

ปริมาณสเตอรอลและสแตนอลในเมล็ดงา (*Sesamun indicum* L.) ที่ปลูกในประเทศไทย Sterols and Stanols Content in Sesame seed (*Sesamun indicum* L.) Cultivated in Thailand

ชัยสิทธิ์ สิทธิเวช¹

Chaiyasit Sittiwet¹

Received: 28 August 2015; Accepted: 30 October 2015

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์สเตอรอลและสแตนอลในเมล็ดงาที่เพาะปลูกในประเทศไทยทั้งหมด 13 สายพันธุ์โดยวิธี GC-MS พบว่างาดำพันธุ์ นครสวรรค์มีคอเลสเตอรอล ลาโนสเตอรอลและบีตาซิโทสเตอรอล มากที่สุดในปริมาณ 6304.0±75.6, 300.0±3.2 และ 10,072.0±99.7 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักงา 1 กรัมตามลำดับ งาดำพันธุ์ชัยบาดาลมีสติกมาสเตอรอลและอเวนาสเตอรอลอยู่สูงที่สุด 490.0±19.8 และ 2200.0±136.4 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักงา 1 กรัมตามลำดับและงาดำแดงพันธุ์อุบลราชธานี 1 มีแคมเปสเตอรอล และแคมเปสแตนอลเป็นองค์ประกอบมากที่สุด 3744.5±81.9 และ 490.0±19.8 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักงา 1 กรัมตามลำดับ ในขณะที่ขาวพันธุ์มหาสารคาม 60 มีไซโมสเตอรอลและซีโทสแตนอลสูงที่สุด 89.6±0.1 และ 249.0±0.5 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักงา 1 กรัมตามลำดับ จึงสามารถสรุปได้ว่าการลดระดับไขมันในเลือดของสารสกัดจากงาไม่ได้เกิดจากสารกลุ่มลิแกนเพียงอย่างเดียว อาจเกิดจากผลรวมของสเตอรอลและสแตนอลที่มีอยู่ในเมล็ดงาอีกด้วย

คำสำคัญ: สเตอรอลจากพืช สแตนอล คอเลสเตอรอล งา เมล็ดงา

Abstract

This study reports the composition of 13 cultivars sesame seed that cultivated in Thailand using gas liquid chromatography equipped with mass spectrometer (GC-MS). The cholesterol, lanosterol and β -sitosterol were found to be highest in black sesame cultivar Nakornsawan with content of 6304.0±75.6, 300.0±3.2 and 10,072.0±99.7 mg/gram of sample, respectively. The content of stigmasterol and avenasterol were found to be highest in black sesame cultivar Chaibadan with content of 490.0±19.8 and 2200.0±136.4 mg/gram of sample, respectively. Moreover, black-red sesame cultivar Ubonrachatani 1 showed the highest campesterol and campestanol with content of 3744.5±81.9 and 490.0±19.8 mg/g sample, respectively. Beside the highest content of zymostanol and sitostanol was found in white sesame with content of 89.6±0.1 and 249.0±0.5 mg/g of sample. From all of these evidences support that the hypolipidemia effect of sesame is from not only the lignan compound but also sterol and stanol.

Keywords: phytosterols, stanol, cholesterol, sesame, sesame seed

บทนำ

งา (*Sesamun indicum*) เป็นพืชล้มลุกที่มีขนาดความสูงของ ลำต้นตั้งแต่ 0.5- 2 เมตร ดอกมีสีขาวหรือสีชมพู เมล็ดงาถูก นำมาใช้ประกอบอาหารในประเทศแถบทวีปตะวันออกกลาง และเอเชีย นอกจากนั้น ยังได้มีการพัฒนาและแปรรูปผลิตภัณฑ์ จากเมล็ดงาหลายชนิด เช่น สบู่ น้ำมันหล่อลื่นและเครื่องสำอาง เมล็ดงามีน้ำมันเป็นองค์ประกอบร้อยละ 44-60 และยังมี

มีคุณค่าทางโภชนาการสูงทำให้การเพาะปลูกงามีบทบาททาง เศรษฐกิจเพิ่มขึ้นทุกปีเนื่องจากเป็นพืชที่มีระยะเวลาการเก็บเกี่ยวสั้นประมาณ 70 – 180 วันและทนแล้งได้ดี ในแต่ละปีการส่งออกงา (ผลิตภัณฑ์จากเมล็ดงา)ของประเทศไทยมีมูลค่า ประมาณ 400 ล้านบาทและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี เนื่องจาก เมล็ดงาในตลาดโลกมีไม่เพียงพอต่อความต้องการของประเทศ ที่นำเข้าเมล็ดงาซึ่งมีมากถึง 45 ประเทศหลัก

¹ อาจารย์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ต.ตลาด อ.เมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

¹ Lecturer Faculty of Medicine, Mahasarakham University, T.Talad, A. Kantharawichai, Mahasarakham

เมล็ดงาที่ปลูกในประเทศไทยแบ่งออกเป็น 3 ชนิดตามสีของเปลือกเมล็ดได้แก่

- งาขาว คือ งาที่มีเมล็ดสีขาวหรือเหลืองนวล งาขาวที่ปลูกในประเทศไทยมีหลายสายพันธุ์ได้แก่ พันธุ์เมืองเลย พันธุ์เชียงใหม่ พันธุ์ชัยบาดาลหรือพันธุ์สมอทอด พันธุ์ร้อยเอ็ด 1 พันธุ์มข.1 และพันธุ์มหาสารคาม 60

- งาดำ คือ งาที่มีเมล็ดสีดำหรือเทาเข้ม งาดำที่ปลูกในประเทศไทยมีหลายสายพันธุ์ได้แก่ งาดำบุรีรัมย์ งาดำนครสวรรค์ งาดำมก. 18 และงาดำมข. 2

- งาดำ-แดง หรือ งาเกษตร คือ งาที่มีเมล็ดสีน้ำตาลแดงล้วน ได้แก่ งาแดงพันธุ์มข.3 และพันธุ์อุบลราชธานี 1 และงาที่มีเมล็ดสีน้ำตาลแดงและสีดำปนกัน ได้แก่ งาสายพันธุ์พื้นเมืองพิษณุโลกและสุโขทัย

จากผลการวิจัยพบว่าการบริโภคงาต่อเนื่องกันเป็นเวลา 6 สัปดาห์สามารถลดระดับไตรกลีเซอไรด์และคอเลสเตอรอลในเลือดของสัตว์ทดลอง^{2,3,4,5,6} และมนุษย์ที่เป็นโรคคอเลสเตอรอลในเลือดสูงผิดปกติ (Hypercholesterolemia) แบบ IIa และ IIb⁷ โดยสารที่ออกฤทธิ์ในการลดระดับไตรกลีเซอไรด์และคอเลสเตอรอลในเลือดนั้นได้มีรายงานเกี่ยวกับสาร เซซามิน (sesamin) ซึ่งเป็นสารกลุ่มลิกแนน (lignan) โดยมีรายงานว่าสารเซซามินจะออกฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของโปรตีน sterol regulatory element binding protein 1⁸ ซึ่งมีผลลดการสังเคราะห์คอเลสเตอรอลที่เซลล์ตับ และยังพบว่าสารเซซามินสามารถกระตุ้นการทำงานของโปรตีน Adenosine binding cassette G 5/8 (ABCG 5/8) ซึ่งเป็นโปรตีนที่ยับยั้งการดูดซึมคอเลสเตอรอลจากลำไส้เล็กเข้าสู่กระแสเลือดได้อีกด้วย ซึ่งยังไม่มีการยืนยันว่าการกระตุ้นการทำงานของโปรตีนดังกล่าวเกิดจากสารเซซามิน นอกจากนี้ยังพบว่าสารเซซามินยังเพิ่มการขับคอเลสเตอรอลออกจากเซลล์เม็ดเลือดขาวแมโครฟาจซึ่งเป็นการลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดแดงแข็งอีกด้วย⁹

โปรตีนกลุ่ม ABCG 5/8 จะถูกกระตุ้นโดยสารกลุ่มสเตียรอลและสแตนอล โดยจะขับสเตียรอลและสแตนอล ออกนอกเซลล์ลำไส้เล็กไปพร้อมกับคอเลสเตอรอล ส่งผลให้การดูดซึมคอเลสเตอรอลลดลง พบว่าการบริโภคสารกลุ่ม สเตียรอลและสแตนอลปริมาณ 1.3-5 กรัมต่อวัน^{10,11} ส่งผลลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือดจากการยับยั้งการดูดซึม

คอเลสเตอรอลที่ลำไส้เล็กสู่กระแสเลือด จากการวิจัยพบว่าการลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือดผ่าน ABCG 5/8 นั้นอาจไม่ได้เกิดจากสารเซซามินในเมล็ดงาเพียงอย่างเดียว โครงสร้างของสเตียรอลและสแตนอลเปรียบเทียบกับคอเลสเตอรอลแสดงใน (Figure 1.) เนื่องจากในเมล็ดงาอาจมีสารที่กระตุ้นการทำงานของโปรตีนดังกล่าวโดยตรงคือ สารกลุ่มสเตียรอล

และสแตนอล การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจหาปริมาณสเตียรอลและสแตนอลในเมล็ดงาที่ปลูกในประเทศไทยทั้ง 13 สายพันธุ์ เพื่อเปรียบเทียบคุณค่าทางอาหารของงาชนิดต่างๆ และใช้เป็นข้อมูลทางโภชนาการอาหารไทยได้

วิธีการศึกษา

1. การเตรียมตัวอย่างงา

ตัวอย่างงาที่นำมาทำการทดลองหาปริมาณสเตียรอลและสแตนอลได้รับความอนุเคราะห์จากกรมส่งเสริมการเกษตร กรุงเทพมหานคร โดยมีงาขาว 7 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์เมืองเลย พันธุ์เชียงใหม่ พันธุ์ชัยบาดาลหรือพันธุ์สมอทอด พันธุ์ร้อยเอ็ด 1 พันธุ์มข.1 และพันธุ์มหาสารคาม 60 งาดำ 4 พันธุ์ งาดำบุรีรัมย์ งาดำนครสวรรค์ งาดำมก. 18 และงาดำมข. 2 และงาเกษตร 2 พันธุ์ได้แก่ งาแดงพันธุ์มข.3 และพันธุ์อุบลราชธานี 1 เมล็ดงาทั้งหมดเก็บเกี่ยวในปี พ.ศ.2556

เมล็ดงาจะถูกนำมาแยกเศษฝุ่นและสิ่งสกปรกในจานอาหารเลี้ยงเชื้อ (Petri disc) นำเข้าตู้อบเพื่อขจัดความชื้นที่อุณหภูมิ 40 องศาเป็นเวลา 20 ชั่วโมงและเก็บไว้ในตู้ดูดความชื้น (desiccators) จนกว่าจะทำการบดและวิเคราะห์ปริมาณสเตียรอลในขั้นตอนต่อไป

การวิเคราะห์ปริมาณสเตอรอลอิสระ สารประกอบเอสเทอร์ของสเตอรอล (esterified sterols) และสเตอรอลทั้งหมดในเมล็ดงา

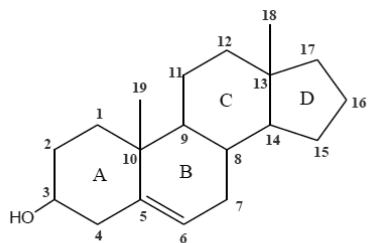
เมล็ดงาจะถูกบดด้วยเครื่องบดจากนั้นนำมาชั่งให้ได้น้ำหนักประมาณ 1 กรัมแล้วผสม 5 แอลฟาคลอเลสเทน (5 α -cholestane) อัตราส่วนร้อยละ 13.6 มิลลิกรัม จากนั้นสกัดด้วยสารละลายผสมระหว่างคลอโรฟอร์มและเมทานอล (2:1) ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เขย่าโดยใช้เครื่องเขย่าด้วยความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาทีอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 15 นาที จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 5% ปริมาตร 5 มิลลิลิตร เพื่อให้สารละลายแยกชั้นแล้วแยกส่วนคลอโรฟอร์มที่อยู่ชั้นล่างออกมาเป่าด้วยแก๊สไนโตรเจนให้แห้ง สกัดด้วยชั้นตอนเดิมซ้ำอีก 2 รอบ แล้วระเหยคลอโรฟอร์มจนแห้ง

เติมอีเทอร์ 6 มิลลิลิตร เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ (0.5 M NaOH) ในเอทานอลแล้วนำไปปั่นที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 50 นาที ทิ้งให้สารละลายเย็นแล้วจึงสกัดด้วยเฮกเซน (hexane) แบ่งสารละลายเฮกเซนใส่ลงในหลอดโครมาโทกราฟีจากนั้นเติมไตรเมทิลคลอโรซิลเลน (trimethylchlorosilane) เพื่อทำปฏิกิริยาซิลิเลชัน (silylation) เป็นเวลา 30 นาที เป่าให้แห้งด้วยแก๊สไนโตรเจนแล้วเติมเฮปเทน (heptanes) ลงในหลอดตัวอย่าง จากนั้นนำหลอดตัวอย่างไปวิเคราะห์หาสเตอรอลทั้งหมดใน

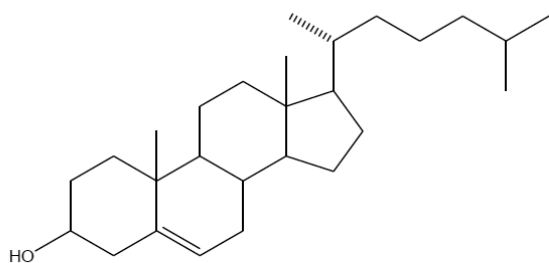
เมล็ดงาดำด้วยเครื่องแก๊สลิควิดโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรสโคปี (Agilent technology; 5975GCMSD)

สารสกัดทั้งหมดจะถูกวิเคราะห์การแตกตัวของโมเลกุลด้วย GC-MS จากนั้นจะหาน้ำหนักของชิ้นส่วนโมเลกุลที่เหมาะสมในการวิเคราะห์โดยเปรียบเทียบกับการแตกตัวของ

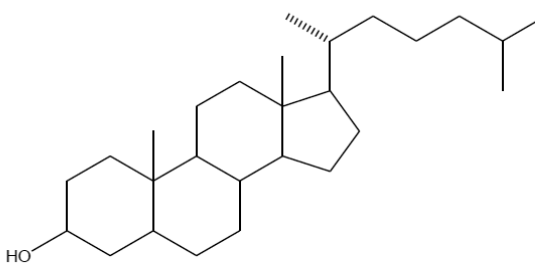
สเตอรอลในพืชมาตรฐาน (Sigma aldrich, UK) และวิเคราะห์ปริมาณสเตอรอลในพืชโดยเปรียบเทียบพื้นที่ใต้กราฟกับทั้งสเตอรอลในพืชมาตรฐานเป็นอัตราส่วนกับ 5 α -cholestane น้ำหนักชิ้นส่วนโมเลกุลของสเตอรอลในพืชแต่ละชนิดที่ใช้ในการวิเคราะห์แสดงใน (Table 1)



Sterol back bone structure



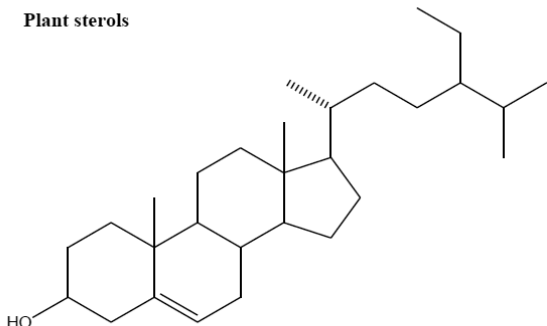
Cholesterol



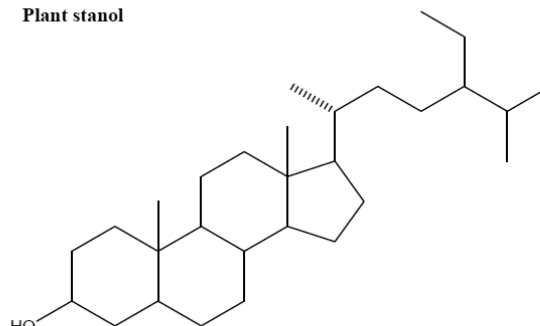
Cholestanol

Plant sterols

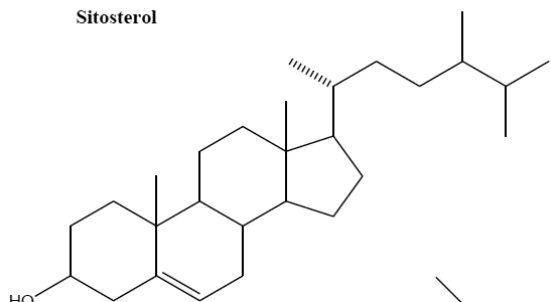
Plant stanol



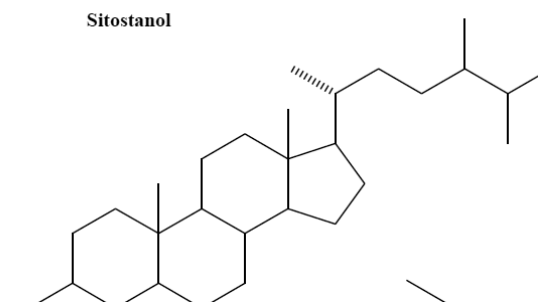
Sitosterol



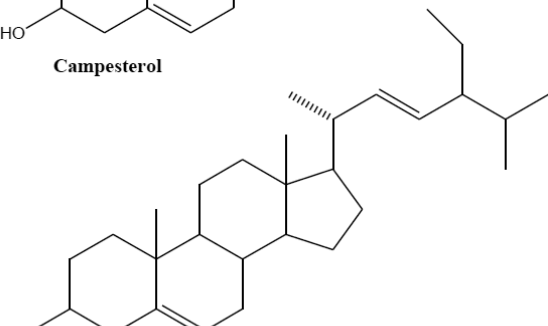
Sitostanol



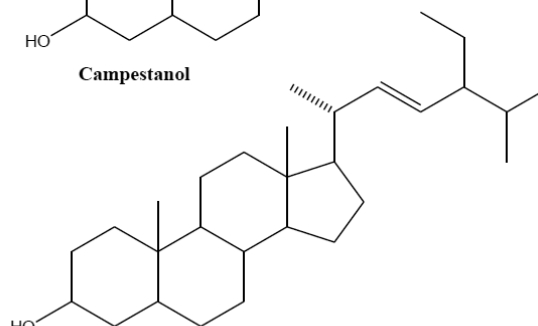
Campesterol



Campestanol



Stigmasterol



Stigmastanol

Figure 1 Structure of plant sterols, Stanols and Cholesterol¹⁸

Table 1 Mass fragment of sterols and 5 α -cholestane which were used to determined sterols content in sesames using gass-liquid chromatography.

Compounds	Mass charge ratio (m/z) (mass charge ratio, m/z)
5 α -cholestane	372
Cholesterol	458
β -Sitosterol	486
Avenasterol	503
Campesterol	472
Stigmasterol	441

การวิเคราะห์สถิติ (statistical analysis)

ค่าปริมาณสเตอรอลในเมล็ดงาจะแสดงในรูปของค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน การเปรียบเทียบข้อมูลทางสถิติเชิงพรรณนาจะใช้โปรแกรม Excel version 6 และ Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) version 13 ส่วนการเปรียบเทียบปริมาณสเตอรอลระหว่างพันธุ์งาแต่ละชนิดจะใช้ One-way ANOVA

จากการวิเคราะห์สเตอรอลและสแตนอลในเมล็ดงาทั้งหมด 13 สายพันธุ์ ไม่พบ Brassicasterol ทั้งในงาขาว งาดำและงาดำ-แดงซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ได้รายงานปริมาณสเตอรอลในเมล็ดงาที่ปลูกในปี ค.ศ. 2000 – 2002 จากประเทศ ปากินาฟาโซ จีน อียิปต์ อินเดีย ญี่ปุ่น เม็กซิโก พม่า และประเทศไทย^{12,13,14} โดยพบว่าการให้ความร้อนกับเมล็ดงาจะทำให้องค์ประกอบของกรดไขมันเปลี่ยนแปลงไปแต่องค์ประกอบของสเตอรอลและสแตนอลยังคงไม่เปลี่ยนแปลง

แม้ว่าจะมีรายงานการวิเคราะห์ปริมาณสเตอรอลและสแตนอลในเมล็ดงาแล้วก็ตามแต่พบว่ายังไม่เคยมีผู้ทำการเปรียบเทียบปริมาณสเตอรอลและสแตนอลในเมล็ดงาขาว งาดำ และงาดำ-แดง มาก่อนและยังไม่มีผู้รายงานอัตราส่วนของสเตอรอลและสแตนอลอิสระ สเตอรอลและสแตนอลเอสเทอร์มาก่อน

จากการศึกษานี้ไม่พบความแตกต่างของปริมาณสเตอรอลและสแตนอลในเมล็ดงาที่มีสีเมล็ดเหมือนกัน แต่พบว่างาดำมีปริมาณคอเลสเตอรอลสูงกว่างาขาวและงาดำ-แดงประมาณ 200 เท่า และมี Campesterol, Campestanol, Zymostanol และ สูงกว่างาดำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) ดังแสดงในตารางที่ 2. ในขณะที่งาดำจะมีปริมาณ Stigmasterol, lanosterol, β -sitostanol และ avenasterol สูงกว่างาขาวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนงาดำ-แดงจะมีปริมาณ Campesterol สูงที่สุดเมื่อเทียบกับงาขาวและงาดำ ($p < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 3

วิจารณ์และสรุปผล

จากผลการวิจัยพบว่า การรับประทานงาและผลิตภัณฑ์จากงามีผลลดระดับไขมันในเลือดทั้งในสัตว์ทดลองและในมนุษย์ โดยในหนูทดลอง^{2,3,4} และกระต่าย⁵ ที่ได้รับอาหารที่มีไขมันสูงที่ได้รับน้ำมันงาจะมีระดับคอเลสเตอรอลในไลโปโปรตีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDL-cholesterol) ลดลง และในหนูทดลองที่มีความบกพร่องของโปรตีนตัวรับของไลโปโปรตีนชนิดความหนาแน่นต่ำที่เยื่อหุ้มเซลล์พบว่าหนูทดลองที่ได้รับน้ำมันงา 170 กรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมมีระดับ ระดับคอเลสเตอรอลในไลโปโปรตีนชนิดความหนาแน่นต่ำและไตรกลีเซอไรด์ในเลือดลดลง⁶ เมื่อเปรียบเทียบกับหนูทดลองที่ไม่ได้รับน้ำมันงา

การศึกษาฤทธิ์ลดระดับไขมันในเลือดของน้ำมันงาในมนุษย์ที่เป็นโรคคอเลสเตอรอลในเลือดสูงผิดปกติ (Hypercholesterolemia) แบบ IIa และ IIb พบว่าผู้ที่ได้รับน้ำมันงาต่อเนื่องกัน 8 สัปดาห์ พบว่าระดับคอเลสเตอรอลในเลือดและระดับคอเลสเตอรอลในไลโปโปรตีนชนิดความหนาแน่นต่ำลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับผู้ที่ไม่ได้รับน้ำมันงา⁷ และในการทดลองการให้น้ำมันงาสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 พบว่าการได้รับน้ำมันงา 28 กรัมต่อวันต่อเนื่องกัน 6 สัปดาห์สามารถลดระดับไตรกลีเซอไรด์ในเลือดลดลง (แต่ไม่พบว่าระดับคอเลสเตอรอลในไลโปโปรตีนชนิดความหนาแน่นต่ำลดลง)¹⁵ นอกจากนี้การศึกษาผลของการรับประทานน้ำมันงา 25 กรัมต่อวันในผู้ที่มีภาวะน้ำหนักเกิน (overweight) ทั้งเพศชายและเพศหญิงไม่พบการเปลี่ยนแปลงของระดับไขมันต่างๆ ในเลือดไม่ว่าจะเป็น ไตรกลีเซอไรด์ คอเลสเตอรอล และระดับคอเลสเตอรอลในไลโปโปรตีนชนิดความหนาแน่นต่ำ¹⁶

แม้ว่าการลดระดับไขมันในเลือดของน้ำมันงาจะได้ผลในผู้ป่วยบางกลุ่มเท่านั้นแต่ก็มีผู้อธิบายของสารกลุ่มลิกแนน (lignan) ซึ่งเป็นองค์ประกอบของเมล็ดงาได้แก่ เซซามิน (sesamin) และเซซาโมลิน (sesamol) มีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ $\Delta 5$ -desaturase ส่งผลต่ออัตราการดูดซึมคอเลสเตอรอลในลำไส้เล็กและเพิ่มอัตราการขับคอเลสเตอรอลและน้ำดีออกจากเซลล์ลำไส้เล็ก รวมทั้งยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไฮดรอกซิลเมทิลกลูตาไรลโคเอนไซม์เอรีดักเทส (HMG-CoA reductase) ซึ่งเป็นเอนไซม์สำคัญในการสังเคราะห์คอเลสเตอรอลที่เซลล์ตับอีกด้วย นอกจากนี้สารกลุ่มลิกแนนยังยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เอซิลโคเอนไซม์เอคอเลสเตอรอลเอซิลทรานส์เฟอเรส (acyl-CoA: Cholesterol acyltransferase; ACAT) และเพิ่มการทำงานของเอนไซม์ 7 α -ไฮดรอกซิลเลส (7 α -hydroxylase) ได้อีกด้วย⁷ และเพิ่มการขับคอเลสเตอรอลออกจากเซลล์เม็ดเลือดขาวแมโครฟาจ⁹ จึงสามารถสรุปเบื้องต้นได้ว่าเมล็ดงาและหรือผลิตภัณฑ์จากเมล็ดงานั้นส่งผลดีต่อการป้องกันการเกิดโรคหลอดเลือดแดงแข็ง (atherosclerosis) และโรคหลอดเลือดหัวใจ (cardiovascular disease)

Cultivated in Thailand

Results

Table 2 Sterols and Stanols content in white sesames.

พื้นที่/สถานีทดลองและสถานที่	(mg/ g sample)										
	Cholesterol	Campesterol	Campestanol	Stigmasterol	Zymostanol	Lanosterol	β -Sitosterol	Sitostanol	Avenasterol		
เมืองเลย	Free	11.4 \pm 0.3	1591.5 \pm 15.3	140.4 \pm 3.5 ^a	103.3 \pm 9.8 ^a	61.1 \pm 1.5	56.9 \pm 1.2	4530.9 \pm 141.4 ^a	219.3 \pm 17.7 ^a	213.3 \pm 23.4 ^a	
	Esterified	2.8 \pm 0.1	155.8 \pm 23.4	16.6 \pm 7.1	13.0 \pm 2.0	20.3 \pm 4.4	15.6 \pm 2.4	473.9 \pm 12.2	26.7 \pm 9.8	30.3 \pm 2.6	
	Total	14.1 \pm 1.3 ^a	1747.3 \pm 56.5 ^a	157.2 \pm 3.5 ^a	116.2 \pm 8.8 ^a	81.3 \pm 8.5 ^a	72.5 \pm 4.1 ^a	5004.8 \pm 120.3 ^a	243.1 \pm 14.4 ^a	243.6 \pm 5.6 ^a	
เวียงใหม่	Free	11.6 \pm 0.7	1235.1 \pm 19.9	143.6 \pm 7.9 ^a	87.6 \pm 4.4 ^a	36.4 \pm 1.7	66.7 \pm 2.3	2632.1 \pm 172.1 ^a	225.0 \pm 0.9 ^a	188.6 \pm 2.1 ^a	
	Esterified	3.2 \pm 0.3	164.3 \pm 1.7	17.3 \pm 0.2	32.1 \pm 0.1	17.8 \pm 0.1	15.2 \pm 0.1	532.4 \pm 1.6	23.1 \pm 0.1	31.3 \pm 0.2	
	Total	14.8 \pm 0.5 ^a	1400.0 \pm 59.8 ^a	161.0 \pm 4.8 ^a	120.0 \pm 1.1 ^a	54.2 \pm 0.1 ^a	82.0 \pm 0.1 ^a	3164.5 \pm 33.7 ^a	248.1 \pm 2.1 ^a	219.7 \pm 3.1 ^a	
ชัยบาดาล	Free	19.7 \pm 2.6	1113.5 \pm 25.4	156.9 \pm 3.0 ^a	114.7 \pm 3.3 ^a	53.2 \pm 1.9	73.4 \pm 5.0	4555.9 \pm 2.7 ^a	207.4 \pm 1.9 ^a	254.6 \pm 2.1 ^a	
	Esterified	10.1 \pm 0.6	83.3 \pm 0.1	18.9 \pm 0.7	18.4 \pm 0.4	11.1 \pm 0.2	23.2 \pm 0.6	562.7 \pm 1.6	23.7 \pm 0.1	53.2 \pm 0.1	
	Total	29.9 \pm 0.1 ^a	1196.8 \pm 44.1 ^a	175.8 \pm 1.6 ^a	133.1 \pm 3.3 ^a	65.0 \pm 0.1 ^a	95.0 \pm 0.9 ^a	5120.0 \pm 0.5 ^a	231.1 \pm 1.5 ^a	308.0 \pm 0.3 ^a	
ร้อยเอ็ด 1	Free	23.5 \pm 0.2	1732.2 \pm 0.1	164.5 \pm 0.3 ^a	93.9 \pm 0.9 ^a	45.4 \pm 0.2	62.4 \pm 0.2	4698.3 \pm 0.3 ^a	187.5 \pm 0.2 ^a	198.6 \pm 0.1 ^a	
	Esterified	14.5 \pm 0.8	153.6 \pm 5.4	14.2 \pm 4.9	36.5 \pm 1.4	9.2 \pm 1.7	18.8 \pm 0.2	412.7 \pm 0.8	14.3 \pm 2.1	66.6 \pm 1.8	
	Total	38.0 \pm 0.4 ^a	1885.8 \pm 98.7 ^a	179.0 \pm 4.8 ^a	130.4 \pm 4.9 ^a	54.6 \pm 2.6 ^a	81.0 \pm 0.7 ^a	5111.0 \pm 114.8 ^a	202.0 \pm 1.4 ^a	265.0 \pm 0.2 ^a	
มท 1.	Free	20.4 \pm 0.2	1632.4 \pm 94.7	158.3 \pm 18.2 ^a	129.4 \pm 0.6 ^a	48.1 \pm 0.3	77.4 \pm 0.4	4591.7 \pm 113.3 ^a	220.0 \pm 1.4 ^a	206.7 \pm 1.7 ^a	
	Esterified	3.8 \pm 0.1	154.7 \pm 2.6	17.8 \pm 0.3	45.1 \pm 0.1	5.0 \pm 0.1	6.2 \pm 0.1	479.1 \pm 4.7	12.3 \pm 0.1	45.7 \pm 0.4	
	Total	24.2 \pm 0.4 ^a	1787.0 \pm 85.6 ^a	176.1 \pm 1.4 ^a	174.5 \pm 3.1 ^a	53.1 \pm 0.1 ^a	83.6 \pm 0.3 ^a	5070.8 \pm 7.3 ^a	232.2 \pm 1.7 ^a	252.3 \pm 1.9 ^a	
มหาสารคาม60	Free	18.7 \pm 1.6	1542.3 \pm 96.6	136.8 \pm 4.8 ^a	99.3 \pm 2.3 ^a	70.2 \pm 0.2	55.4 \pm 1.2	4566.6 \pm 42.1 ^a	224.4 \pm 9.3 ^a	215.5 \pm 2.6 ^a	
	Esterified	1.9 \pm 0.1	166.7 \pm 1.4	14.5 \pm 0.1	10.8 \pm 0.1	19.4 \pm 0.6	13.4 \pm 0.1	466.7 \pm 9.2	24.5 \pm 3.2	32.3 \pm 0.2	
	Total	20.6 \pm 0.2 ^a	1709.0 \pm 97.9 ^a	151.3 \pm 4.6 ^a	110.0 \pm 1.2 ^a	89.6 \pm 0.1 ^a	68.8 \pm 0.2 ^a	5033.0 \pm 123.4 ^a	249.0 \pm 0.5 ^a	247.8 \pm 1.6 ^a	

Table 3 Sterols and stanols content in black and brown sesames

พันธุ์งา/สเตียรอลและสถานอล	Cholesterol	Campesterol	Campestanol	Stigmasterol	Zymostanol	Lanosterol	β -Sitosterol	Sitostanol	Avenasterol	
										(mg/ g sample)
พันธุ์งา/สเตียรอลและสถานอล	Free	5985.6±46.1	244.3±16.2	17.4±0.4 ^b	1015.5±56.1 ^b	19.9±0.2	133.2±0.6 ^b	8371.9±120.1 ^b	63.3±7.2 ^b	2022.7±111.6 ^b
	Esterified	171.3±0.4	61.5±0.2	28.6±0.1	29.4±0.1	2.2±0.1	91.8±1.2	123.5±1.7	28.3±0.6	33.1±0.3
	Total	6157.0±53.2 ^b	305.0±2.6 ^b	46.0±0.3 ^b	1044.9±97.3 ^b	22.0±0.1 ^b	225.0±17.4	8495.4±113.2 ^b	91.6±1.6 ^b	2055.8±52.3 ^b
นครสวรรค์	Free	6003.1±98.7	260.6±1.6	18.3±0.1 ^b	986.7±2.6 ^b	23.4±0.3	197.5±1.4 ^b	9745.4±94.3 ^b	97.1±17.5 ^b	1877.6±201.6 ^b
	Esterified	300.4±1.4	54.2±0.1	32.5±0.1	32.4±0.6	1.8±0.1	102.4±1.7	326.4±1.7	32.4±0.3	85.8±5.5
	Total	6304.0±75.6 ^b	314.8±17.8 ^b	50.8±0.2 ^b	1019.0±17.6 ^b	25.2±0.2 ^b	300.0±3.2	10072.0±99.7 ^b	130.0±1.7 ^b	1965.0±92.6 ^b
ชัยบาดาล	Free	4863.5±52.3	256.8±3.2	23.8±0.4 ^b	1178.2±32.5	21.7±0.1	136.5±1.5 ^b	7669.1±83.2 ^b	78.8±4.8 ^b	2133.6±104.2 ^b
	Esterified	256.6±1.7	24.5±0.6	17.8±0.1	27.5±0.2	0.9±0.04	99.9±3.1	250.5±0.7	33.4±0.6	68.4±1.7
	Total	5120.0±45.2 ^b	281.3±1.3 ^b	41.6±0.3 ^b	1205.7±16.5 ^b	22.6±0.1 ^b	236.0±0.7	7920.0±79.3 ^b	112.2±1.1 ^b	2200.0±136.4 ^b
มก 18.	Free	5796.3±36.8	243.5±1.1	18.9±0.1 ^b	1023.3±32.2 ^b	20.0±0.2	170.4±1.3 ^b	8296.8±99.7 ^b	64.8±1.4 ^b	1978.2±145.5 ^b
	Esterified	182.3±1.6	57.8±0.2	22.9±0.1	15.4±0.2	3.2±0.02	87.9±0.4	168.9±1.8	30.2±1.2	38.7±0.6
	Total	5978.6±52.4 ^b	301.5±1.8 ^b	41.0±0.2 ^b	1038.0±97.6 ^b	23.0±0.1 ^b	258.3±4.1	8465.7±45.2 ^b	95.0±2.7 ^b	2017.0±111.9 ^b
มย 2.	Free	5736.4±36.6	243.2±4.4	13.4±0.1 ^b	1098.9±91.6 ^b	23.8±0.1	164.5±3.6 ^b	8432.7±97.5 ^b	70.3±13.2 ^b	2122.3±174.5 ^b
	Esterified	164.5±4.3	60.2±0.4	32.1±0.3	29.9±0.6	5.4±0.1	66.8±0.2	132.5±17.4	32.5±1.5	45.6±3.3
	Total	5900.0±99.7 ^b	303.4±0.6 ^b	45.5±0.4 ^b	1129.0±82.2 ^b	29.0±0.3 ^b	231.3±0.7 ^b	8565.2±33.2 ^b	103.0±3.6 ^b	2167.9±134.5 ^b
งาดำแดงสายพันธุ์										
พันธุ์ มย 3.	Free	16.2±0.3	3254.1±65.4	123.4±9.4 ^a	978.3±12.3 ^b	36.5±0.6	99.8±1.3	3765.5±94.1 ^a	157.8±0.4 ^a	1566.8±201.4 ^c
	Esterified	3.4±0.1	289.7±12.4	22.3±0.6	210.2±1.8	1.4±0.03	61.2±0.5	523.4±8.9	14.2±0.2	77.5±0.9
	Total	19.0±1.1 ^b	3545.0±74.7 ^c	160.0±1.8 ^a	1200.0±56.3 ^b	38.0±0.1 ^b	161.0±1.2 ^b	4290.0±48.4 ^a	172.0±1.1 ^a	1644.0±112.2 ^c
พันธุ์อุบลราชธานี 1	Free	67.8±1.3	3345.6±93.2	365.4±12.5 ^a	741.2±4.2 ^b	39.5±0.7	89.6±0.3	3982.1±52.6 ^a	163.8±1.3 ^a	1763.7±113.4 ^c
	Esterified	23.4±0.3	398.9±2.3	125.7±6.2 ^a	124.4±6.3	3.6±0.5	23.8±0.4	367.9±0.9	23.4±0.3	98.9±14.5
	Total	91.0±1.9 ^b	3744.5±81.9 ^c	490.0±19.8 ^a	865.6±17.9 ^b	45.0±0.4 ^b	113.5±7.1 ^b	4350.0±91.7 ^a	187.0±4.5 ^a	1862.0±132.2 ^c

อย่างไรก็ตามนอกจากสารประกอบกลุ่มลิแกแนนใน เมล็ดงาอันได้แก่ เซซามินและเซซาโมลิน จะสามารถที่จะลด ระดับไขมันในเลือดได้แต่ในเมล็ดงาก็มีสารชนิดอื่นที่มีแนวโน้ม ที่จะออกฤทธิ์ลดระดับไขมันในเลือดได้เช่นเดียวกันเช่น โปรตีน² และสเตียรอลและสแตนอล^{6,12,13} จากผลงานวิจัยนี้พบว่า เมล็ดงามีคอเลสเตอรอลเป็นองค์ประกอบอยู่น้อยมากโดย งาดำจะมีคอเลสเตอรอลอยู่มากที่สุดคือ ประมาณ 6 มิลลิกรัม ต่อน้ำหนักงา 1 กรัม ซึ่งน้อยกว่าในไข่แดง 31 เท่า (ในไข่แดง มีคอเลสเตอรอลเป็นองค์ประกอบประมาณ 168 มิลลิกรัมต่อ ไข่ 1 ฟอง) โดยองค์การอนามัยโลกแนะนำให้บริโภค คอเลสเตอรอลได้ไม่เกินวันละ 300 มิลลิกรัมในผู้ที่ไม่ป่วยเป็น โรคใดแต่จะลดลงเหลือ 200 มิลลิกรัมในผู้ป่วยโรคเบาหวาน จึงถือได้ว่าเมล็ดงาเป็นธัญพืชที่มีคอเลสเตอรอลอยู่น้อยมาก

พบว่าสเตียรอลในเมล็ดงาส่วนใหญ่เป็นสเตียรอลจาก พืช (phytosterols) ได้แก่ แคมเฟสเตอร์ล, สเตกมาสเตอร์ล, บีตาซิโทสเตอร์ล และอเวนาสเตอร์ล แต่ไม่พบว่ามี บราสสิ กาสเตอร์ล (brassicasterol) ในเมล็ดงาขาว งาดำและงาดำ-แดง นอกจากนี้ยังพบว่ามีสารในกลุ่มสแตนอล ได้แก่ แคมเฟสตันอล, ไซโมสตันอลและ ซิโทสตันอล โดยงาดำพันธุ์นครสวรรค์มี คอเลสเตอรอลมากที่สุด 6304.0±75.6 มิลลิกรัมต่องา 1 กรัม งาดำพันธุ์ชัยบาดาลมีสเตกมาสเตอร์ลและอเวนาสเตอร์ลอยู่ สูงที่สุด 490.0±19.8 และ 2200.0±136.4 มิลลิกรัมต่องา 1 กรัม ตามลำดับและงาดำพันธุ์นครสวรรค์มีไลโนสเตอร์ลและบีตา ซิโทสเตอร์ลอยู่สูงที่สุด 300.0±3.2 และ 10,072.0±99.7 กรัม ต่อน้ำหนักงา 1 กรัมตามลำดับ

งาดำ-แดงพันธุ์อุบลราชธานี 1 มีแคมเฟสเตอร์ล และแคมเฟสตันอลเป็นองค์ประกอบมากที่สุด 3744.5±81.9, 490.0±19.8 มิลลิกรัมต่องา 1 กรัมตามลำดับ ในขณะที่งาขาว พันธุ์มหาสารคาม 60 มีไซโมสตันอลและซิโทสเตอร์ลสูง ที่สุด 89.6±0.1 และ 249.0±0.5 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักงา 1 กรัม ตามลำดับ

ได้มีการสรุปกลไกการลดระดับคอเลสเตอรอลโดย สเตียรอลจากพืชซึ่งจะเกิดการกระตุ้นการทำงานของโปรตีน ABCG5/8 ทำให้เพิ่มอัตราการขับสเตียรอลในพืชออกจาก เซลล์ลำไส้เล็กไปพร้อมๆ กับคอเลสเตอรอล ดังนั้นอัตราการ ขับคอเลสเตอรอลออกจากเซลล์ลำไส้เล็กก็จะแปรผันตรงตาม ปริมาณสเตียรอลในพืชที่ร่างกายได้รับ¹⁷ จากการศึกษาพบว่า สเตียรอลเอสเทอร์และสแตนอลจะให้ผลลดระดับคอเลสเตอรอล ในเลือดได้มากที่สุด โดยจากการศึกษาพบว่าผู้ที่รับประทาน สเตียรอลเอสเทอร์และสแตนอลวันละ 2 กรัม สามารถลดระดับ คอเลสเตอรอลในไลโปโปรตีนชนิดความหนาแน่นต่ำ ได้ถึง ร้อยละ 10 และจากการวิจัยแนะนำให้บริโภคสเตียรอลเอสเทอร์

และสแตนอล (จากพืช) วันละ 1.3-5 กรัม เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพ การลดระดับไขมันในเลือดได้ดีที่สุด^{10,11}

จากงานวิจัยนี้พบว่าเมล็ดงามีปริมาณสเตียรอลเอส เทอร์และสแตนอลรวมกันอยู่เฉลี่ย 1 มิลลิกรัมต่อน้ำหนัก งา 1 กรัม คิดคร่าวๆควรบริโภคประจำวันละ 1300 – 5000 กรัมหรือ 1.3 – 5 กิโลกรัม จึงจะสามารถทำให้ได้รับสเตียรอลเอสเทอร์ และสแตนอลสูงเพียงพอที่จะลดระดับ LDL-cholesterol ได้ซึ่ง เป็นไปได้ยาก อย่างไรก็ตามการลดระดับไขมันในเลือดของ งานั้นไม่ได้เกิดจากสเตียรอลเอสเทอร์และสแตนอลเพียงอย่าง เดียว แต่ยังเกิดจากผลร่วมของสารประกอบกลุ่มลิแกแนนและ โปรตีนร่วมด้วยดังที่ได้กล่าวมาแล้ว และเมื่อเปรียบเทียบกับ เมล็ดธัญพืชชนิดอื่นๆแล้วพบว่าเมล็ดงามี บีตาซิโทสเตอร์ล, แคมเฟสเตอร์ล, อเวนาสเตอร์ล อยู่สูงที่สุด¹³

เอกสารอ้างอิง

1. อภิชาติ เกิดผล. การปลูกงา. สืบค้นจาก URL: <http://www.eto.ku.ac.th/neweto/e-book/plant/rice/nga2.pdf> 12 กรกฎาคม พ.ศ.2548.
2. Biswas A, Dhar P, Ghosh S. Antihyperlipidemic effect of sesame (*Sesamum indicum* L.) protein isolate in rats fed a normal and high cholesterol diet. *J Food Sci* 2010 Nov-Dec 75(9):H274-H279.
3. Korou LM, Agrogiannis G, Pantopoulou A., Vlachos I, Iliopoulos D, Karatzas T, Perrea DN. Comparative antilipidemic effect of N-acetylcysteine and sesame oil administration in diet-induced hypercholesterolemic mice. *Lipids Health Dis* 2010 Mar 6;9:23:1-7.
4. Hirose N, Inoue T, Nishihara K, Sugano M, Akimoto K, Shimizu S, Yamada H. Inhibition of cholesterol absorption and synthesis in rats by sesamin. *J Lipid Res* 1991 Apr 32(4):629-638.
5. Asgary S, Rafieian-Kopaei M, Najafi S, Heidarian E, Sehebkar A. Antihyperlipidemic effects of *Sesamum indicum* L. in rabbits fed a high-fat diet. *Scientific WorldJournal* 2013 Sep 4:1-5.
6. Bhaskaran S, Santanum N, Penumetcha M, Parthasarathy S. Inhibition of atherosclerosis in low-density lipoprotein receptor-negative mice by sesame oil. *J Med Food* 2006 Winter 9(4):487-490.
7. Hirata F, Fujita K, Ishikura Y, Hosoda K, Ishikawa T, Nakamura H. Hypocholesterolemic effect of sesame lignan in humans. *Atherosclerosis* 1996 Apr 26;122(1):135-136.

8. Ide T, Ashakumary L, Takahashi Y, Kushiro M, Fukuda N, Sugano M. Sesamin, a sesame lignan, decreases fatty acid synthesis in rat liver accompanying the down-regulation of sterol regulatory element binding protein-1. *Biochim Biophys Acta* 2001 Nov 30;1534(1): 1-13.
9. Liu N, Wu C, Sun L, Zhen J, Guo P. Sesamin enhance cholesterol efflux in RAW264.7 macrophages. *Molecules* 2014 Jun 6;19(6):7516-7527.
10. Hallinkainen MA, Sarkkinen ES, Gylling H, Erkkila AT, Uusitupa MI. Comparison of the effects of plant sterol and plant stanol ester-enriched margarines in lowering serum cholesterol concentration in hypercholesterolaemic subjects on a low-fat diet. *European J Clin Nutr* 2000 Sep 54(9):715-725.
11. Ketomaki A, Gylling H, Miettinen TA. Effects of plant stanol and sterol esters on serum phytosterols in a family with familial hypercholesterolemia including a homozygous subject. *J Lab Clin Med* 2004 Apr 143(4):255-262.
12. Crews C, Hough P, Brereton P, Godward J, Lees M, Guet S, Winkelmann W. Quantitation of the main constituents of some authentic sesame seed oils of different origin. *J Agri Food Chem* 2006 Aug 23;54(17):6266-6270.
13. Phillips KM, Ruggio DM, Ashraf-Khorassani M. Phytosterol composition of nuts and seeds commonly consumed in the United States. *J Agri Food Chem* 2005 Nov 30;53(24):9436-9445.
14. Li C, Yao Y, Zhao G, Cheng W, Liu H, Liu C, Shi Z, Chen Y, Wang S. Comparison and analysis of fatty acids, sterols, and tocopherols in eight vegetable oils. *J Agri Food Chem* 2011 Dec 14;59(23):12493-12498.
15. Mirmiran P, Bahadoran Z, Golzarand M, Rajab A, Azizi F. Ardeh (*Sesamum indicum*) could improve serum triglycerides and atherogenic lipid parameters in type 2 diabetic patients: a randomized clinical trial. *Arch Iran Med* 2013 Nov 16(11):651-656.
16. Wu JHY, Hodgson JM, Puddey IB, Belski R, Burke V, Croft KD. Sesame supplementation does not improve cardiovascular disease risk makers in overweight men and women. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 2009 19(11):774-780.
17. ดร.ณิชา พ่วงพรพิทักษ์ อรุณช สมสีมี, ชัยสิทธิ์ สิทธิเวช. กลไกการลดระดับโคเลสเตอรอลในเลือดโดยสเตียอรอลและสแตนอลเอสเทอร์จากพืช. *Burapha Sci J* 2013 1:202-209.
18. Thompson GR, Grundy SM. History of development of plant sterol and stanol ester for cholesterol-lowering purposes. *Am J Cardiol* 2005 Jul 4;96(1A):3D-9D.