



ASTC2018

การประชุมวิชาการระดับชาติ
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน ครั้งที่ 6

Proceedings

“วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม
ก้าวตามศาสตร์พระราชาสู่การพัฒนาชาติอย่างยั่งยืน”

“Science, Technology and Innovation: Following the Wisdom of King for Sustainable National Development”

Conference Proceedings ASTC2018

วันพุธที่ 6 มิถุนายน พ.ศ. 2561

ณ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ (พื้นที่ส่วนขยาย มฉก.2)
ตำบลบางไฉลง อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ

รหัส	ชื่อเรื่อง	ผู้แต่ง	หน้า
AS-P05	การประยุกต์ใช้น้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ (<i>Mentha piperita</i>) ในการลดการปนเปื้อนของ <i>Escherichia coli</i> ในผักกาดหอม	อุมพร ทาโฮสง/ สุภาวดี ฤทธิบาล	AS-192
AS-P06	ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ในลุ่มน้ำตรัง	ศิริณรรณ ศรีสุนนท์/ ชยรัตน์ ศรีสุนนท์/จางานท์ ศรีเกตุ	AS-198
AS-P07	การศึกษาฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ของน้ำมันหอมระเหยจากใบพลูต่อ <i>Salmonella</i>	อุมพร ทาโฮสง/อนุสรณ์ งามกระบวน	AS-203
AS-P08	ผลของความเป็นกรดต่อการอยู่รอดของ <i>Salmonella Typhimurium</i> ในน้ำพริกกะปิ	ศิริโฉม ทุ่งแก้ว/ธิดารัตน์ ทองภู	AS-210
AS-P09	ไอโซโทมการดูดซับความชื้นของผักแพวทอด	สิริมา ชินสาร/กฤษณะ ชินสาร	AS-217
AS-P10	การวิเคราะห์แอกติวิตีของเอนไซม์แอลกอฮอล์อะซีทิลทรานส์เฟอรัเรสในแตงไทย	อินทพูน ผางดี/วัฒนา อัจฉริยะโพธา	AS-222
AS-P11	ความสามารถในการเผชิญปัญหาและฝ่าฟันอุปสรรค และเจตคติต่อการเรียนวิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 1 ของนักศึกษาระดับปริญญาตรีมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์	ณัฐกาญจน์ นำพันธุ์วิวัฒน์/ กานต์ธิดา ต้นประเสริฐ/ วิริยาภรณ์ กล่อมสังข์เจริญ	AS-227
AS-P12	ผลของสภาวะกรดและต่างต่อสมบัติทางเคมี-กายภาพ และสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนรำข้าว	พัชรพร พิพัฒน์สัตยาวงศ์/จิรนาถ บุญคง/ ภิญโญ แซ่เฮ้ง/นัชชา หงษ์สา	AS-234
AS-P13	คุณสมบัติและประสิทธิภาพของเพคตินจากเปลือกมะกรูดที่สกัดด้วยกรดซิตริก	ทิพย์ธิดา หนูทรัพย์/ภัศราภรณ์ ขาวพุ่ม/ จิตติประภา พรหมดี/ปิยนุสรณ์ น้อยด่าง	AS-241
AS-P14	การพัฒนาสื่อการเรียนรู้เชิงปฏิสัมพันธ์ เรื่องภาษาอังกฤษพื้นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1	ทิพย์ธิดา หนูทรัพย์/ภัศราภรณ์ ขาวพุ่ม/ จิตติประภา พรหมดี/ปิยนุสรณ์ น้อยด่าง	AS-247
AS-P15	การใช้เมล็ดเจีย (<i>Salvia Hispanica</i> L.) เป็นสารทดแทนไข่ในผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกง	กมลทิพย์ เอกธรรมสุทธิ /วรัตมา เกษรสิทธิ์	AS-253
AS-P16	ผลของการทดแทนเมล็ดขนุนที่มีต่อคุณภาพของขนมมันนึ่ง	วีระศักดิ์ ศรีลารัตน์/วิไลพร ก้านสุวรรณ์ /วรรณวิภา ผิวม่วง/ จันทร์ธิดา ผ่องผกา มาศ	AS-258
AS-P17	การศึกษาการใช้แป้งมันเทศสีส้มพันธุ์โอกูดทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์โดนัทเค้ก	พัชรลักษณ์ วัฒนไชย/ ฉัญลักษณ์ ประสานตรี/ ดวงรัตน์ ประดิษฐ์ธรรม/นพวรรณ จงบุตรดี	AS-263
AS-P19	การพัฒนาผลิตภัณฑ์เต้าฮวยข้าวกล้องงอก	อัมณา สุขลิ้ม/กมลชนก เหล่าถาวร/ วรรณภา พาณิชกรกุล/นันท์ภัทร์ ทองคำ	AS-268
AS-P20	การพัฒนาผลิตภัณฑ์เจลลี่ส้มจี๊ด	กนกวรรณ ปุณณะตระกูล/ อัมพล ฤทธิ์สุธี/วสุมิตรา กฤษพิยเดชา/ ประภาพร สันติเพชร	AS-274
AS-P21	ผลการเสริมกระเจียบแดงในน้ำดื่มต่อคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อของไก่กระທ	ณัฐฉาน เพียรสุขเหลือ/รัตนชนก รุ่งกำจัด/ ราชาวดี ยอดเศรณี	AS-279

AS-P13

คุณสมบัติและประสิทธิภาพของเพคตินจากเปลือกมะกรูดที่สกัดด้วยกรดซิตริก**Properties and efficacy of pectin from kaffir lime peel extracted with citric acid**

ทิพย์ธิดา หนูทรัพย์ ภัศราภรณ์ ชาวพุ่ม จิตติประภา พรหมดี และปิยนุตร์ น้อยดั่ง*

Tiptida Nusap, Passaraporn Kaopoom, Jittiprapa promdee and Piyanoote Noiduang*

หลักสูตร/ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

*ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: piyanoot.noi@siam.edu

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ ศึกษาการสกัดเพคตินจากเปลือกมะกรูดด้วยน้ำกลั่น และกรดซิตริกความเข้มข้นต่างๆ เป็น 4 ระดับ คือ ร้อยละ 5, 10, 20 และ 30 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของกรดซิตริกในการสกัดเพคตินมากขึ้น จะทำให้มีร้อยละของผลผลิตที่สูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำกลั่น และสมบัติทางเคมี-กายภาพของเพคตินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นและกรดซิตริกที่ความเข้มข้นต่างๆ พบว่ามีค่าน้ำหนักสมมูล ร้อยละของเมทอกซิล ระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชัน และปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก มีค่าแตกต่างกัน ซึ่งเพคตินที่สกัดด้วยน้ำกลั่น มีค่าน้ำหนักสมมูลและปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกสูงสุด และมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของกรดซิตริก และเพคตินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นและกรดซิตริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 และ 10 เป็นเพคตินชนิดเมทอกซิลสูง ส่วนเพคตินที่สกัดด้วยกรดซิตริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 20 เป็นเพคตินชนิดเมทอกซิลต่ำ และพบว่าเพคตินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นจะได้เจลที่มีความคงตัว และมีความแข็งแรงมากที่สุดในขณะที่การเพิ่มความเข้มข้นของกรดซิตริกมากขึ้นจะได้เจลที่มีความแข็งแรงน้อยลง

คำสำคัญ : เพคติน, เปลือกมะกรูด, กรดซิตริก**Abstract**

This research studied on extraction of pectin from kaffir lime peel with distilled water and citric acid with four levels of concentration (5, 10, 20 and 30%, w/v) at 90°C for 1 hour. The results showed that increasing concentration of citric acid for extraction increased %yields as compared to the extraction by distilled water. The physical and chemical properties of pectin extracted with distilled water and citric acid at different concentrations. The results showed that the equivalent weight, methoxy, the degree of esterification and the amount of galacturonic acid were different. The pectin extracted by distilled water had the highest equivalent weight and galacturonic acid content; however, these values decreased with increasing citric acid concentration. Pectin extracted with distilled water and citric acid at concentrations of 5 and 10% (w/v) was the high methoxyl pectin, while pectin extracted with citric acid at concentration of 20 (w/v) was the low methoxyl pectin. The results indicated that the pectin extracted with distilled water provided highly stable and hardened gel, while increasing citric acid concentration provided a weaker gel.

Keywords: pectin, kaffir lime peel, citric acid**บทนำ**

มะกรูด (Kaffir Lime) ชื่อทางวิทยาศาสตร์ *Citrus hystrix* DC. เป็นพืชในสกุลส้ม (Citrus) เป็นไม้ยืนต้นขนาดเล็ก ผลค่อนข้างกลม มีผลสีเขียวเข้มคล้ายมะนาวผิวเปลือกนอกขรุขระ ขั้วหัวท้ายของผลเป็นจุก ผลอ่อนมีเป็นสีเขียวแก่ มีรสเปรี้ยว สามารถปลูกได้ดีในดินทุกชนิด ขยายพันธุ์โดยการเพาะเมล็ด ให้ผลผลิตตลอดปี ราคาไม่แพง ในมะกรูดนั้นยังอุดมไปด้วยวิตามินซี, ฟลาโวนอยด์, กรด และน้ำมันหอมระเหย นอกจากนี้มะกรูดยังมีสรรพคุณทางยาหลายประการ เช่น ขับเสมหะ แก้ไอ บำรุงหัวใจ บำรุงโลหิต แก้ท้องอืด บำรุงผม เป็นต้น (1) จากสรรพคุณต่างๆ ที่มีอยู่มากมายในทุกส่วน ไม่ว่าจะเป็นใบ, ผล, ผิว, เปลือก และน้ำของมะกรูด จึงนิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องหอมและเครื่องสำอาง และใช้เป็นเครื่องปรุงแต่งกลิ่นในการประกอบอาหารบางชนิด และการแปรรูปเป็นมะกรูดแช่อิ่ม ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีการใช้อยู่ในวงจำกัด ทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะนำมะกรูดที่เหลือทิ้งจากการนำผิวมะกรูดไปใช้ในการผลิตพริกแกงเชิงพาณิชย์มาใช้ในการสกัดเพคติน (pectin) ซึ่งเพคตินเป็น

สารประกอบโพลีแซคคาไรด์ที่พบได้ในเปลือกของผักและผลไม้ เช่น มะนาว มะกรูด กัลย แอปเปิ้ล สตรอเบอร์รี่ สับปะรด เป็นต้น ซึ่งเพคตินจะทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความหนืด (thickener), การเกิดเจล (gelling agent), สารให้ความคงตัว (stabilizer), การเกิด emulsifier และ cation-binding agent เป็นต้น

ในการสกัดเพคติน ต้องคำนึงถึงสภาวะที่เหมาะสมในการสกัด ได้แก่ อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด ระยะเวลาในการสกัด และค่า pH ของตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ได้กล่าวถึงในแต่ละงานวิจัย ตัวอย่างเช่น Liew, Chin และ Yusof (2014) (2) ศึกษาอิทธิพลของ pH และเวลาในการสกัดที่มีผลต่อร้อยละผลผลิต และองค์ประกอบของเพคตินที่ได้จากเสาวรสแห้ง การสกัดด้วยกรดซิตริก พบว่าร้อยละของผลผลิตของเพคติน และระดับของเมทิลเอสเทอร์พิกแซน (DE) ของเพคตินที่สกัดได้ อยู่ระหว่างร้อยละ 2.25-14.60 และร้อยละ 41.67-67.31 ตามลำดับ และพบว่าค่า pH เป็นตัวแปรสำคัญในการสกัดที่มีอิทธิพลต่อร้อยละของผลผลิต ส่วนระยะเวลาที่สกัด มีผลต่อค่า DE อย่างมีนัยสำคัญ ส่วน Chan และ Choo (2013) (3) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดเพคตินจากเปลือกโกโก้ พบว่าเพคตินถูกสกัดได้จากเปลือกโกโก้โดยใช้สารสกัดที่เป็นน้ำ, กรดซิตริกที่ pH 2.5 หรือ 4.0 หรือกรดไฮโดรคลอริกที่ pH 2.5 หรือ 4.0 จะให้ร้อยละของผลผลิต (%yield) แตกต่างกันในช่วงร้อยละ 3.38-7.62 ปริมาณกรดยูโรนิกของเพคตินอยู่ในช่วงร้อยละ 31.19-65.20 ค่า DM ของเพคตินที่สกัดได้ มีค่าระหว่างร้อยละ 7.17-57.86 และค่า DA อยู่ระหว่างร้อยละ 1.01-3.48 ซึ่งร้อยละของผลผลิตสูงสุดของเพคติน เท่ากับร้อยละ 7.62 จากการสกัดด้วยกรดซิตริกที่ pH 2.5 โดยใช้ อัตราส่วน 1:25 (w/v) ที่อุณหภูมิ 95°C นาน 3 ชั่วโมง และปริมาณกรดยูโรนิกสูงสุด เท่ากับร้อยละ 65.20 จากการสกัดด้วยน้ำ โดยอัตราส่วน 1:25 (w/v) ที่อุณหภูมิ 95°C นาน 3 ชั่วโมง และงานวิจัยของชินานาฏ และ สมัชญ์ (2557) (4) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอ โดยแปรชนิดของกรดที่เหมาะสมที่ใช้ในการสกัดแตกต่างกัน 3 ชนิด คือ กรดไฮโดรคลอริก กรดไนตริก และกรดอะซิติก ความเข้มข้น 1.0 M พบว่าปริมาณเพคตินที่สกัดได้มีค่าสูงสุด เมื่อใช้กรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น 1.0 M ที่อุณหภูมิ 80°C และพบว่าเพคตินที่สกัดได้มีค่าสูงสุด เมื่อใช้เวลาในการสกัดเท่ากับ 90 นาที เมื่อเพิ่มเวลาในการสกัดมากขึ้น พบว่าไม่มีผลต่อปริมาณเพคตินที่สกัดได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของกรดซิตริกที่มีต่อสมบัติและประสิทธิภาพของเพคตินที่สกัดจากเปลือกมะกรูด ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการเลือกใช้สภาวะในการสกัดเพคติน และการนำเพคตินไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมเปลือกมะกรูดอบแห้ง

นำมะกรูดที่เลือกใช้จากการทำพริกแกงเชิงพาณิชย์ที่ปอกเอาผิวสีเขียวออกแล้วมาผ่าครึ่ง ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่า ชัดดูด้วยเกลือแกง และล้างน้ำออก จะได้เป็นส่วนเปลือกกับส่วนเนื้อมะกรูด นำมะกรูดมาล้างด้วยน้ำเปล่าและขยาดด้วยเกลือแกง ทำสลับกันหลายๆ ครั้งหรือจนกว่ามะกรูดจะหมดรสขม ล้างด้วยน้ำให้สะอาด บีบน้ำออกให้หมด หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ประมาณ 1×1 เซนติเมตร นำเปลือกที่ได้ไปอบด้วยตู้อบลมร้อน (Tray dryer) ที่อุณหภูมิ 60°C นาน 3-4 ชั่วโมง เมื่อมะกรูดแห้ง ซึ่งจะมีความชื้น ประมาณร้อยละ 12 จากนั้นนำไปเก็บในโถดูดความชื้น (Desiccator)

2. ศึกษาการใช้กรดซิตริกช่วยในสกัดเพคตินจากเปลือกมะกรูด

ทำการสกัดเพคตินจากเปลือกมะกรูดโดยใช้น้ำกลั่น และกรดซิตริกที่ความเข้มข้นต่างๆ ซึ่งขั้นตอนการสกัดดำเนินการตามขั้นตอนการดำเนินงานดัดแปลงจากวิธีของ ธนิญพร (2548) (5) ดังนี้ ชั่งเปลือกมะกรูดที่อบแห้ง 50 กรัม เดิมตัวทำละลายปริมาตร 700 มิลลิลิตร (น้ำกลั่น, กรดซิตริก ความเข้มข้นร้อยละ 5, 10, 20 และ 30 (w/v)) กวนในอ่างน้ำร้อน ที่อุณหภูมิ 90°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็น 15 นาที กรองด้วยผ้าขาวบาง เก็บส่วนน้ำที่ได้ไปตกตะกอน วัดค่า pH นำส่วนน้ำที่ได้เติม Absolute Ethanol (อัตราส่วน 1:3 โดยปริมาตร) คนให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาที กรองด้วยกระดาษกรอง ล้างด้วย Absolute Ethanol (pH เป็นกลาง) เก็บส่วนตะกอน อบตะกอนที่ได้ในตู้อบลมร้อน (Hot air oven) อุณหภูมิ 60°C เวลา 6-8 ชั่วโมง หรือจนกว่าตะกอนจะแห้ง ชั่งน้ำหนักหลังอบ หาค่าร้อยละผลผลิต (% yield) และบดให้เป็นผงละเอียด แล้วนำไปตรวจสอบสมบัติทางเคมี-กายภาพ

3. ศึกษาสมบัติทางเคมี-กายภาพของเพคตินที่สกัดได้จากน้ำกลั่นและกรดซิตริกความเข้มข้นต่างๆ เปรียบเทียบกับเพคตินทางการค้า

นำเพคตินที่สกัดได้จากน้ำกลั่น และกรดซิตริก เปรียบเทียบกับเพคตินทางการค้า มาตรวจสอบสมบัติทางเคมี-กายภาพของเพคติน มีดังนี้

1. การวิเคราะห์น้ำหนักสมมูล ร้อยละของเมทอกซิล (%methoxy) และระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชัน (%DE) (ดัดแปลงจาก ธนาวรรณ สุขเกษม, 2556) (6)
2. การวิเคราะห์ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก (ดัดแปลงจาก องอาจ เต็ดดวง, 2553) (7)
3. การหาปริมาณ Jelly grade (ตามวิธีของฉัตรชัย สังข์ผุด และคณะ, 2550) (8) โดยเตรียมเพคตินตามวิธีของ commercial pectin preparation food (CPPF) นำมาทดสอบเกรดของเพคตินด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (texture analyzer) ซึ่งจะแสดงอยู่ในรูปของแรงกด (compressive) เป็นแรงที่ส่งผลกระทบต่อวัตถุค่าที่ได้จะอยู่ในรูปของแรง (นิวตัน) ขนาดหัวกด 20 mm, Perspex cylinder probe (P/20) โดยใช้ความเร็วในการเคลื่อนที่ 10 มิลลิเมตรต่อวินาที และระยะทาง 20 มิลลิเมตร แล้ววัดค่าแรงที่ทำให้เจล แตกของเพคตินที่สกัดได้เปรียบเทียบกับค่าแรงที่ได้จากเพคตินทางการค้า (Grade 150)
4. ค่าสี ด้วยระบบ CIE L* a* และ b* โดยใช้เครื่อง Colorimeter ยี่ห้อ Color Flex รุ่น 45/0 (ประเทศสหรัฐอเมริกา)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. การเตรียมเปลือกมะกรูดอบแห้ง

เปลือกมะกรูดอบแห้งที่ได้ดังรูปที่ 1 มีร้อยละผลผลิต 30.33 จากเปลือกมะกรูดสด และเปลือกมะกรูดแห้ง มีความชื้น ประมาณร้อยละ 12









ภาพที่ 1 เปลือกมะกรูดอบแห้ง

2. ศึกษาการใช้กรดซิตริกช่วยในสกัดเพคตินจากเปลือกมะกรูด

จากการสกัดเพคตินจากเปลือกมะกรูด โดยดัดแปลงจากวิธีของธนัญญา สุภอมรพันธุ์ (2548) (5) โดยการแปรผันชนิดของตัวทำละลายที่ใช้สกัดเป็นน้ำกลั่น และกรดซิตริก ที่ความเข้มข้น ร้อยละ 5, 10, 20 และ 30 (w/v) ซึ่งตัวทำละลายที่ใช้จะมีค่า pH ของลดลง เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของกรดซิตริก ซึ่งจะได้เพคตินจากเปลือกมะกรูดที่มีลักษณะและสมบัติแตกต่างกัน โดยเพคตินที่สกัดด้วยน้ำกลั่น และสกัดด้วยกรดซิตริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 จะมีสีน้ำตาลอมเขียว ส่วนเพคตินที่สกัดด้วยกรดซิตริกที่ความเข้มข้น ร้อยละ 10, 20 และ 30 ลักษณะของเพคตินที่ได้นั้นจะมีสีน้ำตาลอ่อน แสดงในตารางที่ 1 เมื่อเปรียบเทียบร้อยละของผลผลิตเพคตินจากเปลือกมะกรูดที่สกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ พบว่าร้อยละของผลผลิตของเพคตินจากเปลือกมะกรูดที่สกัดด้วยกรดซิตริก ความเข้มข้นร้อยละ 30 มีค่ามากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการสกัดด้วยน้ำกลั่น และกรดซิตริก ความเข้มข้นร้อยละ 5, 10 และ 20 ทั้งนี้เนื่องจากเพคตินจะพบอยู่ในเนื้อเยื่อพืช ที่มีองค์ประกอบของเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส เมื่อมีการใช้กรดในการย่อยสลายเนื้อเยื่อพืชบางส่วนออกไป จะทำให้ได้ปริมาณเพคตินที่สูงกว่าการใช้ น้ำกลั่นในการสกัด โดยกรดจะย่อยสลายส่วนของเซลลูโลส ซึ่งเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ของเนื้อเยื่อพืช และถ้าเพิ่มความเข้มข้นของกรดซิตริกมากขึ้น จะมีประสิทธิภาพในการย่อยได้ดีกว่า ส่งผลให้มีร้อยละของผลผลิตเพิ่มขึ้นด้วย และกรดซิตริกยังสามารถสลายพันธะไกลโคซิดิกได้ ส่งผลให้เพคตินที่ได้มีขนาดโมเลกุลเล็กลง ยิ่งความเข้มข้นของตัวทำละลายมากก็สามารถสลายพันธะได้ดีขึ้น (6, 9)

ค่าสีของเพคตินที่สกัดได้ พบว่าเพคตินที่สกัดด้วยน้ำกลั่น มีค่าความสว่าง (L*) ต่ำที่สุด เท่ากับ 47.22 ทั้งนี้อาจเกิดจากปฏิกิริยามอลลาร์ด (non-enzymatic browning) ซึ่งเกิดจากการใช้อุณหภูมิที่สูงในต้มสกัดเพคติน ซึ่งอุณหภูมิเป็นปัจจัยหนึ่งในการเกิดปฏิกิริยามอลลาร์ดได้ รวมไปถึงปัจจัยอื่นๆ เช่น ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ค่า pH ความชื้น ออกซิเจน กรดอะมิโน เป็นต้น (10) ส่วนเพคตินที่สกัดด้วยกรดซิตริก พบว่าที่ความเข้มข้นร้อยละ 30 มีค่าความสว่าง (L*) มากที่สุด เท่ากับ 54.37 ส่วนเพคตินทางการค้า ที่มีค่า L* เท่ากับ 86.60 ทั้งนี้เนื่องมาจากกรดซิตริกมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้ (10) จะเห็นได้ว่า เพคตินที่ได้จากการใช้กรดซิตริกช่วยในการสกัด มีค่าความสว่าง (L*) มากกว่าเพคตินที่สกัดด้วยน้ำกลั่น

ตารางที่ 1 ค่าร้อยละของผลผลิต ค่าสี และลักษณะปรากฏของพุดดินจากเปลือกมะกรูดที่สกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ

ตัวทำละลายที่ใช้สกัด	ค่า pH ของตัวทำละลายที่ใช้สกัด	ร้อยละของผลผลิต (%yield)	ค่าสี			ลักษณะพุดดินที่สกัดได้
			L*	a*	b*	
PW (น้ำกลั่น)	6.70	6.51±1.01 ^d	47.22±0.89 ^e	-0.19±0.11 ^d	10.30±0.58 ^d	
PC-5 (กรดซิตริก ความเข้มข้น ร้อยละ 5)	2.50	14.87±4.21 ^c	49.97±0.49 ^d	0.36±0.33 ^b	16.57±0.65 ^a	
PC-10 (กรดซิตริก ความเข้มข้น ร้อยละ 10)	2.01	36.90±8.56 ^b	52.52±0.06 ^c	0.05±0.01 ^{cd}	13.72±0.08 ^b	
PC-20 (กรดซิตริก ความเข้มข้น ร้อยละ 20)	1.68	60.95±26.00 ^a	52.84±0.29 ^c	0.21±0.10 ^{bc}	11.68±0.07 ^c	
PC-30 (กรดซิตริก ความเข้มข้น ร้อยละ 30)	1.45	71.13±16.60 ^a	54.37±1.18 ^b	0.91±0.11 ^a	10.75±0.57 ^d	
พุดดินทางการค้า (Grade 150)	-	-	86.60±0.10 ^a	0.80±0.03 ^a	9.65±0.07 ^e	

หมายเหตุ ค่า ± หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายข้อมูล

^{a-e} ที่กำกับในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3. ศึกษาสมบัติทางเคมี-กายภาพของพุดดินที่สกัดได้จากน้ำกลั่นและกรดซิตริกความเข้มข้นต่างๆ เปรียบเทียบกับพุดดินทางการค้า

เมื่อนำพุดดินจากเปลือกมะกรูดที่สกัดด้วยตัวทำละลายที่แตกต่างกัน มาวิเคราะห์ทางด้านเคมี ได้แก่ การวิเคราะห์น้ำหนักสมมูล, ร้อยละของเมทอกซิล (%methoxy), ระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชัน (%DE) และปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก ได้ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 2 พบว่าพุดดินที่สกัดด้วยน้ำกลั่น มีค่าน้ำหนักสมมูลสูงเท่ากับ 1,261.54 ใกล้เคียงกับพุดดินทางการค้าที่มีค่าเท่ากับ 1441.32 แต่พุดดินที่สกัดด้วยกรดซิตริกที่มีความเข้มข้นมากขึ้น พบว่ามีน้ำหนักสมมูลลดลง ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากยิ่งความเข้มข้นกรดซิตริกมากขึ้นทำให้น้ำหนักสมมูลของสารลดลงส่งผลให้มีค่าปริมาณหมู่เมทอกซิลน้อยลง ซึ่งในพุดดินทางการค้าและพุดดินที่สกัดด้วยน้ำกลั่น มีค่าน้ำหนักสมมูลสูง แสดงว่ามีหมู่เมทอกซิลสูง (6) ส่วนค่าร้อยละของเมทอกซิลของพุดดินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นและพุดดินที่สกัดด้วยกรดซิตริกที่มีความเข้มข้นร้อยละ 5 และ 10 พบว่ามีค่าระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชัน มากกว่า 50 ซึ่งจัดเป็นพุดดินชนิดเมทอกซิลสูง ส่วนพุดดินที่สกัดด้วยกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 20 มีค่าร้อยละของเมทอกซิล เท่ากับ 2.35 และมีค่าระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชัน น้อยกว่า 50 เป็นพุดดินชนิดเมทอกซิลต่ำ จะเห็นว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นกรดซิตริกมากขึ้น จะทำให้หมู่เมทอกซิล ของพุดดินลดลง ส่วนพุดดินที่สกัดด้วยกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 30 มีค่าร้อยละของเมทอกซิลต่ำมาก เท่ากับ 0.14 และมีค่าระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชัน เท่ากับ 0.34 มีค่าน้อยมาก ซึ่งอาจจะจัดเป็นกรดพุดติกที่ไม่สามารถเกิดเจลได้ในทุกสภาวะ (10)

ส่วนค่าปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก แสดงถึงความบริสุทธิ์ของพุดดิน ซึ่งพุดดินทางการค้ามีปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก ร้อยละ 86.74 พุดดินที่สกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ นั้น พบว่าการสกัดด้วยน้ำกลั่นมีปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกสูงที่สุด คือ ร้อยละ 67.56 ส่วนพุดดินที่สกัดด้วยกรดซิตริกความเข้มข้นต่างๆ นั้นจะมีปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกลดลงตามความเข้มข้นของตัวทำละลาย คือ ร้อยละ 51.51, 49.03, 25.90 และ 9.63 เนื่องจากพุดดินที่สกัดด้วยกรดซิตริกมีปริมาณของหมู่เมทอกซิลอยู่น้อย เมื่อนำพุดดินที่ได้ไปทำปฏิกิริยากับกรด

ซัลฟิวริกและวัดค่าการดูดกลืนแสงค่าที่ได้ จึงลดลงตามความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริกที่เพิ่มขึ้น (7) จะเห็นว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นกรดซัลฟิวริกมากขึ้น จะทำให้ความบริสุทธิ์ของเพคตินจะลดลง

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์น้ำหนักสมมูล, ร้อยละของเมทอกซิล (%methoxy), ระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชัน (%DE) และปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกของเพคตินจากเปลือกมะกรูดที่สกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ เทียบกับเพคตินทางการค้า

เพคตินที่สกัดได้ (ตัวทำละลาย)	น้ำหนักสมมูล	ร้อยละของเมทอกซิล (%methoxy)	ระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชัน (%DE)	กรดกาแลคทูโรนิก ($\mu\text{g/ml}$)
PW (น้ำกลั่น)	1,261.54 \pm 19.77 ^b	17.72 \pm 0.05 ^a	87.82 \pm 0.18 ^b	67.56 \pm 5.32 ^b
PC-5 (กรดซัลฟิวริก ความเข้มข้น ร้อยละ 5)	786.72 \pm 23.16 ^c	10.52 \pm 0.35 ^a	73.69 \pm 0.57 ^c	51.51 \pm 2.71 ^c
PC-10 (กรดซัลฟิวริก ความเข้มข้น ร้อยละ 10)	455.73 \pm 8.12 ^d	8.39 \pm 0.60 ^b	54.41 \pm 0.92 ^d	49.03 \pm 2.26 ^c
PC-20 (กรดซัลฟิวริก ความเข้มข้น ร้อยละ 20)	185.30 \pm 2.31 ^e	2.35 \pm 0.08 ^c	12.33 \pm 0.44 ^c	25.90 \pm 1.50 ^d
PC-30 (กรดซัลฟิวริก ความเข้มข้น ร้อยละ 30)	113.07 \pm 0.10 ^f	0.14 \pm 0.01 ^d	0.34 \pm 0.01 ^f	9.63 \pm 0.70 ^e
เพคตินทางการค้า (Grade 150)	1441.32 \pm 0.94 ^a	14.29 \pm 0.71 ^a	86.06 \pm 0.82 ^a	86.74 \pm 0.66 ^a

หมายเหตุ ค่า \pm หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายข้อมูล

^{a-f} ที่กำกับในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากนั้นเมื่อนำเพคตินจากเปลือกมะกรูดที่สกัดด้วยน้ำกลั่นและกรดซัลฟิวริกความเข้มข้นต่างๆ มาตรวจสอบสมบัติทางด้านกายภาพ คือ ค่าแรงกด และเกรดของเจลลี่ (Jelly grade) โดยใช้เพคตินทางการค้าเกรด 150 เป็นตัวควบคุม แสดงผลในตารางที่ 3 พบว่าเพคตินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นมีค่าแรงกดสูงสุด เท่ากับ 1.785 นิวตัน เมื่อคิดเป็นเกรดของเจลลี่เท่ากับ 300 ซึ่งเจลลี่ที่ได้มีลักษณะแข็งเป็นก้อนคงรูป ส่วนเพคตินที่สกัดด้วยกรดซัลฟิวริก พบว่ามีค่าแรงกดลดลง ตามลำดับ เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริก เมื่อคิดเป็นเกรดของเจลลี่เท่ากับ 90, 75, 40 และ 30 ตามลำดับ ซึ่งเจลลี่ที่ได้จะมีความคงตัวลดลง และค่อนข้างเหลว (11) เนื่องจากปัจจัยในการเกิดเจลลของเพคตินชนิดเมทอกซิลสูง มีแค่ 2 ปัจจัย คือ ปริมาณน้ำตาลและกรด ในขณะที่เพคตินชนิดเมทอกซิลต่ำ ต้องอาศัยปัจจัยหลายอย่าง ได้แก่ ปริมาณน้ำตาล ความเป็นกรดกรด-ด่าง ปริมาณ Ca^{2+} ปริมาณเพคติน รวมไปถึงอุณหภูมิที่ใช้ในการเกิดเจล (6)

ตารางที่ 3 ค่าแรงกด และเกรดของเจลลี่ (Jelly grade) ของเพคตินจากเปลือกมะกรูดที่สกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ เปรียบเทียบกับเพคตินทางการค้า

เพคตินที่สกัดได้ (ตัวทำละลาย)	แรงกด (นิวตัน)	เกรดของเจลลี่
PW (น้ำกลั่น)	1.785 \pm 0.314 ^a	300
PC-5 (กรดซัลฟิวริก ความเข้มข้นร้อยละ 5)	0.542 \pm 0.043 ^c	90
PC-10 (กรดซัลฟิวริก ความเข้มข้นร้อยละ 10)	0.443 \pm 0.021 ^{cd}	75
PC-20 (กรดซัลฟิวริก ความเข้มข้นร้อยละ 20)	0.255 \pm 0.013 ^{cd}	40
PC-30 (กรดซัลฟิวริก ความเข้มข้นร้อยละ 30)	0.185 \pm 0.007 ^e	30
เพคตินทางการค้า (Grade 150)	0.897 \pm 0.051 ^b	150

หมายเหตุ ค่า \pm หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายข้อมูล

^{a-e} ที่กำกับในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

สรุป

การใช้กรดซัลฟิวริกความเข้มข้น ร้อยละ 5, 10, 20 และ 30 (w/v) ช่วยในสกัดเพคตินจากเปลือกมะกรูด พบว่าการใช้ความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริกในการสกัดเพคตินจากเปลือกมะกรูดมากขึ้น จะมีค่าความเป็นกรดสูงมากขึ้น และ pH ลดลง ซึ่งจะทำให้มีร้อยละของผลผลิตสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับสกัดด้วยน้ำกลั่น และเมื่อเปรียบเทียบสีของเพคตินที่สกัดได้กับเพคตินทางการค้า พบว่าเพคตินที่สกัดได้ทุกสารจะมีสีเข้มกว่าเพคตินทางการค้า

คดีนทางการค้า โดยที่เพคตินที่สกัดด้วยน้ำกลั่น มีค่าความสว่างต่ำที่สุด ส่วนเพคตินที่ใช้ความเข้มข้นของกรดซิตริกที่สูงขึ้น จะมีค่าความสว่างมากขึ้น จากการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี-กายภาพ พบว่าเพคตินที่สกัดด้วยน้ำกลั่น มีค่าน้ำหนักสมมูล ร้อยละของเมทอกซิล และปริมาณกรดกาแลคทูโรนิคสูงสุด และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของกรดซิตริกมากขึ้น มีผลทำให้ค่าต่างๆ ลดลง และพบว่าการใช้น้ำกลั่นและกรดซิตริกที่ความเข้มข้น ร้อยละ 5 และ 10 ในการสกัดเพคติน จะได้เพคตินชนิดเมทอกซิลสูง ซึ่งจะเหมาะสำหรับการใช้ในผลิตภัณฑ์ที่ต้องการการเกิดเจล เช่น แยมและเยลลี่ เป็นต้น แต่ถ้าใช้ความเข้มข้นของกรดซิตริกมากขึ้น (ร้อยละ 20) จะได้เพคตินชนิดเมทอกซิลต่ำ ซึ่งจะเหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความคงตัวหรือความข้นหนืด เช่น โยเกิร์ต นมรสช็อคโกแลต เป็นต้น แต่ถ้าใช้ความเข้มข้นของกรดซิตริกสูงมาก (ร้อยละ 30) จะมีค่าร้อยละของเมทอกซิลและค่าระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชันต่ำมาก ซึ่งอาจจะได้เป็นกรดเพคติก ซึ่งสอดคล้องกับความสามารถในการเกิดเจล และค่าความแข็งของเจล ซึ่งเจลที่ได้จากเพคตินที่สกัดด้วยน้ำกลั่น ที่มีความคงตัวและมีความแข็งมากที่สุด และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของกรดซิตริกมากขึ้น จะได้เจลที่มีความแข็งลดน้อยลง ซึ่งจะเห็นว่าการใช้กรด ซิตริกในการสกัดเพคติน จะช่วยเพิ่มร้อยละของผลผลิตให้สูงขึ้นได้ แต่การใช้กรดซิตริกในการสกัดยังส่งผลต่อสมบัติทางเคมี-กายภาพของเพคตินที่สกัดได้มีความแตกต่างกันด้วย ดังนั้นจึงควรเลือกใช้ให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของงาน ถ้าต้องการเพคตินที่มีสมบัติในการเกิดเจล หรือเพคตินชนิดเมทอกซิลสูง ควรจะใช้กรดซิตริกที่ความเข้มข้นไม่เกินร้อยละ 10 ในการสกัด แต่ถ้าต้องการเพคตินที่มีสมบัติให้ความคงตัวหรือความข้นหนืด หรือเพคตินชนิดเมทอกซิลต่ำ ควรจะใช้ความเข้มข้นของกรดซิตริกมากกว่าร้อยละ 10 แต่ไม่เกินร้อยละ 20

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ที่ให้การสนับสนุนการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. มะกรูด ประโยชน์ของมะกรูด สมุนไพรหลากสรรพคุณคู่ครัวไทย. [อินเทอร์เน็ต]. 2558 [เข้าถึงเมื่อ 19 มิ.ย. 2558]. เข้าถึงได้จาก: สืบค้นจาก <http://health.kapook.com/view97811.html>.
2. Liew, S.Q., Chin, N.L. and Yusof, Y.A. Extraction and Characterization of Pectin from Passion Fruit Peels. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*. 2014. 231-36
3. Chan, S.Y. and Choo, W.S. Effect of extraction conditions on the yield and chemical properties of pectin from cocoa husks. *Food Chemistry*. 2013. 141: 3752-58.
4. ชินานานู วิทยาประชากร และ สมัชญ์ ทวีเกษมสมบัติ. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากวัสดุทางการเกษตร. วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร ฉบับพิเศษการประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5 2557. หน้า 183-89.
5. ธนิญพร สุภอมรพันธุ์. การสกัดเพคตินจากผัก. ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร. คณะวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยสยาม. 2548.
6. ธนวรรณ สุขเกษม. การสกัดเพคตินจากกะหล่ำปลี (*Brassica oleracea* L.var. capitata L.) ภูทับเบิก ตำบลวังบาล อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์. สาขาวิชาชีววิทยา. คณะวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์. 2556.
7. องอาจ เต็ดดวง. การเปรียบเทียบเพคตินสกัดจากฝรั่งสามชนิดกับเพคตินมาตรฐาน. สารนิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 2553.
8. ฉัตรชัย สังข์มุข จีราภรณ์ สังข์มุข จินตนา แก้วชนะ. สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอด้วยสารละลายกรด. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช. 2550. 7(1): 37-46.
9. Shaha, R.K. Punichelvana, Y.N.A.P. and Afandi A. Optimized Extraction Condition and Characterization of Pectin from Kaffir Lime (*Citrus hystrix*) *Research Journal of Agriculture and Forestry Sciences*. 2013. 1(2): 1-11
10. นิธิยา รัตนานนท์. เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 4. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพมหานคร, 2553. หน้า 181-185 และหน้า 324-33.
11. วิศนี วรรณนิยม. การพัฒนาแยมเสาวรสโดยใช้เพคตินจากเปลือกเสาวรส. วิทยาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาการพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่. 2552.