

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรื่อง

การสกัดเพคตินด้วยไอน้ำจากเปลือกส้มโอ

(Extraction of Pectin from Dried Pummelo Peel Using Steam Treatment)

โดย

นายวัชระ เวียงแก้ว

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์

งบประมาณเงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ ประจำปี 2549

การสกัดเพคตินด้วยไอน้ำจากเปลือกส้มโอ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการสกัดสารเพคตินจากเปลือกส้มโอแห้งด้วยเครื่องสกัดไอน้ำ โดยศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของความดันไอน้ำ ระยะเวลา และค่าความเป็นกรดต่างในการสกัด และหลังจากการสกัดจะตกตะกอนสารเพคตินด้วยเอทานอล โดยนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับวิธีการสกัดด้วยอ่างน้ำร้อนเพียงอย่างเดียว จากผลการวิจัยพบว่า วิธีต้มสกัดด้วยอ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที ค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 0.5 ให้ปริมาณผลผลิตรวมสูงสุดร้อยละ 19.56 โดยน้ำหนักแห้ง และวิธีสกัดด้วยเครื่องสกัดไอน้ำที่ความดัน 1 บาร์ เป็นเวลา 30 นาที ค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 1 ให้ปริมาณผลผลิตรวมสูงสุดร้อยละ 18.45 โดยน้ำหนักแห้ง การศึกษาคุณสมบัติของเพคตินที่สกัดได้โดยศึกษาถึงปริมาณแฉ่ำ น้ำหนักกรัมสมมูล และปริมาณเมทอกซี พบว่าปริมาณผลผลิตรวมที่สภาวะที่เหมาะสมจากวิธีต้มสกัดด้วยอ่างน้ำร้อนมีปริมาณแฉ่ำ น้ำหนักกรัมสมมูล และปริมาณเมทอกซี เท่ากับ 1.31 เปอร์เซ็นต์ 862.24 และ 13.36 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนปริมาณผลผลิตรวมที่สกัดได้จากวิธีสกัดด้วยเครื่องสกัดไอน้ำมีปริมาณแฉ่ำ น้ำหนักกรัมสมมูล และปริมาณเมทอกซี เท่ากับ 1.11 เปอร์เซ็นต์ 1323.62 และ 16.41 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

คำสำคัญ: เปลือกส้มโอ/ เพคติน/ การสกัด/ ไอน้ำ

Extraction of Pectin from Dried Pummelo Peel Using Steam Treatment

ABSTRACT

The aim of this research was to study on pectin extraction from dried pummelo peel using steam extractor. Optimum conditions were studied: the pressure of steam, contact time and pH. The pectin substance was then precipitated with ethanol. The results were compared with extraction using a hot water bath to study an effect of steam on the yield of pectin. For the extraction using the hot water bath at 80 °C, pH 0.5 and 60 minutes of contact time gave the pectin production of 19.56% by dried weight and steam extracting method t the pressure of steam of 1 bar, pH 1, and 30 minutes of the contact time gave 18.45% by dried weight. The study on pectin properties: ashes, equivalent weight, and methoxy content at the optimum conditions using the hot water bath method: ashes 1.31%, equivalent weight 826.24, and methoxy content 13.36%. The steam extracting method: ashes 1.11%, equivalent weight 1323.62, and methoxy content 16.41%.

Key word: Pummelo Peel/ Pectin/ Extraction/ Steam

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือต่างๆ ตลอดการทำวิจัยนี้มาตั้งแต่ต้นจนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ นางสาวภัทรพร หาญวานิช และนางสาวโสธดา นาคศิริ นิสิตชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ช่วยเก็บข้อมูล

ขอขอบคุณ คุณเกษร บัวทอง พนักงานห้องปฏิบัติการที่ให้คำแนะนำในด้านต่างๆ ตลอดจนเจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาวิศวกรรมเคมีทุกท่านที่อำนวยความสะดวกในการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.วิรัชศักดิ์ สามี คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านการใช้เครื่องอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ ประจำปี 2549

วัชระ เวียงแก้ว

สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ซ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาของโครงการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ทฤษฎี	3
2.1.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับส้มโอ	3
2.1.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเพคติน	3
2.1.3 สมบัติทางเคมีของเพคติน	6
2.1.4 สมบัติทางกายภาพของเพคติน	6
2.1.5 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณและคุณภาพเพคติน	7
2.1.6 การแบ่งเกรดของเพคติน	9
2.1.7 การแบ่งเพคตินตามค่าร้อยละระดับการเกิดเมทอกซี	9
2.1.8 การเกิดเจลของเพคติน	10
2.1.9 การสกัดเพคตินในระดับของห้องปฏิบัติการ	11
2.1.10 การผลิตเพคตินในโรงงานอุตสาหกรรม	14
2.1.11 ประโยชน์ของสารประกอบเพคติน	15
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	16

สารบัญ (ต่อ)

	หน้าที่
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	18
3.2 เครื่องมือวิเคราะห์	18
3.3 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	18
3.4 การเตรียมวัตถุดิบ	19
3.5 ผลของระยะเวลาที่มีต่อการสกัดสารเพคตินจากวิธีสกัดด้วยเครื่องสกัดไอน้ำ	19
3.6 ผลของความดันไอน้ำที่มีต่อการสกัดสารเพคตินจากวิธีสกัดด้วยเครื่องสกัดไอน้ำ	19
3.7 ผลของค่าความเป็นกรด่างเริ่มต้นที่มีต่อการสกัดสารเพคตินจากวิธีสกัดด้วยเครื่องสกัดไอน้ำ	19
3.8 วิธีการตกตะกอน	19
3.9 การตรวจสอบชนิดของตะกอนที่สกัดได้	20
3.9.1 การตรวจสอบเพคตินทางเคมีโดยใช้วิธีทางเคมี	20
3.9.2 การตรวจสอบเพคตินโดยใช้เครื่องอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์	20
3.10 การตรวจสอบสมบัติของเพคตินที่สกัดได้	20
3.10.1 ปริมาณเถ้า	20
3.10.2 น้ำหนักกรัมสมมูล	20
3.10.3 ปริมาณเมทอกซี	21
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	
4.1 ผลของค่าความเป็นกรด่างที่มีต่อการสกัดสารเพคตินจากวิธีต้มสกัดด้วยอ่างน้ำร้อน	22
4.2 ผลของระยะเวลาที่มีต่อการสกัดสารเพคตินจากวิธีสกัดด้วยเครื่องสกัดไอน้ำ	23
4.3 ผลของความดันไอน้ำที่มีต่อการสกัดสารเพคตินจากวิธีสกัดด้วยเครื่องสกัดไอน้ำ	23
4.4 ผลของค่าความเป็นกรด่างที่มีต่อการสกัดสารเพคตินจากวิธีสกัดด้วยเครื่องสกัดไอน้ำ	24
4.5 การตรวจสอบชนิดของตะกอนที่สกัดได้	26

สารบัญ (ต่อ)

	หน้าที่
4.6 สมบัติของสารเพคตินที่สกัดได้	28
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการทดลอง	30
5.2 ข้อเสนอแนะ	31
เอกสารอ้างอิง	32
ภาคผนวก	33
ประวัติผู้วิจัย	40



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้าที่
2.1 ปริมาณเพคตินในเนื้อเยื่อพืชบางชนิด	4
2.2 มูลค่าการนำเข้าเพคตินของไทย ปี 2544 ถึง 2549	15
4.1 การเปรียบเทียบสมบัติของสารเพคตินที่สกัดได้จากวิธีต้มสกัดด้วยอ่างน้ำร้อน โดยปรับเปลี่ยนสภาวะค่าความเป็นกรดต่างขณะต้มสกัด ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที กับเพคตินทางการค้า	28
4.2 การเปรียบเทียบสมบัติของสารเพคตินที่สกัดได้จากวิธีสกัดด้วยเครื่องสกัดไอน้ำ โดยปรับเปลี่ยนสภาวะค่าความเป็นกรดต่างเริ่มต้น ที่ความดันไอน้ำ 1 บาร์ เป็นเวลา 30 นาที กับเพคตินทางการค้า	28



สารบัญรูป

รูปที่	หน้าที่
2.1 การแบ่งชั้นของผนังเซลล์พืชและองค์ประกอบที่สำคัญในแต่ละชั้น	4
2.2 โครงสร้างของเพคติน	5
2.3 ลักษณะของโครงสร้างของเพคตินที่มีหมู่เมทอกซิลต่ำ	10
4.1 ค่าความเป็นกรดค่าที่มีผลต่อปริมาณผลผลิตรวมที่สกัดได้ โดยทำการสกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที	22
4.2 ระยะเวลาที่มีผลต่อปริมาณผลผลิตรวมที่สกัดได้ โดยทำการสกัดที่ค่าความเป็นกรดค่าเริ่มต้น 0.5 ความดันไอน้ำ 1 บาร์	23
4.3 ความดันไอน้ำที่มีผลต่อปริมาณผลผลิตรวมที่สกัดได้ โดยทำการสกัดที่ค่าความเป็นกรดค่าเริ่มต้นเท่ากับ 0.5 ความดันไอน้ำ 1 บาร์	24
4.4 ค่าความเป็นกรดค่าเริ่มต้นที่มีผลต่อปริมาณผลผลิตรวมที่สกัดได้ โดยทำการสกัดที่ความดันไอน้ำ 1 บาร์ เป็นเวลา 30 นาที	25
4.5 การเปรียบเทียบร้อยละปริมาณผลผลิตรวมของเพคตินที่สกัดได้ที่ค่าความเป็นกรดค่าต่างๆ ระหว่างวิธีต้มสกัดด้วยอ่างน้ำร้อนและวิธีสกัดด้วยเครื่องสกัดไอน้ำ	26
4.6 การเปรียบเทียบการตรวจสอบเพคตินโดยใช้วิธีทางเคมีระหว่างตะกอนเพคตินที่สกัดได้จากเครื่องสกัดไอน้ำ (ก) และสารเพคตินทางการค้า (ข)	26
4.7 เส้นอินฟราเรดสเปกตรัมของสารตัวอย่างที่ทำการสกัดจากเปลือกส้มโอแห้งจากวิธีต้มสกัดด้วยอ่างน้ำร้อน (ก) วิธีการสกัดด้วยเครื่องสกัดไอน้ำ (ข) และเส้นอินฟราเรดสเปกตรัมของสารเพคตินทางการค้า (ค)	27
ภาคผนวก	
ก1 ลักษณะของเปลือกส้มโอแห้งหลังผ่านการอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส	34
ก2 เปลือกส้มโอแห้ง 10 กรัม ปั่นกับน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร	34
ก3 สารละลายขณะทำการปรับวัดค่าความเป็นกรดค่าเริ่มต้นก่อนนำเข้าสู่เครื่องสกัดไอน้ำ	35
ก4 การสกัดด้วยเครื่องสกัดไอน้ำได้สภาวะความดันและระยะเวลาที่กำหนด	35
ก5 ผลิตภัณฑ์จากส่วนบน (ก) ส่วนกลาง (ข) และส่วนล่างของถังสกัด (ค)	36
ก6 ผลิตภัณฑ์จากส่วนกลางของถังสกัดเมื่อทำการกรองสารละลาย	36

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้าที่
ก7	สารละลายจากส่วนบน (ก) ส่วนกลาง (ข) และส่วนล่างของถังสกัด (ค) เมื่อตกตะกอนด้วยเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์	37
ก8	การทดสอบการล้างคลอไรด์ไอออนด้วยซิลเวอร์ไนเตรท 0.1 โมลาร์	37
ก9	เพคตินที่ได้จากการกรอง	38
ก10	เพคตินหลังผ่านการอบแห้ง	38
ข1	กระบวนการต้มสกัดสารเพคตินจากเปลือกส้มโอแห้งด้วยอ่างน้ำร้อน	39



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการวิจัย

เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีภูมิประเทศและภูมิอากาศที่เหมาะสม ทำให้แต่ละฤดูกาลมีผลผลิตต่างๆ จำนวนมาก ผลกระทบที่ตามมาคือวัตถุดิบทางการเกษตรเหลือทิ้งทั้งจากพืชผัก และผลไม้ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำเปลือกผลไม้ เช่น ส้มโอ ซึ่งเป็นทรัพยากรที่เหลือใช้มาแปรรูปให้เกิดประโยชน์สูงสุด

ส้มโอเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง สามารถปลูกได้ทั่วทุกภาค เป็นผลไม้ที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคทั้งภายในและต่างประเทศ แต่มีข้อจำกัดในด้านการส่งออกเนื่องจากผิวส้มโอมีตำหนิทำให้ผู้บริโภคในต่างประเทศไม่ยอมรับ ส้มโอจึงมีราคาถูกลงอย่างมาก ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาคุณประโยชน์ที่มีในเปลือกส้มโอ เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบทางการเกษตรที่เหลือใช้ จากการศึกษาทำให้ทราบว่าในเปลือกส้มโอซึ่งเป็นพืชตระกูลส้ม มีสารเพคตินอยู่ประมาณร้อยละ 30 ถึง 40 ซึ่งเป็นสารที่มีประโยชน์ในวงการแพทย์ เกษษกรรม และอุตสาหกรรมอาหาร

ประเทศไทยนำเข้าเพคตินเป็นมูลค่ากว่า 335 ล้านบาทต่อปี ทำให้แต่ละปีมีเงินออกนอกประเทศจำนวนมาก ผู้จัดทำจึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาการสกัดสารเพคตินมากที่สุด ขั้นตอนการสกัดจะมีการนำเครื่องสกัดด้วยไอน้ำมาใช้ในการทดลอง ซึ่งคาดว่าจะมีผลในการสกัดสารเพคตินที่ดีกว่าการต้มสกัด และเป็นอีกแนวทางในการศึกษาการสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอแห่ง สำหรับขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ จะทำการอบแห้งวัตถุดิบก่อนการสกัด ถึงแม้ว่าผลการทดลองในงานวิจัยต่างๆ จะพบว่าพืชสดจะให้ปริมาณเพคตินที่สูงกว่าก็ตาม แต่ผู้วิจัยมีความเห็นว่าพืชสดนั้นจะเกิดปัญหาในการเก็บรักษา เพราะมีอายุการใช้งานไม่นาน เป็นผลทำให้ต้องใช้ทุนในการหาวัตถุดิบสูงขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 ศึกษาวิธีการสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอ โดยใช้ไอน้ำในการสกัด
- 1.2.2 ศึกษาสมบัติของตะกอนของสารเพคตินที่สกัดได้
- 1.2.3 เปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพของเพคตินที่สกัดได้กับเพคตินทางการค้า

1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1.3.1 ทำการสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอแห้ง
- 1.3.2 เปรียบเทียบปริมาณเพคตินที่สกัดได้ระหว่างวิธีการสกัดด้วยเครื่องสกัดไอน้ำกับวิธีการสกัดด้วยอ่างน้ำร้อน
- 1.3.3 กำหนดความดันไอน้ำ ระยะเวลา และความเป็นกรดต่างในการสกัดที่เหมาะสม
- 1.3.4 ตรวจสอบชนิดของตะกอนที่สกัดได้ โดยใช้วิธีทางเคมีและใช้เครื่องอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์
- 1.3.5 ตรวจสอบคุณสมบัติของเพคตินที่สกัดได้ ได้แก่ ปริมาณเถ้า น้ำหนักกรัมสมมูล และปริมาณเมทอกซี เพื่อเปรียบเทียบกับเพคตินทางการค้า

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 เพื่อให้ได้วิธีการสกัดเพคตินด้วยเครื่องสกัดไอน้ำ
- 1.4.2 เป็นการเพิ่มมูลค่าวัตถุดิบทางการเกษตรที่เหลือใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม
- 1.4.3 เพื่อให้ได้ข้อมูลเบื้องต้นที่จะส่งเสริมให้มีการผลิตเพคตินจากเปลือกส้มโอแห้งในระดับอุตสาหกรรมขนาดย่อมต่อไป

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎี

2.1.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับส้มโอ [1]

ส้มโอ (Pummelo) หรือชื่อสามัญอื่นว่า Pomelo Pomplemoes Shaddock และ Forbidden Fruit เป็นต้น มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Citrus grandis* (L.) Osbeck หรือ *Citrus maxima* (Burm) Merrill เป็นพืชในตระกูลส้ม (Rutaceae) เป็นผลไม้เขตร้อนหรือกึ่งร้อนสามารถปลูกได้ทั่วไปในประเทศไทย เป็นผลไม้ชนิดหนึ่งที่มีวิตามินซีมาก เนื่องจากมีเปลือกหนาจึงทำให้เก็บไว้ได้นานกว่าส้มอื่น และเป็นผลไม้ที่มีรสดีชุ่มคอ ชื่นใจ มีให้รับประทานตลอดทั้งปี เนื้อเปลือกและเมล็ดล้วนใช้เป็นยา ทั้งยังจัดเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจได้รับความนิยมนจากผู้บริโภคทั้งในประเทศและต่างประเทศ นอกจากนี้ส้มโอยังมีหลายพันธุ์ซึ่งแต่ละพันธุ์จะมีรสชาติและลักษณะแตกต่างกัน พันธุ์ที่นิยมได้แก่ ขาวแป้น ทองดี ขาวพวง และขาวน้ำผึ้ง เป็นต้น

ลักษณะทั่วไปของผลส้มโอ มีส่วนประกอบคล้ายส้มทั่วไปประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

- ส่วนของเปลือก (Epicarp) ประกอบด้วยเซลล์ที่มีสารสีคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์ มีต่อมน้ำมัน (Oil Grand) ในบริเวณส่วนนอกของเปลือก
- ส่วนของเนื้อเยื่อส่วนกลาง (Mesocarp) มีสีขาว ประกอบด้วยเนื้อเยื่ออ่อน (Spongy Tissue) ของเซลล์เนื้อเยื่อพืชที่มีผนังบาง (Parenchyma) ขนาดใหญ่ ซึ่งส่วนใหญ่จะประกอบด้วย เพกตินและเฮมิเซลลูโลส
- ส่วนของเนื้อชั้นในผลไม้ (Endocarp) เป็นส่วนที่รับประทานได้ มีลักษณะเป็นกลีบ (Carpels) ซึ่งปกติมีอยู่ประมาณ 9 ถึง 13 กลีบต่อผล ภายในประกอบด้วยถุง (Juice Sac หรือ Juice Vesicle) เป็นจำนวนมาก

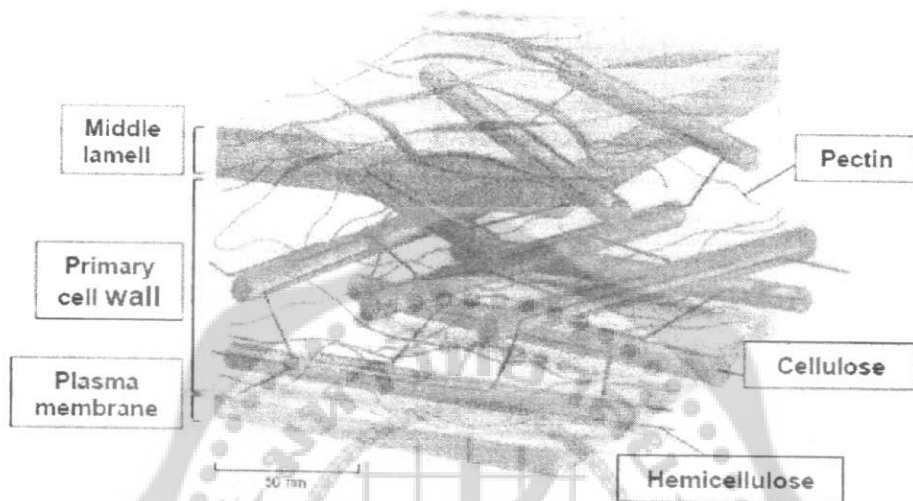
2.1.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเพกติน [2]

คำว่า เพกติน มาจากภาษากรีก แปลว่าตัวประสานหรือตัวทำให้แข็ง ถูกค้นพบในปี ค.ศ. 1894 โดยนักเคมีชาวฝรั่งเศสชื่อ Bracannot ซึ่งเป็นสารประกอบคาร์โบไฮเดรตที่พบได้ในลามลลาส่วนกลาง (Middle Lamella) และผนังเซลล์ปฐมภูมิ (Primary Cell Wall) ดังรูป

วัชร เวียงแก้ว

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์เรื่องการสกัดเพกตินด้วยไอน้ำจากเปลือกส้มโอ

ที่ 2.1 ของพืชหลายชนิด เช่น แอปเปิ้ล มะละกอ แครอท ส้ม เป็นต้น แสดงปริมาณเพคตินในเนื้อเยื่อพืชบางชนิด ดังตารางที่ 2.1 อีกทั้งเพคตินยังเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของเนื้อเยื่อพาราเรโนไคมา (Parenchyma) ซึ่งพบในบริเวณที่มีการขยายขนาดของเซลล์ ได้แก่ เนื้อเยื่อผักและผลไม้ที่มีลักษณะอู้น้ำ

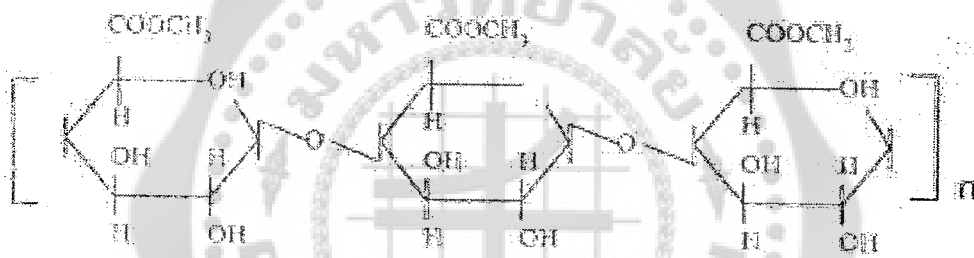


รูปที่ 2.1 การแบ่งชั้นของผนังเซลล์พืชและองค์ประกอบที่สำคัญในแต่ละชั้น [3]

ตารางที่ 2.1 ปริมาณเพคตินในเนื้อเยื่อพืชบางชนิด [4]

ชนิดของพืช	ร้อยละปริมาณเพคติน
มันฝรั่ง	2.3
มะเขือเทศ	3.0
แอปเปิ้ล	5 ถึง 7
แครอท	7 ถึง 10
เทอร์นิพ	10
กากแอปเปิ้ลที่เหลือจากคั้นน้ำ	15 ถึง 18
หัวบีท	25 ถึง 30
เปลือกส้ม	30 ถึง 40
มะนาว	30 ถึง 35
เกรพฟรุ้ต	1.6 ถึง 4.5

เพคตินประกอบด้วยแกนหลักคือ แรมโนกาแลคทูโรแนน (Rhamnogalacturonan) ซึ่งเป็น โพลีเมอร์ของ $\alpha\text{-}1,4\text{-Galacturonic Acid}$ ที่มีน้ำตาลแรมโนส (Rhamnose) หรือน้ำตาลกาแลคทูโรแนน (Galacturonan) เพียงอย่างเดียว นอกจากนี้สารประกอบเพคตินยังมีโครงสร้างที่แตกเป็นแขนง ซึ่งส่วนใหญ่จะเกิดการแตกแขนงที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 3 และ 4 ของน้ำตาลแรมโนสหรือคาร์บอนตำแหน่งที่ 2 และ 3 ของกรดกาแลคทูโรนิก เรียกโครงสร้างส่วนที่แตกแขนงนี้ว่า แฮร์รี่เจิน (Hairy Region) ในสารประกอบเพคตินจะเกิดการแทนที่ด้วยโมเลกุลอื่นๆ ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการแทนที่ด้วยโมเลกุลของหมู่เมทิล ซึ่งเข้าแทนที่ไฮโดรเจนไอออนของหมู่คาร์บอกซิลตรงคาร์บอนตำแหน่งที่ 6 การแทนที่หมู่คาร์บอกซิลหรือไฮดรอกซิลด้วยหมู่เมทิลนี้ทำให้โครงสร้างของสารประกอบเพคตินมีสมบัติเปลี่ยนไปเป็นสารประกอบเอสเทอร์ กระบวนการดังกล่าวเรียกว่า เอสเทอร์ฟิเคชัน (Esterification)



รูปที่ 2.2 โครงสร้างของเพคติน [3]

สารประกอบเพคตินเป็นกลุ่มของสารประกอบเชิงซ้อน สามารถแบ่งออกได้ดังนี้

- โปรโตเพคติน เป็นสารประกอบเพคตินที่ละลายน้ำและพบมากในผลไม้ดิบ มีหมู่เมทอกซิลอยู่ประมาณร้อยละ 9 ถึง 12 หากเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันอย่างสมบูรณ์ จะมีหมู่เมทอกซิลประมาณร้อยละ 16 จัดว่ามีระดับการเกิดเมทอกซิเป็นร้อยละ 100 แต่จะไม่เกิดขึ้นในธรรมชาติระหว่างกระบวนการสุกของผลไม้ โปรโตเพคตินจะถูกไฮโดรไลซ์ด้วยเอนไซม์หรืออาจใช้ด่างจะทำให้หมู่เมทิลถูกแยกออกไปบางส่วน ได้เป็นหมู่คาร์บอกซิลอิสระเรียกว่า กรดเพคตินิก เป็นสารประกอบ เพคตินที่ละลายในน้ำได้

- กรดเพคตินิก เป็นสารประกอบเพคตินหรือพอลิเมอร์ของกรดกาแลคทูโรนิกที่มีหมู่เมทิลเอสเทอร์เหลืออยู่บางส่วน และเมื่อถูกไฮโดรไลซ์เอาหมู่เมทิลออกจนหมดจะได้เป็นกรดเพคติน

- กรดเพคติก เป็นสารประกอบเพคตินหรือพอลิเมอร์ของกรดกาแลคทูโรนิกที่ไม่มีหมู่เมทิลเอสเทอร์อยู่ในโมเลกุลเลย

2.1.3 สมบัติทางเคมีของเพคติน [5]

- การเกิดเจลของเพคตินที่มีหมู่เมทอกซิลสูง

ในการเกิดเจลของเพคตินได้จะต้องมีปริมาณน้ำตาลและกรดที่เหมาะสมเท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากสายเพคตินจะถูกดึงน้ำออก มีผลทำให้เพคตินมีประจุลบจึงทำให้ลดแรงระหว่างสายโซ่ ความเป็นกรดค่าที่เหมาะสมในการเกิดเจลของเพคตินชนิดที่เกิดเจลได้ช้าและเร็ว นั่นคือ 3.2 และ 3.4 ตามลำดับ ที่ความเป็นกรดค่าต่ำ ความแข็งแรงของเจลจะเพิ่มมากขึ้นและอุณหภูมิในการเกิดเจลก็จะเพิ่มมากขึ้นด้วย

สภาวะที่เหมาะสมในการเกิดเจลนั้นมีหลายปัจจัยที่ระดับความเข้มข้นของน้ำตาลสูงๆ พบว่า ค่าความเป็นกรดค่าจะเพิ่มมากขึ้นโดยน้ำตาลจะมีผลต่ออัตราการเกิดเจล โดยพบว่าหากใช้กลูโคส ไซรัปทดแทนน้ำตาลจะมีผลทำให้ความแข็งแรงของเจลลดลง แต่ต้องใช้อุณหภูมิในการเกิดเจลเพิ่มมากขึ้น ในการใช้น้ำตาลฟรุกโตสทดแทนน้ำตาล จะมีผลต่อความแข็งแรงของเจลน้อย แต่จะมีผลต่อการลดลงของอุณหภูมิในการเกิดเจล

- การเกิดเจลของเพคตินที่มีหมู่เมทอกซิลต่ำ

ในการเกิดเจลของเพคตินที่มีหมู่เมทอกซิลต่ำนั้นขึ้นอยู่กับหลายๆ ปัจจัย ได้แก่ ปริมาณแคลเซียมไอออน ความเป็นกรดค่า ปริมาณของน้ำตาล ปริมาณของเพคติน ซึ่งปัจจัยเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิในการเกิดเจล และค่าความแข็งแรงของเจลที่ต้องการ ในการเตรียมเจลมาตรฐานต้องประกอบด้วยความเป็นกรดค่า 3 ปริมาณน้ำตาลร้อยละ 30 โดยให้มีเพคตินร้อยละ 1 และสารประกอบแคลเซียม โดยเพคตินชนิดนี้จะไม่สามารถเกิดเจลได้หากมีปริมาณแคลเซียมไม่เพียงพอ แต่ถ้าหากเพิ่มปริมาณของแคลเซียม ค่าความแข็งแรงของเจลก็จะเพิ่มขึ้นจนถึงจุดหนึ่งแล้วจะลดลง อุณหภูมิในการเกิดเจลก็จะเพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิปกติ และจุดเดือดจะเพิ่มมากขึ้นตามความแข็งแรงของเจลที่เพิ่มขึ้น

2.1.4 สมบัติทางกายภาพของเพคติน [3]

เพคตินสามารถละลายในน้ำเย็น และทำให้เกิดความข้นหนืดได้เช่นเดียวกับกัมส์ชนิดอื่นๆ แต่ผงเพคตินจับกันเป็นก้อนได้ง่ายมีผลทำให้ละลายได้ช้าและยาก เพคตินจะสามารถละลายได้ดีในน้ำอุ่น หรือน้ำที่มีอุณหภูมิมากกว่า 60 องศาเซลเซียส แล้วทำการผสมด้วยเครื่องผสมความเร็วจากต่ำไปหาสูงสุด ต้องระวังไม่ให้เพคตินจับกันเป็นก้อนเพราะจะทำให้ละลายได้ยาก อีกวิธีที่ละลายเพคตินได้ดีนั้นจะต้องผสมเพคตินกับน้ำตาล โดยอัตราส่วนของเพคติน 1 ส่วนกับน้ำตาล 5 ส่วน หรือกับสารละลายอื่นๆ เช่น สารละลายน้ำตาล ความเข้มข้นร้อยละ 65 หรือแอลกอฮอล์ เพื่อให้เพคตินเปียก ถ้าไม่ได้ผสมด้วยเครื่องผสมความเร็วสูง ให้ต้มประมาณ 1 นาที

เพื่อให้มั่นใจได้ว่าเกิดการละลายได้หมดการตรวจคว่ามีการละลายเกิดขึ้นสมบูรณ์หรือไม่สามารถทำได้โดยการดูฟิล์มของสารละลายบนไม้พาย หรือใบมีดที่สะอาดจะต้องใสไม่มีส่วนคล้ายเม็ดทรายอยู่

ความหนืดของเพคติน

ความหนืดของเพคตินนั้นขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของเพคติน ปริมาณแคลเซียม ปริมาณความเป็นกรดต่าง ชนิดของเพคติน และขนาดของมวลโมเลกุล

- ความเข้มข้นของเพคติน สารละลายเพคตินเจือจางจะให้การไหลแบบนิวโตเนียน (Newtonian) ถ้าสารละลายเพคตินมีความเข้มข้นมากกว่าร้อยละ 1 สารละลายเพคตินจะมีคุณสมบัติเป็นสารละลายซูโดพลาสติก (Pseudoplastic Solution)

- ความเป็นกรดต่าง ถ้าเพิ่มความเป็นกรดต่าง พบว่าความหนืดของสารละลายเพคตินจะเพิ่มขึ้นด้วย

- มวลโมเลกุล เพคตินที่มีมวล โมเลกุลสูงจะทำให้สารละลายมีความหนืดสูงขึ้นด้วย ในทางตรงกันข้ามเมื่อเจือจางสารละลายและไม่มีแคลเซียม สารละลายจะมีความหนืดลดลง การเตรียมสารละลายเพคตินให้มีลักษณะเนื้อสัมผัสแตกต่างกันนั้น สามารถทำได้โดยผสม เพคติน ชนิดต่างๆ หรือผสมเพคตินให้มีความเข้มข้นแตกต่างกัน

ปริมาณของแคลเซียมไอออน

เพคตินที่มีหมู่เมทอกซิลสูงไม่ต้องการแคลเซียมในการเกิดเจล แต่เพคตินที่มีหมู่เมทอกซิลต่ำต้องการแคลเซียมในการเกิดเจล แต่สามารถแบ่งเพคติน ออกตามความไวต่อแคลเซียมไอออนออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่เกิดเจลได้ช้าเนื่องจากความไวต่อแคลเซียมต่ำ และกลุ่มที่เกิดเจลได้เร็วมีความไวต่อแคลเซียมสูง กลุ่มหลังนี้หากเพิ่มปริมาณแคลเซียมความหนืดของสารละลายเพคตินก็จะสูงขึ้นด้วย

2.1.5 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณและคุณภาพของเพคติน [5]

ชนิดของวัตถุดิบ

สารเพคตินพบอยู่ในเปลือกและเนื้อของผลไม้หลายชนิด โดยทั่วไปเพคตินมักจับกับเซลลูโลส บริเวณผนังเซลล์ส่วนนอกหรือในบริเวณลามาเลลาส่วนกลาง พบมากในรูปของโปรโตเพคตินหรือเพคโตสหรือเพคโตเซลลูโลส

โปรโตเพคตินมีอยู่จำนวนมากในผนังเซลล์ โดยเฉพาะในส่วนของกำลังเจริญเติบโต และเซลล์ชนิดผนังบางจะพบส่วนผสมของแคลเซียมและแมกนีเซียมในเนื้อกลางระหว่างเซลล์ที่เกิดขึ้นใหม่กับโปรโตเพคติน สารโปรโตเพคตินเป็นสารที่ไม่ละลายน้ำและพบมากในผลไม้ดิบในวัชระ เวียงแก้ว

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์เรื่องการสกัดเพคตินด้วยไอน้ำจากเปลือกส้มโอ

ส่วนเปลือกและเนื้อผลไม้ เมื่อผลไม้สุก โพรโตเพคตินเปลี่ยนเป็นเพคติน โดยเอนไซม์โพรโตเพคตินเนส แหล่งผลิตเพคตินที่ใช้ในทางอุตสาหกรรมคือ เปลือกพีชตระกูลส้ม และกากแอปเปิ้ล

ความแก่อ่อนของวัตถุดิบ

เพคตินในผลไม้จะอยู่ในรูปของโพรโตเพคติน เมื่อผลไม้สุกจะมีเอนไซม์โพรโตเพคตินเนสทำหน้าที่ย่อยเพคตินได้กรดโพรโตเพคติน แต่เมื่อผลไม้สุกจัดเพคตินจะถูกย่อยด้วยเอนไซม์เพคตินเนสได้กรดเพคติกซึ่งเป็นสารคอลลอยด์ของกรดโพลีกาแลคทูโรนิกที่มีเมทิลเอสเทอร์ในโมเลกุลของเพคตินและกรดเพคติก

พันธุ์ของวัตถุดิบ

ผลไม้ชนิดเดียวกันแต่สายพันธุ์ต่างกันจะมีเพคตินไม่เท่ากัน

ส่วนต่างๆ ของวัตถุดิบ

ส่วนต่างๆ ของผลไม้จะมีปริมาณเพคตินต่างกัน เช่น ผลไม้ตระกูลส้มมีปริมาณเพคตินมากในส่วนเปลือกที่ปอกเอาผิวออกและส่วนของแกนออกแล้ว ในส่วนของเนื้อจะมีเพคตินในปริมาณน้อย

ความสดของวัตถุดิบ

การสกัดเพคตินโดยใช้วัตถุดิบที่มีลักษณะแห้งสนิทจะสกัดเพคตินได้น้อยกว่าวัตถุดิบที่สด แต่คุณสมบัติเพคตินเหมือนกัน

วิธีการสกัด

ชนิดและความเข้มข้นของสารละลายกรด การสกัดเพคตินทำได้โดยการไฮโดรไลซิสด้วยสารละลายกรด ซึ่งสารละลายกรดที่นิยมใช้สกัดเพคติน คือ กรดเกลือ

จำนวนครั้งที่สกัด การสกัดเพคตินครั้งแรกจะมีคุณภาพสูงสุดและคุณภาพจะลดลงเมื่อสกัดซ้ำ

อุณหภูมิและเวลา อุณหภูมิและเวลาเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการสกัดเพคติน ตัวแปรทั้งสองตัวมีความสัมพันธ์กัน การสกัดที่สภาวะร้อนมากเกินไปมีผลให้เพคตินที่สกัดได้เกิดการสลายตัว (Degradation)

ความเป็นกรดต่าง การสกัดเพคตินที่ค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 2 มีปริมาณเพคตินมากกว่าการสกัดที่ค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 3 แต่คุณภาพเพคตินที่ค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 2 มีคุณภาพด้อยกว่าเพคตินสกัดที่ค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 3

สารเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัด การเติมสารเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัด เช่น โซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตซึ่งมีสมบัติเป็นซีเควสเตรริงเอเจนต์ (Sequestering Agent) จะช่วยกำจัดพวก โปวาเลนต์แคทไอออน (Polyvalent Cation) และป้องกันการเกิดตะกอนของแคลเซียมวัชระ เวียงแก้ว

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์เรื่องการสกัดเพคตินด้วยไอน้ำจากเปลือกส้มโอ

เพคเตต นอกจากนี้การเติมโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต ลงในสารสกัด 2.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของวัตถุดิบ จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดเพคตินได้มากกว่าเดิม 25 เปอร์เซ็นต์ และจะลดเวลาในการสกัดได้ 50 เปอร์เซ็นต์

2.1.6 การแบ่งเกรดของเพคติน [3] กำหนดตามระยะเวลาที่ใช้ในการเกิดเจล ดังนี้

เพคตินที่เซ็ทตัวเร็ว (Rapid-Set Pectin)

เพคตินที่เซ็ทตัวเร็วเป็นเพคตินที่มีระดับการเกิดเมทอกซิลร้อยละ 70 ขึ้นไป จะเกิดเจลกับน้ำตาลและกรดที่ค่าความเป็นกรดต่าง 3 ถึง 3.4 ความแข็งแรงของเจลขึ้นอยู่กับน้ำหนักโมเลกุลของเพคติน เพคตินที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงจะให้เจลที่มีความแข็งแรงมาก และความแข็งแรงของเจลไม่ขึ้นกับระดับการเกิดเมทอกซิล

เพคตินที่เซ็ทตัวช้า (Slow-Set Pectin)

เพคตินที่เซ็ทตัวช้าเป็นเพคตินที่ระดับการเกิดเมทอกซิลประมาณร้อยละ 50 ถึง 70 จะเกิดเจลเมื่อมีกรดและน้ำตาลที่ค่าความเป็นกรดต่าง 2.8 ถึง 3.2 และที่อุณหภูมิต่ำกว่าชนิดเพคตินที่เซ็ทตัวเร็ว เพคตินที่มีหมู่เมทอกซิลต่ำกว่าร้อยละ 50 จะไม่เกิดเจลกับน้ำตาลและกรด แต่จะเกิดเจลกับแคลเซียมไอออน และความแข็งแรงของเจลขึ้นกับระดับการเกิดเมทอกซิล แต่ไม่ขึ้นกับน้ำหนักโมเลกุล

2.1.7 การแบ่งเพคตินตามค่าร้อยละระดับการเกิดเมทอกซิล [3] แบ่งได้ 2 กลุ่ม ดังนี้

เพคตินกลุ่มที่มีเมทอกซิลสูง

เพคตินกลุ่มที่มีเมทอกซิลสูงเป็นสารเพคตินที่มีค่าระดับการเกิดเอสเทอร์ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50 ในทางการค้าจะมีค่าระดับการเกิดเอสเทอร์อยู่ในช่วงร้อยละ 55 ถึง 75 การเกิดเจลของเพคตินชนิดนี้จะต้องมีองค์ประกอบที่เหมาะสมคือ มีปริมาณน้ำตาลร้อยละ 55 ถึง 65 ค่าความเป็นกรดต่างระหว่าง 2.9 ถึง 3.1 ซึ่งเป็นสภาวะปกติที่ใช้ในแยมทั่วไป

เพคตินกลุ่มที่มีเมทอกซิลต่ำ

เพคตินกลุ่มที่มีเมทอกซิลต่ำเป็นสารเพคตินที่มีค่าระดับการเกิดเอสเทอร์ต่ำกว่าร้อยละ 50 ส่วนใหญ่จะมีค่าระดับการเกิดเอสเทอร์อยู่ในช่วงร้อยละ 20 ถึง 50 ในทางการค้าจะมีค่าระดับการเกิดเอสเทอร์อยู่ในช่วงร้อยละ 20 ถึง 40 มีโครงสร้างดังรูปที่ 2.3 เพคตินชนิดนี้สามารถเกิดเจลได้ที่อุณหภูมิห้อง โดยต้องมีไอออนของโลหะบางชนิดช่วยในการเกิดเจล เช่น Ca^{2+} โดยใช้ปริมาณน้ำตาลเพียงเล็กน้อยหรือไม่ใช้เลย และสามารถเกิดเจลได้ในช่วงค่าความเป็นกรดต่างระหว่าง 3 ถึง 4.5 ในการผลิตเพคตินกลุ่มนี้จะต้องมีการดีเอสเทอร์ไฟต์ โดยใช้เอทิลหรือเมทิลแอลกอฮอล์หรือด่าง ถ้าใช้สารแอมโมเนียมร่วมกับด่างในการดีเอสเทอร์ไฟต์เพคตินจะต้องหาวัชระ เวียงแก้ว

ความสามารถในการเกิดเจล ระดับการเกิดเอสเทอร์ และอัตราเร็วในการเซ็ทตัว

ปริมาณของน้ำตาล

การเพิ่มความเข้มข้นของน้ำตาลในแยมและเจลลี่จะลดความสามารถในการละลายของเพคติน ทำให้เพคตินเกิดร่างแหขึ้นซึ่งทำให้เจลมีความแข็งแรง ปกติปริมาณน้ำตาลที่ใช้ร้อยละ 65 ถึงร้อยละ 70 ถ้าลดน้ำตาลลงจะต้องใช้ปริมาณเพคตินที่สูงขึ้นเพื่อให้เจลมีความแข็งแรงเท่ากัน การใช้ปริมาณน้ำตาลสูงๆ จะทำให้แยมเกิดการเซ็ทตัวได้เร็วขึ้นด้วย

ระดับความเป็นกรดต่าง

การเติมกรดลงในผลิตภัณฑ์ทำให้กัลลินอสดีซิน ป้องกันการเสื่อมเสีย นอกจากนี้กรดยังมีผลในการลดค่าความเป็นกรดต่าง ซึ่งมีผลต่อระดับการแตกตัวของเพคติน อัตราเร็วในการเซ็ทตัว และการไหลเยิ้มของน้ำเชื่อม (Syneresis) ค่าความเป็นกรดที่เหมาะสมในการเกิดเจลคือ 3 แต่ที่มีค่าความเป็นกรดต่ำกว่านี้ ความแข็งแรงของเจลรวมทั้งอัตราเร็ว และอุณหภูมิ ในการเกิดเจลจะเพิ่มขึ้นด้วย ในทางตรงกันข้ามถ้าค่าความเป็นกรดสูงกว่า 3 เจลจะอ่อนตัวลงเนื่องจากเพคตินมีการแตกตัวมากขึ้น ทำให้การเกิดเจลก็ช้าด้วยจนกระทั่งค่าความเป็นกรดต่างสูงกว่า 3.6 จะไม่เกิดเจลขึ้น ยกเว้นกรณีที่มีปริมาณเพคตินสูงและเกลือแคลเซียมรวมอยู่ด้วยค่าความเป็นกรดต่างต่ำๆ จะได้เจลที่อ่อน และเกิดการไหลเยิ้มของน้ำเชื่อมจะเกิดการไหลเยิ้มของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษาได้ง่าย ที่ค่าความเป็นกรดต่าง 3.2 การไหลเยิ้มของน้ำเชื่อมจะเกิดขึ้นน้อยกว่าที่ค่าความเป็นกรดต่างต่ำกว่านี้ ดังนั้นเพื่อป้องกันการไหลเยิ้มของน้ำเชื่อมยังอาจเกิดได้จากการที่เจลถูกรบกวน ขณะทิ้งให้เกิดเจลทำให้โครงสร้างร่างแหถูกทำลายไป ไม่สามารถดักน้ำเชื่อมไว้ในร่างแหขณะทิ้งให้แยมเซ็ทตัวจึงไม่ควรรบกวนด้วยการสั่นสะเทือน

2.1.9 การสกัดเพคตินในระดับของห้องปฏิบัติการ [6]

การสกัดด้วยแอลกอฮอล์

การสกัดเพคตินในผลไม้โดยนำผลไม้หรือเปลือกผลไม้ที่ต้องการสกัด 1 กิโลกรัม ใส่ในภาชนะสแตนเลส ขนาดจุ 10 ลิตร เติมน้ำร้อน 5 ลิตร ตั้งไฟให้เดือดอ่อนๆ แล้วปรับค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 4.5 ด้วยกรดซิตริก ต้มให้เดือดอ่อนๆ ประมาณ 20 นาที แล้วนำมารองขณะร้อนผ่านผ้าขาวบาง 2 ชั้น น้ำผลไม้ที่กรองได้ค่อนข้างขุ่น เติมคิเซลเกอร์ (Kieselgur) 25 กรัมต่อลิตร คนให้เข้ากันประมาณ 5 นาที กรองขณะอุ่นด้วยกระดาษกรองเบอร์ 41 โดยใช้มีมน้ำช่วยกรองจนได้น้ำผลไม้ใส นำไประเหยน้ำออกด้วยเครื่องระเหยแห้งแบบหมุนรอบ (Rotary Evaporator) โดยใช้ ความร้อน 60 องศาเซลเซียส จนได้สารละลายข้นเหนียวซึ่งระเหยน้ำออก 4 ถึง 5 เท่า นำสารละลายข้นเหนียวมาตกตะกอนใน 60 เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ โดยใช้ 75 เปอร์เซ็นต์

วัชร เวียงแก้ว

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์เรื่องการสกัดเพคตินด้วยไอน้ำจากเปลือกส้มโอ

แอลกอฮอล์ ประมาณ 3 ถึง 4 เท่า จะได้เป็นตะกอนวุ้น กรองตะกอนด้วยผ้าในลอน ล้างตะกอนใน 75 เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ 2 ครั้ง และล้างอีกครั้งหนึ่งใน 95 เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ กรองตะกอนด้วยผ้าในลอนบีบให้แห้ง เกลี่ยตะกอนบางๆ บนจานแก้วแล้วนำไปอบแห้งในตู้อบที่ 65 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง สารสกัดที่ได้จะมีลักษณะหยาบ นำไปบดละเอียดและแยกขนาดด้วยตะแกรงร่อนขนาด 80 เมช ได้เป็นเพคตินละเอียด นำไปอบที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

การสกัดด้วยวิธีไฮโดรไลซิสเป็นกรดแร่

การสกัดด้วยวิธีไฮโดรไลซิสเป็นกรดแร่ เช่น ใช้กรดซัลฟูริก กรดเกลือ กรดฟอสฟอรัส เป็นต้น หรือใช้กรดอินทรีย์ชนิดรีก แลคติก มาลิก ตาตาริก ออกซาลิก ที่นิยมคือ ไฮโดรคลอริก ในอุตสาหกรรมใช้กรดไฮโดรคลอริก 0.0167 ถึง 0.02 นอร์มอลิตี ดั้มสกัด 3 ครั้ง ที่อุณหภูมิ 97 ถึง 100 องศาเซลเซียส ดั้ม 30 นาที

การสกัดครั้งที่ 1 ใช้กรด 1.5 ถึง 2 เท่าของกากผลไม้สด

การสกัดครั้งที่ 2 ใช้สารละลายกรด 1 ถึง 1.5 เท่า

หลังสกัดกรองกากผลไม้ขึ้นโตะๆ ออกก่อนแล้วกรองสารละลายซ้ำด้วยผ้าหรือตะแกรงร่อนขนาด 80 เมช อุณหภูมิไม่ควรต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส ระหว่าง 80 ถึง 90 องศาเซลเซียส ทำลายแป้งที่ปะปนมากับสารละลายเพคตินด้วยเอนไซม์ไดแอสตาติก (Diastatic Enzyme) ที่ได้จากแอสเพอจิลล์ (Aspergils) โดยใช้เอนไซม์ 50 กรัมต่อสารละลายเพคติน 100 กิโลกรัม จากนั้นกรองสารละลายขณะร้อนผ่านผ้าหนา

การทำสารละลายให้เข้มข้นและการตกตะกอนโดยนำมาพอกสีทำให้ใส เช่น แอปเปิ้ล พอกด้วยถ่านกัมมันต์ 1 เปอร์เซ็นต์ เมื่อกรองใสแล้วเคี่ยวในหม้อสูญญากาศที่มีอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ความดัน 26 ถึง 28 มิลลิเมตรปรอท เคี่ยวจนข้น 30 ถึง 40 นาที หลังจากนั้นพาสเจอร์ไรซ์บรรจุขวดกระป๋อง

การสกัดด้วยกรดเกลือ

การสกัดด้วยกรดเกลือ โดยเติมแอลกอฮอล์ลงในผลไม้ที่เป็นชิ้นเล็กๆ ในอัตราส่วนของผลไม้ 1 ส่วนต่อแอลกอฮอล์ 3 ส่วนโดยปริมาตร แล้วนำไปปั่นผสมกัน 5 นาที ตั้งไว้ให้ตกตะกอนต่ออีกประมาณ 5 นาที กรองกากผลไม้ออกนำมาแช่ในแอลกอฮอล์โดยใช้กากผลไม้ อัตราส่วน 1 ต่อ 2 โดยปริมาตร ตั้งทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้อง 30 นาที กรองเก็บกากผลไม้แช่ใน 95 เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ ทำอีก 2 ครั้ง ล้างกากผลไม้ครั้งสุดท้ายด้วย 95 เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ จำนวน 30 มิลลิลิตร นำกากที่ได้เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ปรับค่าความเป็นกรดด้วยกรดเกลือเข้มข้นจนได้ค่าความเป็นกรดต่าง 2 ตั้งของผสมไว้ 30 นาที นำไปดั้มจนถึงอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง กรองของผสมผ่านใยแก้ว นำกากผลไม้ที่ผ่านการสกัดเพคตินครั้งแรก

นำมาเติมน้ำกลั่นอีก 50 มิลลิลิตร ต้มจนอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที แล้วกรอง สารละลายเพคตินผ่านใยแก้วล้างกากผลไม้ด้วยน้ำร้อนอีก 50 มิลลิลิตร เก็บสารละลายเพคตินที่ กรองได้รวมกัน ทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เติม 95 เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ และกรดเกลือลงใน สารละลายเพคติน โดยใช้อัตราส่วนแอลกอฮอล์ต่อกรดต่อเพคติน 45 ต่อ 1 ต่อ 40 โดยปริมาตรทิ้ง ไว้ 12 ชั่วโมง

การสกัดโดยการตกตะกอนด้วยอะลูมิเนียมคลอไรด์

นำวัตถุดิบ 100 กรัม ไว้ในน้ำ 150 มิลลิลิตร จำนวน 5 ชั่วโมง ปั่นแล้วตั้งไฟพอเดือด อ่อนๆ ประมาณ 20 นาที กรองด้วยผ้าขาวบาง 4 ทบ จะได้สารละลายใส ปรับค่าความเป็นกรดต่าง ด้วยกรดเกลือ 0.2 นอร์มอลิตี ค่าความเป็นกรดต่าง 4 อุณหภูมิให้สารละลายที่ได้ ใช้เวลา 2 ถึง 3 นาที อุณหภูมิที่ได้ประมาณ 60 ถึง 80 องศาเซลเซียส ปรับค่าความเป็นกรดต่างให้ได้ 3.5 ด้วยอะลูมิเนียม คลอไรด์เข้มข้น 1 โมลาร์ ตั้งทิ้งไว้ 1 คืน กรองเก็บตะกอนอะลูมิเนียมเพคตินเอนต์ด้วยกระดาษกรอง เบอร์ 4 ล้างด้วยตะกอน 60 เปอร์เซ็นต์เอทานอล ผสม 3 เปอร์เซ็นต์กรดเกลือ อบตะกอนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส บดตะกอนเพคตินแล้วเก็บไว้วิเคราะห์ต่อไป

การสกัดโดยการตกตะกอนด้วยเกลือแคลเซียมคลอไรด์

นำวัตถุดิบมา 100 กรัม ปั่นกับน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1 ต่อ 5 ปรับค่าความเป็น กรดต่าง ตามที่กำหนดไว้ นำไปต้มที่อุณหภูมิตามกำหนด กรองเอากากออกด้วยผ้าขาวบางพับ 2 ทบ เข้าเครื่องปั่นเหวี่ยง 3600 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที ปรับค่าความเป็นกรดต่างให้อยู่ในช่วง 5 ถึง 6 เจือจางสารละลายด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 โมลาร์ เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 18 ถึง 20 ชั่วโมง กรดอะซิติกเข้มข้น 1 โมลาร์ 40 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 5 นาที เติมแคลเซียมคลอไรด์ 40 มิลลิลิตร ที่ความเข้มข้นที่กำหนด นำสารละลายไปต้มที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ประมาณ 2 ถึง 3 นาที นำไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 ล้างตะกอนบนกระดาษกรองด้วยน้ำร้อน 80 องศา เซลเซียส นำตะกอนไปอบในตู้ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง เพื่อให้ได้ตะกอน แห่งซึ่งตะกอนแห่งนี้จะอยู่ในรูปแคลเซียมเพคเตต ในการเปลี่ยนแคลเซียมเพคเตตเป็นเพคตินทำได้ โดยล้างแคลเซียมเพคเตตด้วยแอลกอฮอล์ที่ผสมกรดซัลฟูริกเจือจาง ตะกอนจะเปลี่ยนเป็นเพคติน

การทำให้บริสุทธิ์และการทำแห้ง

ทำการแยกตะกอนบิบน้ำออก แล้วล้างหลายๆ ครั้งด้วยแอลกอฮอล์ที่ปรับด้วย กรด เพื่อกำจัดสารตกค้างออกไป อบในเตาอบที่อุณหภูมิประมาณ 40 องศาเซลเซียส จนมีความชื้น ร้อยละ 6 ถึง 10 แล้วจึงทดสอบเกรดของเพคติน

2.1.10 การผลิตเพคตินในโรงงานอุตสาหกรรม [6]

วัตถุดิบ

เปลือกส้มและกากแอปเปิ้ลเป็นวัตถุดิบที่มีความสำคัญที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมการผลิตเพคติน ส้มเป็นวัตถุดิบที่จัดได้ว่ามีปริมาณของเพคตินมาก ในบางบริษัทการผลิตเพคตินได้พัฒนาวัตถุดิบมาเป็นแอปเปิ้ลเป็นบางส่วนหรือทั้งหมด แต่พื้นฐานการผลิตก็ยังคงเป็นการผลิตเพคตินที่ได้จากเปลือกส้ม หัวบีชเป็นพืชอีกชนิดหนึ่งที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเพคติน แต่เพคตินที่ได้จะมีคุณสมบัติด้านการเกิดเจลน้อยกว่าเพคตินที่ได้จากพืชตระกูลส้ม มะนาว มะกรูด หรือแอปเปิ้ล นอกจากหัวบีชแล้วยังมีแหล่งวัตถุดิบอื่นๆ ที่นำมาผลิตเพคติน เช่น มะม่วง เมล็ดทานตะวัน ฟักทอง

กระบวนการทั่วไป กระบวนการที่ใช้ในการสกัดเพคตินทั่วไป มีดังนี้

วิธีการสกัด นำเปลือกผลไม้มาสกัดด้วยน้ำโดยทำที่สภาวะเป็นกรดที่ค่าความเป็นกรดต่าง 1 ถึง 3 โดยใช้กรดไฮโดรคลอริกหรือกรดไนตริก อุณหภูมิ 50 ถึง 90 องศาเซลเซียส และต้องทำในเวลา 3 ถึง 12 ชั่วโมง ซึ่งในระหว่างการสกัดจะมีข้อจำกัดในการดีโพลีเมอไรเซชัน (Depolymerization) ของเพคติน และอาจเป็นไปได้ว่าจะเกิดการเชื่อมโยงของไบโอ โพลีเมอร์ (Biopolymer) เกิดขึ้น และเพคตินก็สามารถที่จะละลายน้ำได้ที่ค่าความเป็นกรดต่างที่ต่ำๆ อะตอมของเพคตินจะแตกตัวออกอยู่บริเวณเนื้อเยื่อของพืช นอกจากพันธะไฮโดรไลซิง ไกลโคไซด์ิก บอนด์ (Hydrolyzing Glycosidic Bonds) แล้ว การสกัดจะทำให้มีไฮโดรไลซิงเอสเทอร์ (Hydrolyzing Ester) เกาะติดมาด้วยซึ่งจะมีลักษณะเฉพาะพิเศษคือ จะมีหมู่เมทิลเอสเทอร์เกาะที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 6 และอะซีเตทไปเกาะกับเพคตินจะถูกเอสเทอร์รีไฟด์โดยหมู่ไฮดรอกซิลของมันเอง ดังนั้นในกระบวนการสกัดโดยการ โพลีเมอไรเซชัน เมทิลเอสเทอร์ฟิเคชัน จะได้ผลของเพคตินเพิ่มขึ้นตามปริมาณความเป็นกรด อุณหภูมิ และระยะเวลาการสกัด

วิธีการกรอง ในการสกัดสารเพคตินจำเป็นที่ต้องมีการกรองหนึ่งกระบวนการหรือมากกว่านั้น เพื่อต้องการแยกสารละลายเพคตินออกจากเนื้อเยื่อพืช การกรองที่มีประสิทธิภาพจึงต้องการความหนืดต่ำ สิ่งที่ได้จากการกรองจะเป็นพวกวัตถุที่ไม่ละลายน้ำ เช่น พวกลูโลสของไม้หรือกากของพืชเซลล์เดียว โดยจะติดอยู่ภายในรูพรุนของแปงเค้ก กากที่ได้นี้ก็สามารถที่จะนำไปเป็นอาหารสัตว์ได้

การทำผงเพคตินจากสารละลายที่สกัดได้ จะนำสารละลายที่ได้มาทำให้เข้มข้นโดยการต้มระเหยเอาน้ำออก เพคตินก็จะตกออกมาโดยอยู่ร่วมกับแอลกอฮอล์ที่ใช้ในการสกัดอย่างเหมาะสม ในที่สุดก็จะได้ตะกอนหรือของเหลวที่มีความข้นหนืดและจะถูกนำไปล้างในแอลกอฮอล์แล้วทำให้แห้งแล้วบดเป็นผง ซึ่งแอลกอฮอล์จะถูกนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีกโดยยกกระบวนการกลับ

สำหรับวิธีการตกตะกอนด้วยเกลือของโลหะตะกอนที่ได้จะอยู่ในรูปของเกลือเพคตินซึ่งจะไม่ละลายน้ำ เช่น Cu^{2+} และ Al^{3+} ในอุตสาหกรรมเริ่มแรกจะใช้การตกตะกอนด้วย Al^{3+} ก่อน และได้พัฒนามาเป็น Ca^{2+} ส่วนการกำจัดไอออนโลหะจากตะกอนของเพคตินจะทำได้โดยการล้างตะกอนกับสารละลายแอลกอฮอล์ผสมกรด

การเทียบมาตรฐาน

คุณสมบัติในทางพฤกษศาสตร์ของวัตถุดิบที่นำมาสกัดอาจจะไม่คงที่ ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพอากาศหรือสภาวะอื่นๆ ที่เป็นสาเหตุให้พืชเติบโตอย่างไม่สมบูรณ์ และจะทำให้เกิดความแตกต่างของคุณสมบัติเพคตินได้

เพคตินที่สกัดได้ต้องนำมาเทียบมาตรฐาน เพื่อให้คุณสมบัติของเพคตินที่สกัดได้จากโรงงานแต่ละโรงงานอยู่ในระดับที่เป็นมาตรฐาน โดยจะถูกสอบเทียบทั้งเรื่องคุณค่าด้านโภชนาการและความไม่เป็นพิษของเพคติน

2.1.11 ประโยชน์ของสารประกอบเพคติน [2]

เนื่องจากสารประกอบเพคตินมีความสามารถในการพองตัวเมื่อละลายน้ำ และเกิดเจลได้ในสภาวะที่เหมาะสม จึงมีการนำสารประกอบเพคตินในรูปแบบต่างๆ ไปใช้ในอุตสาหกรรมมากมาย เช่น ใช้เป็นสารเพิ่มความข้นหนืดและทำให้เกิดเจลในอุตสาหกรรมอาหารต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมการทำแยม ใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารเด็กเพื่อลดการระคายเคืองอันเนื่องมาจากการบิบบัวของทางเดินอาหาร ใช้เป็นสารช่วยลดคลอเรสเตอรอล เป็นตัวที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของยาให้นานขึ้น ลดระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยที่เป็นโรคอ้วนและโรคเบาหวาน

ตารางที่ 2.2 มูลค่าการนำเข้าเพคตินของไทย ปี 2544 ถึง 2549 [7]

เดือน / ปี	มูลค่าการนำเข้าเพคติน (บาท)
มกราคม ถึง ธันวาคม 2544	386,766,285
มกราคม ถึง ธันวาคม 2545	328,771,654
มกราคม ถึง ธันวาคม 2546	315,833,405
มกราคม ถึง ธันวาคม 2547	318,175,744
มกราคม ถึง ธันวาคม 2548	335,043,855
มกราคม ถึง มิถุนายน 2549	180,640,967

กรดเพคติกใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารและเครื่องดื่มหลายชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอาหารของผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวาน เนื่องจากกรดเพคติกจะทำให้อาหารที่มีปริมาณน้ำตาลน้อยเกิดความข้นหนืดขึ้นเมื่อทำปฏิกิริยากับเกลือแคลเซียม สามารถลดความเป็นพิษของสารประกอบพวกโลหะหนัก เช่น พรอทและตะกั่ว ผลผลิตที่ได้จากการย่อยสารประกอบเพคตินในลำไส้ส่วนโคลอน (Colon) ใช้เป็นสารยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเชื้อที่ทำให้เกิดอาการท้องร่วง เป็นต้น

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เกียรติศักดิ์ และคณะ [6] ได้ศึกษาการสกัดเพคตินจากผิวมะนาว โดยทำการสกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกและตกตะกอนด้วยเอทานอล พบว่าปริมาณเพคตินที่สกัดได้จากเปลือกมะนาวแบบสดและแบบแห้งจะมีค่าสูงสุดภายใต้สภาวะการสกัดที่ค่าระดับความเป็นกรดต่างเท่ากับ 1 อุณหภูมิในการต้มสกัด 70 องศาเซลเซียส เวลาในการต้มสกัด 60 นาที เพคตินที่ได้จากเปลือกมะนาวสดจะมีปริมาณมากกว่าเพคตินที่ได้จากเปลือกมะนาวแห้ง โดยปริมาณเพคตินที่สกัดได้จากเปลือกมะนาวสดคือร้อยละ 3.65 และเปลือกมะนาวแห้งคือร้อยละ 1.64 และจากการศึกษาคุณสมบัติของเพคตินพบว่าเพคตินจากเปลือกมะนาวแห้งมีค่าใกล้เคียงกับเพคตินทางการค้ามากกว่าเพคตินจากเปลือกมะนาวสด โดยเพคตินจากเปลือกมะนาวสดมีปริมาณความชื้นร้อยละ 11.90 ปริมาณเถ้าร้อยละ 13.73 น้ำหนักกรัมสมมูล 255.89 และปริมาณเมทอกซีร้อยละ 15.69 และเพคตินจากเปลือกมะนาวแห้งมีปริมาณความชื้นร้อยละ 12.50 ปริมาณเถ้าร้อยละ 15.86 น้ำหนักกรัมสมมูล 396.19 และปริมาณเมทอกซีร้อยละ 12.46

Kalapathy and Proctor [8] ได้ศึกษาการสกัดเพคตินจากเปลือกกล้วยเหลืองโดยทำการสกัดจากกรดไฮโดรคลอริกและตกตะกอนด้วยแอลกอฮอล์ โดยศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินพบว่า ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกที่ 0.05 และ 0.1 นอร์มอลิตี จะให้ปริมาณเพคตินสูงสุดคือร้อยละ 26 และ 28 ตามลำดับ ที่ค่าความเป็นกรดต่างในการตกตะกอน 3.5 ส่วนการสกัดเพคตินด้วยความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก 0.2 และ 0.3 นอร์มอลิตี ที่ค่าความเป็นกรดต่าง 2 จะให้ปริมาณเพคตินน้อยลง ซึ่งจากการทดลองพบว่าความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการสกัดหรือค่าความเป็นกรดต่างในการตกตะกอนจะไม่มีผลต่อความบริสุทธิ์หรือระดับการเกิดเอสเทอร์ของผลิตภัณฑ์

Mesbahi et al. [9] ได้ศึกษาการสกัดเพคตินจากหัวบีทและเปรียบเทียบคุณสมบัติของเพคตินที่สกัดได้จากหัวบีทกับเพคตินทางการค้าจากผิวส้มพบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดที่ค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 1 อุณหภูมิในการต้มสกัด 90 องศาเซลเซียส เวลาในการต้มสกัด 4 ชั่วโมง วัชระ เวียงแก้ว

สามารถสกัดเพคตินได้ร้อยละ 22.4 และจากการศึกษาคุณสมบัติของเพคตินพบว่า เพคตินจากหัวบีทมีปริมาณความชื้นร้อยละ 2.01 ปริมาณเถ้าร้อยละ 4.91 โปรตีนร้อยละ 5.20 กรดกาแลคทูโรนิก ร้อยละ 66.18 ระดับการเกิดเอสเทอร์ร้อยละ 58.92 และเพคตินทางการค้าจากผิวส้มมีปริมาณความชื้นร้อยละ 3.21 ปริมาณเถ้าร้อยละ 0.55 โปรตีนร้อยละ 1.1 กรดกาแลคทูโรนิกร้อยละ 78.41 ระดับการเกิดเอสเทอร์ร้อยละ 67.80

Pagan et al. [10] เปรียบเทียบการสกัดเพคตินจากลูกพีชสดและกากลูกพีชที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 10 เดือน โดยศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินพบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินคือ อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดต่าง 1.4 เวลาที่ใช้ในการต้มสกัด 60 นาที สามารถสกัดเพคตินได้ร้อยละ 17.8 และที่อุณหภูมิ 60 และ 80 องศาเซลเซียส พบว่ากากพีชที่เก็บไว้สามารถสกัดเพคตินได้มากกว่ากากพีชสด และกากพีชสดให้เพคตินชนิดที่มีเมทอกซิลสูง กากพีชที่เก็บไว้ให้เพคตินชนิดที่มีเมทอกซิลต่ำ



บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- 3.1.1 เครื่องปั่น รุ่น MXT-2001 PW บริษัท Misushita ประเทศไทย
- 3.1.2 เตาอบ บริษัท Memmert model 500 ประเทศอังกฤษ
- 3.1.3 เครื่องสกัดด้วยไอน้ำ
- 3.1.4 หม้อต้มไอน้ำ บริษัท Chofu Boiler ประเทศญี่ปุ่น
- 3.1.5 เตาเผา บริษัท Fisher Scientific ประเทศสหรัฐอเมริกา
- 3.1.6 เครื่องปรับวัดค่าความเป็นกรดต่าง รุ่น Cyberscan pH 510 บริษัท Eutech Instruments ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.2 เครื่องมือวิเคราะห์

- 3.2.1 เครื่องอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ รุ่น Perkin Elmer IR-470 ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.3 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

- 3.3.1 กรดไฮโดรคลอริก (HCl) บริษัท J.T.Baker ประเทศสหรัฐอเมริกา
- 3.3.2 เอทิลแอลกอฮอล์ (C_2H_5OH) บริษัท J.T.Baker ประเทศสหรัฐอเมริกา
- 3.3.3 ซิลเวอร์ไนเตรท ($AgNO_3$) บริษัท Mallinckrodt ประเทศสหรัฐอเมริกา
- 3.3.4 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) บริษัท Asia Pacific Specialty Chemical Limited ประเทศออสเตรเลีย
- 3.3.5 เฟอริกคลอไรด์ ($FeCl_3$) บริษัท Riedel-de Häen ประเทศเยอรมัน
- 3.3.6 กรดไฮดรอกซาลามีน ($NH_2OH \cdot HCl$) บริษัท Ajax Finechem ประเทศออสเตรเลีย
- 3.3.7 โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) บริษัท BDH Laboratory Supplies ประเทศอังกฤษ
- 3.3.8 โพแทสเซียมโบรไมด์ (KBr) AR เกรด บริษัท Mallinckrodt ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.3.9 ฟีนอลเรด ($C_{19}H_{13}NaO_5S$) บริษัท APS Ajax Finechem ประเทศเยอรมัน

3.4 การเตรียมวัตถุดิบ

นำเปลือกส้มโอที่ปอกเปลือกเขียวมาอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง แล้วปั่นเปลือกส้มโอแห้งกับน้ำกลั่นด้วยอัตราส่วน 1 ต่อ 20

3.5 ผลของระยะเวลาที่มีต่อการสกัดสารเพคตินจากวิธีสกัดด้วยเครื่องสกัดไอน้ำ

ศึกษาระยะเวลาในการสกัดที่มีผลต่อการสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอแห้งด้วยเครื่องสกัดไอน้ำ ที่ความดัน 1 บาร์ ค่าความเป็นกรดต่าง 0.5 โดยปรับเปลี่ยนสภาวะระยะเวลาในการสกัดเป็น 10 20 30 40 50 และ 60 นาที ตามลำดับ

3.6 ผลของความดันไอน้ำที่มีต่อการสกัดสารเพคตินจากวิธีสกัดด้วยเครื่องสกัดไอน้ำ

ศึกษาความดันไอน้ำในการสกัดที่มีผลต่อการสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอแห้งด้วยเครื่องสกัดไอน้ำ เมื่อได้ระยะเวลาในการสกัดที่เหมาะสมแล้ว ที่ค่าความเป็นกรดต่าง 0.5 โดยปรับเปลี่ยนสภาวะความดันไอน้ำที่ใช้ในการสกัดเป็น 0.5 1.0 และ 1.5 บาร์ ซึ่งในการทดลองจะวัดค่าความดันไอน้ำที่ทางเข้าเครื่องสกัดไอน้ำ เพื่อป้องกันความดันสูญเสียที่อาจเกิดขึ้นจากหม้อต้มไอน้ำ

3.7 ผลของค่าความเป็นกรดต่างเริ่มต้นที่มีต่อการสกัดสารเพคตินจากวิธีสกัดด้วยเครื่องสกัดไอน้ำ

ศึกษาค่าความเป็นกรดต่างเริ่มต้นที่มีผลต่อการสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอแห้งด้วยเครื่องสกัดไอน้ำ เมื่อได้ระยะเวลาและความดันไอน้ำในการสกัดที่เหมาะสมแล้ว โดยปรับเปลี่ยนสภาวะค่าความเป็นกรดต่างเริ่มต้นเป็น 0.25 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 และ 3.5 ตามลำดับ ด้วยกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 6 โมลาร์

3.8 วิธีการตกตะกอน

สารละลายที่สกัดได้จะประกอบด้วยผลิตภัณฑ์จากส่วนบน ส่วนกลาง และส่วนล่างของถังสกัด โดยผลิตภัณฑ์ที่สกัดได้จากส่วนกลางของถังสกัดจะเป็นของผสมต้องทำการแยกสารละลายด้วยผ้าขาวบางพับ 3 ทบ ก่อนที่จะนำมาตกตะกอน ส่วนผลิตภัณฑ์ที่สกัดได้จากส่วนบน และส่วนล่างจะเป็นสารละลาย วิธีการตกตะกอนทำได้โดยนำสารละลายที่สกัดได้มาตกตะกอนด้วยเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 3 ชั่วโมง กรองตะกอนที่ได้ด้วยผ้าขาวบางพับ 3 ทบ จากนั้นล้างคลอไรด์ไอออนในตะกอนเพคตินด้วยเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ และตรวจสอบคลอไรด์ไอออนในวัชระ เวียงแก้ว

สารละลายที่เหลือด้วยสารละลายซิลเวอร์ไนเตรท 0.1 โมลาร์ อบตะกอนเพคตินที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่

3.9 การตรวจสอบชนิดของตะกอนที่สกัดได้ [6]

ตะกอนที่สกัดได้ซึ่งคาดว่าเป็นเพคตินนั้นได้มีการตรวจสอบเพื่อยืนยันว่าเป็นสารประกอบเพคติน โดยการใช้วิธีทางเคมีและใช้เครื่องอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

3.9.1 การตรวจสอบเพคตินทางเคมีโดยใช้วิธีทางเคมี

นำสารตัวอย่างที่ต้องการทดสอบมา 0.01 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร เติมสารกรดไฮดรอกซาลามีนเข้มข้น 0.1 โมลาร์ 1 มิลลิลิตร และเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 มิลลิลิตร แล้วรอทิ้งไว้ประมาณ 2 นาที จึงเติมกรดไฮโดรคลอริก 1 มิลลิลิตร และสารเฟอร์ริกคลอไรด์เข้มข้น 0.1 โมลาร์ 1 มิลลิลิตร ถ้าสารละลายที่ได้มีตะกอนสีแดง ไม่ละลายน้ำเกิดขึ้นแสดงว่ามีสารประเภทเพคติน

3.9.2 การตรวจสอบเพคตินโดยใช้เครื่องอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

นำสารเพคตินที่สกัดได้มาบดให้ละเอียด จากนั้นผสมกับโพแทสเซียมโบรไมด์สัดส่วน 1 ต่อ 20 โดยน้ำหนัก นำเข้าเครื่องอัดจะได้สารเป็นแผ่นใส แล้ววิเคราะห์ด้วยเครื่องอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ เพื่อดูลักษณะของกราฟที่ได้เทียบกับเพคตินทางการค้า

3.10 การตรวจสอบสมบัติของเพคตินที่สกัดได้

เพคตินที่สกัดจากเปลือกส้มโอแห้ง จำเป็นต้องมีการตรวจสอบคุณภาพต่างๆ ดังต่อไปนี้

3.10.1 ปริมาณเถ้า [5]

นำเพคตินที่สกัดได้มาใส่ในถ้วยเผาสาร (Crucible) ชั่งหาน้ำหนักที่แน่นอนแล้วจึงนำไปใส่เตาเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส จนได้ตะกอนเถ้าสีขาว แล้วจึงนำถ้วยเผาสารใส่ในโถดูดความชื้น ทิ้งไว้จนเย็นเท่าอุณหภูมิห้อง จึงนำมาชั่งหาน้ำหนักเถ้า คำนวณหาเปอร์เซ็นต์เถ้าโดยคิดตามเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งตามสมการ (3-1)

$$\text{เปอร์เซ็นต์เถ้า} = \frac{\text{น้ำหนักเถ้า(กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักแห้งของสารตัวอย่าง(กรัม)}} \quad (3-1)$$

3.10.2 น้ำหนักกรัมสมมูล [6]

ชั่งเพคตินที่ทราบน้ำหนักแน่นอนประมาณ 0.5 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร ละลายผงเพคตินด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร แล้วเติมเกลือแกง 1 กรัม นำไปไตเตรต

กับสารละลายมาตรฐาน โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มอลิตี โดยใช้ฟีนอลเรดเป็นอินดิเคเตอร์ จนกระทั่งอินดิเคเตอร์เปลี่ยนสี คำนวณค่าน้ำหนักกรัมสมมูลตามสมการ (3-2)

$$\text{น้ำหนักกรัมสมมูล} = \frac{1000 \times S}{NV} \quad (3-2)$$

โดย S คือ น้ำหนักแห้งของเพคตินที่ใช้ (กรัม)

N คือ จำนวนนอร์มอลิตีของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ไตเตรต

V คือ จำนวนปริมาตรของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ไตเตรต (มิลลิลิตร)

3.10.3 ปริมาณเมทอกซี [6]

นำสารละลายที่ผ่านการหาน้ำหนักกรัมสมมูลมาเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.25 นอร์มอลิตี ปริมาตร 25 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 30 นาที เติมกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.25 นอร์มอลิตี ปริมาตร 25 มิลลิลิตร แล้วนำไปไตเตรตกับสารละลายมาตรฐาน โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มอลิตี โดยใช้ฟีนอลเรดเป็นอินดิเคเตอร์ จนกระทั่งอินดิเคเตอร์เปลี่ยนสี คำนวณปริมาณเมทอกซีตามสมการ (3-3)

$$\text{ปริมาณเมทอกซี} = \frac{NVE \times 100}{1000S} \quad (3-3)$$

โดย N คือ จำนวนนอร์มอลิตีของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไตเตรต

V คือ ปริมาตรนอร์มอลิตีของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไตเตรต (มิลลิลิตร)

E คือ น้ำหนักสมมูลของเมทอกซีเท่ากับ 31

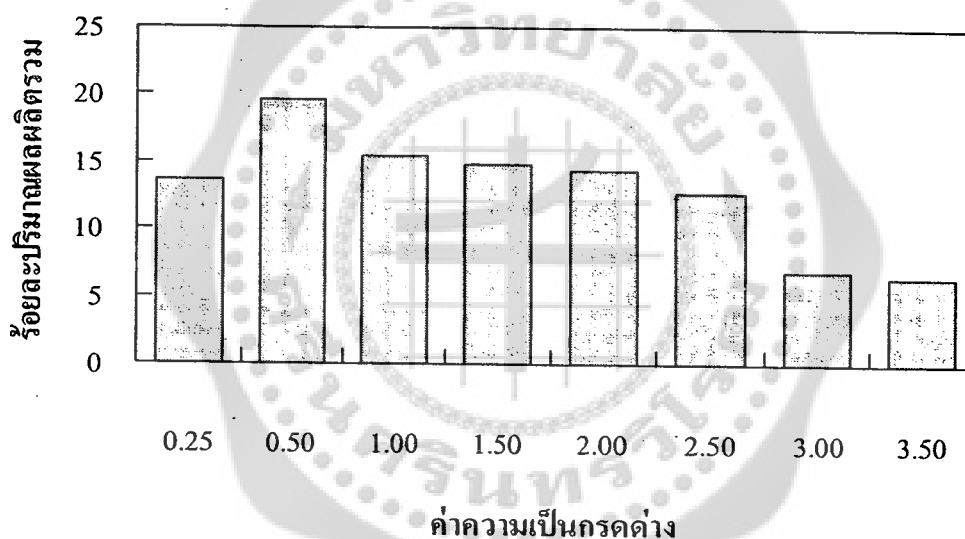
S คือ น้ำหนักแห้งของเพคตินที่ใช้ (กรัม)

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ผลของค่าความเป็นกรดต่างที่มีต่อการสกัดสารเพคตินจากวิธีต้มสกัดด้วยอ่างน้ำร้อน

ศึกษาผลของค่าความเป็นกรดต่างที่มีต่อการสกัดสารเพคตินด้วยวิธีต้มสกัดในอ่างน้ำร้อน โดยปรับเปลี่ยนค่าความเป็นกรดต่างของสารละลายก่อนที่จะนำไปต้มในอ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที ดังแสดงในรูปที่ 4.1

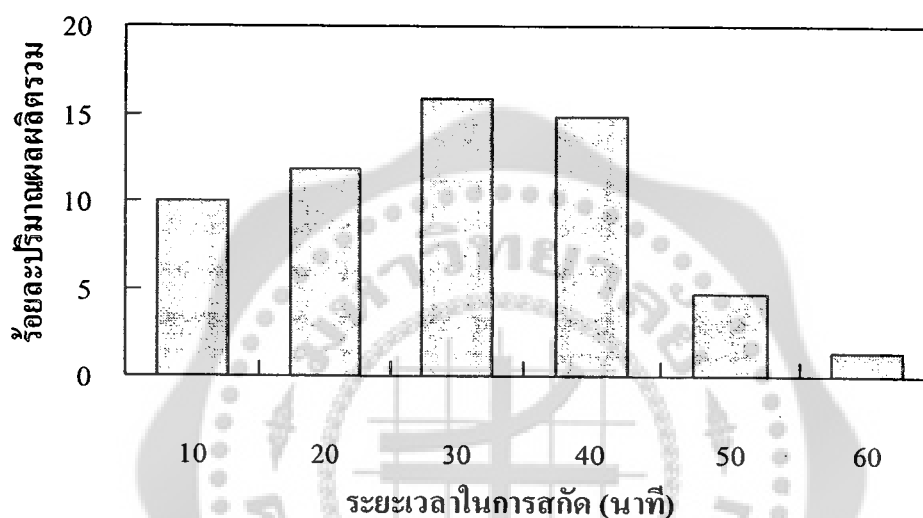


รูปที่ 4.1 ค่าความเป็นกรดต่างที่มีผลต่อปริมาณผลผลิตรวมที่สกัดได้จากวิธีต้มสกัดด้วยอ่างน้ำร้อน โดยทำการสกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที

จากรูปที่ 4.1 พบว่า ค่าความเป็นกรดต่างในการสกัดที่เหมาะสม คือ 0.5 สามารถสกัดได้ปริมาณผลผลิตรวมของเพคตินสูงสุดร้อยละ 19.56 และเมื่อปรับค่าความเป็นกรดต่างสูงขึ้นพบว่าความสามารถในการสกัดมีแนวโน้มลดลง แสดงว่าปริมาณผลผลิตรวมของเพคตินสามารถสกัดได้ดีที่สภาวะความเป็นกรดสูง และเมื่อปรับค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 0.25 พบว่า ปริมาณผลผลิตรวมของเพคตินลดลง เนื่องจากถ้าค่าความเป็นกรดสูงเกินไปจะทำให้สารเพคตินถูกทำลาย

4.2 ผลของระยะเวลาที่มีต่อการสกัดสารเพคตินจากวิธีสกัดด้วยเครื่องสกัดไอน้ำ

ศึกษาระยะเวลาที่มีผลต่อการสกัดสารเพคตินจากเปลือกส้มโอแห้งด้วยเครื่องสกัดไอน้ำ ที่ค่าความเป็นกรดต่างเริ่มต้น 0.5 ความดันไอน้ำ 1 บาร์ ซึ่งพบว่าที่เวลาต่างกัน จะให้ปริมาณผลผลิตรวมของเพคตินที่ต่างกัน และปริมาณทั้งหมดจะได้จากส่วนกลางและส่วนล่างของถังสกัด สำหรับส่วนบนจะไม่มีเพคติน เนื่องจากเพคตินเป็นสารที่ไม่ระเหยไปกับไอน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 4.2

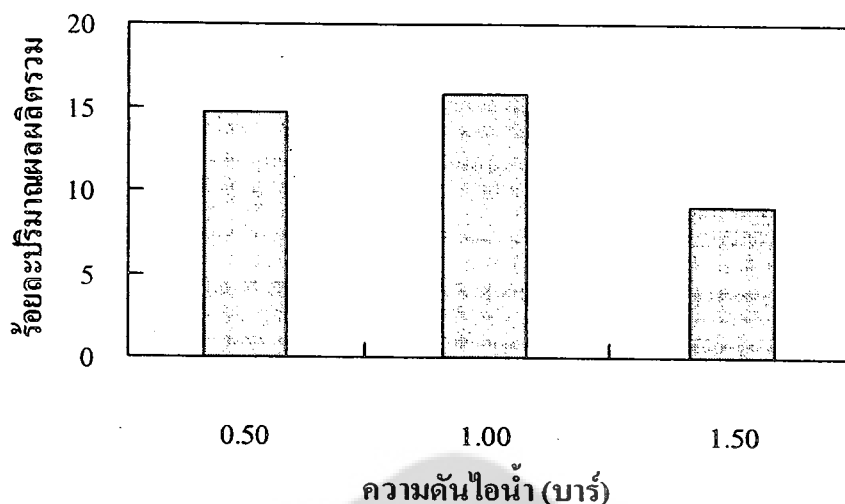


รูปที่ 4.2 ระยะเวลาในการสกัดที่มีผลต่อปริมาณผลผลิตรวมที่สกัดได้จากวิธีสกัดด้วยเครื่องสกัดไอน้ำ โดยทำการสกัดที่ค่าความเป็นกรดต่างเริ่มต้น 0.5 ความดันไอน้ำ 1 บาร์

จากรูปที่ 4.2 พบว่า ระยะเวลาในการสกัดที่เหมาะสม คือ 30 นาที สามารถสกัด สารเพคติน ได้ปริมาณผลผลิตรวมสูงสุดร้อยละ 15.81 และเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการสกัดพบว่าความสามารถในการสกัดลดลง เนื่องจากปริมาณความร้อนจากไอน้ำที่มากเกินไปมีผลทำให้โครงสร้างของเพคติน ถูกทำลาย

4.3 ผลของความดันไอน้ำที่มีต่อการสกัดสารเพคตินจากวิธีสกัดด้วยเครื่องสกัดไอน้ำ

ศึกษาความดันไอน้ำที่มีผลต่อการสกัดสารเพคตินจากเปลือกส้มโอแห้งด้วยเครื่องสกัดไอน้ำ ที่ค่าความเป็นกรดต่างเริ่มต้น 0.5 เป็นเวลา 30 นาที โดยทำการวัดค่าความดันไอน้ำที่ทางเข้าเครื่องสกัดไอน้ำ เพื่อป้องกันความดันสูญเสียที่อาจเกิดขึ้นจากหม้อต้มไอน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 4.3

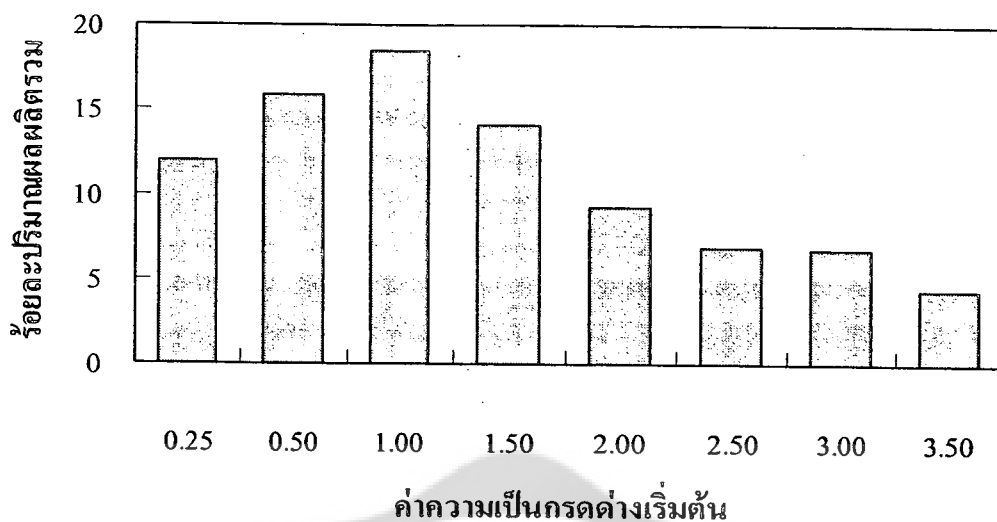


รูปที่ 4.3 ความดันไอน้ำที่มีผลต่อปริมาณผลผลิตรวมที่สกัดได้จากวิธีสกัดด้วยเครื่องสกัดไอน้ำ โดยทำการสกัดที่ค่าความเป็นกรดต่างเริ่มต้นเท่ากับ 0.5 เป็นเวลา 30 นาที

จากรูปที่ 4.3 พบว่า ความดันไอน้ำในการสกัดที่เหมาะสม คือ 1 บาร์ สามารถสกัดสารเพคตินได้ปริมาณผลผลิตรวมสูงสุดร้อยละ 15.81 และเมื่อเพิ่มความดันไอน้ำในการสกัดพบว่า เพคตินมีลักษณะไม่รวมตัวกันและหลุดผ่านรูผ้ากรองได้ง่าย ต้องทำการกรองด้วยกระดาษกรองวอทแมนเบอร์ 4 สาเหตุมาจากความดันไอน้ำที่เพิ่มขึ้นไปทำลายโครงสร้างเพคติน ทำให้เพคตินเกิดการสลายตัว

4.4 ผลของค่าความเป็นกรดต่างที่มีต่อการสกัดสารเพคตินจากวิธีสกัดด้วยเครื่องสกัดไอน้ำ

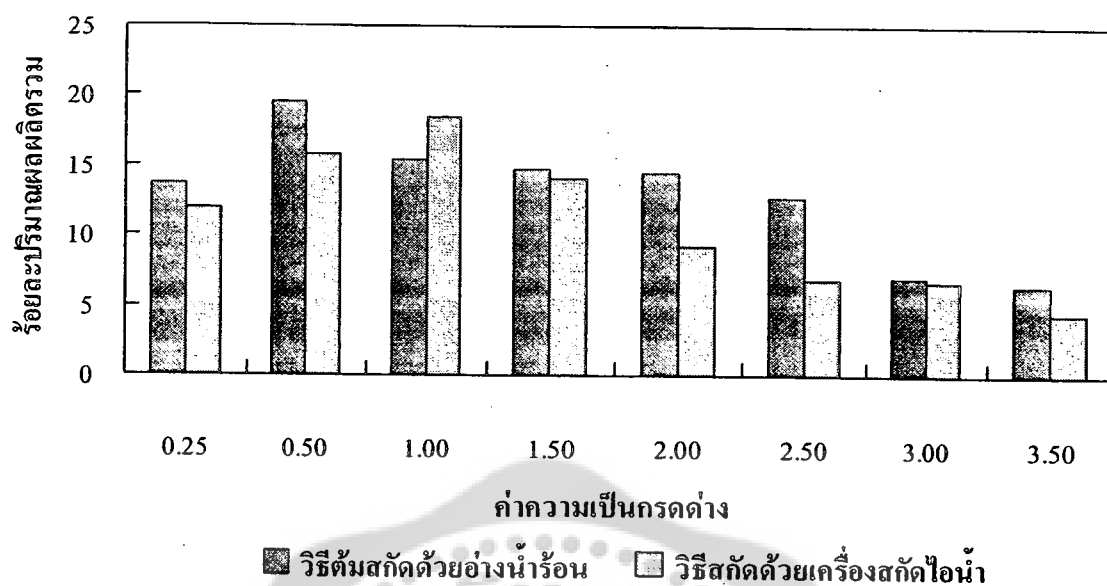
ศึกษาค่าความเป็นกรดต่างเริ่มต้นที่มีต่อการสกัดสารเพคตินจากเปลือกส้มโอแห้งด้วยเครื่องสกัดไอน้ำ ที่ความดันไอน้ำ 1 บาร์ เป็นเวลา 30 นาที โดยทำการปรับวัดค่าความเป็นกรดต่างก่อนนำสารละลายเข้าเครื่องสกัดไอน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 ค่าความเป็นกรดต่างเริ่มต้นที่มีผลต่อปริมาณผลผลิตรวมที่สกัดได้จากวิธีสกัดด้วยเครื่องสกัดไอน้ำ โดยทำการสกัดที่ความดันไอน้ำ 1 บาร์ เป็นเวลา 30 นาที

จากรูปที่ 4.4 พบว่า ค่าความเป็นกรดต่างเริ่มต้นที่เหมาะสม คือ 1 สามารถสกัดสาร เพคติน ได้ปริมาณผลผลิตรวมสูงสุดร้อยละ 18.45 และเมื่อปรับค่าความเป็นกรดต่างสูงขึ้นพบว่า ความสามารถในการสกัดมีแนวโน้มลดลง แสดงว่าปริมาณผลผลิตรวมของเพคตินสามารถสกัดได้ดีที่สภาวะความเป็นกรดสูง และเมื่อปรับค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 0.25 และ 0.5 พบว่า ปริมาณผลผลิตรวมของเพคตินลดลง เนื่องจากถ้าค่าความเป็นกรดสูงเกินไปจะทำให้สารเพคตินถูกทำลาย

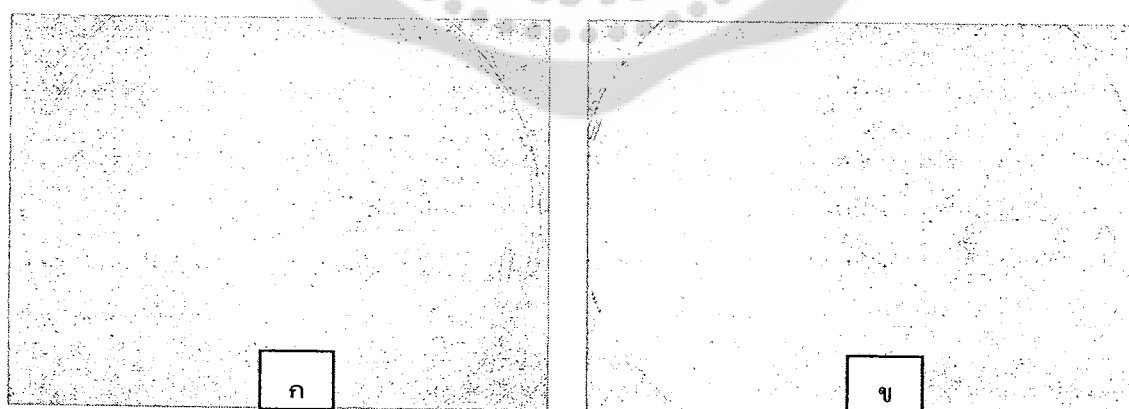
ในการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการสกัดสารเพคตินจากเปลือกส้มโอแห้งด้วยเครื่องสกัดไอน้ำ จากนั้นนำผลการทดลองมาเปรียบเทียบกับวิธีต้มสกัดในอ่างน้ำร้อนนั้นพบว่า การสกัดสารเพคตินจากเปลือกส้มโอแห้งด้วยวิธีต้มสกัดในอ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที ให้ปริมาณผลผลิตรวมสูงสุดร้อยละ 19.56 ซึ่งให้ปริมาณผลผลิตรวมที่สูงกว่าวิธีสกัดด้วยเครื่องสกัดไอน้ำที่ความดัน 1 บาร์ เป็นเวลา 30 นาที ให้ปริมาณผลผลิตรวมร้อยละ 18.45 แต่จากสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารเพคตินด้วยเครื่องสกัดไอน้ำนั้นจะเห็นได้ว่าเป็นการประหยัดระยะเวลาและปริมาณของกรดไฮโดรคลอริกในการสกัดมากกว่าวิธีต้มสกัดด้วยอ่างน้ำร้อน แต่ในขณะที่ต้มสกัดด้วยเครื่องสกัดไอน้ำอาจเกิดการสูญเสียปริมาณของกรดไฮโดรคลอริกไปบางส่วนซึ่งอาจส่งผลต่อปริมาณผลผลิตรวมของเพคตินที่สกัดได้ แสดงดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 การเปรียบเทียบร้อยละปริมาณผลผลิตรวมของเพคตินที่สกัดได้ที่ค่าความเป็นกรดด่างต่างๆ ระหว่างวิธีต้มสกัดด้วยอ่างน้ำร้อนและวิธีสกัดด้วยเครื่องสกัดไอน้ำ

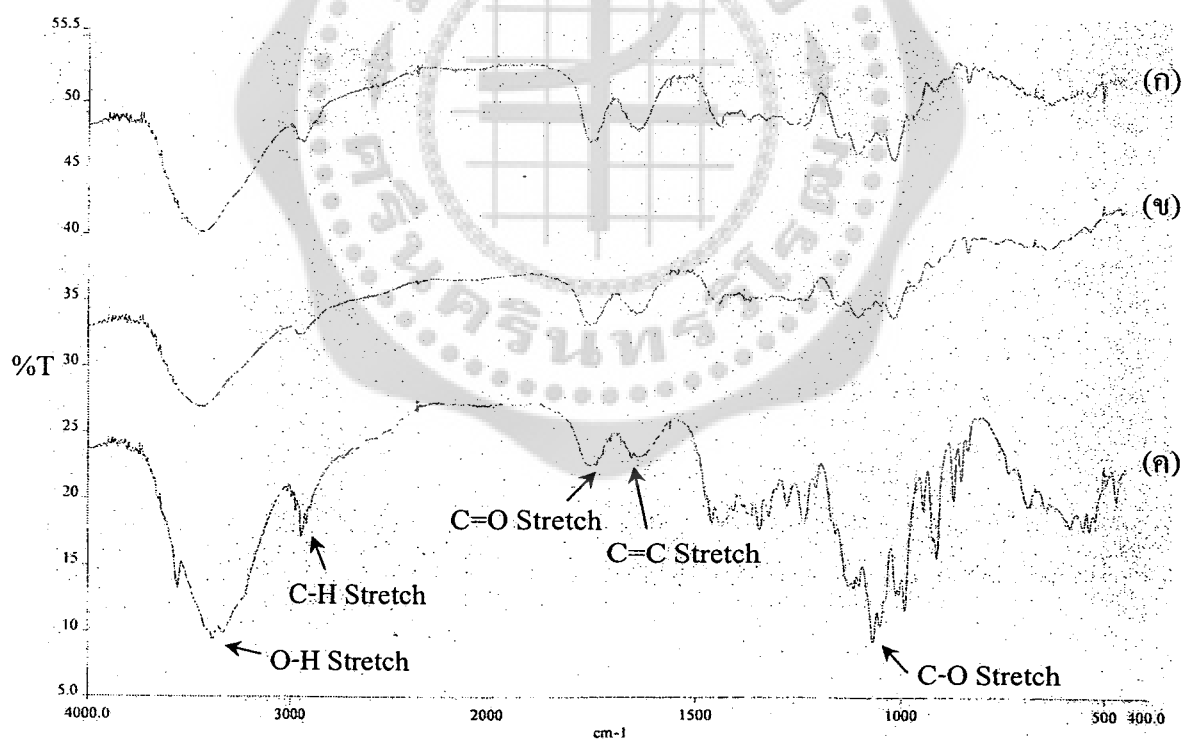
4.5 การตรวจสอบชนิดของตะกอนที่สกัดได้

จากการสกัดสารเพคตินจากเปลือกส้มโอแห้ง จำเป็นต้องตรวจสอบตะกอนที่สกัดได้เพื่อยืนยันว่าเป็นสารเพคติน โดยใช้วิธีทางเคมี ซึ่งจากการตรวจสอบทางเคมี พบว่าสารที่สกัดได้ให้ผลบวกกับการตรวจสอบ โดยจะให้ตะกอนสีแดง แสดงดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 การเปรียบเทียบการตรวจสอบเพคติน โดยใช้วิธีทางเคมีระหว่างตะกอนเพคตินที่สกัดได้จากเครื่องสกัดไอน้ำ (ก) และสารเพคตินทางการค้า (ข)

จากการตรวจสอบโดยใช้เครื่องอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ โดยเปรียบเทียบเส้นอินฟราเรดสเปกตรัมของตะกอนที่สกัดได้จากเพคตินทางการค้า พบว่า เส้นอินฟราเรดสเปกตรัมของตะกอนที่สกัดได้จากเปลือกส้มโอแห้ง เกิดพีกของ O-H stretching ที่กว้างใกล้ 2400 ถึง 3400 cm^{-1} C-H stretching ที่ 2800 ถึง 3000 cm^{-1} C=O stretching ที่ 1650 ถึง 1850 cm^{-1} และเกิดพีก C-O stretching ปรากฏใกล้ 1000 ถึง 1300 cm^{-1} ส่วนเพคตินทางการค้า เกิดพีกของ C=O stretching ที่ตำแหน่ง 1751.46 หมู่ฟังก์ชันดังกล่าวเป็นองค์ประกอบที่มีผลต่ออะตอมหรือฟังก์ชันกรุป ทำให้การดูดกลืนแสงอินฟราเรดของสารแต่ละชนิดมีค่าเฉพาะ สารตัวอย่างยังแสดงหมู่ฟังก์ชัน O-H stretching และยังพบหมู่ฟังก์ชัน C-H stretching C=C stretching ซึ่งแสดงลักษณะหมู่ฟังก์ชันของสารประกอบคาร์บอนิล นอกจากนี้ยังเกิดพีกของ C-O stretching ที่เป็นส่วนประกอบของคาร์โบไฮเดรต เมื่อเปรียบเทียบหมู่ฟังก์ชันและตำแหน่งที่เกิดพีกของสารตัวอย่างกับเพคตินทางการค้า พบว่ามีลักษณะเหมือนกัน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ตะกอนที่สกัดได้จากเปลือกส้มโอแห้ง คือ สารเพคติน แสดงดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 เส้นอินฟราเรดสเปกตรัมของสารตัวอย่างที่ทำการสกัดจากเปลือกส้มโอแห้งจากวิธีต้มสกัดด้วยอ่างน้ำร้อน (ก) วิธีการสกัดด้วยเครื่องสกัดไอน้ำ (ข) และเส้นอินฟราเรดสเปกตรัมของสารเพคตินทางการค้า (ค)

4.6 สมบัติของสารเพคตินที่สกัดได้

ศึกษาสมบัติต่างๆ ของสารเพคตินที่สกัดได้ โดยศึกษาสมบัติด้านน้ำหนักกรัมสมมูล ปริมาณเมทอกซี และปริมาณแฉ่ำ เปรียบเทียบกับเพคตินทางการค้า ดังตารางที่ 4.1 และ 4.2

ตารางที่ 4.1 การเปรียบเทียบสมบัติของสารเพคตินที่สกัดได้จากวิธีต้มสกัดด้วยอ่างน้ำร้อน โดยปรับเปลี่ยนสภาวะค่าความเป็นกรดต่างขณะต้มสกัด ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที กับเพคตินทางการค้า

ค่าความเป็นกรดต่าง ขณะต้มสกัด	น้ำหนักกรัมสมมูล	เปอร์เซ็นต์เมทอกซี	เปอร์เซ็นต์แฉ่ำ
0.25	916.18	13.80	1.75
0.50	862.24	13.36	1.31
1.00	1356.76	14.13	0.89
1.50	1736.36	15.09	1.11
2.00	1669.33	16.19	0.92
2.50	2283.18	20.74	1.19
3.00	2786.67	25.09	1.44
3.50	3364.00	23.65	0.67
เพคตินทางการค้า	671.25	16.33	1.14

ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบสมบัติของสารเพคตินที่สกัดได้จากวิธีสกัดด้วยเครื่องสกัดไอน้ำ โดยปรับเปลี่ยนสภาวะค่าความเป็นกรดต่างเริ่มต้น ที่ความดันไอน้ำ 1 บาร์ เป็นเวลา 30 นาที กับเพคตินทางการค้า

ค่าความเป็นกรดต่าง เริ่มต้น	น้ำหนักกรัมสมมูล	เปอร์เซ็นต์เมทอกซี	เปอร์เซ็นต์แฉ่ำ
0.25	878.38	14.18	1.46
0.50	953.75	19.37	1.97
1.00	1323.62	16.41	1.11
1.50	1792.29	27.52	1.38

ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบสมบัติของสารเพคตินที่สกัดได้จากวิธีสกัดด้วยเครื่องสกัดไอน้ำ โดยปรับเปลี่ยนสภาวะค่าความเป็นกรดต่างเริ่มต้น ที่ความดันไอน้ำ 1 บาร์ เป็นเวลา 30 นาที กับเพคตินทางการค้า (ต่อ)

ค่าความเป็นกรดต่าง เริ่มต้น	น้ำหนักกรัมสมมูล	เปอร์เซ็นต์เมทอกซี	เปอร์เซ็นต์เถ้า
2.00	2690.14	28.24	1.05
2.50	2498.94	34.07	1.20
3.00	3752.66	39.63	1.17
3.50	4220.78	37.71	0.83
เพคตินทางการค้า	671.25	16.33	1.14

จากตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2 พบว่า สมบัติของสารเพคตินที่สกัดได้จากวิธีต้มสกัดด้วย อ่างน้ำร้อน ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที ค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 0.5 มี น้ำหนักกรัมสมมูล ปริมาณเมทอกซี และปริมาณเถ้า เท่ากับ 862.24 13.36 เปอร์เซ็นต์ และ 1.31 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนสมบัติของสารเพคตินที่สกัดได้จากวิธีสกัดด้วยเครื่องสกัดไอน้ำ ที่ความดันไอน้ำ 1 บาร์ เป็นเวลา 30 นาที ค่าความเป็นกรดต่างเริ่มต้นเท่ากับ 1 มีน้ำหนักกรัมสมมูล ปริมาณ เมทอกซี และปริมาณเถ้า เท่ากับ 1323.62 16.41 เปอร์เซ็นต์ และ 1.11 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบสมบัติของเพคตินที่สกัดได้กับเพคตินทางการค้าพบว่า เพคตินที่สกัดได้มี น้ำหนักกรัมสมมูลมากกว่าเพคตินทางการค้า ซึ่งจากการศึกษาพบว่าเพคตินที่มีน้ำหนักกรัมสมมูล มากจะมีโครงสร้างของเพคตินที่ใหญ่กว่าเพคตินที่มีน้ำหนักกรัมสมมูลน้อย นอกจากนี้ น้ำหนักกรัม สมมูลมากยังบ่งบอกถึงค่าน้ำหนักโมเลกุลสูงและความสามารถในการเกิดเจลได้ดี ส่วนสมบัติด้าน ปริมาณเมทอกซีของเพคตินที่สกัดได้ที่ค่าความเป็นกรดต่างแตกต่างกันพบว่า ที่ค่าความเป็นกรด ต่างต่ำจะมีปริมาณเมทอกซีต่ำ เนื่องจากเมทิลเอสเทอร์ถูกจัดออกไปจากโมเลกุลของเพคตินได้ง่าย กว่าที่ค่าความเป็นกรดต่างสูง นอกจากนี้ปริมาณเมทอกซียังขึ้นกับชนิดของผลไม้ที่นำมาสกัด เนื่องจากเพคตินที่สกัดจากผลไม้แต่ละชนิดจะมีปริมาณเมทอกซีไม่เท่ากัน และสมบัติด้านปริมาณ เถ้าของเพคตินที่สกัดได้ พบว่ามีปริมาณใกล้เคียงกับปริมาณเถ้าของเพคตินทางการค้า แสดงว่าเพ คตินที่สกัดได้มีปริมาณสิ่งเจือปนอื่นซึ่งอาจเป็นเกลือของคลอไรด์ใกล้เคียงกับเพคตินทางการค้า

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองการสกัดสารเพคตินจากเปลือกส้มโอแห้งด้วยเครื่องสกัดไอน้ำโดยปรับเปลี่ยนค่าความเป็นกรดต่างเริ่มต้นด้วยกรดไฮโดรคลอริกก่อนนำเข้าเครื่องสกัดไอน้ำ แล้วตกตะกอนด้วยเอทานอล พบว่า สภาวะที่ให้ปริมาณผลผลิตรวมของเพคตินสูงสุดคือ ที่ค่าความเป็นกรดต่างเริ่มต้นเท่ากับ 1 ความดันไอน้ำ 1 บาร์ และระยะเวลาในการสกัด 30 นาที ให้ปริมาณผลผลิตรวมร้อยละ 18.45 ซึ่งปริมาณผลผลิตรวมที่สกัดได้จะได้จากส่วนกลางและส่วนล่างของถังสกัด สำหรับส่วนบนของถังสกัดจะไม่ให้ปริมาณผลผลิตรวม เนื่องจากเพคตินเป็นสารที่ไม่ระเหยไปกับไอน้ำ และเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีต้มสกัดด้วยอ่างน้ำร้อนภายใต้สภาวะเหมาะสมที่ค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 0.5 อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และระยะเวลาในการสกัด 60 นาที ให้ปริมาณผลผลิตรวมร้อยละ 19.56 จะเห็นได้ว่าเมื่อปรับเปลี่ยนวิธีการสกัดโดยทำการสกัดด้วยเครื่องสกัดไอน้ำนั้น จะเป็นการประหยัดระยะเวลาและปริมาณของกรดไฮโดรคลอริกในการสกัดมากกว่า ซึ่งให้ปริมาณผลผลิตรวมที่ไม่ต่างกันมากนัก และจากการตรวจสอบปริมาณผลผลิตรวมที่สกัดได้โดยวิธีทางเคมี และเครื่องอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ พบว่า ให้ผลบวกกับการตรวจสอบ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าปริมาณผลผลิตรวมที่สกัดได้คือ สารเพคติน

จากการศึกษาสมบัติของสารเพคตินที่สกัดได้พบว่า สารเพคตินที่สกัดได้จากวิธีต้มสกัดด้วยอ่างน้ำร้อนที่ค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 0.5 อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และระยะเวลาในการสกัด 60 นาที มีน้ำหนักกรัมสมมูล ปริมาณเมทอกซี และปริมาณเถ้า เท่ากับ 862.24 13.36 เปอร์เซ็นต์ และ 1.31 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนสารเพคตินที่สกัดได้จากวิธีสกัดด้วยเครื่องสกัดไอน้ำที่ค่าความเป็นกรดต่างเริ่มต้นเท่ากับ 1 ความดันไอน้ำ 1 บาร์ และระยะเวลาในการสกัด 30 นาที มีน้ำหนักกรัมสมมูล ปริมาณเมทอกซี และปริมาณเถ้า เท่ากับ 1323.62 16.41 เปอร์เซ็นต์ และ 1.11 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบสมบัติของเพคตินที่สกัดได้กับเพคตินทางการค้า พบว่า เพคตินที่สกัดได้มีน้ำหนักกรัมสมมูลมากกว่าเพคตินทางการค้า ซึ่งจากการศึกษาพบว่า เพคตินที่มีน้ำหนักกรัมสมมูลมากจะมีโครงสร้างของเพคตินที่ใหญ่กว่าเพคตินที่มีน้ำหนักกรัม

สมมูลน้อย นอกจากนี้ให้นำหนักกรัมสมมูลมากยังบ่งบอกถึงค่าน้ำหนักโมเลกุลสูงและความสามารถในการเกิดเจลได้ดี ส่วนสมบัติด้านปริมาณเมทอกซีของเพคตินที่สกัดได้ที่ค่าความเป็นกรดต่างแตกต่างกันพบว่า ที่ค่าความเป็นกรดต่ำจะมีปริมาณเมทอกซีต่ำ เนื่องจากเมทิลเอสเทอร์ถูกขจัดออกไปจากโมเลกุลของเพคตินได้ง่ายกว่าที่ค่าความเป็นกรดสูง นอกจากนี้ปริมาณเมทอกซียังขึ้นกับชนิดของผลไม้ที่นำมาสกัดเนื่องจากเพคตินที่สกัดจากผลไม้แต่ละชนิดจะมีปริมาณเมทอกซีไม่เท่ากัน และสมบัติด้านปริมาณเถ้าของเพคตินที่สกัดได้ พบว่ามีปริมาณใกล้เคียงกับปริมาณเถ้าของเพคตินทางการค้า แสดงว่าเพคตินที่สกัดได้มีปริมาณสิ่งเจือปนอื่นซึ่งอาจเป็นเกลือของคลอไรด์ ใกล้เคียงกับเพคตินทางการค้า

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การสกัดในแต่ละครั้งต้องใช้เอทานอลในการตกตะกอนเป็นจำนวนมาก ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองอาจแก้ไขโดยการลดปริมาณไอน้ำที่ตกกลับมาเป็นสารละลายในถังสกัดด้วยการปรับวาล์วขาออกของเครื่องสกัดไอน้ำให้มากขึ้น เนื่องจากผลิตภัณฑ์ส่วนบนของถังสกัดเมื่อทำการตรวจสอบแล้วไม่พบปริมาณสารเพคติน จึงไม่มีผลต่อปริมาณผลผลิตรวมที่ได้

5.2.2 การกรองควรปรับเปลี่ยนวิธีการกรองด้วยผ้าขาวบางเป็นวิธีการกรองด้วยกระดาษกรองวอทแมนเบอร์ 4 ขณะที่สารละลายยังร้อน เนื่องจากตะกอนเพคตินจากวิธีสกัดด้วยเครื่องสกัดไอน้ำมีลักษณะเป็นเจลสูง ทำให้หลุดผ่านรูผ้ากรองได้ง่าย

5.2.3 ควรมีการศึกษาวิธีการสกัดสารเพคตินด้วยวิธีอื่น เช่น การสกัดโดยตกตะกอนด้วยเกลืออลูมิเนียมคลอไรด์ การสกัดโดยใช้สารเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัด เช่น โซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต การสกัดโดยตกตะกอนด้วยแคลเซียมคลอไรด์ เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

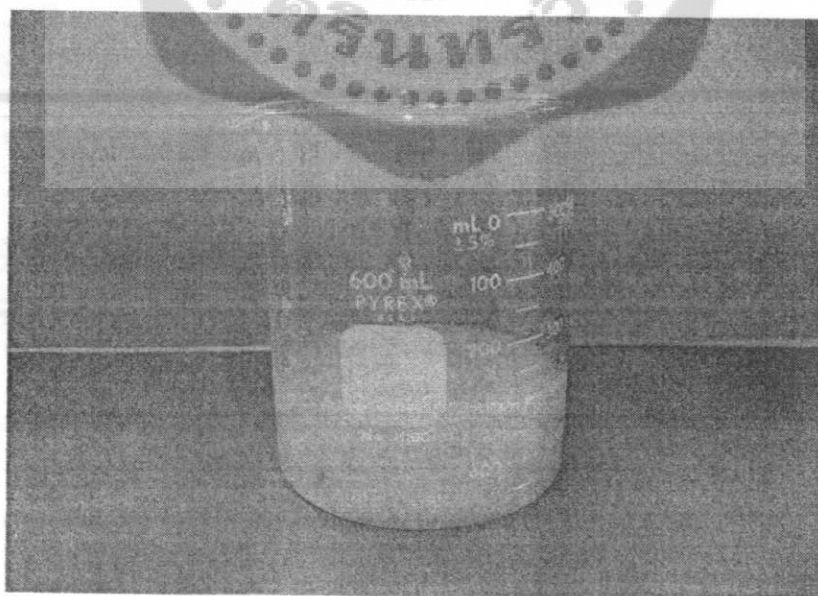
- [1] www.doa.go.th สืบค้นเมื่อวันที่ 18 พฤศจิกายน พ.ศ. 2549
- [2] จเร ศิริรัตน์ ัญญาอุจน์ ประวันรัมย์ และ ธนาธิป แสงทวีปกิจ. (2542). การศึกษาการสกัดเพคตินจากเปลือกของพีชตระกูลส้ม. *โครงการวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.*
- [3] www.fda.moph.go.th สืบค้นเมื่อวันที่ 19 พฤศจิกายน พ.ศ. 2549
- [4] วสุภาพร ลำไย และ อภิญญา นวลหงษ์. (2547). *ผลของสารให้ความคงตัวต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมข้าวกล้องผสมน้ำผลไม้. โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก.*
- [5] จิตรลดา ทักทาย และ ศิริวรรณ คงจันทร์. (2548). *การสกัดสารเพคตินจากต้นทานตะวัน. โครงการวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.*
- [6] เกียรติศักดิ์ ผดุงเสรีวิทย์ ชาคร อาศิรพงษ์พร และ บุญบง ศรีดำรงธรรม. (2548). *การศึกษาการสกัดเพคตินจากผิวมะนาว. โครงการวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.*
- [7] The Customs Department. (2006). *Vegetable saps and extract pectic substances, pectinates and pectates. Import-Export Statistics Thai Customs Department.*
- [8] Kalapathy, U. and Proctor, A. (2000). *Effect of acid extraction and alcohol precipitation on the yield and purity of soy hull pectin. Food chemistry. 73, 393-396*
- [9] Mesbahia, G., Jamaliana, J. and Farahnakya, A. (2005). *A comparative study on functional properties of beet and citrus pectins in food systems. Food hydrocolloids. 19, 731-738.*
- [10] Pagan, J., Ibarza, A., Llorcab, M., Pagan, A. and Casnovas, B. (2001). *Extraction and characterization of pectin from stored peach pomace. Food research international. 34, 605-612.*



ภาคผนวก ก ภาพขั้นตอนการเตรียมเปลือกส้มโอแห้งและวิธีการสกัดสารเพคตินด้วยเครื่องสกัดไอน้ำ



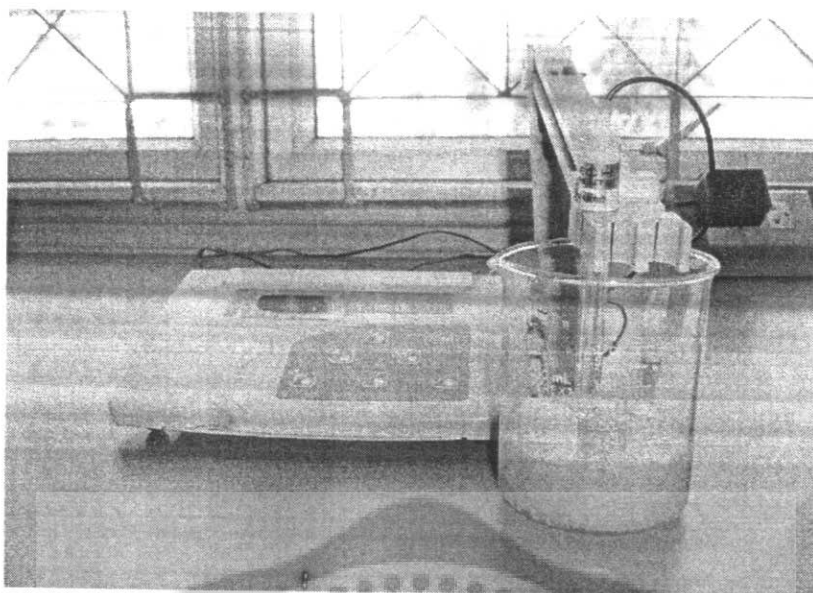
รูปที่ภาคผนวก ก1 ลักษณะของเปลือกส้มโอแห้งหลังผ่านการอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส



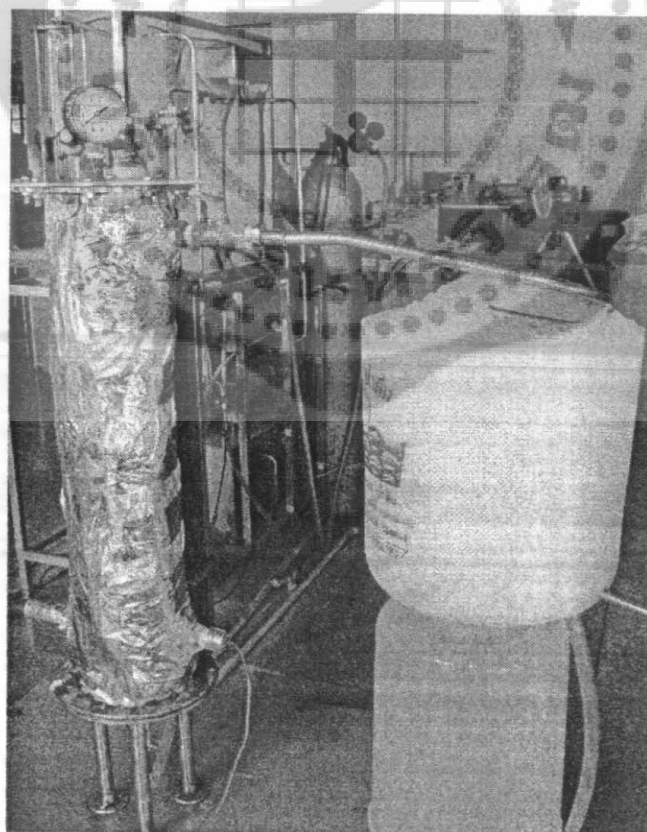
รูปที่ภาคผนวก ก2 เปลือกส้มโอแห้ง 10 กรัม ปั่นกับน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร

วัชระ เวียงแก้ว

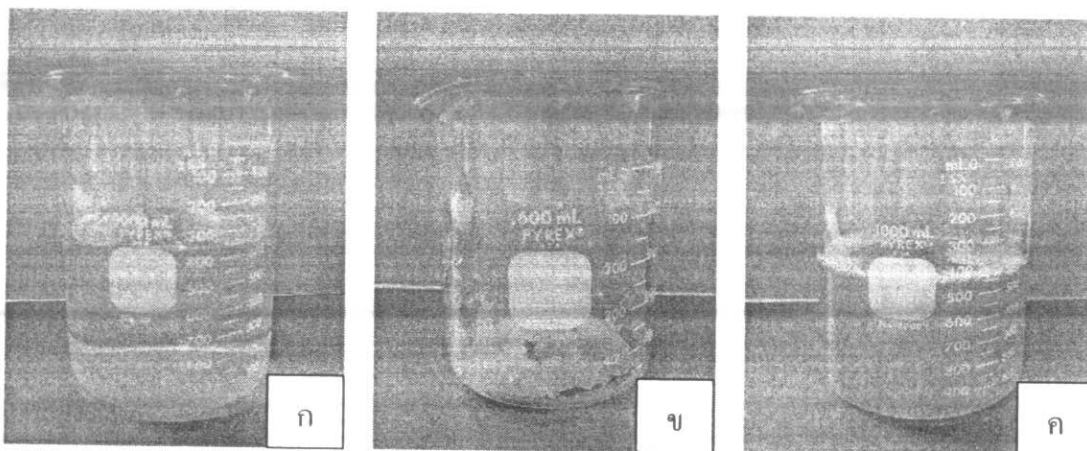
รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์เรื่องการสกัดเพคตินด้วยไอน้ำจากเปลือกส้มโอ



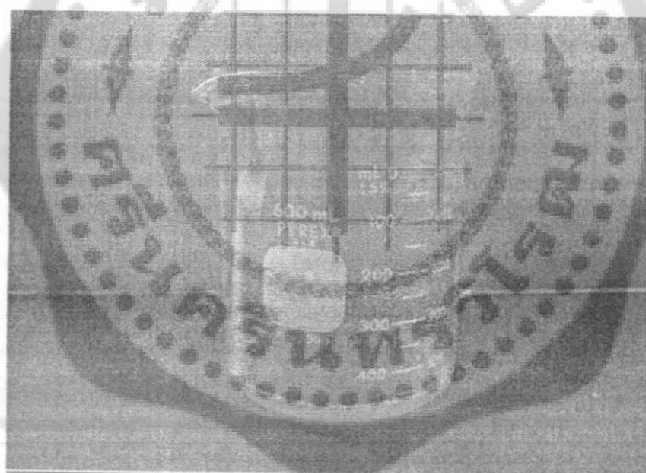
รูปที่ภาคผนวก ก3 สารละลายขณะทำการปรับวัดค่าความเป็นกรดด่างเริ่มต้นก่อนนำเข้าเครื่องสกัดไอน้ำ



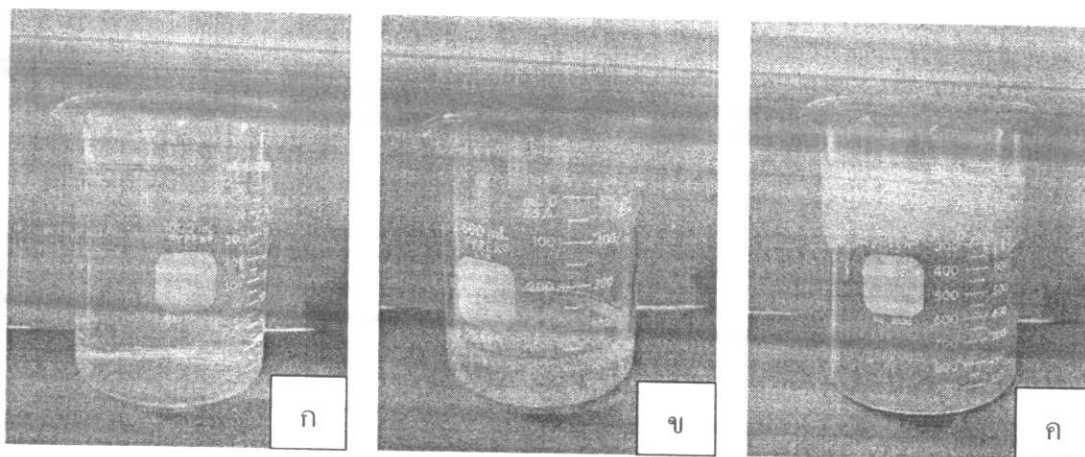
รูปที่ภาคผนวก ก4 การสกัดด้วยเครื่องสกัดไอน้ำได้สภาวะความดันและระยะเวลาที่กำหนด



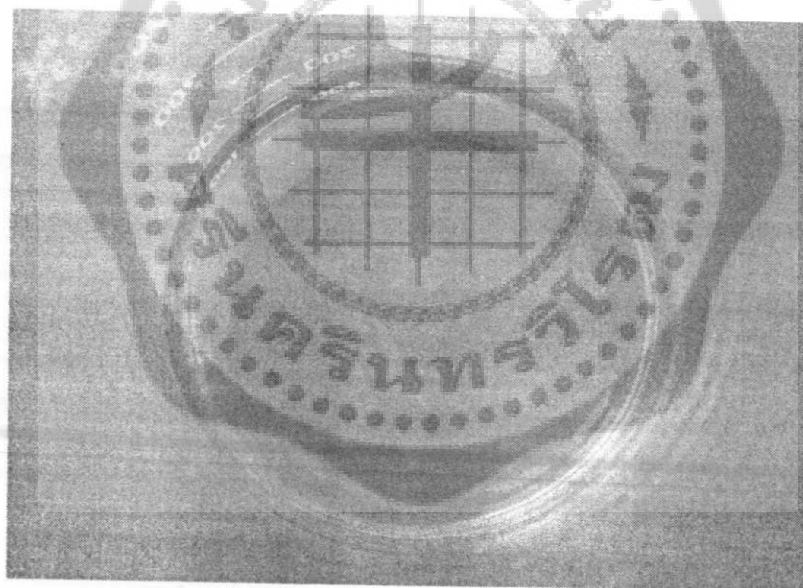
รูปที่ภาคผนวก ก5 ผลึกภัณฑ์จากส่วนบน (ก) ส่วนกลาง (ข) และส่วนล่างของถึงสกัด (ค)



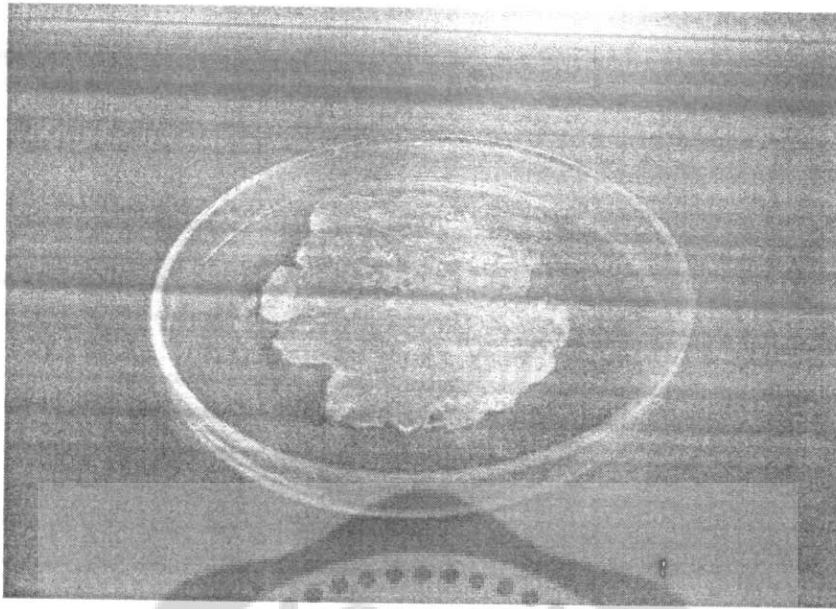
รูปที่ภาคผนวก ก6 ผลึกภัณฑ์จากส่วนกลางของถึงสกัดเมื่อทำการกรองสารละลาย



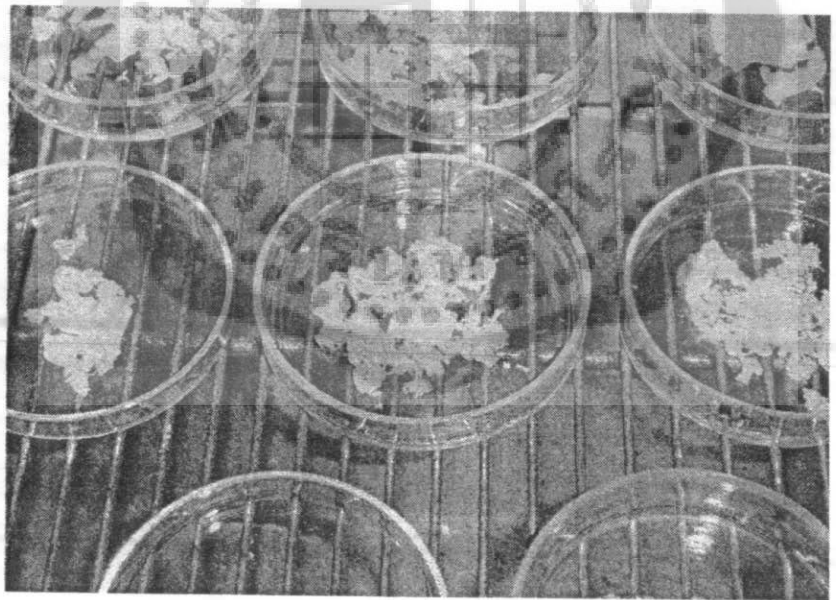
รูปที่ภาคผนวก ก7 สารละลายจากส่วนบน (ก) ส่วนกลาง (ข) และส่วนล่างของถังสกัด (ค) เมื่อตกตะกอนด้วยเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ภาคผนวก ก8 การทดสอบการล้างคลอไรด์ไอออนด้วยซิลเวอร์ไนเตรท 0.1 โมลาร์

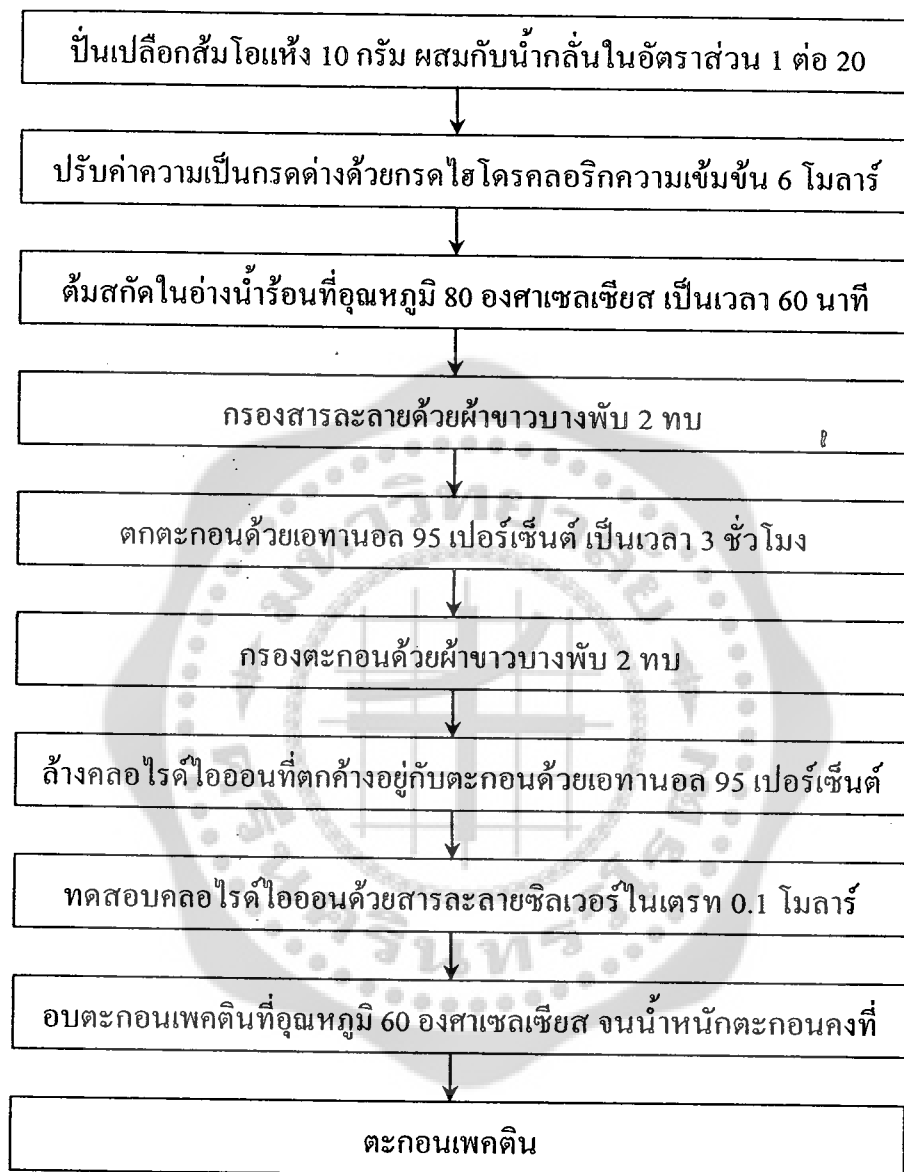


รูปที่ภาคผนวก ก9 เพศดินที่ได้จากการกรอง



รูปที่ภาคผนวก ก10 เพศดินหลังผ่านการอบแห้ง

ภาคผนวก ข กระบวนการต้มสกัดสารเพคตินจากเปลือกส้มโอแห้งด้วยอ่างน้ำร้อน



รูปที่ภาคผนวก ข1 กระบวนการต้มสกัดสารเพคตินจากเปลือกส้มโอแห้งด้วยอ่างน้ำร้อน

ประวัติผู้วิจัย

(ชื่อ-สกุล ภาษาไทย) วัชร เวียงแก้ว

(ชื่อ-สกุล ภาษาอังกฤษ) Watchara Weangkaew

เลขหมายประจำตัวประชาชน 3349800037499

ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

สถานที่ทำงาน ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

107 ถนนรังสิต-นครนายก คลอง 16 อ. องครักษ์ จ. นครนายก รหัสไปรษณีย์ 26120

โทรศัพท์ 0-2664-1000 ต่อ 2075, 2069 โทรสาร 037-322-608

e-mail: watchara@swu.ac.th

ประวัติการศึกษา

ปริญญาตรี สาขาวิชา เทคโนโลยีการอาหารและโภชนาการ สถาบัน มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ปีที่สำเร็จ พ.ศ. 2537

ปริญญาโท สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี M.Eng. สถาบัน Illinois Institute of Technology

ปีที่สำเร็จ ค.ศ. 1999

สาขาวิชาที่เชี่ยวชาญ Biosorption, Bio-catalyst, Waste Water Treatment, Food Technology

ประวัติการทำงานและประสบการณ์การทำงาน

August 1996- present	Lecturer at the Department of Chemical Engineering, Srinakharinwirot University, Nakhonnayok, Thailand.
January 1997- December 1999	Teaching assistant for undergraduates at the Department of Chemical and Environmental Engineering, IIT Graduate research assistant for Chemical Engineering laboratories, <u>IIT Research Institute (IITRI)</u>

งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว

1. ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ

N.R. Khalili, J.D. Vyas, W. Weangkaew, S.J. Westfall, S.J. Parulekar. Synthesis and Characterization of Activated Carbon and Bioactive Adsorbent Produced from Paper Mill Sludge. Sep. and Purification Tech. 26 (2002), pp. 295-304.

2. ผลงานวิชาการอื่นๆ

T. Sittinun, C. Muangnapoh, W. Weangkaew. Preparation and Characterization of Ceramic Filter for Bioseparation. Poster Presentation. The 1st International Conference: Fermentation Technology for Value Added Agricultural Products. KhonKaen, Thailand (2005).

ฉัฐธมนานันท์ แยมเกตุ, ปวีณรัตน์ ชาญวิมลวัฒน์, วิชพร สุขสมพงษ์ และวัชระ เวียงแก้ว
วิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทยครั้งที่ 15 : นานาเทคโนโลยีและพลังงานกับการ
พัฒนาอุตสาหกรรมเคมี, ชลบุรี, 27-28 ตุลาคม 2548 หน้า 8

บุษบง ศรีดุรงค์ธรรม, เกียรติศักดิ์ ผดุงเสรีวิทย์ , ชاعر อาศิริพงษ์พร, ศิริวรรณ ศรีสรณ์ศรีและ
วัชระ เวียงแก้ว การสกัดเพคตินจากผิวมะนาว. การจัดประชุมวิชาการทางวิศวกรรมเคมีและ
เคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 16. โรงแรมราม่า การ์เด็นส์ กรุงเทพฯ, 26-27 ตุลาคม
2549 (Poster Presentation)