

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

ชัยสิทธิ์ สิทธิเวช<sup>1</sup>

Chaiyasit Sittiwet<sup>1</sup>

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  $\beta$ -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

<sup>1</sup> อาจารย์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ต.ตลาด อ.เมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

<sup>1</sup> 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<sup>2,3,4,5,6</sup> และมนุษย์ที่เป็นโรคคอเลสเตอรอลในเลือดสูงผิดปกติ (Hypercholesterolemia) แบบ IIa และ IIb<sup>7</sup> โดยสารที่ออกฤทธิ์ในการลดระดับไตรกลีเซอไรด์และคอเลสเตอรอลในเลือดนั้นได้มีรายงานเกี่ยวกับสาร เซซามิน (sesamin) ซึ่งเป็นสารกลุ่มลิกแนน (lignan) โดยมีรายงานว่าสารเซซามินจะออกฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของโปรตีน sterol regulatory element binding protein 1<sup>8</sup> ซึ่งมีผลลดการสังเคราะห์คอเลสเตอรอลที่เซลล์ตับ และยังพบว่าสารเซซามินสามารถกระตุ้นการทำงานของโปรตีน Adenosine binding cassette G 5/8 (ABCG 5/8) ซึ่งเป็นโปรตีนที่ยับยั้งการดูดซึมคอเลสเตอรอลจากลำไส้เล็กเข้าสู่กระแสเลือดได้อีกด้วย ซึ่งยังไม่มีการยืนยันว่าการกระตุ้นการทำงานของโปรตีนดังกล่าวเกิดจากสารเซซามิน นอกจากนี้ยังพบว่าสารเซซามินยังเพิ่มการขับคอเลสเตอรอลออกจากเซลล์เม็ดเลือดขาวแมโครฟาจซึ่งเป็นการลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดแดงแข็งอีกด้วย<sup>9</sup>

โปรตีนกลุ่ม ABCG 5/8 จะถูกกระตุ้นโดยสารกลุ่มสเตียรอลและสแตนอล โดยจะขับสเตียรอลและสแตนอล ออกนอกเซลล์ลำไส้เล็กไปพร้อมกับคอเลสเตอรอล ส่งผลให้การดูดซึมคอเลสเตอรอลลดลง พบว่าการบริโภคสารกลุ่ม สเตียรอลและสแตนอลปริมาณ 1.3-5 กรัมต่อวัน<sup>10,11</sup> 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**

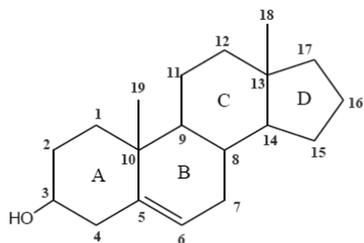
เมล็ดงาจะถูกบดด้วยเครื่องบดจากนั้นนำมาชั่งให้ได้น้ำหนักประมาณ 1 กรัมแล้วผสม 5 แอลฟาคลอเลสเทน (5 $\alpha$ -cholestane) อัตราส่วนร้อยละ 13.6 มิลลิกรัม จากนั้นสกัดด้วยสารละลายผสมระหว่างคลอโรฟอร์มและเมทานอล (2:1) ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เขย่าโดยใช้เครื่องเขย่าด้วยความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาทีอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 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

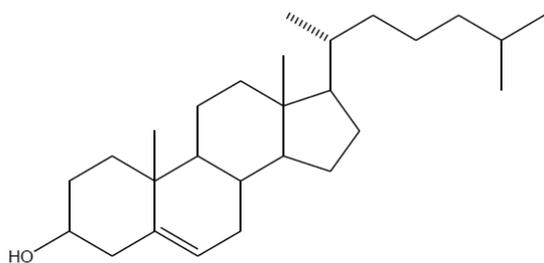
เมล็ดงาดำด้วยเครื่องแก๊สลิควิดโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรสโคปี (Agilent technology; 5975GCMSD)

สารสกัดทั้งหมดจะถูกวิเคราะห์การแตกตัวของโมเลกุลด้วย GC-MS จากนั้นจะหาน้ำหนักของชิ้นส่วนโมเลกุลที่เหมาะสมในการวิเคราะห์โดยเปรียบเทียบกับการแตกตัวของ

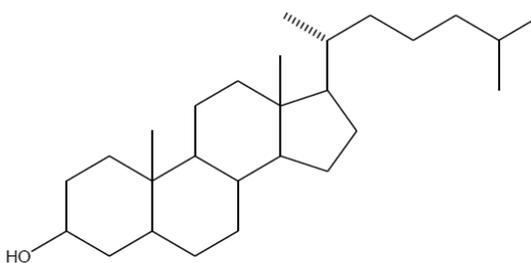
สเตอรอลในพืชมาตรฐาน (Sigma aldrich, UK) และวิเคราะห์ปริมาณสเตอรอลในพืชโดยเปรียบเทียบพื้นที่ใต้กราฟกับทั้งสเตอรอลในพืชมาตรฐานเป็นอัตราส่วนกับ 5 $\alpha$ -cholestane น้ำหนักชิ้นส่วนโมเลกุลของสเตอรอลในพืชแต่ละชนิดที่ใช้ในการวิเคราะห์แสดงใน (Table 1)



Sterol back bone structure



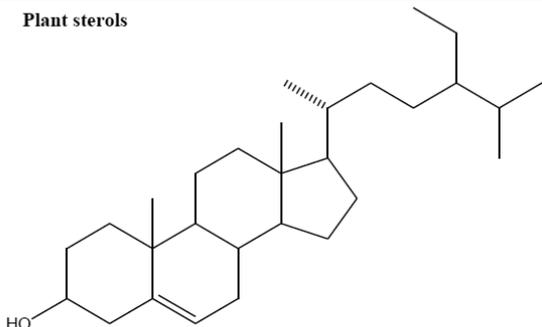
Cholesterol



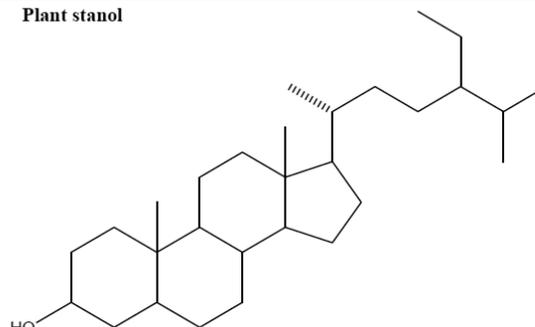
Cholestanol

Plant sterols

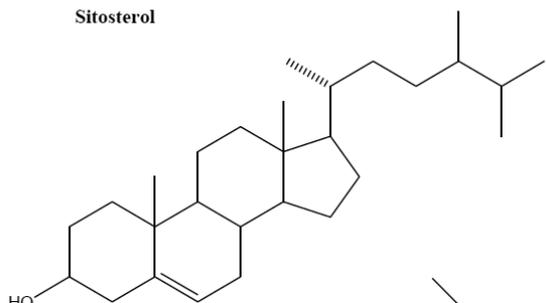
Plant stanol



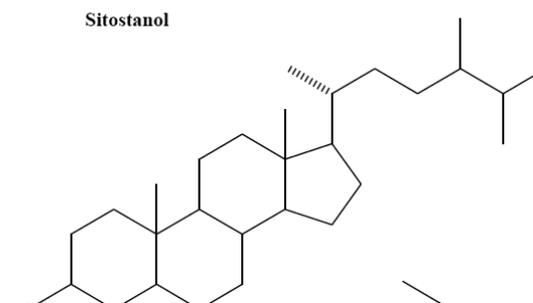
Sitosterol



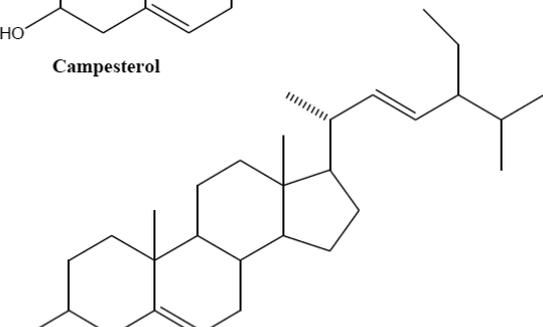
Sitostanol



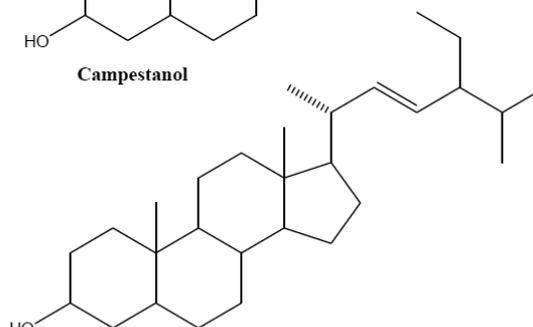
Campesterol



Campestanol



Stigmasterol



Stigmastanol

Figure 1 Structure of plant sterols, Stanols and Cholesterol<sup>18</sup>

**Table 1** Mass fragment of sterols and 5 $\alpha$ -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 $\alpha$ -cholestane	372
Cholesterol	458
$\beta$ -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<sup>12,13,14</sup> โดยพบว่าการให้ความร้อนกับเมล็ดงาจะทำให้องค์ประกอบของกรดไขมันเปลี่ยนแปลงไปแต่องค์ประกอบของสเตอรอลและสแตนอลยังคงไม่เปลี่ยนแปลง

แม้ว่าจะมีรายงานการวิเคราะห์ปริมาณสเตอรอลและสแตนอลในเมล็ดงาแล้วก็ตามแต่พบว่าจะไม่เคยมีผู้ทำการเปรียบเทียบปริมาณสเตอรอลและสแตนอลในเมล็ดงาขาว งาดำ และงาดำ-แดง มาก่อนและยังไม่มีผู้รายงานอัตราส่วนของสเตอรอลและสแตนอลอิสระ สเตอรอลและสแตนอลเอสเทอร์มาก่อน

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

### วิจารณ์และสรุปผล

จากผลการวิจัยพบว่าการรับประทานงาและผลิตภัณฑ์จากงามีผลลดระดับไขมันในเลือดทั้งในสัตว์ทดลองและในมนุษย์ โดยในหนูทดลอง<sup>2,3,4</sup> และกระต่าย<sup>5</sup> ที่ได้รับอาหารที่มีไขมันสูงที่ได้รับน้ำมันงาจะมีระดับคอเลสเตอรอลในไลโปโปรตีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDL-cholesterol) ลดลง และในหนูทดลองที่มีความบกพร่องของโปรตีนตัวรับของไลโปโปรตีนชนิดความหนาแน่นต่ำที่เยื่อหุ้มเซลล์พบว่าหนูทดลองที่ได้รับน้ำมันงา 170 กรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมมีระดับ ระดับคอเลสเตอรอลในไลโปโปรตีนชนิดความหนาแน่นต่ำและไตรกลีเซอไรด์ในเลือดลดลง<sup>6</sup> เมื่อเปรียบเทียบกับหนูทดลองที่ไม่ได้รับน้ำมันงา

การศึกษาฤทธิ์ลดระดับไขมันในเลือดของน้ำมันงาในมนุษย์ที่เป็นโรคคอเลสเตอรอลในเลือดสูงผิดปกติ (Hypercholesterolemia) แบบ IIa และ IIb พบว่าผู้ที่ได้รับน้ำมันงาต่อเนื่องกัน 8 สัปดาห์ พบว่าระดับคอเลสเตอรอลในเลือดและระดับคอเลสเตอรอลในไลโปโปรตีนชนิดความหนาแน่นต่ำลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับผู้ที่ไม่ได้รับน้ำมันงา<sup>7</sup> และในการทดลองการให้น้ำมันงาสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 พบว่าการได้รับน้ำมันงา 28 กรัมต่อวันต่อเนื่องกัน 6 สัปดาห์สามารถลดระดับไตรกลีเซอไรด์ในเลือดลดลง (แต่ไม่พบว่าระดับคอเลสเตอรอลในไลโปโปรตีนชนิดความหนาแน่นต่ำลดลง)<sup>15</sup> นอกจากนี้การศึกษาผลของการรับประทานน้ำมันงา 25 กรัมต่อวันในผู้ที่มีภาวะน้ำหนักเกิน (overweight) ทั้งเพศชายและเพศหญิงไม่พบการเปลี่ยนแปลงของระดับไขมันต่างๆ ในเลือดไม่ว่าจะเป็น ไตรกลีเซอไรด์ คอเลสเตอรอล และระดับคอเลสเตอรอลในไลโปโปรตีนชนิดความหนาแน่นต่ำ<sup>16</sup>

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 $\alpha$ -ไฮดรอกซิลเลส (7 $\alpha$ -hydroxylase) ได้อีกด้วย<sup>7</sup> และเพิ่มการขับคอเลสเตอรอลออกจากเซลล์เม็ดเลือดขาวแมโครฟาจ<sup>9</sup> จึงสามารถสรุปเบื้องต้นได้ว่าเมล็ดงาและหรือผลิตภัณฑ์จากเมล็ดงานั้นส่งผลดีต่อการป้องกันการเกิดโรคหลอดเลือดแดงแข็ง (atherosclerosis) และโรคหลอดเลือดหัวใจ (cardiovascular disease)

## Results

Table 2 Sterols and Stanols content in white sesames.

พื้นที่/สถานีทดลองและสถานที่	(mg/ g sample)										
	Cholesterol	Campesterol	Campestanol	Stigmasterol	Zymostanol	Lanosterol	$\beta$ -Sitosterol	Sitostanol	Avenasterol		
เมืองเลย	Free	11.4 $\pm$ 0.3	1591.5 $\pm$ 15.3	140.4 $\pm$ 3.5 <sup>a</sup>	103.3 $\pm$ 9.8 <sup>a</sup>	61.1 $\pm$ 1.5	56.9 $\pm$ 1.2	4530.9 $\pm$ 141.4 <sup>a</sup>	219.3 $\pm$ 17.7 <sup>a</sup>	213.3 $\pm$ 23.4 <sup>a</sup>	
	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 <sup>a</sup>	1747.3 $\pm$ 56.5 <sup>a</sup>	157.2 $\pm$ 3.5 <sup>a</sup>	116.2 $\pm$ 8.8 <sup>a</sup>	81.3 $\pm$ 8.5 <sup>a</sup>	72.5 $\pm$ 4.1 <sup>a</sup>	5004.8 $\pm$ 120.3 <sup>a</sup>	243.1 $\pm$ 14.4 <sup>a</sup>	243.6 $\pm$ 5.6 <sup>a</sup>	
เวียงใหม่	Free	11.6 $\pm$ 0.7	1235.1 $\pm$ 19.9	143.6 $\pm$ 7.9 <sup>a</sup>	87.6 $\pm$ 4.4 <sup>a</sup>	36.4 $\pm$ 1.7	66.7 $\pm$ 2.3	2632.1 $\pm$ 172.1 <sup>a</sup>	225.0 $\pm$ 0.9 <sup>a</sup>	188.6 $\pm$ 2.1 <sup>a</sup>	
	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 <sup>a</sup>	1400.0 $\pm$ 59.8 <sup>a</sup>	161.0 $\pm$ 4.8 <sup>a</sup>	120.0 $\pm$ 1.1 <sup>a</sup>	54.2 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	82.0 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	3164.5 $\pm$ 33.7 <sup>a</sup>	248.1 $\pm$ 2.1 <sup>a</sup>	219.7 $\pm$ 3.1 <sup>a</sup>	
ชัยบาดาล	Free	19.7 $\pm$ 2.6	1113.5 $\pm$ 25.4	156.9 $\pm$ 3.0 <sup>a</sup>	114.7 $\pm$ 3.3 <sup>a</sup>	53.2 $\pm$ 1.9	73.4 $\pm$ 5.0	4555.9 $\pm$ 2.7 <sup>a</sup>	207.4 $\pm$ 1.9 <sup>a</sup>	254.6 $\pm$ 2.1 <sup>a</sup>	
	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 <sup>a</sup>	1196.8 $\pm$ 44.1 <sup>a</sup>	175.8 $\pm$ 1.6 <sup>a</sup>	133.1 $\pm$ 3.3 <sup>a</sup>	65.0 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	95.0 $\pm$ 0.9 <sup>a</sup>	5120.0 $\pm$ 0.5 <sup>a</sup>	231.1 $\pm$ 1.5 <sup>a</sup>	308.0 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>	
ร้อยเอ็ด 1	Free	23.5 $\pm$ 0.2	1732.2 $\pm$ 0.1	164.5 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>	93.9 $\pm$ 0.9 <sup>a</sup>	45.4 $\pm$ 0.2	62.4 $\pm$ 0.2	4698.3 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>	187.5 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>	198.6 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	
	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 <sup>a</sup>	1885.8 $\pm$ 98.7 <sup>a</sup>	179.0 $\pm$ 4.8 <sup>a</sup>	130.4 $\pm$ 4.9 <sup>a</sup>	54.6 $\pm$ 2.6 <sup>a</sup>	81.0 $\pm$ 0.7 <sup>a</sup>	5111.0 $\pm$ 114.8 <sup>a</sup>	202.0 $\pm$ 1.4 <sup>a</sup>	265.0 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>	
มท 1.	Free	20.4 $\pm$ 0.2	1632.4 $\pm$ 94.7	158.3 $\pm$ 18.2 <sup>a</sup>	129.4 $\pm$ 0.6 <sup>a</sup>	48.1 $\pm$ 0.3	77.4 $\pm$ 0.4	4591.7 $\pm$ 113.3 <sup>a</sup>	220.0 $\pm$ 1.4 <sup>a</sup>	206.7 $\pm$ 1.7 <sup>a</sup>	
	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 <sup>a</sup>	1787.0 $\pm$ 85.6 <sup>a</sup>	176.1 $\pm$ 1.4 <sup>a</sup>	174.5 $\pm$ 3.1 <sup>a</sup>	53.1 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	83.6 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>	5070.8 $\pm$ 7.3 <sup>a</sup>	232.2 $\pm$ 1.7 <sup>a</sup>	252.3 $\pm$ 1.9 <sup>a</sup>	
มหาสารคาม60	Free	18.7 $\pm$ 1.6	1542.3 $\pm$ 96.6	136.8 $\pm$ 4.8 <sup>a</sup>	99.3 $\pm$ 2.3 <sup>a</sup>	70.2 $\pm$ 0.2	55.4 $\pm$ 1.2	4566.6 $\pm$ 42.1 <sup>a</sup>	224.4 $\pm$ 9.3 <sup>a</sup>	215.5 $\pm$ 2.6 <sup>a</sup>	
	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 <sup>a</sup>	1709.0 $\pm$ 97.9 <sup>a</sup>	151.3 $\pm$ 4.6 <sup>a</sup>	110.0 $\pm$ 1.2 <sup>a</sup>	89.6 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	68.8 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>	5033.0 $\pm$ 123.4 <sup>a</sup>	249.0 $\pm$ 0.5 <sup>a</sup>	247.8 $\pm$ 1.6 <sup>a</sup>	

Table 3 Sterols and stanols content in black and brown sesames

พันธุ์งา/สเตียรอลและสถานอล	Cholesterol	Campesterol	Campestanol	Stigmasterol	Zymostanol	Lanosterol	$\beta$ -Sitosterol	Sitostanol	Avenasterol	
										(mg/ g sample)
พันธุ์งา/สเตียรอลและสถานอล	Free	5985.6±46.1	244.3±16.2	17.4±0.4 <sup>b</sup>	1015.5±56.1 <sup>b</sup>	19.9±0.2	133.2±0.6 <sup>b</sup>	8371.9±120.1 <sup>b</sup>	63.3±7.2 <sup>b</sup>	2022.7±111.6 <sup>b</sup>
	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 <sup>b</sup>	305.0±2.6 <sup>b</sup>	46.0±0.3 <sup>b</sup>	1044.9±97.3 <sup>b</sup>	22.0±0.1 <sup>b</sup>	225.0±17.4	8495.4±113.2 <sup>b</sup>	91.6±1.6 <sup>b</sup>	2055.8±52.3 <sup>b</sup>
นครสวรรค์	Free	6003.1±98.7	260.6±1.6	18.3±0.1 <sup>b</sup>	986.7±2.6 <sup>b</sup>	23.4±0.3	197.5±1.4 <sup>b</sup>	9745.4±94.3 <sup>b</sup>	97.1±17.5 <sup>b</sup>	1877.6±201.6 <sup>b</sup>
	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 <sup>b</sup>	314.8±17.8 <sup>b</sup>	50.8±0.2 <sup>b</sup>	1019.0±17.6 <sup>b</sup>	25.2±0.2 <sup>b</sup>	300.0±3.2	10072.0±99.7 <sup>b</sup>	130.0±1.7 <sup>b</sup>	1965.0±92.6 <sup>b</sup>
ชัยบาดาล	Free	4863.5±52.3	256.8±3.2	23.8±0.4 <sup>b</sup>	1178.2±32.5	21.7±0.1	136.5±1.5 <sup>b</sup>	7669.1±83.2 <sup>b</sup>	78.8±4.8 <sup>b</sup>	2133.6±104.2 <sup>b</sup>
	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 <sup>b</sup>	281.3±1.3 <sup>b</sup>	41.6±0.3 <sup>b</sup>	1205.7±16.5 <sup>b</sup>	22.6±0.1 <sup>b</sup>	236.0±0.7	7920.0±79.3 <sup>b</sup>	112.2±1.1 <sup>b</sup>	2200.0±136.4 <sup>b</sup>
มก 18.	Free	5796.3±36.8	243.5±1.1	18.9±0.1 <sup>b</sup>	1023.3±32.2 <sup>b</sup>	20.0±0.2	170.4±1.3 <sup>b</sup>	8296.8±99.7 <sup>b</sup>	64.8±1.4 <sup>b</sup>	1978.2±145.5 <sup>b</sup>
	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 <sup>b</sup>	301.5±1.8 <sup>b</sup>	41.0±0.2 <sup>b</sup>	1038.0±97.6 <sup>b</sup>	23.0±0.1 <sup>b</sup>	258.3±4.1	8465.7±45.2 <sup>b</sup>	95.0±2.7 <sup>b</sup>	2017.0±111.9 <sup>b</sup>
มย 2.	Free	5736.4±36.6	243.2±4.4	13.4±0.1 <sup>b</sup>	1098.9±91.6 <sup>b</sup>	23.8±0.1	164.5±3.6 <sup>b</sup>	8432.7±97.5 <sup>b</sup>	70.3±13.2 <sup>b</sup>	2122.3±174.5 <sup>b</sup>
	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 <sup>b</sup>	303.4±0.6 <sup>b</sup>	45.5±0.4 <sup>b</sup>	1129.0±82.2 <sup>b</sup>	29.0±0.3 <sup>b</sup>	231.3±0.7 <sup>b</sup>	8565.2±33.2 <sup>b</sup>	103.0±3.6 <sup>b</sup>	2167.9±134.5 <sup>b</sup>
งาดำแดงสายพันธุ์										
พันธุ์ มย 3.	Free	16.2±0.3	3254.1±65.4	123.4±9.4 <sup>a</sup>	978.3±12.3 <sup>b</sup>	36.5±0.6	99.8±1.3	3765.5±94.1 <sup>a</sup>	157.8±0.4 <sup>a</sup>	1566.8±201.4 <sup>c</sup>
	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 <sup>b</sup>	3545.0±74.7 <sup>c</sup>	160.0±1.8 <sup>a</sup>	1200.0±56.3 <sup>b</sup>	38.0±0.1 <sup>b</sup>	161.0±1.2 <sup>b</sup>	4290.0±48.4 <sup>a</sup>	172.0±1.1 <sup>a</sup>	1644.0±112.2 <sup>c</sup>
พันธุ์อุบลราชธานี 1	Free	67.8±1.3	3345.6±93.2	365.4±12.5 <sup>a</sup>	741.2±4.2 <sup>b</sup>	39.5±0.7	89.6±0.3	3982.1±52.6 <sup>a</sup>	163.8±1.3 <sup>a</sup>	1763.7±113.4 <sup>c</sup>
	Esterified	23.4±0.3	398.9±2.3	125.7±6.2 <sup>a</sup>	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 <sup>b</sup>	3744.5±81.9 <sup>c</sup>	490.0±19.8 <sup>a</sup>	865.6±17.9 <sup>b</sup>	45.0±0.4 <sup>b</sup>	113.5±7.1 <sup>b</sup>	4350.0±91.7 <sup>a</sup>	187.0±4.5 <sup>a</sup>	1862.0±132.2 <sup>c</sup>

อย่างไรก็ตามนอกจากสารประกอบกลุ่มลิแกแนนใน เมล็ดงาอันได้แก่ เซซามินและเซซาโมลิน จะสามารถที่จะลด ระดับไขมันในเลือดได้แต่ในเมล็ดงาก็มีสารชนิดอื่นที่มีแนวโน้ม ที่จะออกฤทธิ์ลดระดับไขมันในเลือดได้เช่นเดียวกันเช่น โปรตีน<sup>2</sup> และสเตียรอลและสแตนอล<sup>6,12,13</sup> 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 ฟีท (phytosterols) ได้แก่ แคมเฟสเตอร์อล, สติกมาสเตอร์อล, บีตาซิโทสเตอร์อล และอเวนาสเตอร์อล แต่ไม่พบว่ามี บราสสิ กาสเตอร์อล (brassicasterol) ในเมล็ดงาขาว งาดำและงาดำ-แดง นอกจากนี้ยังพบว่ามีสารในกลุ่มสแตนอล ได้แก่ แคมเฟสตันอล, ไซโมสตันอลและ ซิโทสตันอล โดยงาดำพันธุ์นครสวรรค์มี คอเลสเตอรอลมากที่สุด 6304.0±75.6 มิลลิกรัมต่องา 1 กรัม งาดำพันธุ์ชัยบาดาลมีสติกมาสเตอร์อลและอเวนาสเตอร์อลอยู่ สูงที่สุด 490.0±19.8 และ 2200.0±136.4 มิลลิกรัมต่องา 1 กรัม ตามลำดับและงาดำพันธุ์นครสวรรค์มีไลโนสเตอร์อลและบีตา ซิโทสเตอร์อลอยู่สูงที่สุด 300.0±3.2 และ 10,072.0±99.7 กรัม ต่อน้ำหนักงา 1 กรัมตามลำดับ

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

ได้มีการสรุปกลไกการลดระดับคอเลสเตอรอลโดย สเตียรอลจากพืชซึ่งจะเกิดการกระตุ้นการทำงานของโปรตีน ABCG5/8 ทำให้เพิ่มอัตราการขับสเตียรอลในพืชออกจาก เซลล์ลำไส้เล็กไปพร้อมๆ กับคอเลสเตอรอล ดังนั้นอัตราการ ขับคอเลสเตอรอลออกจากเซลล์ลำไส้เล็กก็จะแปรผันตรงตาม ปริมาณสเตียรอลในพืชที่ร่างกายได้รับ<sup>17</sup> จากการศึกษาพบว่า สเตียรอลเอสเทอร์และสแตนอลจะให้ผลลดระดับคอเลสเตอรอล ในเลือดได้มากที่สุด โดยจากการศึกษาพบว่าผู้ที่รับประทาน สเตียรอลเอสเทอร์และสแตนอลวันละ 2 กรัม สามารถลดระดับ คอเลสเตอรอลในไลโปโปรตีนชนิดความหนาแน่นต่ำ ได้ถึง ร้อยละ 10 และจากการวิจัยแนะนำให้บริโภคสเตียรอลเอสเทอร์

และสแตนอล (จากพืช) วันละ 1.3-5 กรัม เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพ การลดระดับไขมันในเลือดได้ดีที่สุด<sup>10,11</sup>

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 บีตาซิโทสเตอร์อล, แคมเฟสเตอร์อล, อเวนาสเตอร์อล อยู่สูงที่สุด<sup>13</sup>

### 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.