

การเปรียบเทียบวิธีการสกัดเพคตินจากเปลือกมะนาวแป้นโดยใช้วิธีการสกัดแบบดั้งเดิม วิธีการสกัดด้วยน้ำกึ่งวิกฤต วิธีการสกัดด้วยไมโครเวฟ และวิธีการสกัดด้วยอัลตราโซนิก

Comparisons of pectin extraction methods from lime peel by conventional, subcritical water, microwave and ultrasonic methods

อดิศักดิ์ สินโสภา,¹ นิสรา ธรรมวงศ์,¹ อังคณา จันทราพนันท์^{2*}

Adisak Sinsopa,¹ Nisara Thammawong,¹ Angkana Chantaraponpan^{2*}

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมี และกายภาพของเพคตินจากเปลือกมะนาวซึ่งใช้วิธีในการสกัด 4 วิธี คือการสกัดแบบดั้งเดิม การสกัดด้วยน้ำกึ่งวิกฤต การสกัดด้วยไมโครเวฟ และการสกัดด้วยอัลตราโซนิก ผลการศึกษาพบว่าการสกัดเพคตินด้วยน้ำกึ่งวิกฤตให้ร้อยละของผลผลิต (3.91%) สูงกว่าการสกัดแบบดั้งเดิม (3.30%) การสกัดด้วยไมโครเวฟ (2.65%) และการสกัดด้วยอัลตราโซนิก (1.84%) ($p \leq 0.05$) ปริมาณความชื้น (6.90–9.45%) ปริมาณเมทอกซิล (75.75– 1.78%) ระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชัน (75.75– 1.78%) และความสามารถในการอุ้มน้ำ (91.28–92.39%) ของเพคตินที่ได้จากการสกัดทั้ง 4 วิธีไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) เยลลี่จากเพคตินที่สกัดด้วยน้ำกึ่งวิกฤตมีความแข็งแรงของเจลมากกว่าเยลลี่จากเพคตินที่สกัดจากวิธีอื่นๆ ($p \leq 0.05$)

คำสำคัญ: คุณสมบัติเชิงหน้าที่, เยลลี่, ปริมาณเมทอกซิล, ระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชัน

Abstract

The aim of this study was to compare chemical, and physical properties of pectin from lime peel using 4 different extraction methods namely conventional, subcritical water, microwave and ultrasonic methods. It was found that the subcritical water extraction method showed a greater pectin yield (3.91%) than the conventional, microwave and ultrasonic extraction methods (3.30, 2.65 and 1.84%, respectively) ($p \leq 0.05$). Moisture content (6.90–9.45%), methoxyl content (75.75– 1.78%), the degree of esterification (12.36–13.35%) and water holding capacity (91.28–92.39%) was not affected significantly by the various extraction methods used ($p > 0.05$). Jelly prepared from the subcritical water extraction method pectin was found to provide a higher hardness than those of the extraction methods ($p \leq 0.05$).

Keywords: functional properties, jelly, methoxyl content, degree of esterification

¹ นิสิตปริญญาตรี, ² อาจารย์, ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนศาสตร์ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

¹ Undergraduate student, ² Lecturer, Department of Food Technology and Nutrition, Faculty of Technology, Mahasarakham University, Kantharawichai District, MahaSarakhm 44150, Thailand.

* Corresponding author: Angkana Chantaraponpan, Department of Food Technology and Nutrition, Faculty of Technology, Kantharawichai District, Mahasarakham University, MahaSarakhm 44150, Thailand (e-mail: Angkana.noisuwan@gmail.com)



บทนำ

เพคติน (Pectin) เป็นโพลีเมอร์สายยาวของกรดกาแลคทูโรนิก (D-galacturonic acid) เชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคไซด์ที่ตำแหน่ง α -(1-4)^{1,2} เพคตินมีคุณสมบัติเชิงหน้าที่สำคัญหลายประการทำให้ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารมากขึ้นเรื่อยๆ เช่น ใช้เป็นสารที่ก่อให้เกิดเจล (Gelling agent) เป็นสารให้ความข้นหนืด (Thickening agent) และใช้เป็นสารเคลือบ (Coating agent) ผักผลไม้ เป็นต้น² เพคตินที่ใช้ในปัจจุบันนั้นจำเป็นต้องนำเข้าจากต่างประเทศทำให้มีราคาสูง เพื่อเป็นการทดแทนการนำเข้า จึงได้มีงานวิจัยในประเทศเพื่อศึกษาถึงชนิดของพืชที่มีศักยภาพในการเป็นวัตถุดิบเพื่อสกัด เพคตินและพบว่ามะนาว และเปลือกมะนาวเป็นแหล่งที่มีศักยภาพในการเป็นวัตถุดิบสำหรับสกัดเพคตินทางการค้า อย่างไรก็ตามข้อจำกัดในการสกัดเพคตินที่สำคัญคือวิธีการสกัดแบบดั้งเดิมซึ่งใช้กรดไฮโดร คลอริกนั้นแม้ว่าในปัจจุบันจะเป็นวิธีที่นิยมมากที่สุด เนื่องจากให้ร้อยละของผลผลิตเพคตินในปริมาณสูงกว่าการใช้วิธีการอื่นที่มีในขณะนี้แต่วิธีนี้ยังให้ปริมาณผลผลิตที่จำกัดและมีผลกระทบต่อคุณสมบัติทางเคมี กายภาพของเพคติน³ ดังนั้นจึงควรศึกษาเพื่อหาวิธีการสกัดเพคตินที่มีประสิทธิภาพมากกว่าเดิม การใช้น้ำกึ่งวิกฤตสกัดเพคตินจากกากแอปเปิ้ลและเปลือกส้มได้ การสกัดโดยวิธีนี้ช่วยลดต้นทุนในการผลิต มีขั้นตอนการผลิตไม่ซับซ้อน และใช้เวลาในการสกัดน้อย¹ นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าคลื่นอัลตราโซนิกช่วยให้ตัวทำละลายแทรกซึมเข้าไปในวัตถุดิบที่นำมาสกัดเพคตินได้ดียิ่งขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพการถ่ายเทมวลสารเพิ่มสูงขึ้น และยังไปทำลายพื้นผิวบริเวณผนังเซลล์และภายในเซลล์ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดได้มากยิ่งขึ้น⁴ ในปี ค.ศ. 2011 Bagherian et al., ศึกษาการสกัดเพคตินจากส้มโอโดยใช้ไมโครเวฟ พบว่าการสกัดเพคตินซึ่งใช้เวลา 6 นาที และกำลังของไมโครเวฟที่ใช้ในการสกัดคือ 900 W ให้ผลผลิตของเพคตินสูงถึงร้อยละ 27.81⁵ จากข้อมูลตามที่ได้กล่าวมาเบื้องต้นคณะผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาเปรียบเทียบผลของวิธีการสกัดเพคตินจากเปลือกมะนาวในประเทศ

ไทยโดยใช้วิธีการสกัดแบบดั้งเดิม วิธีการสกัดด้วยน้ำกึ่งวิกฤต วิธีการสกัดด้วยอัลตราโซนิก และวิธีการสกัดด้วยไมโครเวฟต่อคุณสมบัติทางเคมี และกายภาพของเพคตินที่ได้จากวิธีการสกัดดังกล่าวเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาวิธีการสกัดเพคตินจากวัตถุดิบที่มีภายในประเทศไทย

วัตถุประสงค์ และวิธีการศึกษา

วัตถุดิบ

มะนาวสายพันธุ์แป้นที่มีลักษณะลูกกลมเปลือกสีเขียวปนเหลือง เก็บเกี่ยวในช่วงเดือนสิงหาคมถึง ตุลาคม 2557 ที่จำหน่ายในตลาดสด เทศบาลเมืองมหาสารคาม อำเภอเมืองมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม

การเตรียมเปลือกมะนาวแป้น

เตรียมเปลือกมะนาวโดยผ่าครึ่งแล้วบีบน้ำมะนาวทิ้ง คว้านเนื้อด้านในออก นำเปลือกที่ได้ไปล้างน้ำสะอาด 2 ครั้ง สะเด็ดน้ำแล้วอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำไปบดและร่อนละเอียดจนได้ผงเปลือกมะนาว จากนั้นต้มผงเปลือกมะนาวในเอธานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที บีบไล่เอธานอลออกจากผงเปลือกมะนาว ล้างผงเปลือกมะนาวด้วยน้ำ และบีบไล่น้ำออกจากผงเปลือกมะนาวให้สะเด็ดน้ำจนหมดก่อนนำไปสกัดเพคตินในขั้นตอนต่อไป

วิธีการสกัดเพคตินจากเปลือกมะนาวแป้น

สกัดเพคตินโดยใช้วิธีการสกัด 4 วิธี คือ 1) การสกัดแบบดั้งเดิมดัดแปลงจาก Bagherian et al. (2011)⁵, 2) การสกัดโดยใช้น้ำกึ่งวิกฤตดัดแปลงจาก Wang et al. (2014)¹, 3) การสกัดโดยใช้ไมโครเวฟดัดแปลงจาก Seixas et al. (2014)⁶, และ 4) การสกัดโดยใช้อัลตราโซนิกดัดแปลงจาก Bagherian et al. (2011)⁵, สภาวะที่ใช้ในการสกัดดังแสดงใน Table 1

Table 1 Extraction conditions of various pectin extraction methods

| Extraction method | Extraction medium | Extraction condition | Equipment |
|-------------------|-------------------|------------------------------------|------------|
| Conventional | HCl 0.05 M | 95°C, 60 min | Water bath |
| Subcritical water | HCl 0.05 M | 120°C, 15 psi, 25 min | Autoclave |
| Ultrasonic | HCl 0.05 M | 45°C, Maximum sonic volume, 25 min | Ultrasonic |
| Microwave | HCl 0.05 M | 300 watt, 20 min | Microwave |

การตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมี

ปริมาณความชื้น AOAC (2000)⁷, เถ้า(AOAC, 2000)⁷ ปริมาณน้ำหนักสมมูลย์ (Equivalent weight, Eq.Wt.) วิเคราะห์ค่า Degree of Esterification (DE) และ ปริมาณเมทอกซิล (Methoxyl content) โดยดัดแปลง จากวิธีของ Wang et al. (2014)¹

การตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

ตรวจวัดความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity) ความหนืดโดยใช้ Bostwick consistometer (Central Scientific, USA) ตรวจวัดค่าสี L*, a* และ b* ของผงเพคติน และหาปริมาณร้อยละของผลผลิตที่ได้ (% Pectin yield) ดัดแปลงจากวิธีของ Wang et al. (2014)¹ ตรวจวัดความแข็งแรง (Hardness) ของเยลลี่ ที่ผลิตจากเพคตินซึ่งสกัดโดยใช้วิธีที่แตกต่างกัน 4 วิธี ด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture analyzer, TA.XT Plus, Stable Micro Systems, Ltd., UK) โดย วัดแรงกดด้วยหัววัดรูปทรงกระบอก P/0.5R ความเร็ว ในการเคลื่อนที่ของหัววัดระหว่างการทดสอบคือ 10 มิลลิเมตรต่อวินาที และกำหนดให้หัววัดเคลื่อนที่ลงไป ในเจลเป็นระยะทาง 8.0 มิลลิเมตร ตรวจวัดค่าสี L*, a* และ b* ของเยลลี่ที่ผลิตจากเพคตินซึ่งสกัดโดยใช้วิธีที่ แตกต่างกัน 4 วิธีโดยใช้เครื่องวัดสี Chroma Meter CR-400 (Minolta, Osaka, Japan)

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์

วางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) แสดงข้อมูลในรูปค่าเฉลี่ย \pm ส่วน เบี่ยงเบนมาตรฐาน นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์

ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้ โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 19 (SPSS, USA)

ผลการศึกษา

เพคตินที่สกัดจากเปลือกมะนาวโดยใช้วิธีการสกัดแบบ ตั้งเดิม น้ำกึ่งวิกฤต ไมโครเวฟและอัลตราโซนิกมี ลักษณะปรากฏดังแสดงใน Figure 1 นำเพคติน ดังกล่าวไปศึกษาคุณสมบัติทางเคมี และกายภาพผล การทดลองเป็นดังนี้

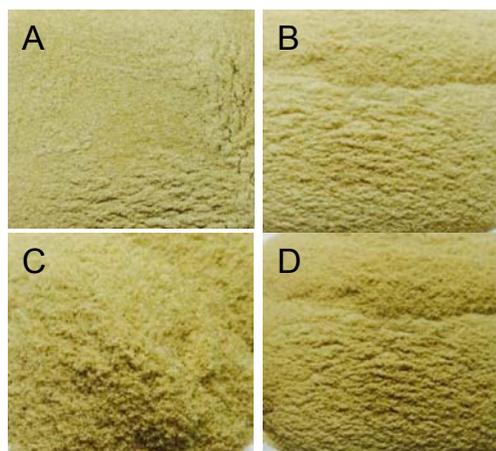


Figure 1 Pectin extracted from conventional (A), subcritical water (B), microwave (C) and ultrasonic methods (D)

คุณสมบัติทางเคมี

คุณสมบัติทางเคมีของเพคตินที่สกัดได้จากวิธีการ ต่างๆ แสดงใน Table 2 พบว่าเพคตินที่สกัดจากวิธีทั้ง



4 มีปริมาณความชื้นไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ในส่วนของปริมาณถั่วที่พบว่ามีปริมาณที่สกัดโดยวิธีการสกัดแบบดั้งเดิม น้ำกึ่งวิกฤต และไมโครเวฟมีปริมาณถั่วไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนวิธีการสกัดโดยอัลตราโซนิกให้เพคตินที่มีปริมาณสูงกว่าเพคตินที่สกัดจากวิธีอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq 0.05$) โดยมีปริมาณถั่วเป็นร้อยละ 4.75 ปริมาณน้ำหนัก

สมมูลย์ของเพคตินที่ได้จากการสกัดด้วยไมโครเวฟมีค่าสูงที่สุดต่างจากเพคตินที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีการสกัดแบบดั้งเดิม และอัลตราโซนิก ($p\leq 0.05$) ปริมาณเมทริกซ์และระดับการเกิดเอสเทอร์ของเพคตินที่ได้จากการสกัดเพคตินทั้ง 4 วิธีนั้นไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$)

Table 2 Chemical and physical properties of pectin obtained from various extraction methods * **

| Chemical and physical properties | Extraction method | | | |
|--|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| | Conventional | Subcritical water | Microwave | Ultrasonic |
| Moisture (%) ^{ns} | 9.45±1.53 | 8.46±0.39 | 8.30±0.20 | 6.90±1.12 |
| Ash (%) | 3.75±0.06 ^a | 3.67±0.04 ^a | 3.68±0.08 ^a | 4.75±0.00 ^b |
| Equivalent weight | 920.32±9.72 ^a | 1036.02±48.17 ^{ab} | 1151.99±112.64 ^b | 938.47±37.28 ^a |
| Methoxyl content (%) ^{ns} | 81.78±2.68 | 81.59±6.69 | 81.74±1.51 | 75.75±4.32 |
| Degree of esterification (%) ^{ns} | 13.35±0.44 | 13.32±0.25 | 13.34±0.70 | 12.36±1.09 |
| Pectin yield (% yield) | 3.30±0.23 ^c | 3.91±0.32 ^d | 2.65±0.18 ^b | 1.84±0.27 ^a |
| Water holding capacity (%) ^{ns} | 91.28±0.92 | 92.37±0.50 | 92.39±0.88 | 91.38±0.12 |
| Viscosity (mm/15s) | 158.30±2.89 ^c | 128.3±10.41 ^b | 93.30±10.41 ^a | 135.00±5.00 ^b |
| Colour | | | | |
| L* ^{ns} | 69.84±0.66 | 70.64±3.11 | 74.01±0.24 | 73.70±2.98 |
| a* | 3.21±0.13 ^c | 3.26±0.40 ^c | 2.98±0.07 ^b | 2.44±0.19 ^a |
| b* | 18.29±0.20 ^a | 22.71±0.26 ^c | 18.93±0.05 ^a | 20.91±0.79 ^b |

* Values within the same row followed by the different letter are significantly different ($p\leq 0.05$).

** ^{ns} = Values within the same row are not significant ($p> 0.05$)

คุณสมบัติทางกายภาพ

วิธีการสกัดที่แตกต่างกันมีผลให้ร้อยละของผลผลิต (% yield) เพคตินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) วิธีการสกัดโดยใช้น้ำกึ่งวิกฤตให้ปริมาณร้อยละของผลผลิตสูงกว่าการสกัดด้วยวิธีอื่นๆ คือ ร้อยละ 3.91 ($p\leq 0.05$) และวิธีการสกัดโดยใช้อัลตราโซนิกให้ปริมาณร้อยละของผลผลิตต่ำกว่าการสกัดด้วยวิธีอื่นๆ คือร้อยละ 1.84 ($p\leq 0.05$) ความสามารถในการอุ้มน้ำของเพคตินที่ได้จากการสกัด 4 วิธีไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 91.28 – 92.39 ความหนืดของสารละลายเพคตินที่ได้จากการสกัดโดยใช้วิธีแบบดั้งเดิมมีค่าสูงกว่าที่สกัดจากวิธีอื่นๆ ($p\leq 0.05$) โดยมีค่าเป็น 158.3 mm/15s และสารละลายเพคตินที่ได้จากการสกัดโดยใช้ไมโครเวฟมีความหนืดต่ำที่สุดคือ 93.3 mm/ 15 s

ค่าสี L* ของเพคตินที่ได้จากการสกัดทั้ง 4 วิธีไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) มีค่าอยู่ในช่วง 69.84-74.01 ค่าสี a* และ b* ของเพคตินที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีทั้งสี่มีค่าอยู่ในช่วง 2.44-3.26 และ 18.29-22.71 ตามลำดับตรวจวัดความแข็งแรง (Hardness) และค่าสี (L*, a* และ b*) ของเยลลี่ด้วยเครื่องวัดสี และเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัสผลการทดลองแสดงใน Table 3 ค่าสี L* และ a* ของเยลลี่จากเพคตินที่สกัดโดยใช้วิธีต่างกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตามค่าสี b* ของเยลลี่จากเพคตินที่สกัดโดยใช้อัลตราโซนิกมีค่าสูงกว่าเยลลี่ชนิดอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) เยลลี่จากเพคตินที่สกัดโดยใช้น้ำกึ่งวิกฤตมีความแข็งแรงของเจลมากกว่าเยลลี่จากเพคตินที่สกัดจากวิธีอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) โดยมีค่าเท่า 0.35 N แสดงให้เห็นว่าเมื่อต้องการเยลลี่ที่มี

ความแข็งเท่ากันสามารถใช้เพกตินจากวิธีสกัดด้วยน้ำ

กึ่งวิกฤตในปริมาณน้อยกว่าเพกตินจากวิธีสกัดวิธีอื่นๆ

Table 3 Hardness and colour (L*, a* และ b*) of jelly prepared by pectin from various extraction methods* **

| Extraction method | Hardness (N) | Colour | | |
|-------------------|------------------------|------------------|------------------|-------------------------|
| | | L* ^{ns} | a* ^{ns} | b* |
| Conventional | 0.23±0.04 ^a | 41.70±2.46 | +2.25±0.35 | +5.87±0.57 ^a |
| Subcritical water | 0.35±0.09 ^b | 40.34±4.58 | +2.52±0.69 | +6.2±0.69 ^a |
| Microwave | 0.19±0.09 ^a | 38.46±3.48 | +2.83±0.54 | +5.48±1.16 ^a |
| Ultrasonic | 0.16±0.02 ^a | 40.46±1.00 | +2.75±0.42 | +8.42±0.92 ^b |

* Values within the same column followed by the different letter are significantly different ($p \leq 0.05$).

** ^{ns} = Values within the same row are not significant ($p > 0.05$)

สรุปผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การสกัดเพกตินจากเปลือกมะนาวด้วยน้ำกึ่งวิกฤตให้ร้อยละของผลผลิตของเพกตินเป็นร้อยละ 3.91 สูงกว่าการสกัดด้วยวิธีอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เพกตินที่สกัดโดยอัลตราโซนิกมีปริมาณแก้วสูงกว่าเพกตินที่สกัดจากวิธีอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ปริมาณน้ำหนักสมมูลยของเพกตินที่ได้จากการสกัดด้วยไมโครเวฟมีค่าสูงที่สุดคือ 1151.99 ต่างจากเพกตินที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีการสกัดแบบดั้งเดิม และอัลตราโซนิก ($p \leq 0.05$) แต่ไม่แตกต่างจากเพกตินที่สกัดด้วยน้ำกึ่งวิกฤต ($p > 0.05$) ความแตกต่างของน้ำหนักสมมูลยระหว่างเพกตินที่สกัดจากวิธีที่ต่างกันนี้อาจเนื่องมาจากกลไกในการสกัดของแต่ละวิธีนั้นแตกต่างกัน ทั้งนี้เพกตินที่มีน้ำหนักสมมูลยสูงแสดงให้เห็นว่าหมู่คาร์บอกซิล (COOH) ภายในโครงสร้างของเพกตินถูกแทนที่ด้วยหมู่เมทอกซิล (COOCH₃) สูงดังนั้นจึงส่งผลให้เพกตินมีน้ำหนักสมมูลยที่สูงขึ้น⁵ ปริมาณเมทอกซิลและระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชันของเพกตินที่ได้จากการสกัดทั้ง 4 วิธีไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 12.36 – 13.35 และร้อยละ 75.75 – 81.78 ตามลำดับ จากข้อมูลดังกล่าวบ่งชี้ว่าเพกตินจากเปลือกมะนาวที่สกัดจากวิธีทั้ง 4 จัดอยู่ในกลุ่มของเพกตินที่มีปริมาณเมทอกซิลสูง (High methoxyl pectin) เนื่องจากมีค่าระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชันมากกว่าร้อยละ 50 ซึ่งจะเกิดเจลได้เมื่อมีของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในระบบ

มากกว่าร้อยละ 55 และมี pH ต่ำกว่า 3.5² ความสามารถในการอุ้มน้ำของเพกตินที่ได้จากการสกัด 4 วิธีไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ทั้งนี้เพกตินทั้งหมดจัดเป็นเพกตินที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำสูงโดยมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 91.28 – 92.39 สูงกว่าเพกตินจากเปลือกและกากส้มซึ่งมีความสามารถในการอุ้มน้ำเท่ากับร้อยละ 84.6±0.36⁶ ความหนืดของสารละลายเพกตินที่ได้จากการสกัดโดยใช้วิธีแบบดั้งเดิมมีค่าสูงกว่าที่สกัดจากวิธีอื่นๆ ($p \leq 0.05$) ค่าสี L* ของเพกตินที่ได้จากการสกัดทั้ง 4 วิธีไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 69.84-74.01 ค่าสี a* และ b* ของเพกตินที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีทั้งสี่มีค่าอยู่ในช่วง 2.44-3.26 และ 18.29-22.71 ตามลำดับ เกลสีจากเพกตินที่สกัดโดยใช้วิธีต่างกันมีค่าสี L* และ a* ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) แต่สี b* ของเกลสีจากเพกตินที่สกัดโดยใช้อัลตราโซนิกมีค่าสูงกว่าเกลสีชนิดอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เกลสีจากเพกตินที่สกัดโดยใช้น้ำกึ่งวิกฤตมีความความแข็งแรงมากกว่าเกลสีจากเพกตินที่สกัดจากวิธีอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการทดลองดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่าวิธีการสกัดเพกตินจากเปลือกมะนาวที่แตกต่างกัน 4 วิธีมีผลต่อคุณสมบัติทางเคมี และกายภาพของเพกติน ทั้งนี้การสกัดเพกตินจากเปลือกมะนาวโดยใช้น้ำกึ่งวิกฤตให้ร้อยละผลผลิตของเพกติน และค่าความแข็งแรงของเกลสีสูงกว่าวิธีอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทาง



สถิติ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่คุณสมบัติทางเคมี และกายภาพอื่นๆ ไม่มีความแตกต่างกับวิธีการสกัดแบบดั้งเดิม ($p > 0.05$) ดังนั้นวิธีการสกัดเพคตินจากเปลือกมะนาวด้วยน้ำกึ่งวิกฤตซึ่งเป็นวิธีการสกัดที่มีข้อดีเช่นต้นทุนในการผลิตต่ำ ขั้นตอนการผลิตไม่ซับซ้อน เวลาที่ใช้ในการสกัดสั้น จึงเป็นวิธีที่มีศักยภาพในการนำไปประยุกต์ใช้สกัดเพคตินในระดับอุตสาหกรรม

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคามที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัยภายใต้โครงการทุนอุดหนุนและส่งเสริมการทำปริญญานิพนธ์ของนิสิตระดับปริญญาตรี งบประมาณเงินรายได้ประจำปี 2557

เอกสารอ้างอิง

1. Wang, X., Chen, Q., Lu, X. Pectin extracted from apple pomace and citrus peel by subcritical water. *Journal of Food Hydrocolloids* 2014; 38: 129-137.
2. นิธิยา รัตนพานนท์. เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์; 2553
3. Chen, H-M., Fu, X., Luo, Z-G. Properties and extraction of pectin-enriched materials from sugar beet pulp by ultrasonic-assisted treatment combined with subcritical water. *Food Chemistry* 2015; 168: 302-310
4. Zhang, L., Ye, X., Ding, T., Sun, X., Xu, Y., Lui, D. Ultrasound effects on the degradation kinetics, structure and rheological properties of apple pectin. *Ultrasonics Sonochemistry* 2013; 20: 222-231.
5. Bagherian, H., Ashtiani, F. Z., Fouladitajar, A., Mohtashamy, M. Homa, B.H., Ashtiani, F.H., Fouladitajar, A.M.M. Comparisons between Conventional, microwave and ultrasound – assisted methods for extraction of pectin from grapefruit. *Journal of Chemical Engineering and Processing Process Intensification* 2011; 50: 1237 - 1243.
6. Seixas, F.L., Fukuda, D.L., Turbiani, F.R.B., Garcia, P.S., Petkowicz, C.L. de O., Jagadevan, S., Gimenes, M.L. Extraction of pectin from passion fruit peel (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) by microwave-induced heating. *Food hydrocolloids* 2014; 38: 186-192.
7. AOAC. *Official methods of analysis of AOAC international*. Arlington, Va: AOAC International; 2000.
8. ชวนิษฐ์ สิทธิดิลกรัตน์, พิลานี ไวกนอมสัตย์, จิราพร เชื้อกุล, ปรีศนา สิริอาษา. การผลิตเพคตินจากเปลือกและกากผลส้มเหลืองทั้ง. การประชุมทางวิชาการ ม.เกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43: สาขาอุตสาหกรรมเกษตร 2548; 469-480.