การลดคอเลสเตอรอลด้วยอาหารฟังก์ชั่นที่เติมแพลนท์สตานอล

ปพิชญา เทศนา*

บทคัดย่อ

ประชากรไทยมีแนวโน้มเกิดภาวะไขมันในเลือดสูงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากอาหารที่บริโภค และพฤติกรรมที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งการแก้ปัญหาภาวะไขมันในเลือดสูงทำได้โดยการมีวินัยในการออกกำลังกาย และการบริโภคอาหารที่มีประโยชน์ ในทวีปยุโรปผลิตภัณฑ์อาหารฟังก์ชั่นหลากหลายชนิดมีบทบาทมากในการควบคุม และลดระดับคอเลสเตอรอลโดยการเติมแพลนท์สตานอลเพิ่มเข้าไปในผลิตภัณฑ์ ซึ่งผลิตภัณฑ์อาหารฟังก์ชั่นที่เติมแพลนท์สตานอลนั้นสามารถควบคุม และลดระดับค่าคอเลสเตอรอลรวม และค่าแอลดีแอลคอเลสเตอรอลได้ ดังนั้น บทความวิชาการนี้จึงต้องการนำเสนอข้อมูลที่ศึกษาเกี่ยวกับอาหารฟังก์ชั่นที่เติมแพลนท์สตานอล ปริมาณที่ปลอดภัยในการบริโภคแพลนท์สตานอล มื้ออาหารที่เหมาะสมกับการบริโภคแพลนท์สตานอล และข้อควรระวังของการบริโภคแพลนท์สตานอล เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาประยุกต์ใช้และพัฒนาต่อยอดไปสู่การผลิตอาหารฟังก์ชั่นที่เหมาะสมแก่ประชากรไทยที่มีภาวะไขมันในเลือดสูงต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ : อาหารฟังก์ชั่น, แพลนท์สตานอล, คอเลสเตอรอล

* อาจารย์ประจำ วิทยาลัยการแพทย์บูรณาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
Corresponding author, email: paphitchaya.the@dpu.ac.th, Tel. 062-1708543
Received : October 11, 2021; **Revised** : January 24, 2022; **Accepted** : January 28, 2022

Cholesterol-Lowering Using Functional Foods Enriched with Plant Stanols

Paphitchaya Thetsana*

Abstract

Thai people have an increasing diagnosis of hypercholesterolemia due to having lots of fatty food and the change of behavior. Hypercholesterolemia could be solved by exercise and having healthy foods. In Europe, many kinds of functional foods play an important role to be the other way for decreasing cholesterol by adding plant stanols. They revealed that plant stanols could control and decrease the total cholesterol and LDL cholesterol. So, this academic article presents the information of functional foods enriched with plant stanols, the uses of plant stanols, the safe dose of plant stanols, and the precautions of plant stanols for further developing the new suitable functional foods for Thai hypercholesterolemia patients.

Keywords : Functional food, Plant stanols, Cholesterol

* Instructor, College of Integrative Medicine, Dhurakij Pundit University
Corresponding author, email: paphitchaya.the@dpu.ac.th, Tel. 062-1708543
Received : October 11, 2021; **Revised** : January 24, 2022; **Accepted** : January 28, 2022

บทนำ

ภาวะหลอดเลือดแดงแข็งตัว (Atherosclerosis) สามารถแบ่งโรคเป็นกลุ่ม ๆ ได้ 3 ประเภท คือ โรคหลอดเลือดหัวใจ (Coronary heart disease) โรคหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular disease) และหลอดเลือดแดงส่วนปลายอุดตัน (Peripheral arterial disease) ซึ่งโรคหลอดเลือดหัวใจมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นทั้งในยุโรปและประเทศไทยของเรา (Timmis, et al., 2017) ในปี พ.ศ. 2560 ประชากรไทยประมาณ 30,000 ราย เสียชีวิตด้วยโรคหลอดเลือดสมอง ซึ่งจัดเป็นอันดับหนึ่งของประเทศ ซึ่งปัจจัยเสี่ยงของประชากรไทยที่เข้ารับการรักษาด้วยโรคหลอดเลือดหัวใจ มีสาเหตุมาจากภาวะไขมันในเลือดสูง (Hypercholesterolemia) คิดเป็นร้อยละ 83.2 ของผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาด้วยโรคหลอดเลือดหัวใจทั้งหมด และจากการสรุปผลการสำรวจสุขภาพของ Thai Registry in Acute Coronary Syndrome (TRACS) พบว่าในประชากรไทยที่มีอายุ 15 ปีขึ้นไป มีภาวะอ้วน โรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง และภาวะไขมันในเลือดสูง ที่เป็นปัจจัยเสี่ยงสำคัญที่ทำให้เกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด (กองยุทธศาสตร์และแผนงาน, 2560)

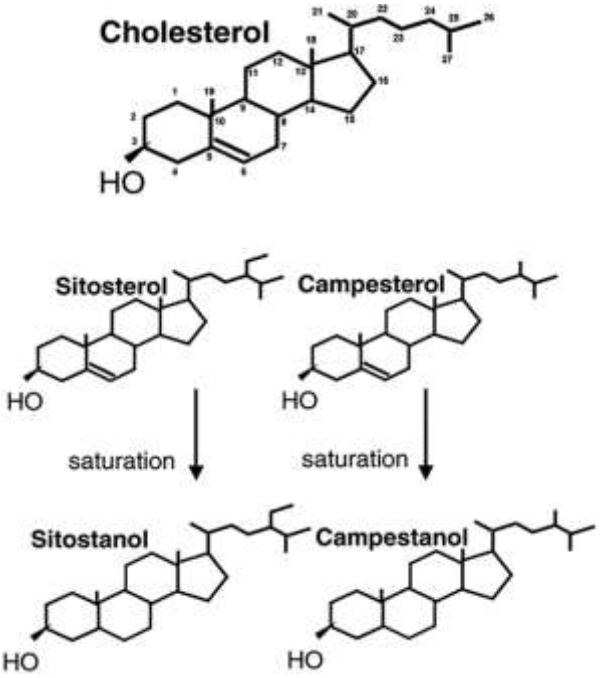
จากสถิติข้างต้น พฤติกรรมที่เปลี่ยนแปลงไป เช่น การบริโภคอาหารฟาสต์ฟู้ด เครื่องดื่มที่มีส่วนประกอบของนมข้น น้ำตาล การนั่งทำงานทั้งวัน และการออกกำลังกายไม่เพียงพอ เป็นสาเหตุของการเกิดภาวะไขมันในเลือดสูง ซึ่งเมื่อปล่อยให้เรื้อรังนานไป ก็จะพัฒนาให้เกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด นอกจากนั้น การดื่มแอลกอฮอล์ และการสูบบุหรี่ ยังมีผลกระตุ้นให้เกิดภาวะไขมันในเลือดสูงอีกด้วย นอกจากนั้น ผู้หญิงที่มีอายุเพิ่มมากขึ้น และอยู่ในช่วงวัยหมดประจำเดือนมีโอกาสเป็นโรคหัวใจขาดเลือดเพิ่มขึ้นกว่าปกติถึง 3.4 เท่า (Witteman, Grobbee, Kok, Hofman, & Valkenburg, 1989) ซึ่งอายุที่เพิ่มมากขึ้นนั้นเป็นปัจจัยเสี่ยงที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ ดังนั้น การใส่ใจดูแลสุขภาพให้แข็งแรง และการควบคุมหรือลดระดับคอเลสเตอรอลจึงเป็นเรื่องที่ต้องให้ความสำคัญ ซึ่งสามารถทำได้โดยการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้านการบริโภคอาหาร และพฤติกรรมด้านการออกกำลังกาย (สุสารี ประคินกิจ, ลัญขนา พิมพันธ์ชัยยบูลย์ และ กาญจนา งามจันทราทิพย์, 2562)

อาหารฟังก์ชั่น (Functional foods) คือ อาหารปกติหรือ อาหารแปรรูปที่มีส่วนผสมของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ทั้งชนิดที่รู้จักหรือไม่รู้จัก อยู่ในปริมาณที่ไม่ให้โทษต่อสุขภาพ และมีประสิทธิภาพตามข้อมูลที่ระบุไว้ในเอกสารจากการพิสูจน์ทางคลินิก ถึงประโยชน์ด้านสุขภาพที่เกี่ยวกับการป้องกัน การจัดการ หรือการรักษาโรคเรื้อรัง (Martirosyan & Singh, 2015) ดังนั้น อาหารฟังก์ชั่นที่เติมแพลนท์สตานอลจึงเป็นทางเลือกใหม่ในการดูแลสุขภาพ และทำให้การบริโภคอาหารของผู้ที่มีภาวะไขมันในเลือดสูง ได้มีทางเลือกที่หลากหลายโดยไม่ทำร้ายสุขภาพอีกด้วย ซึ่งในต่างประเทศอาหารฟังก์ชั่นที่เติมแพลนท์สตานอลได้รับการยอมรับว่าเป็นอาหารที่ปลอดภัย และสามารถนำมาบริโภคเพื่อการควบคุมและลดระดับแอลดีแอลคอเลสเตอรอลได้จริง

ในประเทศไทยถึงแม้ว่าจะพบผู้ที่มีภาวะไขมันในเลือดสูง และมีผู้เสียชีวิตจากโรคหลอดเลือดสมองเป็นอันดับต้น ๆ ของประเทศ แต่การควบคุมหรือลดระดับแอลดีแอลคอเลสเตอรอลยังมีเพียงแค่การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม แนะนำให้บริโภคอาหารที่มีประโยชน์ ออกกำลังกาย เลิกสูบบุหรี่ งดดื่มแอลกอฮอล์ และการใช้ยาควบคู่ไปเท่านั้น (กองยุทธศาสตร์และแผนงาน, 2560) ดังนั้น บทความวิชาการนี้จึงต้องการรวบรวมข้อมูลที่ศึกษาเกี่ยวกับอาหารฟังก์ชั่นที่เติมแพลนท์สตานอล ปริมาณที่ปลอดภัยในการบริโภคแพลนท์สตานอล มื้ออาหารที่เหมาะสมกับการบริโภคแพลนท์สตานอล และข้อควรระวังของการบริโภคแพลนท์สตานอล เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาประยุกต์ใช้ พัฒนาต่อยอดเป็นอาหารฟังก์ชั่นที่เหมาะสมกับประชากรไทยในอนาคต ซึ่งจะนำมาสู่การสร้างอาหารใหม่แก่ผู้ที่มีภาวะไขมันในเลือดสูงได้มีทางเลือกในการบริโภคอาหารได้หลากหลายได้มากขึ้น และสามารถช่วยลดและควบคุมระดับแอลดีแอลคอเลสเตอรอลได้อีกด้วย

แพลนท์สตานอล (Plant stanols)

แพลนท์สตานอล (Plant stanols) คือ พฤกษเคมี หรือสารเคมีที่พบได้ในพืช เป็นสารกลุ่มย่อยของไฟโตสเตอรอล (Phytosterols) ที่มีโครงสร้างคล้ายคอเลสเตอรอล โดยแพลนท์สตานอลไม่มีพันธะคู่ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 5 (รูปที่ 1) (Fumeron, Bard, & Lecerf, 2017) แพลนท์สตานอลสามารถพบได้ทั้งในผัก ผลไม้ ธัญพืช และน้ำมันที่ได้จากพืชหลายชนิด เช่น น้ำมันถั่วเหลือง (Soybean oil) น้ำมันข้าวโพด (Corn oil) น้ำมันรำข้าว (Rice bran oil) น้ำมันซีบัคธอร์น (Sea buckthorn oil) แต่ที่พบได้มากที่สุดคือน้ำมันที่ได้จากต้นสน (Tall oil) และน้ำมันพืช (Vegetable oil) ที่ผ่านกระบวนการกลั่น และกำจัดกลิ่นมาแล้ว (Jones et al., 2018) ซึ่งเมื่อนำมาเปรียบเทียบประสิทธิผลในการลดระดับของค่าแอลดีแอลคอเลสเตอรอล ปรากฏว่า แพลนท์สตานอลที่สกัดมาจากพืชในแต่ละชนิด ถึงแม้จะมีโครงสร้างต่าง ๆ ที่แตกต่างกัน แต่ประสิทธิภาพในการลดระดับแอลดีแอลคอเลสเตอรอลไม่มีความแตกต่างกัน (Clifton, Mano, Duchateau, Van Der Knaap, & Trautwein, 2008)



รูปที่ 1 โครงสร้างของสเตอรอลและสตานอล (Fumeron, Bard, & Lecerf, 2017)

แพลนท์สตานอลเป็นสารที่ร่างกายไม่สามารถดูดซึมไปใช้งานได้ จึงช่วยขัดขวางการดูดซึมคอเลสเตอรอลไม่ให้เข้าสู่กระแสเลือด และถูกร่างกายขับออกมาในรูปแบบของของเสีย ซึ่งกระบวนการดังกล่าว แพลนท์สตานอลจึงสามารถช่วยลดระดับค่าคอเลสเตอรอลรวม (Total cholesterol) และค่าแอลดีแอลคอเลสเตอรอล (Low Density Lipoprotein Cholesterol, LDL-C) ในร่างกายได้ โดยไม่มีผลกระทบต่อระดับเอชดีแอลคอเลสเตอรอล (High Density Lipoprotein Cholesterol, HDL-C) (Laitinen, Gylling, Kaipiainen, Nissinen, & Simonen, 2017) ซึ่งทำให้อัตราการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดลดลงด้วย (Trautwein, Vermeer, Hiemstra, & Ras, 2018)

อาหารฟังก์ชั่นกับแพลนท์สตานอล

อาหารฟังก์ชั่นที่เติมแพลนท์สตานอลเกิดขึ้นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1995 ประเทศฟินแลนด์ ได้แก่ สเปรดที่เติมแพลนท์สตานอล (Moreau, 2015) ซึ่งในปัจจุบันผลิตภัณฑ์อาหารฟังก์ชั่นที่เติมแพลนท์สตานอลพบได้หลากหลายชนิด ได้แก่ นม โยเกิร์ต มายองเนส ซีเรียล และขนมปัง (Ras, Hiemstra, Lin, Vermeer, Duchateau, & Trautwein, 2013) จากผลการศึกษาการบริโภคโยเกิร์ตแบบดื่ม (yogurt drinks) ที่เติมแพลนท์สตานอลในปริมาณ 2 กรัม วันละ 1 ขวด เป็นประจำทุกวันเป็นเวลา 3 สัปดาห์ พบว่าค่าแอลดีแอลคอเลสเตอรอลลดลงร้อยละ 9 – 10 (Algorta, Ranedo, Anda, & Terreros, 2005) อย่างไรก็ตาม แพลนท์สตานอลไม่ได้เหมาะกับการเติมในอาหารทุกชนิด เนื่องจากแพลนท์สตานอลเป็นสารไม่มีสี ไม่ละลายในน้ำ แต่ละลายได้ดีในไขมัน ดังนั้น แพลนท์สตานอลจึงสมควรเติมในอาหารที่มีส่วนประกอบของไขมันเป็นส่วนประกอบหลัก เช่น มาการีน นม โยเกิร์ต เป็นต้น (Plat et al., 2019) จากการศึกษาของทีมนักวิจัยชาวอินโดนีเซีย ได้คิดปรับสูตรอาหารให้เหมาะสมกับคนเอเชีย โดยการนำแพลนท์สตานอลมาผสมรวมกับเครื่องดื่มสมูตตี้ (smoothie drinks) ให้กลุ่มประชากรที่มีภาวะไขมันในเลือดสูงดื่มหลังอาหารเป็นเวลาสองมื้อต่อวัน ผลการศึกษาพบว่า หลังจากที่ดื่มเครื่องดื่มสมูตตี้ผสมกับแพลนท์สตานอลปริมาณ 2 กรัม เป็นเวลา 2 สัปดาห์ ค่าคอเลสเตอรอลรวม และค่าแอลดีแอลคอเลสเตอรอลลดลง (Lestiani, Chandra, Laitinen, Ambarwati, Kuusisto, & Lukito, 2018)

มื้ออาหารกับการบริโภคแพลนท์สตานอล

จากการศึกษาในเรื่องของนาฬิกาชีวภาพ (Circadian rhythm) มีการรายงานว่า การสังเคราะห์คอเลสเตอรอลพบสูงสุดในตอนกลางคืน และพบต่ำสุดในตอนบ่าย (Schroor, Sennels, Fahrenkrung, Jorgensen, Plat, & Mensink, 2019) ดังนั้น เพื่อประสิทธิภาพสูงสุดในการควบคุมและลดคอเลสเตอรอลของแพลนท์สตานอล มื้ออาหารที่ควรบริโภคแพลนท์สตานอลคือ มื้อบ่าย หรือมื้อเย็น และการแบ่งบริโภคแพลนท์สตานอลเป็น 2 – 3 มื้อต่อวันนั้น สามารถลดระดับคอเลสเตอรอลได้ดีกว่าการบริโภคแพลนท์สตานอลกับมื้อเช้าเพียงมื้อเดียว (Trautwein, Vermeer, Hiemstra, & Ras, 2018) ดังนั้น อาหารฟังก์ชั่นที่จะผลิตเพื่อผู้บริโภค ควรแนะนำให้เป็นอาหารที่บริโภคในมื้อบ่าย มื้อเย็น หรือสามารถแบ่งบริโภคได้ 3 มื้อต่อวัน เพื่อให้ประสิทธิภาพของแพลนท์สตานอลทำงานได้สอดคล้องกับร่างกาย และได้ประโยชน์สูงสุด

ปริมาณการเติมแพลนท์สตานอลในอาหารฟังก์ชั่น

องค์การอาหารและยาแห่งสหรัฐอเมริกา หรือ The United States Food and Drug Administration (USFDA, 2013) ระบุไว้ว่า แพลนท์สตานอลจัดเป็นอาหารเสริมที่ปลอดภัย มีคุณสมบัติในการลดไขมัน และปริมาณในการบริโภคต่อวันคือ 2 กรัม สามารถช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลได้ประมาณร้อยละ 15 เมื่อบริโภคต่อเนื่องเป็นเวลา 2 สัปดาห์ ซึ่งสอดคล้องกันกับการศึกษาของ Ras, Geleijnse, และ Trautwein (2014) พบว่าปริมาณของแพลนท์สตานอลที่กลุ่มตัวอย่างได้บริโภคในปริมาณ 0.6, 1.1, 1.7, 2.1, 2.6 และ 3.3 กรัมต่อวัน เป็นเวลาติดต่อกัน 2 สัปดาห์ ปริมาณแพลนท์สตานอลสามารถลดระดับแอลดีแอลคอเลสเตอรอลได้ร้อยละ 7.4, 6.3, 6.7, 10.0, 11.3, 11.7 และ 14.1 ตามลำดับได้อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนั้น แพลนท์สตานอลยังเป็นสารที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น จึงทำให้ง่ายต่อการเติมเข้าไปในอาหาร เพราะนอกจากจะเป็นอาหารที่มีประโยชน์แล้ว แพลนท์สตานอลยังไม่ทำให้รสชาติของอาหารนั้น ๆ เปลี่ยนแปลงอีกด้วย นอกจากนี้ ยังมีการศึกษาผลการบริโภคมาการีนที่เติมแพลนท์สตานอลในปริมาณ 3 กรัมต่อวัน ในกลุ่มประชากรอายุ 18 – 60 ปี พบว่า หลังจากบริโภคมาการีนที่เพิ่มแพลนท์สตานอลเป็นเวลา 3 สัปดาห์ ค่าคอเลสเตอรอลรวม และค่าแอลดีแอลคอเลสเตอรอลลดลงร้อยละ 7 และ 9.5 ตามลำดับ โดยที่ไม่มีผลกระทบต่อค่าเอชดีแอลคอเลสเตอรอล (De Smet, Mensink, Lütjohann, & Plat, 2015)

ความปลอดภัยของการบริโภคแพลนท์สตานอล

แพลนท์สตานอลได้รับการศึกษาในเรื่องของความปลอดภัยตั้งแต่ระดับหลอดทดลอง สัตว์ทดลอง พรีคลินิก และคลินิก ซึ่งผลการทดสอบสามารถยืนยันได้ว่าแพลนท์สตานอลเป็นพฤกษเคมีที่มีความปลอดภัย และไม่มีผลข้างเคียงหากใช้ติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน (Salehi et al., 2021) ยกตัวอย่างเช่น จากผลการศึกษาการบริโภคสเปรดที่เติมแพลนท์สตานอลปริมาณ 2 กรัม ในกลุ่มประชากรที่ป่วยเป็นเบาหวานชนิดที่ 1 พบว่า จากการแบ่งบริโภคสเปรดที่เติมแพลนท์สตานอล 3 มื้อต่อวัน เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ค่าแอลดีแอลคอเลสเตอรอล และค่าคอเลสเตอรอลรวมมีระดับลดลง โดยไม่มีผลกระทบต่อทำงานของเซลล์เนื้อเยื่อบุโพรง (Endothelial cell) ที่มีหน้าที่ในการควบคุมการทำงานของหลอดเลือด และการตึงตัวของหลอดเลือด (Hallikainen, Lyyra-Laitinen, Laitinen, Moilanen, Miettinen, & Gylling, 2008) นอกจากนั้น การประชุมของนักวิทยาศาสตร์ทางด้านโภชนาการในทวีปยุโรปได้เลือกให้แพลนท์สตานอลเป็นหนึ่งในสิบของการค้นพบทางโภชนาการที่สำคัญที่สุดต่ออนาคตของมนุษยชาติ ซึ่งมีประสิทธิภาพในการลดคอเลสเตอรอล โดยมีข้อห้ามใช้ในหญิงตั้งครรภ์และให้นมบุตร และเด็กที่มีอายุต่ำกว่า 5 ปี เท่านั้น (EFSA, 2009) ตามประกาศของคณะกรรมาธิการยุโรป (2014) ได้ระบุไว้ว่าการบริโภคแพลนท์สตานอลในปริมาณระหว่าง 1.5 – 3 กรัมเป็นประจำทุกวัน ติดต่อกัน 1 – 2 สัปดาห์ สามารถช่วยลดแอลดีแอลคอเลสเตอรอลได้ร้อยละ 7 – 12 และไม่ควรบริโภคแพลนท์สตานอลมากกว่า 3 กรัมต่อวัน อย่างไรก็ตาม เมื่อบริโภคแพลนท์สตานอลเข้าไป แพลนท์สตานอลจะรบกวนการดูดซึมของลำไส้ ซึ่งส่งผลให้สารในกลุ่มแคโรทีนอย (Carotenoids) บางตัวลดระดับลง โดยการบริโภคแพลนท์สตานอลในปริมาณ 2.5 กรัมต่อวันนั้น ทำให้เบต้าแคโรทีนลดลงร้อยละ 10.1 แอลฟ่าแคโรทีนลดลงร้อยละ 7.8 และไลโคปีนลดลงร้อยละ 6.3 แต่ไม่ส่งผลกระทบกับวิตามินที่ละลายในไขมัน ได้แก่ วิตามินอี วิตามินเอ และวิตามินดี (Baumgartner, Ras, Trautwein, Mensink, & Plat, 2017) ดังนั้น หากบริโภคอาหารที่เติมแพลนท์สตานอลเป็นประจำควรเพิ่มปริมาณการบริโภคผักผลไม้เพิ่มมากขึ้น

บทสรุป

จากการรวบรวมข้อมูลของแพลนท์สตานอลทั้งในเรื่องของประเภทอาหารที่เหมาะสม ปริมาณการใช้แพลนท์สตานอลที่ปลอดภัย วิธีการบริโภคอาหารฟังก์ชั่นที่เติมแพลนท์สตานอล และความปลอดภัยของการใช้แพลนท์สตานอล ได้ผลสรุปดังนี้ แพลนท์สตานอลเป็นพฤกษเคมีที่ปลอดภัยและสามารถใช้ลดระดับคอเลสเตอรอลได้ ทั้งค่าคอเลสเตอรอลรวม และค่าแอลดีแอลคอเลสเตอรอล โดยที่ไม่ส่งผลกระทบต่อค่าเอชดีแอลคอเลสเตอรอล นอกจากนั้นแพลนท์สตานอลยังเป็นสารที่ไม่มีรสชาติ ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น จึงง่ายต่อการนำไปเป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ โดยปริมาณที่กำหนดคือ บริโภคแพลนท์สตานอลปริมาณ 2 - 3 กรัมต่อวัน ติดต่อกันประมาณ 2 - 3 สัปดาห์ จะสามารถลดระดับคอเลสเตอรอลได้ถึงร้อยละ 10 – 15 โดยผลิตภัณฑ์อาหารที่สามารถเพิ่มแพลนท์สตานอลเข้าไปได้นั้น มีมากมายหลากหลายชนิด ทั้งอาหารคาว อาหารหวาน และแม้กระทั่งเครื่องดื่ม โดยอาหารนั้น ๆ ควรเป็นอาหารที่มีไขมันเป็นส่วนประกอบหลัก และควรเป็นอาหารที่แบ่งบริโภคได้ หรือควรเป็นอาหารที่เหมาะกับการบริโภคเป็นอาหารมื้อบ่ายหรือมื้อเย็น เนื่องจากนาฬิกาชีวภาพในร่างกายของคนเรานั้น จะเกิดการสังเคราะห์คอเลสเตอรอลสูงสุดในช่วงกลางคืน ดังนั้น การนำข้อมูลที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรมข้างต้น จึงมีความสำคัญต่อการนำไปประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาต่อยอดเป็นอาหารฟังก์ชั่นที่เหมาะสมกับประชากรไทยในอนาคต โดยจะนำมาสู่การสร้างอาหารใหม่แก่ผู้ที่มีภาวะคอเลสเตอรอลสูงได้มีทางเลือกในการบริโภคอาหารได้หลากหลายได้มากขึ้น ซึ่งส่งผลดีต่อสุขภาพร่างกาย และจิตใจอีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

กองยุทธศาสตร์และแผนงาน. (2560). *สถิติสาธารณสุข*. นนทบุรี: สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข.

สุสารี ประคินกิจ, ลัญขนา พิมพันธ์ชัยยบูลย์ และ กาญจนา งามจันทราทิพย์. (2562). ผลของโปรแกรมการออกกำลังกายแบบผสมผสานกายและจิตสุข 5 มิติ ต่อระดับไขมันในเลือด เปอร์เซ็นต์ไขมันมวลกระดูก และความดันโลหิตในสมาชิกชมรมผู้สูงอายุ. *วารสารควบคุมโรค*, *45*(2), 180-190.

Algorta, P. J. A., Ranedo M. J. C., Anda J. A., & Terreros, S. F. (2005). Eficacia hipocolesterolemiante de un yogur que contiene ésteres de estanol vegetal [Hypocholesteremic effectiveness of a yogurt containing plant stanol esters]. *Revista Clínica Española*, *205*(2), 63-66.

Baumgartner, S., Ras, R. T., Trautwein, E. A., Mensink, R. P., & Plat, J. (2017). Plasma fat-soluble vitamin and carotenoid concentrations after plant sterol and plant stanol consumption: a meta-analysis of randomized controlled trials. *European journal of nutrition*, *56*(3), 909–923.

Clifton, P. M., Mano, M., Duchateau, G. S., Van Der Knaap, H. C. & Trautwein, E. A. (2008). Dose-response effects of different plant sterol sources in fat spreads on serum lipids and C-reactive protein and on the kinetic behavior of serum plant sterols. *European Journal of Clinical Nutrition*, *62*(8), 968-77.

De Smet, E., Mensink, R. P., Lütjohann, D., & Plat, J. (2015). Acute effects of plant stanol esters on postprandial metabolism and its relation with changes in serum lipids after chronic intake. *European Journal of Clinical Nutrition*, *69*, 127–133.

EFSA (European Food Safety Authority). (2009). Scientific Opinion of the Panel on Dietetic Products Nutrition and Allergies on a request from the European Commission and a similar request from France in relation to the authorisation procedure for health claims on plant sterols/stanols and lowering/reducing blood LDL-cholesterol pursuant to Article 14 of Regulation (EC) No 1924/2006. *The EFSA Journal*, *1175*, 1-9.

Fumeron, F., Bard, J. M., Lecerf, J. M. (2017). Interindividual variability in the cholesterol-lowering effect of supplementation with plant sterols or stanols. *Nutrition Reviews*, *75*(2), 134-145.

Hallikainen, M., Lyyra-Laitinen, T., Laitinen, T., Moilanen, L., Miettinen, T. A., & Gylling, H. (2008). Effects of plant stanol esters on serum cholesterol concentrations, relative markers of cholesterol metabolism and endothelial function in type 1 diabetes. *Atherosclerosis*, *199*(2), 432-439.

Jones, P. J. H., Shamloo, M., MacKay, D. S., Rideout, T. C., Myrie, S. B., Plat, J., Roullet, J. B., Baer, D. J., Calkins, K. L., Davis, H. R., Barton, D. P., Ginsberg, H., Gylling, H., Jenkins, D., Lütjohann, D., Moghadasian, M., Moreau, R. A., Mymin, D., Ostlund, R. E. Jr., Ras, R. T., Ochoa, R. J., Trautwein, E. A., Turley, S., Vanmierlo, T., Weingärtner, O. (2018). Progress and perspectives in plant sterol and plant stanol research. *Nutrition Reviews, 76*(10), 725-746.

Laitinen, K., Gylling, H., Kaipiainen, L., Nissinen, M., & Simonen, P. (2017). Cholesterol lowering efficacy of plant stanol ester in a new type of product matrix, a chewable dietary supplement. *Journal of Functional Foods*, *30*(March), 119-124.

Lestiani, L., Chandra, D. N., Laitinen, K., Ambarwati, F. D., Kuusisto, P., & Lukito, W. (2018). Double-blind randomized placebo controlled trial demonstrating serum cholesterol lowering efficacy of a smoothie drink with added plant stanol esters in an Indonesian population. *Cholesterol*, *4*(February), (4857473), 1-9.

Martirosyan, D. M., & Singh, J. (2015). A new definition of functional food by FFC: what makes a new definition unique?. *Functional Foods in Health and Disease*, *5*(6), 209–223.

Moreau, R. A. (2015). Composition of Plant Sterols and Stanols in Supplemented Food Products. *The Journal of AOAC International*, *98*(3), 685-690.

Plat, J., Baumgartner, S., Vanmierlo, T., Lütjohann, D., Calkins, K. L., Burrin, D. G., Guthrie, G., Thijs, C., Te Velde, A. A., Vreugdenhil, A. C. E., Sverdlov, R., Garssen, J., Wouters, K., Trautwein, E. A., Wolfs, T. G., van Gorp, C., Mulder, M. T., Riksen, N. P., Groen, A. K., Mensink, R. P. (2019). Plant-based sterols and stanols in health & disease: "Consequences of human development in a plant-based environment?". *Progress in Lipid Research*, *74*(April), 87-102.

Ras, R. T., Hiemstra, H., Lin, Y., Vermeer, M. A., Duchateau, G. S., & Trautwein, E. A. (2013). Consumption of plant sterol-enriched foods and effects on plasma plant sterol concentrations--a meta-analysis of randomized controlled studies. *Atherosclerosis*, *230*(2), 336-46.

Ras, R. T.; Geleijnse, J. M.; Trautwein, E. A. (2014). Ldl-cholesterol-lowering effect of plant sterols and stanols across different dose ranges: A meta-analysis of randomised controlled studies. *British Journal of Nutrition*, *112*(2), 214–219.

Salehi, B., Quispe, C., Sharifi-Rad, J., Cruz-Martins, N., Nigam, M., Mishra, A. P., Konovalov, D. A., Orobinskaya, V., Abu-Reidah, I. M., Zam, W., Sharopov, F., Venneri, T., Capasso, R., Kukula-Koch, W., Wawruszak, A., & Koch, W. (2021). Phytosterols: From Preclinical Evidence to Potential Clinical Applications. *Frontiers in pharmacology*, *11*(599959), 1-18.

Schroor, M. M., Sennels, H. P., Fahrenkrug, J., Jørgensen, H. L., Plat, J., & Mensink, R. P. (2019). Diurnal Variation of Markers for Cholesterol Synthesis, Cholesterol Absorption, and Bile Acid Synthesis: A Systematic Review and the Bispebjerg Study of Diurnal Variations. *Nutrients*, *11*(7), 1-21.

Timmis, A., Townsend, N., Gale, C., Grobbee, R., Maniadakis, N., Flather, M., Wilkins, E., Wright, L., Vos, R., Bax, J., Blum, M., Pinto, F., Vardas, P. (2017). ESC Scientific Document Group, European Society of Cardiology: Cardiovascular Disease Statistics 2017. *European Heart Journal*, *39*(7), 508-579.

Trautwein, E. A., Vermeer, M. A., Hiemstra, H., & Ras, R. T. (2018). LDL-Cholesterol Lowering of Plant Sterols and Stanols-Which Factors Influence Their Efficacy?. *Nutrients*, *10*(9), 1-15.

USFDA (2013). *Plant stanol esters*. Retrieved from http://www.fda.gov/Food/

Witteman, J. C., Grobbee, D. E., Kok, F. J., Hofman, A., & Valkenburg, H. A. (1989). Increased risk of atherosclerosis in women after the menopause. *British Medical Journal*, *298*(6674), 642-644.