บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทุเรียน

ทุเรียนเป็นผลไม้ที่สำคัญทางเศรษฐกิจอันดับหนึ่งของจังหวัดจันทบุรีและในภาคตะวันออก นิยมบริโภคกันอย่างกว้างขวางทั้งในประเทศและต่างประเทศ โดยเฉพาะประเทศจีน ซึ่งนำเข้าทุเรียนจากประเทศไทยเป็นจำนวนมากในแต่ละปี ถึงแม้ว่าจะมีผลผลิตเพิ่มมากขึ้นแต่ปริมาณการซื้อขายไม่ได้ลดน้อยลง ได้มีการจัดอันดับไว้โดยยกย่องให้ทุเรียนเป็น “ราชาแห่งผลไม้” การปลูกทุเรียนต้องมีปัจจัยการปลูกประกอบด้วย เช่น ชนิดของดิน สภาพแวดล้อมและอากาศ ดังนั้นพื้นที่ที่สามารถปลูกทุเรียนได้จึงจำกัด จังหวัดที่สามารถปลูกทุเรียนได้ เช่น นนทบุรี จันทบุรี ระยอง ตราด ปราจีนบุรี นครนายก อุตรดิตถ์ และจังหวัดทางภาคใต้ เช่น ชุมพร (กองบรรณาธิการฐานเกษตรกรรม, 2530)

ข้อมูลวิจัยของกลุ่มวิจัยศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี (สุพิทย์ มะระยงค์ และคณะ, 2554) พบว่า ทุเรียน มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Durio zibethinus* L. ชื่อสามัญ คือ Durian เป็นผลไม้เมืองร้อนที่มีแหล่งกำเนิดในสุมาตรา หรือบอร์เนียว มาลายา และแพร่เข้ามาในประเทศไทยเมื่อปี พ.ศ. 2330 จากภาคตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศพม่า และแพร่จากประเทศมาเลเซีย เข้ามาทางใต้ของประเทศไทย จากนั้นจึงแพร่ขยายมาถึงจังหวัดนนทบุรีจนถึงจังหวัดทางภาคตะวันออก โดยปกติทุเรียนที่นิยมปลูกมี 4 พันธุ์ คือ หมอนทอง ชะนี ก้านยาวและกระดุม ส่วนในจังหวัดจันทบุรีพบว่าพันธุ์ทุเรียนที่นิยมปลูกกันมาก คือพันธุ์หมอนทองซึ่งมีการส่งออกจำหน่ายต่างประเทศ ส่วนพันธุ์อื่น เช่น ชะนี ก้านยาว และพวงมณี ซึ่งมีจำหน่ายเพื่อบริโภคเฉพาะในประเทศ

ทุเรียนเป็นผลไม้ที่มีความแปลกทั้งรูปร่างสีสันและรสชาติ นอกจากรับประทานสด ยังมีการนำมาแปรรูปเป็นทุเรียนกวน ทุเรียนทอด และทุเรียนเชื่อม เป็นต้น เมื่อรับประทานทุเรียนสดและนำไปแปรรูปแล้ว ส่วนที่เป็นเศษเหลือทิ้ง คือ เปลือกทุเรียน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 75 ของน้ำหนักทุเรียนทั้งผล และมักเหลือทิ้งเป็นจำนวนมากในฤดูกาลที่ทุเรียนออกผลผลิตมากในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงมิถุนายน ทำให้เกิดปัญหาการกำจัดและสิ่งแวดล้อมตามมา เกษตรกรหรือผู้ประกอบการบางรายนำไปฝังกลบในสวน แต่ก็ต้องใช้พื้นที่ฝังเป็นบริเวณกว้างและรอการย่อยสลายไปเอง แต่ถ้าสามารถนำเปลือกทุเรียนกลับมาใช้ประโยชน์ จะถือว่าเป็นการลงทุนที่คุ้มค่า ลดของเสีย และเพิ่มมูลค่าให้กับเปลือกทุเรียนได้ มีนักวิจัยนำเสนอรายงานการนำเปลือกทุเรียนไปใช้ในหลายรูปแบบ เช่น นักวิจัยจากกลุ่มวิจัยพัฒนาการแปรรูปผลิตผลเกษตร สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร นำเปลือกทุเรียนมาแปรรูปเป็นกระดาษซึ่งมีคุณภาพเด่นเฉพาะตัว ให้เส้นใยเหนียวนุ่มกว่าเนื้อกระดาษสา สามารถนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้หลายชนิด นอกจากนี้ยังสามารถผสมเส้นใยของผักและผลไม้ต่างๆกับเปลือกทุเรียนในการทำกระดาษ ทำให้ได้กระดาษที่มีคุณสมบัติโดดเด่นเฉพาะตัวต่างกันไป เช่น เปลือกมังคุดได้สีม่วงธรรมชาติ เปลือกแก้วมังกรจะได้กระดาษสีม่วงธรรมชาติและผิวสัมผัสนุ่ม ใบเตยจะได้กระดาษที่มีกลิ่นหอมและมีสีเขียว (กันทิมา ลีจันทึก, 2552) สกัดเซลลูโลสจากเปลือกทุเรียน (Penjumras, et al. 2014) สกัดเส้นใยจากเปลือกทุเรียนและนำไปเป็นส่วนประกอบของพลาสติก HDPE (high density polyethylene)

(Charoenvai, 2014) สารสกัดชนิดหนึ่งที่มีอยู่เปลือกผลไม้ คือ เพคติน มีการรายงานการสกัดเพคตินจากเปลือกทุเรียนอยู่บ้างแต่ยังไม่แพร่หลาย (Wai et al., 2009; 2010) ส่วนใหญ่สกัดจากพันธุ์หมอนทอง แต่ในจังหวัดจันทบุรี ยังมีทุเรียนพันธุ์อื่น ๆ ที่ยังไม่ได้มีการศึกษา เช่น พันธุ์พวงมณี

2.2 เพคติน

เพคตินเป็นสารประกอบโพลิเมอร์ที่พบในพืช จัดเป็นสารประกอบคาร์โบไฮเดรตเช่นเดียวกับแป้งและเซลลูโลส ทำหน้าที่เป็นสารที่ทำให้เกิดเจล (Nussinovitch, 1997) ในทางการค้าจะสกัดเพคตินจากเปลือกผลไม้ตระกูลส้ม และกากแอปเปิ้ล การสกัดเพคตินทางการค้าเริ่มขึ้นในศตวรรษที่ 20 และพัฒนาเรื่อยๆ จนถึงปัจจุบัน สารประกอบเพคติน ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างของเซลล์ และเป็นสารที่สำคัญในบริเวณชั้น middle lamella ที่ยึดเหนี่ยวเซลล์เข้าด้วยกัน โดยจับกับเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และไกลโคโปรตีนของผนังเซลล์พืช โดยเฉพาะบริเวณที่มีเนื้อเยื่ออ่อนนุ่ม เช่น ต้นอ่อน ใบ และผลไม้ การสกัดเพคตินนั้นจะใช้วิธีการสกัดด้วยกรดแล้วตกตะกอนด้วยเอธิลหรือเมธิลแอลกอฮอล์ จากนั้นทำให้แห้ง บดให้เป็นผงโดยให้มีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 10 เก็บไว้ในถุงที่สามารถกันความชื้นได้ และควรเก็บรักษาไว้ที่เย็นและแห้งด้วย

เพคตินในทางการค้า มีองค์ประกอบหลักเป็นสารโพลิเมอร์ของหมู่กาแลคทูโรนิกที่ต่อกันด้วยพันธะ α (1-4) โดยโมเลกุลของเพคตินประกอบด้วยกรดกาแลคทูโรนิกที่เชื่อมต่อกันประมาณ 200-1000 หน่วย ส่วนใหญ่เพคตินจะถูกเอสเทอริไฟด์ หรือแทนที่ด้วยหมู่เมทอกซิล โดยใช้สารเอธิลหรือเมธิลแอลกอฮอล์ในการเอสเทอริไฟด์ แต่ในทางธรรมชาติเกิดจากการทำงานของเอนไซม์ที่มีอยู่ในเซลล์พืช หรือเอนไซม์จากเชื้อยีสต์และเชื้อรา

สารประกอบเพคตินจัดเป็นสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลใหญ่ เป็นสารผสมอาหารเพื่อสร้างให้เกิดเนื้อสัมผัสตามต้องการ มีคุณสมบัติพิเศษ คือ เมื่อละลายน้ำจะพองตัวเป็นเจล ตัวทำให้เกิดเจล (gelling agent) ทำให้เกิดความข้นหนืด (thickener) และทำให้เกิดการคงตัว (stabilizer) ในผลิตภัณฑ์อาหารหลายประเภท เช่น แยม เยลลี่ นมและโยเกิร์ต ซอส เครื่องปรุง น้ำเชื่อมเข้มข้น น้ำสลัด และเครื่องดื่ม เป็นต้น นอกจากเพคตินจะใช้ในอุตสาหกรรมเป็นสารผสมอาหารโดยตรงแล้ว ยังนำมาใช้เป็นฟิล์มที่กินได้ (edible film) และฟิล์มที่ย่อยสลายได้ (biodegradable film) ตัวเชื่อมประสาน (adhesives) ป้องกันการกัดกร่อน (corrosion inhibitor) พลาสติไซเซอร์ (plasticizers) ในอุตสาหกรรมยาและเครื่องสำอาง เป็นต้น (Grassino, A.N. et al., 2016; Guo, et al., 2014; Espitia, et al., 2014; Thakur, et al., 1997; Voragen et al., 1995; Koseki et al., 1986) การสกัดเพคตินนิยมใช้การสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย เช่น กรดซัลฟุริก กรดไฮโดรคลอริก และกรดไนตริก (Begum, et al., 2014) และน้ำกลั่น (Santos, et al., 2013)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

เพคตินสามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ประเภท โดยแบ่งตามปริมาณหมู่เมทอกซิล คือ เพคตินชนิดที่มีหมู่เมทอกซิลสูง (High Methoxyl Pectin, HMP) และเพคตินชนิดที่มีหมู่เมทอกซิลต่ำ (Low Methoxyl Pectin, LMP) เพคตินทั้งสองประเภทนี้ จะมีคุณสมบัติการเกิดเจลที่แตกต่างกัน คือ

2.2.1 เพคตินชนิดที่มีหมู่เมทอกซิลต่ำ

เพคตินชนิดที่มีหมู่เมทอกซิลต่ำ เป็นเพคตินที่มีระดับของเมทธิลเอสเทอริฟิเคชั่น (degree of methyl esterification, % DM) (degree of methyl esterification, % DM) น้อยกว่าร้อยละ 50 จะเกิดเจลได้โดยไม่ต้องมีของแข็งที่ละลายได้ (soluble solid) แต่ต้องมีแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) อยู่ประมาณร้อยละ 3 มีของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (total soluble solid) ตั้งแต่ร้อยละ 10-80 ที่พีเอช ช่วงกว้างตั้งแต่ 2.9-5.5 เจลที่ได้จะเป็นชนิด thermoreverible gel เนื้อสัมผัสของเจลจะมีความอ่อนนุ่มและยืดหยุ่นมากกว่าเจลที่ได้จากเพคตินที่มีเมทอกซิลสูง

2.2.2 เพคตินชนิดที่มีหมู่เมทอกซิลสูง

เพคตินชนิดที่มีหมู่เมทอกซิลสูง เป็นเพคตินที่มีระดับของเมทธิลเอสเทอริฟิเคชั่นมากกว่าร้อยละ 50 จะเกิดเจลได้เมื่อมีของแข็งที่ละลายได้ (total soluble solid) มากกว่าร้อยละ 55 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ใช้กับอาหารที่มีพีเอชต่ำกว่า 3.5 (ประมาณ 2-3) เพคตินชนิดนี้ยังแบ่งย่อยออกเป็น 3 ชนิดตามเวลาที่ใช้ในการทำให้เกิดเจล (gel) คือ เกิดเจลได้ช้า (slow set) เกิดเจลเร็วปานกลาง (medium set) เกิดเจลรวดเร็ว (rapid set) และเกิดเจลเร็วมาก (ultra rapid set) ซึ่งระยะเวลาการเกิดเจล จะแตกต่างกันที่ค่าระดับของเมทธิลเอสเทอริฟิเคชั่น การนำเพคตินมาใช้ประโยชน์จึงขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ ค่า pH ของอาหารและชนิดของผลิตภัณฑ์อาหาร (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์, 2553)

2.3 ปัจจัยบ่งชี้คุณภาพเพคติน

การสกัดเพคตินโดยการหาปริมาณเพคตินที่มีอยู่ในพืชเพียงอย่างเดียวนั้นไม่เพียงพอที่จะบอกได้ว่าพืชชนิดนั้นมีคุณสมบัติที่จะสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งของเพคตินในระดับอุตสาหกรรมได้ จำต้องเป็นมีการวิเคราะห์คุณภาพของเพคตินที่เราสกัดได้ โดยมีปัจจัยเกี่ยวข้องดังนี้

2.3.1 ระดับการเกิดเอสเทอริฟิเคชัน

ระดับการเกิดเอสเทอริฟิเคชัน เป็นการหาร้อยละของกรดกาแลคทูโรนิกที่ถูกเอสเทอร์ริไฟด์ด้วยหมู่เมทิล ถ้ามีหมู่คาร์บอกซิลในกรดพอลีกาแลคทูโรนิกทั้งหมดเป็นเอสเทอร์จะมีปริมาณของหมู่เมทอกซิลร้อยละ 16.32 ซึ่งลักษณะนี้จะถือว่าเป็นระดับของการเกิดเอสเทอริฟิเคชั่นร้อยละ 100 (Kertesz. 1951) โดยมีการแบ่งเพคตินตามระดับการเกิดเอสเทอริฟิเคชัน คือ เพคตินชนิดที่มีระดับการเกิดเอสเทอริฟิเคชันมากกว่าร้อยละ 50 ขึ้นไป หรือมีปริมาณเมทอกซิลตั้งแต่ร้อยละ 8.16 ขึ้นไป จัดเป็นเพคตินชนิดที่มีหมู่เมทอกซิลสูง ส่วนเพคตินชนิดที่มีระดับการเกิดเอสเทอริฟิเคชันน้อยกว่าร้อยละ 50 หรือมีปริมาณเมทอกซิลต่ำกว่าร้อยละ 8.16 จัดเป็นเพคตินชนิดที่มีหมู่เมทอกซิลสูง

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

2.3.2 กรดกาแลคทูโรนิก

กรดกาแลคทูโรนิก (galacturoniac acid) คือ การนำเพคตินที่สกัดได้ไปทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟิวริกเพื่อให้ไฮโดรเจนไอออน (H^+) เข้าแทนที่หมู่เมทิลกับไอออนของโลหะ ซึ่งจะทำให้ได้กรดกาแลคทูโรนิกที่มีหมู่คาร์บอกซิลเป็นองค์ประกอบทั้งหมด จากนั้นนำไปทำปฏิกิริยากับสารละลาย

คาร์บาซอลก็จะได้สารละลายสีม่วง แล้วนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงเพื่อหาปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกจากเพคตินที่เราสกัดได้ (ธนาวรรณ สุขเกษม, 2556)

2.3.3 ปริมาณน้ำหนักสมมูล

ปริมาณน้ำหนักสมมูล (equivalent weight) หมายถึง จำนวนกรัมของกรดพอลีกาแลคทูโรนิกบริสุทธิ์ (polygalacturonic acid) โดยขึ้นอยู่กับระดับการเกิดเอสเทอริฟิเคชัน ซึ่งจะสัมพันธ์กับจำนวนกลุ่มของหมู่คาร์บอกซิลอิสระ 1 กรัมโมล ที่สมมูลย์กับไฮดรอกซิล 1 กรัมโมล ซึ่งใช้วิธีการไตเตรตด้วยสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ (ณรงค์ ศิขิรัมย์, 2546)

2.3.4 ปริมาณหมู่เมทอกซิล

ปริมาณหมู่เมทอกซิล (methoxyl content) หมายถึง จำนวนของหมู่เมทอกซิลที่อยู่ในโมเลกุลของเพคติน ปริมาณหมู่เมทอกซิลนี้จะคล้ายกับระดับการเกิดเอสเทอริฟิเคชัน และเป็นตัวแปรสำคัญที่ใช้ในการควบคุมเวลาในการเกิดเจลของเพคติน และความว่องไวในการตอบสนองต่อโพลีวาเลนต์แคตไอออน (polyvalent cation) ซึ่งใช้วิธีการหาโดยการทำปฏิกิริยาสปอนนิฟิเคชั่นของเพคติน และทำการไทเทรตเพื่อหาหมู่คาร์บอกซิลอิสระด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Ranganna, 1986)

2.3.5 ปริมาณหมู่อะซิทิล

ปริมาณหมู่อะซิทิล (acetyl content) ปริมาณอะซิทิลในสารเพคตินที่ได้จากพืชแต่ละชนิดจะมีปริมาณสารเพคตินแตกต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับการทำปฏิกิริยาสปอนนิฟิเคชั่นของเพคติน และนำมาทำปฏิกิริยากับแมกนีเซียมซัลเฟตและกรดซัลฟิวริก โดยกรดซัลฟิวริกจะทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา หลังจากนั้นก็นำไปทำการไทเทรตกับหมู่อะซิทิลอิสระที่เกิดขึ้นกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ จากรายงานของ Ranganna (1986) พบว่าพืชบางชนิด เช่น หัวบีท และดอกทานตะวัน อาจมีหมู่อะซิทิล (acetyl group) ซึ่งจะมีผลทำให้ประสิทธิภาพของการเกิดเจลของเพคตินลดน้อยลง และจากรายงานของ Kertesz (1951) พบว่าหมู่อะซิทิลส่วนมากจะอยู่ที่คาร์บอนในตำแหน่งที่ 2 หรือ 3 โดยจะเกาะที่หมู่ไฮดรอกซิล

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

2.3.6 ปริมาณกรดยูโรนิก

ปริมาณกรดยูโรนิก (anhydrouronic acid) เป็นค่าที่บ่งบอกความบริสุทธิ์ของเพคติน เนื่องจากเพคตินมีองค์ประกอบที่สำคัญ คือ กรดพอลีกาแลคทูโรนิก นอกจากนี้โครงสร้างของเพคตินอาจมีองค์ประกอบอื่นๆ เช่น น้ำตาลแอมบิโนส กาแลคโตส หรือ น้ำตาลตัวอื่น ๆ รวมอยู่ด้วย ซึ่งถ้าเพคตินมีสารเหล่านี้ปนอยู่มากจะทำให้มีปริมาณกรดยูโรนิกต่ำ การหาปริมาณกรดยูโรนิกสามารถทำได้โดยใช้วิธีดิเอสเทอริฟิเคชั่นเพคตินด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ แล้วนำมาทำปฏิกิริยากับสารละลายคาร์บาโซล (Ranganna, 1986) หลังจากนั้นทำการวัดความเข้มของสีที่เกิดขึ้นโดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงเทียบกับกราฟมาตรฐาน

2.3.7 เจลลี่เกรด

เจลลี่เกรด (jelly grade) เป็นค่าที่บ่งบอกความสามารถของเพคตินในการเกิดเจล ซึ่งประเมินได้จากการนำเพคตินที่สกัดได้มาเตรียมเป็นเยลลี่ในสภาวะมาตรฐานกำหนด โดยใช้เพคตินในปริมาณต่าง ๆ หรือใช้ในปริมาณที่แตกต่างกัน จากนั้นนำเยลลี่มาเปรียบเทียบความแข็งกับเยลลี่มาตรฐาน และทำการประเมินค่าเจลลี่เกรด (Ranganna, 1986)

2.4 การนำเพคตินไปใช้ประโยชน์ในอาหาร

ปัจจุบันนิยมนำเพคตินมาใช้ในอาหารประเภทต่างๆ เช่น แยม เยลลี่ เบเกอรี่ เครื่องดื่ม และผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะคล้ายเยลลี่ โดยเพคตินมีหน้าที่ ดังนี้

2.4.1 เป็นตัวทำให้เกิดเจล เพคตินมีคุณสมบัติพิเศษ คือ เมื่อรวมตัวกับน้ำตาลและกรดในปริมาณที่เหมาะสม เกิดเป็นเจลที่อ่อนนุ่ม นิยมนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ แยมหรือเยลลี่

2.4.2 เป็นสารที่ทำให้เกิดการข้นหนืดของผลิตภัณฑ์อาหาร

2.4.3 เป็นสารที่ทำให้เกิดการคงตัว (stabilizer) ป้องกันการตกตะกอนของนมเปรี้ยว ซึ่งทำหน้าที่ป้องกันการตกตะกอนโปรตีนเคซีน

2.4.4 เป็นสารที่ทำหน้าที่เป็นตัวประสาน (emulsifier) ทำให้เกิดการคงตัวโดยทำหน้าที่ลดแรงตึงผิวระหว่างเฟสของน้ำมันและน้ำ

2.4.5 เป็นสารพรีไบโอติก (prebiotic) ซึ่งเป็นอาหารของแบคทีเรียกลุ่มโพรไบโอติก (probiotic) ซึ่งเป็นประโยชน์แก่ร่างกาย และเป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพ (funcitional food)

2.4.6 การเติมเพคตินชนิดเมทอกซิลต่ำในปริมาณเล็กน้อยลงในโยเกิร์ตจะช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของโยเกิร์ตให้ดีขึ้น

2.4.7 ในน้ำผลไม้เข้มข้นจะเติมเพคตินชนิดเมทอกซิลสูง เพื่อช่วยเพิ่มความคงตัวให้กับอนุภาคของเนื้อผลไม้ ทำให้เกิดกระจายตัวของสารแขวนลอย และไม่ทำให้เกิดการตกตะกอน

2.4.8 ในน้ำผลไม้ผงสำเร็จรูปจะมีการเติมเพคตินชนิดเมทอกซิลสูง ลงไปเพื่อให้เกิดความรู้สึกเหมือนรับประทานน้ำผลไม้ธรรมชาติในขณะดื่ม

2.4.9 ในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ เช่น แยมที่นำมาเติมในทาร์ต (tart) จะทนต่อการอบ ทำให้ผิวเรียบเป็นเงาหลังจากการอบ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

2.4.10 ใช้เป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์หลายประเภท เช่น ขนมหวานแช่เยือกแข็ง น้ำปรุงซุป ครีมแต่งหน้าไอศรีม ครีมแต่งหน้าเค้ก ครีมทาแซนวิส ซอส น้ำสลัด น้ำมายองเนส เค้ก คุ้กกี้ เนยแข็ง โยเกิร์ต เป็นต้น

2.5 การสกัดเพคติน

การสกัดเพคตินจากเนื้อเยื่อพืชใช้วิธีที่ไม่ยากนัก โดยใช้หลักการทำให้เพคตินละลายออกมาจากเนื้อเยื่อพืช แต่มีปัจจัยอื่นที่เป็นข้อควรระวังในการสกัด ดังนี้

2.5.1 การสกัดเพคตินเพคตินจากเนื้อเยื่อพืช

การสกัดเพคตินจากเนื้อเยื่อพืช เป็นการสกัดโดยอาศัยหลักการทำให้เพคตินละลายออกมาจากเนื้อเยื่อพืช ซึ่งโดยทั่วไปเพคตินในเนื้อเยื่อพืชจะอยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำ ซึ่งโปรโตเพคตินจะอยู่รวมกับสารอื่น เช่น เซลลูโลส แคลเซียม และอิออนอื่น ๆ การที่จะทำให้สารเหล่านี้ละลายออกมาได้ต้องสกัดด้วยสารละลายกรดหรือสารละลายด่างที่ร้อน โดยทั่วไปขั้นตอนการสกัดเพคตินจะมีกรรมวิธีดังนี้

(1) การเตรียมวัตถุดิบ นำวัตถุดิบที่เตรียมไว้ไปบด และขจัดสิ่งแปลกปลอมต่างๆ เช่น สี สารให้รสขม กรด น้ำตาล ตลอดจนสารอื่น ๆ ออกให้หมด โดยวิธีล้างด้วยน้ำเย็น และล้างด้วยเอทานอล ในกระบวนการล้างอาจมีเพคตินบางส่วนละลายไปกับน้ำ ซึ่งเป็นเพคตินที่มีคุณภาพต่ำ ส่วนเพคตินที่เหลืออยู่จะเป็นเพคตินที่อยู่ในรูปโปรโตเพคตินซึ่งเป็นสารที่ไม่ละลายน้ำ การล้างน้ำควรล้างหลาย ๆ ครั้ง พร้อมทั้งคนไปด้วย เพคตินที่สกัดออกมาจะมีคุณภาพดีหรือไม่ดีขึ้นอยู่กับการล้างเป็นสำคัญ หากเรากำจัดสิ่งแปลกออกไปไม่หมดจะทำให้สารละลายเพคตินเข้มข้นขึ้นไม่เกิดเจล หรือถ้าเป็นเพคตินผง เพคตินที่ได้จะดูดความชื้นและจับกันเป็นก้อน ส่วนการล้างด้วยเอทานอลนั้นเมื่อล้างด้วยน้ำแล้ว ให้นำมาล้างต่อในแอลกอฮอล์ร้อยละ 95 เพื่อขจัดสารที่ละลายได้ในเอทานอลออกมา โดยนำมาต้มในเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 เป็นเวลา 12-18 นาที ความร้อนจะสามารถเข้าทำลายเพคติคเอนไซม์ (pectic enzyme) ซึ่งการต้มวัตถุดิบในเอทานอลก่อนทำการสกัดจะทำให้ลดปริมาณสารปนเปื้อน และทำให้ได้ปริมาณเพคตินออกมามาก (มาริษา ไชยโอสถ, 2549)

(2) วิธีการสกัดเพคติน การสกัดเพคตินสามารถทำได้โดยวิธีไฮโดรไลซ์ด้วยสารละลายกรดหรือด่าง การสกัดเพคตินด้วยสารละลายด่างจะทำให้เกิดปฏิกิริยาดีเอสเทอริฟิเคชั่นสูงกว่าการใช้สารละลายกรด ซึ่งสารละลายด่างนี้จะทำให้โมเลกุลของเพคตินถูกทำลายเป็นสายสั้นลง ในทางอุตสาหกรรมนิยมใช้สารละลายกรดในการสกัดเพคติน โดยสารละลายกรดที่นิยมใช้คือกรดไฮโดรคลอริก และกรดไนตริก (รัชฎา ตั้งวงศ์ไชย และคณะ, 2544)

(3) การตกตะกอน นำสารที่ได้มาตกตะกอนด้วยตัวทำละลายโดยใช้อะซิโตนหรือเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 50-70 ตะกอนที่ได้อยู่ในรูปไฟบรัซ (fibrous) หรือสปอง (sponge) ซึ่งถ้ามีไฟบรัซมากเพคตินที่ได้ก็จะมีค่าความแข็งแรงของเจลมาก เอทานอลเป็นสารที่นิยมใช้ในการตกตะกอนเพคติน การตกตะกอนด้วยเอทานอลมีข้อเสียว่าสารที่ไม่ใช่สารเพคตินจะตกตะกอนออกมาด้วย เช่น เฮมิเซลลูโลส รวมทั้งมีเถ้าปนออกมาด้วย การตกตะกอนด้วยเอทานอลซ้ำหลาย ๆ ครั้ง จะช่วยให้มีความบริสุทธิ์มากขึ้น และจะได้สารยูโรไนด์ (uronide) เพิ่มมากขึ้น ในการตกตะกอนสารละลายเพคตินด้วยเอทานอล จึงมีการเติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นพร้อมกับการคนอย่างแรง จากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนด้วยเอทานอลซ้ำอีกครั้งหนึ่ง เพื่อช่วยลดปริมาณเถ้าที่ปนออกมา และช่วยให้เพคตินมีความบริสุทธิ์มากยิ่งขึ้น จากนั้นนำตะกอนของเพคตินที่ผ่านการกรองแล้วนำไปล้างด้วยเอทานอลอีกครั้งเพื่อกำจัดอนุมูลคลอไรด์ที่หลงเหลืออยู่ในตะกอนเพคติน ก่อนนำตะกอนเพคตินที่ได้มาทำให้แห้งแล้วนำไปบด จะได้เพคตินที่เป็นผงในที่สุด (Kertesz, 1951)

(4) การทำผงเพคติน หลังจากที่ได้ตะกอนเพคตินที่ผ่านการล้างมาแล้ว จะนำมาอัดเป็นแผ่นบาง และนำไปอบภายใต้สุญญากาศซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 40 องศาเซลเซียส หรืออบในตู้ธรรมดา หรือใช้วิธีตากแดดให้แห้ง เมื่อเพคตินแห้งแล้วจึงนำไปบดเป็นผงและร่อนผ่านตะแกรงขนาด

100-120 เมซ ก่อนนำออกไปจำหน่ายจะมีการปรับเพคตินให้ได้มาตรฐานตามวิธีของ C.P.P.F Method ซึ่งจะแบ่งเกรดของเพคตินได้ตั้งแต่ 10 ถึง 220 เกรด (จิตโสภิญ กะสงค์, 2543)

2.5.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดเพคติน

การสกัดสารเพคตินจากเนื้อเยื่อพืชด้วยวิธีการไฮโดรไลซ์ด้วยสารละลายกรดนั้นมีปัจจัยหลายชนิดมาเกี่ยวข้อง ซึ่งมีทั้งปัจจัยด้านคุณสมบัติของเนื้อเยื่อพืชที่จะนำมาใช้เป็นวัตถุดิบ หรือปัจจัยด้านกระบวนการที่นำมาใช้ในการสกัด ซึ่งปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้จะมีผลต่อปริมาณเพคตินและคุณสมบัติของเพคตินที่สกัดได้ โดยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

(1) ชนิดของผลไม้ พืชต่างชนิดกันจะมีปริมาณและคุณภาพของเพคตินไม่เหมือนกัน ปริมาณและคุณภาพของเพคตินในเนื้อเยื่อพืชจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของพืช เนื้อเยื่อ พันธุ์และอายุของพืช พืชที่มีเพคตินปริมาณสูงมักจะถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมการสกัดเพคติน คือ แอปเปิ้ลและผลไม้ตระกูลส้ม ซึ่งมีปริมาณเพคตินสูง และมีคุณภาพดี รวมทั้งส่วนต่าง ๆ ของพืชชนิดเดียวกันที่มีเนื้อเยื่อพืชเป็นองค์ประกอบแต่ละส่วนจะมีปริมาณของเพคตินที่แตกต่างกัน (รัชฎา ตั้งวงค์ไชย และคณะ, 2544)

(2) ความแก่อ่อนของผลไม้ ความอ่อนแก่ของพืชจะมีผลต่อปริมาณและคุณภาพของเพคติน เพคตินในพืชหรือผลไม้ดิบจะมีเพคตินอยู่ในรูปของโปรโตเพคติน แต่เมื่อพืชหรือผลไม้มีการสุกแก่จะมีเอนไซม์โปรโตเพกติเนส ไฮโดรไลซ์โปรโตเพคตินจากสารที่ไม่ละลายน้ำให้เป็นเพคตินที่ละลายน้ำได้ ต่อมาเมื่อเพคตินในผลไม้จะถูกไฮโดรไลซ์ด้วยเอนไซม์เพกติเนส ได้กรดเพคตินซึ่งเป็นสารคอลลอยด์ของกรดพอลีกาแลคทูโรนิกที่ไม่มีเมทิลเอสเทอร์ ในโมเลกุล กรดเพคตินนี้ไม่เกิดเจลกับน้ำตาลและกรด (แสงสวัสดิ์ เจริญตระกูล, 2533)

(3) พันธุ์ของผลไม้ ผลไม้ชนิดเดียวกันแต่ต่างพันธุ์กันมีปริมาณเพคตินต่างกัน เช่น ผลไม้ประเภทส้มสกุล Citrus, Lemon, Lime และ Pomelo พบว่าส้มมีปริมาณเพคตินมากที่สุด

(4) ชนิดและความเข้มข้นของสารละลายกรด การสกัดเพคตินสามารถทำได้โดยการใช้วิธีไฮโดรไลซ์เพคตินด้วยสารละลายกรด กรดที่ถูกนำมาใช้ในกระบวนการสกัดเพคติน ได้แก่ กรดอนินทรีย์ และกรดอินทรีย์ ซึ่งกรดอินทรีย์ที่นิยมใช้ คือ กรดซิตริก และกรดมาลิก ในทางอุตสาหกรรมกรดที่นำมาใช้การสกัดเพคตินนิยมใช้กรดจำพวกกรดอนินทรีย์ ซึ่งได้แก่ กรดไฮโดรคลอริก และกรดไนตริก และพบว่ากรดที่นิยมนำมาใช้กันมากที่สุดคือกรดไฮโดรคลอริก เนื่องจากมีราคาถูกและมีความปลอดภัยในการใช้งานมากกว่ากรดชนิดอื่นๆ ประกอบกับกรดชนิดนี้ที่มีประสิทธิภาพสูง และสามารถถูกกำจัดออกได้ง่าย (ธานี ตระกูลอินทร์, 2533)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

(5) จำนวนครั้งที่ทำการสกัด การสกัดเพคตินในครั้งแรกจะมีปริมาณเพคตินสูงกว่าการสกัดซ้ำในครั้งต่อ ๆ ไป ปริมาณของเพกตินที่ทำการสกัดในแต่ละครั้งยังขึ้นอยู่กับชนิดของกรด เช่น การใช้กรดไฮโดรคลอริกสกัดครั้งที่ 1 จะได้ปริมาณเพคตินมากที่สุด ในครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 จะได้ปริมาณลดลง ส่วนสกัดด้วยกรดซิตริก พบว่าการสกัดครั้งที่ 1 จะได้ปริมาณเพคตินมากที่สุด ในครั้งที่ 2 และ 3 จะได้ปริมาณเพคตินลดลงเช่นเดียวกับการสกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริก แต่กรดทั้ง 2 มีข้อแตกต่างกัน คือถ้าใช้กรดซิตริกเป็นตัวสกัดเพคตินจะต้องทำการสกัด 2 ครั้งจึงจะสกัดเพคตินได้ประมาณร้อยละ 90 แต่ถ้าใช้กรดไฮโดรคลอริกในการสกัดเพคตินเพียงครั้งเดียวสามารถสกัดเพคตินได้ประมาณร้อยละ 90 โดย

ปริมาณกรดยูโรนิก และปริมาณเมทอกซิลของเพคตินที่ได้จากการสกัดในแต่ละครั้งของการสกัด จะมีความแตกต่างกันน้อยมาก (ณรงค์ ศิขิรัมย์, 2546)

(6) อัตราส่วนของสารที่ใช้ต่อเนื้อเยื่อพืช อัตราส่วนของน้ำหนักเนื้อเยื่อพืชต่อปริมาตรของสารละลายกรดที่ใช้ในการสกัดสารเพคติน ซึ่งถือว่าเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อประสิทธิภาพการสกัดเพคติน ซึ่งอัตราส่วนที่เหมาะสมจะขึ้นอยู่กับชนิดของเนื้อเยื่อพืช จากรายงานของ (มาริษา ไชยโอสถ, 2549) พบว่าอัตราส่วนของน้ำหนักเนื้อเยื่อพืชสด (กรัม) ต่อปริมาตรของสารละลายกรด (มิลลิลิตร) ที่เหมาะสมต่อการสกัดเพคตินจากของเหลือทิ้งของขนุนเป็น 1:15 โดยให้ปริมาณเพคตินสูงที่สุดร้อยละ 7.59 ส่วนรายงานของ ธนาวรรณ สุขเกษม (2556) พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากกะหล่ำปลีภูทับเบิก เป็น 2:1 ให้ปริมาณเพคตินมากที่สุด

(7) เวลา อุณหภูมิและความเป็นกรด-ด่างที่ใช้ในการสกัด เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อคุณภาพและปริมาณของเพคตินที่สกัดได้ ซึ่งนอกจากตัวแปรทั้งสองแล้วคุณภาพและปริมาณของเพคตินที่สกัดได้ยังมีความสัมพันธ์กับสภาวะความเป็นกรด-ด่าง ที่ใช้ในการสกัด

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชินานาฏ วิทยาประภา และ สมัชญ์ ทวีเกษมสมบัติ (2556) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากวัสดุทางการเกษตร โดยศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมที่ใช้ในการสกัดเปลือกส้มโอที่อุณหภูมิ 50 60 70 80 และ 90 องศาเซลเซียส ด้วยกรดไฮโดรคลอริกและเวลาในการสกัด 24 ชั่วโมง ผลการทดลองพบว่าปริมาณเพคตินที่สกัดได้มีค่าเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิ และปริมาณผลผลิตของเพคตินจะสูงสุดเมื่อสกัดที่อุณหภูมิ 80 และ 90 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการศึกษาชนิดของกรดที่เหมาะสมในการสกัด ได้แก่ กรดไฮโดรคลอริก กรดไนตริก และกรดอะซิติก ที่ความเข้มข้น 1.0 โมลาร์ ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลาในการสกัด 24 ชั่วโมง พบว่าค่าเพคตินที่สกัดได้มีค่าสูงสุดเมื่อใช้กรดไฮโดรคลอริก จากนั้นทำการศึกษาเวลาที่เหมาะสมที่ใช้ในการสกัดเพคตินที่เวลา 30 60 90 120 และ 1,440 นาที พบว่าปริมาณเพคตินที่สกัดได้มีค่าสูงสุดที่เวลา 90 นาที และเมื่อเพิ่มเวลาในการสกัดนานขึ้นไม่มีผลต่อปริมาณเพคตินที่สกัดได้

ธนาวรรณ สุขเกษม (2556) ศึกษาสภาวะการสกัดเพคตินจากกะหล่ำปลีจากภูทับเบิก โดยศึกษาการสกัดเพคตินด้วยกรด 2 ชนิด ได้แก่ กรดไฮโดรคลอริกและกรดไนตริก ความเข้มข้น 1 โมลาร์ ที่อุณหภูมิ 80 90 และ 100 องศาเซลเซียส ที่เวลา 30 60 และ 90 นาที พบว่า เพคตินที่สกัดด้วยกรดไนตริกที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที มีปริมาณน้ำหนักเพคตินแห้งสูงสุดเท่ากับ 0.79 กรัม หรือร้อยละ 15.8 จากนั้นนำเพคตินที่สกัดได้ไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี พบว่าเพคตินที่สกัดด้วยกรดไนตริกความเข้มข้น 1 โมลาร์ ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที มีลักษณะเป็นของแข็งสีขาวขุ่น ละลายน้ำได้ดี และสามารถเกิดเจลได้เมื่อนำไปละลายน้ำ

ธานุวัฒน์ ลาภตันศุภผล และคณะ (2556) ศึกษาเปรียบเทียบการสกัดเพคตินจากเปลือกผักและผลไม้ 8 ชนิด โดยใช้กรดไฮโดรคลอริกและน้ำกลั่น พบว่าการสกัดเพคตินจากเปลือกมะนาว โดยใช้กรดไฮโดรคลอริกมีปริมาณเพคตินสูงที่สุด คือ ร้อยละ 16.36±1.43 และเพคตินจากเปลือกกล้วยที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริก มีปริมาณเพคตินต่ำที่สุด คือ ร้อยละ 3.27±0.19 จากนั้นนำมาเปรียบเทียบ

ปริมาณเมทอกซิล พบว่าเพคตินที่สกัดจากมะม่วงด้วยกรดไฮโดรคลอริก มีปริมาณเมทอกซิล สูงที่สุด คือ ร้อยละ 14.43±0.92 ส่วนเพคตินที่สกัดจากเปลือกมะนาวด้วยกรดไฮโดรคลอริกมีปริมาณเมทอกซิลต่ำที่สุด คือ ร้อยละ 11.38±0.47 และมีปริมาณเมทอกซิลใกล้เคียงกับเพคตินทางการค้ามากที่สุด จากการเปรียบเทียบค่าความชื้น พบว่าเพคตินที่สกัดจากเปลือกกล้วยด้วยกรดไฮโดรคลอริกมีค่าความชื้นสูงที่สุด คือ ร้อยละ 12.40±0.40 ส่วนเพคตินที่สกัดจากเปลือกมะกรูดด้วยน้ำกลั่นมีค่าความชื้นต่ำที่สุด คือ ร้อยละ 2.93±0.31 และมีค่าความชื้นใกล้เคียงกับเพคตินทางการค้ามากที่สุด เมื่อนำไปวัดค่าสีพบว่าเพคตินที่สกัดจากเปลือกส้มโอด้วยน้ำกลั่นมีความใกล้เคียงกับเพคตินทางการค้ามากที่สุด

จรัญญา อับดุลสลาม และกิตติชัย บรรจง (2560) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการสกัดเพคตินจากเนื้อลูกตาลสุกด้วยน้ำโดยไม่ปรับพีเอช โดยศึกษาอัตราส่วนของเนื้อตาลสุกต่อน้ำ ค่าความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด ผลการทดลองพบว่าอัตราส่วนไม่มีผลต่อปริมาณผลผลิตของเพคติน และการสกัดที่อุณหภูมิห้องโดยไม่ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้ปริมาณเพคตินมากที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของเพคตินที่สกัดได้กับการสกัดโดยใช้วิธีแบบดั้งเดิม พบว่าเพคตินที่สกัดได้ไม่มีความแตกต่างกัน ซึ่งเพคตินที่สกัดได้จากลูกตาลสุกทั้ง 2 วิธี จัดอยู่ในกลุ่มเพคตินที่มีหมู่เมทอกซิลต่ำ

ดุลจิรา สุขบุญญสถิต และคณะ (2561) ศึกษาการสกัดกระเจี๊ยบเขียวด้วยกรด 3 ชนิด ได้แก่ กรดไฮโดรคลอริก กรดไนตริกและกรดซัลฟูริก โดยแปรเวลาในการสกัดเป็น 30 60 และ 90 นาที โดยการสกัดกระเจี๊ยบเขียวด้วยกรดซัลฟูริกที่เวลาในการสกัด 60 และ 90 นาที ได้ปริมาณผลผลิตของเพคตินสูงที่สุด แต่การสกัดด้วยกรดที่เวลา 90 นาที ให้สีของเพคตินเข้มมาก จึงเลือกใช้เวลาในการสกัดที่ 60 นาที และนำเพคตินที่สกัดได้ไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพ ซึ่งพบว่าปริมาณความชื้นของเพคตินที่สกัดได้เท่ากับร้อยละ 8.48±0.12 ปริมาณเถ้ามีค่าร้อยละ 7.86±0.02 กรดกาแลคทูโรนิกมีค่า 17.48±3.88 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และเมทอกซิลร้อยละ 12.51±0.94 สำหรับคุณสมบัติทางกายภาพพบว่า เพคตินที่ได้จากกระเจี๊ยบเขียวมีความแข็งแรงและความทนต่อการพับงอ มีสีเข้มกว่าและความหนืดสูงกว่าเจลเพคตินทางการค้า

Wai, et al (2010) ศึกษาผลการสกัดเพคตินจากเปลือกของทุเรียนที่เวลา 1 และ 4 ชั่วโมง ที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 2.0 และ 2.5 และที่อุณหภูมิ 80 และ 90 องศาเซลเซียส พบปริมาณเพคตินร้อยละ 2.1-10.3 (ของน้ำหนักแห้งของเปลือกทุเรียน) และระดับเอสเทอริฟิเคชันของเพคตินที่สกัดได้เท่ากับร้อยละ 45.6-64.8 ปริมาณที่ต่างกันของผลผลิตเพคตินจะขึ้นอยู่กับเวลา อุณหภูมิ และค่าความเป็นกรด-ด่าง ส่วนระดับของการเกิดเอสเทอริฟิเคชันจะขึ้นอยู่กับเวลาที่ใช้ในการให้ความร้อนและความเป็นกรด-ด่าง ผลการการศึกษาพบว่า สภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดเพคตินจากเปลือกของทุเรียนด้วยกรด คือ การสกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง และที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 2.5

Liew, et al (2014) ศึกษาผลของความเป็นกรด-ด่าง และเวลาในการสกัดเปลือกเสารสต่อปริมาณผลผลิตและองค์ประกอบของเพคติน โดยการสกัดด้วยกรดซิตริก ผลการทดลองพบว่าปริมาณ

เพคตินที่สกัดได้เท่ากับร้อยละ 2.25-14.60 และระดับเอสเทอริฟิเคชันของเพคตินที่สกัดได้เท่ากับร้อยละ 41.67– 67.31 ซึ่งเพคตินจากเปลือกเสาวรสเป็นเพคตินชนิดที่มีหมู่เมทอกซิลสูง

Muhammad, et al (2014) ศึกษาการสกัดเพคตินจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกแก้วมังกร (*Hylocereus polyrhizus*) โดยใช้กรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 1 ผลการทดลองพบว่า ปริมาณผลผลิตของเพคตินที่สกัดได้มีปริมาณสูงสุดในส่วนของเปลือกชั้นใน โดยสกัดที่อุณหภูมิ 73 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 67 นาที ที่ความเป็นกรด-ด่าง 2.03 และใช้อัตราส่วนในการสกัดของตัวอย่างต่อกรดซิตริกที่ 1 ต่อ 4 (น้ำหนักต่อปริมาตร) และเพคตินที่สกัดได้เป็นเพคตินชนิดที่มีหมู่เมทอกซิลสูง และพบว่าเพคตินที่สกัดได้มีความหนืดน้อยกว่าเพคตินทางการค้าที่สกัดได้จากแอปเปิ้ลและมะนาว ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในเป็นส่วนผสมในอาหารและเครื่องดื่มที่มีความข้นหนืดต่ำ

RAMBHAI BARNI RAJABHAT UNIVERSITY
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี