

การสกัดเพคตินจากเปลือกมะนาวและผลของเพคตินต่อการเจริญเติบโตของ แบคทีเรียแลคติก

Pectin Extraction from Lime Peels and Effect of Pectin on Growth of Lactic Acid Bacteria

ขวัญกนิษฐ์ อินทรตระกูล^{1*} สายใจ พิมดา¹ และ สนิทธา สุทธิโส¹

Kwankanit Intaratrakul^{1*}, Saijai Phimda and Sinittha Sutthiso

¹คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

*ผู้เขียนหลัก (Corresponding Author) E-mail: kwankanit.int@ru.ac.th

Received: December 10,2022

Revised: December 20,2022

Accepted: December 29,2022

บทคัดย่อ

เพคตินเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่พบในผนังเซลล์พืช นิยมนำไปประยุกต์ใช้เป็นสารทำให้เกิดเจล สารเพิ่มความคงตัวและเพิ่มความข้นหนืดในผลิตภัณฑ์อาหาร เพคตินพบมากในเปลือกของผลไม้ ดังนั้นเปลือกมะนาวเหลือทิ้งจึงเป็นวัตถุดิบหนึ่งที่น่าสนใจในการนำมาสกัดเพคติน ซึ่งนอกจากจะเป็นการลดปัญหาสิ่งแวดล้อมโดยนำของเหลือทิ้งมาใช้ประโยชน์ ยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของเปลือกมะนาวอีกด้วย โดยงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากเปลือกมะนาวโดยใช้กรดไฮโดรคลอริกเป็นตัวทำละลาย พบว่าเมื่อสกัดที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที ให้ผลผลิตเพคตินสูงสุด โดยคิดเป็นร้อยละ 37.70 ของน้ำหนักแห้ง นอกจากนี้เมื่อนำเพคตินจากเปลือกมะนาวไปศึกษาความสามารถในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของแบคทีเรียแลคติก พบว่าเมื่อเสริมเพคตินความเข้มข้น 2% (W/V) ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS broth จะช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของ *L. plantarum* TISTR875 ได้สูงกว่าการไม่เติมเพคติน โดยมีการเจริญเติบโตสูงสุดเท่ากับ 7.30×10^8 CFU/ml เมื่อเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 6 ชั่วโมง ดังนั้นจากผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้ที่จะนำเพคตินจากเปลือกมะนาวไปใช้ในรูปแบบของพรีไบโอติกเพื่อประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพต่อไป

คำสำคัญ: เพคติน, เปลือกมะนาว, การสกัด, แบคทีเรียแลคติก

Abstract

Pectin is a polysaccharide found in plant cell walls. It is commonly used as a gelling agent, stabilizer and thickening agent in food products. Pectin is primarily found in fruit peels. Therefore, lime peel waste is an interesting raw material for pectin extraction to increase the value of food waste and provide a solution to the environmental issue. In this study, the optimum conditions for extracting pectin from lime peel using hydrochloric acid as a solvent were determined. The results showed that the highest extract yield was 37.70 % of dry weight at 95°C for 60 min. In addition, the effect of pectin from lemon peel on the growth of lactic acid bacteria was examined. The addition of 2% pectin (w/v) to the MRS broth medium promoted the growth of *L. plantarum* TISTR 875 higher than the absence of pectin. The highest growth, 7.30×10^8 CFU/ml was detected after cultivation for 6 h. These results indicated that pectin from lemon peels might be used as a prebiotic that can be further applied in functional food products.

Keywords: Pectin, Lime peels, Extraction, Lactic acid bacteria

บทนำ

เพคติน เป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่พบในผนังเซลล์ของพืช มีโครงสร้างประกอบด้วยกรดกาแลคทูโรนิกเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α -(1,4)-glycosidic และยังพบน้ำตาลชนิดอื่น เช่น แรมโนส (Rhamnose) กาแลคโทส (Galactose) และอะราบินโนส (Arabinose) ซึ่งกรดกาแลคทูโรนิกของเพคตินแต่ละชนิดจะถูกเอสเทอริไฟด์ด้วยหมู่เมทิลได้ต่างกัน จึงสามารถแบ่งเพคตินออกเป็น 2 กลุ่ม ตามระดับของเอสเทอริฟิเคชัน (Degree of esterification) ได้แก่ เพคตินที่มีเมทอกซิลสูง (High methoxyl pectin) ซึ่งมีค่า DE มากกว่า 50% และเพคตินที่มีเมทอกซิลต่ำ (Low methoxyl pectin) โดยจะมีค่า DE น้อยกว่า 50% (Voragen *et al.*, 1995) ปัจจุบันเพคตินทางการค้านิยมสกัดจากกากแอปเปิลและเปลือกผลไม้ตระกูลส้ม โดยเพคตินถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารอย่างกว้างขวางเพื่อทำหน้าที่เป็นสารทำให้เกิดเจล (Gelling agent) สารเพิ่มความข้นหนืด (Thickening agent) สารเพิ่มความคงตัว (Stabilizer) และทำหน้าที่เป็นสารที่ทำให้เกิดอิมัลชัน (Emulsifier) (Maran *et al.*, 2013) นอกจากนี้ยังพบว่าเพคตินจากเปลือกผลไม้หลายชนิด สามารถช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของแบคทีเรียแลคติกซึ่งเป็นคุณสมบัติหนึ่งของการเป็นพรีไบโอติกอีกด้วย (Sen *et al.*, 2014; Chatterjee *et al.*, 2016) อย่างไรก็ตามเพคตินที่จำหน่ายทางการค้ามีราคาค่อนข้างสูง การเลือกใช้วัตถุดิบที่มีราคาถูกเพื่อเป็นแหล่งของเพ

คตินจึงเป็นแนวทางหนึ่งในการลดต้นทุนการผลิตคตินได้ เปลือกมะนาวซึ่งเป็นของเหลือทิ้งและไม่ถูกนำไปใช้ประโยชน์จึงเป็นวัตถุดิบหนึ่งที่น่าสนใจสำหรับการสกัดคติน ซึ่งนอกจากจะช่วยลดปริมาณของเสียโดยนำของเสียกลับมาใช้ประโยชน์แล้ว ยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของวัสดุเหลือทิ้งจากผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรอีกด้วย

ในการสกัดคตินนั้นนิยมสกัดโดยการใช้ตัวทำละลาย โดยส่วนใหญ่แล้วตัวทำละลายที่นิยมใช้กรดไฮโดรคลอริก นอกจากนี้สภาวะในการสกัด เช่น อุณหภูมิ และระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดจะส่งผลต่อปริมาณและความบริสุทธิ์ของคตินที่สกัดได้ (Seixas *et al.*, 2014; Tongkham *et al.*, 2017) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดคตินจากเปลือกมะนาว รวมทั้งศึกษาผลของคตินที่สกัดได้ต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียแลคติกเพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการนำคตินไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดคตินจากเปลือกมะนาว
2. ศึกษาผลของคตินที่สกัดจากเปลือกมะนาวต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียแลคติก

วิธีการวิจัย

1. การเตรียมตัวอย่างสำหรับสกัดคติน

สกัดคตินจากเปลือกมะนาว โดยใช้มะนาวพันธุ์แป้น นำเปลือกมะนาวมาล้างทำความสะอาด ปอกเปลือกผิวด้านนอกออกให้เหลือแต่ส่วนที่เป็นผนังผลชั้นกลาง นำมาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ จากนั้นนำไปต้มในเอทานอล 95% (v/v) ในอัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร (w/v) ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที นำเปลือกที่ได้ไปล้างน้ำ แล้วบีบเอาน้ำออก ทำซ้ำ 3 ครั้ง จากนั้นนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส บดด้วยเครื่องบดเพื่อนำไปใช้ในการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดคตินต่อไป (ธานุวัฒน์ ลามตันสุผล และคณะ, 2556)

2. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดคตินจากเปลือกมะนาว

2.1 การศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัดคตินจากเปลือกมะนาว

สกัดคตินจากเปลือกมะนาวด้วยกรดไฮโดรคลอริก โดยดัดแปลงวิธีการสกัดจากธานุวัฒน์ ลามตันสุผล และคณะ (2556) นำเปลือกมะนาว 20 กรัม มาสกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.01 โมลาร์ โดยใช้อัตราส่วนของเปลือกมะนาวบดแห้งต่อกรดไฮโดรคลอริกเท่ากับ 1:12 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร (w/v) นำตัวอย่างไปสกัดในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 60, 80 และ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที จากนั้นนำไปกรองด้วยผ้าขาวบาง แล้วนำเปลือกที่กรองได้ไปสกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกภายใต้สภาวะเดิมซ้ำอีกครั้ง นำสารละลายที่กรองได้จากการสกัดทั้งสองครั้งมา

รวมกันแล้วทำการตกตะกอนเพคตินโดยเติมเอทานอลเข้มข้น 95% ในอัตราส่วนสารละลายต่อเอทานอล 1:1 โดยปริมาตร (v/v) คนผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 ชั่วโมง แล้วกรองแยกเพื่อเก็บตะกอนเพคตินด้วย Buchner Funnel พร้อมทั้งล้างตะกอนเพคตินที่ได้ด้วยเอทานอล 95% และอะซิโตนความเข้มข้น 50% ตามลำดับ นำตะกอนเพคตินที่ได้ไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก และวิเคราะห์ปริมาณเพคตินที่สกัดได้ โดยในแต่ละสภาวะทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

2.2 การศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากเปลือกมะนาว

ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากเปลือกมะนาว โดยนำเปลือกมะนาวที่เตรียมไว้จากข้อ 1 มาสกัดเพคตินด้วยกรดไฮโดรคลอริกโดยใช้อุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัด เป็นระยะเวลา 30, 60 และ 120 นาที ตามวิธีการในข้อ 2.1 จากนั้นนำเพคตินที่สกัดได้ไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสแล้ว นำเพคตินที่ได้ไปชั่งเพื่อวิเคราะห์ปริมาณเพคตินที่สกัดได้ต่อไป โดยในแต่ละสภาวะทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

2.3 การวิเคราะห์ปริมาณเพคติน

วิเคราะห์ปริมาณเพคตินที่สกัดได้โดยการชั่งน้ำหนักแห้ง แล้วนำไปคำนวณหาค่าเฉลี่ย และร้อยละของผลผลิต (% Yield) ดังสมการ

$$\text{ร้อยละผลผลิต} = (\text{น้ำหนักเพคตินที่ได้} / \text{น้ำหนักเปลือกมะนาวที่ใช้}) \times 100$$

3. การศึกษาผลของเพคตินต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียแลคติก

เพาะเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียแลคติก *Lactobacillus plantarum* TISTR 875 ในอาหาร MRS broth ที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นถ่ายเชื้อ 1% (v/v) ลงในอาหาร MRS broth ที่มีเพคตินจากเปลือกมะนาว 1%, 2%, และ 3% (w/v) โดยมีอาหาร MRS ที่ไม่มีเพคตินเป็นชุดควบคุม จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นเก็บตัวอย่างในชั่วโมงที่ 0, 3, 6 และ 24 โดยนำไปวิเคราะห์ผลของเพคตินต่อการเจริญเติบโตของ *L. plantarum* TISTR 875 โดยวิธีการ plate count

ผลและอภิปรายผลการวิจัย

1. การศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากเปลือกมะนาว

จากการศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากเปลือกมะนาวด้วยกรดไฮโดรคลอริกที่อุณหภูมิ 60, 80 และ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที พบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการสกัดให้สูงขึ้น ปริมาณของเพคตินจะเพิ่มขึ้นด้วย โดยอุณหภูมิที่ให้ผลผลิตเพคตินสูงสุดคือการสกัดที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ซึ่งได้น้ำหนักแห้งของเพคตินสูงสุดคือ 7.54 กรัม คิดเป็นร้อยละ 37.70 รองลงมาเป็น

การสกัดที่อุณหภูมิ 80 และ 60 องศาเซลเซียส โดยได้น้ำหนักแห้งของเพคตินเท่ากับ 5.51 และ 3.13 กรัม คิดเป็นร้อยละ 27.57 และ 15.67 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1 จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการสกัดให้สูงขึ้น ปริมาณเพคตินจะเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการสกัดเพคติน โดยส่วนใหญ่แล้วการสกัดเพคตินด้วยกรดจะมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเมื่อใช้อุณหภูมิในการสกัดสูงขึ้น (Masmoudi *et al.*, 2008) อาจเนื่องจากเพคตินเป็นสารที่แทรกตัวอยู่ในเนื้อเยื่อพืชและละลายน้ำยากที่อุณหภูมิต่ำ ดังนั้นการใช้อุณหภูมิที่สูงจะเป็นการช่วยเร่งปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ทำให้สามารถสกัดเพคตินออกมาได้มากขึ้นด้วย (ธนาวรรณ สุขเกษม, 2556; เพ็ญวรรตน์ พันธุ์ภัทรชัย และคณะ, 2560; Pagan *et al.*, 2001) โดยผลการทดลองนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ เพ็ญวรรตน์ พันธุ์ภัทรชัย และคณะ (2560) ที่ได้ทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากกระเจี๊ยบเขียว พบว่าที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณเพคตินสูงสุดคิดเป็นร้อยละ 16.15 เช่นเดียวกับการสกัดเพคตินจากเปลือกมันหวาน ที่พบว่าการเพิ่มอุณหภูมิในการสกัดเป็น 90 องศาเซลเซียส จะได้ผลผลิตเพคตินที่สูงกว่าการสกัดภายใต้อุณหภูมิต่ำกว่า 90 องศาเซลเซียส (Hamidon *et al.*, 2017) อย่างไรก็ตามหากทำการสกัดที่อุณหภูมิสูงเกินไปพบว่าสามารถทำให้ผลผลิตเพคตินลดลงได้ เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงเกินไปนั้นอาจทำให้เกิดการไฮโดรไลซิสเพคตินเป็นน้ำตาลสายสั้น (Short-chain sugars) ซึ่งไม่สามารถตกตะกอนได้ด้วยเอทานอล ผลผลิตของเพคตินที่ได้จึงลดลง (Canteri-Schemin *et al.*, 2005) โดยเพคตินที่สกัดได้เปลือกมะนาวมีลักษณะเป็นเจลสีเหลืองอ่อน ดังแสดงในภาพที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณเพคตินจากเปลือกมะนาวเมื่อสกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็นเวลา 60 นาที

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้ง (กรัม)	ร้อยละผลผลิต
60	3.13±0.06	15.67
80	5.51±0.08	27.57
95	7.54±0.06	37.71



ภาพที่ 1 ลักษณะของเพคตินที่สกัดได้เปลือกมะนาวก่อนนำไปอบแห้ง

2. ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากเปลือกมะนาว

ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัดเพคติน โดยสกัดเพคตินจากเปลือกมะนาวด้วยกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.01 โมลาร์ ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30, 60 และ 120 นาที พบว่าเปลือกของมะนาวที่สกัดเป็นเวลา 60 นาที ได้น้ำหนักแห้งของเพคตินสูงสุดคือ 7.51 กรัม คิดเป็นร้อยละผลผลิต เท่ากับ 37.57 รongลงมาคือการสกัดเป็นระยะเวลา 120 และ 30 นาที ตามลำดับ โดยได้น้ำหนักแห้งของเพคตินเท่ากับ 6.57 และ 6.21 กรัม คิดเป็นร้อยละ 32.85 และ 31.08 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับสอดคล้องกับงานวิจัยของ Xue *et al.* (2011) และ Himadon *et al.* (2017) ที่พบว่าการสกัดเพคตินที่ระยะเวลา 60-70 นาที ให้ประสิทธิภาพในการสกัดสูงสุด ทั้งนี้การสกัดเป็นเวลานานเกินไปอาจทำให้เกิดการย่อยเพคตินให้มีโครงสร้างเล็กลงและยากต่อการตกตะกอน ทำให้ได้ผลผลิตเพคตินลดลง และขั้นตอนในการสกัดเพคตินควรใช้ระยะเวลาการสกัดด้วยกรดให้น้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เพื่อลดการทำลายโครงสร้างภายในของเพคติน ซึ่งจะส่งผลเสียต่อสมบัติในการเกิดเจลของเพคตินได้ (Xue *et al.*, 2011)

ตารางที่ 2 ปริมาณเพคตินจากเปลือกมะนาวเมื่อสกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกในระยะเวลาต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาในการสกัด (นาที)	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้ง (กรัม)	ร้อยละผลผลิต
30	6.21±0.04	31.08
60	7.51±0.07	37.57
120	6.57±0.08	32.85

3. การศึกษาผลของเพคตินต่อการเจริญของแบคทีเรียแลคติก

เพื่อศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการใช้เพคตินที่สกัดจากเปลือกมะนาวเป็นแหล่งของพรีไบโอติก จึงได้ศึกษาผลของเพคตินที่ความเข้มข้น 1, 2 และ 3% (w/v) ต่อการเจริญของแบคทีเรียแลคติก *L. plantarum* TISTR 875 พบว่าในช่วง 3 ชั่วโมงแรกของการเพาะเลี้ยง การเจริญของแบคทีเรียแลคติกในแต่ละชุดการทดลองไม่แตกต่างกันมากนัก อย่างไรก็ตามเมื่อทำการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 6 ชั่วโมงพบว่า *L. plantarum* TISTR 875 มีการเจริญเพิ่มขึ้นในชุดการควบคุมที่มีไม่มีเพคติน และชุดการทดลองที่มีเพคติน 1 และ 2% (w/v) โดยพบว่าแบคทีเรียแลคติกมีการเจริญสูงสุดในชุดการทดลองที่มีการเติมเพคติน 2% (w/v) ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยเชื้อมีการเจริญเติบโตสูงที่สุดเท่ากับ 7.30×10^8 CFU/ml ส่วนการเติมเพคตินที่ระดับ 1% (w/v) พบว่าแบคทีเรียแลคติกมีการเจริญใกล้เคียงกับการชุดควบคุมที่ไม่มีการเติมเพคติน นอกจากนี้พบว่าชุดการทดลองที่มีการเติมเพคตินที่ระดับ 3% (w/v) มีการเจริญเติบโตของแบคทีเรียแลคติกช้ากว่าชุดการทดลองอื่นๆ ดังแสดงในตารางที่ 3 จากผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการเสริมเพคตินที่ระดับความเข้มข้น 2% (w/v) ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ สามารถส่งเสริมการเจริญของ *L. plantarum* TISTR 875 ได้ดีที่สุด ทั้งนี้การที่เพคตินจากเปลือกมะนาวส่งเสริมการเจริญของแบคทีเรียแลคติกได้นั้น อาจเนื่องมาจากปริมาณของน้ำตาลที่อยู่ในตัวอย่างที่สกัดได้ รวมทั้งความเป็นไปได้ว่าใน

ขั้นตอนการสกัดเพคตินนั้นได้ผลิตภัณฑ์บางส่วนเป็น pectin oligosaccharide ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติกที่ช่วยส่งเสริมการเจริญของแบคทีเรียแลคติกได้ สอดคล้องกับตามที่ได้มีรายงานว่าเพคตินสามารถส่งเสริมการเจริญของแบคทีเรียแลคติกกลุ่มแลคโตบาซิลัสได้ (กรวิทย์ สักแกแก้ว, 2563) และเช่นเดียวกับ Chatterjee *et al.* (2016) ที่พบว่าเพคตินที่สกัดจากกล้วย แดงโม มะเขือเทศ และฝรั่ง สามารถส่งเสริมการเจริญของแบคทีเรียแลคติกในกลุ่ม *L.casei*, *L. acidophilus* และ *Bifidobacterium bifidum* นอกจากนี้พบว่าเพคตินจากเปลือกแอปเปิล ส้ม และมะนาว ช่วยส่งเสริมการเจริญของ *B. bifidum* และ *L. acidophilus* ได้ภายใต้สภาวะพีเอช 2-8 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเพคตินจากเปลือกผลไม้มีคุณสมบัติของการเป็นพรีไบโอติกที่ช่วยส่งเสริมการเจริญและการอยู่รอดของโพรไบโอติกในสภาวะที่มีความเป็นกรดต่ำสูงของระบบทางเดินอาหารได้ (Sen *et al.*, 2014)

ตารางที่ 3 ผลของเพคตินที่สกัดจากเปลือกมะนาวต่อการเจริญเติบโตของ *L. plantarum* TISTR 875

ระยะเวลา (ชม.)	การเจริญเติบโตของ <i>L. plantarum</i> TISTR 875 (CFU/ml)			
	ไม่มีเพคติน	1% (w/v) เพคติน	2% (w/v) เพคติน	3% (w/v) เพคติน
0	1.69×10^6	1.72×10^6	1.68×10^6	1.70×10^6
3	1.46×10^7	1.98×10^7	1.22×10^7	1.30×10^7
6	2.44×10^8	2.31×10^8	7.30×10^8	7.80×10^7
24	4.40×10^7	5.50×10^7	9.00×10^7	1.61×10^8

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการสกัดเพคตินจากเปลือกมะนาวโดยใช้กรดไฮโดรคลอริกพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดคือสกัดที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที โดยให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของเพคตินสูงสุด 7.54 กรัม คิดเป็นร้อยละของผลผลิตเท่ากับ 37.70 และเมื่อนำเพคตินจากเปลือกมะนาวไปศึกษาความสามารถในการส่งเสริมการเจริญของ *L. plantarum* TISTR 875 พบว่าเชื่อมีการเจริญเติบโตสูงสุดเมื่อเพาะเลี้ยงในอาหาร MRS ที่มีเพคติน 2% (w/v) ภายหลังจากการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 6 ชั่วโมง โดยมีการเจริญสูงสุด เท่ากับ 7.30×10^8 CFU/ml แสดงให้เห็นว่าเพคตินจากเปลือกมะนาวสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของแบคทีเรียแลคติกได้ ซึ่งเป็นคุณสมบัติหนึ่งที่สำคัญของการเป็นพรีไบโอติก อย่างไรก็ตาม ในการนำเพคตินไปใช้ประโยชน์ควรจะมีการศึกษาถึงคุณสมบัติในการเกิดเจล ความบริสุทธิ์ และคุณสมบัติอื่นๆ เพิ่มเติม รวมถึงเปรียบเทียบคุณสมบัติของเพคตินจากเปลือกมะนาวที่สกัดได้กับเพคตินทางการค้าเพื่อให้ทราบความเป็นไปได้ในการนำไปใช้อุตสาหกรรมอาหาร และหากต้องการนำเพคตินที่ได้ไปใช้เพื่อเป็นพรีไบโอติก ควรมีการวิเคราะห์องค์ประกอบและปริมาณของ pectin oligosaccharide ในเพคตินที่สกัดได้ รวมถึงศึกษากระบวนการเตรียม pectin oligosaccharide และศึกษาคุณสมบัติอื่นๆ ของการเป็นพรีไบโอติกต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณสาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์ เครื่องมือและสถานที่ในการดำเนินงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- กรวิทย์ สักแกแก้ว. (2563). คุณประโยชน์ของเพคตินจากอาหารเหลือทิ้ง. *วารสารวิทยาลัยดุสิตธานี*, 14(1), 487-499.
- ธนาวรรณ สุขเกษม. (2556). การสกัดเพคตินจากกะหล่ำปลีภูทับเบิก. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซียฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 10(2), 262-268.
- ธนาวัฒน์ ลาภตันสุขผล, ปฎิมา ทองขวัญ และ ศิริลักษณ์ สรงพรมทิพย์. (2556). การสกัดเพคตินจากเปลือกผัก และผลไม้. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, 4(2), 433-436.
- เพ็ญวิรัตน์ พันธภัทรชัย, อัจฉรา ไชยยา และ โบว์ ถิ่นโพธิ์วงศ์. (2560). สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากกระเจี๊ยบเขียว ใน สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย, *รายงานการประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยระดับชาติครั้งที่ 8 และระดับนานาชาติครั้งที่ 10 ประจำปี 2560* (237-242). นนทบุรี: สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย.
- Canteri-Schemin, M.H., Ramos, Fertonani H.C., Waszczynskyj, N., and Wosiacki G. (2005). Extraction of pectin from apple pomace. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 48(2), 259-266.
- Chatterjee, E., Manuel, S.G., and Hassan, S.S. (2016). Effect of fruit pectin on growth of lactic acid bacteria. *Journal of Probiotics & Health*, 4(2), 1000147.
- Hamidon N.H., and Zaidel D.N.A., (2017). Effect of extraction conditions on pectin yield extracted from sweet potato peels residues using hydrochloric acid. *Chemical Engineering Transactions*, 56, 979-984.
- Maran, P.J., Sivakumar, V., Thirugnanasambandham, K., and Sridhar, R. (2013). Optimization of microwave assisted extraction of pectin from orange peel. *Carbohydrate Polymer*, 97, 703-709.
- Masmoudi, M., Besbes S., Chaabouni, M., Robert, C., Paquot, M., Blecker, C., and Attia H., (2008). Optimization of pectin extraction from lemon byproduct with acidified date juice using response surface methodology. *Carbohydrate Polymers*, 74, 185-192.

- Pagan, J., Ibarz, A., Lorca, M., Pagan, A., Barbosa, C.G.V. (2001). Extraction and Characterization of Pectin from Stored Peach Pomace. *Food Research international*, 24, 605-612.
- Seixas, F.L., Fukuda, D.L., Turbiani, F.R.B., Garcia, P.S., Petkowicz, C.L.O., Jagadevan, S., and Gimenes, M.L. (2014). Extraction of pectin from passion fruit peel (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) by microwave-induced heating. *Food Hydrocolloid*, 38, 186-192.
- Sen, A., Manuel S. G., Kale, R.D. (2014). Fruit waste pectin in enhancing the establishment of probiotic bacteria. *Journal of Nutritional Health & Food Engineering*, 1(3), 124-126.
- Tongkham, N., Juntasalay, B., Lasunon, P. and Sengkhampan, N. (2017). Dragon fruit peel pectin: Microwave-assisted extraction and fuzzy assessment. *Agriculture and Natural Resources*, 51, 262-267.
- Voragen, A.G.J., Pilnik, W., Thibault, J.F., Axelos, M.A.V., and Renard, C.M.G.C., (1995). Pectins. In: Stephen, A.M. (Ed.), *Food polysaccharide and their application*. Marcel Dekker, New York, NY, USA, pp. 287-339.
- Xue, Z.H., Zhang, X., Zhang, Z.J., Liu, J.H., Wang, Y.F., Chen, D.X., and Long, L.S. (2011). Optimization of pectin extraction from citrus peel by response surface methodology. *Food Science*, 18, 128-132.