ปริมาณสเตอรอลและสตานอลในเมล็ดงา (*Sesamun indicum* L.) ที่ปลูกในประเทศไทย

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

ชัยสิทธิ์ สิทธิเวช[1]

Chaiyasit Sittiwet[1]

Received: 28 August 2015; Accepted: 30 October 2015

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์สเตียรอลและสตานอลในเมล็ดงาที่เพาะปลูกในประเทศไทยทั้งหมด 13 สายพันธุ์โดยวิธี GC-MS พบว่างาดำพันธุ์นครสวรรค์มีคอเลสเตอรอล 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 กรัมตามลำดับและงาดำ-แดงพันธุ์อุบลราชธานี 1 มี แคมเพสเตอรอลและแคมเพสตานอลเป็นองค์ประกอบมากที่สุด 3744.5±81.9 และ 490.0±19.8 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักงา 1 กรัมตามลำดับ ในขณะที่งาขาวพันธุ์มหาสารคาม 60 มีไซโมสเตอรอลและซิโทสตานอลสูงที่สุด 89.6±0.1 และ 249.0±0.5 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักงา 1 กรัมตามลำดับ จึงสามารถสรุปได้ว่าการลดระดับไขมันในเลือดของสารสกัดจากงาไม่ได้เกิดจากสารกลุ่มลิกแนนเพียงอย่างเดียว อาจจะเกิดจากผลรวมของสเตียรอลและสตานอลที่มีอยู่ในเมล็ดงาอีกด้วย

คำสำคัญ: สเตียรอลจากพืช สตานอล 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*) เป็นพืชล้มลุกที่มีขนาดความสูงของลำต้นตั้งแต่ 0.5- 2 เมตร ดอกมีสีขาวหรือสีชมพู เมล็ดงาถูกนำมาใช้ประกอบอาหารในประเทศแถบทวีปตะวันออกกลางและเอเชีย นอกจากนั้น ยังได้มีการพัฒนาและแปรรูปผลิตภัณฑ์จากเมล็ดงาหลายชนิด เช่น สบู่ น้ำมันหล่อลื่นและเครื่องสำอาง เมล็ดงามีน้ำมันเป็นองค์ประกอบร้อยละ 44-60 และยังมีคุณค่าทางโภชนาการสูงทำให้การเพาะปลูกงามีบทบาททางเศรษฐกิจเพิ่มขึ้นทุกปีเนื่องจากเป็นพืชที่มีระยะเวลาการเก็บเกี่ยวสั้นประมาณ 70 – 180 วันและทนแล้งได้ดี ในแต่ละปีการส่งออกงา (ผลิตภัณฑ์จากเมล็ดงา)ของประเทศไทยมีมูลค่าประมาณ 400 ล้านบาทและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี เนื่องจากเมล็ดงาในตลาดโลกมีไม่เพียงพอต่อความต้องการของประเทศที่นำเข้าเมล็ดงาซึ่งมีมากถึง 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 ชนิด ตามสีของเปลือกเมล็ดได้แก่

- งาขาว คือ งาที่มีเมล็ดสีขาวหรือเหลืองนวล งาขาวที่ปลูกในประเทศไทยมีหลายสายพันธ์ได้แก่ 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 1และงาที่มีเมล็ดสีน้ำตาลแดงและสีดำปนกันได้แก่ งาสายพันธุ์พื้นเมืองพิษณุโลกและสุโขทัย

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

โปรตีนกลุ่ม ABCG 5/8 จะถูกกระตุ้นโดยสารกลุ่มสเตียรอลและสตานอล โดยจะขับสเตียรอลและสตานอล ออกนอกเซลล์ลำไส้เล็กไปพร้อมกับคอเลสเตอรอล ส่งผลให้การดูดซึมคอเลสเตอรอลลดลง พบว่าการบริโภคสารกลุ่ม สเตียรอลและสตานอลปริมาณ 1.3-5 กรัมต่อวัน[10,11] ส่งผลลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือดจากการยับยั้งการดูดซึม

คอเลสเตอรอลที่ลำไส้เล็กสู่กระแสเลือด จากการวิจัยพบว่าการลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือดผ่าน ABCG 5/8 นั้นอาจไม่ได้เกิดจากสารเซซามินในเมล็ดงาเพียงอย่างเดียว โครงสร้างของสเตอรอลและสตานอลเปรียบเทียบกับคอเลสเตอรอลแสดงใน (Figure 1.) เนื่องจากในเมล็ดงาอาจมีสารที่กระตุ้นการทำงานของโปรตีนดังกล่าวโดยตรงคือ สารกลุ่มสเตียรอลและสตานอล การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจหาปริมาณสเตียรอลและสตานอลในเมล็ดงาที่ปลูกในประเทศไทยทั้ง 13 สายพันธุ์ เพื่อเปรียบเทียบคุณค่าทางอาหารของงาชนิดต่างๆ และใช้เป็นข้อมูลทางโภชนาการอาหารไทยได้

วิธีการศึกษา

1. การเตรียมตัวอย่างงา

ตัวอย่างงาที่นำมาทำการทดลองหาปริมาณสเตียรอลและสตานอลได้รับความอนุเคราะห์จากกรมส่งเสริมการเกษตร 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 และพันธุ์อุบลราชธานี1 เมล็ดงาทั้งหมดเก็บเกี่ยวในปี พ.ศ.2556

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

การวิเคราะห์ปริมาณสเตอรอลอิสระ สารประกอบเอสเทอร์ของสเตอรอล (esterified sterols) และสเตอรอลทั้งหมดในเมล็ดงา

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

เติมอีเทอร์ 6 มิลลิลิตร เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ (0.5 M NaOH) ในเอทานอลแล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 50 นาที ทิ้งให้สารละลายเย็นแล้วจึงสกัดด้วยเฮกเซน (hexane) แบ่งสารละลายเฮกเซนใส่ลงในหลอดโครมาโทกราฟีจากนั้นเติมไตรเมทิลคลอโรไซเลน (trimethylchlorosilane) เพื่อทำปฏิกิริยาไซลิเลชัน (silylation) เป็นเวลา 30 นาที เป่าให้แห้งด้วยแก๊สไนโตรเจนแล้วเติมเฮปเทน (heptanes) ลงในหลอดตัวอย่าง จากนั้นนำหลอดตัวอย่างไปวิเคราะห์หาสเตอรอลทั้งหมดใน

เมล็ดงาด้วยเครื่องแก๊สลิควิดโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรสโคปี (Agilent technology; 5975GCMSD)

สารสกัดทั้งหมดจะถูกวิเคราะห์การแตกตัวของโมเลกุลด้วย GC-MS จากนั้นจะหาน้ำหนักของชิ้นส่วนโมเลกุลที่เหมาะสมในการวิเคราะห์โดยเปรียบเทียบกับการแตกตัวของสเตอรอลในพืชมาตรฐาน (Sigma aldrich, UK) และวิเคราะห์ปริมาณสเตอรอลในพืชโดยเปรียบเทียบพื้นที่ใต้กราฟกับทั้งสเตอรอลในพืชมาตรฐานเป็นอัตราส่วนกับ 5α-cholestane น้ำหนักชิ้นส่วนโมเลกุลของสเตอรอลในพืชแต่ละชนิดที่ใช้ในการวิเคราะห์แสดงใน (Table 1)

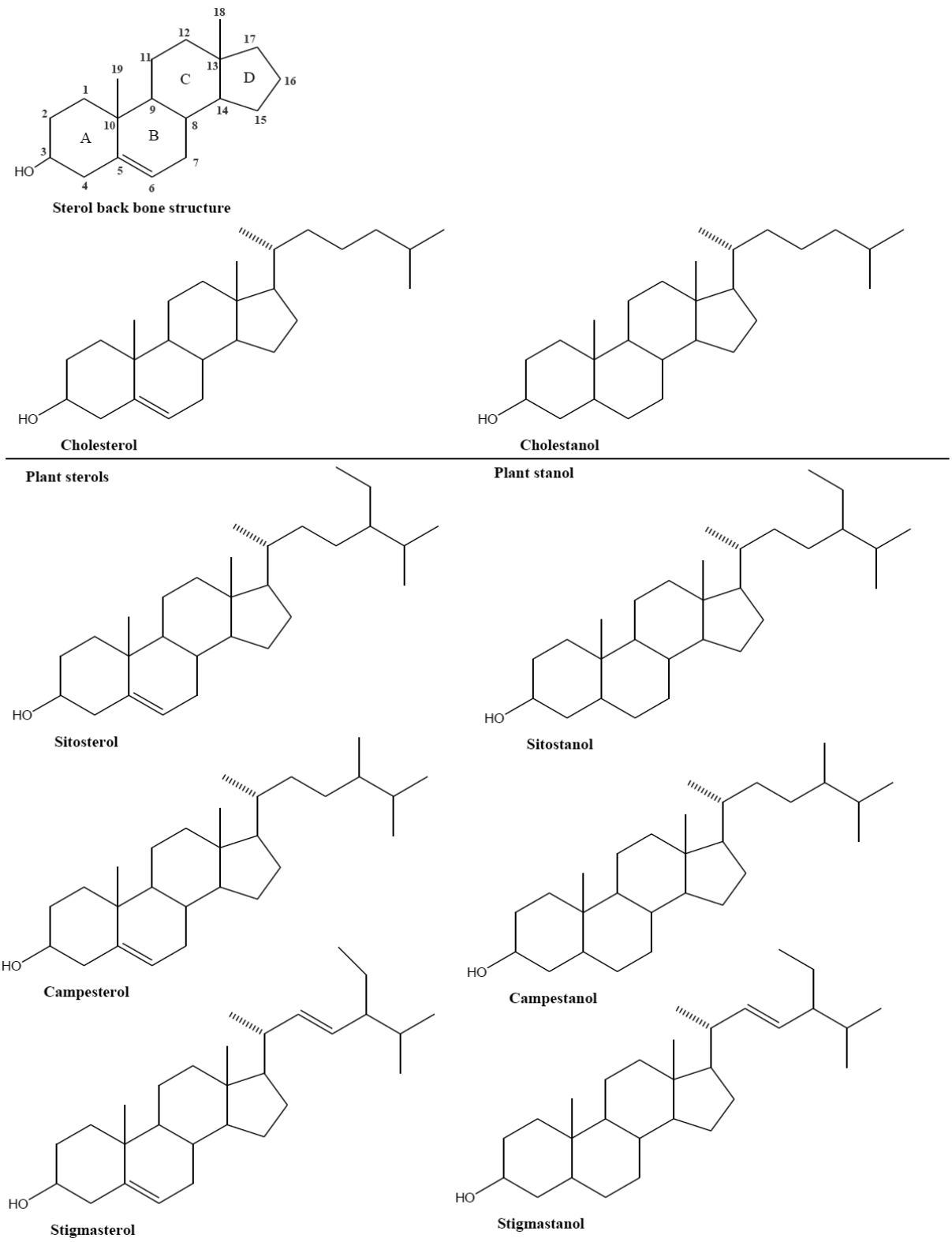

Figure 1 Structure of plant sterols, Stanols and Cholerferol[18]

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

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

การวิเคราะห์สถิติ (statistical analysis)

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

จากการวิเคราะห์สเตียรอลและสตานอลในเมล็ดงาทั้งหมด 13 สายพันธุ์ ไม่พบ Brassicasterol ทั้งในงาขาว งาดำและงาดำ-แดงซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ได้รายงานปริมาณสเตียรอลในเมล็ดงาที่ปลูกในปี ค.ศ. 2000 – 2002 จากประเทศ ปากินาฟาโซ จีน อียิปต์ อินเดีย ญี่ปุ่น เม็กซิโก พม่า และประเทศไทย[12,13,14] โดยพบว่าการให้ความร้อนกับเมล็ดงาจะทำให้องค์ประกอบของกรดไขมันเปลี่ยนแปลงไปแต่องค์ประกอบของสเตียรอลและสตานอลยังคงไม่เปลี่ยนแปลง

แม้ว่าจะมีรายงานการวิเคราะห์ปริมาณสเตียรอลและสตานอลในเมล็ดงาแล้วก็ตามแต่พบว่ายังไม่เคยมีผู้ทำการเปรียบเทียบปริมาณสเตียรอลและสตานอลในเมล็ดงาขาว งาดำ และงาสีดำ-แดง มาก่อนและยังไม่เคยมีผู้รายงานอัตราส่วนของสเตียรอลและสตานอลอิสระ สเตียรอลและสตานอลเอสเทอร์มาก่อน

จากการศึกษานี้ไม่พบความแตกต่างของปริมาณสเตียรอลและสตานอลในเมล็ดงาที่มีสีเมล็ดเหมือนกัน 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

จากผลการวิจัยพบว่าการรับประทานงาและผลิตภัณฑ์จากงามีผลลดระดับไขมันในเลือดทั้งในสัตว์ทดลองและในมนุษย์ โดยในหนูทดลอง[2,3,4] และกระต่าย[5] ที่ได้รับอาหารที่มีไขมันสูงที่ได้รับน้ำมันงาจะมีระดับคอเลสเตอรอลในลิโพโปรตีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDL-cholesterol) ลดลง และในหนูทดลองที่มีความบกพร่องของโปรตีนตัวรับของลิโพโปรตีนชนิดความหนาแน่นต่ำที่เยื่อหุ้มเซลล์พบว่าหนูทดลองที่ได้รับน้ำมันงา 170 กรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมมีระดับ ระดับคอเลสเตอรอลในลิโพโปรตีนชนิดความหนาแน่นต่ำและไตรกลีเซอไรด์ในเลือดลดลง[6] เมื่อเปรียบเทียบกับหนูทดลองที่ไม่ได้รับน้ำมันงา

การศึกษาฤทธิ์ลดระดับไขมันในเลือดของน้ำมันงาในมนุษย์ที่เป็นโรคคอเลสเตอรอลในเลือดสูงผิดปกติ (Hyper cholesterolemia) แบบ IIa และ IIb พบว่าผู้ที่ได้รับน้ำมันงาต่อเนื่องกัน 8 สัปดาห์ พบว่าระดับคอเลสเตอรอลในเลือดและระดับคอเลสเตอรอลในลิโพโปรตีนชนิดความหนาแน่นต่ำลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับผู้ที่ไม่ได้รับน้ำมันงา[7] และในการทดลองการให้น้ำมันงาสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 พบว่าการได้รับน้ำมันงา 28 กรัมต่อวันต่อเนื่องกัน 6 สัปดาห์สามารถลดระดับไตรกลีเซอไรด์ในเลือดลดลง (แต่ไม่พบว่าระดับคอเลสเตอรอลในลิโพโปรตีนชนิดความหนาแน่นต่ำลดลง)[15] นอกจากนั้นการศึกษาผลของการรับประทานน้ำมันงา 25 กรัมต่อวันในผู้ที่มีภาวะน้ำหนักเกิน (overweight) ทั้งเพศชายและเพศหญิงไม่พบการเปลี่ยนแปลงของระดับไขมันต่างๆ ในเลือด ไม่ว่าจะเป็น ไตรกลีเซอไรด์ คอเลสเตอรอล และระดับคอเลสเตอรอลในลิโพโปรตีนชนิดความหนาแน่นต่ำ[16]

แม้ว่าการลดระดับไขมันในเลือดของน้ำมันงาจะได้ผลในผู้ป่วยบางกลุ่มเท่านั้นแต่ก็มีผู้อธิบายของสารกลุ่มลิกแนน (lignan) ซึ่งเป็นองค์ประกอบของเมล็ดงาได้แก่ ซาเซมิน (sesamin) และเซซาโมลิน (sesamolin) มีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ Δ5-desaturase ส่งผลลดอัตราการดูดซึมคอเลสเตอรอลในลำไส้เล็กและเพิ่มอัตราการขับคอเลสเตอรอลและน้ำดีออกจากเซลล์ลำไส้เล็ก รวมทั้งยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไฮดรอกซิลเมทิลกลูตาริลโคเอนไซม์เอรีดักเทส (HMG-CoA reductase) ซึ่งเป็นเอนไซม์สำคัญในการสังเคราะห์คอเลสเตอรอลที่เซลล์ตับอีกด้วย นอกจากนี้สารกลุ่มลิกแนนยังยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เอซิลโคเอนไซม์เอคอเลสเตอรอลเอซิลทรานส์เฟอเรส (acyl-CoA: Cholesterol acyltransferase; ACAT) และเพิ่มการทำงานของเอนไซม์ 7แอลฟาไฮดรอกซิเลส (7α-hydroxylase) ได้อีกด้วย[7] และเพิ่มการขับคอเลสเตอรอลออกจากเซลล์เม็ดเลือดขาวแมโครฟาจ[9] จึงสามารถสรุปเบื้องต้นได้ว่าเมล็ดงาและหรือผลิตภัณฑ์จากเมล็ดงานั้นส่งผลดีต่อการป้องกันการเกิดโรคหลอดเลือดแดงแข็ง (atherosclerosis) และโรคหลอดเลือดหัวใจ (cardiovascular disease)

Results

Table 2 Sterols and Stanols content in white sesames.

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

Table 3 Sterols and stanols content in black and brown sesames

พันธุ์งา/สเตียรอลและสตานอล		Cholesterol	Campesterol	Campestanol	Stigmasterol	Zymostanol	Lanosterol	β-Sitosterol	Sitostanol	Avenasterol
งาดำสายพันธุ์		(mg/ g sample)								
บุรีรัมย์	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}
มข 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}
งาดำ-แดงสายพันธุ์										
พันธุ์ มข 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}
พันธุ์อุบลราชธานี1	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}

อย่างไรก็ตามนอกจากสารประกอบกลุ่มลิกแนนในเมล็ดงาอันได้แก่ เซซามินและเซซาโมลิน จะสามารถที่จะลดระดับไขมันในเลือดได้แต่ในเมล็ดงาก็มีสารชนิดอื่นที่มีแนวโน้มที่จะออกฤทธิ์ลดระดับไขมันในเลือดได้เช่นเดียวกันเช่น โปรตีน[2] และสเตียรอลและสตานอล[6,12,13] จากผลงานวิจัยนี้พบว่าเมล็ดงามีคอเลสเตอรอลเป็นองค์ประกอบอยู่น้อยมากโดยงาดำจะมีคอเลสเตอรอลอยู่มากที่สุดคือ ประมาณ 6 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักงา 1 กรัม ซึ่งน้อยกว่าในไข่แดง 31 เท่า (ในไข่แดงมีคอเลสเตอรอลเป็นองค์ประกอบประมาณ 168 มิลลิกรัมต่อไข่ 1 ฟอง) โดยองค์การอนามัยโลกแนะนำให้บริโภคคอเลสเตอรอลได้ไม่เกินวันละ 300 มิลลิกรัมในผู้ที่ไม่ป่วยเป็นโรคใดแต่จะลดลงเหลือ 200 มิลลิกรัมในผู้ป่วยโรคเบาหวาน จึงถือได้ว่าเมล็ดงาเป็นธัญพืชที่มีคอเลสเตอรอลอยู่น้อยมาก

พบว่าสเตียรอลในเมล็ดงาส่วนใหญ่เป็นสเตียรอลจากพืช (phytosterols) ได้แก่ แคมเพสเตอรอล, สติกมาสเตอรอล, บีตาซิโทสเตอรอล และอเวนาสเตอรอล แต่ไม่พบว่ามี บราสสิกาสเตอรอล (brassicasterol) ในเมล็ดงาขาว งาดำและงาดำ-แดง นอกจากนี้ยังพบว่ามีสารในกลุ่มสตานอล ได้แก่ แคมเพสตานอล, ไซโมสตานอลและ ซิโทสตานอล โดยงาดำพันธุ์นครสวรรค์มีคอเลสเตอรอลมากที่สุด 6304.0±75.6 มิลลิกรัมต่องา 1 กรัม งาดำพันธุ์ชัยบาดาลมีสติกมาสเตอรอลและอเวนาสเตอรอลอยู่สูงที่สุด 490.0±19.8 และ 2200.0±136.4 มิลลิกรัมต่องา 1 กรัมตามลำดับและงาดำพันธุ์นครสวรรค์มีลาโนสเตอรอลและบีตาซิโทสเตอรอลอยู่สูงที่สุด 300.0±3.2 และ 10,072.0±99.7 กรัมต่อน้ำหนักงา 1 กรัมตามลำดับ

งาดำ-แดงพันธุ์อุบลราชธานี 1 มีแคมเพสเตอรอลและแคมเพสตานอลเป็นองค์ประกอบมากที่สุด 3744.5±81.9, 490.0±19.8 มิลลิกรัมต่องา 1 กรัมตามลำดับ ในขณะที่งาขาวพันธุ์มหาสารคาม 60 มีไซโมสตานอลและซิโทสเตอรอลสูงที่สุด 89.6±0.1 และ 249.0±0.5 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักงา 1 กรัมตามลำดับ

ได้มีการสรุปกลไกการลดระดับคอเลสเตอรอลโดยสเตียรอลจากพืชซึ่งจะเกิดการกระตุ้นการทำงานของโปรตีน ABCG5/8 ทำให้เพิ่มอัตราการขับสเตียรอลในพืชออกจากเซลล์ลำไส้เล็กไปพร้อมๆ กับคอเลสเตอรอล ดังนั้นอัตราการขับคอเลสเตอรอลออกจากเซลล์ลำไส้เล็กก็จะแปรผันตรงตามปริมาณสเตียรอลในพืชที่ร่างกายได้รับ[17] จากการศึกษาพบว่าสเตียรอลเอสเทอร์และสตานอลจะให้ผลลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือดได้มากที่สุด โดยจากการศึกษาพบว่าผู้ที่รับประทานสเตียรอลเอสเทอร์และสตานอลวันละ 2 กรัม สามารถลดระดับคอเลสเตอรอลในลิโพโปรตีนชนิดความหนาแน่นต่ำ ได้ถึงร้อยละ 10 และจากการวิจัยแนะนำให้บริโภคสเตียรอลเอสเทอร์และสตานอล (จากพืช) วันละ 1.3-5 กรัม เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพการลดระดับไขมันในเลือดได้ดีที่สุด[10,11]

จากงานวิจัยนี้พบว่าเมล็ดงามีปริมาณสเตียรอลเอสเทอร์และสตานอลรวมกันอยู่เฉลี่ย 1 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักงา 1 กรัม คิดคร่าวควรบริโภคงาวันละ 1300 – 5000 กรัมหรือ 1.3 – 5 กิโลกรัม จึงจะสามารถทำให้ได้รับสเตียรอลเอสเทอร์และสตานอลสูงเพียงพอที่จะลดระดับ LDL-cholesterol ได้ซึ่งเป็นไปได้ยาก อย่างไรก็ตามการลดระดับไขมันในเลือดของงานั้นไม่ได้เกิดจากสเตียรอลเอสเทอร์และสตานอลเพียงอย่างเดียว แต่ยังเกิดจากผลร่วมของสารประกอบกลุ่มลิกแนนและโปรตีนร่วมด้วยดังที่ได้กล่าวมาแล้ว และเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดธัญพืชชนิดอื่นๆแล้วพบว่าเมล็ดงามี บีตาซิโทสเตอรอล, แคมเพสเตอรอล, อเวนาสเตอรอล อยู่สูงที่สุด[13]

เอกสารอ้างอิง

1. อภิชาต 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, Guiet 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. ดรุณี พ่วงพรพิทักษ์ม อรนุช สมสีมี, ชัยสิทธิ์ สิทธิเวช. กลไกการลดระดับโคเลสเตอรอลในเลือดโดยสเตียรอลและสตานอลเอสเทอร์จากพืช. 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.