

คุณประโยชน์ของเพคตินจากอาหารเหลือทิ้ง

Benefits of Pectin from Food Waste

◆ กรวิทย์ สักแกแก้ว

อาจารย์ประจำ สาขาการจัดการครัวและศิลปะการประกอบอาหาร คณะอุตสาหกรรมบริการ

วิทยาลัยดุสิตธานี

Korawit Sakkaekaw

Lecturer, Culinary Arts and Kitchen Management, Faculty of Hospitality Industry,

Dusit Thani College, E-mail: korawit.sa@dth.ac.th

Received: September 21, 2019; Revised: October 26, 2019; Accepted: October 28, 2019

Abstract

This article aims to provide knowledge about the benefits of pectin from food waste and guidelines for the use of pectin substances. The food waste from consumption and processing cannot be avoided. Most of the plant food waste came from the bark of fruits and vegetables. Those contain various biological compounds which are beneficial to human. Whether it is dietary fiber, antioxidants, phytochemicals, etc. The main components of these fruits and vegetables peels are complex carbohydrates called pectin, which can use be gelling agent and increases the viscosity of the food. Moreover, pectin is a soluble fiber that is important to control blood sugar levels, reduce cholesterol levels, maintain digestive and excretory system. Pectin from food waste can be used in the food industry and health benefits.

Keywords: Food Waste, Fruit Peels, Pectin, Benefits

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ความรู้เกี่ยวกับคุณประโยชน์ของสารเพคตินที่ได้จากอาหารเหลือทิ้ง และแนะนำแนวทางในการนำสารเพคตินไปใช้ประโยชน์ เศษอาหารเหลือทิ้งจากการบริโภคและการแปรรูปนั้นล้วนเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ ส่วนใหญ่มักมาจากเปลือกผักและผลไม้ที่อุดมไปด้วยสารประกอบทางชีวภาพต่าง ๆ ที่ล้วนเป็นประโยชน์ต่อร่างกายมนุษย์ เช่น โยอาหาร สารต้านอนุมูลอิสระ สารพฤษเคมีต่าง ๆ เป็นต้น โดยองค์ประกอบหลักของเปลือกผักและผลไม้เหล่านี้ คือ คาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนที่เรียกว่า เพคติน ทำหน้าที่เป็นสารเกิดเจลและเพิ่มความหนืดในอาหารได้ นอกจากนั้นเพคตินยังเป็นโยอาหารชนิดละลายน้ำที่มีส่วนสำคัญต่อร่างกาย ทั้งช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในกระแสเลือด ลดระดับคอเลสเตอรอลในร่างกาย ช่วยปรับสมดุลของ

ระบบทางเดินอาหารและระบบขับถ่าย ซึ่งเพคตินจากอาหารเหลือทิ้งสามารถประยุกต์ใช้ทั้งในด้านอุตสาหกรรมอาหารและช่วยส่งเสริมสุขภาพได้

คำสำคัญ : อาหารเหลือทิ้ง เปลือกผลไม้ เพคติน คุณประโยชน์

บทนำ

ปัจจุบันมีของเหลือทิ้งจากแหล่งต่าง ๆ มากมาย แบ่งเป็นของเหลือทิ้งจากครัวเรือนร้อยละ 42 จากกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมร้อยละ 39 จากอุตสาหกรรมบริการด้านอาหารร้อยละ 14 และอีกร้อยละ 5 มาจากธุรกิจค้าปลีก - ส่ง (Mirabella et al., 2014) ในกลุ่มอุตสาหกรรมการผลิตผักและผลไม้สามารถเกิดของเหลือทิ้งตลอดการผลิต เช่น เปลือก เมล็ด หรือส่วนที่รับประทานไม่ได้มากถึงร้อยละ 10 - 25 ในโรงงานแปรรูปผักและผลไม้ขนาดเล็กมีส่วนที่กินไม่ได้เฉลี่ยมากกว่า 150 กิโลกรัมต่อวัน (Ong et al., 2018) โดยของเหลือทิ้งเหล่านั้นสามารถนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ นำมาหมักเพื่อใช้เป็นปุ๋ย นำมาผลิตเชื้อเพลิงได้

เปลือกผัก และผลไม้มากมายเหล่านี้สามารถนำไปสกัดสารสำคัญเพื่อนำกลับมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและส่งเสริมด้านสุขภาพได้ เนื่องจากเปลือกผลไม้ และเมล็ดมีสารประกอบทางชีวภาพ คุณค่าทางสารอาหาร รวมถึงสารพฤกษเคมีต่าง ๆ ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเปลือกผัก และผลไม้เหล่านี้มีสารเพคตินสะสมอยู่ปริมาณร้อยละ 2.95 - 28.98 โดยในโรงงานอุตสาหกรรมอาหารได้มีการสกัดสารเพคตินจากของเหลือทิ้งเพื่อใช้จำหน่ายเป็นเพคตินทางการค้า เช่น กากของแอปเปิล เปลือกผลไม้ตระกูลส้ม และหัวบีทที่ใช้ผลิตน้ำตาล ในงานวิจัยของ Marić และคณะ (2018) ได้ศึกษาการสกัดเพคตินในเปลือกผลไม้เหลือทิ้ง เช่น เปลือกกล้วย เปลือกทับทิม เปลือกแก้วมังกร เปลือกเสาวรส และพบว่ามีสาระสำคัญอื่น ๆ ได้แก่ โพลีฟีนอล น้ำมันหอมระเหย สารสีต่าง ๆ ที่สามารถสกัดสารเหล่านี้เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ได้

เพคตินมีประโยชน์ในด้านสุขภาพ เพราะมีคุณสมบัติเป็นใยอาหาร (dietary fiber) ชนิดละลายน้ำได้ (soluble fiber) จึงไม่สามารถย่อยและถูกดูดซึมในระบบทางเดินอาหารได้ แต่จะพองตัวในระบบทางเดินอาหาร (Thibault & Ralet, 2008) จากคุณสมบัติของการเป็นใยอาหารทำให้เพคตินสามารถช่วยเพิ่มมวลอุจจาระ ทำให้ระบบขับถ่ายทำงานดีขึ้น ลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ และยังช่วยทำหน้าที่ขัดขวางการดูดซึมของไขมัน และช่วยควบคุมระดับน้ำตาลไม่ให้เข้ากระแสเลือด จึงป้องกันการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ และโรคเบาหวานได้ (Kim et al., 2014)

ในด้านอุตสาหกรรมอาหาร และเครื่องดื่มนิยมใช้เพคตินเพื่อปรับปรุงคุณภาพของอาหารให้ดีขึ้น โดยใช้เพื่อเป็นสารทำให้เกิดเจล (gelling agent) ในผลิตภัณฑ์แยม เยลลี่ และขนมหวาน หรือสารเพิ่มความหนืด (viscosity) ในเครื่องปรุงรส น้ำเชื่อมเข้มข้น น้ำสลัด เครื่องดื่มต่าง ๆ และใช้เป็นสารคงตัว (stabilizer) ในผลิตภัณฑ์ น้ำผลไม้ นมเปรี้ยว และโยเกิร์ต เป็นต้น นอกจากนี้ยังใช้เป็นสารที่ทำให้เกิดอิมัลชัน (emulsifying agent) ในการผสมกลิ่นรส และป้องกันการแยกชั้นของน้ำมันพืช เพคตินสามารถเป็นสารทดแทนไขมัน (fat replacer) ในไอศกรีม ผลิตภัณฑ์ครีมทาขนมปังต่าง ๆ ส่งผลดีต่อเนื้อสัมผัสและลักษณะของอาหาร อีกทั้งยังช่วยลดพลังงานจากไขมันได้

(Nazir et al., 2017) จากคุณประโยชน์ที่กล่าวมานั้น สารเพคตินล้วนแล้วแต่มีความสำคัญอย่างยิ่งกับมนุษย์ทั้งในด้านอุตสาหกรรมอาหาร ส่งเสริมสุขภาพ แต่การประยุกต์ใช้ควรคำนึงถึงความเหมาะสมของอาหารนั้นด้วย

อาหารเหลือทิ้ง

อาหารเหลือทิ้ง (food Waste) คือ เศษเหลือและส่วนที่บริโภคไม่ได้ของอาหาร รวมถึงส่วนที่นำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น ปุ๋ยหมัก การผลิตพลังงานชีวภาพ และใช้ประโยชน์ไม่ได้ เช่น การกำจัดโดยนำไปเผา นำไปฝังกลบหรือทิ้งในทะเล เป็นต้น (Stenmarck et al., 2016)

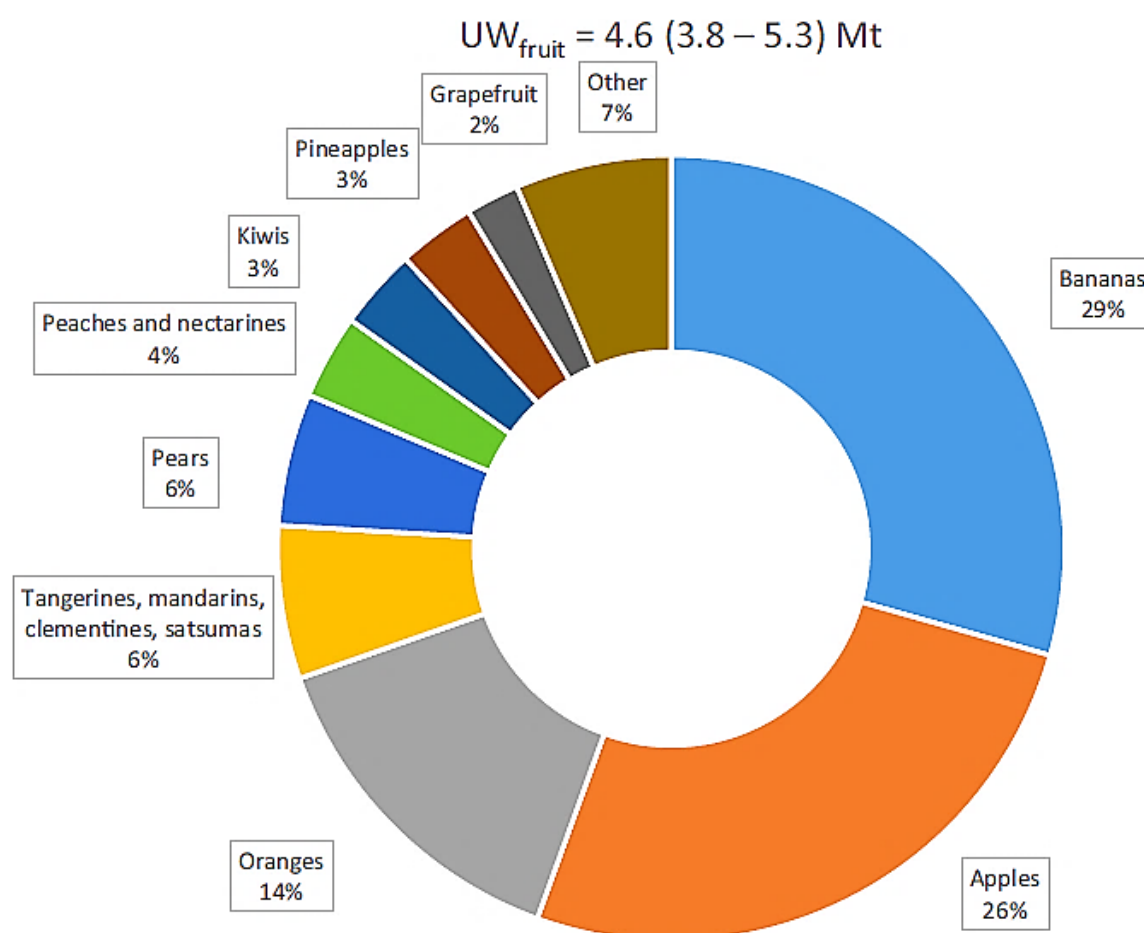
จากสถานการณ์อาหารเหลือทิ้งในปี พ.ศ. 2552 - 2558 ประเทศไทยมีปริมาณอาหารเหลือทิ้ง 9.3 ล้านตันต่อปี โดยคนไทยหนึ่งคนสามารถสร้างขยะจากอาหารจำนวน 0.14 กิโลกรัมต่อวัน โดยปัญหาอาหารเหลือทิ้งนั้นว่าเป็นปัญหาระดับประเทศ ที่มีปัจจัยเสี่ยงที่สำคัญในการพัฒนาประเทศชาติในด้านสิ่งแวดล้อม และสุขภาพ ซึ่งการเกิดอาหารเหลือทิ้งสามารถเกิดได้ตั้งแต่กระบวนการผลิตทางการเกษตร การจัดการหลังเก็บเกี่ยว การขนส่ง จนไปถึงหลังจากการบริโภค ส่วนใหญ่อาหารเหลือทิ้งมักมาจากส่วนที่รับประทานไม่ได้ เช่น เปลือก ก้าน เมล็ดจากผัก และผลไม้ เป็นต้น (Thi et al., 2015)

การเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรที่มากขึ้นตามความต้องการของผู้บริโภค ส่งผลทำให้ปริมาณอาหารเหลือทิ้งเพิ่มจำนวนมากขึ้นด้วยเช่นกัน การทิ้งเศษอาหารจากกลุ่มให้บริการอาหาร (food service) ทำให้เกิดปริมาณอาหารเหลือทิ้งระดับโลกมากถึง 1.3 พันล้านตัน และส่งผลทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจก 3.3 พันล้านตันของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ด้วย ส่วนใหญ่เป็นอาหารเหลือทิ้งประเภทคาร์โบไฮเดรต เช่น ธัญพืช และข้าว เป็นต้น ประเทศอินโดนีเซียในปี พ.ศ. 2557 มีปริมาณอาหารเหลือทิ้งจำนวน 0.19 ล้านตันต่อปี จากการผลิตข้าวและน้ำมันปาล์ม ในขณะที่ประเทศอินเดียก็มีส่วนเหลือทิ้งเช่นกัน ได้แก่ อ้อย ข้าวสาลี และข้าวสาร์ เมื่อรวมกันแล้วมีปริมาณมากถึง 448 ล้านตันต่อปี นอกจากนั้นยังมีเปลือกผลไม้ต่าง ๆ ที่เหลือจากการแปรรูปผลไม้ เช่น ส้ม กล้วย และมะม่วง เป็นต้น จากปริมาณอาหารเหลือทิ้งของกลุ่มเกษตรกรที่กล่าวมาข้างต้นนี้มีปริมาณเพียงพอที่จะนำมาใช้ประโยชน์ได้

ในประเทศไทยจึงได้มีการแปรรูปอาหารเหลือทิ้งจากพืชเศรษฐกิจ เพื่อมุ่งเน้นการนำอาหารเหลือทิ้งมาใช้ให้เกิดประโยชน์ต่าง ๆ ได้แก่ นำมาผลิตสารเคมี ผลิตเชื้อเพลิง ผลิตปุ๋ย และนำวัตถุดิบต่าง ๆ เหล่านี้มาสกัดสารสำคัญเพื่อนำกลับไปใช้ประโยชน์ เช่น สกัดสารต้านอนุมูลอิสระในกลุ่มสารประกอบฟีนอลิกจากข้าว ในส่วนกากอ้อยที่เหลือจากการผลิตน้ำตาลยังสามารถนำมาผลิตแอลกอฮอล์ รวมถึงนำมาผลิตภาชนะบรรจุอาหาร และใช้เป็นใยอาหารเพื่อเสริมในการผลิตขนมปังได้ นอกจากนั้นกากมันสำปะหลัง สามารถนำมาผลิตเป็นกรดอะมิโน ผงชูรส และหมักเป็นปุ๋ยได้อีกด้วย การนำอาหารเหลือทิ้งมาแปรรูป ส่งผลดีต่อประเทศในการจัดการและลดปริมาณอาหารเหลือทิ้งลง อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับประเทศจากการนำอาหารเหลือทิ้งมาเพิ่มมูลค่าได้อีกด้วย (Ong et al., 2018)

เปลือกผลไม้เหลือทิ้ง

ส่วนใหญ่ในกลุ่มอุตสาหกรรมเกษตรมักเกิดผลพลอยได้หรือเปลือกผลไม้เหลือทิ้งต่าง ๆ ประมาณ 1.3 พันล้านตันต่อปี โดยเปลือกผลไม้เหลือทิ้งเหล่านี้มีสารประกอบทางชีวภาพต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในยา เครื่องสำอางและอุตสาหกรรมอาหารได้ ในกลุ่มครัวเรือนของทวีปยุโรป มีปริมาณของเสียจากเปลือกผลไม้สูงถึงร้อยละ 50 โดยไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ ซึ่งปริมาณเปลือกผลไม้เกิดขึ้น 21.1 กิโลกรัมต่อคนต่อปี รวมแล้วมีปริมาณ 4.6 ล้านตันในทวีปยุโรป สัดส่วนของเปลือกผลไม้ที่ไม่สามารถเลี่ยงได้ 3 อันดับแรกสูงสุด ได้แก่ แอปเปิ้ล แก้วมังกร และส้ม แสดงดังภาพที่ 1 (De Laurentiis et al., 2018)



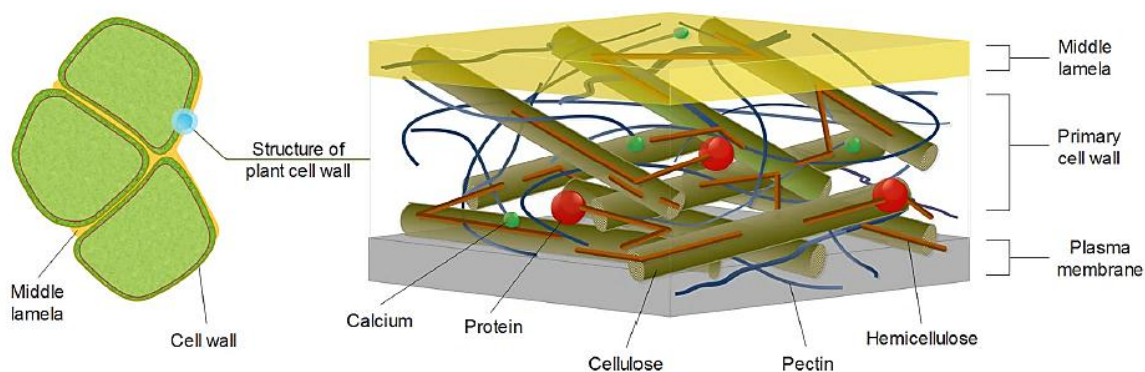
ภาพที่ 1 สัดส่วนของเปลือกผลไม้เหลือทิ้งที่ไม่สามารถเลี่ยงได้ในทวีปยุโรป

De Laurentiis et al. (2018)

เปลือกส้มที่เหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมอาหารสามารถนำมาสกัดเพคตินทางการค้า เพื่อนำสารเพคตินกลับไปใช้ผลิตแยมและเยลลี่ได้ อีกทั้งเปลือกส้มยังมีน้ำมันหอมระเหย (orange peel oil) ที่สกัดแล้วนำไปใช้ประโยชน์เป็นกลิ่นผสมในอาหาร และยาชนิดต่าง ๆ ในส่วนแก้วมังกร 1 ลูกมีเปลือกเหลือทิ้งอยู่ประมาณร้อยละ 33 จากการ

บริโภคน้ำและการแปรรูป ซึ่งสามารถนำมาสกัดสารสำคัญที่มีอยู่ในเปลือกแก้วมังกรได้ เช่น โพลีฟีนอล (polyphenol) สารสีในกลุ่มเบต้าไซยานิน (betacyanin) และสารเกิดเจลในอาหารหรือสารเพคตินได้ (Ong et al., 2018)

เปลือกผลไม้ต่าง ๆ มีส่วนประกอบหลากหลายล้วนจำเป็นต่อร่างกายมนุษย์ เพราะอุดมไปด้วยสารพฤกษเคมี (phytochemicals) ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพที่นอกเหนือจากโภชนาการพื้นฐาน ซึ่งองค์ประกอบหลักของเปลือกผลไม้ส่วนใหญ่ประกอบด้วยเพคติน ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างในพืชต่าง ๆ (Dranca & Oroian, 2018)



ภาพที่ 2 แสดงโครงสร้างผนังเซลล์พืช Dranca & Oroian (2018)

Nannyonga และคณะ (2018) รายงานว่าเปลือกกล้วยที่เหลือทิ้งสามารถนำมาผลิตเป็นอาหารของสัตว์ และหมักเป็นปุ๋ยได้ นอกจากนี้ยังอุดมไปด้วยสารจากธรรมชาติ เช่น คาร์โบไฮเดรต ในกลุ่มโพลีแซคคาไรด์ สารชีวภาพต่าง ๆ รวมไปถึงโปรตีน วิตามิน แร่ธาตุ และสารต้านอนุมูลอิสระ ส่วนใหญ่เป็นผลพลอยได้จากการผลิตอาหารมักมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในปริมาณที่สูง และในเปลือกผลไม้ยังเป็นแหล่งของเพคตินและใยอาหารอีกด้วย

การสกัดสารสำคัญจากผลผลิตทางการเกษตรเหลือทิ้ง เช่น แขนข้าวโพด รำข้าวสาลี โดยมีแนวคิดส่งเสริมด้านสุขภาพ เพิ่มคุณค่าประโยชน์ในระบบทางเดินอาหาร จึงมีการผลิตใยอาหารกลุ่มพรีไบโอติก (Prebiotic) ชนิดต่าง ๆ อาทิเช่น ไซโล-โอลิโกแซคคาไรด์ (xylo-oligosaccharides) และฟรุคโต-โอลิโกแซคคาไรด์ (fructo-oligosaccharides) เป็นต้น ในส่วนเปลือกผักและผลไม้เหลือทิ้งยังมีการสกัดเพคตินเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร และยา นอกจากนี้ในเปลือกส้ม และกล้วยที่เหลือทิ้งจำนวนมากในอินเดีย มีการศึกษาสกัดสารสำคัญต่าง ๆ พบว่า มีปริมาณน้ำตาลน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) สารประกอบฟีนอลิกและเซลลูโลส (cellulose) ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปได้ เช่น นำไปใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวต่าง ๆ ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่และขนมหวาน เพื่อเพิ่มใยอาหาร และส่งเสริมระบบทางเดินอาหาร (Ong et al., 2018)

Marić และคณะ (2018) รายงานว่า ในเปลือกผลไม้ยังอุดมไปด้วยสารต่าง ๆ ที่สำคัญ ได้แก่ โพลีฟีนอล โพลีแซคคาไรด์ น้ำมันหอมระเหย สารสีต่าง ๆ โปรตีน สารให้กลิ่น เอนไซม์ และใยอาหาร ซึ่งสามารถสกัดสารเหล่านี้เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ได้ ในส่วนของการสกัดสารเพคตินจากเปลือกผลไม้เหลือทิ้งนั้น โดยปริมาณผลผลิตของเพ

คตินที่ได้จะขึ้นอยู่กับสารละลายที่ใช้สกัด อุณหภูมิ ระยะเวลา ค่า pH ที่เลือกใช้ และเทคนิคในการสกัด (แสดงดังตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 แสดงผลผลิตเพคตินที่สกัดได้จากเปลือกและผลพลอยได้ของผลไม้ต่าง ๆ

Plant material	Treatment conditions		Extraction solvent	Yield (%)
	°C	min		
Orange peels	82	50	0.5% HA, pH 1.7	2.95
Lemon peels	82	50	0.5% HA, pH 1.7	3.15
Banana peels	70–90	120–240	Citric acid, pH 2.0–4.5	5.2–12.2
Passion fruit peels	70–98.7	30–90	HA, pH 1-3	7.48–14.80
Pomegranate peels	70–90	40–150	Citric acid, pH 2-4	3.92–11.18
Carrot pomace	50–90	30–150	Citric acid, pH 0.5–2.5	5–15.2
Apple pomace	85	180	Sulfuric acid, pH 2.0	14.5
Grapefruit peels	90	90	0.1 N HA	19.16
Kiwifruit pomace	50	60	1% Citric acid, pH 2.20	3.83
Melon peels	35–95	40–200	Citric acid, pH 1-3	2.87–28.98
Potato pulp	90	60	Citric acid, pH 2.04	14.34

หมายเหตุ: HA: Hydrochloric acid

ที่มา: Marić et al. (2018)

จะเห็นว่าในเปลือกผลไม้บางชนิดมีเพคตินอยู่ในปริมาณที่สูงมาก ซึ่งสามารถนำเปลือกผลไม้มาสกัดเพคตินได้ เพื่อนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์หรืออาจจะผลิตเป็นเพคตินทางการค้าได้เช่นกัน

เพคติน

เพคติน (pectin) คือ สารที่ทำให้เกิดเจลจากธรรมชาติในประเภทคาร์โบไฮเดรตในกลุ่มโพลีแซคคาไรด์ (polysaccharides) ที่พบมากในผัก และผลไม้ เช่น แอปเปิล ควินซ์ เรดเคอเรนซ์ ส้ม และเลมอน ในโรงงานอุตสาหกรรมสกัดเพคตินได้จากกากแอปเปิล เพคตินนับว่าเป็นส่วนผสมที่สำคัญในการเกิดเจล และช่วยในการคงตัวของผลิตภัณฑ์แยมกับเยลลี่ ในการทำเยลลี่และมาร์มาเลดอาจจะใช้ทั้งเนื้อผลไม้ เมล็ดและเปลือกผสมกับน้ำตาล เพื่อให้เพคตินจากเนื้อผลไม้ เมล็ด และเปลือกช่วยให้อยู่ตัวเป็นเยลลี่ได้ (Thibault & Ralet, 2008)

โครงสร้างของเพคตินประกอบด้วย กรดกาแล็กทูโรนิก (galacturonic Acid) และเมทิลกาแล็กทูโรเนต (methyl galacturonate) ต่อกันด้วยพันธะแอลฟา-1,4 ไกลโคซิดิก (α -1,4 glycosidic bond) เป็นเฮเทอโพลีแซคคาไรด์ (heteropolysaccharide) อยู่ในชั้นลามลลาตอนกลาง (middle lamellae) ของผนังเซลล์พืช มักจะอยู่ร่วมกับเซลลูโลส รวมตัวเป็นโปรโตเพคติน ซึ่งเป็นโครงสร้างที่ละลายน้ำไม่ได้ ทำหน้าที่ยึดเกาะผนังเซลล์ให้แข็งแรง และคงรูปร่างในพืช แต่เมื่อทำปฏิกิริยากับกรด และน้ำตาลจะให้ลักษณะเป็นเจลเพคตินที่ไม่ละลายน้ำ ที่

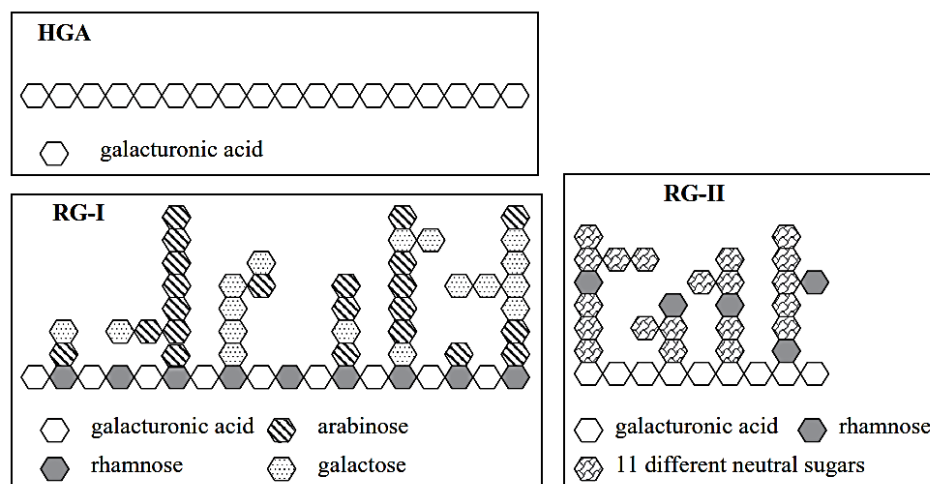
เรียกว่า โปรโตเพกติน (protopectin) จะประกอบด้วยกรดเพกทินิก (pectinic acid) และกรดเพกติก (pectic acid) ในผลไม้ที่ยังไม่สุก โมเลกุลของเพกตินจะประกอบด้วยหมู่เมทิลจำนวนมาก และไม่สามารถละลายน้ำได้ เมื่อผลไม้เริ่มสุก โปรโตเพกตินจะละลายน้ำได้มากขึ้น และเมื่อผลไม้แก่จัดหรือสุกงอม เพกตินจะถูกไฮโดรไลซ์ถึงจุดที่ทำให้ผลไม้สูญเสียความแน่นของเนื้อและเพกตินจะมีกำลังเกิดเจลลดลง (Brejnholt, 2009)

เพกตินประกอบไปด้วยน้ำตาลหลายชนิด เช่น แรมโนส (rhamnose) กาแลกโตส (galactose) และ อาราบิโนส (arabinose) พบตามธรรมชาติในผนังเซลล์ของพืช โดยรวมตัวอยู่กับเซลลูโลส โดยโครงสร้างพื้นฐานของเพกตินจะ 3 แบบ ได้แก่ (แสดงดังภาพที่ 3)

1) Homogalacturonan (HGA) เป็นพอลิเมอร์ที่ต่อกันเป็นสายตรง แบบโฮโมโพลีแซคคาไรด์ (homopolysaccharide) ด้วยพันธะแอลฟา-1,4 กาแลกกาแล็กทูโรนิก โดยมีกรดกาแล็กทูโรนิกประมาณ 100 - 200 หน่วยในลามาเลลาตอนกลาง

2) Rhamnogalacturonan I (RG-I) เป็นพอลิเมอร์ที่ต่อระหว่างกรดกาแล็กทูโรนิก และน้ำตาลแรมโนส โดยมีน้ำตาลประมาณ 100 หน่วยต่อเป็นกิ่งก้านออกมา ส่วนใหญ่เป็นน้ำตาลกาแลกโตสและอาราบิโนส

3) Rhamnogalacturonan II (RG-II) เป็นพอลิเมอร์ที่ต่อระหว่างกรดกาแล็กทูโรนิกประมาณ 9 หน่วยและมีน้ำตาลชนิดต่าง ๆ 11 ชนิดมาเชื่อมต่อ เช่น แรมโนส ไฮโรส เป็นต้น มีการจัดเรียงที่หนาแน่นมาก



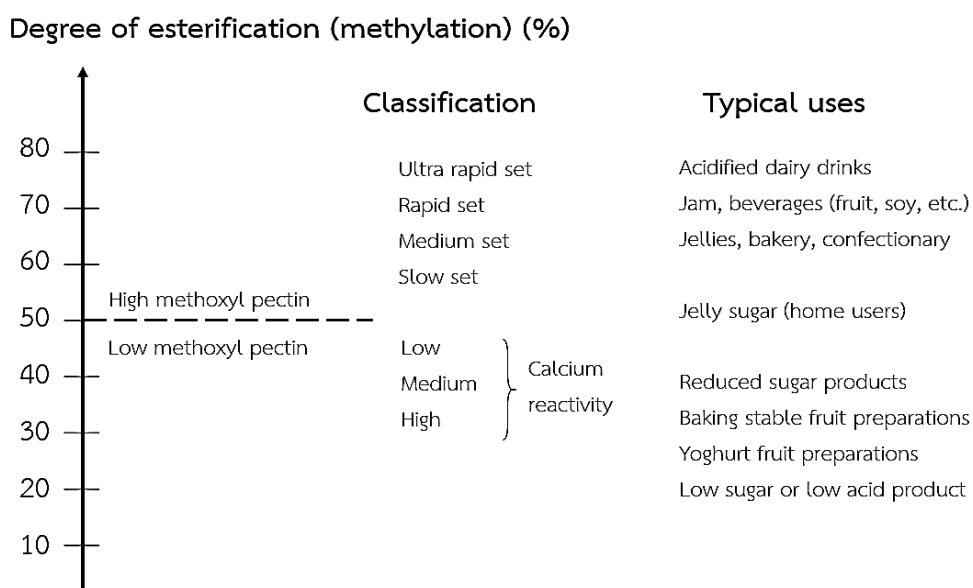
ภาพที่ 3 โครงสร้างการเรียงตัวของน้ำตาลในเพกติน Brejnholt (2009)

เพกตินมีทั้งหมด 2 ชนิด แบ่งตามระดับของเอสเทอริฟิเคชัน (degree of esterification หรือ ค่า DE) ซึ่ง esterification คือ ปฏิกิริยาทางชีวเคมีระหว่างกรดอินทรีย์ และแอลกอฮอล์ โดยมีเอนไซม์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาได้เป็นสารประกอบเอสเทอร์ ที่มีหมู่คาร์บอกซิลอิสระ (COOH) และหมู่คาร์บอกซิลที่รวมอยู่กับหมู่เมทิล (COOCH_3) ทำให้ได้เพกตินดังนี้ (Nazir et al., 2017)

1) High methoxyl pectin มีระดับของเอสเทอริฟิเคชัน (ค่า DE) มากกว่าร้อยละ 50 ในพอลิเมอร์ ประเภทนี้จะมีขนาดโมเลกุลที่แตกต่างกันในพอลิเมอร์ โดยจับกันด้วยพันธะไฮโดรเจนและเกิดอันตรกิริยาแบบ hydrophobic

กลไกการเกิดเจลจะต้องอาศัยการเติมน้ำตาลและปรับค่า pH ให้อยู่ในสภาวะที่เป็นกรด ในแต่ละช่วงของค่า DE จะมีความสามารถเกิดเจลที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับเวลาและค่า pH (แสดงดังภาพที่ 4)

2) Low methoxyl pectin มีระดับของเอสเทอร์ฟิเคชันน้อยกว่าร้อยละ 50 จะสามารถสร้างเจลได้ง่ายกว่าแบบ high methoxyl pectin แต่ต้องอาศัยประจุของแคลเซียมไอออนจึงจะเกิดเจลได้ โดยการเกิดเจลเป็นแบบ egg-box model ในโครงสร้างจะมีประจุแคลเซียมไอออนบริเวณ junction zones

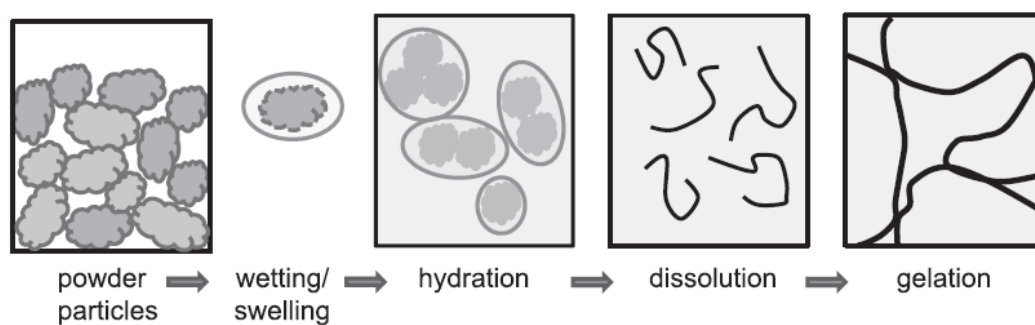


ภาพที่ 4 ลักษณะเจลในแต่ละระดับค่า DE ของเพคตินและการนำไปใช้งาน

Endreß & Christensen (2009)

ประโยชน์ของเพคติน

เพคตินจัดว่าเป็นสารไฮโดรคอลลอยด์ (hydrocolloid) ที่ใช้ในอาหารหลายประเภท การผลิตอาหารที่ใช้เพคตินจำเป็นต้องมีส่วนผสมของน้ำที่ใช้ในการละลายเพื่อให้เพคตินทำหน้าที่ในอาหาร เมื่อผสมเพคตินรวมกับน้ำ (แสดงดังภาพที่ 5) เพคตินจะเกิดการพองตัว และคลายตัวเมื่อได้รับความร้อนสูงขึ้น ทำให้เพคตินมีความข้นหนืดและเกิดเจลขึ้นได้ โดยลักษณะเจลที่เกิดขึ้น จะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ค่า pH ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solid) สัดส่วนระหว่างเพคตินและน้ำ เป็นต้น (Einhorn-Stoll, 2018)



ภาพที่ 5 การเกิดอันตรกิริยาของเพคตินในอาหาร Einhorn-Stoll (2018)

ในด้านอุตสาหกรรมอาหาร และเครื่องดื่มนิยมใช้เพคตินเพื่อปรับปรุงคุณภาพของอาหารให้ดีขึ้น โดยใช้เพื่อเป็นสารทำให้เกิดเจล (gelling agent) ในผลิตภัณฑ์แยม เยลลี่ และขนมหวาน หรือสารเพิ่มความหนืด (viscosity) ในเครื่องปรุงรส น้ำเชื่อมเข้มข้น น้ำสลัด เครื่องดื่มต่าง ๆ และใช้เป็นสารคงตัว (stabilizer) ในผลิตภัณฑ์ น้ำผลไม้ นมเปรี้ยว และโยเกิร์ต เป็นต้น นอกจากนี้ยังใช้เป็นสารที่ทำให้เกิดอิมัลชัน (emulsifying agent) ในการผสมกลิ่นรส และป้องกันการแยกชั้นของน้ำมันพืช เพคตินสามารถเป็นสารทดแทนไขมัน (fat replacer) ในไอศกรีม ผลิตภัณฑ์ครีมทาขนมปังต่าง ๆ ส่งผลดีต่อเนื้อสัมผัสและลักษณะของอาหาร อีกทั้งยังช่วยลดพลังงานจากไขมันได้ (Nazir et al., 2017)

Krzeminski และคณะ (2014) ศึกษาบทบาทหน้าที่ของเพคติน ทั้ง 2 ชนิด คือชนิด low methoxyl pectin และ high methoxyl pectin ในคุณสมบัติของการเป็นสารทดแทนไขมัน (fat replacer) ในการผลิตโยเกิร์ตจากนมผงขาดมันเนย (skim milk powder) เปรียบเทียบกับเวย์โปรตีน โดยนำเพคตินทั้งสองชนิดมาผสมกับเวย์โปรตีน พบว่า โยเกิร์ตที่มีเพคตินชนิด high methoxyl pectin มีค่าความข้นหนืด หรือการไหลของระบบโยเกิร์ตใกล้เคียงกับโยเกิร์ตมาตรฐานมากที่สุด ขณะที่ระบบผสมของเวย์โปรตีนกับเพคตินทั้งสองชนิด เมื่อนำไปผ่านความร้อนก่อน พบว่า ลักษณะเจล ความหนืดมีค่าลดลง และมีค่าความยืดหยุ่นที่ดีขึ้น ซึ่งใกล้เคียงกับการผลิตนมเปรี้ยว และโยเกิร์ตที่มีการใช้สารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส หรือ ซีเอ็มซี (carboxymethyl cellulose; CMC)

Min และคณะ (2010) ศึกษาความสามารถของเพคตินจากกากแอปเปิ้ลด้านสมบัติการเป็นสารทดแทนไขมัน (fat replacer) โดยใช้เพคตินทดแทนเนยขาว (shortening) ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน ได้แก่ ร้อยละ 10 20 และ 30 ในผลิตภัณฑ์คุกกี้ มีการทดสอบความหนืดของระบบผสม วัดค่าลักษณะทางกายภาพ และเคมีที่เปลี่ยนแปลง เช่น ความชื้น ขนาดคุกกี้หลังอบ เนื้อสัมผัส และค่าสี พบว่า เมื่อทดแทนเพคตินจากกากแอปเปิ้ลในสัดส่วนที่เพิ่มมากขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์คุกกี้มีความกรอบ เนื้อสัมผัสแข็งมากขึ้น และทำให้เนื้อคุกกี้มีความแน่นเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นยังเป็นการเพิ่มใยอาหาร ทำให้คุกกี้เป็นอาหารที่ดีต่อสุขภาพอีกด้วย

เพคตินนับว่าเป็นใยอาหารชนิดละลายน้ำ (soluble dietary fiber) ที่มีส่วนช่วยชะลอการเกิดโรคเบาหวาน และควบคุมระดับน้ำตาล เนื่องจากใยอาหารสามารถชะลอการดูดซึมน้ำตาลกลูโคสเข้าสู่กระแสเลือด จึงทำให้ระดับน้ำตาลเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ส่งผลดีต่อผู้ป่วยเบาหวาน นอกจากนั้นยังส่งผลดีต่อผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ

โดยเพคตินจะทำหน้าที่ดูดซับและรวมตัวกับน้ำดีที่ร่างกายหลั่งออกมาระหว่างการย่อยและดูดซึมไขมันในลำไส้เล็ก ซึ่งน้ำดีจะไม่ถูกดูดกลับเข้าไปในร่างกาย แต่ขับออกมาทางอุจจาระ ส่วนน้ำดีจะสร้างขึ้นใหม่ที่ตับ โดยการนำเอา คอเลสเตอรอลมาใช้ผลิตน้ำดี ส่งผลทำให้ระดับคอเลสเตอรอลในเลือดลดลงได้ จากงานวิจัยที่ผ่านมา รายงานว่า การได้รับสารเพคตินในปริมาณ 12 - 24 กรัมต่อวัน สามารถลดปริมาณคอเลสเตอรอลชนิด LDL ได้ โดยสาร โปรไบโอติก (prebiotic) ที่มาจากเปลือกผลไม้ ได้แก่ กากแอปเปิล เปลือกส้ม กากกีวี เป็นต้น (Kim et al., 2014)

เพคตินไม่สามารถย่อยในระบบทางเดินอาหารได้ แต่จะพองตัวในระบบทางเดินอาหาร จึงมีส่วนช่วยในระบบทางเดินอาหารในบทบาทเป็นโปรไบโอติกที่มีความสำคัญต่อเชื้อจุลินทรีย์ เพราะเพคตินเป็นอาหารให้แก่ เชื้อจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่ได้ จึงช่วยเพิ่มการเจริญเติบโต ส่งเสริมกิจกรรมของเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ และ ผลิตกรดไขมันสายสั้นในลำไส้ใหญ่ เช่น แลคโตบาซิลลัส และบิฟิโดแบคทีเรีย ที่เป็นแบคทีเรียชนิดดี หรือเรียก เชื้อจุลินทรีย์กลุ่มนี้ว่า โปรไบโอติก (probiotic) ส่งผลทำให้ร่างกายสุขภาพดีและมีภูมิคุ้มกันที่ดีได้ (Wichienchot et al., 2010) จากคุณสมบัติของการเป็นใยอาหารทำให้เพคตินสามารถช่วยเพิ่มมวลอุจจาระ ทำให้เกิดการขับถ่าย ได้ดีและลดความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งลำไส้ใหญ่ได้

Voo และคณะ (2011) ศึกษาการนำเพคตินมาใช้ในการผลิตอาหารเพื่อสุขภาพ เช่น การนำมาใช้เป็นสาร ห่อหุ้มโปรไบโอติก พบว่า เพคตินสามารถใช้เป็นสารห่อหุ้มโปรไบโอติกได้ดีกว่าแอลจีเนต (alginate) เนื่องจาก เพคตินช่วยชะลอ และหน่อน้ำย่อยในระบบทางเดินอาหารได้ดีกว่าแอลจีเนต ส่งผลให้โปรไบโอติกเคลื่อนที่ไปสู่ บริเวณลำไส้ใหญ่ได้ และมีงานวิจัยที่สอดคล้องกัน Chotiko และ Sathivel (2016) ศึกษาการใช้สารเพคตินและสาร สกัดรำข้าวห่อหุ้มเชื้อจุลินทรีย์ในกลุ่ม *Lactobacillus plantarum* เพื่อเพิ่มความชื้นหนืดแก่ระบบทางเดินอาหาร และช่วยจับกับกรดน้ำดี จึงทำให้ตับดึงเอาดีเออาคอเลสเตอรอลมาใช้มาผลิตน้ำดีได้ใหม่ ส่งผลดีต่อการลดลงของ ระดับคอเลสเตอรอลในเลือดได้ เพราะฉะนั้นเพคตินจึงเหมาะที่จะนำมาใช้เป็นตัวห่อหุ้มสารสำคัญต่าง ๆ ในการ ผลิตอาหารเพื่อสุขภาพ

นอกจากนั้น Wichienchot และคณะ (2010) ศึกษาความสามารถของเพคตินจากแก้วมังกร คุณสมบัติการเป็น สารโปรไบโอติก เมื่อเทียบกับโอลิโกแซคคาไรด์ (oligosaccharides) และ อินนูลิน (inulin) โดยติดตามการ เจริญเติบโตของจุลินทรีย์ *Bifidobacterium Bifidum* พบว่า เมื่อเวลาผ่านไป 48 ชั่วโมง จุลินทรีย์ที่ได้รับเพคตินมี การเจริญเติบโตสูงที่สุด (แสดงดังตารางที่ 2) ซึ่งใยอาหารส่งผลดีต่อระบบทางเดินอาหาร และช่วยปรับสมดุลของ ระบบขับถ่ายของมนุษย์

ตารางที่ 2 จำนวนเซลล์ของจุลินทรีย์ *Bifidobacterium bifidum* ในบทบาทสารโปรไบโอติก

Sample	Microbial counts (cell/ml)			
	0 h	24 h	48 h	72 h
Crude extract (Pectin)	1.42×10^8 ^a	1.88×10^9 ^a	2.79×10^9^a	2.04×10^9 ^a
Oligosaccharides extract	1.70×10^8 ^a	1.66×10^9 ^a	2.22×10^9 ^b	2.51×10^9 ^b
Inulin	1.23×10^8 ^a	1.34×10^9 ^b	2.42×10^9 ^b	2.76×10^9 ^b

หมายเหตุ: ^{a-c} หมายถึง อักษรที่ต่างกันในกลุ่มเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ที่มา: Wichienchot et al. (2010)

ในด้านการแพทย์ และเวชสำอาง Brejnholt (2009) มีการนำเอาเพคตินมาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์รักษาบาดแผล เพราะเพคตินมีส่วนช่วยสมานแผล และใช้ได้กับทุกสภาพผิว จึงนิยมนำไปผลิตเครื่องสำอางต่าง ๆ ทั้งในกลุ่มดูแลผิวพรรณ เส้นผม รวมถึงการนำมาผลิตยาในรูปแบบที่ห่อหุ้มสารสำคัญ (encapsulation) อีกด้วย Sundar Raj และคณะ (2012) ได้นำเพคตินไปใช้ในยารักษาโรคท้องร่วง โดยเฉพาะในทารกและเด็กเล็ก ใช้ในกลุ่มอาหารเสริมประเภทโยเกิร์ตอาหารผงซึ่งมีส่วนช่วยระบบขับถ่าย และช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือดได้

สรุปและอภิปราย

เปลือกผลไม้เหลือทิ้งนั้นเป็นสิ่งที่มีความค่า และเป็นแหล่งของสารประกอบทางชีวภาพที่ดีต่อร่างกายมนุษย์ สามารถนำมาสกัดสารเพคตินเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ 1) ในด้านการผลิตอาหารต่าง ๆ เช่น ช่วยปรับปรุงคุณลักษณะของอาหารเพื่อให้อาหารมีคุณภาพและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค การนำเพคตินไปใช้งานควรคำนึงถึงปริมาณ และความเหมาะสมของผลิตภัณฑ์ด้วย 2) ในด้านการส่งเสริมสุขภาพ ด้านการแพทย์และเวชสำอาง เพคตินเป็นใยอาหารที่มีส่วนสำคัญต่อร่างกาย ซึ่งเพคตินจะช่วยลดระดับไขมันหรือคอเลสเตอรอลในร่างกาย ช่วยปรับสมดุลของระบบทางเดินอาหารและระบบขับถ่าย ทั้งนี้การใช้ประโยชน์จากเปลือกผักและผลไม้เหลือทิ้งยังสามารถช่วยลดปริมาณขยะและส่งผลดีต่อระบบสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

ข้อเสนอแนะ

เพคตินจากอาหารเหลือทิ้งมีคุณสมบัติมากมายที่นักวิจัยสามารถนำเอาเปลือกผักผลไม้เหลือทิ้งเหล่านี้มาศึกษาวิจัย เช่น พัฒนารีสกัดเพคตินที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มผลผลิตและเพิ่มคุณภาพ ปรับปรุงกระบวนการสกัดเพื่อลดต้นทุนและเพิ่มผลผลิต รวมถึงหาแนวทางในการประยุกต์ใช้เพคตินจากอาหารเหลือทิ้งในด้านการผลิตอาหารและใช้ส่งเสริมสุขภาพ เช่น ผลิตอาหารเพื่อสุขภาพ อาหารพลังงานต่ำ และอาหารทางการแพทย์ เป็นต้น นอกจากนี้ในด้านผู้ประกอบการที่แปรรูปผักและผลไม้ก็สามารถนำเอาเปลือกผักและผลไม้เหล่านี้มาสกัดเพคติน เพื่อนำกลับมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร และทางการแพทย์ได้

References

- Brejnholt, S. M. (2009). Pectin. In A. Imeson (Ed.), *Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents* (pp. 237 - 265). USA: Blackwell Publishing Ltd.
- Chotiko, A., & Sathivel, S. (2016). Development of a combined low-methoxyl-pectin and rice-bran-extract delivery system to improve the viability of *Lactobacillus plantarum* under acid and bile conditions. *LWT-Food Science and Technology*, 66, 420 - 427.
- De Laurentiis, V., Corrado, S., & Sala, S. (2018). Quantifying household waste of fresh fruit and vegetables in the EU. *Waste Management*, 77, 238 - 251.
- Dranca, F., & Oroian, M. (2018). Extraction, purification and characterization of pectin from alternative sources with potential technological applications. *Food Res Int*, 113, 327 - 350.

- Einhorn-Stoll, U. (2018). Pectin-water interactions in foods - From powder to gel. *Food Hydrocolloids*, 78, 109 - 119.
- Endreß, H. U., & Christensen, S. H. (2009). Pectins. In *Handbook of Hydrocolloids* (pp. 274 - 297).
- Kim, M. Y., Lim, S. H., & Lee, J. (2014). Intake of hot water-extracted apple protects against myocardial injury by inhibiting apoptosis in an ischemia/reperfusion rat model. *Nutr Res*, 34(11), 951 - 960.
- Krzeminski, A., Prell, K. A., Busch-Stockfisch, M., Weiss, J., & Hinrichs, J. (2014). Whey protein-pectin complexes as new texturising elements in fat-reduced yoghurt systems. *International Dairy Journal*, 36(2), 118 - 127.
- Marić, M., Grassino, A. N., Zhu, Z., Barba, F. J., Brnčić, M., & Rimac Brnčić, S. (2018). An overview of the traditional and innovative approaches for pectin extraction from plant food wastes and by-products: Ultrasound-, microwaves-, and enzyme-assisted extraction. *Trends in Food Science & Technology*, 76, 28 - 37.
- Min, B., Bae, I. Y., Lee, H. G., Yoo, S.-H., & Lee, S. (2010). Utilization of pectin-enriched materials from apple pomace as a fat replacer in a model food system. *Bioresource technology*, 101(14), 5414 - 5418.
- Mirabella, N., Castellani, V., & Sala, S. (2014). Current options for the valorization of food manufacturing waste: a review. *Journal of Cleaner Production*, 65, 28 - 41.
- Nannyonga, S., Mantzouridou, F., Naziri, E., Goode, K., Fryer, P., & Robbins, P. (2018). Comparative analysis of banana waste bioengineering into animal feeds and fertilizers. *Bioresource Technology Reports*, 2, 107 - 114.
- Nazir, A., Asghar, A., & Aslam Maan, A. (2017). Food Gels: Gelling Process and New Applications. In *Advances in Food Rheology and Its Applications* (pp. 335 - 353).
- Ong, K. L., Kaur, G., Pensupa, N., Uisan, K., & Lin, C. S. K. (2018). Trends in food waste valorization for the production of chemicals, materials and fuels: Case study South and Southeast Asia. *Bioresour Technol*, 248, 100 - 112.
- Stenmarck, Å., Jensen, C., Quested, T., & Moates, G. (2016). *Estimates of European food waste levels*. Stockholm FUSIONS project.
- Sundar Raj, A., Rubila, S., Jayabalan, R., & Ranganathan, T. (2012). A review on pectin: Chemistry due to general properties of pectin and its pharmaceutical uses. *Scientific reports*, 1, 550 - 551.

- Thi, N. B., Kumar, G., & Lin, C. Y. (2015). An overview of food waste management in developing countries: Current status and future perspective. *J Environ Manage*, 157, 220 - 229.
- Thibault, J.-F., & Ralet, M.-C. (2008). Pectins, their Origin, Structure and Functions. In B. V. Macleary & L. Prosky (Eds.).
- Voo, W.-P., Ravindra, P., Tey, B.-T., & Chan, E.-S. (2011). Comparison of alginate and pectin based beads for production of poultry probiotic cells. *J Biosci Bioeng*, 111(3), 294 - 299.
- Wichienchot, S., Jatupornpipat, M., & Rastall, R. A. (2010). Oligosaccharides of pitaya (dragon fruit) flesh and their prebiotic properties. *Food Chemistry*, 120(3), 850 - 857.



Korawit Sakkaekaw, Bachelor of Sciences (Food and Nutrition), Kasetsart University (2012), Studying in Master of Science Program in Home Economics, Kasetsart University. Lecturer, Culinary Arts and Kitchen Management, Faculty of Hospitality Industry, Dusit Thani College, Thailand.