

ASTC 2021

การประชุมวิชาการระดับชาติวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



ครั้งที่

8



Proceedings

วิทยาศาสตร์ วิจัย นวัตกรรม
น้อมนำศาสตร์พระราชา
เพื่อพัฒนาประเทศ

Academic Science and
Technology Conference

วันศุกร์ที่ 26 มีนาคม 2564

(รูปแบบ Online)

ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ปทุมธานี

		หน้า
AS-P-022	แนวทางการจัดการภูมิทัศน์วัฒนธรรม : กรณีศึกษาชุมชนริมน้ำหนองบัว จังหวัดจันทบุรี	492
AS-P-023	ผลของอุณหภูมิที่มีต่อความต้านทานความร้อนของแบคทีเรียชอบเกลือ และทนความร้อนในน้ำปลาโซเดียมต่ำ	497
AS-P-024	รูปแบบการดื้อยาปฏิชีวนะของเชื้อ <i>Escherichia coli</i> ที่แยกจากฟาร์มสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	506
AS-P-025	การใช้ไมโครเวฟช่วยในการสกัดเพคตินจากเปลือกมะกรูดร่วมกับกรดซิตริก	512
AS-P-026	การใช้โปรตีนรำข้าวหอมมะลิเป็นสารให้โพลีในผลิตภัณฑ์ซีฟฟอนเค้ก	521
AS-P-027	การศึกษาความสามารถในการดูดซับน้ำและการแพร่ผ่านไอน้ำของแผ่นฟิล์มพลาสติกชีวภาพผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลัง กลีเซอรอล และเซลลูโลสที่สกัดจากเปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทอง	529
AS-P-028	ผลของอาหารต่างชนิดต่อการเจริญเติบโตและสีในการเลี้ยงปลาการ์ตูนแดง	537
AS-P-029	ผลการกองของวัสดุเม็ดในภาชนะฮอปเปอร์ร่วมกับพื้นเอียง-พื้นโหลดในระบบเสมือน 2 มิติ	544
AS-P-030	การวิเคราะห์ปัจจัยส่งเสริมสำหรับความพึงพอใจในการเลือกซื้อเสื้อผ้าสำหรับผู้สูงอายุ : กรณีศึกษาพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่	551
AS-P-031	องค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากใบหนานเฉาเหว่ย	558
AS-P-032	ผลของวิธีการปรับปรุงดินต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักสลัดบัตเตอร์เฮด	567
AS-P-033	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผักพื้นบ้านใน อ.เมืองปทุมธานี	574
AS-P-034	การเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของเมล็ดอ่อน 4 สายพันธุ์	582
AS-P-035	ผลของระยะปลูกต่อผลผลิตและองค์ประกอบทางโภชนาการของมะรุม (<i>Moringa oleifera</i> L.) สำหรับใช้เป็นอาหารสัตว์	589
AS-P-036	ผลของวัสดุปลูกต่อปริมาณผลผลิตและคุณภาพของไมโครกรีนข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง	597
AS-P-037	ผลิตภัณฑ์เมล็ดกระดาษกรองน้ำเกลือ	602
กลุ่มวิทยาศาสตร์สุขภาพ (Health Science; HS)		
HS-O-001	การพัฒนาสเปรย์ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์บนพื้นผิวจากสารสกัดกระชาย (<i>Boesenbergia rotunda</i>) และข่า (<i>Alpinia galangal</i>)	608
HS-O-003	เปรียบเทียบผลของการให้คำปรึกษาทางโภชนาการแบบดั้งเดิมและแบบที่ใช้หลักการบริโภคอย่างมีสติต่อการลดน้ำหนักในนักศึกษา มหาวิทยาลัยที่มีภาวะอ้วน	618
HS-O-004	การศึกษาการใช้พลังงานทั้งหมดและเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมแต่ละวันในคนไทยวัยทำงานที่มีพฤติกรรมเนือยนิ่ง	627
HS-O-005	การพัฒนาผลิตภัณฑ์และประเมินความคิดเห็นต่อรูปแบบผลิตภัณฑ์ทาภายนอกจากสารสกัดสมุนไพรกระตือกัดำ	636
HS-O-006	ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการเจ็บป่วยจากอาคารของพนักงานสำนักงานก่อสร้างแห่งหนึ่ง จังหวัดกรุงเทพมหานคร	644
HS-O-007	ปัจจัยการทำนายพฤติกรรมการป้องกันโรคโควิด-19 ของผู้ป่วยโรคเบาหวาน ในพื้นที่โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลพรหมบุรี ตำบลพรหมบุรี อำเภอพรหมบุรี จังหวัดสิงห์บุรี	653

การใช้ไมโครเวฟช่วยในการสกัดเพคตินจากเปลือกมะกรูดร่วมกับกรดซิตริก

Use of microwave-assisted extraction of pectin from kaffir lime peel with citric acid

รัชชนันท์ จันทร์สมุทร์¹ กนกวรรณ ภูมาสี¹ จิรนาถ บุญคง¹ และปิยนุตร์ น้อยดวง^{*1}

Ranchaprat Jeensamut¹, Kanokwan Pumasee¹, Jiranart Boonkong¹, and Piyanoote Noiduang^{*1}

¹หลักสูตร/ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

*ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: piyanoote.noi@siam.edu

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการใช้ไมโครเวฟช่วยในการสกัดเพคตินร่วมกับกรดซิตริก ความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยแปรผันกำลังไฟฟ้าของไมโครเวฟเป็น 300, 650 และ 800 วัตต์ และระยะเวลาสกัดเป็น 1, 3 และ 5 นาที ตามลำดับ พบว่าเมื่อการเพิ่มกำลังไฟฟ้าและเวลาในการให้ความร้อนมากขึ้น ทำให้ร้อยละของผลผลิตของเพคตินเพิ่มขึ้น แต่มีผลลดค่าน้ำหนักสมมูลของเพคติน ค่าร้อยละของหมู่เมทอกซิล และร้อยละของระดับของเอสเทอร์ฟิเคชัน (DE) ของเพคตินที่สกัดได้ ซึ่งการใช้ไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า 300 วัตต์ นาน 1 และ 3 นาที ได้เพคตินชนิดเมทอกซิลสูง เมื่อเพิ่มกำลังไฟฟ้าและเวลามากขึ้น ได้เป็นเพคตินชนิดเมทอกซิลต่ำ ดังนั้นภาวะที่เหมาะสมในการใช้ไมโครเวฟและกรดซิตริกช่วยในการสกัดเพคตินจากเปลือกมะกรูด คือ กำลังไฟฟ้า 800 วัตต์ นาน 3 นาที ได้เพคตินชนิดเมทอกซิลต่ำ มีค่าร้อยละ DE เท่ากับ 27.20 และมีค่าร้อยละการผลผลิตเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีเดิม เท่ากับ 23.55 และเวลาในการสกัดเพคติน ลดลงเป็น 3 นาทีจากวิธีเดิมที่ใช้ 1 ชั่วโมง

คำสำคัญ: เพคติน กรดซิตริก การสกัด ไมโครเวฟ

Abstract

This research studied microwave-assisted extraction of pectin with 10% citric acid. The microwave power was varied to 300, 650 and 800 watts, and extraction times were 1, 3 and 5 minutes, respectively. The result showed that an increase in microwave power and extraction duration led to higher yield of pectin, but reduced the equivalent weight, % methoxyl and %DE of pectin extracted. It was also found that only at microwave power of 300 watts for 1 and 3 minutes produced high methoxyl pectin, while low methoxyl pectin was obtained at higher microwave power and longer duration. The optimum condition of microwave-assisted extraction of pectin from kaffir lime peel using citric acid was 800 watts for 3 minutes. Although this condition produced low methoxyl pectin with DE of 27.20%, it led to higher yield than that obtained from conventional extraction methods around 23.55% as well as its extraction duration was lower to 3 minutes from conventional methods at 1 hour.

Keywords: pectin, citric acid, extraction, microwave heating

บทนำ

เพคติน เป็นโพลีแซ็กคาไรด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลมาก โครงสร้างหลักเป็นกรดกาแลคทูโรนิก (D-galacturonic acid) ที่ต่อกันด้วยพันธะ α -1,4-ไกลโคซิดิก โดยที่หมู่คาร์บอกซิลในโมเลกุลของกรดกาแลคทูโรนิกบางส่วนจะถูก เอสเทอร์ไฟต์ด้วยหมู่เมทิลได้เป็นเมทอกซิลเอสเทอร์ และบางส่วนยังคงเหลือเป็นหมู่คาร์บอกซิลอิสระ เพคตินจะพบมากในผนังเซลล์ของพืช และรอยต่อระหว่างผนังเซลล์ โดยรวมตัวอยู่กับเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส ทำหน้าที่ยึดเกาะผนังเซลล์ให้ติดกันคล้ายเป็นซีเมนต์ เพคตินพบ

มากในพืชสกุลส้ม เช่น ส้ม ส้มโอ มะนาว และมะกรูด และนอกจากนี้ยังมีอยู่ในพืชบางชนิด เช่น แอปเปิ้ล มะเฟือง ฝรั่ง และมะม่วง เป็นต้น⁽¹⁾

มะกรูด (*Citrus hystrix* DC.) เป็นต้นไม้ขนาดเล็กในสกุลส้ม สูง 2-8 เมตร ส่วนที่ใช้ประโยชน์ ได้แก่ ผล เป็นรูปทรงกลมหรือรูปไข่ โคนผลเรียวเป็นจุก ผิวขรุขระ มีต่อมน้ำมัน ผลอ่อนสีเขียวแก่ สุกเป็นสีเหลือง มีรสเปรี้ยว ใบ เป็นใบประกอบที่มีใบย่อยใบเดี่ยว ออกเรียงสลับ ปลายใบและโคนใบมน ขอบใบเรียบ แผ่นใบเรียบเป็นมันสีเขียวเข้ม มีต่อมน้ำมันอยู่ตามผิวใบ มีกลิ่นหอมเฉพาะ ก้านใบมีปีกตุลคล้ายใบ ดอก ออกเป็นช่อตามซอกใบที่ปลายกิ่ง ดอกสีขาว กลีบเลี้ยงมี 5 กลีบ กลีบดอกมี 5 แฉก โคนกลีบดอกติดกัน จากสรรพคุณต่างๆ ที่มีอยู่มากมายในทุกส่วน ทั้งส่วนใบ, ผล, ผิว, เปลือก และน้ำของมะกรูด⁽²⁾ จึงนิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องหอมและเครื่องสำอาง และใช้เป็นเครื่องปรุงแต่งกลิ่นในการประกอบอาหารบางชนิด ซึ่งจะเห็นได้ว่าการใช้อยู่ในวงจำกัด ทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะนำเนื้อส่วนเปลือกของมะกรูดที่เหลือทิ้งจากการนำผิวมะกรูดไปใช้ในการผลิตฟริกแกงเชิงพาณิชย์มาใช้ในการสกัดเพคติน (pectin) ซึ่งเพคตินที่สกัดได้อาจจะใช้เป็นสารเพิ่มความหนืด (thickener), สารให้ความคงตัว (stabilizer) หรือสารทำให้เกิดเจล (gelling agent) เป็นต้น

ในการสกัดเพคติน ต้องคำนึงถึงสภาวะที่เหมาะสมในการสกัด ได้แก่ อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด ระยะเวลาในการสกัด และค่า pH ของตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด ซึ่งการสกัดด้วยวิธีเดิมจะเป็นวิธีการสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิใช้อุณหภูมิสูงที่ 90°C และระยะเวลาในการสกัดนาน 90 นาที ซึ่งวิธีดังกล่าวมีข้อจำกัดในเรื่องของระยะเวลาในการสกัดที่ยาวนาน และมีร้อยละของผลผลิตที่ไม่สูงนัก และนอกจากนี้ยังพบว่าค่า pH เป็นตัวแปรสำคัญในการสกัดที่มีอิทธิพลต่อร้อยละของผลผลิต ส่วนระยะเวลาที่สกัดเพคติน มีผลต่อร้อยละของระดับของเอสเทอร์ฟิเคชัน (DE) อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งจากงานวิจัยของทิพย์ธิดา หนูทรัพย์ และคณะ (2561)⁽⁴⁾ ที่ศึกษาคุณสมบัติและประสิทธิภาพของเพคตินจากเปลือกมะกรูดที่สกัดด้วยกรดซิตริก พบว่าการใช้ความเข้มข้นของกรดซิตริกในการสกัดเพคตินจากเปลือกมะกรูดมากขึ้น จะทำให้มีร้อยละของผลผลิตสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการสกัดด้วยน้ำกลั่น แต่การใช้กรดซิตริกในการสกัด ยังส่งผลต่อสมบัติทางเคมี-กายภาพของเพคตินที่สกัดได้มีความแตกต่างกันด้วย

เมื่อไม่นานมานี้ ได้มีการศึกษาการใช้คลื่นไมโครเวฟร่วมกับการสกัดด้วยตัวทำละลายในการสกัดสารสำคัญ ซึ่งวิธีดังกล่าวมีข้อดี คือ ใช้เวลาน้อยและไม่เปลืองตัวทำละลาย และจากรายงานวิจัยของ Koh, Leong และ Noranizan (2014)⁽³⁾ พบว่าการใช้ไมโครเวฟในการช่วยสกัด โดยใช้เวลา 10 นาที ที่กำลังไฟฟ้าที่ 450, 600 และ 800 วัตต์ มีค่าร้อยละผลผลิตอยู่ระหว่าง 16.72-17.63 ซึ่งสูงกว่าการสกัดวิธีเดิมที่ต้มในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 90°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ที่มีร้อยละผลผลิต เท่ากับร้อยละ 14.59 และเพคตินที่สกัดได้จากทั้งสองวิธีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำงานวิจัยต่อเนื่องจากงานวิจัยของทิพย์ธิดา หนูทรัพย์ และคณะ (2561)⁽⁴⁾ โดยใช้คลื่นไมโครเวฟช่วยในการสกัดเพคตินจากเปลือกมะกรูดร่วมกับกรดซิตริก และเปรียบเทียบค่าร้อยละผลผลิตกับวิธีการสกัดวิธีเดิม และหาสภาวะที่เหมาะสมในการใช้ไมโครเวฟช่วยในการสกัดเพคตินร่วมกับการใช้กรดซิตริก และตรวจสอบสมบัติทางกายภาพต่างๆ ของเพคตินที่สกัดได้ เปรียบเทียบกับวิธีการสกัดวิธีเดิมที่ใช้กรดซิตริกและการให้ความร้อนโดยการต้มในอ่างควบคุมอุณหภูมิ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมเปลือกมะกรูดอบแห้ง

แหล่งที่มาของมะกรูดจากจังหวัดนครปฐม อายุเก็บเกี่ยว 4 เดือนครึ่ง โดยนำมะกรูดที่เหลือใช้จากการทำฟริกแกงเชิงพาณิชย์ (ที่มีการผ่านส่วนผิวสีเขียวออกไปทำฟริกแกง) มาผ่าครึ่ง ส่วนเปลือกนำมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่า ปอกเปลือกผิวมะกรูดสีเขียวออก และล้างน้ำออก จะได้เป็นส่วนเปลือกมะกรูดส่วนเนื้อสีขาว นำเปลือกมะกรูดมาล้างด้วยน้ำให้สะอาดและขยำด้วยเกลือแกง ทำซ้ำๆ จนไม่มีรสขม จากนั้นล้างด้วยน้ำให้สะอาด บีบน้ำออกให้หมดหันเป็นชิ้นเล็กๆ ประมาณ 1x1 เซนติเมตร นำเปลือกที่ได้ไปอบด้วยตู้อบลมร้อน (tray dryer) ที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง เมื่อเปลือกมะกรูดแห้งได้ความชื้นร้อยละ 12 นำไปเก็บในโถดูดความชื้น (desiccator)⁽⁴⁾

2. ศึกษาการสกัดเพคตินจากเปลือกมะกรูดด้วยกรดซิตริก ด้วยวิธีเดิมที่ให้ความร้อนโดยการต้มในอ่างควบคุมอุณหภูมิ เปรียบเทียบกับวิธีที่ใช้ไมโครเวฟช่วยในการสกัด

จากงานวิจัยของทิพย์ธิดา หนูทรัพย์และคณะ (2561)⁽⁴⁾ ที่สกัดเพคตินจากเปลือกมะกรูดด้วยกรดซิตริกที่ความเข้มข้นต่างๆ คือ ร้อยละ 5, 10, 20 และ 30 (w/v) ซึ่งผู้วิจัยได้คัดเลือกการใช้กรดซิตริก ที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 (w/v) ซึ่งเป็นความเข้มข้นที่ได้เพคตินที่มีร้อยละผลผลิตที่ค่อนข้างสูง และได้เพคตินที่มีความบริสุทธิ์สูงกว่าภาวะอื่นๆ ในการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการสกัดเพคตินด้วยวิธีเดิมที่ให้ความร้อนโดยการต้มในอ่างควบคุมอุณหภูมิ และวิธีที่ใช้ไมโครเวฟช่วยในการสกัด โดยขั้นตอนในการสกัดวิธีเดิม มีดังนี้ ซึ่งเปลือกมะกรูดที่อบแห้ง 10 กรัม เติมกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 10 (w/v) ปริมาตร 140 มิลลิลิตร กวนในอ่างน้ำร้อน ที่อุณหภูมิ 90°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็น 15 นาที กรองด้วยผ้าขาวบาง เก็บส่วนน้ำที่ได้ วัดค่า pH นำส่วนน้ำที่ได้ไปตกตะกอน โดยเติม absolute ethanol (อัตราส่วน 1:3 โดยปริมาตร) คนให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาที กรองด้วยกระดาษกรอง เก็บส่วนตะกอน อบตะกอนที่ได้ในตู้อบลมร้อน (Hot air oven) อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 6-8 ชั่วโมง หรือจนกว่าตะกอนจะแห้งดี ซึ่งน้ำหนักหลังอบ และบดให้เป็นผง ส่วนการสกัดเพคตินจากเปลือกมะกรูดด้วยกรดซิตริกโดยใช้ไมโครเวฟช่วยในการสกัด มีขั้นตอนการสกัด ดังนี้ ซึ่งเปลือกมะกรูดที่อบแห้ง 10 กรัม เติมกรดซิตริก ความเข้มข้นร้อยละ 10 (w/v) ปริมาตร 140 มิลลิลิตร ใส่ในภาชนะแก้วมีฝาปิด นำเข้าไมโครเวฟใช้กำลังไฟฟ้าที่ 300, 650 และ 800 วัตต์ เป็นเวลา 1, 3 และ 5 นาที ตามลำดับ ดัดแปลงจากวิธีของ Ravalji, N.H., Shah, N., Modi, D.C. and Lambole, V.B. (2012)⁽⁵⁾ กวนและทิ้งให้เย็น 5 นาที และทำการตกตะกอนและอบแห้งเช่นเดียวกับวิธีเดิม จากนั้นนำเพคตินที่สกัดได้จากทั้งสองวิธีมาหาค่า %yield และตรวจสอบสมบัติทางเคมี-กายภาพของเพคตินที่สกัดได้ต่อไป

3. ศึกษาสมบัติทางเคมี-กายภาพของเพคตินที่สกัดด้วยกรดซิตริกโดยใช้ไมโครเวฟช่วยในการสกัด เปรียบเทียบกับเพคตินที่สกัดด้วยกรดซิตริกด้วยวิธีเดิมที่ให้ความร้อนโดยการต้มในอ่างควบคุมอุณหภูมิ และเพคตินทางการค้า

ทำการตรวจสอบสมบัติทางเคมี-กายภาพของเพคตินที่สกัดโดยใช้วิธีที่ใช้กรดซิตริกและไมโครเวฟช่วยในการสกัด เปรียบเทียบกับเพคตินที่สกัดด้วยกรดซิตริก ที่ใช้วิธีการสกัดวิธีเดิมที่ให้ความร้อนโดยการต้มในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 90°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และเพคตินทางการค้า ซึ่งสมบัติทางเคมี-กายภาพที่ตรวจสอบ มีดังนี้ การวิเคราะห์น้ำหนักสมมูล การวิเคราะห์ร้อยละของหมู่เมทอกซิล (%methoxy)⁽⁶⁾ ร้อยละของระดับของเอสเทอร์ฟิเคชัน (%DE)⁽⁷⁾ การวิเคราะห์ปริมาณกรดกลูโคสและฟรุคโทส⁽⁸⁾ ค่าสี โดยใช้เครื่อง Calorimeter ยี่ห้อ Color Flex รุ่น 45/0 (ประเทศสหรัฐอเมริกา) วัดตามระบบ Hunter Lab scale L*, a*, b*

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. การเตรียมเปลือกมะกรูดอบแห้ง

การเตรียมเปลือกมะกรูดส่วนเนื้อสีขาวที่เหลือใช้จากการทำพริกแกงเชิงพาณิชย์ ทำการผ่าครึ่งคั้นน้ำ ล้างด้วยน้ำเปล่าและขยำด้วยเกลือแกงแล้วล้างน้ำหลายครั้ง จนไม่มีรสขม จากนั้นนำเปลือกมะกรูดส่วนเนื้อขาวที่ได้ไปอบด้วยตู้อบลมร้อน (Tray dryer) จนแห้ง ซึ่งมีความชื้น ร้อยละ 12 ดังภาพที่ 1



(a)



(b)

ภาพที่ 1 เปลือกมะกรูดสด (a) และเปลือกมะกรูดอบแห้ง (b)












2. ศึกษาการสกัดเพคตินจากเปลือกมะกรูดด้วยกรดซิตริก ด้วยวิธีเดิมที่ให้ความร้อนโดยการต้มในอ่างควบคุมอุณหภูมิ เปรียบเทียบกับวิธีที่ใช้ไมโครเวฟช่วยในการสกัด

จากการศึกษาการสกัดเพคตินจากเปลือกมะกรูดด้วยกรดซิตริกด้วยวิธีเดิมที่ให้ความร้อนโดยการต้มในอ่างควบคุมอุณหภูมิ เปรียบเทียบกับวิธีที่ใช้ไมโครเวฟช่วยในการสกัด พบว่าภาวะในการให้ความร้อนที่มีร้อยละของผลผลิตมากที่สุด คือ ภาวะที่กำลังไฟฟ้า 800 วัตต์ และระยะเวลาการให้ความร้อน 3 นาที มีค่าร้อยละของผลผลิตสูงสุด เท่ากับ 49.90 และเมื่อนำมาคำนวณหาการเพิ่มขึ้นของร้อยละของผลผลิตโดยเปรียบเทียบกับวิธีเดิมที่สกัดโดยใช้อ่างควบคุมอุณหภูมิ ที่ 90°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง (ร้อยละ 40.39) พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของร้อยละของผลผลิต เท่ากับ 23.55 ส่วนที่กำลังไฟฟ้า 650 วัตต์ เป็นเวลา 5 นาที ได้ค่าร้อยละของผลผลิต รองลงมา เท่ากับ 41.67 ส่วนภาวะที่กำลังไฟฟ้า 300 วัตต์ และระยะเวลาการให้ความร้อน 1 นาที มีค่าร้อยละของผลผลิตน้อยที่สุด เท่ากับ 9.10 (ตารางที่ 1) ซึ่งจะเห็นว่า การเพิ่มระยะเวลาในการให้ความร้อนที่มากขึ้น จะทำให้อุณหภูมิของเปลือกมะกรูดหลังการให้ความร้อนสูงขึ้น และมีผลทำให้ร้อยละการผลผลิตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้น ประมาณ 90°C จะช่วยให้กรดซิตริกทำงานในการย่อยสลายผนังเซลล์ได้อย่างทั่วถึง และทำให้เพคตินที่อยู่ในชั้นมิลเลลลาเมลลาของผนังเซลล์ออกมาได้มาก แต่ถ้าใช้อุณหภูมิสูงเกินไป มีผลทำให้สายโพลีเมอร์ของเพคตินถูกตัดให้สั้นลง ส่งผลต่อค่าร้อยละของผลผลิต ทำให้มีค่าลดลง⁽⁹⁾ ส่วนที่กำลังไฟฟ้าและเวลาในการให้ความร้อนที่ให้อุณหภูมิหลังการให้ความร้อนที่ต่ำกว่า 90°C จะได้อุณหภูมิของผลผลิตลดลงไป อาจเกิดจากการกรดซิตริกย่อยสลายผนังเซลล์ได้น้อยลง ทำให้เพคตินที่อยู่ในชั้นมิลเลลลาเมลลาหลุดออกมาได้ไม่หมด ทำให้มีค่าร้อยละของผลผลิตต่ำกว่า⁽¹⁰⁾ และสอดคล้องกับงานวิจัยของชวินัญญ์ สิทธิศิริรัตน์ และคณะ (2548)⁽¹¹⁾ พบว่าการสกัดเพคตินจากเปลือกและกากผลส้ม โดยเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดที่แตกต่างกันในช่วงอุณหภูมิต่างๆ โดยการสกัดที่อุณหภูมิต่ำ ทำให้สารละลายกรดที่ใช้ในการสกัดเข้าสู่เนื้อเยื่อพืช และย่อยสลายผนังเซลล์ ทำให้โมเลกุลเพคตินออกจากเนื้อเยื่อพืชได้ในอัตราที่ต่ำ จึงทำให้ได้ปริมาณเพคตินน้อย แต่ถ้าเพิ่มอุณหภูมิของการสกัดให้สูงขึ้น พบว่าประสิทธิภาพของการสกัดสูงขึ้น เนื่องจากสารละลายกรดจะย่อยสลายผนังเซลล์ได้ดี โมเลกุลเพคตินที่อยู่ในผนังเซลล์ สามารถละลายออกมาได้มากกว่าอุณหภูมิสูงที่ 80°C ทำให้ได้ปริมาณเพคตินสูงที่สุด หลังจากนั้นอุณหภูมิที่สูงขึ้นก็จะมีผลต่อการสกัดเพคติน

จากการสกัดเพคตินจากเปลือกมะกรูดด้วยกรดซิตริก ความเข้มข้นร้อยละ 10 (w/v) โดยวิธีเดิม จะได้เพคตินที่มีสีน้ำตาลอมเหลือง ส่วนการใช้ไมโครเวฟในการช่วยสกัดร่วมกับกรดซิตริกที่ความเข้มข้น ร้อยละ 10 (w/v) ซึ่งจะได้เพคตินที่มีลักษณะแตกต่างกันไป โดยเพคตินที่สกัดด้วยกรดซิตริกที่กำลังไฟฟ้า 300, 650 และ 800 วัตต์ เป็นเวลา 1 นาที จะมีสีน้ำตาลอมเหลือง ส่วนเพคตินที่สกัดด้วยกรดซิตริกที่กำลังไฟฟ้า 300, 650 และ 800 วัตต์ เป็นเวลา 3 และ 5 นาที จะได้เพคตินที่มีสีน้ำตาลเข้มมากขึ้นตามกำลังไฟฟ้าและเวลาในการให้ความร้อนนานมากขึ้น แสดงในตารางที่ 1

เมื่อพิจารณาผลของกำลังไฟฟ้าของไมโครเวฟและเวลาในการให้ความร้อนต่อค่าสีของเพคติน พบว่าภาวะการให้ความร้อนที่กำลังไฟฟ้าสูงๆ และระยะเวลาในการให้ความร้อนเป็นเวลานาน จะส่งผลต่อค่าความสว่าง (L^*) ของเพคติน ทำให้ค่าความสว่าง (L^*) ลดลง ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่าเพคตินที่สกัดด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า 300 วัตต์ เป็นเวลา 1 นาที มีค่าความสว่าง (L^*) มากที่สุด เท่ากับ 69.22 ส่วนที่กำลังไฟฟ้าที่ 800 วัตต์ เป็นเวลา 3 และ 5 นาที มีค่าความสว่าง (L^*) น้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับเพคตินที่สกัดด้วยวิธีเดิม จะเห็นว่าเพคตินที่สกัดได้จากทุกภาวะของการให้ความร้อน มีค่าความสว่าง (L^*) ต่ำกว่าเพคตินทางการคั่ว เนื่องจากการเพิ่มกำลังไฟฟ้าและเวลาในการสกัดมากขึ้น ส่งผลต่ออุณหภูมิของกรดซิตริกที่ใช้ในการสกัดสูงขึ้นด้วย โดยกรดซิตริกที่ใช้จะไปตัดสายของเพคตินให้สั้นลง หรือตัดกิ่งของเพคตินที่น้ำตาลเป็นส่วนประกอบ ทำให้ได้น้ำตาลอิสระเกิดขึ้น และหมู่คาร์บอนิลของน้ำตาลทำปฏิกิริยากับหมู่เอมีนของกรดอะมิโนหรือโปรตีนที่อุณหภูมิสูง เกิดปฏิกิริยามอลาร์ด (Maillard browning reaction) ทำให้เกิดสารเมลานอยดิน (melanoidin) ที่มีสีน้ำตาล⁽¹²⁾ ซึ่งเกิดขึ้นในขั้นตอนการสกัดในอ่างควบคุมอุณหภูมิหรือการใช้ไมโครเวฟ รวมถึงขั้นตอนการอบแห้ง จึงทำให้เพคตินที่สกัดได้มีสีเข้มขึ้น

ตารางที่ 1 ร้อยละของผลผลิตและลักษณะของเพคตินจากเปลือกมะกรูดที่สกัดด้วยกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยวิธีเดิม และวิธีไมโครเวฟ ที่กำลังไฟฟ้า (วัตต์) และเวลาต่างๆ

วิธีการให้ความร้อน	เวลาในการให้ความร้อน (นาที)	อุณหภูมิเฉลี่ยหลังการให้ความร้อน (°C)	ร้อยละของผลผลิต (%yield)	การเพิ่มขึ้นของร้อยละของการผลิต	ลักษณะเพคตินที่สกัดได้
วิธีเดิม (อ่างควบคุมอุณหภูมิ)	60	90	40.39±4.94 ^b	-	
วิธีไมโครเวฟ กำลังไฟฟ้า 300 วัตต์	1	40	9.10±0.60 ^d	-	
	3	64	17.20±2.40 ^d	-	
	5	89	34.45±1.03 ^{bc}	-	
วิธีไมโครเวฟ กำลังไฟฟ้า 650 วัตต์	1	57	11.20±3.30 ^d	-	
	3	82	29.00±0.34 ^c	-	
	5	90	41.67±3.00 ^b	3.17	
วิธีไมโครเวฟ กำลังไฟฟ้า 800 วัตต์	1	72	14.60±0.20 ^d	-	
	3	91	49.90±12.48 ^a	23.55	
	5	93	29.00±1.90 ^c	-	
เพคตินทางการค้า (Grade 150)					

หมายเหตุ ค่า pH โดยประมาณจะอยู่ระหว่าง 1.72 ถึง 1.77 ของตัวทำละลายที่ใช้สกัด

ค่า± หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายข้อมูล

^{a-d} ที่กำกับในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 2 ค่าสีของเพคตินจากเปลือกมะกรูดที่สกัดด้วยกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยวิธีเดิมและวิธีไมโครเวฟ ที่กำลังไฟฟ้า (วัตต์) และเวลาต่างๆ

วิธีการสกัด	ค่าสี		
	L*	a*	b*
วิธีเดิม (อ่างควบคุมอุณหภูมิ)	56.58±0.29 ^f	0.68±0.05 ^e	9.32±0.35 ^h
วิธีไมโครเวฟกำลังไฟฟ้า 300W 1M	69.22±0.53 ^b	0.86±0.98 ^e	15.92±0.42 ^f
วิธีไมโครเวฟกำลังไฟฟ้า 300W 3M	66.90±1.63 ^c	1.05±0.08 ^{de}	15.33±0.33 ^f
วิธีไมโครเวฟกำลังไฟฟ้า 300W 5M	64.21±0.04 ^d	2.58±1.00 ^a	19.69±0.16 ^c
วิธีไมโครเวฟกำลังไฟฟ้า 650W 1M	66.16±0.54 ^c	2.10±0.10 ^{abc}	16.66±0.53 ^e
วิธีไมโครเวฟกำลังไฟฟ้า 650W 3M	59.77±1.83 ^e	2.23±0.37 ^{ab}	17.45±0.31 ^d
วิธีไมโครเวฟกำลังไฟฟ้า 650W 5M	55.78±0.82 ^s	1.82±0.08 ^{bc}	15.96±0.33 ^f
วิธีไมโครเวฟกำลังไฟฟ้า 800W 1M	55.20±1.80 ^s	-0.61±0.10 ^f	14.12±0.50 ^s
วิธีไมโครเวฟกำลังไฟฟ้า 800W 3M	53.05±0.64 ^h	2.10±0.13 ^{abc}	21.00±0.12 ^b
วิธีไมโครเวฟกำลังไฟฟ้า 800W 5M	54.10±0.70 ^{sh}	1.54±0.20 ^{cd}	23.00±0.44 ^a
เพคตินทางการค้า เกรด 150	86.60±0.10 ^a	0.80±0.03 ^e	9.65±0.07 ^h

หมายเหตุ ค่า± หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายข้อมูล

^{a-h} ที่กำกับในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ส่วนสมบัติทางเคมีของเพคตินที่สกัดด้วยกรดซิตริกและไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้าและเวลาต่างๆ กัน พบว่าเพคตินที่สกัดด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า 300 วัตต์ เป็นเวลา 1 นาที มีค่าน้ำหนักสมมูลมากที่สุด เท่ากับ 811.78 และเมื่อให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า และเวลานานมากขึ้น พบว่ามีค่าน้ำหนักสมมูลลดลง ตามลำดับ โดยเพคตินที่สกัดด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า 800 วัตต์ เป็นเวลา 5 นาที ทั้งนี้เนื่องจากกำลังไฟฟ้าของไมโครเวฟและเวลาในการสกัดมากขึ้น ส่งผลต่ออุณหภูมิของกรดซิตริกที่ใช้ในการสกัดสูงขึ้น และกรดซิตริกจะไปตัดพันธะ α -1,4-ไกลโคซิดิกของสายของเพคตินให้สั้นลงหรือตัดหมู่เมทิลออกไป จึงทำให้เพคตินที่สกัดได้มีน้ำหนักสมมูลลดลง^(9,13) ดังแสดงผลในตารางที่ 3 และเมื่อเปรียบเทียบกับเพคตินที่สกัดด้วยวิธีเดิมที่ให้ความร้อนโดยการต้มในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 90°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง พบว่ามีค่าน้ำหนักสมมูล เท่ากับ 284.67 ซึ่งจะเห็นว่าการสกัดวิธีเดิมใช้ระยะเวลาในการให้ความร้อนที่นานกว่า จึงมีผลทำให้ค่าน้ำหนักสมมูลลดลง ซึ่งมีรายงานว่าการใช้กรดในการสกัดเพคตินที่อุณหภูมิเดียวกัน แต่ใช้ระยะเวลาในการสกัดต่างกัน จะมีผลทำให้ค่าน้ำหนักสมมูลที่ได้แตกต่างกัน⁽⁶⁾ ซึ่งจะมีค่าใกล้เคียงกับภาวะในการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า 800 วัตต์ เป็นเวลา 1 นาที ส่วนเพคตินทางการค้า พบว่ามีค่าน้ำหนักสมมูลสูงที่สุด เท่ากับ 1,415.67 แสดงว่าเพคตินทางการค้า จะมีความยาวของสายโพลีเมอร์ของกรดกาแลคทูโรนิกมากกว่า และสัมพันธ์กับปริมาณหมู่เมทอกซิลในโมเลกุลของเพคตินด้วย ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบกับเพคตินที่ถูกสกัดด้วยกรดซิตริกที่ความเข้มข้น ร้อยละ 10 จึงมีหมู่คาร์บอกซิล (-COOH) มีมากกว่าหมู่เมทอกซิล (-COOCH₃) การแตกตัวจึงให้ค่า pH ต่ำ หรือมีหมู่กรดมาก ส่งผลให้มีน้ำหนักสมมูลของเพคตินลดลง ส่วนเพคตินทางการค้า มีค่าน้ำหนักสมมูลสูง แสดงว่ามีหมู่เมทอกซิลมาก กว่าหมู่คาร์บอกซิล⁽¹⁴⁾

ส่วนค่าร้อยละของหมู่เมทอกซิล (%methoxy) และร้อยละของระดับของเอสเทอร์ฟิเคชัน (%DE) ของเพคติน จะมีความสัมพันธ์กัน (ตารางที่ 3) จากการสกัดเพคตินด้วยไมโครเวฟร่วมกับกรดซิตริกทุกภาวะในการให้ความร้อน พบว่าที่กำลังไฟฟ้า 300 วัตต์ เป็นเวลา 1 นาที จะมีค่าสูงที่สุด เท่ากับร้อยละ 10.40 และมีค่าร้อยละ DE เท่ากับ 73.00 รองลงมา คือ ที่กำลังไฟฟ้า 300 วัตต์ เป็นเวลา 3 นาที ได้ค่าร้อยละของหมู่เมทอกซิล เท่ากับ 8.63 และค่าร้อยละ DE เท่ากับ 59.50 ซึ่งค่า DE ที่มากกว่าร้อยละ 50 จัดเป็นเพคตินชนิดเมทอกซิลสูง (HM-pectin)⁽¹²⁾ ส่วนเพคตินที่สกัดด้วยกรดซิตริกร่วมกับไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้าและเวลาเพิ่มมากขึ้น จะมีค่าร้อยละของหมู่เมทอกซิล และร้อยละ DE ลดลง ตามลำดับ ซึ่งค่าร้อยละ DE ที่น้อยกว่า 50 จัดเป็นเพคตินชนิดเมทอกซิลต่ำ (LM-

pectin)⁽¹²⁾ และเมื่อเปรียบเทียบกับเพคตินที่สกัดด้วยวิธีเดิม พบว่ามีค่าร้อยละของหมู่เมทอกซิล เท่ากับ 2.82 และค่าร้อยละ DE เท่ากับ 20.53 ซึ่งจัดเป็นเพคตินชนิดเมทอกซิลต่ำ (LM-pectin) ส่วนเพคตินทางการค้า พบว่ามีค่าร้อยละของหมู่เมทอกซิลมากที่สุด เท่ากับ 16.70 และค่าร้อยละ DE เท่ากับ 86.98 ซึ่งมีค่ามากกว่า 50 จึงจัดเป็นเพคตินชนิดเมทอกซิลสูง (HM-pectin)

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์น้ำหนักสมมูล, %methoxy, %DE และปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกของเพคตินจากเปลือกมะกรูดที่สกัดด้วยกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยวิธีเดิมและวิธีไมโครเวฟ ที่กำลังไฟฟ้า (วัตต์) และเวลาต่างๆ

วิธีการสกัด	น้ำหนักสมมูล	%methoxy	%DE	กรดกาแลคทูโรนิก (%)
วิธีเดิม (อ่างควบคุมอุณหภูมิ)	284.67±6.02 ^f	2.82±0.54 ^g	20.53±2.51 ⁱ	41.27±4.18 ^g
วิธีไมโครเวฟกำลังไฟฟ้า 300W 1M	811.78±73.17 ^b	10.40±0.40 ^b	73.00±1.74 ^b	53.30±2.80 ^f
วิธีไมโครเวฟกำลังไฟฟ้า 300W 3M	527.59±29.42 ^c	8.63±0.30 ^c	59.50±0.82 ^c	59.46±1.63 ^{de}
วิธีไมโครเวฟกำลังไฟฟ้า 300W 5M	421.12±8.96 ^d	7.20±0.20 ^d	49.22±0.14 ^e	61.57±1.06 ^{cde}
วิธีไมโครเวฟกำลังไฟฟ้า 650W 1M	571.00±24.92 ^c	6.33±0.11 ^e	53.84±0.62 ^d	57.41±1.86 ^{ef}
วิธีไมโครเวฟกำลังไฟฟ้า 650W 3M	526.38±26.50 ^c	5.60±0.30 ^e	48.34±2.41 ^e	63.67±1.96 ^{bcd}
วิธีไมโครเวฟกำลังไฟฟ้า 650W 5M	380.20±6.54 ^{de}	4.20±0.30 ^f	33.71±1.51 ^g	66.00±1.98 ^{bc}
วิธีไมโครเวฟกำลังไฟฟ้า 800W 1M	324.50±19.20 ^{ef}	7.54±0.74 ^d	44.00±1.00 ^f	63.47±1.32 ^{bcd}
วิธีไมโครเวฟกำลังไฟฟ้า 800W 3M	209.14±2.35 ^g	5.53±0.20 ^e	27.20±0.50 ^h	67.46±1.36 ^b
วิธีไมโครเวฟกำลังไฟฟ้า 800W 5M	173.96±5.03 ^g	5.80±1.01 ^e	23.04±2.35 ⁱ	66.58±1.84 ^b
เพคตินทางการค้า เกรด 150	1,415.67 ± 110.40 ^a	16.70±0.07 ^a	86.98±0.90 ^a	93.50±4.83 ^a

หมายเหตุ ค่า± หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายข้อมูล

^{a-i} ที่กำกับในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ส่วนค่าปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก แสดงถึงความบริสุทธิ์ของเพคติน โดยตามมาตรฐานของ FAO กำหนดให้เพคตินทุกประเภทต้องมีปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก ไม่น้อยกว่าร้อยละ 65⁽¹⁵⁾ จะเห็นว่าเพคตินทางการค้าที่มีปริมาณของกรดกาแลคทูโรนิก ร้อยละ 93.50 ขณะที่เพคตินที่สกัดด้วยกรดซิตริกและไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้าและเวลาต่างๆ กัน (ตารางที่ 3) พบว่าปริมาณของกรดกาแลคทูโรนิก มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 53.30 ถึง 67.46 โดยที่กำลังไฟฟ้า 800 วัตต์ นาน 3 นาที มีปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก สูงที่สุด คือ ร้อยละ 67.46 ส่วนที่ให้กำลังไฟฟ้า 300 วัตต์ นาน 1 นาที จะได้ปริมาณของกรดกาแลคทูโรนิกต่ำกว่าภาวะอื่นๆ เท่ากับร้อยละ 53.30 ซึ่งปริมาณของกรดกาแลคทูโรนิกจะมากหรือน้อยจะขึ้นกับเพคตินที่สกัดได้ ถ้ามีอุณหภูมิสูงมากพอจะทำให้กรดซิตริกย่อยผนังเซลล์ได้ดี และเพคตินหลุดออกมาได้ง่าย ถ้าอุณหภูมิต่ำเกินไปกรดซิตริกย่อยสลายผนังเซลล์ได้น้อย ปริมาณของเพคตินที่สกัดได้จะน้อยลง และมีผลให้ปริมาณของกรดกาแลคทูโรนิกลดลงไปด้วย แต่ถ้าอุณหภูมิสูงเกินไป กรดซิตริกย่อยสลายได้ดี อาจจะมีการปนเปื้อนจากสารประกอบอื่นๆ ที่อยู่ในผนังเซลล์ของพืชได้ นอกจากนี้การใช้กรดซิตริก ที่อุณหภูมิสูง จะช่วยย่อยสลายเพคตินที่เป็นโพลีเมอร์สายยาวของกรดกาแลคทูโรนิกให้สั้นลงได้ จึงทำให้เพคตินไม่สามารถไม่สามารรถอุ้มน้ำให้กลายเป็นเจลได้⁽¹⁴⁾ และเมื่อเปรียบเทียบกับเพคตินที่สกัดด้วยกรดซิตริกที่ใช้วิธีการสกัดวิธีเดิม พบว่าการใช้ไมโครเวฟร่วมกับกรดซิตริกช่วยในการสกัดเพคติน จะให้ปริมาณของกรดกาแลคทูโรนิกที่มากกว่า อาจเนื่องจากการสกัดวิธีเดิมที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส และใช้ระยะเวลาจนถึง 1 ชั่วโมง จะมีผลให้กรดซิตริกย่อยสลายผนังเซลล์ได้มากกว่าแต่สิ่งที่สกัดได้อาจจะไม่ใช่เพคตินทั้งหมด อาจจะมีสารประกอบอื่นๆ ปนเปื้อนมาได้ อย่างเช่น เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส เป็นต้น⁽¹⁶⁾

สรุปผลการวิจัย

ในการสกัดเพคตินจากเปลือกมะกรูดด้วยกรดซิตริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 (w/v) ร่วมกับไมโครเวฟ พบว่าการเพิ่มกำลังไฟฟ้าและระยะเวลาในการให้ความร้อนมากขึ้น จะทำให้อัตราของผลผลิตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ค่าน้ำหนักสมมูล ค่าร้อยละของหมู่เมทอกซิล และร้อยละ DE ของเพคตินลดลง ซึ่งการใช้ไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า 300 วัตต์ เป็นเวลา 1 และ 3 นาที จะได้เพคตินชนิดเมทอกซิลสูง และเมื่อเพิ่มกำลังไฟฟ้าและเวลามากขึ้น จะได้เป็นเพคตินชนิดเมทอกซิลต่ำ และการใช้ไมโครเวฟช่วยในการสกัดเพคติน จะทำให้มีค่าความบริสุทธิ์ของเพคตินเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับวิธีเดิม ดังนั้นภาวะที่เหมาะสมในการใช้ไมโครเวฟร่วมกับกรดซิตริกในการสกัดเพคตินจากเปลือกมะกรูด คือ กำลังไฟฟ้า 800 วัตต์ เป็นเวลา 3 นาที ซึ่งจะได้เพคตินชนิดเมทอกซิลต่ำ มีค่าร้อยละ DE เท่ากับ 27.20 ซึ่งมีค่าร้อยละผลผลิตสูงสุด และมีค่าร้อยละการผลผลิตเพิ่มขึ้น 23.55 เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีเดิม และพบว่าระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดเพคตินสั้นลง เท่ากับ 3 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีเดิมที่ใช้เวลา 1 ชั่วโมง

เอกสารอ้างอิง

1. พรศักดิ์ ศรีอมรศักดิ์. เพคติน: พอลิเมอร์ชีวภาพทางเภสัชกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 1. ภาควิชาเทคโนโลยีเภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม 2551. 188 หน้า.
2. มะกรูด ประโยชน์ของมะกรูด สมุนไพรหลากสรรพคุณคู่ครัวไทย. [อินเทอร์เน็ต] 2558. [เข้าถึงเมื่อ 19 มิ.ย. 2558]. เข้าถึงได้จาก: <http://health.kapook.com/view97811.html>.
3. Koh PC, Leong CM, Noranizan MA. Microwave-assisted extraction of pectin from jackfruit rinds using different power levels. *Int. Food Res. J.* 2014. 21(5): 2091-7.
4. ทิพย์ธิดา หนูทรัพย์, ภัสราภรณ์ ขาวพุ่ม, จิตติประภา พรหมดี, ปิยนุสรณ์ น้อยด่าง. คุณสมบัติและประสิทธิภาพของเพคตินจากเปลือกมะกรูดที่สกัดด้วยกรดซิตริก. ในรายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน ครั้งที่ 6 วันที่ 6 มิถุนายน 2561, ณ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ (พื้นที่ส่วนขยาย มฉก.2) จังหวัดสมุทรปราการ 2561. หน้า 241-6.
5. Ravalji NH, Shah N, Modi DC, Lambole VB. Novel approach for isolation of mucilage from *Luffa acutangula* fruits and screening of its binding property. [Internet] 2012. [cited 2019 December 2] 3(3): 2199-2210. Available from: http://www.pharmasm.com/pdf_files/20130118120137_neha_241.pdf.
6. ธนาวรรณ สุขเกษม. การสกัดเพคตินจากกะหล่ำปลี (*Brassica oleracea* L. var *capitata* L.) ฤทธิ์ยับยั้ง ต่ำบิลวังบาล อำเภอลำทะเมนชัย จังหวัดเพชรบูรณ์. เพชรบูรณ์: มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ สถาบันวิจัยและพัฒนา 2556.
7. Owens HS, McCready RM, Shepard AD, Schultz TH, Phippen EL, Swenson HA, Miers JC, Erlandsen RF, Maclay WD. Methods used at Western Regional Research Laboratory for extraction of pectic materials. *USDA Bur. Agric. Ind. Chem* 1952. p. 9.
8. ขนิษฐา เลิกชัยภูมิ. ปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดเพคตินจากเนื้อเยื่อพืช. [วิทยานิพนธ์วิทยาศาตรมหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร]. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น 2544. 97 หน้า.
9. ฉัตรชัย สังข์มุด, จีราภรณ์ สังข์มุด, จินตนา แก้วชนะ. สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอด้วยสารละลายกรด. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช* 2550. 7(1): 37-46.
10. จีราภรณ์ สังข์มุด. การผลิตและคุณสมบัติของเพคตินผงที่สกัดจากกรงูเขมา. [วิทยานิพนธ์วิทยาศาตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร]. นครศรีธรรมราช: มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ 2549. 139 หน้า.
11. ขวัญรัตน์ สิทธิดิถรรณ์; พิลาณี ไวถนอมสัจย์; จีราพร เชื้อกุก; ปริศนา สิริอาษา. การผลิตเพคตินจากเปลือกและกากผลส้มเหลืองทั้ง ในเรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43: สาขาสัตว สาขาอุตสาหกรรมเกษตร.

- กรุงเทพฯ 2548. หน้า 469-80.
12. นิธิยา รัตนานนท์. เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์ 2553. หน้า 181-5 และหน้า 324-33.
 13. Shaha RK, Punichelvana YNAP, Afandi A. Optimized Extraction Condition and Characterization of Pectin from Kaffir Lime (*Citrus hystrix*). Res. J. Agr. Forest. Sci. 2013; 1(2): 1-11.
 14. ฉัตรชัย สังข์ผุด จีราภรณ์ สังข์ผุด, นพรัตน์ ผาสุข. คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของเพคตินผงที่สกัดจากผลส้มโอ. [วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร]. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2548.
 15. พันธุ์เลิศ พรหมสาขา ณ สกลนคร, อนุวัตร แจ่มชัด, กมลวรรณ แจ่มชัด. การพัฒนากระบวนการผลิตเพคตินจากใบเครือหมาน้อยเรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49: สาขาอุตสาหกรรมเกษตร. กรุงเทพฯ 2554. หน้า 499-507.
 16. อองอาจ เต็ดดวง. การเปรียบเทียบเพคตินสกัดจากฝรั่งสามชนิดกับเพคตินมาตรฐาน. [สารนิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 2553.



การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 8 ประจำปี 2564
“วิทยาศาสตร์ วิจัย นวัตกรรม น้อมนำศาสตร์พระราชา เพื่อพัฒนาประเทศ”
(Academic Science and Technology Conference ASTC2021)

วันศุกร์ที่ 26 มีนาคม 2564

ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

ผู้สนับสนุน