http://journal.rmutp.ac.th/

ใยอาหารที่มีสารต้านอนุมูลอิสระจากเปลือกถั่วและการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร

จุฬาลักษณ์ เขมาชีวะกุล* เอนก หาลี วรันณ์ธร จันท์หมุด และ สุวิมล บุญโกมล

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
69 หมู่ 1 ตำบลนครชุม อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร 62000

รับบทความ 7 กันยายน 2560; ตอบรับบทความ 22 พฤศจิกายน 2560

บทคัดย่อ

อาหารที่อุดมไปด้วยใยอาหารและสารต้านอนุมูลอิสระได้รับความสนใจทั้งในกลุ่มผู้บริโภคและผู้ผลิตในระดับอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากอาหารกลุ่มนี้ส่งผลที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ ซึ่งการบริโภคใยอาหารมากขึ้นช่วยส่งผลต่อการลดระดับความดันเลือดและคอเลสเตอรอล รวมถึงป้องกันความผิดปกติในระบบทางเดินอาหาร เช่น อาการท้องผูกและโรคริดสีดวงทวาร สำหรับสารต้านอนุมูลอิสระซึ่งเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ช่วยชะลอหรือยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระและปฏิกิริยาต่อเนื่องของอนุมูลอิสระ ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคร้ายแรงหลายชนิด เช่น โรคหัวใจและโรคมะเร็ง เป็นต้น พืชตระกูลถั่วถือแหล่งของใยอาหารที่มีสารต้านอนุมูลอิสระปริมาณมาก ดังนั้น งานวิจัยในปัจจุบันจึงมุ่งเน้นศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพในการนำเปลือกถั่วซึ่งเป็นส่วนเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปมาพัฒนาเป็นสารปรุงแต่งในอาหารเพื่อเสริมคุณค่าทางโภชนาการ โดยใช้วิธีการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากเปลือกถั่วแล้วนำมาใช้เป็นส่วนผสมในการแปรรูปอาหารชนิดต่าง ๆ เช่น เปลือกถั่วเหลืองในเต้าหู้ เปลือกถั่วดำสกัดในส่วนผสมของแป้งข้าวโพดสำหรับทำคุกกี้และขนมปังโฮลวีต เป็นต้น ดังนั้น การวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพโดยใช้เปลือกถั่วเป็นส่วนประกอบในแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการจึงเป็นแนวทางสำคัญที่จะนำไปสู่การผลิตในระดับอุตสาหกรรมเพื่อตอบสนองความต้องการและเพียงพอต่อการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ: ใยอาหาร; สารต้านอนุมูลอิสระ; เปลือกถั่ว; อาหารฟังก์ชัน

** ผู้นิพนธ์ประสานงานโทร: +669 9141 4244, ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์: Looktarn005@hotmail.com*

http://journal.rmutp.ac.th/

Antioxidant Dietary Fiber from Edible Bean Coats and the Application in Food Products

Julaluk Khemacheewakul* Anek Halee Waruntorn Janmud and Suwimol Boonkomol

Faculty of Science and Technology, Kamphaeng Phet Rajabhat University
69 Moo 1, Nakornchum, Mueang, Kamphaeng Phet, 62000

Received 7 September 2017; Accepted 22 November 2017

Abstract

Foods rich in dietary fiber and antioxidants have attracted great attention to both of consumers and food manufacturers because of their significant health benefits. Increased consumption of dietary fiber improves lowering blood pressure and cholesterol levels. Furthermore, it prevent a number of gastrointestinal disorders such as constipation and hemorrhoids. Antioxidants are bioactive compounds that can delay or inhibit the oxidation by inhibiting the initiation or propagation of oxidative chain reactions. These free radical reactions cause human diseases such as cardiovascular disease and cancer. Legumes are an excellent source of compounds having antioxidant. Hence, recent research has been focused on the potential utilization of bean coat which was by-products from processing industry to the development of new functional ingredients for food nutrition enrichment. The extraction of bioactive compounds from seed coats are used as a food ingredient for various foods processing such as tofu with soybean hull fiber, black bean seed coat in maize flours for the production of cookies and whole wheat bread. Therefore, research and development of new functional foods from bean seed coat used as ingredient for the preparation of food products to improve food nutrition will be necessary to provide for Industrial manufacturing according to demand and sufficient for healthy food consumption in the future.

Keywords: Dietary Fiber; Antioxidant; Bean Coats; Functional Food

**** Corresponding author. Tel: +669 9141 4244, E-mail: Looktarn005@hotmail.com***

1. บทนำ

การบริโภคอาหารที่มีองค์ประกอบของใยอาหาร (Dietary Fiber) ปริมาณสูงมีผลต่อการลดความเสี่ยงของการเกิดโรคมะเร็งในลำไส้ การลดระดับของน้ำตาลและโคเลสเตอรอลในเลือด รวมทั้งควบคุมระบบนิเวศของจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในลำไส้ใหญ่ตามธรรมชาติและระบบขับถ่ายให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ [1] ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีองค์ประกอบของใยอาหารปริมาณสูง ส่วนใหญ่จะใช้วัตถุดิบในกลุ่มธัญพืช โดยสถาบันโภชนาการมหาวิทยาลัยมหิดลได้วิเคราะห์หาปริมาณใยอาหารในพืช พบว่า กลุ่มพืชที่จัดว่ามีใยอาหารสูง ได้แก่ ถั่วเมล็ดแห้งต่าง ๆ เช่น ถั่วแดง ถั่วดำ ถั่วเขียว ถั่วขาว ถั่วแดงหลวง และถั่วเหลือง เป็นต้น โดยมีใยอาหารอยู่ในช่วง 19-28 กรัมต่อ 100 กรัมของอาหาร และยังพบว่าเปลือกถั่วมักเป็นส่วนเหลือทิ้งจากโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์จากถั่ว ดังนั้น จึงได้มีการนำส่วนเหลือใช้นี้ไปใช้ประโยชน์ อาทิเช่น การแปรรูปเปลือกถั่วเหลืองเพื่อใช้เป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์ การค้นคว้าวิจัยนำเปลือกถั่วเหลืองไปประยุกต์ใช้เป็นส่วนผสมในอาหารของมนุษย์ที่นำไปสู่การลดระดับคอเลสเตอรอลในน้ำเหลือง ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงได้มีผู้พัฒนานำเปลือกถั่วเหลืองเป็นแหล่งใยอาหารในผลิตภัณฑ์ขนมอบและผลิตภัณฑ์อาหารเช้าซีเรียลหลากหลายชนิด [2] นอกจากแหล่งอาหารจากพืชจะมีปริมาณเส้นใยที่สูงแล้ว ยังมีองค์ประกอบของสารต้านอนุมูลอิสระรวมอยู่ด้วย เช่น ฟลาโวนอยด์ รวมทั้งสารประกอบพอลิฟีนอลชนิดต่าง ๆ ซึ่งหากได้รับสารต่าง ๆ เหล่านี้เข้าสู่ร่างกายจะส่งผลที่ดีต่อสุขภาพ ช่วยป้องกันการเกิดโรคต่าง ๆ เช่น โรคมะเร็ง และโรคหัวใจ เป็นต้น จากการศึกษาของ R. Amarowicz et al. [3] รายงานว่าเปลือกถั่วเขียวหมักมีสารประกอบฟีนอลสูง และมักพบอยู่รวมกับน้ำตาลในรูปของสารประกอบไกลโคไซด์ I. Ogunlade et al. [4] ศึกษาปริมาณใยอาหาร ประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมในถั่วพุ่ม โดยพบว่ามีปริมาณใยอาหารอยู่ในช่วงร้อยละ 1.01-2.33 การทดสอบประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี Ferric-Reducing Antioxidant Power (FRAP) เท่ากับ 150.05 มิลลิกรัมของกรดแกลลิกต่อ 100 กรัมของน้ำหนักแห้ง สำหรับปริมาณสารประกอบฟีนอลวิเคราะห์ความเข้มข้นได้เท่ากับ 100.2 มิลลิกรัมของกรดแกลลิกต่อกรัมของน้ำหนักแห้ง

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาองค์การอนามัยโลก (WHO) และหน่วยงานของรัฐบาลของประเทศต่าง ๆ ได้เสนอแนะให้บริโภคใยอาหารในแต่ละวันในระดับปริมาณเพิ่มขึ้น จึงทำให้การวิจัยพัฒนาเพื่อให้ได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์อาหารที่มีองค์ประกอบของใยอาหารและสารต้านอนุมูลอิสระปริมาณสูงได้รับความสนใจมากขึ้น ซึ่งแนวความคิดในการผลิตอาหารเพื่อสุขภาพกลุ่มนี้ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อสุขภาพถึง 2 ทาง คือ ประโยชน์จากใยอาหารและประโยชน์จากสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน

2. ผลการศึกษา

2.1 ใยอาหาร

ใยอาหารเป็นส่วนของพืชที่รับประทานได้ จัดอยู่ในกลุ่มคาร์โบไฮเดรตที่มีคุณสมบัติทนทานต่อการย่อยและการดูดซึมในระบบย่อยอาหารของมนุษย์ และเกิดการหมักอย่างสมบูรณ์ในลำไส้ใหญ่ มีประโยชน์ในแง่ทางโภชนาการโดยควบคุมระดับน้ำตาลและไขมันในเลือด ป้องกันและรักษาอาการท้องผูกและท้องเสีย ป้องกันมะเร็งลำไส้ใหญ่ เพิ่มภูมิต้านทานโรค ทำให้เยื่อบุผิวของลำไส้แข็งแรง ส่งเสริมการเจริญเติบโตและการทำหน้าที่ของแบคทีเรียชนิดดีในลำไส้ใหญ่ เป็นต้น [5] ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีองค์ประกอบของใยอาหารถูกพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง โดยเน้นไปทางด้านวิธีการสกัดและการวิเคราะห์ผลเพื่อให้ได้ปริมาณใยอาหารสูงสุด รวมถึงคุณสมบัติทางกายภาพของใยอาหารที่สกัดได้ ดังนั้นคำจำกัดความของใยอาหารที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด ในปัจจุบันคือ ใยอาหารเป็นส่วนที่

เหลือ ของเซลล์พืชที่ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ ซึ่งประกอบด้วย เฮมิเซลลูโลส เซลลูโลส ลิกนิน โอลิโกแซคคาไรด์ เพคติน กัมและแวกซ์ อย่างไรก็ตาม คำจำกัดความสำหรับใยอาหารสามารถเปลี่ยนแปลงได้อย่างต่อเนื่อง ขึ้นอยู่กับพื้นฐานของเทคนิคในการวิเคราะห์ คุณค่าทางโภชนาการและข้อมูลทางกายภาพที่ค้นพบใหม่ [6] ใยอาหารสามารถแบ่งตามความสามารถในการละลายน้ำได้เป็น 2 ชนิด คือ ชนิดที่ไม่ละลายและชนิดที่ละลายน้ำ พืชทั่วไปจะมีใยอาหารทั้งสองชนิดรวมกันอยู่ หากมีใยอาหารชนิดใดมากกว่าก็จะแสดงสมบัติของใยอาหารชนิดนั้นชัดเจนมากกว่า คุณสมบัติของใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำจะเป็นใยอาหารที่มีลักษณะเหนียว เคี้ยวยาก ซึ่งเป็นโครงสร้างธรรมชาติของผนังเซลล์พืช อีกทั้งยังอุ้มน้ำได้ดีจึงช่วยเพิ่มปริมาตรของกากใยอาหาร ทำให้กากอ่อนนุ่มและเคลื่อนตัวผ่านลำไส้ได้เร็วขึ้น ส่งผลต่อระบบขับถ่ายที่ดี ตัวอย่างใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส คิวติน และแวกซ์ สำหรับใยอาหารที่ละลายน้ำ พบในส่วนของเซลล์พืชทั่วไป บางส่วนอาจจะถูกย่อยโดยเอนไซม์ จึงมีคุณสมบัติในการสร้างความหนืด เนื่องจากใยอาหารถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของเจล แล้วเคลือบผนังลำไส้ให้หนาขึ้นทำให้การดูดซึมสารอาหารที่มีประจุช้าลง เช่น การดูดซึมน้ำตาล ส่งผลให้ระดับน้ำตาลในเลือดไม่สูงขึ้นอย่างเฉียบพลัน ตัวอย่างใยอาหารที่ละลายน้ำ ได้แก่ กัม เบตา-กลูแคน และเพคติน เป็นต้น [7]

ใยอาหารพบตามแหล่งอาหารธรรมชาติทั้งในธัญพืช ผัก ผลไม้ และถั่ว ซึ่งมีปริมาณและองค์ประกอบของใยอาหารแตกต่างกัน [8] โดยทั่วไปอาหารที่ไม่มีสตาร์ชเป็นองค์ประกอบจะมีปริมาณใยอาหารประมาณ 20-35 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง และอาหารที่มีสตาร์ชเป็นองค์ประกอบจะมีปริมาณใยอาหารประมาณ 10 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง สำหรับผักและผลไม้มีปริมาณใยอาหารอยู่ในช่วง 1.5-2.5 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง [9] เมื่อเปรียบเทียบระหว่างอาหารชนิดต่าง ๆ ที่อุดมไปด้วยใยอาหาร ธัญพืชนับเป็นแหล่งสำคัญอันดับหนึ่งของใยอาหารมีปริมาณร้อยละ 50 ของน้ำหนักอาหาร [10] รองลงมาคือ ใยอาหารที่ได้จากผักร้อยละ 30-40 และใยอาหารจากผลไม้ร้อยละ 16 และส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 3 ได้มาจากแหล่งอื่นๆ [11]

เส้นใยอาหารแม้จะมีคุณค่าทางโภชนาการเพียงเล็กน้อยเนื่องจากร่างกายย่อยไม่ได้ แต่พบว่าทำหน้าที่หลายอย่างที่เป็นประโยชน์ต่อระบบทางเดินอาหารและการขับถ่าย โดยมีการศึกษาเกี่ยวกับประโยชน์ของเส้นใยอาหารอย่างมากมาย อาทิเช่น ป้องกันการเกิดโรคระบบทางเดินอาหาร ป้องกันและช่วยควบคุมโรคเบาหวาน ป้องกันโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน และช่วยควบคุมน้ำหนัก เป็นต้น [12]

2.2 ใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Antioxidant dietary fiber)

ใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน หมายถึงอาหารที่มีคุณสมบัติในการเป็นทั้งเส้นใยอาหารและมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ โดยสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจากพืชที่สำคัญ ได้แก่ พอลิฟีนอล ซึ่งแหล่งที่พบมาก ได้แก่ สารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ และแคโรทีนอยด์ เป็นต้น สารประกอบเหล่านี้มีสมบัติในการเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดี โดยทำลายอนุมูลอิสระ และอนุพันธ์ของออกซิเจนที่ไวต่อปฏิกิริยา ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดโรคต่าง ๆ สารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจากธรรมชาติดังกล่าวจึงมีประโยชน์ต่อสุขภาพโดยสามารถป้องกันการเกิดโรคต่าง ๆ ได้ F. Saura-Calixto [13] ให้คำจำกัดความของใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันไว้ว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ประกอบด้วยสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันตามธรรมชาติ โดยรวมอยู่กับโครงสร้างของเส้นใยอาหาร ซึ่งลักษณะที่สำคัญของใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ควรจะมีคุณสมบัติ 3 ประการ ดังต่อไปนี้

1) ปริมาณของใยอาหาร (วิเคราะห์โดยวิธีของ AOAC) ควรมีค่าสูงกว่าร้อยละ 50 โดยน้ำหนักแห้ง

2) ใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน 1 กรัม ควรมีความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้เท่ากับวิตามินอีอย่างน้อย 200 มิลลิกรัม (วิเคราะห์โดยวิธี Ferric Thiocyanate Colorimetric, FTC) และมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับวิตามินอีอย่างน้อย 50 มิลลิกรัม (วิเคราะห์โดยวิธี DPPH)

3) สารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันดังกล่าวจะต้องเป็นองค์ประกอบที่มีอยู่ในวัตถุดิบตามธรรมชาติ ซึ่งไม่ได้ใช้วิธีเติมลงไป หรือเกิดขึ้นจากปฏิกิริยาเคมีหรือปฏิกิริยาโดยเอนไซม์ในระหว่างกระบวนการเตรียมพืช ในกลุ่มพืชฝักมีองค์ประกอบของสารประกอบฟีนอลซึ่งเป็นสารสำคัญออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ใช้ในการป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วย การกำจัดอนุมูลอิสระ การให้ไฮโดรเจนอะตอม การกำจัดโลหะ และการกำจัดออกซิเจนที่ขาดอิเล็กตรอน S. E. Saffan [14] พบว่าถั่วลิสงมีสารประกอบฟีนอลหลากหลายชนิด ได้แก่ Vanillic Acid, P-coumaric, Ferulic Acid, Naringinin-7-o-glucoside, Isoorhamnetin-3-o-rutinoside, quercetin-3-gentiobiside, Quercetin-3-glucoside และ Quercetin-3-galactoside เป็นต้น นอกจากนี้ M. Duenas et al. [15] ยังศึกษาหาปริมาณสารประกอบฟีนอลในเปลือกหุ้มเมล็ดของถั่วแขก ผลการศึกษา พบว่า เปลือกหุ้มเมล็ดมีสารประกอบฟีนอลอยู่ในช่วง 0.05-0.07 มิลลิกรัมของตัวอย่าง ซึ่งยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ลดลงเหลือร้อยละ 50 I. Ogunlade et al. [4] ศึกษาการเตรียมใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจากถั่วฝักยาว พบว่าการเตรียมถั่วฝักยาวในรูปผงมีปริมาณเส้นใยเท่ากับร้อยละ 0.01±2.33 แต่มีปริมาณสารฟีนอลทั้งหมดอยู่ในช่วง 100.02-88.15 มิลลิกรัมของกรดแกลลิกต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง J. A. Larrauri et al. [16] ศึกษาการเตรียมใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจากเปลือกส้มและเปลือกมะนาว พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณใยอาหารร้อยละ 61-69 โดยมีปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำได้ร้อยละ 19-22 โดยน้ำหนักแห้ง และความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของใยอาหารจากเปลือกมะนาวมีค่าที่สูงกว่าใยอาหารจากเปลือกส้ม โดยวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของใยอาหารผงจากเปลือกมะนาวและส้มที่ทำให้ปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดลิโนเลอิกลดลงร้อยละ 50 เท่ากับร้อยละ 2.4 และ 55.7 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากชนิดและองค์ประกอบของสารพอลิฟีนอลที่แตกต่างกัน S. Rotjanakunnatam and A. Chantaraponpan [17] ศึกษาใยอาหารจากมะม่วงสายพันธุ์แก้วเขียวที่ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ โดยวิเคราะห์สารฟีนอลทั้งหมดได้เท่ากับ 0.51 มิลลิกรัมของกรดแกลลิกต่อกรัมตัวอย่าง 100 กรัม แม้ว่าเส้นใยอาหารจากผักผลไม้ และธัญพืชจะมีความสำคัญ แต่กลับพบว่าการศึกษาวิธีการสกัดเพื่อวิเคราะห์ส่วนประกอบที่เป็นคุณประโยชน์ของเส้นใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจากแหล่งต่าง ๆ ยังมีอยู่น้อย การศึกษาและพัฒนาอาหารเพื่อสุขภาพดังกล่าวจะช่วยกำหนดทิศทางการแปรรูปอาหารที่ตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่หันมาสนใจในด้านสุขภาพรวมถึงการนำเทคโนโลยีการผลิตที่มีประสิทธิภาพมาปรับใช้ต่อไป

2.3 สารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในเปลือกของพืชตระกูลถั่ว (Antioxidant in legume seed coats)

เปลือกของพืชตระกูลถั่วอุดมไปด้วยแหล่ง ของสารในกลุ่มพอลิฟีนอลและสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจากธรรมชาติหลายชนิด[18] และมีการศึกษาส่วนประกอบดังกล่าวอย่างกว้างขวางในแง่ของคุณค่าทางโภชนาการทั้งในคนและสัตว์ การบริโภคพืชตระกูลถั่วนิยมกันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะถั่วลันเตา ได้รับความสนใจมากขึ้น เนื่องจากถั่วชนิดนี้เป็นแหล่งของสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันสูง และไม่เพียงแค่อุดมไปด้วยสารอาหารที่เป็นประโยชน์หลากหลายชนิด อาทิ เช่น โปรตีนและวิตามิน แต่ยังเป็นแหล่งของใยอาหาร

และสารประกอบฟีนอลปริมาณสูงอีกด้วย [19] โดยมีการรายงานผลการศึกษาอย่างมากมายเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างการบริโภคพืชตระกูลถั่วกับการลดความเสี่ยงของการเป็นโรคเรื้อรังต่าง ๆ โดย S.Wang et al. [20] รายงานว่าผู้ป่วยโรคเบาหวาน จำนวน 10,449 คนที่อาศัยอยู่ในแถบทวีปยุโรปจำนวน 10 ประเทศ ได้บริโภคพืชตระกูลถั่ว 20 กรัมต่อวัน พบว่าอัตราการตายจากโรคหัวใจและหลอดเลือดของผู้ป่วยกลุ่มดังกล่าวลดลง ภายหลังการศึกษาเป็นเวลานาน 9 ปี

และจากประโยชน์ของการบริโภคพืชตระกูล ถั่วนี้ นักวิจัยจึงได้ศึกษาสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยเฉพาะสารในกลุ่มแอนโทไซยานินชนิดต่าง ๆ ในพืชตระกูลถั่ว เช่น -3O-glucosides และ Malvidin--3,5diglucoside ที่พบในถั่วดำ และ Cyanidin -3O-glucoside, Pelargonidin -3O-glucoside และ Pelargonidin -3O-malonylglucoside ที่พบในถั่วขาว เป็นต้น นอกจากนี้ U. S. Gupta [21] รายงานว่าเปลือกของถั่วปากอ้ามีผลต่อการลดระดับคอเลสเตอรอลและอินซูลินในผู้ป่วยไขมันในเลือดสูง ซึ่งเป็นที่ทราบโดยทั่วไปว่าสารสกัดโปรตีนจากเปลือกถั่วปากอ้าส่งผลให้ปริมาณไขมันในสัตว์ทดลองลดลง ทั้งนี้ M. Weck et al. [22] ยังรายงานผลการศึกษาว่าโปรตีนจากถั่วปากอ้าเป็นสารลดระดับคอเลสเตอรอลที่มีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับโปรตีนจากถั่วชนิดอื่น ๆ ภายหลังการศึกษาทดลองในกลุ่มผู้ป่วยไขมันในเลือดสูงชนิดที่สอง (Hypercholesterolemia, HLP Type II) สำหรับปริมาณของสารประกอบฟีนอลทั้งหมดและสารต้านออกซิเดชันในส่วนต่าง ๆ ของถั่วปากอ้า ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดและฟลาโวนอยด์ที่เป็นองค์ประกอบในส่วนต่างๆ ของถั่วปากอ้าภายหลังการสกัดด้วยแอซิโตน [23]

ส่วนของพืช	ระดับความเข้มข้น	
	สารประกอบฟีนอลทั้งหมด (มิลลิกรัมของกรดแกลลิกต่อกรัมตัวอย่าง)	ฟลาโวนอยด์ (มิลลิกรัมของกรดแทนนิกต่อกรัมตัวอย่าง)
ทั้งเมล็ด	9.53	0.23
ใบเลี้ยง	2.20	0.12
เปลือก	35.92	0.67

เมล็ดถั่วส่วนที่บริโภคได้ประกอบไปด้วยสารอาหารที่สำคัญต่อร่างกายมนุษย์ และโดยทั่วไปการบริโภคถั่วนิยมบริโภคทั้งเปลือก จากการศึกษาประสิทธิภาพของสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันและปริมาณสารประกอบฟีนอลในถั่วที่บริโภคได้ 42 ชนิด พบว่าส่วนของถั่วที่มีสารสีจะมีประสิทธิภาพในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันและปริมาณสารประกอบฟีนอลสูงกว่าส่วนที่ไม่พบสารสี จึงตั้งสมมติฐานได้ว่า ส่วนของเปลือกถั่วที่มีสารสีจะอุดมไปด้วยสารประกอบฟีนอลที่ยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ และน่าจะเป็นแหล่งอาหารเสริมที่มีประสิทธิภาพอีกด้วย [24] ซึ่ง R. Y. Gan et al. [25] ได้ศึกษาเพิ่มเติมโดยวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอล ประสิทธิภาพในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน และการยับยั้งแบคทีเรีย โดยใช้สารสกัดจากเปลือกถั่วจำนวน 28 ชนิด และผลการศึกษา พบว่าถั่วทุกชนิดมีระดับความเข้มข้นของสารประกอบฟีนอลค่อนข้างสูง สารส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มฟลาโวนอยด์และโปรแอนโทไซยานิน และเมื่อวิเคราะห์ปริมาณ โปรแอนโทไซยานินทั้งหมดสูงสุดในถั่วขาวละเอียดเท่ากับ 3.53 ± 79.9 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักถั่วแห้ง และวิเคราะห์กิจกรรมการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง ประกอบไปด้วยวิธี FRAP ได้เท่ากับ

365 ± 12.7 ไมโครโมล Fe นอกจากนี้ สารสกัดจากเปลือกถั่วส่วนใหญ่ยังออกฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียอีกด้วย โดยมีประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียแกรมบวก ได้แก่ *Bacillus cereus* และ *Staphylococcus aureus* ในขณะที่ผลการยับยั้งแบคทีเรียแกรมลบ (*Escherichia coli* และ *Salmonella Typhimurium*) ด้วยสารสกัดจากเปลือกถั่วมีประสิทธิภาพต่ำกว่า ทั้งนี้เป็นผลมาจากความแตกต่างทางด้านโครงสร้างเซลล์ โดยแบคทีเรียแกรมลบมีโครงสร้างผนังเซลล์ที่ซับซ้อนมากกว่าแบคทีเรียแกรมบวก [26] แสดงให้เห็นว่าพืชตระกูลถั่วอุดมไปด้วยแอนโทไซยานิน ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และยังเป็นแหล่งอาหารอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพ ดังนั้น การศึกษาหาสารประกอบฟีนอลและประสิทธิภาพของสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจากเปลือกถั่วจึงเป็นการค้นหาแหล่งอาหารเสริมจากธรรมชาติใหม่ ๆ และสามารถนำผลการทดลองไปปรับใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารเสริมอีกด้วย

2.4 การประยุกต์ใช้ใยอาหารจากเปลือกถั่วในผลิตภัณฑ์อาหาร

การบริโภคใยอาหารในอดีตมักอยู่ในรูปของธัญพืช ผัก และผลไม้ แต่ในปัจจุบันใยอาหารถูกนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของวัตถุดิบในกระบวนการแปรรูปอาหารโดยใช้ในรูปของสารสกัดบริสุทธิ์ ตั้งแต่ที่มีการค้นพบว่าใยอาหารมีผลต่อการป้องกันและรักษาโรคต่าง ๆ ได้ดี [27] ทั้งนี้ J. W. Anderson et al. [28] ได้กล่าวว่าปริมาณการบริโภคใยอาหารในระดับที่เหมาะสมขึ้นอยู่อายุ เพศ และพลังงานที่ต้องการของแต่ละบุคคล แต่ปริมาณที่เพียงพอต่อร่างกายคือไม่ต่ำกว่า 14 กรัมต่อ 1,000 กิโลแคลลอรี่ การเติมส่วนผสมที่เป็นใยอาหารลงในผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่างๆ ก่อให้เกิดประโยชน์ 3 รูปแบบ คือ คุณค่าทางโภชนาการของใยอาหารจากคำแนะนำของนักโภชนาการ จะช่วยกระตุ้นให้ผู้บริโภคหันมาบริโภคใยอาหารในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น โรงงานผลิตอาหารมีความสนใจในการนำเทคโนโลยีต่าง ๆ มาใช้เพื่อการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารที่มีองค์ประกอบของใยอาหารมากขึ้น และสุดท้ายคือ ใยอาหารถูกนำมาใช้ในการยกระดับคุณภาพผลิตภัณฑ์อาหารที่แปรรูปมาจากวัตถุดิบทางการเกษตรและผลิตภัณฑ์ข้างเคียงที่เกิดขึ้นจากกระบวนการแปรรูปอาหาร โดยสามารถนำมาใช้เป็นสารเสริมฤทธิ์ในอาหารได้ ซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับคุณค่าทางโภชนาการของใยอาหารและเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตมีความสำคัญมากต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารที่อุดมไปด้วยใยอาหารสูง อาทิเช่น ผลิตภัณฑ์ขนมอบ ขนมทานเล่น ซอสปรุงรส เครื่องดื่ม คุกกี้ ผลิตภัณฑ์นม ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ และซีเรียล เป็นต้น [29] ซึ่งแนวทางในการพัฒนาอาหารเพื่อสุขภาพได้ระบุว่าอาหารควรประกอบไปด้วยใยอาหารอย่างน้อย 3 กรัมต่ออาหารปริมาณ 50 กรัม [30]

ความปลอดภัยทางอาหารถือเป็นส่วนประกอบหลักที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของอาหารและส่งผลต่อสุขภาพของมนุษย์ ในขณะที่โรคอาหารเป็นพิษยังคงเกิดขึ้นอยู่สม่ำเสมอ ซึ่งปัจจัยที่ทำให้ก่อให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษในคนประกอบด้วย 2 สาเหตุหลัก ได้แก่ ปฏิกิริยาการเกิดออกซิเดชันของลิพิดและและการปนเปื้อนของแบคทีเรียในอาหาร [31] ซึ่งปัจจุบันมีการนำสารสังเคราะห์เช่น บิวทิเลเตดไฮดรอกซีโทลูอีนมาใช้เป็นวัตถุเจือปนในอาหารทั้งในส่วนที่เป็นวัตถุดิบและอาหารแปรรูป [32] ทั้งนี้วัตถุเจือปนในอาหารที่เป็นสารสังเคราะห์เหล่านี้ส่งผลข้างเคียงร่างกาย และสร้างความกังวลให้กับผู้บริโภคเกี่ยวกับอันตรายของสารสังเคราะห์ที่จะส่งผลต่อสุขภาพ [33] ดังนั้น นักวิจัยและอุตสาหกรรมการผลิตอาหารจึงได้พยายามคิดค้นวัตถุเจือปนในอาหารที่ได้จากธรรมชาติ สำหรับนำมาใช้ต้านอนุมูลอิสระและการเจริญของแบคทีเรียได้ [31] โดย R. Y. Gan et al. [32] รายงานว่าส่วนของเปลือกถั่วหลายชนิดอุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระกลุ่มสารประกอบ ฟีนอล ซึ่งเมื่อวิเคราะห์ปริมาณสาร

ประกอบฟีนอล ความสามารถในต้านอนุมูลอิสระ (FRAP) จากเปลือกถั่วฝักดาบแดงได้สูงสุดเท่ากับ 5,798 ± 119 มิลลิกรัมของกรดแกลลิกต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง และ 1,065 ± 60.6 ไมโครกรัม Fe(II) ต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ นอกจากนี้ ยังพบว่าสารสกัดจากเปลือกถั่วที่พบสารประกอบฟีนอลยิ่งมากก็จะยิ่งมีผลต่อการยับยั้งแบคทีเรียแกรมบวก

P. Kamnongphai [2] ได้ศึกษาผลการประเมินความชอบของการเสริมใยอาหารจากเปลือกถั่วเหลืองในเต้าหู้ปลาดุก โดยพบว่า เต้าหู้ปลาดุกที่เสริมใยอาหารจากเปลือกถั่วเหลืองร้อยละ 2 ไม่ทำให้ความชอบด้านสี ความแน่นเนื้อ รสชาติ และความชอบโดยรวมของเต้าหู้ปลาดุกแตกต่างจากเต้าหู้ปลาดุกที่ไม่เสริมใยอาหารจากถั่วเหลือง นอกจากนี้ สารสกัดจากเปลือกถั่วดำยังเป็นแหล่งฟลาโวนอยด์ ซาโปนิน และแอนโทไซยานินปริมาณสูง โดย R. A. Chávez-Santoscoy et al. [34] ได้ศึกษาการนำเปลือกถั่วดำมาใช้เป็นส่วนผสมในการแปรรูปขนมปังโฮลวีต โดยเติมสารสกัดจากเปลือกถั่วดำลงในแป้งขนมปังร้อยละ 0.5 ผลการทดลองพบว่าปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น ฟลาโวนอยด์และซาโปนินยังคงอยู่ในขนมปังภายหลังการอบเท่ากับร้อยละ 88 และ 91 ตามลำดับ และเมื่อนำสารสกัดดังกล่าวมาศึกษาการยับยั้งการมีชีวิตของเซลล์มะเร็งในลำไส้ใหญ่ 2 ชนิด ได้แก่ Caco2- และ HT29 ด้วยสารสกัดจากเปลือกถั่วดำต่อ โดยวิธีการย่อยด้วยเอนไซม์ในหลอดทดลอง ผลการศึกษา พบว่า ปริมาณเซลล์ที่มีชีวิตลดลง ซึ่งวิเคราะห์ปริมาณเซลล์ที่มีชีวิตเหลืออยู่ร้อยละ 80.0 ± 3.20 และ 79.5 ± 2.87 ตามลำดับ และแตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ M. Ciz et al. [35] รายงานเพิ่มเติมว่าฟลาโวนอยด์ที่พบในสารสกัดจากถั่วดำนอกจากจะมีผลในการต้านอนุมูลอิสระแล้ว ยังส่งผลยับยั้งอาการอักเสบด้วยการเสริมการทำงานของฟาโกไซต์ (phagocytes) ซึ่งจะทำหน้าที่ในการกำจัดสิ่งแปลกปลอมในร่างกาย และลดระดับของคอเลสเตอรอลในเลือดโดยยับยั้งการดูดซึมลิพิดด้วยการทำลายโครงสร้างไมเซลล์อีกด้วย นอกจากนี้ R. A. Chávez-Santoscoy et al. [34] ได้ศึกษาการนำเปลือกถั่วดำมาใช้เป็นส่วนผสมในการ ยังได้เติมสารสกัดจากเปลือกถั่วดำสกัดลงในส่วนผสมของแป้งสำหรับแปรรูปเป็นทอร์ทิลลาและคุกกี้ โดยวิเคราะห์ผลของการเปลี่ยนแปลงทางด้านเนื้อสัมผัสและสี รวมทั้งสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ โดยการเติมสารสกัดจากเปลือกถั่วดำความเข้มข้น 3 กรัมต่อกิโลกรัม ลงในส่วนผสมของแป้งข้าวโพด ผลการทดลองพบว่าที่ระดับเข้มข้นดังกล่าวส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของคุกกี้และทอร์ทิลลา แต่คุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสและสมบัติทางกายภาพอื่น ๆ ยังคงเดิม เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่ไม่ได้เติม

สารสีสังเคราะห์ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมอาหาร ซึ่งส่งผลให้ผู้บริโภคเกิดความกังวลถึงผลข้างเคียงของสารใช้สีสังเคราะห์เป็นส่วนผสมในอาหาร การผลิตสารให้สีจากธรรมชาติเพื่อนำมาใช้ในการแปรรูปอาหารจึงเพิ่มมากขึ้น [36] ทั้งนี้สารให้สีที่สกัดได้จากธรรมชาติมักมีความเสถียร และความคงตัวต่ำในระหว่างการแปรรูปและการเก็บรักษาเมื่อเปรียบเทียบกับสีสังเคราะห์ เนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโมเลกุลของสารสีและค่าพีเอชของอาหาร [37] J. Shipp and E. M. Abdel-Aal [38] รายงานว่าการเติมสารสีในกลุ่มแอนโทไซยานินที่สกัด ได้จากถั่วดำในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม พบว่า สารสีมีความ คงตัวต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สีสังเคราะห์ เนื่องจากแอนโทไซยานินในสภาวะที่มีค่าพีเอชต่ำกว่า 3 โครงสร้างโมเลกุลจะเปลี่ยนมาอยู่ในรูปฟลาวีเลียมแคทไอออน (Flavylium Cation) ให้สีแดง และเมื่อค่าพีเอชเพิ่มขึ้นจะเปลี่ยนเป็นสารไม่มีสีที่มีชื่อว่าคาร์บินัล ซูโดเบส (Carbinol Pseudobase) และคาลโคน (Chalcone) ทั้งนี้เครื่องดื่มส่วนใหญ่จะมีค่าพีเอชเป็นกรด (อยู่ในช่วง 3.5-2.5) ดังนั้น โครงสร้างของแอนไทไซยานินในเครื่องดื่มมักจะอยู่ในรูปของรูป

ฟลาวีเลียม แคทไอออน Y. Aguilera et al. [39] ศึกษาการเตรียมสารสกัดจากเปลือกถั่วดำในรูปแบบผงเพื่อนำมาใช้เป็นสารสีในเครื่องดื่ม ผลการศึกษาพบว่าสารสกัดดังกล่าวอุดมไปด้วยแอนโทไซยานินและสารประกอบฟีนอล (1.83 ± 0.05 และ 15.83 ± 0.31 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง ตามลำดับ) และเมื่อนำสารสกัดที่ผ่านการปรับค่าพีเอชเท่ากับ 2 ด้วยกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 2 (กรัมต่อปริมาตร) แล้ว ไปปรับใช้ในเครื่องดื่มที่ระดับความเข้มข้น 2 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร และเก็บรักษาในสภาวะมืดและระดับอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 วัน พบว่าการเปลี่ยนแปลงของสีน้อยมาก และสีมีความคงตัวภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 92 สัปดาห์ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใช้สารสีสกัดจากเปลือกถั่วดำถือเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการนำมาใช้เป็นส่วนผสมให้สีในการแปรรูปเครื่องดื่มที่มีความคงตัวสูง อุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ และยังปลอดภัยต่อผู้บริโภคอีกด้วย

ใยอาหารจากแหล่งวัตถุดิบชนิดใหม่ ๆ ซึ่งมีคุณสมบัติที่ดีต่อสุขภาพถูกผลิตออกมาเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่เพิ่มขึ้น และยังมีวัตถุดิบที่เหลือทิ้งจากการเกษตรอีกมากมายที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ ดังนั้นการสกัดใยอาหารที่มีองค์ประกอบของสารต้านอนุมูลอิสระจากเปลือกถั่วจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับนำมาประยุกต์ใช้เป็นส่วนผสมในอาหารแปรรูปชนิดต่าง ๆ เพื่อส่งเสริมการบริโภคอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการ อีกทั้งยังเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับวัตถุดิบเหลือใช้ทางการเกษตรโดยนำกลับมาใช้ได้อย่างคุ้มค่าและเกิดประโยชน์สูงสุด

3. สรุป

ใยอาหารคือ สารที่พบในอาหารโดยเฉพาะในพืชเกือบทุกชนิดและจัดเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่แป้ง เมื่อบริโภคแล้วให้ประโยชน์ต่อร่างกาย ลดอัตราเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่าง ๆ เช่น ลดปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือด ป้องกันโรคกระดูกพรุน ป้องกันการเกิดมะเร็ง โรคอ้วน โรคเบาหวาน และสร้างภูมิคุ้มกันให้กับร่างกาย สำหรับสารต้านอนุมูลอิสระ หมายถึงสารที่มีคุณสมบัติในการป้องกันหรือชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยมีกลไกการทำงานหลากหลายรูปแบบ อาทิเช่น ดักจับอนุมูลอิสระโดยตรง ยับยั้งการเพิ่มจำนวนอนุมูลอิสระ และป้องกันการสร้างอนุมูลอิสระ เป็นต้น แหล่งอาหารที่อุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระและใยอาหาร มีบทบาทต่อการดำรงชีวิตมากขึ้น เนื่องจากแหล่งอาหารดังกล่าวเกี่ยวข้องกับการมีสุขภาพที่ดี โดยเฉพาะในแง่ของการป้องกัน การจัดการโรคเรื้อรัง และการเสื่อมสภาพของอวัยวะต่าง ๆ ในร่างกาย ความไม่สมดุลของปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในร่างกายนำมาซึ่งโรคเรื้อรังและภาวะแทรกซ้อนต่าง ๆ ทั้งนี้การนำเปลือกถั่วซึ่งเป็นส่วนที่เหลือจากการแปรรูปมาใช้ประโยชน์โดยการสกัดและเติมเป็นส่วนผสมในการแปรรูปอาหาร ซึ่งเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการพัฒนาอาหารเพื่อสุขภาพโดยการสร้างมูลค่าเพิ่มจากของเหลือใช้ ดังนั้นการบริโภคอาหารในปัจจุบันไม่ได้มีเป้าหมายเพียงแค่ให้ร่างกายได้รับสารอาหารแต่ยังรวมถึงโภชนเภสัชที่ช่วยป้องกัน รักษา และควบคุมระบบการทำงานของร่างกายให้เป็นไปในทางปกติ ที่เชื่อมโยงให้เห็นถึงแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพต่อไปในอนาคต

4. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา และโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ที่ให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกในการสืบค้นข้อมูลและทำให้บทความวิชาการฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

5. เอกสารอ้างอิง

[1] J. W. Anderson, P. Baird, R. H. Davis, S. Ferreri, M. Knudtson, A. Koraym, V. Waters and C. L. Williams, "Health benefits of dietary fiber," *Nutrition Reviews*, vol. 67, no. 4, pp. 188-205, Apr. 2009.

[2] P. Kamnongphai, "Influence of soybean hulls fiber on catfish tofu quality," Research Report, Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi. Thailand, 2010.

[3] R. Amarowicz, A. Troszynka and R. B. Pegg, "Antioxidative and radical scavenging effects of phenolics from Vicia sativum," *Fitoterapia*, vol. 79, no. 1, pp. 121-122, Feb. 2008.

[4] I. Ogunlade, R. T. Ogunleye and I. Osasona, "Chemical composition, antioxidant capacity and total phenolic content of the flours obtained from cow pea (Vigna ungualata) varieties commonly consumed in Nigeria," *British Journal of Applied Science and Technology*, vol. 4, no. 12, pp. 1729-1735, Oct. 2012.

[5] AACC Report. "The definition of dietary fiber," *Cereal Foods World*, vol. 46, no. 3, pp. 112-126, Mar. 2001.

[6] M. Champ, A. M. Langkilde, F. Brouns, B. Kettlitz and Y. Collet, "Advances in dietary fibre characterization. Definition of dietary fibre, physiological relevance, health benefits and analytical aspects," *Nutrition Research Reviews*, vol. 16, no. 1, pp. 71-82, Jun. 2003.

[7] D. Gyurova and R. Enikova, "Dietary fibers – definitions, classifications and analytical methods for the physiological assessment of their content in foods," *Journal of Bioscience and Biotechnology*, vol. 1, no. 1, pp. 209-213, Oct. 2015.

[8] A. Desmedt and H. Jacobs, *Guide to Functional Food Ingredients*, 1st ed. Food RA Leatherhead Publishing, 2001.

[9] R. R. Selvendran and J. A. Robertson, "Dietary fiber in foods: Amount and type," in Metabolic and Physiological Aspects of Dietary Fiber in Food Luxembour, R. Amado and J. L. Barry, Ed. Brussels: Commission of the European Communities, 1994, pp. 11-20.

[10] A. M. Lambo, R. Oste and M. E. Nyman, "Dietary fibre in fermented oat and barley beta-glucan rich concentrates," *Food Chemistry*, vol. 89, no. 2, pp. 283-293, Feb. 2005.

[11] J. H. Cummings, "Metabolic and physiological aspects of dietary fibre," Brussels: Commission of the European Communities, 1996.

[12] X. Mei, T. H. Mu and J. J. Han, "Composition and physicochemical properties of dietary fiber extracted from residues of 10 varieties of sweet potato by a sieving method," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 58, no. 12, pp. 7305-7310, May 2010.

[13] F. Saura-Calixto, "Antioxidant dietary fiber product: a new concept and a potential food ingredient," *Journal of*

Agricultural and Food Chemistry, vol. 46, no. 10 pp. 4303-4306, Sep. 1998.

[14] S. E. Saffan, "Effect of heat stress on phytochemical composition of peanut seeding," *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, vol. 4, no. 2, pp. 167-174, 2008.

[15] M. Duenas, T. Hernandez and I. Estrella, "Phenolic composition of the cotyledon and the seed coat of lentils (Lens culinaris L.)," *European Journal of Lipid Science and Technology*, vol. 215, no. 6, pp. 478-483. May 2002.

[16] J. A. Larrauri, P. Ruperez and F. Saura-Calixto, "High dietary fiber powders from orange and lime peels: associated polyphenols and antioxidant capacity," *Food Research International*, vol. 29, no. 8, pp. 757-762, Dec. 1996.

[17] S. Rotjanakunnatam and A. Chantaraponpan, "Chemical and physico-chemical properties of antioxidant dietary fiber (AODF) from the Kaew mango (Mangifera indica L.)," *Journal of Science and Technology Mahasarakham University*, vol. 12, no. 1, pp. 333-341, Sep. 2014.

[18] J. A. Moise, S. Han, L. Gudynaite-Savitch, D. A. Johnson and B. L. A. Miki, "Seed coats: structure, development, composition, biotechnology," *In Vitro Cellular Developmental Biology – Plant*, vol. 41, no. 1, pp. 620-644, Sep. 2005.

[19] M. Duenas, T. Sarmento, Y. Aguilera, V. Benitez, E. Molla, R. M. Esteban and M. A. Maritin-Cabrejas, "Impact of cooking and germination on phenolic composition and dietary fibre fractions in dark beans (Phaseolus vulgaris L.) and lentils (Lens culinaris L.)," *LWT - Food Science and Technology*, vol. 66, no. 1, pp. 72-78. Mar. 2016.

[20] S. Wang, J. P. Melnyk, R. Tsao and M. F. Marcone, "How natural dietary antioxidants in fruits, vegetables and legumes promote vascular health," *Food Research International*, vol. 44, no. 1, pp. 14-22, Feb. 2011.

[21] U. S. Gupta, "Broad bean (Vicia faba L.)," in What's new about crop plants: Novel discoveries of the 21st century, Enfield, NH: Science Publishers, 2011, pp. 316-329.

[22] M. Weck, M. Hanefeld, W. Leonhardt, K. D. Robowsky, R. Noack and H. Schmandke, "Field bean protein diet in hypercholesteremia," *Nahrung*, vol. 27, no. 4, pp. 327-333, Feb. 1983.

[23] S. Boudjou, B. D.Oomah, F. Zaidi and F. Hosseinian, "Phenolics content and antioxidant and anti-inflammatory activities of legume fractions," *Food Chemistry*, vol. 138, no. 1, pp. 1543-1550, Jun. 2013.

[24] K. B. Saxena, R. V. Kumar and R. Sultana, "Health openly accessible at quality nutrition through pigeonpea-a review," *Health*, vol. 11, no. 2, pp. 1335-1344, May 2010.

[25] R. Y. Gan, L. Kuang, X. R. Xu, Y. A. Zhang,

E. Q. Xia and F. L. Song, "Screening of natural antioxidants from traditional Chinese medicinal plants associated with treatment of rheumatic disease," *Molecules*, vol. 15, no. 9, pp. 5988-5997, Aug. 2010.

[26] S. R. Kanatt, K. Arjun and A. Sharma, "Antioxidant and antimicrobial activity of legume hulls," *Food Research International,* vol. 44, no. 10, pp. 3182-3187, Sep. 2011.

[27] C. J. Green, "Fiber inenteral nutrition," *South African Journal of Clinical Nutrition*, vol. 13, no. 4, pp. 150-160, 2000.

[28] J. W. Anderson, P. Baird, R. H. Davis, S. Ferreri, M. Knudtson, A. Koraym, V. Waters and C. L. Williams, "Health benefits of dietary fiber," *Nutrition Reviews*, vol. 67, no. 4, pp. 188-205, March 2009.

[29] J. Y. Thebaudin, A. C. Lefebvre, M. Harrington and C. M. Bourgeois, "Dietary fibres: nutritional and technological interest," *Trends in Food Science and Technology*, vol. 8, no. 2, pp. 41-48, Feb. 1997.

[30] D. Ghosh, D. Bagchi, and T. Konishi, Eds., *Clinical Aspects of Functional Foods and Nutraceuticals*, 1st ed. Boca Raton, FL: CRC Press, 2014. pp. 474

[31] J. Aliakbarlu, S. Mohammadi and S. Khalili, "A study on antioxidant potency and antibacterial activity of water extracts of some spices widely consumed in Iranian diet," *Journal of Food Biochemistry*, vol. 38, no. 2, pp. 159-166. Apr. 2014.

[32] R. Y. Gan, Z. O. Deng, A. X. Yan, N. P. Shah, W. Y. Lui, C. L. Chan and H. Corke, "Pigmented edible bean coats as natural sources of polyphenols with antioxidant and antibacterial effects," *LWT - Food Science and Technology*, vol. 73, no. 1 pp. 168-177, Nov. 2016.

[33] S. H. Jeong, B. Y. Kim, H. G. Kang, H. O. Ku and J. H. Cho, "Effects of butylated hydroxyanisole on the development and functions of reproductive system in rats," *Toxicology*. vol. 208, no. 1, pp. 49-62. Mar. 2005.

[34] R. A. Chavez-Santoscoy, M. A. Lazo-Vélez, S. O. Serna-Sáldivar and J. A. Gutiérrez-Uribe, "Delivery of flavonoids and saponins from black bean (Phaseolus vulgaris) seed coats incorporated into whole wheat bread," *International Journal of Molecular Sciences*, vol. 17, no. 1, pp. 1-14, Feb. 2016.

[35] M. Ciz, P. Denev, M. Kratchanova, O. Vasicek, G. Ambrozova and A. Lojek, "Flavonoids inhibit the respiratory burst of neutrophils in mammals," *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, pp. 181-295, Apr. 2012.

[36] D. McCann, A. Barrett, A. Cooper, D. Crumpler, L. Dalen, K. Grimshaw and E. Kitchin, "Food additives and hyperactive behaviour in 3-year-old and 8/9-year-old children in the community: a randomised, double-blinded, placebo-controlled trial," *Lancet*, vol. 370, no. 9598,

pp. 1560-1567, Nov. 2007.

[37] Y. F. Sasaki, S. Kawaguchi, A. Kamaya, M. Ohshita, K. Kabasawa, K. Iwama and K. Taniguchi, "The comet assay with 8 mouse organs: results with 39 currently used food additives," *Mutation Research/ Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, vol. 519, no. 1-2, pp. 103-119, Aug. 2002.

[38] J. Shipp and E. M. Abdel-Aal, "Food applications and physiological effects of anthocyanins as functional food ingredients," *The Open Food Science Journal*, vol. 4, no. 1, pp. 7-22, Sep. 2010.

[39] Y. Aguilera, L. Mojica, M. Rebollo-Hernanz, M. Berhow, E. G. Mejía and M. A. Martín-Cabrejas, "Black bean coats: New source of anthocyanins stabilized by b-cyclodextrin copigmentation in a sport beverage," *Food Chemistry*, vol. 212, no. 1, pp. 561-570, Dec. 2016.