essential element for male fertility: a review of Zn roles in men's health, germination, sperm quality, and fertilization.* Journal of reproduction & infertility, 19(2), 69.

Gul, K., Tak, A., Singh, A. K., Singh, P., Yousuf, B., & Wani, A. A. (2015). *Chemistry, encapsulation, and health benefits of β-carotene-A review.* Cogent Food & Agriculture, 1(1), 1018696.

Hawkes, W. C., & Keim, N. L. (2003). *Dietary selenium intake modulates thyroid hormone and energy metabolism in men.* The Journal of nutrition, 133(11), 3443-3448.

Jang, M., Cai, L., Udeani, G. O., Slowing, K. V., Thomas, C. F., Beecher, C. W., ... & Moon, R. C. (1997). *Cancer chemopreventive activity of resveratrol, a natural product derived from grapes.* Science, 275(5297), 218-220.

Kenji, S., Kazuhiro, O., Takuya, N., Yasuhiro, S., Shinki, C., Kazuhiko, Y., et al. (2005). *Effect of astaxanthin on accommodation and asthenopia-efficacy -identification study in healthy volunteers.* J. Clin. Ther. Med. 21, 637–650.

Kishimoto, Y., Yoshida, H., & Kondo, K. (2016). *Potential anti-atherosclerotic properties of astaxanthin.* Marine Drugs, 14(2), 35.

Kukongviriyapan, V. (2014). *Essential role of antioxidant network of vitamins and enzymes.* Srinagarind Medical Journal, 29(1), 59-70.

Miyawaki H, Takahashi J, Tsukahara H, Takehara I 2008. *Effects of astaxanthin on human blood rheology.* J Clin Biochem Nutr 43: 69-74.

Moon, J. K., & Shibamoto, T. (2009). *Antioxidant assays for plant and food components.* Journal of agricultural and food chemistry, 57(5), 1655-1666.

Nishida, Y., Yamashita, E., & Miki, W. (2007). *Quenching activities of common hydrophilic and lipophilic antioxidants against singlet oxygen using chemiluminescence detection system.* Carotenoid Science, 11(6), 16-20.

Prasad, A. S. (2008). *Zinc in human health: effect of zinc on immune cells.* Molecular medicine, 14(5), 353-357.

St Leger, A.S., Cochrane, A.L. and Moore, F. 1979. *Factors associated with cardiac mortality in developed countries with particular reference to the consumption of wine.* Lancet, 1: 1017–1020.

Tiahou, G., Maire, B., Dupuy, A., Delage, M., Vernet, M. H., Mathieu-Daude, J. C., ... & Cristol, J. P. (2004). *Lack of oxidative stress in a selenium deficient area in Ivory Coast.* European journal of nutrition, 43(6), 367-374.

Willcox, J. K., Ash, S. L., & Catignani, G. L. (2004). *Antioxidants and prevention of chronic* disease. Critical reviews in food science and nutrition, 44(4), 275-295.

Yamasaki, K., Hashimoto, A., Kokusenya, Y., Miyamoto, T. & Sato, T. (1994). *Electrochemical method for estimating the antioxidative effect of methanol extracts of crude drugs.* Chemical and pharmaceutical bulletin, 42, 1663–1665.

Zhang, S., & Duan, E. (2018). *Fighting against skin aging: the way from bench to bedside.* Cell Transplantation, 27(5), 729-738.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
แบบบันทึกข้อมูลผู้เข้าร่วมวิจัย

แบบบันทึกข้อมูลผู้เข้าร่วมวิจัย (ก่อนรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ)

ลำดับที่ .....

วันที่บันทึกข้อมูล ...../...../..... **ผู้บันทึกข้อมูล**.....

ชื่อ..... สกุล .....

เลขบัตรประชาชน..... เบอร์ติดต่อ.....

วัน/เดือน/ปีเกิด (พ.ศ.) ...../...../..... อายุ.....ปี.....เดือน

<u>ส่วนที่ 1</u> ข้อมูลทั่วไป

1) เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง 2) อาชีพ.....

3) น้ำหนัก.....กก. 4) ส่วนสูง..... ซม.

5) ความดันโลหิต .....

<u>ส่วนที่ 2</u> ข้อมูลด้านสุขภาวะ และพฤติกรรม (ก่อนรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ)

1) ท่านมีโรคประจำตัวหรือไม่

☐ 1. ไม่มี ☐ 2. มี โรค.....

2) ท่านกำลังตั้งครรภ์หรือไม่

☐ 1. ไม่ ☐ 2. ใช่ .....

3) ท่านเคยมีประวัติการแพ้หรือไม่

☐ 1. ไม่เคย ☐ 2. เคย แพ้.....

4) ท่านสูบบุหรี่หรือไม่

☐ 1. ไม่สูบเลย ☐ 2. สูบน้อยกว่าวันละ 1 มวน

☐ 3. สูบวันละ 1 – 3 มวน ☐ 4. สูบมากกว่าวันละ 3 มวน

5) ท่านดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์หรือไม่

☐ 1. ไม่ดื่มเลย ☐ 2. ดื่มน้อยกว่าเดือนละ 1 ครั้ง

☐ 3. ดื่มเดือนละ 1-2 ครั้ง ☐ 4. ดื่มมากกว่าเดือนละ 2 ครั้ง

6) ท่านนอนหลับปกติหรือไม่

☐ 1. หลับปกติ ☐ 2. ค่อนข้างหลับยาก ☐ 3. หลับยาก

7) ในภาวะปัจจุบัน ท่านคิดว่าท่านมีความเครียดหรือไม่ (การใช้ชีวิตประจำวัน / การประกอบอาชีพ)

☐ 1. ไม่เครียด (0-20%) ☐ 2. เครียดเล็กน้อย (21-50%)

☐ 3. เครียดปานกลาง (51-70%) ☐ 4. เครียดมาก (71-100%)

8) อาชีพ / งานที่ท่านทำ เสี่ยงต่อมลภาวะหรือไม่

☐ 1. ไม่เสี่ยง (0-20%) ☐ 2. เสี่ยงเล็กน้อย (21-50%)

☐ 3. เสี่ยงปานกลาง (51-70%) ☐ 4. เสี่ยงมาก (71-100%)

9) ท่านออกกำลังกายอยู่ในระดับใด

☐ 1. น้อยกว่า 1 ครั้งต่อเดือน ☐ 2. 1-3 ครั้ง ต่อเดือน

☐ 3. 4-6 ครั้งต่อเดือน ☐ 4. 7-10 ครั้งต่อเดือน ☐ 5. มากกว่า 10 ครั้งต่อเดือน

10) ท่านสามารถปฏิบัติตามข้อกำหนด หรือ คำแนะนำ ของผู้วิจัยได้อย่างเคร่งครัด และสามารถเข้าร่วมตามระยะเวลาที่กำหนด ใช่หรือไม่

☐ 1. ใช่ ☐ 2. ไม่ใช่

11) ข้อมูลเพิ่มเติมที่ท่านต้องการแจ้งให้ผู้วิจัยทราบ เช่น สิ่งที่แพ้ / ยาหรืออาหารเสริมที่ทานในปัจจุบัน เป็นต้น) หากไม่มี กรุณาระบุ *"ไม่มี"*

.....

.....

.....

.....

.....

ข้าพเจ้าขอยืนยันว่าข้อมูลข้างต้นมีความถูกต้องและเป็นจริงทุกประการ

..... ลงนามผู้เข้าร่วมวิจัย

(.....) ชื่อผู้เข้าร่วมวิจัยตัวบรรจง

วันที่ .....เดือน.....พ.ศ.....

****

แบบบันทึกข้อมูลผู้เข้าร่วมวิจัย (หลังรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ)

ลำดับที่ .....

วันที่บันทึกข้อมูล ...../...../..... **ผู้บันทึกข้อมูล**.....

ชื่อ..... สกุล .....

เลขบัตรประชาชน..... เบอร์ติดต่อ.....

วัน/เดือน/ปีเกิด (พ.ศ.) ...../...../..... อายุ.....ปี.....เดือน

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1) เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง 2) อาชีพ.....

3) น้ำหนัก.....กก. 4) ส่วนสูง..... ซม.

5) ความดันโลหิต .....

ส่วนที่ 2 ข้อมูลด้านสุขภาวะ และพฤติกรรม (หลังรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ)

1) ท่านมีโรคประจำตัวหรือไม่

☐ 1. ไม่มี ☐ 2. มี โรค.....

2) ท่านกำลังตั้งครรภ์หรือไม่

☐ 1. ไม่ ☐ 2. ใช่ .....

3) ท่านมีอาการไม่พึงประสงค์ระหว่างระยะเวลาการเข้าร่วมวิจัยครั้งนี้ หรือไม่

☐ 1. ไม่มี ☐ 2. มี อาการ.....

4) ท่านสูบบุหรี่ระหว่างระยะเวลาการเข้าร่วมวิจัยครั้งนี้ หรือไม่

☐ 1. ไม่สูบเลย ☐ 2. สูบน้อยกว่าวันละ 1 มวน

☐ 3. สูบวันละ 1 – 3 มวน ☐ 4. สูบมากกว่าวันละ 3 มวน

5) ท่านดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ระหว่างระยะเวลาการเข้าร่วมวิจัยครั้งนี้ หรือไม่

☐ 1. ไม่ดื่มเลย ☐ 2. ดื่ม 1-2 ครั้ง ☐ 3. ดื่ม 3-4 ครั้ง

☐ 4. ดื่ม 5-6 ครั้ง ☐ 5. ดื่ม 7-8 ครั้ง ☐ 6. ดื่มมากกว่า 8 ครั้ง

6) ท่านนอนหลับปกติหรือไม่ระหว่างระยะเวลาการเข้าร่วมวิจัยครั้งนี้

☐ 1. หลับง่ายกว่าปกติ ☐ 2. หลับปกติ

☐ 3. ค่อนข้างหลับยากกว่าปกติ ☐ 4. หลับยากกว่าปกติ

7) ท่านเผชิญเหตุการณ์ที่เพิ่มความเครียด หรือ มีความเครียดเพิ่มขึ้นระหว่างระยะเวลาการเข้าร่วมวิจัยครั้งนี้ หรือไม่ เช่น ตกงาน ย้ายที่ทำงาน เตรียมตัวสอบ เป็นต้น

☐ 1. ไม่มีความเครียด ☐ 2. มี .....

8) ระหว่างการเข้าร่วมวิจัยนี้ ท่านได้เสี่ยงต่อมลภาวะหรือไม่ (ทั้งการใช้ชีวิต การทำงาน การท่องเที่ยว การเดินทาง)

☐ 1. ไม่เสี่ยง (0-20%) ☐ 2. เสี่ยงเล็กน้อย (21-50%)

☐ 3. เสี่ยงปานกลาง (51-70%) ☐ 4. เสี่ยงมาก (71-100%)

9) ระหว่างการเข้าร่วมวิจัยนี้ ท่านออกกำลังกาย<u>มากกว่าปกติ</u> (ก่อนเข้าร่วมฯ) หรือไม่

☐ 1. ไม่ ☐ 2. ใช่

10) ระหว่างการเข้าร่วมวิจัยนี้ ท่านรับประทานผลิตภัณฑ์เสริมอาหารอื่น ๆ หรือไม่

☐ 1. ไม่ได้ทาน ☐ 2. ทาน .....

11) ระหว่างการเข้าร่วมวิจัยนี้ ท่านรับประทานยา หรือ ได้รับยารักษาโรค / ฮอร์โมนทดแทน หรือไม่

☐ 1. ไม่ได้ทาน ☐ 2. ทาน .....

12) ท่านปฏิบัติตามข้อกำหนด หรือ คำแนะนำ ของผู้วิจัยได้อย่างเคร่งครัด และเข้าร่วมตามระยะเวลาที่กำหนด ใช่หรือไม่

☐ 1. ใช่ ☐ 2. ไม่ใช่

13) ข้อมูลเพิ่มเติมที่ท่านต้องการแจ้งให้ผู้วิจัยทราบ เช่น สิ่งที่แพ้ / อาการไม่พึงประสงค์ / ยา หรืออาหารเสริมที่ทานในระหว่างการร่วมวิจัย เป็นต้น) หากไม่มี กรุณาระบุ *"ไม่มี"*

.....

.....

.....

ข้าพเจ้าขอยืนยันว่าข้อมูลข้างต้นมีความถูกต้องและเป็นจริงทุกประการ

..... ลงนามผู้เข้าร่วมวิจัย

(.....) ชื่อผู้เข้าร่วมวิจัยตัวบรรจง

วันที่ .....เดือน.....พ.ศ.....

****

ภาคผนวก ข

แบบหนังสือยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

เอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัย

(Information sheet for research participant)

โครงการวิจัยเรื่อง :

การศึกษาประสิทธิผลของการรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระต่อภาวะเครียดออกซิเดชั่น

ผู้สนับสนุนการวิจัย: ไม่มี

ผู้วิจัย

ชื่อ: นางสาววาสนา อินทะแสง

ที่อยู่: 72/11 หมู่ที่ 2 ต.ศาลายา อ.พุทธมณฑล จ.นครปฐม 73170

เบอร์โทรศัพท์ (ที่ทำงานและมือถือ): 02-1012790 / 0814849990

ผู้วิจัยร่วม

ชื่อ: ไม่มี

ที่อยู่: ไม่มี

เบอร์โทรศัพท์ (ที่ทำงานและมือถือ): ไม่มี

เรียน ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยทุกท่าน

ท่านได้รับเชิญให้เข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้เนื่องจากท่านเป็นผู้ที่มีคุณสมบัติเหมาะสมตรงตามเกณฑ์การคัดเลือกของการวิจัยนี้ ก่อนที่ท่านจะตัดสินใจเข้าร่วมในการศึกษาวิจัยดังกล่าว ขอให้ท่านอ่านเอกสารฉบับนี้อย่างถี่ถ้วน เพื่อให้ท่านได้ทราบถึงเหตุผลและรายละเอียดของการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ หากท่านมีข้อสงสัยใด ๆ เพิ่มเติม กรุณาซักถามจากทีมงานของผู้วิจัย หรือแพทย์ผู้ร่วมทำวิจัยซึ่งจะเป็นผู้สามารถตอบคำถามและให้ความกระจ่างแก่ท่านได้

ท่านสามารถขอคำแนะนำในการเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้จากครอบครัว เพื่อน หรือแพทย์ประจำตัวของท่านได้ ท่านมีเวลาอย่างเพียงพอในการตัดสินใจโดยอิสระ ถ้าท่านตัดสินใจแล้วว่าจะเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ขอให้ท่านลงนามในเอกสารแสดงความยินยอมของโครงการวิจัยนี้

<u>เหตุผลความเป็นมา</u>

ในภาวะปัจจุบันพบว่า คนไทยกำลังประสบกับปัญหาภาวะของโรคต่าง ๆ ที่มีสาเหตุจากภาวะเครียดออกซิเดชั่นทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยเฉพาะโรคที่ไม่ติดต่อเรื้อรัง (Non-Communicable Diseases: NCDs) อาทิ โรคมะเร็ง โรคความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน โรคหลอดเลือดหัวใจ และโรคหลอดเลือดสมอง เป็นต้น เป็นสาเหตุการตายอันดับหนึ่งของคนไทย โดยมีคนไทยป่วยเป็นโรค NCDs มากถึง 14 ล้านคน เสียชีวิตปีละกว่า 300,000 คน และคาดว่ามีแนวโน้มที่จะเพิ่มมากขึ้นในทุก ๆ ปี ซึ่งส่วนใหญ่เสียชีวิตก่อนอายุ 70 ปี สะท้อนภาพการสูญเสียจากการตายก่อนวัยอันควร ซึ่งเมื่อคิดเป็นมูลค่าทางเศรษฐกิจรวมที่เสียไปแล้ว นับว่าสูงมากถึงประมาณร้อยละ 40 ของมูลค่างบประมาณภาครัฐของประเทศไทยทั้งหมด

ผู้วิจัยจึงสนใจในการที่จะพัฒนาสูตรสารต้านอนุมูลอิสระ เพื่อช่วยในการต้านอนุมูลอิสระและส่งเสริมการมีสุขภาพที่ดีเหมาะสมวัยและห่างไกลโรค

<u>วัตถุประสงค์ของการศึกษา</u>

ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีชื่อว่า ผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร เอ็ม-ทู (ตราดอกเตอร์มาศ) (M-2 Dietary Supplement Product : Dr.MAS Brand)

วัตถุประสงค์หลักจากการศึกษาในครั้งนี้คือ ศึกษาผลของการรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระต่อภาวะเครียดออกซิเดชั่น จำนวนผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัย คือ 30 คน

<u>วิธีการที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย</u>

หลังจากท่านให้ความยินยอมที่จะเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ผู้วิจัยจะขอตรวจเลือด โดยการเจาะเลือดครั้งละ 20-50 ไมโครลิตร เพื่อตรวจหาค่าบ่งชี้อนุมูลอิสระ และ ค่าบ่งชี้สารต้านอนุมูลอิสระ

ท่านจะได้รับเชิญให้มาพบผู้วิจัยจำนวนทั้งสิ้น 2 ครั้ง คือ วันที่ 1 และ วันที่ 15 ของการวิจัย (ตามวันเวลาที่ผู้ทำวิจัยนัดหมาย) โดยจะมีการซักประวัติเพื่อเก็บข้อมูลตามแบบฟอร์ม และการเจาะเลือด ในการนัดหมายในแต่ละครั้ง

<u>ความรับผิดชอบของอาสาสมัครผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัย</u>

เพื่อให้งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จ ผู้ทำวิจัยใคร่ขอความความร่วมมือจากท่าน โดยจะขอให้ท่านปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ทำวิจัยอย่างเคร่งครัด รวมทั้งแจ้งอาการผิดปกติต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับท่านระหว่างที่ท่านเข้าร่วมในโครงการวิจัยให้ผู้ทำวิจัยได้รับทราบ

เพื่อความปลอดภัย ท่านไม่ควรใช้วัคซีน ผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร หรือรับประทานยาอื่น จากการจ่ายยาโดยแพทย์อื่นหรือซื้อยาจากร้านขายยา ขอให้ท่านปรึกษาผู้ทำวิจัย ทั้งนี้เนื่องจากวัคซีนหรือยาดังกล่าวอาจมีผลต่อสารต้านอนุมูลอิสระที่ท่านได้รับจากผู้ทำวิจัย ดังนั้นขอให้ท่านแจ้งผู้ทำวิจัยเกี่ยวกับยาที่ท่านได้รับในระหว่างที่ท่านอยู่ในโครงการวิจัย

ความเสี่ยงที่อาจได้รับ

ความเสี่ยงจากการรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระบางชนิดอาจทำให้เกิดอาการไม่พึงประสงค์ได้ทั้งสิ้นไม่มากก็น้อย เช่น เวียนศีรษะ เคลื่อนไส้ ปวดท้อง ฯลฯ กรุณาแจ้งผู้ทำวิจัยในกรณีที่พบอาการดังกล่าวข้างต้น หรืออาการอื่น ๆ ที่พบร่วมด้วย ระหว่างที่อยู่ในโครงการวิจัย ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับสุขภาพของท่าน ขอให้ท่านรายงานให้ผู้ทำวิจัยทราบโดยเร็ว

ความเสี่ยงที่ได้รับจากการเจาะเลือด

ท่านมีโอกาสที่จะเกิดอาการเจ็บ เลือดออก ช้ำจากการเจาะเลือด อาการบวมบริเวณที่เจาะเลือดหรือหน้ามืด และโอกาสที่จะเกิดการติดเชื้อบริเวณที่เจาะเลือดพบได้น้อยมาก

ความเสี่ยงที่ไม่ทราบแน่นอน

ท่านอาจเกิดอาการข้างเคียง หรือความไม่สบาย นอกเหนือจากที่ได้แสดงในเอกสารฉบับนี้ ซึ่งอาการข้างเคียงเหล่านี้เป็นอาการที่ไม่เคยพบมาก่อน เพื่อความปลอดภัยของท่าน ควรแจ้งผู้ทำวิจัยให้ทราบทันทีเมื่อเกิดความผิดปกติใด ๆ เกิดขึ้น

หากท่านมีข้อสงสัยใด ๆ เกี่ยวกับความเสี่ยงที่อาจได้รับจากการเข้าร่วมในโครงการวิจัย ท่านสามารถสอบถามจากผู้ทำวิจัยได้ตลอดเวลา

หากมีการค้นพบข้อมูลใหม่ ๆ ที่อาจมีผลต่อความปลอดภัยของท่านในระหว่างที่ท่านเข้าร่วมในโครงการวิจัย ผู้ทำวิจัยจะแจ้งให้ท่านทราบทันที เพื่อให้ท่านตัดสินใจว่าจะอยู่ในโครงการวิจัยต่อไปหรือจะขอถอนตัวออกจากการวิจัย

การพบผู้วิจัยนอกตารางนัดหมายในกรณีที่เกิดอาการข้างเคียง

หากมีอาการข้างเคียงใด ๆ เกิดขึ้นกับท่าน ขอให้ท่านรีบแจ้งผ่านช่องทางการติดต่อที่ท่านสะดวก และมาพบผู้วิจัยทันที ถึงแม้ว่าจะอยู่นอกตารางการนัดหมาย เพื่อแพทย์จะได้ประเมินอาการข้างเคียงของท่าน และให้การรักษาที่เหมาะสมทันที หากอาการดังกล่าวเป็นผลจากการเข้าร่วมในโครงการวิจัย ท่านจะไม่เสียค่าใช้จ่าย

ประโยชน์ที่อาจได้รับ

ท่านจะไม่ได้รับประโยชน์หรือค่าตอบแทนใด ๆ จากการเข้าร่วมในการวิจัยครั้งนี้ แต่ผลการศึกษาที่ได้จะทำให้ท่านทราบถึงปริมาณอนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระของท่าน ซึ่งจะสามารถประเมินความแข็งแรงของร่างกายและภาวะเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่าง ๆ ของท่านได้ การเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้อาจจะทำให้ท่านมีสุขภาพที่ดีขึ้น สามารถป้องกันก่อนการเกิดโรค หรืออาจจะลดความรุนแรงของโรคได้ แต่ไม่ได้รับรองว่าสุขภาพของท่านจะต้องดีขึ้นหรือความรุนแรงของโรคจะลดลงอย่างแน่นอน

วิธีการและรูปแบบการรักษาอื่น ๆ ซึ่งมีอยู่สำหรับอาสาสมัคร

ท่านไม่จำเป็นต้องเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้เพื่อประโยชน์ในการรักษาโรคที่ท่านเป็นอยู่ เนื่องจากมีแนวทางการรักษาอื่น ๆ หลายแบบสำหรับรักษาโรคของท่านได้ ดังนั้นจึงควรปรึกษาแนวทางการรักษาวิธีอื่น ๆ กับแพทย์ผู้ให้การรักษาท่านก่อนตัดสินใจเข้าร่วมในการวิจัย

ข้อปฏิบัติของท่านขณะที่ร่วมในโครงการวิจัย

ขอให้ท่านปฏิบัติดังนี้

- ขอให้ท่านให้ข้อมูลทางการแพทย์ของท่านทั้งในอดีต และปัจจุบัน แก่ผู้ทำวิจัยด้วยความสัตย์จริง
- ขอให้ท่านแจ้งให้ผู้ทำวิจัยทราบความผิดปกติที่เกิดขึ้นระหว่างที่ท่านร่วมในโครงการวิจัย
- ขอให้ท่านงดการใช้ยาอื่นนอกเหนือจากที่ผู้ทำวิจัยได้จัดให้ เช่น ยาปฏิชีวนะ ยาต้านมะเร็ง ยาแก้ปวด ฯลฯ รวมถึงการรักษาอื่น ๆ เช่น การรักษาด้วยสมุนไพร การซื้อยาจากร้านขายยา เป็นต้น
- ขอให้ท่านแจ้งให้ผู้ทำวิจัยทราบทันที หากท่านได้รับยาอื่นนอกเหนือจากยาที่ใช้ในการศึกษาตลอดระยะเวลาที่ท่านอยู่ในโครงการวิจัย
- ขอให้ท่านนำยาที่ใช้ในการศึกษาของท่านทั้งหมดที่เหลือจากการรับประทานมาให้ผู้ทำวิจัยทุกครั้งที่นัดหมายให้มาพบ
- ขอให้ท่านไม่ตั้งครรภ์ระหว่างร่วมวิจัย
- ขอให้ท่านไม่ประทานยา หรือ ฮอร์โมนทดแทน (HRT)
- ขอให้ท่านไม่รับประทานยาคุมกำเนิด
- ขอให้ท่านไม่ออกกำลังกายมากกว่าปกติ

- ขอให้ท่านไม่สูบบุหรี่มากกว่าปกติ (ควรงดระหว่างการร่วมวิจัย)
- ขอให้ท่านไม่ดื่มแอลกอฮอล์มากกว่าปกติ (ควรงดระหว่างการร่วมวิจัย)
- ขอให้ท่านไม่รับประทานอาหารที่ผิดไปจากปกติ
- ขอให้ท่านเข้านอนและตื่นนอนตามปกติ (ไม่ควรนอนมาก หรือ นอนน้อยกว่าปกติ)
- ขอให้ท่านหลีกเลี่ยงสถานที่ หรือ สถานการณ์ที่จะต้องเผชิญกับฝุ่น มลภาวะ อากาศเป็นพิษ ที่มากกว่าปกติ
- ขอให้ท่านไม่รับประทานอาหารมื้อหนักก่อนการเจาะเลือด

<u>อันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการเข้าร่วมในโครงการวิจัยและความรับผิดชอบของผู้ทำวิจัย/ผู้สนับสนุนการวิจัย</u>

หากพบอันตรายที่เกิดขึ้นจากการวิจัย ท่านจะได้รับการรักษาอย่างเหมาะสมทันที และท่านปฏิบัติตามคำแนะนำของทีมผู้ทำวิจัยแล้ว ผู้ทำวิจัย/ผู้สนับสนุนการวิจัยยินดีจะรับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลของท่าน และการลงนามในเอกสารให้ความยินยอม ไม่ได้หมายความว่าท่านได้สละสิทธิ์ทางกฎหมายตามปกติที่ท่านพึงมี ในกรณีที่ท่านได้รับอันตรายใด ๆ หรือต้องการข้อมูลเพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัย ท่านสามารถติดต่อกับผู้ทำวิจัยคือ นางสาววาสนา อินทะแสง ได้ตลอด 24 ชั่วโมง

<u>ค่าใช้จ่ายของท่านในการเข้าร่วมการวิจัย</u>

ท่านจะได้รับผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร เอ็ม-ทู (ตราดอกเตอร์มาศ) ในโครงการวิจัยจากผู้สนับสนุนการวิจัยโดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย สำหรับค่าใช้จ่ายอื่นที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัย เช่น ค่าธรรมเนียมทางการแพทย์ และ ค่าวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ ผู้สนับสนุนการวิจัยจะเป็นผู้รับผิดชอบทั้งหมด

<u>ค่าตอบแทนสำหรับผู้เข้าร่วมวิจัย (ถ้ามี)</u>

ท่านจะไม่ได้รับเงินค่าตอบแทนจากการเข้าร่วมในการวิจัย

<u>การประกันภัยเพื่อคุ้มครองผู้เข้าร่วมวิจัย (ถ้ามี)</u>

หากเกิดอันตรายหรือความเสียหายต่อท่าน ที่เป็นผลสืบเนื่องโดยตรงจากโครงการวิจัย ท่านจะได้รับการดูแลรักษาจนกว่าจะหายเป็นปกติ โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย

<u>การเข้าร่วมและการสิ้นสุดการเข้าร่วมโครงการวิจัย</u>

การเข้าร่วมในโครงการวิจัยครั้งนี้เป็นไปโดยความสมัครใจ หากท่านไม่สมัครใจจะเข้าร่วมการศึกษาแล้ว ท่านสามารถถอนตัวได้ตลอดเวลา การขอถอนตัวออกจากโครงการวิจัยจะไม่มีผลต่อการดูแลรักษาโรคของท่านแต่อย่างใด ผู้ทำวิจัยอาจถอนท่านออกจากการเข้าร่วมการวิจัย เพื่อเหตุผลด้านความปลอดภัยของท่าน หรือเมื่อผู้สนับสนุนการวิจัยยุติการดำเนินงานวิจัย หรือ ในกรณีดังต่อไปนี้

- ท่านไม่สามารถปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ทำวิจัย (ตามที่ระบุไว้ในหัวข้อข้างต้น)
- ท่านรับประทานยาที่ไม่อนุญาตให้ใช้ในการศึกษา
- ท่านตั้งครรภ์ระหว่างที่เข้าร่วมโครงการวิจัย
- ท่านเกิดอาการข้างเคียง หรือความผิดปกติของผลทางห้องปฏิบัติการจากการได้รับผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการศึกษา
- ท่านแพ้ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการศึกษา
- ท่านต้องการปรับเปลี่ยนการรักษาด้วยยาตัวที่ไม่ได้รับอนุญาตจากการวิจัยครั้งนี้

<u>การปกป้องรักษาข้อมูลความลับของอาสาสมัคร</u>

ข้อมูลที่อาจนำไปสู่การเปิดเผยตัวท่าน จะได้รับการปกปิดและจะไม่เปิดเผยแก่สาธารณชน ในกรณีที่ผลการวิจัยได้รับการตีพิมพ์ ชื่อและที่อยู่ของท่านจะต้องได้รับการปกปิดอยู่เสมอ โดยจะใช้เฉพาะรหัสประจำโครงการวิจัยของท่าน

จากการลงนามยินยอมของท่านผู้ทำวิจัย และผู้สนับสนุนการวิจัยสามารถเข้าไปตรวจสอบบันทึกข้อมูลทางการแพทย์ของท่านได้แม้จะสิ้นสุดโครงการวิจัยแล้วก็ตาม หากท่านต้องการยกเลิกการให้สิทธิ์ดังกล่าว ท่านสามารถแจ้ง หรือเขียนบันทึกขอยกเลิกการให้คำยินยอม โดยส่งไปที่ นางสาววาสนา อินทะแสง ที่อยู่เลขที่ 72/11 หมู่ที่ 2 ต.ศาลายา อ.พุทธมณฑล จ.นครปฐม 73170

หากท่านขอยกเลิกการให้คำยินยอมหลังจากที่ท่านได้เข้าร่วมโครงการวิจัยแล้ว ข้อมูลส่วนตัวของท่านจะไม่ถูกบันทึกเพิ่มเติม อย่างไรก็ตามข้อมูลอื่น ๆ ของท่านอาจถูกนำมาใช้เพื่อประเมินผลการวิจัย และท่านจะไม่สามารถกลับมาเข้าร่วมในโครงการนี้ได้อีก ทั้งนี้เนื่องจากข้อมูลของท่านที่จำเป็นสำหรับใช้เพื่อการวิจัยไม่ได้ถูกบันทึก

จากการลงนามยินยอมของท่านผู้ทำวิจัยสามารถบอกรายละเอียดของท่านที่เกี่ยวกับการเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้ให้แก่แพทย์ผู้รักษาท่านได้

<u>การจัดการกับตัวอย่างชีวภาพที่เหลือ</u>

ตัวอย่างชีวภาพที่ได้จากอาสาสมัคร เช่น เลือดที่เหลือจากการวิจัย ผู้วิจัยอาจจะจัดการดังต่อไปนี้

1. ทำลายตามวิธีมาตรฐานทันทีที่เสร็จสิ้นการวิจัย
2. ขอเก็บตัวอย่างสำหรับตรวจซ้ำ เพื่อยืนยันความถูกต้องของผลการทดลองเป็นระยะเวลา 3 เดือน
3. ขอเก็บตัวอย่างไว้เพื่องานวิจัยในอนาคตเป็นระยะเวลา 10 ปี โดยระบุวิธีเก็บว่าจะเชื่อมโยงถึงข้อมูลของอาสาสมัครหรือไม่อย่างไร สถานที่เก็บและผู้เข้าถึงตัวอย่าง โครงการวิจัยที่จะศึกษาในอนาคตต้องเกี่ยวข้องกับโครงการวิจัยหลักที่ได้รับการรับรอง เช่น ศึกษายีนส์ที่เกี่ยวข้องกับการดูดซึม ย่อยสลาย ยา หรือสารตัวการที่ทำการศึกษาในโครงการหลัก และก่อนทำวิจัยจะต้องเสนอโครงร่างให้คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยรับรองจึงจะดำเนินการได้

<u>สิทธิ์ของผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัย</u>

ในฐานะที่ท่านเป็นผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัย ท่านจะมีสิทธิ์ดังต่อไปนี้

1. ท่านจะได้รับทราบถึงลักษณะและวัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้
2. ท่านจะได้รับการอธิบายเกี่ยวกับระเบียบวิธีการของการวิจัยทางการแพทย์ รวมทั้งยาและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้
3. ท่านจะได้รับการอธิบายถึงความเสี่ยงและความไม่สบายที่จะได้รับจากการวิจัย
4. ท่านจะได้รับการอธิบายถึงประโยชน์ที่ท่านอาจจะได้รับจากการวิจัย
5. ท่านจะได้รับการเปิดเผยถึงทางเลือกในการรักษาด้วยวิธีอื่น ยา หรืออุปกรณ์ซึ่งมีผลดีต่อท่านรวมทั้งประโยชน์และความเสี่ยงที่ท่านอาจได้รับ
6. ท่านจะได้รับทราบแนวทางในการรักษา ในกรณีที่พบโรคแทรกซ้อนภายหลังการเข้าร่วมในโครงการวิจัย
7. ท่านจะมีโอกาสได้ซักถามเกี่ยวกับงานวิจัยหรือขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
8. ท่านจะได้รับทราบว่าการยินยอมเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ท่านสามารถขอถอนตัวจากโครงการเมื่อไรก็ได้ โดยผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัยสามารถขอถอนตัวจากโครงการโดยไม่ได้รับผลกระทบใด ๆ ทั้งสิ้น
9. ท่านจะได้รับเอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัยและสำเนาเอกสารใบยินยอมที่มีทั้งลายเซ็นและวันที่

10. ท่านมีสิทธิ์ในการตัดสินใจว่าจะเข้าร่วมในโครงการวิจัยหรือไม่ก็ได้ โดยปราศจากการใช้อิทธิพลบังคับข่มขู่ หรือการหลอกลวง

หากท่านไม่ได้รับการชดเชยอันควรต่อการบาดเจ็บหรือเจ็บป่วยที่เกิดขึ้นโดยตรงจากการวิจัย หรือท่านไม่ได้รับการปฏิบัติตามที่ปรากฏในเอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมในการวิจัย ท่านสามารถร้องเรียนได้ที่สำนักงานจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ อาคารสำนักงานอธิการบดี 1 ชั้น 4 โทร. 02-9547300 ต่อ 152, ในวันทำการ(จันทร์-ศุกร์ เวลา 08.30 – 16.30 น.)

ขอขอบคุณในการร่วมมือของท่านมา ณ ที่นี้

****

เอกสารแบบแสดงความยินยอมของอาสาสมัครเข้าร่วมการวิจัย

(Informed Consent Form)

โครงการวิจัยเรื่อง :

การศึกษาประสิทธิผลของการรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระต่อภาวะเครียดออกซิเดชั่น

ลำดับที่ .....

ทำที่.....

ให้คำยินยอมเมื่อ วันที่…….. เดือน…….…… พ.ศ. …….

ก่อนที่จะลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมเป็นกลุ่มตัวอย่างหรืออาสาสมัครในโครงการวิจัยนี้ ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายถึงวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย วิธีการวิจัย และรายละเอียดต่าง ๆ ตามที่ระบุในเอกสารข้อมูลสำหรับผู้ร่วมโครงการวิจัย ซึ่งผู้วิจัยได้ให้ไว้แก่ข้าพเจ้า และข้าพเจ้าเข้าใจคำอธิบายดังกล่าวครบถ้วนเป็นอย่างดีแล้ว และพร้อมปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัด

ผู้วิจัยรับรองว่าจะตอบคำถามต่าง ๆ ที่ข้าพเจ้าสงสัยเกี่ยวกับการวิจัยนี้ด้วยความเต็มใจ และไม่ปิดบังซ่อนเร้นจนข้าพเจ้าพอใจ

ข้าพเจ้าเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้ด้วยความสมัครใจ และมีสิทธิที่จะบอกเลิกการเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้เมื่อใดก็ได้ โดยข้าพเจ้าจะแจ้งให้ผู้วิจัยทราบล่วงหน้าเป็นระยะเวลา 3 วัน

ผู้วิจัยรับรองว่าจะเก็บข้อมูลเฉพาะเกี่ยวกับตัวข้าพเจ้าเป็นความลับ จะเปิดเผยได้เฉพาะในส่วนที่เกี่ยวข้องกับผลการวิจับ และการสรุปผลการวิจัย การเปิดเผยข้อมูลของข้าพเจ้าต่อหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องต้องได้รับอนุญาตจากข้าพเจ้า

ข้าพเจ้าได้อ่านข้อความข้างต้นแล้วมีความเข้าใจดีทุกประการ และได้ลงนามในใบยินยอมนี้ด้วยความเต็มใจ

..... ลงนามผู้ให้ความยินยอม

(.....) ชื่อผู้ยินยอมตัวบรรจง

วันที่ .....เดือน.....พ.ศ.....

ข้าพเจ้า ☐ ยินยอม

☐ ไม่ยินยอม

ให้เก็บตัวอย่างชีวภาพที่เหลือไว้เพื่อการวิจัยในอนาคต

..... ลงนามผู้ให้ความยินยอม

(.....) ชื่อผู้ยินยอมตัวบรรจง

วันที่ .....เดือน.....พ.ศ.....

ข้าพเจ้าได้อธิบายถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีการวิจัย อันตราย หรืออาการไม่พึงประสงค์หรือความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นจากการวิจัย หรือจากยาที่ใช้ รวมทั้งประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นจากการวิจัยอย่างละเอียด ให้ผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัยตามนามข้างต้นได้ทราบและมีความเข้าใจดีแล้ว พร้อมลงนามลงในเอกสารแสดงความยินยอมด้วยความเต็มใจ

.....ลงนามผู้ทำวิจัย

(.....) ชื่อผู้ทำวิจัย ตัวบรรจง

วันที่ .....เดือน.....พ.ศ.....

.....ลงนามพยาน

(.....) ชื่อพยาน ตัวบรรจง

วันที่ .....เดือน.....พ.ศ.....

.....ลงนามพยาน

(.....) ชื่อพยาน ตัวบรรจง

วันที่ .....เดือน.....พ.ศ.....

****

ภาคผนวก ค

การเก็บตัวอย่างเลือด และขั้นตอนการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Callegari CR3000

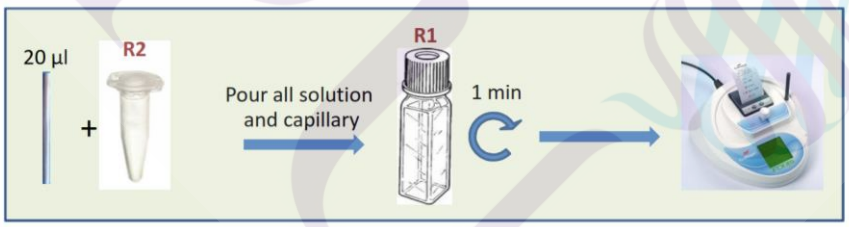
OPERATIVE PROCEDURE TEST OVERVIEW

TEST	VOLUME	PROCEDURE
FORT	20µl	1. Collect the blood using the capillary and place it into the R2 reagent (CONICAL TUBE); gently rock 2. Pour solution into R1 reagent (SQUARED CUVETTE); gently rock 3. Centrifuge for 1 minute 4. Insert the cuvette into a reading cell.
FORD	50µl	1. Pour contents of S2 reagent (**BLUE tube**) into cuvette C1, add 50µL of S3 reagent; gently rock 2. Insert cuvette into a reading cell for the first reading 3. Meanwhile, collect blood and transfer it into S1 reagent (**WHITE tube**); gently rock 4. Centrifuge for 1 minute to obtain supernatant 5. Add 100µL (twice using the pipette) of supernatant to the cuvette C1; gently rock 6. Insert the cuvette into the reading cell previously employed for the second reading

FORT

$$R\text{-}OOH + Fe^{2+} \rightarrow R\text{-}O^{\bullet} + OH^{-} + Fe^{3+}$$
$$R\text{-}OOH + Fe^{3+} \rightarrow R\text{-}OO^{\bullet} + H^{+} + Fe^{2+}$$
$$RO^{\bullet} + ROO^{\bullet} + 2CrNH_2 \rightarrow RO^{-} + ROO^{-} + [Cr\text{-}NH_2^{+\bullet}]$$

R1: CHROMOGEN, In the formula it is the compound CrNH2
R2: buffer solution, which allows the reactions A and B in the formula
ROOH: hydroperoxides present in the blood sample
ROO˙ and RO˙ : free radicals measured

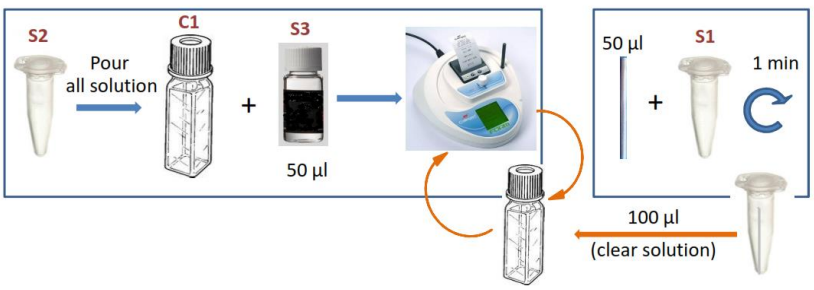


FORD

$$Chromogen_{(uncolored)} + oxidant\ (Fe^{3+})\ H^{+} \rightarrow Chromogen^{\cdot+}{}_{(purple)}$$

$$Chromogen^{\cdot+}{}_{(purple)} + AOH \rightarrow Chromogen^{+}{}_{(uncolored)} + AO$$

C1: Chromogen
S1. Buffer solution
S3: iron solution
S2: iperosmolar buffer (where the blood containing antioxidants AOH is placed)



ภาคผนวก ง
แบบบันทึกผลการตรวจวิเคราะห์เลือด

แบบบันทึกผลการตรวจวิเคราะห์เลือด (ก่อนรับประทาน)

ผู้บันทึก .....

ลำดับที่	ค่า FORT	ค่า FORD	ผลต่าง FORT - FORD	REDOX Index	หมายเหตุ
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					

แบบบันทึกผลการตรวจวิเคราะห์เลือด (หลังรับประทาน)

ผู้บันทึก .....

ลำดับที่	ค่า FORT	ค่า FORD	ผลต่าง FORT - FORD	REDOX Index	หมายเหตุ
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					

ตารางเปรียบเทียบผลการตรวจวิเคราะห์เลือด (ก่อน VS หลัง)

ผู้บันทึก .....

ลำดับที่	ค่า FORT		ค่า FORD		ผลต่าง FORT - FORD		REDOX Index		หมายเหตุ
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									

ภาคผนวก จ
แบบบันทึกการติดตามผลรายวัน

แบบบันทึกข้อมูลการติดตามผลรายวัน (วันที่ 1 - 7)

ผู้บันทึก ..... (ระบุเวลารับประทาน)

ลำดับที่	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6	วันที่ 7	หมายเหตุ
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

แบบบันทึกข้อมูลการติดตามผลรายวัน (วันที่ 8 - 14)

ผู้บันทึก ..... (ระบุเวลารับประทาน)

ลำดับที่	วันที่ 8	วันที่ 9	วันที่ 10	วันที่ 11	วันที่ 12	วันที่ 13	วันที่ 14	หมายเหตุ
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	วาสนา อินทะแสง
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2560 บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต (การจัดการเชิงกลยุทธ์) มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
	พ.ศ. 2550 บริหารธุรกิจบัณฑิต (การตลาด) มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน	ประธานบริหาร (ซีอีโอ) บริษัท รีโว่เมด (ไทยแลนด์) จำกัด

DPU