บทที่ 2

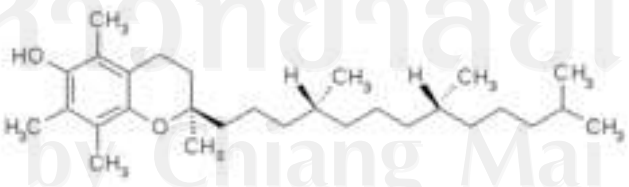
ตรวจเอกสาร

วิตามินอี (Vitamin E)

วิตามินอี ถูกค้นพบครั้งแรกในปี ค.ศ. 1922 โดย Evans และ Bishop ซึ่งทำการทดลองกับหนูเพศเมีย พบว่าสารสำคัญชนิดหนึ่งซึ่งยังไม่ทราบแน่ชัดว่าเป็นสารอะไร มีผลควบคุมการตั้งครรภ์ในหนูให้เป็นไปตามปกติ ถ้าหนูไม่ได้รับสารนี้อย่างเพียงพอ หนูสามารถตั้งครรภ์ได้แต่จะแท้งลูก หลังจากการค้นพบจึงตั้งชื่อสารดังกล่าวว่า วิตามินที่ป้องกันการเป็นหมัน (Antisterility vitamin) (วราพร, 2543) ต่อจากนั้น ในปี ค.ศ. 1936 Evans และคณะ สามารถสกัดและแยกวิตามินได้จากน้ำมันจมูกข้าวสาลี (Wheat germ oil) และตั้งชื่อว่า โทโคเฟอรอล (Tocopherol) ซึ่งมีรากศัพท์มาจากภาษากรีกคำว่า tocos ซึ่งแปลว่าบุตร และ phero ซึ่งแปลว่า ให้กำเนิด จากนั้นไม่นาน Fernholz ได้ศึกษาลักษณะโครงสร้างของแอลฟา-โทโคเฟอรอล (α-tocopherol) สำเร็จ โดยต่อมาได้มีผู้ศึกษาวิจัยจำนวนมากทำการศึกษาเกี่ยวกับการแยก และลักษณะสำคัญของวิตามินอีทั้งโทโคเฟอรอล (Tocopherol) และโทโคไตรอีนอล (Tocotrienol) (Sheppard *et al.*, 1993)

โครงสร้างของวิตามินอี

วิตามินอีจัดอยู่ในรูปของสารประกอบ 6-hydroxychroman ที่ละลายได้ในไขมันโดยแสดงกิจกรรมด้านชีวภาพ (biologicalactivity) ของแอลฟา-โทโคเฟอรอลซึ่งถูกวัดโดย resorptiongestation assay ในหนู โทคอล (tocol) หรือ 2-methyl-2- (4', 8', 12' – trimethyltridecyl) chroman-6-ol คือ สารประกอบที่เป็นต้นกำเนิดของโทโคเฟอรอล (Eitenmiller and Lee, 2004) ดังภาพ 1

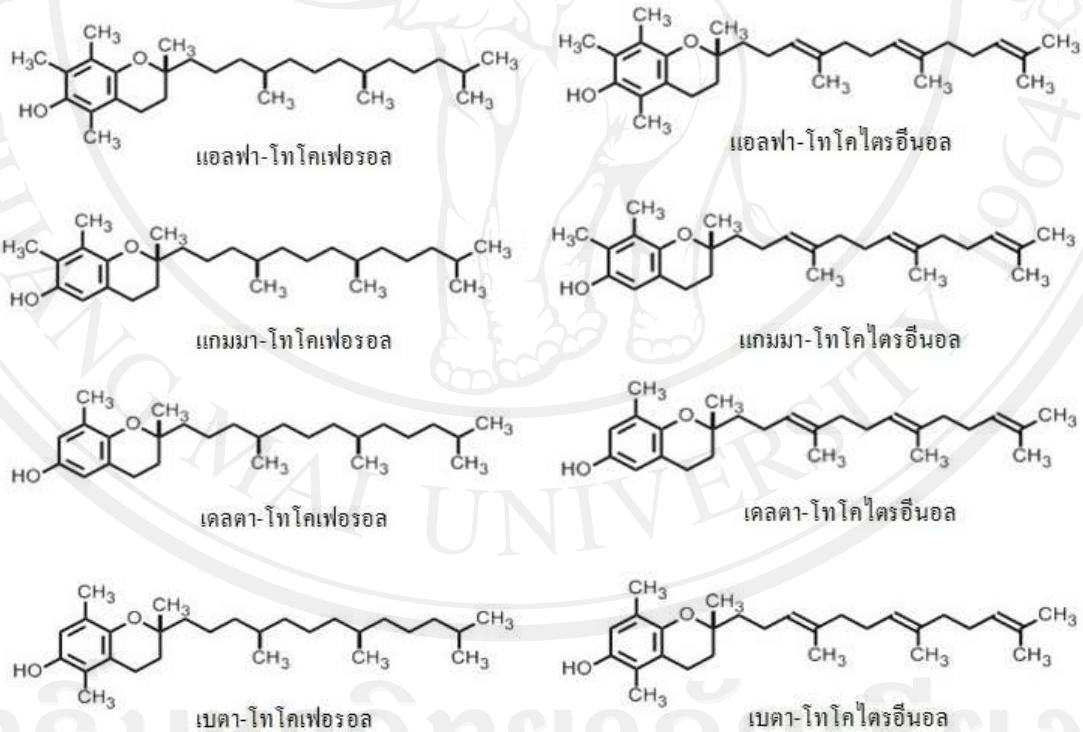


ภาพ 1 (2 R 4' R 8' R) แอลฟา-โทโคเฟอรอล

ที่มา : Eitenmiller and Lee (2004)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วิตามินอีที่พบในธรรมชาติประกอบด้วย 8 อนุพันธ์คือ แอลฟา- เบตา- แกมมา- และเดลตา-โทโคเฟอรอล (α-, β-, γ- และ δ-tocopherol) และแอลฟา- เบตา- แกมมา- และเดลตา- โทโคไตรอีนอล (α-, β-, γ- และ δ -tocotrienol) ดังภาพ 2 และตาราง 1 และ 2 ตามลำดับ ซึ่งโครงสร้างของวงแหวน 6-chromanol ของกลุ่มโทโคเฟอรอลจะถูกแทนที่ด้วยหมู่เมทิล (methyl group) ที่ตำแหน่ง 5,7 และ 8 โดยที่ตำแหน่งที่ 2 เป็น C16 saturated side chain ส่วนกลุ่มโทโคไตรอีนอลนั้น จะมีพันธะคู่ที่ตำแหน่ง 3',7' และ 11' ของ side chain ซึ่งโทโคเฟอรอลและโทโคไตรอีนอลในรูปแบบเฉพาะต่างๆ นั้นจะแตกต่างกันที่จำนวนและตำแหน่งของหมู่เมทิลบนวงแหวน 6-chromanol โดยแอลฟา-โทโคเฟอรอล และแอลฟา-โทโคไตรอีนอลนั้นจะถูกแทนที่ด้วยหมู่เมทิล 3 หมู่ ส่วนเบตา, แกมมา-โทโคเฟอรอล และเบตา, แกมมา-โทโคไตรอีนอลจะถูกแทนที่ด้วยหมู่เมทิล 2 หมู่ เบตา (R^1=R^3=CH_3), แกมมา (R^2=R^3=CH_3) ส่วน เดลตา-โทโคเฟอรอล และเดลตา-โทโคไตรอีนอลนั้นจะถูกแทนที่ด้วยหมู่เมทิล 1 หมู่ เดลตา (R^3=CH_3)



ภาพ 2 แอลฟา-, เบตา-, แกมมา- และเดลตา (โทโคเฟอรอล และโทโคไตรอีนอล)
ที่มา : Eitenmiller and Lee (2004)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 1 ชื่อสามัญ ชื่อทางเคมี ตัวย่อ และตำแหน่งในวงแหวนของโทโคฟีรอลอนุพันธ์ต่างๆ

ชื่อสามัญ	ชื่อทางเคมี	ตัวย่อ	ตำแหน่งในวงแหวน		
			R^1	R^2	R^3
โทคอล	2-เมทิล-2-(4',8',12'-ไตรเมทิลไตรเดซิล)โครแมน-6-ออล (2-Methyl-2-(4',8',12'-trimethyltridecyl)chroman-6-ol)	–	H	H	H
แอลฟา-โทโคฟีรอล	5,7,8-ไตรเมทิลโทคอล (5,7,8-Trimethyltocol)	α-T	CH_3	CH_3	CH_3
เบตา-โทโคฟีรอล	5,8-ไดเมทิลโทคอล (5,8-Dimethyltocol)	β-T	CH_3	H	CH_3
แกมมา-โทโคฟีรอล	7,8-ไดเมทิลโทคอล (7,8-Dimethyltocol)	γ- T	H	CH_3	CH_3
เดลตา-โทโคฟีรอล	8-ไดเมทิลโทคอล (8-Dimethyltocol)	δ-T	H	H	CH_3

อ้างโดย : Eitenmiller and Lee (2004)

ตาราง 2 ชื่อสามัญ ชื่อทางเคมี ตัวย่อ และตำแหน่งในวงแหวนของโทโคไตรอีนอลอนุพันธ์ต่างๆ

ชื่อสามัญ	ชื่อทางเคมี	ตัวย่อ	ตำแหน่งในวงแหวน		
			R^1	R^2	R^3
โทคอล	2-เมทิล-2-(4',8',12'-ไตรเมทิลไตรเดคา-3',7',11'-ไตรอีนิล) ไตรเมน-6-ออล) (2-Methyl-2-(4',8',12'-trimethyltrideca-3',7',11'-trienyl) chroman-6-ol)	–	H	H	H
แอลฟา-โทโคไตรอีนอล	5,7,8-ไตรเมทิลโทโคไตรอีนอล (5,7,8-Trimethyltocotrienol)	α-T	CH_3	CH_3	CH_3
เบตา-โทโคไตรอีนอล	5,8-ไดเมทิลโทโคไตรอีนอล (5,8-Dimethyltocotrienol)	β-T	CH_3	H	CH_3
แกมมา-โทโคไตรอีนอล	7,8-ไดเมทิลโทโคไตรอีนอล (7,8-Dimethyltocotrienol)	γ- T	H	CH_3	CH_3
เดลตา-โทโคไตรอีนอล	8-ไดเมทิลโทโคไตรอีนอล (8-Dimethyltocotrienol)	δ-T	H	H	CH_3

อ้างโดย : Eitenmiller and Lee (2004)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทบาททางชีวภาพของวิตามินอี (Biological role of vitamin E)

วิตามินอีทำหน้าที่ร่วมกับสารต้านอนุมูลอิสระชนิดอื่นๆ ทั้งที่ละลายได้ในไขมันและในน้ำ ซึ่งทำให้สิ่งมีชีวิตมีระบบการป้องกันอย่างมีประสิทธิภาพในการต่อสู้กับอนุมูลอิสระ และการถูกทำลายของเซลล์ด้วยอนุมูลอิสระ ซึ่งอนุมูลอิสระนั้นถูกนิยามว่าเป็นสารเคมีชนิดหนึ่งที่สามารถมีอยู่ได้อย่างอิสระซึ่งประกอบด้วยอิเล็กตรอนเดี่ยว (Unpaired electrons) 1 อัน หรือมากกว่า (Eitenmiller and Lee, 2004)

Reactive oxygen species (ROS) แบ่งเป็น 2 ประเภท โดยประเภทแรกคือ อนุมูลอิสระ ได้แก่ superoxide anion radicals (O_2^-), hydroxyl radicals (OH·), alkoxyl radicals (LO·), hydropheroxyl radicals (HO_2·) และ peroxyl radicals (LO_2·) ประเภทที่สองคือ ชนิดที่ไม่ใช่อนุมูลอิสระ (non free-radical species) ได้แก่ Iron-oxygen complex, hydrogen peroxide (H_2O_2), singlet oxygen ($^1O_2$), ozone (O_3) และ hypochlorous acid (HOCl) (Eitenmiller and Lee, 2004; Gülcin *et al.*, 2003)

ภายในเซลล์สิ่งมีชีวิต ROS จะถูกผลิตขึ้นครั้งแรกใน mitochondria, phagocytes และ peroisomes และหลังจากนั้นจะถูกสร้างขึ้นโดย cytochrome P-450 enzymes การผลิต ROS ได้ถูกแบ่งกลุ่มได้ดังนี้ (Eitenmiller and Lee, 2004) คือ

1. Mitochondria : ผลิต superoxide และ hydrogen peroxide โดยการหายใจ
2. Phagocytes : ผลิต O_2·, H_2O_2, nitric oxide (NO·) และ hypochlorite (ClO^-) ซึ่งเกี่ยวข้องกับ respiratory burst
3. Peroxisomesm : การสลายตัวของสารต่างๆ เช่น กรดไขมันอิสระเพื่อผลิต H_2O_2
4. Cytochrome P-450 enzyme : เป็นตัวเร่งของปฏิกิริยาของปฏิกิริยาออกซิเดชันต่างๆ
5. Low-wavelength irradiation : สร้าง hydroxyl radiation (OH·) จากน้ำ
6 Ultraviolet irradiation : การแยกของพันธะโควาเลนต์ของ O-O ใน H_2O_2 เพื่อผลิต OH ·radical 2 โมเลกุล

สำหรับ ROS ที่สร้างจากแหล่งภายนอกสิ่งมีชีวิตนั้น ได้แก่ ควันจากยาสูบ มลภาวะ ตัวทำละลายอินทรีย์ และยาฆ่าแมลง เป็นต้น ROS เป็นสาเหตุของการเกิดปฏิกิริยา peroxidation ของไขมันในอาหาร ซึ่งทำให้เกิดการเน่าเสียของอาหารได้ นอกจากนี้ ROS ยังทำลายโมเลกุลชีวภาพ ได้แก่ ไขมัน กรดนิวคลีอิก (nucleic acids) โปรตีน ลิโปโปรตีน และคาร์โบไฮเดรต ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคต่างๆ ได้แก่ ทำให้เกิดการแก่ของเซลล์ (aging) โรคมาเลเรีย (malaria) ภูมิคุ้มกันบกพร่อง (acquired immunodeficiency syndrome) หัวใจวาย (stoke) และ ไขมันอุดตันในเส้นเลือด (Gülcin *et al.*, 2003)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วิตามินอีทั้งโทโคเฟอรอล และโทโคไตรอีนอล สามารถทำปฏิกิริยากับ ROS ในระบบของสิ่งมีชีวิต เช่น พลาสมา ผนังเซลล์ และเนื้อเยื่อ โดยแอลฟา-โทโคเฟอรอล เป็นอนุพันธ์ของวิตามินอีที่มีการศึกษาวิจัยมากที่สุด เนื่องจากสามารถยับยั้งกิจกรรมทางชีวภาพของสิ่งมีชีวิตได้สูงที่สุด และวิธีการ ได้ถูกพัฒนาขึ้นมาใช้ เฉพาะสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณ แอลฟา-โทโคเฟอรอล แต่อย่างไรก็ตามการศึกษาวิจัยในปัจจุบันพบว่า อนุพันธ์อื่นๆ ของวิตามินอียังมีบทบาทสำคัญในสิ่งมีชีวิตอีกด้วย (Cunha *et al.*, 2006)

หน้าที่ทางชีวภาพของวิตามินอี

วิตามินอีจะทำหน้าที่ให้อิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้น ทำให้สารพลังงานสูงชนิดนี้หมดความไวในการทำอันตรายกับสารชีวโมเลกุลอื่นๆ หลังจากนั้นตัววิตามินอีเอง จะเกิดเป็นวิตามินอีเรดิเคล (Vitamin E radical) ที่เสถียรมากกว่า (วราพร, 2005)

แอลฟา-โทโคเฟอรอล คือ รูปแบบของวิตามินอีที่มีความว่องไวต่อการจับอนุมูลอิสระมากที่สุด ซึ่งถูกดูดซึมได้ในร่างกายมนุษย์อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อเทียบกับรูปแบบเดลตา- และแกมมา- ของวิตามินอี และหลังจาก 24 ชั่วโมง ในพลาสมาอุดมไปด้วยวิตามินอีในรูปแบบแอลฟา- ซึ่งวิตามินอีในรูปแบบแอลฟา- นั้นมีกิจกรรมในการต้านอนุมูลอิสระในสิ่งมีชีวิตสูงที่สุดบน fetal resorption assays และมีความว่องไวต่อการสลายตัวต่ำกว่ารูปแบบอื่นๆ ของวิตามินอี นอกจากนี้การขนส่งโทโคเฟอรอลและโปรตีนที่เกี่ยวข้องนั้น มีกลไกเช่นเดียวกันกับการขนส่งหรือควบคุมโปรตีน ระหว่างช่องว่างของเซลล์ แต่กลไกของโทโคเฟอรอลเมื่อเข้าสู่ร่างกาย การเก็บรักษาและการขนส่งยังคงไม่ชัดเจนนัก (Gianello *et al.*, 2005)

คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของวิตามินอี

สารต้านอนุมูลอิสระแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ประเภทแรกคือ สารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ ซึ่งสามารถทนต่อสภาวะของกระบวนการผลิต เช่น ทอด หรือ การอบได้ดี (German, 2002) สารต้านอนุมูลอิสระอีกประเภท คือ สารต้านอนุมูลอิสระธรรมชาติ พบมากในพืชและราเกือบทุกชนิด และยังพบในเนื้อเยื่อของสัตว์อีกด้วย โดยกลุ่มหลักของสารต้านอนุมูลอิสระธรรมชาติ คือ สารประกอบฟีโนลิก (phenolic compounds) แต่กลุ่มที่สำคัญที่สุดของสารต้านอนุมูลอิสระธรรมชาติ คือ โทโคเฟอรอล ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) และกรดฟีโนลิก (phenolic acids) (Pokorny *et al.*, 2001)

ข้อดีและข้อเสียของสารต้านอนุมูลอิสระธรรมชาติและสังเคราะห์ คือสารต้านอนุมูลธรรมชาติมีราคาแพง และมีข้อจำกัดต่อการใช้ในผลิตภัณฑ์บางประเภทมากกว่าสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ซึ่งสามารถใช้ในวงกว้างกว่า แต่มีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant activity) อยู่ในระดับกลางถึงสูง ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระธรรมชาตินั้นมีกิจกรรมการต้านอนุมูล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อิสระอยู่ในช่วงกว้าง และได้รับการยอมรับว่าเป็นสารที่ไม่เป็นอันตรายมีแนวโน้มที่จะมีการใช้เพิ่มมากขึ้น และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างกว้างขวาง นอกจากนี้สารต้านอนุมูลอิสระธรรมชาติยังมีความสามารถในการละลายได้ในช่วงกว้าง และได้รับความสนใจมากขึ้นที่จะนำมาใช้ แต่สำหรับสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์นั้น มีความห่วงใยในด้านความปลอดภัยในการนำมาใช้

นอกจากนี้ Bera *et al*. (2006) พบว่าสารต้านอนุมูลอิสระธรรมชาติมีประโยชน์มากกว่าเมื่อเทียบกับสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ คือ สารต้านอนุมูลอิสระธรรมชาติเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคว่ามีความปลอดภัย ซึ่งในทางกฎหมายแล้วไม่ต้องมีการทดสอบด้านความปลอดภัยถือว่าเป็นอาหารที่มนุษย์บริโภคมากกว่า 100 ปี หรือใช้ผสมกับอาหาร นอกจากนี้ยังทำให้น้ำมันบริโภคมีความคงตัว และเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับน้ำมันบริโภคอีกด้วย

Senevirathne *et al*. (2006) กล่าวว่า สารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ มีฤทธิ์ทำลายตับ และเป็นสารก่อมะเร็ง ดังนั้นสารต้านอนุมูลอิสระธรรมชาติจึง มีบทบาทสำคัญในการทำลาย ROS และอนุมูลอิสระอื่นๆ ส่งผลให้โรคต่างๆ และการหืนของอาหาร ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันนั้นเกิดขึ้นช้าลง

ความเข้มข้นของโทโคเฟอรอลเป็นปัจจัยที่สำคัญของกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระมีค่ามากที่สุดที่ความเข้มข้นต่ำและมีค่าลดลงหรืออาจจะกลายเป็น prooxidant ที่ความเข้มข้นสูง ตัวอย่างเช่น แอลฟา-โทโคเฟอรอล สามารถทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้อย่างเหมาะสมที่ความเข้มข้นระหว่าง 100-280 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ซึ่งความเหมาะสมของแกมมา-โทโคเฟอรอลอยู่ระหว่าง 250-500 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และความเข้มข้นของเดลตา-โทโคเฟอรอลอยู่ระหว่าง 500-1000 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ที่พบในน้ำมันถั่วเหลืองมีค่าระหว่าง 500-750 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และความสำคัญระหว่างความเข้มข้น และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของโทโคเฟอรอลนั้นขึ้นอยู่กับสภาวะที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในช่วงการศึกษาวิจัยและจุดสุดท้ายที่ถูกเลือกสำหรับวัดปฏิกิริยาการเกิดออกซิเดชัน (Evans *et al*., 2002)

Kim (2005) ได้ศึกษากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ ของวิตามินอีในรำข้าว โดยวัดค่าการต้านอนุมูลอิสระของวิตามินอีต่ออนุมูลอิสระ 1,1-diphemyl-2-picrylhydrazyl radical (DPPH) ที่ความเข้มข้นของวิตามินในช่วง 2.5-640 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และศึกษาความเป็นแอนติออกซิแดนท์โดยการใช้ reducing power method และ ferric thiocyanate method (FTC) ที่ความเข้มข้น 0, 2.5, 10, 40 และ 160 มิลลิกรัม/กิโลกรัม จากผลการทดลองพบว่าค่าการต้านอนุมูลอิสระของวิตามินอีเพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มข้นของวิตามินอีสูงขึ้น และมีค่าคงที่ตั้งแต่ความเข้มข้นของวิตามินอีที่ 160 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ขึ้นไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทบาทของวิตามินอีในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในอาหาร

สารต้านอนุมูลอิสระถูกใช้อย่างมากในการเป็นสารที่เติมลงในอาหาร เพื่อป้องกันจากการเสื่อมเสียของอาหารและน้ำมัน เนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ดังนั้นสารต้านอนุมูลอิสระถูกใช้เพื่อรักษาคุณภาพของอาหารเป็นหลัก โดยการป้องกันการเสื่อมเสียเนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันขององค์ประกอบของไขมัน (Senevirathne *et al.*, 2006)

วิตามินอี โดยเฉพาะอย่างยิ่ง แอลฟา-โทโคเฟอรอล มีหน้าที่ในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูงภายในผนังเซลล์ของสิ่งมีชีวิต และมีหน้าที่ทางชีวภาพสูงที่สุด โดยแอลฟา-โทโคเฟอรอลสามารถจับกับ peroxy radicals ได้รวดเร็วกว่าแกมมา-โทโคเฟอรอล และสารอนุมูลอิสระสังเคราะห์ในปฏิกิริยา autoxidation และยังมีประสิทธิภาพมากว่าในการเพิ่มความคงตัวต่อการเกิดออกซิเดชันเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นได้ ในทางตรงข้ามแอลฟา-โทโคเฟอรอลสามารถทำหน้าที่เป็น pro-oxidant ได้ดีกว่าแอนติออกซิแดนท์เมื่อมีความเข้มข้นสูง แต่อย่างไรก็ตามมีรายงานการวิจัยพบว่าไม่พบผลของ pro-oxidant สำหรับแอลฟา-โทโคเฟอรอล เมื่อมีความเข้มข้นระหว่าง 500-2,000 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในน้ำมันที่ผ่านการทำบริสุทธิ์ (Che Man *et al.*, 2005)

ประโยชน์ของวิตามินอี

วิตามินอีเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสำคัญที่ละลายได้ในไขมัน สามารถปกป้องไขมัน น้ำมัน และผนังเซลล์ ต่อการทำลายของอนุมูลอิสระต่างๆ ได้ เช่น สารประกอบของออกซิเจนที่ยังสามารถเกิดปฏิกิริยาต่อไปได้อีก ซึ่งถูกผลิตโดยกระบวนการทางชีววิทยาโดยทั่วไปของมนุษย์ และการสัมผัสกับรังสีอุลตราไวโอเลต มลภาวะ ควันบุหรี่ และปัจจัยอื่นๆ เป็นต้น ซึ่งถ้าระดับของอนุมูลอิสระต่างๆ สูงจะทำให้เกิดความเสียหายกับผนังเซลล์ และทำลายดีเอ็นเอ ดังนั้นวิตามินอีทั้งในรูปของโทโคเฟอรอล และโทโคไตรอีนอล สามารถป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และปกป้องโมเลกุลและเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตจากการทำลายโดยอนุมูลอิสระ นอกจากนี้ oxidative stress อาจเป็นสาเหตุของความแก่ เช่นเดียวกับการเป็นต้นกำเนิดของโรคจำนวนมากที่เกิดจากความเสื่อมโทรมของร่างกายมนุษย์ ได้แก่ ความผิดปกติของหัวใจ และโรคมะเร็ง (Theriault *et al.*, 1999) และยิ่งไปกว่านั้น การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของ methionine จะส่งผลให้เกิดโรคอัลไซเมอร์

ในกลุ่มของวิตามินอี พบว่าแอลฟา-โทโคเฟอรอล มีแอคติวิตีสูงที่สุด โดย Weber *et al.* (1997) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของโทโคเฟอรอลและโทโคไตรอีนอลในการปกป้องผิวหนังจาก Oxidative stress ที่เกิดจากแสงอัลตราไวโอแลต ซึ่งอาจก่อให้เกิดโรคมะเร็งผิวหนัง และความแก่ได้ โดยพบว่าพลาสมามีความชอบที่จะดูดซึมแอลฟา-โทโคเฟอรอล ได้มากกว่าแอลฟา-โทโคไตรอีนอล ทำให้เนื้อเยื่อในร่างกายไม่สามารถดูดซึมแอลฟา-โทโคไตรอีนอลจากอาหารได้ในปริมาณมาก อย่างไรก็ตามมีการศึกษาวิจัยพบว่า อนุพันธุ์อื่นๆ ของวิตามินอี นอกเหนือจากแอลฟา-โทโคเฟ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อรอล มีบทบาทสำคัญต่อมนุษย์ เช่น แกมมา-โทโคเฟอรอล เป็นสารที่สามารถป้องกันมะเร็งได้ และยังเป็นสารที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันความผิดปกติเกี่ยวกับสมองที่เกิดจากอุดตันของเส้นเลือดในสมองส่วนกลาง สำหรับโทโคไตรอีนอลนั้นสามารถยับยั้งการสังเคราะห์คอเลสเตอรอล ลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด และลดปัจจัยเสี่ยงอื่นๆ ที่ก่อให้เกิดโรคหัวใจ และยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็ง (Cunha *et al.*, 2006)

วิตามินอีจากธรรมชาติ ร่างกายดูดซึมได้ดีกว่า และมีแอคติวิตีสูงกว่าวิตามินอีที่ได้จากการสังเคราะห์ (Gast *et al.*, 2005; Eitenmiller and Lee, 2004) ปัจจุบันนี้พบว่ามีผู้ป่วย ที่มีระดับคอเลสเตอรอลสูง, ไขมันในเส้นเลือดสูง และโรคมะเร็ง เพิ่มขึ้น ซึ่งค่าใช้จ่ายในการรักษาค่อนข้างแพง ดังนั้นหากมีการบริโภคข้าว ซึ่งเป็นอาหารหลักของคนไทย และบริโภคงา พันธุ์ที่มีคุณสมบัติพิเศษที่ใช้ในการป้องกันหรือลดความเสี่ยงของโรคดังกล่าว อาจจะสามารถลดจำนวนผู้ป่วยลง และยังสามารถผลิตเป็นอาหารทางเลือกสุขภาพ และเป็นการเพิ่มมูลค่าของข้าวและงาได้

ข้าว (Rice)

ข้าว (*Oryza sativa* L.) เป็นพืชอาหารที่สำคัญชนิดหนึ่งของโลก โดยเฉพาะประเทศในภูมิภาคเอเชีย ที่นิยมรับประทานข้าวเป็นอาหารหลักมากกว่าในภูมิภาคอื่นๆของโลก การผลิตบริโภคและการค้าข้าวส่วนใหญ่จึงอยู่ในทวีปเอเชีย ได้แก่ อินเดีย, บังกลาเทศ, พม่า, ไทย, เวียดนาม และตอนใต้ของประเทศจีน (Dhulappanavar *et al.*, 1973)

สำหรับข้าวไทยนั้นได้มีการปรับปรุงคุณภาพในด้านต่างๆ เพื่อเพิ่มคุณสมบัติพิเศษในเชิงการพาณิชย์โดยเฉพาะลักษณะในด้านความหอม จนเป็นผลิตภัณฑ์ที่ยอมรับอย่างสูงในตลาดการค้าข้าวโลก เช่น พันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นต้น นั่นเป็นเพียงส่วนหนึ่งในความหลากหลายทางพันธุกรรมของข้าว และภูมิปัญญาข้าวไทยที่ได้ถูกนำไปใช้เป็นประโยชน์ในเชิงอุตสาหกรรม ทั้งๆ ที่ยังมีภูมิปัญญาข้าวอื่นๆ ที่ยังมิได้นำไปปรับปรุงให้ก่อเกิดประโยชน์ (วรวิทย์, 2530)

ข้าวเหนียวก่ำและความสำคัญ

ข้าวเหนียวก่ำปัจจุบันกำลังได้รับความนิยมมากขึ้น เนื่องจากคุณสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระและประโยชน์ในด้านอื่นๆ ข้าวเหนียวก่ำจากทั่วโลกพบว่ามีทั้งหมด 583 ตัวอย่าง พบในทวีปเอเชียซึ่งประเทศจีนเป็นแหล่งที่มีเชื้อพันธุกรรมของข้าวเหนียวก่ำมากที่สุด 359 ตัวอย่าง (Chaudhary and Tran, 2001; Chaudhary, 2003) และอีกหนึ่งข้อมูลประเทศไทยมีแหล่งพันธุกรรมข้าวเหนียวก่ำประมาณ 66 ตัวอย่าง ในศูนย์ปฏิบัติการและเก็บเชื้อพันธุ์ข้าวแห่งชาติ ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี (หทัยรัตน์ และคณะ, 2548)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข้าวเหนียวก่ำ หรือเรียกตามภาษาพื้นเมืองของทางภาคเหนือว่า ข้าวก่ำ เป็นการเรียกตามลักษณะสีของเยื่อหุ้มเมล็ด ที่มีสีม่วงดำหรือสีแดงก่ำ นิยมปลูกทั่วไปในภาคเหนือ ภาคใต้ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย มีลักษณะการเพาะปลูกทั้งในสภาพเป็นข้าวนาดำ และข้าวไร่ ข้าวเหนียวก่ำ ที่ยังคงสภาพเป็นพันธุ์พื้นเมืองโบราณ (primitive rice variety) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของความหลากหลายของทรัพยากรพันธุกรรมในวัฒนธรรมข้าวไทยมาอย่างช้านาน ชาวนาในเขตภาคเหนือตอนบนมีความเชื่อว่าข้าวก่ำเป็น พญาข้าว หากมีไว้เพียงเล็กน้อยในผืนนาจะทำให้ปลอดภัยจากศัตรูข้าวต่างๆ นอกจากนี้ตัวต้นข้าวเหนียวก่ำเอง ก็ยังเชื่อว่าสามารถนำไปใช้เป็นสมุนไพรรักษาโรคหลายชนิด เช่น โรคตกเลือดในสตรีหลังคลอด โรคท้องร่วง และโรคหิด เป็นต้น (ดำเนิน, 2554)

ลักษณะเฉพาะของข้าวเหนียวก่ำที่แตกต่างไปจากข้าวทั่วโดยไปที่เห็นอย่างชัดเจน คือการปรากฏของสีม่วงบนส่วนต่างๆ ของต้น เช่น กาบใบ แผ่นใบ กลีบดอก เปลือกเมล็ด และเยื่อหุ้มเมล็ด (ดำเนิน และศันสนีย์, 2543) ในภูมิปัญญาท้องถิ่นข้าวที่เป็น ข้าวเหนียวก่ำ จะต้องมีลักษณะเฉพาะคือ เยื่อหุ้มเมล็ดสีม่วง (ธิดารักษ์ และดำเนิน, 2553) แม้ว่าในส่วนอื่นจะมีลักษณะเป็นสีม่วงหรือไม่เป็นสีม่วงก็ตาม ทำให้ข้าวเหนียวก่ำที่ปลูกในประเทศไทยมีความหลากหลายในลักษณะสีม่วงในส่วนต่างๆ ของลำต้นและใบของแต่ละพันธุ์ คุณลักษณะเด่นพิเศษของข้าวเหนียวก่ำโดยเฉพาะรงควัตถุสีม่วง มีคุณสมบัติโดยโครงสร้างพื้นฐาน (basic structure) ของ แอนโธไซยานิน และแอนโธไซยานิดิน มีค่าต่อสุขภาพมนุษย์อันเนื่องจากคุณสมบัติที่สามารถเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Matsuo *et al.*, 1997) ซึ่งสีม่วงที่พบในส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ด (pericarp) พบในข้าวก่ำ 85% อยู่ในรูปของ Cyanidin 3 glucoside (C3G) มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระเช่นกันและที่เหลือ 15% จะอยู่รูป peonidin-3-glucoside นอกจากนี้ข้าวก่ำ มีคุณค่าทางอาหารอื่นเช่น ปริมาณโปรตีน ไขมัน ฟอสฟอรัส โปตัสเซียม และแคลเซียม ทั้งในส่วนของเปลือกและข้าวกล้อง พบว่าข้าวก่ำมีปริมาณธาตุอาหารทั้ง 5 ชนิดในข้าวกล้องสูงกว่ากลุ่มข้าวขาว (ดำเนิน และ ศันสนีย์, 2543)

นอกจากนี้ข้าวเหนียวก่ำยังมีผลต่อสุขภาพด้านอื่นๆ เช่น ช่วยลดการอักเสบและลดการเกิดออกซิเดชันในร่างกาย (Xia *et al*., 2001) เพิ่มความสามารถต้านอนุมูลอิสระให้แก่ร่างกาย (Lin and Weng, 2006; Ling *et al*., 2001) สามารถยับยั้งการลุกลามของเนื้องอก ป้องกันการเกิดโรคมะเร็งและลดระดับไขมันในเลือดได้ (Blando *et al*., 2004) สามารถป้องกันโรคเบาหวานได้ (Wrolstad, 2001) รวมทั้งคุณสมบัติในปฏิกิริยายับยั้งการขยายตัวของเซลล์มะเร็งท่อหายใจในปอด (Chen *et al*., 2005) Punyatong et al. (2008) รายงานว่าเมล็ดข้าวเหนียวก่ำพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด สามารถยับยั้งการลุกลามและลดเซลล์มะเร็งในเม็ดเลือดของหนู ในส่วนของน้ำมันรำข้าวนั้น Boonsit and

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Karladee (2010) พบปริมาณของโอรีซานอล ในเมล็ดข้าวกล้องของข้าวเหนียวก่ำซึ่งแตกต่างกันในแต่ละพันธุ์ ซึ่งโอรีซานอล นั้นสามารถลดระดับคอเลสเตอรอล ในส่วนของ low – density lipoprotein (LDL) ลดการเสี่ยงของโรคหัวใจ และการเกิดนิ่วในร่างกายได้

รำข้าวและน้ำมันรำข้าว

รำ หมายถึง ส่วนของเยื่อหุ้มผล เยื่อหุ้มเมล็ด นิวเซลลัส ชั้นแอลิวโรน และชั้นซับแอลิวโรน และจะรวมส่วนของคัพภะด้วย ดังนั้นปริมาณ ชนิดของโครงสร้าง และองค์ประกอบทางเคมีของรำข้าว จะขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าวและสภาพแวดล้อมที่ปลูกจนถึงกรรมวิธีในการขัดผิวของเมล็ดข้าวกล้อง (อรอนงค์, 2547)

รำข้าวถูกนำไปใช้ประโยชน์มากมายในอาหารเพื่อสุขภาพ เพราะในรำข้าวมีใยอาหารสูง และไขมันอิ่มตัวต่ำ ซึ่งรำข้าวจะเป็นประโยชน์อย่างมากสำหรับผู้แพ้เมล็ดธัญพืชชนิดอื่น มีงานวิจัยพบว่า การบริโภครำข้าวมีประโยชน์ในการลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคหัวใจ และมะเร็งลำไส้ใหญ่ (Wilson *et al.,* 2007)

น้ำมันรำข้าวช่วยลดความเสี่ยงของโรคหัวใจ และหลอดเลือด เพราะรำข้าวมีกรดไขมันอิ่มตัวน้อย มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนไม่มาก แต่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวปริมาณมาก นอกจากนี้ ในรำข้าวมีสารป้องกันการเกิดอกซิเดชันหลายชนิด ได้แก่ วิตามินอี (โทโคเฟอรอล และโทโคไตรอีนอล) และโอรีซานอล โดยสารประกอบทั้งสามชนิดนี้จะลดการเกิด oxidized LDL ลดการเกิดหลอดเลือดแข็งตัว และลดการเกิดคอเลสเตอรอลออกไซด์ ซึ่งโทโคเฟอรอลและโอรีซานอลจะมีผลในการลดระดับคอเรสเตอรอลโดยตรง โดยที่โทโคเฟอรอลจะขัดขวางการสังเคราะห์คอเลสเตอรอลในร่างกาย ส่วนโอรีซานอลจะลดการดูดซึมของคอเลสเตอรอลจากอาหาร ซึ่งตรวจพบอุจจาระของกลุ่มคนที่ได้รับโอรีซานอล จะมีคอเลสเตอรอลมากกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับโอรีซานอล นอกจากนี้ รำข้าวมีสารประกอบกลุ่มโฟโตสเตียรอล และกลุ่มไตรเทอปีนแอลกฮอล์ จะสามารถลดการดูดซึมของคอเลสเตอรอลได้ (นัยนา และเรวดี, 2545)

Kahlon *et al.* (1989) พบว่า รำข้าวสามารถลดคอเลสเตอรอลใน หนูพันธุ์แฮมสเตอร์ที่มีคอเลสเตอรอลในเลือดสูง ได้เหมือนกับรำข้าวโอ๊ต โดย Wilson *et al.* (2007) พบว่าน้ำมันรำข้าวและโอรีซานอลสามารถลดไขมัน และลิโปโปรตีน คอเลสเตอรอลในเลือดได้ และยังลดการสะสมของออทิกคอเลสเตอรอล เอสเทอร์ (aortic cholesterol ester) ได้ปริมาณมากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับกรดเฟอลูริกในหนูพันธุ์แฮมสเตอร์ที่มีคอเลสเตอรอลในเลือดสูง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

งาขี้ม้อน (Perilla)

งาขี้ม้อน (*Perilla frutescens* (L.) Britt) มีชื่อสามัญแตกต่างกันไปแต่ละประเทศ ได้แก่ งาขี้ม้อน (ไทย), งาเจียง (ลาว), Perilla Beef steak plant Chinese basil Wild sesame (อังกฤษ), Tyu ssu Yeh ssu Chi ssu (จีน), Bhanjira (อินเดีย), Shiso Egoma (ญี่ปุ่น), Kkaennip Tulkkae (เกาหลี), Ban tulsi (เบงกอล), La tia to (เวียดนาม) (Allen, 2006)

ขี้ม้อนจัดเป็นพืชฤดูเดียว (annual herb) มีถิ่นกำเนิดอยู่ ทางเอเชียตะวันออก ได้แก่ จีน อินเดีย ญี่ปุ่น เกาหลี ไทย และประเทศอื่นๆทางแถบเอเชีย (Jackson and Bergeron, 2000) งาขี้ม้อนสามารถสกัดน้ำมันจากเมล็ด ได้ถึง 31-51% มีคุณสมบัติคล้ายน้ำมันลินซีด มีคุณสมบัติช่วยให้วัตถุที่ถูกเคลือบแห้งเร็ว และกันน้ำได้ Shin and Kim (1994) รายงานว่า ในน้ำมันงาขี้ม้อนมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่ค่อนข้างสูง โดยพบว่ามีกรดไลโนเลนิก 61.1-64.0% กรดไลโนเลอิก 14.3-17.0% และกรดโอเลอิก 13.2-14.9% นอกจากนี้ได้มีการศึกษากรดไขมันเหล่านี้ในงาขี้ม้อนที่ปลูกทางเหนือของประเทศไทย Siriamornpun (2006) พบว่า มีกรดไลโนเลนิกอยู่ประมาณ 54-59% มีกรดไลโนเลอิกประมาณ 18-22% และมีกรดโอเลอิกประมาณ 11-12% เพิ่มศักดิ์ และคณะ (2546) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของงาขี้ม้อนว่า สามารถสกัดเป็นน้ำมันไอระเหย เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมน้ำหอม และใช้ปรุงแต่งรสชาติอาหาร รวมถึงใช้เป็นยาพื้นบ้าน รักษาโรคไอ โรคปอด โรคเครียด และนอนไม่หลับ เป็นต้น ในประเทศจีนนำงาขี้ม้อนไปใช้เป็นยารักษาโรคเอดส์ ในซีกโลกตะวันออกได้ผลิตเป็นยารักษาโรค ใช้รักษาแผลเน่าเปื่อย บรรเทาอาการไข้ ทำยาขับลมแก้ท้องอืดและยาขับเหงื่อ เป็นต้น

นอกจากนี้ในเมล็ดงาขี้ม้อนยังมีวิตามินอีในรูปของแกมมา-โทโคเฟอรอลสูง ส่วนในรูปแอลฟา-โทโคเฟอรอล มีปริมาณน้อยมาก และฤทธิ์ของแกมมา-โทโคเฟอรอลนั้น เท่ากับ 6-16% ของฤทธิ์แอลฟา-โทโคเฟอรอล (Kanae *et al.,* 1995) จากการวิจัยในหนูพบว่า สารลิกแนนส์ในงาและแกมมา-โทโคเฟอรอล เสริมฤทธิ์การทำงานกันและให้ผลเท่ากับฤทธิ์ของวิตามินในรูปแอลฟา-โทโคเฟอรอล (Yama *et al*., 1992)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved