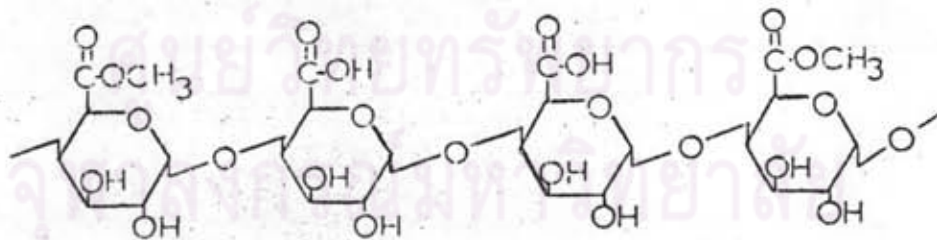


วารสารปริทัศน์

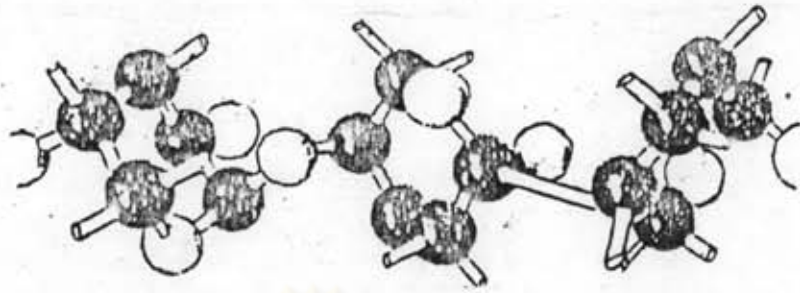
ลักษณะทั่วไปของเพคติน

เพคตินเป็นสารที่จัดอยู่ในจำพวก สารเพคติก (pectic substances) คำว่า "เพคติน" (pectin) มีรากศัพท์มาจากภาษากรีกว่า pectos ซึ่งหมายถึง การเปลี่ยนรูปของของเหลวเป็นของแข็งเมื่อเย็นตัวลง หรือการแข็งตัว คณะกรรมาธิการ American Chemical Society (Committee of American Chemical Society) ได้ให้คำจำกัดความของเพคตินว่า เป็นสารประกอบจำพวก methyl ester ของกรด polygalacturonic ที่สามารถละลายน้ำได้และเกิดเป็นเจลได้ในภาวะที่เหมาะสม (3) และคณะกรรมาธิการ JFECFA (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives) ได้ประกาศว่าเพคตินเป็นสารที่มีคุณค่าทางโภชนาการและปราศจากพิษภัย สามารถนำไปใช้เป็นสารปรุงแต่งอาหารได้ (Food additive) (9)

โมเลกุลของเพคตินประกอบด้วยหน่วยกรด D-galacturonic เป็นจำนวนมากต่อกันเป็นสายโพลีเมอร์ ด้วยพันธะ α -1,4-glycosidic (6) อย่างน้อย 100 หน่วยขึ้นไปถึง 1,000 หน่วย มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ทั้งนี้อาจมีตั้งแต่ 50,000 ถึง 150,000 (9)

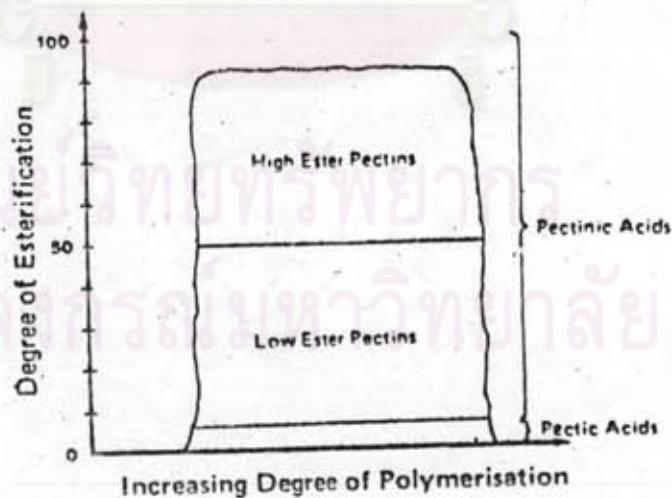


รูปที่ 2.1 โครงสร้างทางเคมีของ โมเลกุลเพคติน (3)



รูปที่ 2.2 Model ของ polygalacturonic acid ซึ่งมีลักษณะเป็น three fold screw symmetry (3)

กลุ่ม $-COOH$ (carboxyl) ของสายโมเลกุล polygalacturonic acid บางส่วน จะถูก esterified ด้วยกลุ่ม methyl และบางส่วนจะคงสภาพเป็นกลุ่ม carboxylic acid โดยอยู่ในรูปของกรดอิสระ หรือเกลือของโซเดียม โปแตสเซียม อัตราร้อยของกลุ่ม carboxyl ที่ถูก esterified จะแสดงในรูปของค่า degree of esterification (DE) ค่าดังกล่าว นี้จะเป็นสมบัติเฉพาะตัวของเพคติน ซึ่งมีผลต่อการละลาย และการเกิดเจลของเพคติน ค่า DE จะใช้เป็นเกณฑ์ในการแบ่งประเภทของเพคตินได้ดังนี้ (9) เพคตินที่มีค่า DE มากกว่า 50% จะจัดเป็นเพคตินประเภท High methoxyl (HM-pectin) ส่วนเพคตินที่มีค่า DE น้อยกว่า 50% จะจัดเป็นเพคตินประเภท Low methoxyl (LM-pectin)



รูปที่ 2.3 การแบ่งประเภทของเพคติน (9)

โดยทั่วไปแล้วเพคตินที่สกัดได้จากพืชมักจะมีค่า DE ประมาณ 75% และสำหรับเพคตินประเภท LM-pectin ซึ่งมีค่า DE น้อยกว่า 50% จะได้จากการนำ HM-pectin มาทำปฏิกิริยา Deesterification ด้วยสารละลายกรดหรือด่างที่เจือจางในภาวะที่เหมาะสม (10)

ในบางครั้งอาจพบว่ากลุ่ม $-COOH$ ของกรด galacturonic จะจับอยู่กับ neutral sugar เช่น arabinose, galactose, rhamnose, xylose หรือ polysaccharides ตัวอื่น ๆ ถ้ามีการจับอยู่ในปริมาณที่สูงจะมีผลทำให้เพคตินมีความบริสุทธิ์ต่ำ (3) นอกจากนี้ในเพคตินที่ได้จากพืชบางชนิดจะพบว่ามีกลุ่ม $-OH$ (hydroxyl) ตำแหน่งที่ 2 และ 3 ของโมเลกุลกรด galacturonic อาจจับอยู่กับกลุ่ม acetyl ซึ่งกลุ่ม acetyl เหล่านี้จะส่งผลทำให้สมบัติของเพคตินในแง่การเกิดเจลลดลง (6,11)

มักพบสารเพคติกอยู่ทั่วไปในเนื้อเยื่อพืชบริเวณ middle lamella เช่นอยู่ที่ intercellular, cementing layer และ primary cell wall ซึ่งสารเพคติกที่เป็นส่วนประกอบของเนื้อเยื่อพืชเหล่านี้จะเกิดขึ้นในช่วงที่พืชมีการแบ่งเซลล์ (3) เพคตินที่ปรากฏในตอนแรกจะเป็นสารที่ไม่ละลายน้ำเรียกว่า โปรโตเพคติน (protopectin) ซึ่งพืชจะสร้างขึ้นมาในขั้นแรกของการเจริญเติบโต ดังนั้นโปรโตเพคตินนี้มักจะพบมากในผลไม้ที่ดิบหรือในเนื้อเยื่อพืชที่ยังอ่อนอยู่ และในขณะที่ผลไม้เริ่มจะสุกจะมีเอนไซม์โปรโตเพคตินเนส (protopectinase) มาเปลี่ยนโปรโตเพคตินให้เป็นเพคตินที่สามารถละลายน้ำได้ ทำให้เกิดการหลวมตัวของเซลล์เนื้อเยื่อพืชจึงส่งผลให้เนื้อเยื่อพืชเหล่านั้นอ่อนตัวลง และเมื่อผลไม้สุกมากขึ้น เพคตินเหล่านั้นจะเกิดการสลายตัวด้วยเอนไซม์ในพืชให้เป็น methanol และกรดเพคติก

สารจำพวกเพคติน อาจอยู่ในหลายรูปแบบที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับเพคติน คณะกรรมาธิการ American Chemical Society 1944 (3) ได้ให้คำจำกัดความของคำใช้เรียกสารเหล่านั้นไว้ดังนี้คือ

1. Pectic substance : is a group designation for those complex colloidal carbohydrate derivatives which occur in , or are prepared from, plants and contain a large proportion of anhydrogalacturonic acid units which are thought to exist in a chain like combination. The carboxyl groups of polygalacturonic acid can be partly esterified by methyl groups and partly or completely neutralized by one or more base.

2. Protopectin : is applied to the water-insoluble parent pectic substance which occurs in plant and which , upon restricted

hydrolysis yields pectin or pectinic acids.

3. Pectinic acid : is used to designate colloidal poly galacturonic acids containing more than a negligible proportion of methyl ester groups. Pectinic acids , under suitable condition , are capable of forming gel with sugar and acid, or, if suitably low in methoxyl content, with certain ions. The salt of pectinic acids are either normal or acid pectinates.

4. Pectin : designates those water-soluble pectinic acids of varying methyl ester content and degree of neutralization which are capable of forming gels with sugar and acid under suitable conditions.

5. Pectic acid : is applied to pectic substance composed mostly of colloidal polygalacturonic acids and essentially free from methyl ester group. The salt of pectic acids are either normal or acid pectates.

สมบัติของ เพคติน

การละลาย

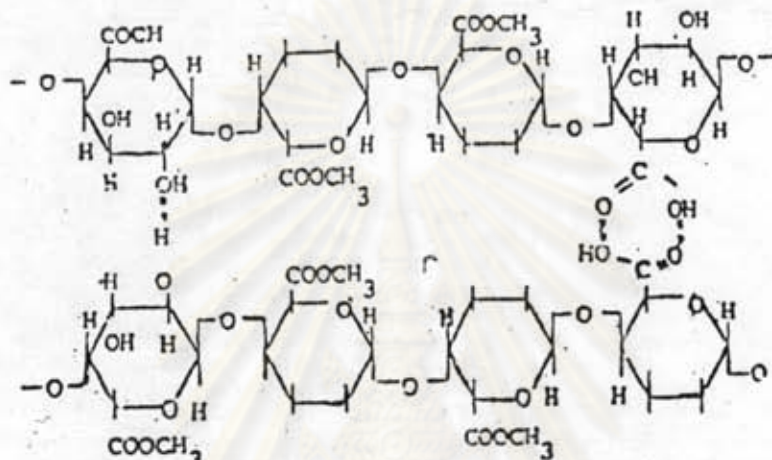
เพคตินสามารถละลายได้ในน้ำแต่เป็นไปได้อย่างช้า ๆ สารละลายที่ได้มีความหนืดค่อนข้างต่ำ และไม่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ (organic solvent) เช่น แอลกอฮอล์ อะซิโตน

การเกิดปฏิกิริยา

ปฏิกิริยาที่เกิดกับเพคตินส่วนใหญ่จะเป็นการสลายโมเลกุลเพคติน ที่ pH=4.0 เพคตินจะมีเสถียรภาพมากที่สุด ภาวะที่น้ำตาลอยู่ร่วมกับเพคตินจะสามารถช่วยลดการสลายตัวของโมเลกุลเพคตินอื่นเนื่องมาจากสาเหตุต่าง ๆ ได้ ภาวะที่ pH ต่ำและอุณหภูมิสูง โมเลกุลเพคตินจะสลายตัวได้มากเนื่องจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสจะทำลายพันธะ glycosidic และยังเกิดปฏิกิริยา deesterification ส่วนภาวะที่ pH สูง โมเลกุลเพคตินจะสลายตัวได้เช่นกันโดยปฏิกิริยา β -elimination สายโมเลกุลเพคตินจะสั้นลง ทำให้ความหนืด และสมบัติการเกิดเจลลดลง (9)

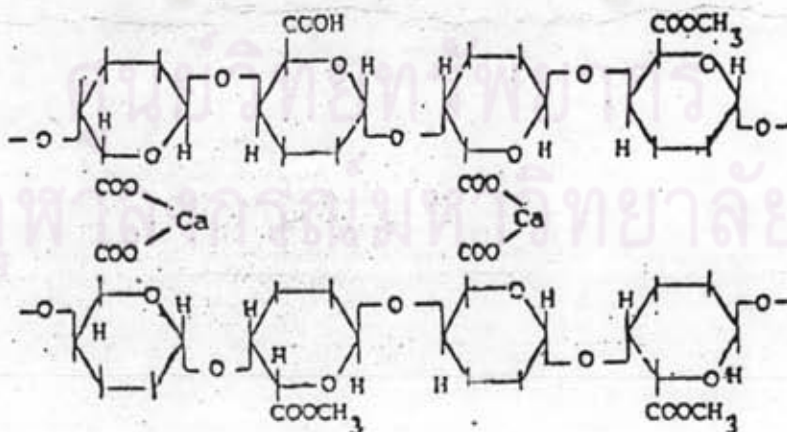
การเกิดเจล

การเกิดเจลของ HM-pectin เกิดได้เมื่อโมเลกุลเพคตินมาเชื่อมเข้าด้วยกันเกิดเป็นโครงสร้างของร่างแห 3 มิติ โดยมีการเติมน้ำตาลลงไปเพื่อดึงน้ำระหว่างโมเลกุลเพคตินออก และการลด pH ให้อยู่ในช่วง 2.9-3.4 ซึ่งจะทำให้โมเลกุลของเพคตินลดการแตกตัว และอยู่ชิดกันมากขึ้นจนเกิดการเชื่อมต่อกันระหว่างโมเลกุลเพคตินด้วยพันธะไฮโดรเจน (hydrogen bond) เกิดเป็นร่างแห 3 มิติขึ้น (12)



รูปที่ 2.4 กลไกการเกิดเจลของ HM-pectin (12)

การเกิดเจลของ LM-pectin ต้องการภาวะ pH สูง (3.4-6.0) โดยโครงสร้างร่างแห 3 มิติ เกิดได้จาก แคลเซียมไอออน หรือแมกนีเซียมไอออน เป็นตัวเชื่อมกลุ่ม $-COOH$ ระหว่างโมเลกุลเพคตินที่อยู่ใกล้กัน โดยอาจไม่ต้องใช้น้ำตาลในภาวะนี้ก็ได้ (12)



รูปที่ 2.5 กลไกการเกิดเจลของ LM-pectin (12)

คุณภาพของ เพคตินสกัด

คุณภาพของเพคตินที่สกัดได้จะมีความแตกต่างกันไป เช่น องค์ประกอบทางเคมี น้ำหนัก โมเลกุลและความบริสุทธิ์ โดยจะขึ้นอยู่กับชนิดของเนื้อเยื่อพืชและภาวะที่ใช้ในการสกัด ซึ่งคุณภาพของเพคตินที่สกัดได้สามารถแสดงในรูปของค่าต่าง ๆ ดังนี้

1. Degree of esterification (DE)

DE หมายถึงจำนวนกลุ่ม carboxyl ที่ถูก esterified ด้วย methanol โดยจะคำนวณเป็นร้อยละของส่วนที่เป็น ester ต่อจำนวนหน่วยของกรด galacturonic ที่มีอยู่ทั้งหมด ถ้ากลุ่ม carboxyl ในกรด polygalacturonic ทั้งหมดเป็น ester พบว่าจะมี methoxyl content อยู่ 16.32% ซึ่งถือว่า DE จะเป็น 100% ดังตารางที่ 2.1

2. Equivalent weight (Eq.Wt.)

Eq.Wt. จะขึ้นอยู่กับ DE ดังแสดงในตารางที่ 2.1 ค่า Eq.Wt. หมายถึงจำนวนกรัมของกรด polygalacturonic บริสุทธิ์ ซึ่งสัมพันธ์กับจำนวนกลุ่มของ carboxyl อิสระ 1 กรัม โมลที่สมมูลกับไฮดรอกไซด์ 1 กรัมโมล

3. Methoxyl content (MeO.)

MeO. หมายถึงจำนวนของกลุ่ม methoxyl ที่อยู่ในโมเลกุลของเพคติน ค่านี้จะมีความหมายคล้ายกับค่า DE MeO. เป็นตัวแปรสำคัญในการควบคุมเวลาในการเกิดเจลของเพคตินและความไวในการตอบสนองต่อ polyvalent cation เพคตินที่มีค่า MeO.=13.5% ที่พบในธรรมชาติมีน้อยมาก แต่สามารถทำให้ปริมาณ methoxyl เพิ่มขึ้นได้ โดยทำปฏิกิริยากับ diazomethane (3) ค่า MeO. หาได้โดยการทำ saponification ของเพคติน และไตรเอสเตอร์กลุ่ม carboxyl อิสระที่เกิดขึ้นด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

4. Acetyl content.

Rangana (11) พบว่าบางครั้งเพคตินจากพืชบางชนิดเช่น sugar beet และดอกทานตะวัน อาจจะมีกลุ่ม acetyl อยู่ด้วย ซึ่งกลุ่ม acetyl จะทำให้ประสิทธิภาพการเกิดเจลของเพคตินลดลง Kertesz (6) พบว่ากลุ่ม acetyl ส่วนมากจะอยู่ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 หรือ 3

ตารางที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Degree of esterification, Methoxyl content และ Equivalent Weight (13)

Degree of esterification (%)	Methoxyl content (%)	Equivalent Weight
0	0.00	176
10	1.33	197
20	3.26	224
30	4.90	257
40	6.53	303
50	8.16	366
60	9.76	461
70	11.42	619
80	13.06	936
90	14.69	1886
100	16.32	—

โดยมากเกาะแทนที่กลุ่ม hydroxyl ปริมาณ acetyl ในเพคตินที่ได้จากพืชชนิดต่างๆจะมีปริมาณ
 มากน้อยแตกต่างกันไป

5. Anhydrouronic acid (A.U.A.)

A.U.A. เป็นค่าที่บอกความบริสุทธิ์ของเพคติน เพราะองค์ประกอบสำคัญของเพคตินคือ
 esterified polygalacturonic acid และเพคตินยังมีองค์ประกอบอื่นๆอีกประมาณ 10%

เป็นพวก organic matters เช่น arabinose, galactose หรือน้ำตาลตัวอื่นๆ (3,6) ดังนั้นถ้าเพคตินมีสารพวก organic matters เหล่านี้อยู่มากเพคตินดังกล่าวก็จะมีควมบริสุทธิ์น้อย และมีค่า A.U.A. ต่ำ

6. Jelly grade

Jelly grade เป็นค่าที่บอกถึงความสามารถของเพคตินในการเกิดเจล ประเมินได้จากการนำเพคตินที่สกัดได้มาเตรียมเป็นเฮลลีในภาวะมาตรฐานกำหนด โดยใช้เพคตินในปริมาณต่าง ๆ กันแล้วนำเฮลลีดังกล่าวมาเปรียบเทียบกับเฮลลีมาตรฐาน ที่เตรียมได้ในภาวะมาตรฐานกำหนด แล้วประเมินเป็นค่า Jelly grade (11,14)

การสกัดเพคติน

การสกัดเพคตินจากส่วนต่าง ๆ ของพืชสามารถแบ่งเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

- การเตรียมวัตถุดิบก่อนทำการสกัด
- การสกัดเพคติน
- การตกตะกอน
- การอบแห้งเพคติน
- การวิเคราะห์คุณภาพ

การสกัดเพคตินอาศัยหลักการทำลายของเพคติน เพราะโดยทั่วไปเพคตินในผัก และผลไม้จะอยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำ เช่น โปรโตเพคติน และอยู่ร่วมกับสารอื่น เช่น cellulose แคลเซียมและอียอนอื่น ๆ ในธรรมชาติโปรโตเพคตินสามารถถูกทำให้ละลายโดยเอนไซม์โปรโตเพคตินเนส (protopectinase) แต่การสกัดเพคตินโดยทั่วไปจะทำให้โปรโตเพคตินละลายได้โดยวิธีไฮโดรไลซิสในระหว่างที่เกิดการไฮโดรไลซึมนั้นอาจเกิดปฏิกิริยา deesterification และ depolymerization บางส่วนทำให้โมเลกุลเพคตินถูกทำลาย ดังนั้นในทางปฏิบัติจะต้องพยายามให้เกิดการสลายตัวของเพคตินน้อยที่สุดเพื่อให้ได้ปริมาณเพคตินจากการสกัดสูงที่สุด Kertezs (6) รายงานว่าสารละลายที่ใช้สกัดเพคตินนั้นแบ่งเป็นสองประเภทคือ สารละลายกรดและสารละลายด่าง การใช้สารละลายด่างจะทำให้เกิดปฏิกิริยา deesterification สูงกว่าการใช้สารละลายกรดดังนั้นจึงนิยมใช้สารละลายกรดเป็นตัวสกัดเพคติน

ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการสกัดเพคตินจากเนื้อเยื่อพืชมีดังนี้

1. ชนิดและความเข้มข้นของสารละลายกรด
2. จำนวนครั้งที่ทำการสกัด
3. อัตราส่วนของน้ำหนักเนื้อเยื่อพืชต่อปริมาณสารละลายกรด
4. อุณหภูมิและเวลา
5. ชนิดและอายุของเนื้อเยื่อพืช
6. ชนิดและความเข้มข้นของสารเพิ่มประสิทธิภาพการสกัด

ซึ่งแต่ละปัจจัยจะกล่าวในรายละเอียดได้ดังนี้

1. ชนิดและความเข้มข้นของสารละลายกรด

การสกัดเพคตินโดยใช้วิธีไฮโดรไลซ์ด้วยสารละลายกรดนั้น กรดที่มีการนำมาใช้คือกรดแร่ (mineral acid) เช่น กรดกำมะถัน (sulfuric acid) (15) กรดเกลือ (hydrochloric acid) (16) กรดไนตริก (nitric acid) (17) และกรดอินทรีย์ (organic acid) เช่น กรดซิตริก (citric acid) (16) กรดออกซาลิก (oxalic acid) (18)

กรดแร่เป็นกรดที่หาง่ายราคาไม่สูงนัก จึงนิยมมาใช้เป็นตัวสกัด (extractant) โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรดเกลือ (HCl) เป็นกรดที่นิยมใช้มากที่สุด เพราะนอกจากมีราคาถูกแล้วยังให้ความปลอดภัยมากกว่ากรดแร่ชนิดอื่นมีประสิทธิภาพสูงและสามารถกำจัดออกได้ง่าย จึงนิยมใช้กรดเกลือในการสกัดเพคตินในระบบอุตสาหกรรม (1) กรดที่นิยมใช้รองลงมาคือกรดไนตริก (HNO₃) (17) Michel, Thibault, Mercier, Heitz และ Pourllaude (15) รายงานว่าการใช้กรดเกลือและกรดไนตริกจะให้ผลการสกัดที่ไม่แตกต่างกัน

กรดอินทรีย์ เป็นกรดที่มีราคาค่อนข้างสูงสามารถแตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออน (H⁺) ได้ต่ำกว่ากรดแร่ แต่การใช้กรดอินทรีย์ในการสกัดเพคตินมีข้อดีคือ ให้ความปลอดภัยสูงกว่า ดังนั้นจึงมีการใช้กรดอินทรีย์ในการสกัดเพคตินอยู่บ้าง แต่มักจะเป็นระบบที่มีขนาดเล็ก กรดอินทรีย์ที่นิยมใช้ในการสกัดเพคตินมากที่สุดคือ กรดซิตริก การเตรียมเพคตินเพื่อใช้ในระดัครอบครัวยุทธศาสตร์ชีวภาพ (19) ได้แนะนำให้ใช้กรดซิตริกเป็นตัวสกัดเพราะจะให้ความปลอดภัยสูงจึงเหมาะต่อการใช้ในครอบครัว

Agarwal และ Pruthit (16) ได้ศึกษาถึงการใช้กรดเกลือและกรดซิตริกต่อการสกัดเพคตินจากเปลือกส้มแมนดาริน (mandarin) พบว่ากรดเกลือที่มีความเข้มข้น 0.25% จะให้ปริมาณเพคตินจากการสกัดสูงสุดคือ 11.44% (โดยน้ำหนักเปลือกส้มสด) และกรดซิตริกที่มีความเข้มข้น 1.0% จะให้ปริมาณเพคตินจากการสกัดสูงสุดคือ 12.0% (โดยน้ำหนักเปลือกส้มสด)

เพคตินที่ได้จากสองส่วนนี้จะไม่มีความแตกต่างในปริมาณ MeO. แต่การใช้กรดเกลือจะทำให้เพคตินที่ได้มีปริมาณ A.U.A. สูงกว่าการใช้กรดซิดริก แสดงว่าการใช้กรดเกลือจะให้เพคตินที่มีคุณภาพที่ดีกว่า นอกจากนี้ยังพบว่าเพคตินที่ได้จากการสกัดด้วยกรดซิดริกจะมีสีคล้ำกว่าเพคตินที่ได้จากการสกัดด้วยกรดเกลือ (16,20)

Dhingra และ Gupta (21) ได้รายงานว่าการใช้กรดออกซาลิก (oxalic acid) โดยใช้ในรูปของสารละลายผสมระหว่าง ammonium oxalate และ oxalic acid ในอัตราส่วน 50:50 ซึ่งสารละลายดังกล่าวจะให้ประสิทธิภาพการสกัดที่สูงกว่าการใช้กรดเกลือ

ในการสกัดเพคตินด้วยสารละลายกรดนั้น ตัวการสำคัญในการสกัด คือ ไฮโดรเจนไอออน (H^+) Kertesz (6) พบว่าช่วงของ pH ที่เหมาะสมต่อการสกัดเพคตินทั่วไปจะอยู่ในช่วง 1.8 -1.9 ซึ่งค่า pH ที่เหมาะสมต่อการสกัดจะขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ในการสกัดด้วย เช่น pH ที่เหมาะสมต่อการสกัดเพคตินจาก sugar beet เท่ากับ 1.0 (14) จากเปลือกเกรพฟรุตเท่ากับ 2.0 (22)

2. จำนวนครั้งที่ทำการสกัด

การสกัดเพคตินนั้น โดยทั่วไปแล้วการสกัดครั้งแรกจะให้ประสิทธิภาพสูง และจะลดลงตามลำดับจำนวนครั้ง ประสิทธิภาพการสกัดแต่ละครั้งจะขึ้นอยู่กับชนิดของกรดที่ใช้ Agarwal และ Pruthit (16) ได้ศึกษาผลของจำนวนครั้งในการสกัดเพคตินจากเปลือกส้มแมนดารินด้วยกรดเกลือ และกรดซิดริก โดยทำการสกัดสามครั้งพบว่า การใช้กรดเกลือสกัดครั้งที่ 1 ได้ปริมาณเพคติน 89.10% ของเพคตินทั้งหมด ครั้งที่ 2 ได้ 7.16% ครั้งที่ 3 ได้ 3.74% ส่วนการใช้กรดซิดริกในการสกัดครั้งที่ 1 ได้ปริมาณเพคติน 54.71% ของเพคตินที่ได้ทั้งหมด ครั้งที่ 2 ได้ 38.91% และครั้งที่ 3 ได้ 6.38% ดังนั้นถ้าใช้กรดซิดริกเป็นตัวสกัดเพคตินอย่างน้อยต้องทำการสกัด 2 ครั้ง จึงจะให้ประสิทธิภาพการสกัดประมาณ 90% แต่ถ้าใช้กรดเกลือทำการสกัดเพียงครั้งเดียวก็สามารถให้ประสิทธิภาพการสกัดประมาณ 90% ดังนั้นกรดเกลือจึงเหมาะสมต่อการนำมาใช้สกัดเพคติน

ส่วนค่าปริมาณ MeO. และ A.U.A. ของเพคตินที่ได้จากการสกัดในแต่ละครั้งของกรดชนิดเดียวกันจะมีความแตกต่างกันน้อยมาก ดังนั้นอาจสรุปได้ว่าจำนวนครั้งของการสกัดจะไม่มีผลต่อคุณภาพเพคตินที่สกัดได้

3. อัตราส่วนของน้ำหนักเนื้อเชื้อพืชสดต่อปริมาณสารละลายกรด

อัตราส่วนของน้ำหนักเนื้อเชื้อพืชสดต่อปริมาณสารละลายกรดเป็นปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการสกัดเพคติน อัตราส่วนของเนื้อเชื้อพืชสดต่อปริมาณสารละลายกรดที่เหมาะสมต่อการสกัดจะขึ้นอยู่กับชนิดของเนื้อเชื้อพืชที่ใช้ในการสกัด เช่น อัตราส่วนของน้ำหนักเนื้อเชื้อพืชสดต่อปริมาณสารละลายกรดที่เหมาะสมต่อการสกัดเพคตินจากเกรฟฟรุ้ตเท่ากับ 1:5 (22)

Agarwal และ Pruthit (16) ได้รายงานว่าอัตราส่วนของน้ำหนักเนื้อเชื้อพืชสดต่อปริมาณสารละลายกรดที่เหมาะสมต่อการสกัดเพคตินจากเปลือกของส้มแมนดารินเท่ากับ 1:4 โดยจะให้ปริมาณเพคตินจากการสกัดและปริมาณ A.U.A. สูงสุด นอกจากนี้การใช้อัตราส่วนของน้ำหนักเนื้อเปลือกส้มแมนดารินสดที่ระดับต่าง ๆ ไม่มีผลต่อปริมาณ MeO.

4. อุณหภูมิและเวลา

อุณหภูมิและเวลาเป็นปัจจัยที่สำคัญของการสกัดเพคติน ตัวแปรทั้งสองจะมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน Michel และคณะ (15) ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาในการสกัดเพคตินจาก sugar beet ที่ pH=1.5 และ 1.0 เป็นเวลา 1-5 ชั่วโมง อุณหภูมิ 85-90 องศาเซลเซียส พบว่าที่ pH=1.5 เมื่อเวลาและอุณหภูมิของการสกัดเพิ่มขึ้น ปริมาณเพคตินที่สกัดได้จะสูงขึ้น ส่วนการสกัดที่ pH=1.0 เมื่อเพิ่มเวลาและอุณหภูมิ ปริมาณเพคตินที่สกัดได้จะสูงขึ้นที่ระดับหนึ่ง หลังจากนั้นปริมาณเพคตินที่สกัดได้จะเริ่มลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าการสกัดที่ pH=1.0 และ 1.5 ปริมาณ MeO. และน้ำหนักโมเลกุลของเพคตินจะลดลงเมื่อเวลาและอุณหภูมิการสกัดเพิ่มขึ้น

สุทัศน์ วัฒนจิกร (23) ได้ศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิกับเวลาในการสกัดเพคตินจากดอกกระเจียบแดง ที่ภาวะการสกัด pH=2.1 พบว่าการเพิ่มอุณหภูมิและเวลาจะทำให้ปริมาณเพคตินที่สกัดได้สูงขึ้น และอัตราการสกัดจะลดลงเมื่อเวลาของการสกัดเพิ่มขึ้น

Rouse และCrandall (17) ได้ทดลองสกัดเพคตินจากเปลือกมะนาว (lime) ที่ pH=1.6 และพบว่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ปริมาณเพคตินที่ได้จากการสกัดจะเพิ่มขึ้น แต่ค่า Jelly grade ของเพคตินจะลดลงเนื่องจากเกิดปฏิกิริยา depolymerization ที่อุณหภูมิสูง ในขณะที่เดียวกันเมื่อเวลาการสกัดเพิ่มขึ้น ปริมาณเพคตินที่ได้จากการสกัดก็จะเพิ่มขึ้นด้วย แต่ค่า Jelly grade จะลดลง เพราะเกิดปฏิกิริยา depolymerization มากขึ้น

5. ชนิดและอายุของเนื้อเชื้อพืช

โดยทั่วไปแล้วปริมาณเพคตินในเนื้อเชื้อพืชจะแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช ชนิดของเนื้อเชื้อ พันธุ์ และอายุ

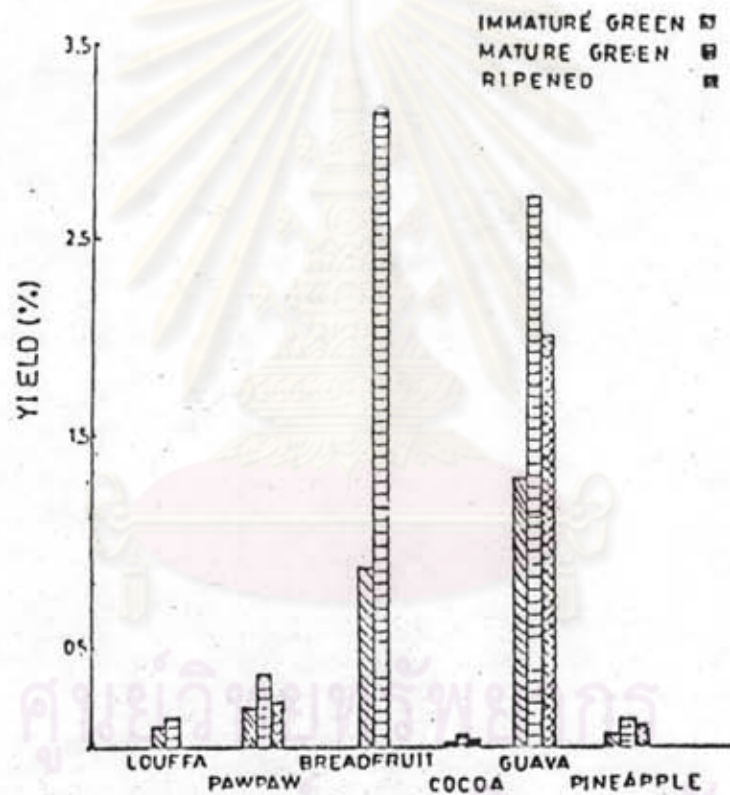
ชนิดของพืชที่มีปริมาณเพคตินอยู่สูง มักจะได้รับความสนใจนำมาใช้ในอุตสาหกรรมสกัดเพคติน ตัวอย่างของพืชที่นำมาใช้ในการสกัดสารเพคตินคือ แอปเปิ้ล ซึ่งจะมีเพคติน 0.5-1.6% โดยน้ำหนักสด (3) citrus fruits มีเพคติน 1.6-4.5% โดยน้ำหนักสด (1) Simpson, Egyankor และ Martin (22) ได้ศึกษาปริมาณเพคตินในผลไม้เขตร้อน (tropical fruits) พบว่าผลไม้ประเภทเกรฟฟรุตจะมีปริมาณเพคตินที่สูงที่สุดคือ 4.1% โดยน้ำหนักสด (ตารางที่ 2.2)

ในส่วนของพืชหรือผลไม้ชนิดเดียวกัน เนื้อเชื้อที่เป็นองค์ประกอบแต่ละส่วนจะมีปริมาณเพคตินที่แตกต่างกันไป Kertesz (6) พบว่า เปลือกของเกรฟฟรุตจะมีปริมาณเพคตินอยู่เป็นจำนวนมากและขนาดของเปลือกที่มีขนาดหนาใหญ่ ทำให้มีความเหมาะสมต่อการนำมาสกัดเพคติน เปลือกของเกรฟฟรุตจะประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ คือ flavedo, albedo และ membrane ซึ่งในส่วน albedo จะมีปริมาณ และคุณภาพเพคตินสูงที่สุด Braddock, Crandall และ Kerterson (2) ได้ศึกษาปริมาณและคุณภาพเพคตินในส่วน flavedo, albedo, membrane และ juice sac จากมะนาว (lemon) พบว่า ปริมาณเพคตินมีอยู่มากในส่วน of albedo, membrane และ flavedo ตามลำดับ ส่วนของ juice sacs จะมีปริมาณเพคตินน้อยที่สุด ส่วนค่า Jelly grade ของเพคตินที่ได้จาก membrane จะมีค่าสูงสุดและรองลงมาคือ albedo, flavedo และ juice sacs ตามลำดับ

ตารางที่ 2.2 ปริมาณเพคติน (โดยน้ำหนักสด) ในผลไม้เขตร้อน (22)

FRUITS	% YIELD (FWB)	FRUITS	% YIELD (FWB)	FRUITS	% YIELD (FWB)
Banana	0.41	Louffa	0.15	Bread fruit	3.16
Mango	2.14	Cocoa	0.06	Orange	3.08
Grape fruit	4.10	Passion fruit	3.02	Guava	2.74
Papaw	0.37	Kola	0.27	Pineapple	0.15
Lemon	3.34				

Simpson และคณะ (22) ได้ศึกษาผลของอายุที่มีต่อปริมาณเพคตินในผลไม้ 6 ชนิด ได้แก่ luffa pawpaw (มะละกอ) breadfruit (สำเภา) cocoa (โกโก้) และ pineapple (สับปะรด) ที่ระยะการสุกต่าง ๆ พบว่าปริมาณเพคตินจะเพิ่มจากระยะที่ดิบ (immature) และสูงสุดในระยะแก่ (mature) หลังจากนั้นปริมาณเพคตินจะลดลง เมื่อเข้าสู่ระยะที่สุก (ripened) (รูปที่ 2.6)



รูปที่ 2.6 ปริมาณเพคตินในผลไม้ที่ระยะการสุกต่าง ๆ (22)

6. ชนิดของสารเพิ่มประสิทธิภาพการสกัด

ดังที่ได้กล่าวไปแล้วว่า การสกัดเพคตินเป็นกระบวนการไฮโดรไลซิส ทำให้โปรโตเพคตินที่อยู่ในรูป insoluble pectin แปรสภาพเป็น soluble pectin แต่บางครั้งในเนื้อเยื่อพืชที่นำมาสกัดอาจมี insoluble pectin พวกเกลือของกรด pectinic โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกลือ calcium pectinate ซึ่งเกลือดังกล่าวไม่สามารถถูกไฮโดรไลซ์ด้วยสารละลายกรดเพื่อเปลี่ยนให้เป็นสาร soluble pectin ได้ การเติมสารพวก oxalate (18, 21), polyphosphate (16, 18, 21) ลงไปในสารละลายกรด จะมีผลทำให้ calcium pectinate สามารถแปรสภาพเปลี่ยนเป็น soluble pectin ได้มากขึ้น (18, 24) สารพวก polyphosphate ที่สามารถนำมาใช้เป็นสารเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดได้แก่ sodium hexametaphosphate (SHMP), sodium tetrphosphate, sodium tetrametaphosphate, tetrasodiumpyrophosphate แต่ตัวที่นิยมมากที่สุดคือ SHMP (16, 18) ส่วน oxalate นั้นจะนิยมใช้ในรูปของสารละลายผสมระหว่าง oxalic acid กับ ammonium oxalate (18)

Sabir, Sosuski และ Campbell (18) ได้เปรียบเทียบประสิทธิภาพของการใช้ oxalate และ SHMP สกัดเพคตินจากดอกทานตะวัน พบว่าการใช้ oxalate และ SHMP จะให้ปริมาณเพคตินสูงขึ้น เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 60 องศาเซลเซียสถึง 80 องศาเซลเซียส และการสกัดโดยมี SHMP เป็นสารช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการสกัด จะให้ปริมาณเพคตินที่สูงกว่าการสกัดที่ใช้ oxalate แต่ข้อเสียของการใช้ SHMP คือให้เพคตินที่มีปริมาณแก็กสูงมาก ทำให้เพคตินเกิดเจลได้ไม่ดี ซึ่งข้อเสียดังกล่าวคณะผู้ทำงานวิจัยนี้ได้เสนอแนวทางแก้ไขโดยการล้างตะกอนเพคตินที่สกัดได้ด้วยเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 70 ที่ปรับ pH=0.7-1.0

นอกจากนี้ Sabir และคณะ (18) ได้ทดลองใช้ SHMP ช่วยสกัดเพคตินที่ pH=4.5 3.0 2.0 1.5 และ 1.0 ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส พบว่าเมื่อ pH สูงขึ้นจาก 1.0 ถึง 4.5 ปริมาณเพคตินที่ได้จากการสกัดเพิ่มขึ้น

Agrawal และ Pruthit (16) ได้ศึกษาการใช้ SHMP ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ คือ 0% 1.25% 2.5% และ 5.0% (โดยน้ำหนักแอลบีโดสด) ในการสกัดเพคตินจากเปลือกส้มแมนดารินที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที พบว่าการใช้ SHMP ความเข้มข้น 2.5% จะให้ปริมาณเพคตินสูงสุดคือ 2.80 % (โดยน้ำหนักแห้ง) และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดได้ถึง 21.7 %