



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การสกัดเพคตินชนิดเมทอซซิลต่ำจากฐานดอกทานตะวันในจังหวัดลพบุรี

Extraction of low methoxyl pectin from sunflower head residues in Lop Buri

นายกิตติชัย บรรจง

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้

RCH ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555

SB คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

.59

๗๖๗๓๗

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน.....

วันที่.....

b. 19603569

ชื่อโครงการ	การสกัดเพคตินชนิดเมทริกซ์จากฐานดอกทานตะวันในจังหวัดลพบุรี
แหล่งเงิน	เงินรายได้
งบประมาณประจำปี	2555 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 30,000 บาท.
ระยะเวลาทำการวิจัย	1 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2554 ถึง 30 กันยายน 2555 /
หัวหน้าโครงการ	นายกิตติชัย บรรจง สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร คณะอุตสาหกรรม เกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของเพคตินที่สกัดได้โดยใช้วัตถุดิบฐานดอกทานตะวันจากจังหวัดลพบุรี เปรียบเทียบกับเพคตินทางการค้าชนิดหมู่เมทริกซ์จากเปลือกส้ม พบว่าวิธีการที่ใช้สกัดได้เพคตินจากฐานดอกทานตะวันในปริมาณ 5.18 กรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ปัจจัยที่ส่งผลต่อความหนืดของเพคตินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ได้แก่ ความเข้มข้นของสารละลายบัฟเฟอร์และความเข้มข้นของเพคติน เมื่อเปรียบเทียบเพคตินทานตะวันกับเพคตินหมู่เมทริกซ์จากเปลือกส้ม พบว่าเพคตินจากเปลือกส้มมีความหนืดสูงกว่าเพคตินจากฐานทานตะวัน การวิเคราะห์ถดถอยความเข้มข้นของสารละลายบัฟเฟอร์ที่ส่งผลต่อความหนืดของสารละลายเพคติน ได้ความสัมพันธ์เป็นสมการเส้นตรง มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) อยู่ในช่วง 0.82-0.99 นอกจากนี้ความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ส่งผลต่อความแข็งแรงของเจลเพคตินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยเมื่อเติมแคลเซียมคลอไรด์ลงในสารละลายเพคตินเพิ่มขึ้นจาก 2% เป็น 4% เจลเพคตินมีค่าแรงก้นน้อยลง และเพคตินจากฐานดอกทานตะวันให้ค่าแรงก้นน้อยกว่าเพคตินหมู่เมทริกซ์จากเปลือกส้มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

คำสำคัญ: ฐานดอกทานตะวัน เพคตินเมทริกซ์ การสกัด คุณสมบัติของเจล

Research Title Extraction of low methoxyl pectin from sunflower head residues in Lop Buri

Researcher Kittichai Banjong

Faculty Agro-industry **Department** Food Process Engineering

ABSTRACT

The physicochemical properties of pectin extracted from sunflower head residues from Lop Buri were compared with commercial low methoxyl pectin from orange peel. The yield of pectin extracted from sunflower head residues was 5.18 g/per 100 g sample. The factors that affected pectin viscosity significantly were the concentration of buffer and pectin ($P \leq 0.05$) and it was shown that low methoxyl orange peel pectin had higher viscosity compared to sunflower head pectin. The linear regression analysis of the buffer concentration on pectin viscosity yielded linear relationship with R^2 ranged between 0.82-0.99. When calcium chloride was added to pectin solution, the increasing from 2% to 4% of calcium chloride resulted in the decreasing of pectin gel strength significantly ($P \leq 0.05$) and low methoxyl sunflower pectin has lower gel strength compared to orange peel pectin.

Keywords : Sunflower head, Low methoxyl pectin, Extraction, Gel property

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับเงินทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง แหล่งทุนจากเงินรายได้ประจำปี พ.ศ. 2555 ผู้วิจัยขอขอบคุณบุคลากรฝ่ายต่าง ๆ ซึ่งได้สนับสนุนการวิจัย ตลอดจนนักศึกษาระดับปริญญาตรีและบัณฑิตศึกษา คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่านที่เกี่ยวข้องกับโครงการ ซึ่งให้ความช่วยเหลือจนโครงการสำเร็จลุล่วงด้วยดี

นายกิตติชัย บรรจง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญภาพ.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย.....	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 ความหมายของเพคติน.....	5
2.2 โครงสร้างของเพคติน.....	7
2.3 การแบ่งประเภทของเพคติน.....	7
2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณและคุณภาพของเพคติน.....	16
2.5 การสกัดเพคติน.....	16
2.6 การนำเพคตินมาใช้ประโยชน์.....	17
2.7 ข้อมูลของทานตะวัน.....	20
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	21
บทที่ 3 วิธีการทดลอง.....	22
3.1 วัตถุประสงค์.....	22
3.2 อุปกรณ์.....	22
3.3 สารเคมี.....	23
3.4 ขั้นตอนและวิธีการ.....	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	29
4.1 ปริมาณผลผลิตของเพคตินจากฐานดอกทานตะวัน.....	29
4.2 ผลของความเข้มข้นต่อความหนืดของสารละลายเพคติน.....	29
4.3 ผลของเวลาปริมาณแคลเซียมคลอไรด์ต่อความแข็งแรงของเจลเพคติน.....	36
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	38
บรรณานุกรม.....	39
ภาคผนวก.....	44
ก การวิเคราะห์ระดับเอสเทอร์ฟิเคชัน.....	44
ข การหาปริมาณเมทริกซ์.....	44
ค การวิเคราะห์ปริมาณแก้ว.....	45
ง การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น.....	46
ข้อมูลประวัติผู้วิจัย.....	47

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของเพคตินชนิดต่าง ๆ.....	15
4.1 ค่าความหนืดของเพคตินทานตะวันและเพคตินหมูเมทชอกชิลต่ำจากส้ม.....	33
4.2 สมการความสัมพันธ์ความหนืดของเพคตินกับความเข้มข้นสารละลายบัฟเฟอร์.....	34
4.3 ความแข็งแรงของเจลเพคตินทานตะวันและเจลเพคตินเมทชอกชิลต่ำจากส้ม.....	36



สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 โมเลกุลของเพคตินบริเวณ middle lamella และผนังเซลล์.....	5
2.2 โครงสร้างของเพคติน.....	7
2.3 โครงสร้างของ High methoxyl pectin	8
2.4 โครงสร้างของ Low methoxyl pectin	9
2.5 โครงสร้างของ Amidated low methoxyl pectin	10
2.6 โครงสร้างของ Conventional low methoxyl pectin.....	10
2.7 การจำแนกเพคตินตามค่า degree of methoxylation.....	12
2.8 โครงสร้างโมเลกุลของเพคติน.....	13
3.1 แผนภาพไหลการเตรียมวัตถุดิบ.....	24
3.2 วัตถุดิบฐานดอกทานตะวัน.....	24
3.3 แผนภาพไหลขั้นตอนการสกัดเพคติน.....	25
4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับความหนืดของเพคตินจากทานตะวัน.....	30
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับความหนืดของเพคตินหมู่เมทอกซิลต่ำจากส้ม.....	31
4.3 ความเข้มข้นของสารละลายบัฟเฟอร์กับความหนืดของเพคตินจากทานตะวัน.....	32
4.4 ความเข้มข้นของสารละลายบัฟเฟอร์กับความหนืดของเพคตินจากส้ม.....	32
4.5 ความเข้มข้นของสารละลายบัฟเฟอร์กับความหนืดของเพคตินจากทานตะวัน.....	35
4.6 ความเข้มข้นของสารละลายบัฟเฟอร์กับความหนืดของเพคตินจากส้ม.....	35
4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะเนื้อสัมผัสกับปริมาณแคลเซียมคลอไรด์.....	37

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

ทานตะวันเป็นพืชน้ำมันที่สำคัญพืชหนึ่งของโลกรองจากถั่วเหลืองและปาล์มน้ำมัน เมล็ดทานตะวันมีน้ำมันสูงถึง 48% กากที่เหลือจากการสกัดน้ำมันออกแล้วยังถูกใช้เป็นแหล่งโปรตีนอาหารสัตว์ที่สำคัญอีกด้วย แหล่งปลูกที่สำคัญในประเทศไทย ได้แก่ จังหวัดลพบุรี เพชรบูรณ์ และสระบุรี ทานตะวันเป็นพืชที่สามารถเจริญเติบโตได้ในทุกฤดูกาล เพราะเป็นพืชที่ไม่ไวด່อช่วงแสง แต่ส่วนใหญ่นิยมปลูกในช่วงปลายฤดูฝน หรือตั้งแต่เดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายน (ศรีสุดา และพัฒนา, 2554). การใช้ประโยชน์จากทานตะวันมีหลายลักษณะดังนี้ เมล็ด ใช้บริโภคโดยตรง เพื่อเป็นแหล่งโปรตีนแทนเนื้อสัตว์ได้ในเมล็ด มีธาตุเหล็กสูง เปลือกของลำต้น มีลักษณะเหมือนเยื่อไม้ นำมาทำกระดาษสีขาวได้คุณภาพดี ลำต้นใช้ทำเชื้อเพลิงได้ เมื่อโลกจะเป็นปฏิกิริยาเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดินได้ดี ราก ใช้ทำแ่งเค้ก สบู่เกิดดี ในรากมีวิตามินบี 1 และธาตุอีกหลายชนิด แพทย์แนะนำให้ใช้รากทานตะวันประกอบอาหารสำหรับผู้ป่วยเป็นโรคเบาหวาน น้ำมัน น้ำมันที่สกัดจากเมล็ดจะให้ปริมาณน้ำมันสูงถึงร้อยละ 35 และได้น้ำมันที่มีคุณภาพสูง ประกอบด้วยกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวเช่น กรดลิโนเลอิก หรือกรดลิโนเลนิก สูงถึงร้อยละ 60-70 ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อร่างกายในการช่วยลดคอเลสเตอรอลที่เป็นสาเหตุของโรคไขมันอุดตันในเส้นเลือดได้ และยังประกอบด้วยวิตามิน เอ ดี อี และเค นอกจากนี้ยังนิยมใช้ในอุตสาหกรรมทำเนยเทียม สี น้ำมันชักเงา สบู่ และน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ กาก กากที่ได้จากการสกัดน้ำมันออกแล้ว จะนำไปใช้เป็นส่วนผสมของอาหารสัตว์ได้ ในกากเมล็ดทานตะวันที่จะเพาะเปลือกและบีบน้ำมันออกแล้ว จะมีโปรตีนอยู่ประมาณร้อยละ 42

ประเทศไทยมีการส่งเสริมการปลูกทานตะวันเพื่อเป็นการค้ามาตั้งแต่ ปี 2531 โดยมีพื้นที่ปลูกประมาณ 7,500 ไร่ และค่อยๆเพิ่มขึ้นจนถึงปี 2536 มีพื้นที่ปลูกประมาณ 40,000 ไร่ จากนั้นพื้นที่ปลูกได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงปี 2547 มีพื้นที่ปลูกทานตะวันประมาณ 320,763 ไร่ ได้ผลผลิตรวมประมาณ 49,077 ตัน ซึ่งการผลิตทานตะวันของประเทศไทยในปี 2547 ผลผลิตเฉลี่ย 153 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อเก็บเกี่ยวแล้วเกษตรกรจะแยกส่วนเมล็ดดอกทานตะวันออกไป เหลือส่วนฐานดอกที่ไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์ เป็นจำนวนมาก จากการรายงานศึกษาพบว่าโดยในส่วนของฐานดอกนี้มีเพคตินเป็นส่วนประกอบประมาณ 15% (dry basis) และมีรายงานว่าสามารถสกัดเพคตินได้ 7.4-11.6 % (Iglesias และ Lozano, 2003) โดยเป็นเพคตินชนิดหมู่เมทอกซิลต่ำ (Low-methoxyl pectin) เพคตินเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากธรรมชาติ ทำหน้าที่ได้ทั้งการเป็นสารที่ทำให้เกิดเจล (gelling agent), สารให้ความข้นหนืด (thickener) และสารให้ความคงตัว (stabilize) ในผลิตภัณฑ์อาหารหลายประเภท โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องดื่ม และยา เพื่อให้

กระบวนการผลิตสะดวกขึ้น และช่วยปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้น เช่น ในอุตสาหกรรมทำแยม เยลลี่ ใช้เป็นสารให้ความคงตัว ในผลิตภัณฑ์นมและโยเกิร์ต ใช้เป็นสารให้ความข้นหนืดของซอส เครื่องปรุงน้ำเชื่อมเข้มข้น น้ำสลัด เครื่องดื่ม เป็นต้น นอกจากนี้เพคตินจะใช้ในอุตสาหกรรมเป็นสารผสมอาหารโดยตรงแล้ว ยังนำมาใช้เป็น edible fiber ในรูปของอาหารเสริมสุขภาพ ใช้เป็นเส้นใยอาหารป้องกันโรกระบบทางเดินอาหาร เป็นต้น ปัจจุบันเพคตินถือเป็นวัตถุเจือปนอาหาร (food additive) ที่มีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเพคตินเป็นพอลิเมอร์ชีวภาพ (biopolymer) หรือ พอลิเมอร์ธรรมชาติ (natural polymer) ที่จัดเป็นสารอาหารคาร์โบไฮเดรตประเภทเส้นใย หรือไฟเบอร์ ที่ไม่สามารถถูกย่อยได้โดยเอนไซม์ในระบบการย่อยในร่างกายของมนุษย์ ทำหน้าที่ขัดขวางการดูดซึมของไขมันไม่ให้เข้าสู่กระแสเลือด ช่วยป้องกันไม่ให้เกิดโรคหลอดเลือดหัวใจและหลอดเลือดในสมองตีบ นอกจากนี้ ใยอาหารยังทำให้เกิดการขับถ่ายได้ดี ทำให้ไม่เสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งที่ลำไส้ใหญ่ เพคตินไม่เป็นโทษต่อร่างกาย และมีคุณสมบัติต่างๆที่ทำให้อาหารเกิดเนื้อสัมผัสหรือมีลักษณะตามต้องการ เช่น เป็นสารที่ทำให้เกิดเจล (gelling agent) ในผลิตภัณฑ์ แยม เยลลี่ เป็นสารให้ความข้นหนืด (thickening agent) ในเครื่องดื่มซอสปรุงรส หรือน้ำสลัด เป็นสารให้ความคงตัว (stabilizer) ป้องกันการตกตะกอนของโปรตีน เคซีน (casein) ในนมเปรี้ยว และยังสามารถทำหน้าที่เป็น อิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) ทำให้อิมัลชัน (emulsion) คงตัว โดยลดแรงตึงผิวระหว่างเฟสของน้ำมันและน้ำ ด้วยประโยชน์ทางด้านสุขภาพ และคุณสมบัติของเพคตินที่ช่วยปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้น และเกิดความสะดวกต่อกระบวนการผลิต ทำให้นักวิทยาศาสตร์การอาหารให้ความสำคัญ และมีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับเพคตินเพิ่มมากยิ่งขึ้น

สารประกอบเพคตินเป็นสารที่พบมากในผักและผลไม้ที่กำลังเจริญเติบโตโดยเกาะกับผนังเซลล์เรียกว่า middle lamella และสะสมเพิ่มขึ้นเมื่ออายุมากขึ้นเพคตินบางส่วนจะเกาะอยู่กับเซลลูโลส โดยทำหน้าที่เชื่อมเข้าด้วยกันและควบคุมการซึมผ่านของน้ำ (ณรงค์ และ เมธินี, 2548) มีลักษณะเป็นสารโมเลกุลใหญ่ซึ่งเกิดจากการเชื่อมต่อกันของกรดกาแลคทูโรนิก (Galacturonic acid) ด้วยพันธะ α -1,4 ซึ่งกลุ่มคาร์บอกซิล (Carboxyl group) ภายในโมเลกุลมักเกิดเป็นเอสเทอร์กับเมทิลแอลกอฮอล์ (Methyl alcohol) ในปริมาณต่างๆกัน สายยาวของโมเลกุลนี้อาจเกิดพันธะเชื่อมข้ามกันได้หลายลักษณะ ทำให้สารเพคตินละลายได้หลายระดับ เช่น โปรโตเพคติน (Protopectin) มีการเชื่อมข้ามในโมเลกุลมากจึงไม่ละลายน้ำ แต่เพคตินซึ่งมีน้ำหนักรวมโมเลกุลต่ำและไม่มีการเชื่อมข้าม (Crosslink) จะละลายน้ำได้ดี สารเพคตินนี้อาจเกิดการเปลี่ยนแปลงกลไกทางเคมีระหว่างผลไม้ที่กำลังสุกขึ้นเรื่อยๆ (จริงแท้, 2538) เพคตินเป็นสารอาหารคาร์โบไฮเดรตประเภทเส้นใย หรือไฟเบอร์ ที่ไม่สามารถย่อยได้โดยเอนไซม์ในระบบการย่อยในร่างกายของมนุษย์ ทำหน้าที่ขัดขวางการดูดซึมของไขมันไม่ให้เข้าสู่กระแสเลือด ช่วยป้องกันไม่ให้เกิดโรคหลอดเลือดหัวใจและหลอดเลือดในสมองตีบ นอกจากนี้ ใยอาหารยังทำให้เกิดการขับถ่ายได้ดี ทำให้ไม่เสี่ยงต่อการเกิด

โรคมะเร็งที่ลำไส้ใหญ่ เพคตินไม่เป็นโทษต่อร่างกายและมีคุณสมบัติต่างๆที่ทำให้อาหารเกิดเนื้อสัมผัสหรือมีลักษณะความต้องการ เช่น เป็นสารทำให้เกิดเจล, สารให้ความข้นหนืด, สารให้ความคงตัว, อิมัลซิไฟเออร์ จึงทำให้มีการศึกษาเกี่ยวกับงานวิจัยของเพคตินมากขึ้น ในปัจจุบันอุตสาหกรรมการสกัดเพคติน จะอยู่ในแถบยุโรปและอเมริกา โดยใช้กากที่เหลือจากอุตสาหกรรมการทำน้ำผลไม้ เช่น อุตสาหกรรมน้ำแอปเปิลและน้ำส้ม เป็นต้น ในขณะที่ประเทศแถบเอเชียอุดมไปด้วยผลไม้ที่มีปริมาณเพคตินสูงใกล้เคียงกับแอปเปิล แต่กลับไม่พบว่ามีอุตสาหกรรมผลิตเพคตินเลย นอกจากนี้ข้อมูลการใช้เพคตินในประเทศไทยประจำปี 2545 มีมูลค่า 328,771,654 บาท โดยต้องนำเข้าจากต่างประเทศทั้งหมด (กรมศุลกากร, 2545) ส่วนใหญ่มาจากประเทศเดนมาร์ก ฝรั่งเศส เยอรมัน อังกฤษ และเม็กซิโก เป็นต้น และแนวโน้มในการใช้เพคตินก็มีมากขึ้น ในปี 2552 ประเทศไทยได้มีการนำเข้าเพคตินจากต่างประเทศเข้ามาจำหน่ายเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร มีมูลค่าสูงกว่า 300 ล้านบาทต่อปี จากข้อมูลการใช้เพคตินในประเทศไทยประจำปี 2552 โดย Low-methoxyl pectin สามารถสกัดจากฐานดอกทานตะวันซึ่งเป็นเศษวัสดุเหลือทิ้งจากการปลูกดอกทานตะวัน ซึ่งแต่ละปีต้องทิ้งไปเป็นจำนวนมาก ถ้าสามารถนำมาผลิตเป็นเพคตินเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร จะเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเศษวัสดุทางการเกษตรได้เป็นอย่างดี การสกัดเพคตินจากฐานดอกทานตะวัน ที่ได้จัดเป็นเพคตินชนิด Low-methoxyl pectin ซึ่งสามารถเกิดเจลได้กับอนุโมลโลหะที่มีวาเลนซ์สอง เช่น อนุโมลแคลเซียมและใช้น้ำตาลปริมาณน้อยหรือไม่จำเป็นต้องใช้เลยก็ได้เพื่อเป็นทางเลือกในการรับประทานอาหารสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมปริมาณน้ำตาล และสามารถที่จะรับประทานแยมชนิดนี้ได้ เนื่องจากเป็นแยมที่มีปริมาณน้ำตาลน้อยกว่าแยมทั่วไปที่มีขายตามท้องตลาด และยังช่วยลดปริมาณการนำเข้าเพคตินจากต่างประเทศได้อีกด้วย รายงานวิจัยนี้ เป็นการทดลองนำส่วนเหลือทิ้งจากดอกทานตะวันที่กระเทาะเมล็ดทานตะวันออกไปแล้ว เหลือเพียงส่วนฐานดอก ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจากจังหวัดลพบุรี ปัจจุบันไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์ส่วนฐานรองดอกทานตะวัน และนำเพคตินที่ได้มาทดสอบคุณสมบัติบางประการเพื่อเป็นแนวทางในการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาขั้นตอนการสกัดเพคตินจากฐานดอกทานตะวัน ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร และเปรียบเทียบลักษณะเนื้อสัมผัสและคุณสมบัติความหนืดของเพคตินจากดอกทานตะวัน

1.3 -ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาขั้นตอนการสกัดเพคตินชนิด Low-methoxyl จากฐานดอกทานตะวัน ที่ได้จากจังหวัดลพบุรี ซึ่งเป็นแหล่งผลิตทานตะวันแหล่งใหญ่ที่สุดของประเทศไทย คิดเป็นประมาณ ๖๐ % ของผลผลิตทั้งหมด

เปรียบเทียบลักษณะเนื้อสัมผัส คุณสมบัติความหนืด และ Degree of esterification ของเพคตินจากดอกทานตะวันที่สกัดได้ โดยเปรียบเทียบกับเพคตินชนิด Low-methoxyl จากเปลือกส้มที่มีขายเป็นการค้า

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

ดำเนินการขั้นตอนการสกัดเพคตินจากฐานดอกทานตะวัน ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจากจังหวัดลพบุรี เพคตินที่ได้นำมาเปรียบเทียบลักษณะเนื้อสัมผัสและคุณสมบัติความหนืดของเพคติน ซึ่งเป็นชนิดเมทอกซิลต่ำ เปรียบเทียบผลการทดลองโดยการวิเคราะห์การวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทางสถิติของตัวอย่าง โดยใช้วิธี Duncan's new multiple range tests (DMRT) และ t-test

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

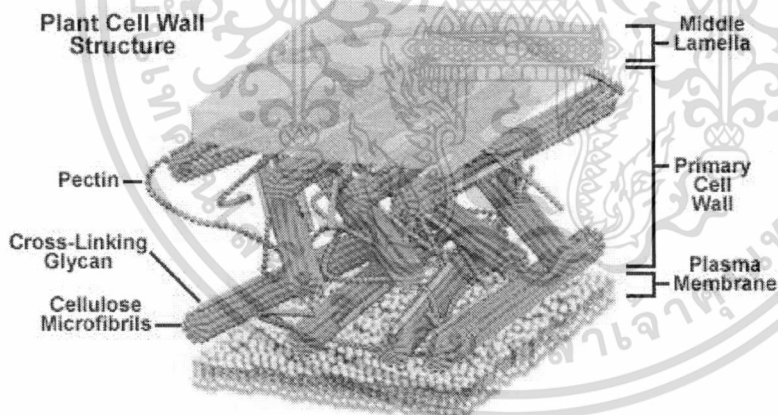
การสกัดเพคตินจากส่วนฐานรองดอกทานตะวัน นำผลที่ได้ไปใช้ในการออกแบบอุปกรณ์และกระบวนการสกัดเพคตินชนิด Low-methoxyl จากฐานดอกทานตะวัน (Sunflower head) ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร การนำไปใช้หรือต่อยอดในเชิงพาณิชย์ โดยนำกระบวนการสกัดไปใช้สร้างมูลค่าเพิ่มให้กับฐานดอกทานตะวัน

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความหมายของเพคติน

Katesz (1951) กล่าวว่า เพคตินเป็นกรดเพคตินิก (pectinic acid) ชนิดละลายน้ำได้ ซึ่งมีปริมาณหมู่เมทิลเอสเทอร์ หลากหลาย สามารถเกิดเป็นเจลในสภาวะที่มีน้ำตาลและความเป็นกรดที่เหมาะสมหรือสภาวะที่มีเกลือแคลเซียมร่วมอยู่ด้วย ในปี ค.ศ. 1825 มีการตั้งชื่อและเริ่มศึกษากรรมวิธีการสกัดเพคติน โดยใช้คำว่าเพคตินมาจากภาษากรีก แปลว่าตัวประสานหรือตัวทำให้แข็ง (congeal or solidity) มีผู้ศึกษาถึงหน้าที่ของสารประกอบเพคติน Christensen (1986) กล่าวว่า สารประกอบเพคตินทำหน้าที่เป็นโครงสร้างของเซลล์ และเป็นสารที่สำคัญในบริเวณชั้น middle lamella ที่ยึดเหนี่ยวเซลล์เข้าด้วยกัน โดยจับกับเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และไกลโคโปรตีนของผนังเซลล์พืช เพคตินพบมากโดยเฉพาะบริเวณที่มีเนื้อเยื่ออ่อนนุ่ม เช่น ต้นอ่อน ใบบ และผลไม้



ภาพที่ 2.1 โมเลกุลของเพคตินบริเวณ middle lamella และ ผนังเซลล์

ที่มา : Food wiki Thailand (2009)

วิกิพีเดีย (2549) รวบรวมความหมายโดยทั่วไปว่า เพคตินเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) ที่ร่างกายไม่สามารถย่อยได้ในระบบการย่อย จัดเป็นใยอาหาร (dietary fiber) ชนิดหนึ่ง ที่เป็นโครงสร้างของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผนังเซลล์ของพืชชั้นสูงเกือบทุกชนิด (plant cell wall) โดยรวมตัวอยู่กับเซลลูโลส (cellulose) ทำหน้าที่คล้ายเป็นซีเมนต์ ยึดเกาะผนังเซลล์ให้ติดกัน เพคตินเป็นไฮโดรคอลลอยด์ (hydrocolloid) จัดเป็นสารประกอบคาร์โบไฮเดรตเช่นเดียวกับแป้งและเซลลูโลส ในทางการค้าจะสกัดเพคตินจากเปลือกผลไม้ตระกูลส้ม และกากแอปเปิ้ล การสกัดเพคตินทางการค้าเริ่มขึ้นในศตวรรษที่ 20 และพัฒนาเรื่อยๆ จนถึงปัจจุบัน โดยเฉพาะบริเวณที่มีเนื้อเยื่ออ่อนนุ่ม เช่น ต้นอ่อนใบ และ ผลไม้ การสกัด เพคตินนั้นจะใช้วิธีการสกัดด้วยกรด แล้วตกตะกอนด้วยเอซิลหรือเมซิลแอลกอฮอล์ จากนั้นทำให้แห้ง บดให้เป็นผงโดยให้ความร้อนต่ำกว่าร้อยละ 10 เก็บไว้ในถุงที่สามารถกันความชื้นได้ และควรเก็บรักษาไว้ในที่เย็น และแห้ง

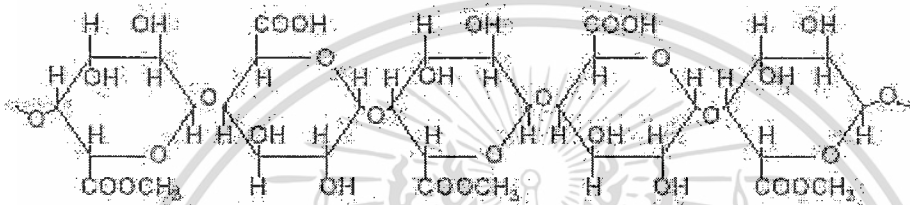
เพคตินมีการใช้กันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มมานาน โดยใช้เป็นสารเพิ่มความข้นหนืด สารก่อเจล ในผลิตภัณฑ์แยม เจลลี่ และสารเพิ่มความคงตัวของระบบคอลลอยด์ในเครื่องดื่ม น้ำผลไม้และผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเนื้อคล้ายเยลลี่ ในช่วง 2-3 ทศวรรษที่ผ่านมาได้มีการนำเพคตินมาใช้ในทางเภสัชกรรมและอุตสาหกรรมยาเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากเพคตินมีสมบัติเฉพาะที่ทำให้สามารถนำมาใช้เก็บกักหรือนำส่งยา โปรตีน และเปปไทด์ เป็นต้น และจัดเป็นคาร์โบไฮเดรตประเภทไฟเบอร์หรือเส้นใยอาหารที่ไม่ถูกย่อยโดยเอนไซม์ในระบบการย่อยของร่างกายมนุษย์ ซึ่งได้รับความสนใจจากนักโภชนาการมากขึ้น เพราะจากการวิจัยให้ผลออกมาว่าอาหารที่มีไฟเบอร์สูงจะช่วยป้องกันการเกิดโรคต่างๆ หรือในทางกลับกันคนที่กินอาหารที่มีไฟเบอร์น้อยก็มีความเสี่ยงที่จะเกิดโรคต่างๆ ได้ง่ายขึ้น

ชญาณิสฐ์ และคณะ (2554) กล่าวว่า ในปัจจุบันการใช้เส้นใยอาหาร (dietary fiber) เป็นอาหารเสริมสุขภาพมีมากขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากผู้บริโภคได้รับข้อมูล ข่าวสารทั้งในแง่ วิชาการ และสื่อโฆษณาเกี่ยวกับประโยชน์ในเชิงสุขภาพและการแพทย์ ของเส้นใยอาหารเพิ่มมากขึ้น นอกจากเส้นใยอาหารจำพวกรำข้าว และเซลลูโลสแล้ว เพคตินก็จัดว่าเป็นเส้นใยอาหารชนิดที่ละลายน้ำได้แต่ไม่ถูกย่อยโดยเอนไซม์ในทางเดินอาหาร ตรี วาทกิจ (มปป.) กล่าวว่า เพคตินเป็นส่วนประกอบหลักในเส้นใยอาหารที่ได้จากพืชและผลไม้ส่วนใหญ่

พืชสกุลส้มเป็นแหล่งที่มีเพคตินปริมาณมาก ซึ่งพบได้ทั้งในส่วนที่รับประทานได้และส่วนที่รับประทานไม่ได้ เช่น เปลือก กาก และแกน ในการศึกษาเกี่ยวกับเส้นใยอาหารที่ได้จากพืชสกุลส้ม ส่วนใหญ่มักใช้เพคตินบริสุทธิ์มากกว่าการใช้เปลือกหรือกากผลแห้ง อย่างไรก็ตามการบริโภคผลไม้จำพวกส้มช่วยเพิ่มปริมาณเพคตินในอาหารอย่างมีนัยสำคัญ แม้ว่าในปัจจุบันจะมีการผลิต เพคตินสกัดชนิดเข้มข้นที่ได้จากเปลือกส้มซึ่งเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมผลิตน้ำผลไม้ก็ตาม

2.2 โครงสร้างของเพคติน

Bemiller และ Wing (1968) กล่าวว่าไว้ว่า สารประกอบเพคติน เป็นพอลิเมอร์สายยาวของกรดดี-กาแลคทูโรนิก (D-galacturonic acid) ต่อกันด้วยพันธะเส้นตรงที่ตำแหน่ง 1-4 (α -D-galactopyranosyluronic acid) โดยหมู่คาร์บอกซิล (-COOH) ในโมเลกุลของกรดกาแลคทูโรนิกบางส่วน จะถูกเอสเทอร์ไฟด์ด้วยหมู่เมธิล ได้เป็นเมธิลเอสเทอร์ ซึ่งเพคตินมีสถานะเป็นสารประกอบเชิงซ้อนของอนุพันธ์ของคาร์โบไฮเดรต มีลักษณะเป็นคอลลอยด์ สารเหล่านี้จะมีอยู่หรือเตรียมได้จากเนื้อเยื่อของพืช



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างของเพคติน

ที่มา : Rolin และ De Vries (1990)

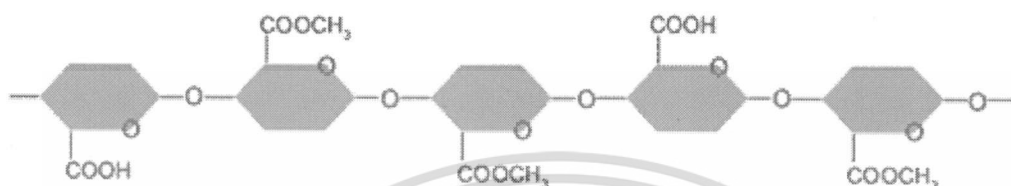
May (1990) กล่าวว่าไว้ว่า เพคตินในทางการค้า มีองค์ประกอบหลักเป็นสารโพลิเมอร์ของหมู่กาแลคทูโรนิกที่ต่อกันด้วยพันธะ α (1-4) โดยโมเลกุลของเพคตินประกอบด้วยกรดกาแลคทูโรนิกที่เชื่อมต่อกันประมาณ 200-1000 หน่วย ส่วนใหญ่เพคตินจะถูกเอสเทอร์ไฟด์ หรือแทนที่ด้วยหมู่เมธิล โดยใช้สารเอซิลหรือเมธิลแอลกอฮอล์ในการเอสเทอร์ไฟด์ แต่ในทางธรรมชาติเกิดจากการทำงานของเอนไซม์ที่มีอยู่ในเซลล์พืช หรือเอนไซม์จากเชื้อยีสต์และเชื้อรา เพคตินทางการค้าจะมีปริมาณหมู่กาแลคทูโรนิกประมาณ 75% โดยมีการแทนที่ด้วยหมู่เอสเทอร์ ระหว่าง 30-80% ทั้งนี้ต้องควบคุมการเกิดเอสเทอร์ไฟด์ ในเพคตินเพื่อให้ได้คุณสมบัติทางกายภาพ และ รีโอโลยีตามที่ต้องการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร หากหมู่ -OCH₃ ในตำแหน่งที่ C-6 ถูกแทนที่ด้วยหมู่เอไมด์ (-NH₂) ซึ่งอาจถูกแทนที่ได้สูงสุดถึง 80% เพคตินที่ได้จะเรียกว่า เอมิเตดเพคติน (amidated pectin) ซึ่งจะกล่าวในหัวข้อถัดไป

2.3 การแบ่งประเภทของเพคติน

Rolin และ De Vries (1990) ได้กล่าวถึงการแบ่งประเภทของเพคตินไว้ว่า สามารถแบ่งเพคตินตามปริมาณของการเกิดเมธิลเอสเทอร์ (methoxyl ester) หรือ degree of esterification (DE) ซึ่งมีผลต่อการเกิดเจลของเพคติน การแสดงปริมาณของเอสเทอร์นี้ ถูกกำหนดในรูปของปริมาณเมธิลเอสเทอร์หรือระดับการ

เกิดเมธีออกซิลเอสเทอร์ (methoxyl ester) เรียกว่า degree of methoxylation (DM) โดยสามารถแบ่งเพคตินได้ 2 ประเภท

2.3.1 เพคตินกลุ่มที่มีเมธีออกซิลสูง (High methoxyl pectin, HMP)



ภาพที่ 2.3 โครงสร้างของ High methoxyl pectin

ที่มา : International Pectin Producers Association (2001)

Rolin และ De Vries (1990) กล่าวว่า ใ้ว่า เพคตินกลุ่มที่มีเมธีออกซิลสูง เป็นสารเพคตินที่มีระดับของเมธีเอสเทอร์ฟิเคชัน (Degree of methoxylation, %DM) มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 50 เพคตินเมธีออกซิลสูงใช้กับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการให้เซตตัวเร็ว การเกิดเจลของเพคตินชนิดนี้ จะต้องมีองค์ประกอบที่เหมาะสม คือ มีปริมาณน้ำตาลร้อยละ 55-65 ค่าความเป็นกรดค่า 2.9-3.1 ซึ่งเป็นสภาวะปกติที่ใช้ในการผลิตแยมทั่วไป โดย เพคตินเมธีออกซิลสูง แบ่งตามระยะเวลาของการแข็งตัวของเจลได้ 6 ชนิด

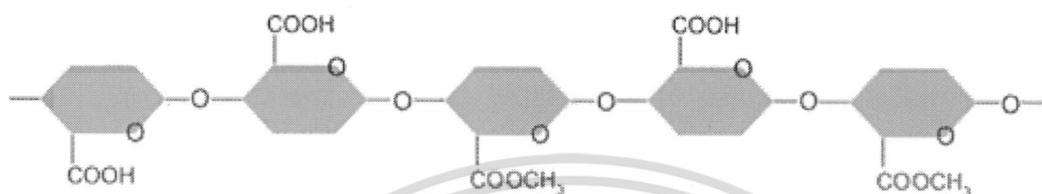
Ultra-rapid-set pectin	:	มีปริมาณเมธีออกซิลเอสเทอร์ร้อยละ 82
Extra-rapid-set pectin	:	มีปริมาณเมธีออกซิลเอสเทอร์ร้อยละ 76
Rapid-set pectin	:	มีปริมาณเมธีออกซิลเอสเทอร์ร้อยละ 72
Medium-rapid-set pectin	:	มีปริมาณเมธีออกซิลเอสเทอร์ร้อยละ 68
Slow-set pectin	:	มีปริมาณเมธีออกซิลเอสเทอร์ร้อยละ 64
Extra-slow-set pectin	:	มีปริมาณเมธีออกซิลเอสเทอร์ร้อยละ 58

May (1990) กล่าวว่า ในการเกิดเจลของเพคตินได้จะต้องมีปริมาณน้ำตาล และกรดที่เหมาะสมเท่านั้น เนื่องจากสายเพคตินจะถูกดึงน้ำออก มีผลทำให้เพคตินมีประจุลบ จึงทำให้ลดแรงระหว่างสายโซ่ (chain-chain interaction) ความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมในการเกิดเจลของเพคตินชนิดที่เกิดเจลได้ช้า และเร็ว นั้น คือ 3.2 และ 3.4 ตามลำดับ ที่ความเป็นกรด-ด่างต่ำ ค่า gel strength จะเพิ่มมากขึ้น และอุณหภูมิในการเกิดเจลก็จะเพิ่มมากขึ้นด้วย สภาวะที่เหมาะสมในการเกิดเจลนั้นมีหลายปัจจัย ที่ระดับความเข้มข้นของน้ำตาล สูงๆ พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างจะเพิ่มมากขึ้น โดยน้ำตาลจะมีผลต่ออัตราการเกิดเจล โดยพบว่าหากใช้กลูโคสไปทดแทนน้ำตาล จะมีผลทำให้ค่า gel strength ลดลง แต่ต้องใช้อุณหภูมิในการเกิดเจลเพิ่มมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการใช้น้ำตาลฟรุกโตสทดแทน น้ำตาล จะมีผลต่อ gel strength น้อย แต่จะมีผลต่อการลดลงของอุณหภูมิในการเกิดเจล

2.3.2 เพคตินกลุ่มที่มีเมธีอกซิลต่ำ (Low methoxyl pectin, LMP)

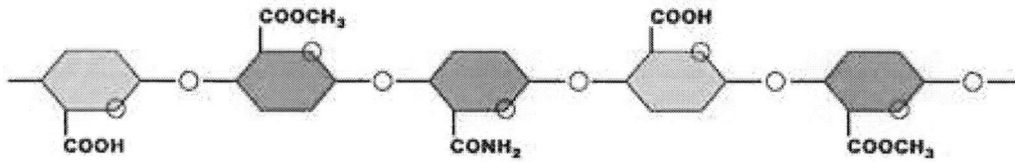


ภาพที่ 2.4 โครงสร้างของ Low methoxyl pectin

ที่มา : International Pectin Producers Association (2001)

เป็นสารเพคตินที่มีระดับของเมธีอกซิเลชัน (Degree of methoxylation, DM) น้อยกว่าร้อยละ 50 Baker และคณะ (1996) กล่าวว่า เพคตินเมธีอกซิลต่ำใช้กับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการให้เซตตัวช้า และ Axelos และ Thibault (1991) ได้กล่าวว่า เพคตินเมธีอกซิลต่ำสามารถเกิดเจลได้ดีกับไอออนของโลหะบางชนิด เช่น แคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) และแมกนีเซียมไอออน (Mg^{2+}) เป็นต้น Rolin และ De Vries (1990) ได้กล่าวไว้ว่า เพคตินชนิดนี้สามารถเกิดเจลได้ดีโดยมีปริมาณน้ำตาลเพียงเล็กน้อย หรือไม่ใช้เลย สามารถเกิดเจลในช่วงกรดต่างที่กว้าง คือ 3.0-4.5 Homler (1991) กล่าวว่า เพคตินเมธีอกซิลต่ำแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

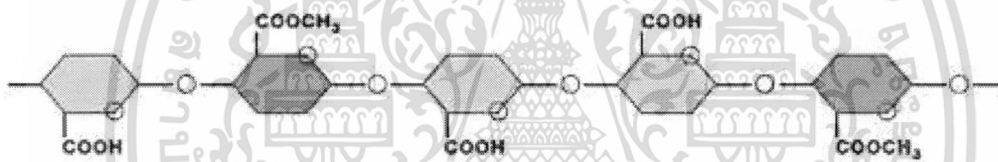
Amidated low methoxyl pectin เพคตินที่มีหมู่เมธีอกซิลต่ำ และมีหมู่เอไมด์เป็นองค์ประกอบ เป็นเพคตินที่บางส่วนของกรดกาแลคทูโรนิกเกิดเอสเทอร์กับหมู่เอไมด์ โดยใช้สารแอมโมเนียร่วมกับค่าในการดีเอสเทอร์ไฟด์ ทำให้หมู่เมธีอกซิลในกรดกาแลคทูโรนิกบางส่วนถูกแทนที่ด้วยหมู่เอไมด์ ดังนั้น Degree of amidation (DA) คือ ปริมาณของกรดกาแลคทูโรนิกที่มีหมู่เอไมด์มาเกาะแทนที่หมู่ เมธีอกซิลในกรดกาแลคทูโรนิก



ภาพที่ 2.5 โครงสร้างของ Amidated low methoxyl pectin

ที่มา : Silvateam (2011)

Conventional low methoxyl pectin เพคตินที่มีหมู่เมธีอกซิลต่ำโดยทั่วไป คือการที่หมู่คาร์บอกซิลเข้าทำปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชันกับบางส่วนของกรดกลูโคนิก โดยใช้อีทิลแอลกอฮอล์ หรือ เมทิลแอลกอฮอล์ ทำให้หมู่คาร์บอกซิลมาแทนที่หมู่เมธีอกซิล ได้เพคตินที่มีค่า DM ต่ำกว่า 50%



ภาพที่ 2.6 โครงสร้างของ Conventional low methoxyl pectin

ที่มา : Silvateam (2011)

องอาจ (2553) กล่าวว่า ในการเกิดเจลของเพคตินที่มีหมู่เมธีอกซิลต่ำนั้นขึ้นอยู่กับหลายๆ ปัจจัย ได้แก่ ปริมาณ Ca^{2+} ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของน้ำตาล ปริมาณของเพคติน ซึ่งปัจจัยเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิในการเกิดเจล และค่า gel strength ที่ต้องการ ในการเตรียมเจลมาตรฐานประกอบด้วยความเป็นกรด-ด่าง 3.0 ปริมาณน้ำตาล 30% โดยให้มีเพคติน 1% และสารประกอบแคลเซียม โดยเพคตินชนิดนี้จะไม่สามารถเกิดเจลได้หากมีปริมาณแคลเซียมไม่เพียงพอ แต่ถ้าหากเพิ่มปริมาณของแคลเซียม ค่า gel strength ก็เพิ่มขึ้นจนถึงจุดหนึ่งแล้วจะลดลง อุณหภูมิในการเกิดเจลก็จะเพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิปกติ และจุดเดือดจะเพิ่มมากขึ้นตาม gel strength ที่เพิ่มขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง เพคตินที่มีค่าเมธีอกซิลสูง (High methoxyl pectin) และเพคตินที่มีค่าเมธีอกซิลต่ำ (Low methoxyl pectin) ลักษณะการใช้งานจะแตกต่างกัน กล่าวคือ High methoxyl

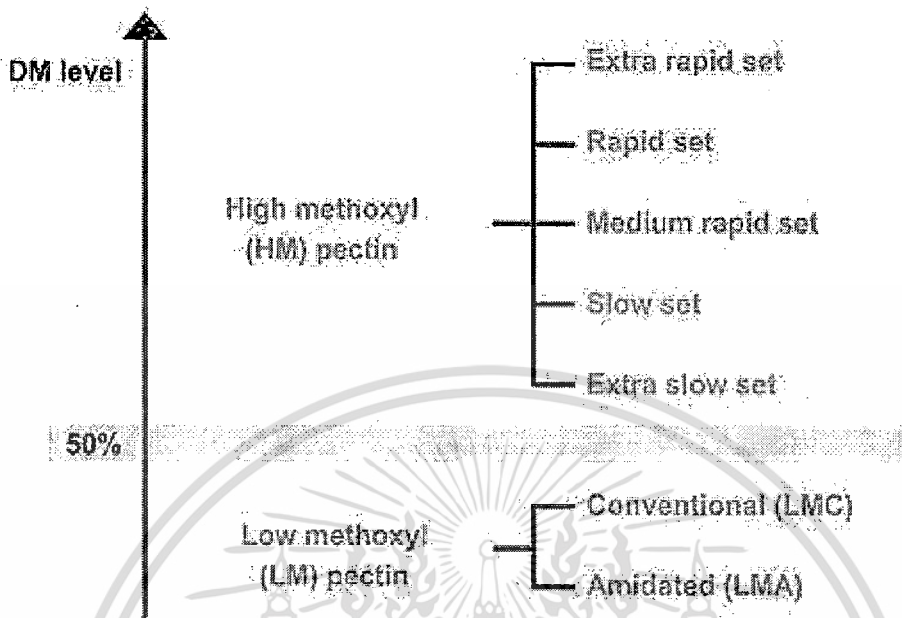
pectin จะทำให้เกิดเจลได้ เฉพาะในระบบที่มีน้ำตาล และกรดเป็นองค์ประกอบอยู่ ยิ่งในระบบมีปริมาณน้ำตาลและค่าความเป็นกรดมากขึ้น ก็จะทำให้ความแข็งแรงของเจลเพคตินเพิ่มขึ้นเท่านั้น การให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำอย่างช้าๆ จะทำให้เจลมีความแข็งแรง Low methoxyl pectin เกิดเจลได้ในระบบที่มี Ca^{2+} โดยแบ่งย่อยเป็น 3 ชนิด ตามความต้องการ Ca^{2+} คือ ต้องการ Ca^{2+} น้อย (ค่า DM ประมาณ 50) ต้องการ Ca^{2+} ปานกลาง (ค่า DM ประมาณ 40) ต้องการ Ca^{2+} มาก (ค่า DM ประมาณ 30)

ในแง่ของผลิตภัณฑ์ High methoxyl pectin เป็นเพคตินที่ใช้ในการผลิตแยม เยลลี่ ของวุ้นจำพวกเบเกอรี่ หรือ ขนมหวาน โดยทั่วไป ส่วน Low methoxyl pectin นั้นจะใช้ในผลิตภัณฑ์ที่ต้องการให้มีปริมาณน้ำตาลต่ำ ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในข้างต้นว่า เพคตินชนิดนี้สามารถเกิดเจลได้ดี โดยมีปริมาณน้ำตาลเพียงเล็กน้อย หรือไม่ใช้เลย ดังนั้น จึงมีความสำคัญกับผลิตภัณฑ์อาหารเช่น ผลิตภัณฑ์ลดน้ำหนักไม่เติมน้ำตาล

เพคตินจะทำหน้าที่เป็นโครงสร้างของเจลในผลิตภัณฑ์แยม (Oaleenfull, 1991) การใช้เพคตินในอาหารมีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้เกิดเจล (gelling agent) เพคตินมีสมบัติพิเศษคือ เมื่อรวมตัวกับน้ำตาล และกรดในปริมาณที่เหมาะสม เกิดเป็นเจลที่อ่อนนุ่ม ทำให้นำมาใช้ ในผลิตภัณฑ์ แยม เยลลี่ เป็นสารที่ทำให้ข้นหนืด (thickening agent) เป็น stabilizer ป้องกันการตกตะกอน (sedimentation) ของนมเปรี้ยว (acidified milk) โดยป้องกันการตกตะกอน โปรตีนเคซีน (casein) เป็นอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) ทำให้อิมัลชัน (emulsion) คงตัว โดยลดแรงตึงผิวระหว่างเฟสของน้ำมันและน้ำ และเป็น prebiotic เป็นอาหารของแบคทีเรียกลุ่ม probiotic ซึ่งเป็นประโยชน์แก่ร่างกาย เป็นส่วนผสมของ functional food

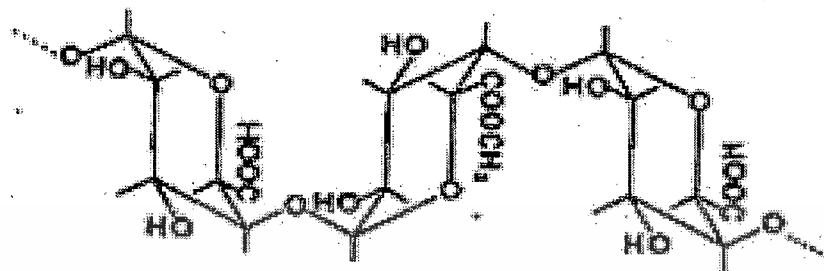
ปริมาณของเมทิลเอสเทอร์โมเลกุลจะมีผลต่อการเกิดเจลของเพคติน การแสดงปริมาณของเอสเทอร์นี้อาจกำหนดในรูปของปริมาณเมทอกซิล (methoxyl content) หรือระดับการเกิดเมทอกซิลเอสเทอร์ ซึ่งนิยมเรียกว่าค่า DM (degree of methoxylation)

ค่า degree of methoxylation แสดงถึงร้อยละของกลุ่มคาร์บอกซิลที่เกิดเอสเทอร์คิดเทียบจากปริมาณทั้งหมด ค่า degree of methoxylation สูงสุดจะมีค่า 100 เปอร์เซ็นต์ จะเทียบเท่ากับปริมาณเมทอกซิล 16.32 เปอร์เซ็นต์ เพคตินที่มีค่า degree of methoxylation ลดลง จะมีความสามารถในการเกิดเจลกับน้ำตาลและกรด (pectin-sugar-acid gel) ลดลง ค่า degree of methoxylation ที่เหมาะสมของเพคตินที่จะเกิดเจลได้ดีจะมีค่าประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ (กิตติพงษ์, 2536)



ภาพที่ 2.7 การจำแนกเพคตินตามค่า degree of methoxylation
ที่มา : Silvateam (2011)

เพคตินมีโครงสร้างหลักที่ประกอบด้วยกรดกาแลคทูโรนิก (D-galacturonic acid) ที่ต่อกันด้วยพันธะแอลฟา 1-4 ไกลโคซิดิก สารประกอบเพคตินพบมากบริเวณระหว่างผนังเซลล์ของพืชทั่วไปในส่วนของ Extracellular matrix โดยเฉพาะผลไม้จำพวกตระกูลส้ม นอกจากนี้ยังพบในพืชชนิดอื่นๆ เช่น แอปเปิล หัวบีท มะม่วง ฝรั่ง เป็นต้น อุตสาหกรรมการผลิตเพคตินส่วนใหญ่สกัดจากเปลือกด้านใน (albedo) ของผลไม้ตระกูลส้ม ซึ่งมีปริมาณเพคตินถึง 25 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักแห้ง และกากแอปเปิลซึ่งมีปริมาณเพคตินประมาณ 15-18 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักแห้ง เพคตินที่สกัดได้จากเนื้อเยื่อพืชเหล่านี้มีสมบัติในการเกิดเจลได้เมื่อเติมกรดและน้ำตาลในปริมาณที่เหมาะสม (องอาจ, 2553)



ภาพที่ 2.8 โครงสร้างโมเลกุลของเพคติน

ที่มา : Belitz และ Grosch (1987)

สารอนุพันธ์ของเพคตินได้แก่ (กิตติพงษ์, 2536) โปรโตเพคติน (protopectin) เป็นสารประกอบไม่ละลายน้ำซึ่งมีอยู่ในเนื้อเยื่อพืช สารเหล่านี้เมื่อเกิดไฮโดรไลซิสจะได้เพคตินหรือกรดเพคติก โปรโตเพคตินจะมีอยู่ในผลไม้ดิบซึ่งแก่จัดเต็มที่ ระหว่างที่ผลไม้สุกเอนไซม์ในผลไม้จะสลายโปรโตเพคตินและเกิดเป็นเพคติน เมื่อผลไม้สุกงอมหรือเน่าเสียจะเกิดการย่อยสลายต่อเพคตินจนได้กรดเพคติกและเมทิลแอลกอฮอล์ เนื่องจากโปรโตเพคตินเป็นตัวเชื่อมประสานของเซลล์ในเนื้อเยื่อผลไม้ การสลายโปรโตเพคตินเป็นเพคตินซึ่งละลายน้ำจะทำให้พันธะระหว่างเซลล์อ่อนตัวลง ผลไม้จึงมีลักษณะนุ่มขึ้นเมื่อสุก โปรโตเพคตินอาจเกิดปฏิกิริยาซาฟานิฟิเคชัน (saponification) ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เกิดกรดเพคติกและเมทิลแอลกอฮอล์ได้ กรดเพคติก หมายถึงสารเพคตินซึ่งส่วนใหญ่ประกอบด้วยกรดโพลีกาแลคทูโรนิก (polygalacturonic acid) ซึ่งเกือบไม่มีเอสเทอร์ในโมเลกุล แกลือของกรดเพคติกอาจมีฤทธิ์เป็นกลางหรือเป็นกรดก็ได้ กรดเพคติก (pectinic acid) หมายถึงสารเพคตินซึ่งประกอบด้วยกรดโพลีกาแลคทูโรนิก (polygalacturonic acid) ที่มีเอสเทอร์ในโมเลกุลมาก แกลือของกรดเพคติกอาจมีฤทธิ์เป็นกลางหรือเป็นกรดก็ได้

ในการเกิดเจลของเพคตินที่มีหมู่เมธีลออกซิลดำนั้นขึ้นอยู่กับหลายๆ ปัจจัย ได้แก่ ปริมาณ Ca^{2+} ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของน้ำตาล ปริมาณของเพคติน ซึ่งปัจจัยเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิในการเกิดเจล และค่า gel strength ที่ต้องการ ในการเตรียมเจลมาตรฐานประกอบด้วยความเป็นกรด-ด่าง 3.0 ปริมาณน้ำตาล 30 เปอร์เซ็นต์ โดยให้มีเพคติน 1 เปอร์เซ็นต์ และสารประกอบแคลเซียม โดยเพคตินชนิดนี้จะไม่สามารถเกิดเจลได้หากมีปริมาณแคลเซียมไม่เพียงพอ แต่ถ้าหากเพิ่มปริมาณของแคลเซียม ค่า gel strength ก็จะเพิ่มขึ้นจนถึงจุดหนึ่งแล้วจะลดลง อุณหภูมิในการเกิดเจลก็จะเพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิปกติ และจุดเดือดจะเพิ่มมากขึ้นตาม gel strength ที่เพิ่มขึ้น Low methoxyl pectin เกิดเจลได้ในระบบที่มี Ca^{2+} โดยแบ่งย่อยเป็น 3 ชนิด ตามความต้องการ Ca^{2+} คือ ต้องการ Ca^{2+} น้อย (ค่า DM ประมาณ 50) ต้องการ Ca^{2+} ปานกลาง (ค่า DM ประมาณ 40)

ต้องการ Ca^{2+} มาก (ค่า DM ประมาณ 30) ในแง่ของผลิตภัณฑ์ กล่าวคือ High methoxyl pectin เป็นเพคตินที่ใช้ในการผลิตแยม เยลลี่ ของวุ้นจำพวกเบเกอรี่ หรือ ขนมหวาน โดยทั่วไป ส่วน Low methoxyl pectin นั้นจะใช้ในผลิตภัณฑ์ที่ต้องการให้มีปริมาณน้ำตาลต่ำ ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในข้างต้นว่า เพคตินชนิดนี้สามารถเกิดเจลได้ดีโดยมีปริมาณน้ำตาลเพียงเล็กน้อย หรือไม่ใช้เลย ดังนั้น จึงมีความสำคัญกับผลิตภัณฑ์อาหารเช่นผลิตภัณฑ์ลดน้ำหนักไม่เติมน้ำตาล (องอาจ, 2553)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของเพคตินชนิดต่างๆ

คุณสมบัติ	HM	LM	LMA
ผลที่เกิดจากแรงเฉือน	เจลถูกทำให้แตก ไม่สามารถทำเป็นเนื้อเดียวกันได้	โดยปกติแรงเฉือนจะทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปได้ทุก pH	จะเกิดการเปลี่ยนรูปจากแรงเฉือน เมื่อมี pH 3.5 ถ้า pH < 3.5 จะไม่เปลี่ยนรูป
อุณหภูมิในการเซตตัวของเจล	35–90 °C	40–100 °C	30–70 °C
การเปลี่ยนรูปของเจลเมื่อได้รับความร้อน	ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง	เกิดการละลายเมื่ออุณหภูมิสูงถึง 150 °C	เกิดการละลายที่อุณหภูมิต่ำกว่า 75 °C
เนื้อสัมผัสของเจลที่ pH 1–3.5	เป็นเจลแข็ง	เป็น preserve-like และสามารถทำได้ จะมีลักษณะแข็งเมื่อ pH ต่ำกว่า 3.4	เกิดการละลายที่อุณหภูมิต่ำกว่า 75 องศาเซลเซียส
เนื้อสัมผัสของเจลที่ pH 3.5 หรือสูงกว่า	ไม่เป็นเจล มีลักษณะเหนียว	เป็น preserve-like และสามารถทำได้ จะมีลักษณะแข็งเมื่อ pH ต่ำกว่า 3.4	เป็น preserve-like และสามารถทำได้ จะมีลักษณะแข็งเมื่อ pH ต่ำกว่า 3.4

ที่มา : ปรัญชาและมงคล (2543)

หมายเหตุ HM = เพคตินที่มีหมู่เมธีลสูง

LM = เพคตินที่มีหมู่เมธีลต่ำ

LAM = เพคตินที่มีหมู่เมธีลต่ำประเภทที่มีหมู่เอไมด์อยู่ด้วย

2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณและคุณภาพของเพคติน

ปรัชญาและมงคล (2543) กล่าวว่า iva ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณและคุณภาพของเพคติน มีดังนี้ 1) ชนิดของผลไม้ ปริมาณและคุณภาพของเพคตินจะแตกต่างกันตามชนิดของผลไม้ ผลไม้ที่มีปริมาณเพคตินสูงและคุณภาพดี ได้แก่ ผลไม้ตระกูลส้ม แอปเปิล เป็นต้น 2) ความแก่อ่อนของผลไม้ มีผลต่อปริมาณและคุณภาพของเพคติน โดยเพคตินในผลไม้ดิบจะอยู่ในรูปของ สารโปรโตเพคติน เมื่อสุกเอนไซม์โปรเพคตินเนสจะไฮโดรไลซ์ โปรโตเพคตินที่ไม่ละลายน้ำเป็นเพคตินที่ละลายน้ำได้ แต่ถ้าผลไม้สุกมากเกินไป เพคตินจะถูกไฮโดรไลซ์ด้วยเอนไซม์เพคตินเอสเทอเรสได้กรดเพคติก ซึ่งเป็น Collodial Polygalacturonic acid ที่ไม่มีเมทิลเอสเทอร์ในโมเลกุล และกรดเพคติกนี้ไม่สามารถเกิดเจลได้ทุกสภาวะ 3) พันธุ์ของผลไม้ ผลไม้ชนิดเดียวกันแต่แตกต่างกันสายพันธุ์ก็จะมีปริมาณของเพคตินแตกต่างกัน 4) เพคตินในส่วนต่างๆของผลไม้ จะมีปริมาณไม่เท่ากัน เช่น เปลือกจำปาจะมีเพคติน 11.59 เปอร์เซ็นต์ ส่วนซังของจำปา จะมีเพคติน 12.54 เปอร์เซ็นต์ และส่วนแกนจำปามีเพคติน 8.57 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักแห้ง 5) กรรมวิธีการสกัด การตกตะกอน และการทำให้บริสุทธิ์ กรรมวิธีการสกัด การตกตะกอน และการทำให้บริสุทธิ์ มีผลต่อปริมาณและคุณภาพของเพคติน โดยการตกตะกอนด้วยอลูมิเนียมคลอไรด์จะได้เพคตินที่ดีกว่าการตกตะกอนด้วยอลูมิเนียมซัลเฟต หรือการใช้สารส้ม นอกจากนี้ ปริมาณเพคตินที่ได้จากการตกตะกอนด้วยแอลกอฮอล์จะสูงกว่าปริมาณการตกตะกอนด้วยอลูมิเนียมคลอไรด์ มักจะมีกลุ่มเมทิลไม่เกิน 78 เปอร์เซ็นต์ด้วย

2.5 การสกัดเพคติน

องอาจ (2553) อธิบายว่าเมื่อกำจัดสารประกอบต่างๆออกจากวัตถุดิบบ้างแล้ว จึงนำมาสกัดเพคตินโดยใช้วิธีไฮโดรไลซ์ด้วยสารละลายกรดหรือด่าง การใช้สารละลายด่างจะทำให้เกิดปฏิกิริยา deesterification สูงกว่าการใช้สารละลายกรด และนอกจากนี้การสกัดในสภาวะที่เป็นด่างจะทำให้เกิดปฏิกิริยา β -elimination ซึ่งจะทำให้โมเลกุลของเพคตินถูกทำลาย โดยจะทำให้สายโมเลกุลเพคตินสั้นลง ดังนั้นจึงนิยมใช้สารละลายกรดเป็นตัวสกัดเพคติน และกรดที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมการสกัดคือกรดไฮโดรคลอริก บางครั้งในเนื้อเยื่อพืชอาจมีเพคตินอยู่ในรูปของแคลเซียมเพคเตท ซึ่งไม่สามารถถูกไฮโดรไลซ์ด้วยสารละลายกรด จึงมีการใช้สารพวก chelating agent เติมลงไปในการสกัดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัด โดยจะมีผลทำให้แคลเซียมเพคเตท สามารถแปรสภาพให้อยู่ในรูปเพคตินที่ละลายได้มากขึ้น สารที่นิยมใช้เพิ่มประสิทธิภาพได้แก่พวก โพลีฟอสเฟต และออกซาเลตหลังจากการผ่านไฮโดรไลซ์ด้วยสารละลายกรดแล้ว นำมากรองแยกส่วนกากออกจากสารละลายเพคตินและตกตะกอนเพคตินโดยใช้เอทานอล พบว่าถ้าเอทานอลเพียงอย่างเดียวในการตกตะกอน จะได้สารที่ไม่ใช่เพคตินตกตะกอนออกมาด้วย เช่น เฮมิเซลลูโลส รวมทั้งมี

เข้าปนมามาก อย่างไรก็ตามเพคตินที่ตกตะกอนด้วยเอทานอลซ้ำหลายๆครั้งจะมีความบริสุทธิ์มากขึ้น คือมีร้อยละของกรดกาแลคทูโรนิกมากขึ้น และการตกตะกอนเพคตินด้วยเอทานอลที่มีกรดไฮโดรคลอริกอยู่ด้วย สามารถลดปริมาณเถ้าที่ปนออกมาในตะกอนเพคตินได้ ดังนั้นการตกตะกอนเพคตินด้วยเอทานอล จึงต้องมีการเติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น

องอาจ (2553) ศึกษาการสกัดเพคตินจากชิ้นส่วนต่างๆ(เปลือก เนื้อ และเนื้อใน) ของฝรั่ง 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์กลมสาลี พันธุ์แป้นสีทอง และพันธุ์กิมจู โดยมีวิธีการสกัดดังนี้

1. ชั่งน้ำหนักของเปลือกฝรั่งบดที่เตรียมไว้ ใส่บีกเกอร์ 3 ใบ ใบละ 10 กรัม
2. เติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.05 โมลาร์ อัตราส่วนของกรดไฮโดรคลอริกต่อเปลือกฝรั่งบดเท่ากับ 12 : 1 โดยปริมาตรต่อมวล ในแต่ละบีกเกอร์
3. นำไปสกัดเพคตินในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 98 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
4. กรองผ่านผ้าขาวบางแล้วนำเปลือกฝรั่งที่กรองได้ไปเติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.05 โมลาร์ อัตราส่วนของกรดไฮโดรคลอริกต่อเปลือกฝรั่งบดเท่ากับ 12 : 1 โดยปริมาตรต่อมวล แล้วนำไปสกัดอีกครั้ง
5. กรองผ่านผ้าขาวบางอีกครั้ง แล้วนำสารละลายที่ได้จากการสกัดทั้ง 2 ครั้ง มารวมกัน
6. นำสารละลายระเหยในตู้อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ให้เหลือ 1 ใน 3 ส่วนของปริมาตรเดิม
7. ตกตะกอนเพคตินโดยเติมเอทานอลเข้มข้น 95% ในอัตราส่วน สารละลายต่อเอทานอล 1 : 2 โดยปริมาตร เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 ชั่วโมง
8. กรองแยกเอาตะกอนเพคติน แล้วล้างตะกอนเพคตินด้วยเอทานอลเข้มข้น 95% จำนวน 3 ครั้ง
9. นำเพคตินมาอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส แล้วบดให้เป็นผง
10. นำเพคตินผงไปวิเคราะห์ปริมาณเพคติน ปริมาณเมธีออกซิล และปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก
11. ทำการสกัดเพคตินจากส่วนของเนื้อ และเนื้อในฝรั่ง ตามขั้นตอนดังข้อ 1 - 10 ให้ครบทั้ง 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์กลมสาลี พันธุ์แป้นสีทอง และพันธุ์กิมจู
12. นำเพคตินที่ได้ในแต่ละส่วน มาเปรียบเทียบกับสมบัติกับเพคตินมาตรฐาน

2.6 การนำเพคตินมาใช้ประโยชน์

2.6.1 การใช้เพคตินในผลิตภัณฑ์แยม เยลลี่และมาร์มาเลด

เนื่องจากเพคตินมีคุณสมบัติพิเศษ คือ สามารถแข็งตัวเป็นเยลลี่ได้เมื่อผสมกับน้ำตาลและกรดในปริมาณที่เหมาะสม ดังนั้นจึงใช้เพคตินในอุตสาหกรรมการทำเยลลี่และแยมผลไม้โดยใช้เติมลงในแยมผลไม้ ในกรณีที่ผลไม้มีปริมาณเพคตินไม่เพียงพอที่จะเกิดเจลได้ ผลิตภัณฑ์แยม เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการต้มเนื้อผลไม้กับน้ำตาลเพื่อให้เกิดความหนืดเหนียว ในระยะแรกการผลิตแยมจะใช้เพคตินที่มีหมู่เอสเทอร์สูง ต่อมา

ได้มีการใช้เพคตินที่มีหมู่เมธีลซัลเฟตต่ำ เพราะเจลที่ได้มีการกระจายตัวที่ดี มีความยืดหยุ่นสูงกว่า ผลิตภัณฑ์เยลลี่ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการต้ม น้ำผลไม้กับน้ำตาล จนกระทั่งได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นเจล โปร่งแสง มีกลิ่นของผลไม้ มาร์มาเลด เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากผลไม้ตระกูลส้ม อาจมีเนื้อผลไม้หรือไม่มีก็ได้ ผสมกับเปลือกส้มชิ้นบางๆ และสารที่ให้ความหวาน จนเกิดลักษณะเจล

จุดมุ่งหมายโดยทั่วไปของการใช้เพคตินนั้นเพื่อใช้ในการเตรียมเยลลี่ และเจลอื่นๆ โดยในระยะเวลาแรกการผลิตเยลลี่จะใช้เพคตินที่มีหมู่เอสเทอร์สูงต่อมาได้มีการใช้เพคตินที่มีหมู่เมทอกซิลต่ำ เพราะเจลที่ได้มีการกระจายตัวที่ดี มีความยืดหยุ่นสูงกว่า หากผลิตภัณฑ์เยลลี่มีเนื้อผลไม้อยู่ด้วยจะต้องใช้อุณหภูมิในการทำให้เกิดเจลค่อนข้างสูงและจะแข็งตัวทันทีหลังจากเทลงในภาชนะบรรจุ จึงทำให้ชิ้นผลไม้ไม่ลอยอยู่ที่ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ หากภาชนะที่ใช้ในการบรรจุใหญ่เกินไปจะพบว่าหากบรรจุผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิต่ำเกินไป ปริมาณกลิ่นและสีจะถูกทำลายโดยเฉพาบริเวณกึ่งกลางของภาชนะบรรจุ เนื่องจากเป็นจุดที่มีการถ่ายเทความร้อนออกมาได้ช้าที่สุด

2.6.2 การใช้เพคตินในผลิตภัณฑ์นม

ในผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวที่มีค่าความเป็น pH 3.5-4.2 สามารถใช้เพคตินที่มีหมู่เอสเทอร์สูง โดยมีค่าเอสเทอร์ฟิเคชันประมาณ 70 การทำให้นมเปรี้ยวสามารถทำได้โดยใช้กระบวนการหมักหรือการเติมน้ำผลไม้ หากผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณเคซีนไม่คงตัวทำให้เกิดเป็นลิ่มๆ จึงต้องมีการเติมเพคตินก่อนทำการโฮโมจีไนซ์ (Homogenization) แล้วเพคตินจะจับกับเคซีนที่มีประจุเป็นบวกในผลิตภัณฑ์นม ในช่วงแรกที่ทำ การเติมเพคตินลงไปปริมาณที่น้อยๆ ทำให้ประจุรวมของผลิตภัณฑ์นมเป็นกลาง จึงทำให้ระบบเกิดการยุบตัวลง ทำให้ลดแรงของประจุบวก เมื่อเติมเพคตินลงไปเรื่อยๆ จะทำให้เกิดแรงผลักดันขึ้นมาใหม่ ทำให้ผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวมีความคงตัว นอกจากนี้เพคตินที่มีหมู่เมทอกซิลต่ำถูกนำมาใช้ในการเตรียมผลไม้ที่จะใช้ในการทำโยเกิร์ตเพื่อป้องกันการลอยตัวและกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอของเนื้อผลไม้ใน stir yoghurt ทำให้เนื้อผลไม้และชั้นของโยเกิร์ตผสมรวมตัวกันได้ดีขึ้น

2.6.3 การใช้เพคตินในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม

เพคตินมีบทบาทในการทำให้สารแขวนลอยในน้ำผลไม้คงตัวอยู่ได้ น้ำผลไม้บาง อย่างต้องการทำให้มีลักษณะขุ่น (Cloudy) แต่ในบางกรณี การเกิดความขุ่นและความหนืดมากเกินไป จะเป็นลักษณะที่ไม่ต้องการของผลิตภัณฑ์ ต้องกำจัดเพคตินออกจากน้ำผลไม้ นั้น โดยทั่วไปเครื่องดื่มจะมีปริมาณน้ำตาลประมาณ 10-15 % ซึ่งน้ำตาลเหล่านั้น นอกจากจะเป็นสารให้ความหวานแล้วยังให้ความรู้สึบบางอย่างในปาก ซึ่งก็คือความหนืด ในการผลิตเครื่องดื่มพลังงานต่ำต้องมีการลดปริมาณน้ำตาลลงและเติมเพคตินที่มี

หมู่เมทอกซิลสูง ประมาณ 0.05–0.1 % ลงไปแทน น้ำผลไม้ที่ไม่ต้องการลักษณะขุ่นและมีความหนืด เช่น น้ำมะเขือเทศ (tomato juice) และน้ำผลไม้ตระกูลส้ม (Citrus juice) น้ำผลไม้ทั้งสองชนิดนี้ต้องการให้มีสารแขวนลอยอยู่ในน้ำผลไม้ แต่เนื่องจากน้ำผลไม้ตระกูลส้มทำให้เกิดความขุ่นได้ยากเนื่องจากสารแขวนลอยจะตกตะกอน เมื่อเติมสารเคมีที่ป้องกันการเสีย (Chemical preservative) ลงไป หรือการตกตะกอนอาจเกิดเนื่องจากการให้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อโรคแบบพาสเจอร์ไรซ์ (pasteurization) การที่น้ำผลไม้ใสเป็นผลมาจากการทำงานของเอนไซม์ โดยเฉพาะ เพคติน เมทิลเอสเทอเรส (pectin methylesterase) ที่มีอยู่ในน้ำผลไม้ เอนไซม์นี้จะทำให้เกิดการตกตะกอนมากขึ้นในน้ำผลไม้ เพราะมันจะไป deesterified กรดเพคตินิก จึงได้มีการศึกษาถึงปัญหานี้ พบว่า การให้ความร้อนโดยเร็ว (flash pasteurization) นั้นไม่เพียงแต่ช่วยทำให้มีความคงตัวเท่านั้น แต่ยังช่วยเพิ่มความขุ่นให้แก่ผลไม้ด้วย Bravermann เชื่อว่าการเพิ่มความขุ่นนี้เป็นผลมาจากการเกิดการละลายเพคตินมากขึ้น ซึ่งเพคตินที่ได้นี้มาจากสารเพคตินที่มีอยู่ในน้ำผลไม้ นั่นเอง ถ้าผลไม้ที่มีเพคตินมาก ถูกทำให้เข้มข้น น้ำผลไม้จะเหนียว ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ไม่ต้องการ ดังนั้น เพคตินจะถูกแยกออกจากน้ำผลไม้เข้มข้น โดยใช้เอนไซม์เพคตินเนส (pectinase)

2.6.4 การใช้เพคตินในผลิตภัณฑ์ลูกกวาด

เพคตินที่มีหมู่เอสเทอร์สูงและเกิดเจลช้ำถูกนำมาใช้ในกระบวนการผลิตลูกกวาด เพื่อใช้เป็นสารที่ทำให้ได้ลักษณะเนื้อสัมผัส ช่วยในการเก็บรักษากลิ่นสามารถใช้ได้กับกระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่อง มีการใช้เพคตินที่มีหมู่เอสเทอร์สูง ในการป้องกันไม่ให้ไขมันในผลิตภัณฑ์ลูกกวาดแยกออกมา

2.6.5 การใช้เพคตินในผลิตภัณฑ์อาหารแห้ง

เพคตินมีบทบาทสำคัญต่อลักษณะเนื้อสัมผัส (texture) ความหนาแน่น (firmness) และความสม่ำเสมอของอาหารประเภทผักและผลไม้ที่ผ่านการแช่แข็งแล้ว เมื่อผสมน้ำตาลและเพคตินจำนวนเล็กน้อย จะช่วยลดการสูญเสียน้ำของผักผลไม้ได้ เช่น ในเซอรัที่แช่แข็ง ส่วนในสตรอเบอร์รี่ น้ำที่ไหลออกมาจากผล จะมีความสำคัญมาก จึงมีการเติมเพคตินเพื่อทำให้สตรอเบอร์รี่ที่ผ่านเป็นชิ้นๆ แล้วแช่แข็ง มีลักษณะดีขึ้น (ไม่มีน้ำไหลออกมา) หัวแครอทที่ผ่านเป็นชิ้นๆ แล้วเมื่อถูกเคลือบด้วยสารละลายเพคติน จะทำให้ออกซิเจน (carotene) ไว้ได้ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

2.6.6 การใช้เพคตินในผลิตภัณฑ์อื่น ๆ

การใช้เพคตินที่มีหมู่เอสเทอร์ต่ำเป็นสารที่ทำให้เกิดเจลและเป็นสารเพิ่มลักษณะทางเนื้อสัมผัสในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด เช่น ไข่ปลาการ์เวียเทียม ผลิตภัณฑ์เนื้อเทียม และของหวานต่างๆ การใช้เพคตินร่วมกับอัลจินเนตมีผลต่อคุณสมบัติการเกิดเจล มีการใช้เพคตินร่วมกับแซนแทนกัมเพื่อเพิ่มความคงตัว

ของผลิตภัณฑ์น้ำสลัด เพื่อป้องกันการรวมตัวของก้อนน้ำแข็งในผลิตภัณฑ์ที่เป็นเกล็ดน้ำแข็งหรือเซอร์เบต นอกจากนี้ยังมีการใช้เพคตินร่วมกับกาแลคทูโรแมนเพื่อเป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม ทำให้เกิดความคงตัวของอิมัลชันของโปรตีนนม พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความคงตัว ได้มีการใช้ประโยชน์เพคตินในด้านอื่นๆ อีก เช่น ผลิตภัณฑ์ผลไม้แช่แข็ง การใช้เพคตินจับกับกลีนาเพื่อทำผลิตภัณฑ์ขามงละลายได้ทันที และผลิตภัณฑ์อื่นๆ อีกมากมาย

2.7 ข้อมูลของทานตะวัน

ศรีสุตา และพัฒนา (2554) รวบรวมข้อมูลของทานตะวัน รวมทั้งข้อมูลทางพฤกษศาสตร์ ทานตะวัน เป็นพืชน้ำมันที่สำคัญพืชหนึ่งของโลกรองจากถั่วเหลืองและปาล์มน้ำมัน เมล็ดทานตะวันมีน้ำมันสูงถึง 48% และเป็นน้ำมันที่มีสารไขมันไม่อิ่มตัว (Oleic และ Linoleic) สูงถึง 90% สารไขมันไม่อิ่มตัวนี้มีประโยชน์มากต่อร่างกายและในสารไขมันนี้ยังประกอบด้วยวิตามินเอ ดี อี และเค ด้วย น้ำมันทานตะวันนอกจากใช้ประโยชน์ด้านการบริโภคแล้วยังถูกใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆอีกหลายประการ นอกจากนี้กากที่เหลือจากการสกัดน้ำมันออกแล้วยังถูกใช้เป็นแหล่งโปรตีนอาหารสัตว์ที่สำคัญอีกด้วย แหล่งปลูกที่สำคัญในประเทศไทย ได้แก่ จังหวัดลพบุรี เพชรบูรณ์ และสระบุรี ทานตะวันเป็นพืชที่สามารถเจริญเติบโตได้ในทุกฤดูกาล เพราะเป็นพืชที่ไม่ไวต่อช่วงแสง แต่ส่วนใหญ่นิยมปลูกในช่วงปลายฤดูฝน หรือตั้งแต่เดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายน พันธุ์ของทานตะวันมีอยู่ 2 ชนิด คือ 1) Oilseed : เมล็ดจะมีเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูง ปลูกเพื่อสกัดเอาน้ำมัน พวก oilseed เมล็ดจะมีสีดำ เปลือกเมล็ดบาง เมล็ดจะมีน้ำมัน 38-50% และโปรตีนประมาณ 20% 2) Non-oilseed : เมล็ดจะมีน้ำมันต่ำมาก ปลูกเพื่อใช้เมล็ดรับประทานเป็นของขบเคี้ยว (confectionery) หรือใช้เป็นอาหารนก เมล็ดค่อนข้างใหญ่ เปลือกเมล็ดจะหนาและมีลาย (ดำ-ขาว)

ประโยชน์ของทานตะวัน แต่เดิมทานตะวันเป็นเพียงไม้ดอกไม้ประดับเท่านั้น ต่อมาได้นำเมล็ดมาเป็นของขบเคี้ยว และสกัดเป็นน้ำมัน จึงทำให้กลายเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญพืชหนึ่ง การใช้ประโยชน์จากทานตะวันมีหลายลักษณะดังนี้ 1) เมล็ด ใช้บริโภคโดยตรง เพื่อเป็นแหล่งโปรตีนแทนเนื้อสัตว์ได้ในเมล็ด มีธาตุเหล็กสูง 2) เปลือกของลำต้น มีลักษณะเหมือนเยื่อไม้ นำมาทำกระดาษสีขาวได้คุณภาพดี ลำต้นใช้ทำเชื้อเพลิงได้ เมื่อโลกจะเป็นปฏึกเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดินได้ดี 3) ราก ใช้ทำแป้งเด็ก สပါเก็ตตี้ ในรากมีวิตามินบี 1 และธาตุอีกหลายชนิด แพทย์แนะนำให้ใช้รากทานตะวันประกอบอาหารสำหรับผู้ป่วยเป็นโรคเบาหวาน 4) น้ำมัน น้ำมันที่สกัดจากเมล็ดจะให้ปริมาณน้ำมันสูงถึงร้อยละ 35 และได้น้ำมันที่มีคุณภาพสูง ประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวเช่น กรดลิโนเลอิก หรือกรดลิโนเลนิก สูงถึงร้อยละ 60-70 ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อร่างกายในการช่วยลดคอเลสเตอรอลที่เป็นสาเหตุของโรคไขมันอุดตันในเส้นเลือดได้

และยังประกอบด้วยวิตามิน เอ ดี อี และเค นอกจากนี้ยังนิยมใช้ในอุตสาหกรรมทำเนยเทียม สี น้ำมันชักเงา สบู่ และน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ 5) กาก กากที่ได้จากการสกัดน้ำมันออกแล้ว จะนำไปใช้เป็นส่วนผสมของอาหารสัตว์ได้ ในกากเมล็ดทานตะวันที่จะเพาะเปลือกและบีบน้ำมันออกแล้ว จะมีโปรตีนอยู่ประมาณร้อยละ 42

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาค่าความหนืดและการหาขนาดโมเลกุลเฉลี่ยของเพคตินของ Zhou และ คณะ (2008) ได้ทดลองหาค่าความหนืดของสารละลายเพคตินเปลือกส้มที่สกัดน้ำมันและสารฟอสฟอรัสออกแล้ว ซึ่งเตรียมสารละลายโดยใช้สารละลายเพคตินเปลือกส้ม 0.1 mol/L มาละลายในโซเดียมฟอสเฟต pH 7.0 จากนั้นวัดค่าความหนืดโดยใช้ของเหลว 3 ชนิด ได้แก่ สารละลายเพคตินเปลือกส้ม น้ำกลั่น และโซเดียมฟอสเฟต โดยใช้เครื่องวัดความหนืดแบบ Ubbelohde capillary และวัดค่าความหนาแน่นของของเหลวทั้ง 3 ชนิดด้วยพิคโนมิเตอร์ เมื่อทำการวัดค่าสองค่าแล้วนำมาคำนวณเพื่อสร้างสมการในการอธิบายความสัมพันธ์ของแต่ละปัจจัย ซึ่งสมการ สมการ Arrhenius อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความหนืดได้ดีที่สุด, สมการ Schulz - Blaschke เหมาะสมกับการหาค่าความหนืดมากที่สุด เนื่องจากเป็นสมการเส้นตรง สามารถหาค่าจุดตัดแกน Y ได้ และสมการ Mark - Houwink - Sakurada สามารถหาขนาดโมเลกุลเฉลี่ยของสารละลายเพคตินเปลือกส้มที่สกัดน้ำมันและสารฟอสฟอรัสออกแล้วเท่ากับ 1.65×10^5 g/mol การศึกษาการสกัดและสมบัติของเพคตินทานตะวันจากทานตะวันของ Iglesias และ Lozano (2003) ทดลองสกัดเพคตินโดยใช้วิธีของ Kim และ Lin พบว่าวิธีของ Kim ให้ผลผลิตเท่ากับ 7.4 กรัม ส่วนวิธีของ Lin ให้ผลผลิตเท่ากับ 11.6 กรัม แต่วิธีของ Kim จะให้ปริมาณใช้น้ำน้อยกว่าวิธีของ Lin แล้วศึกษาความหนืดและมวลโมเลกุลของเพคตินทานตะวัน เตรียมสารละลายเพคตินโดยใช้ NaOH 0.1N เป็นตัวทำละลาย คำนวณหามวลโมเลกุลเฉลี่ยได้ค่าอยู่ในช่วง 39,500 ถึง 52,000 การศึกษาปัจจัยเคมีกายภาพที่ส่งผลต่อความหนืดและสมบัติของเจลเพคตินทานตะวันของ Guojung Chang (1997) โดยศึกษาปัจจัยค่า pH, สารละลายบัฟเฟอร์, ความเข้มข้นของสารละลายบัฟเฟอร์, ความเข้มข้นของเพคติน และความร้อนที่มีผลต่อความหนืดของเพคตินทานตะวัน โดยความหนืดจะมีค่าสูงสุดที่ค่า pH เท่ากับ 3 อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความหนืดของเพคติน การให้ความร้อนทำให้ความหนืดของสารละลายเพคตินลดลง ที่ความเข้มข้นของสารละลายบัฟเฟอร์สูงจะให้ความหนืดของเพคตินได้ดีที่สุด เพคตินในสารละลายโซเดียมไซเตรตจะให้ค่าความหนืดสูงกว่าสารละลายโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต และสารละลายโซเดียมไตรโพสเฟต เมื่อความเข้มข้นของเพคตินเพิ่มขึ้น ก็ส่งผลให้ความหนืดของเพคตินเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน ความเป็นเจลของเพคตินทานตะวันที่มีค่า pH อยู่ในช่วง 2.5 ถึง 5.4

บทที่ 3

วิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

วัตถุดิบหลักที่ใช้ในโครงการวิจัยได้แก่ ฐานดอกทานตะวันที่ผ่านการเอาเมล็ดและน้ำมันออกแล้ว ซึ่งรวบรวมและขนส่งมาจากจังหวัดลพบุรี ส่วนเทคนิคที่ใช้เปรียบเทียบเป็นชนิดหมู่เมทริกซ์ค้ำนำเข้าจาก ประเทศสหรัฐอเมริกา (Pomona's Universal Pectin, Workstead Industries, Greenfield, MA, USA) อุปกรณ์ที่ใช้ในโครงการวิจัยเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการเตรียมวัตถุดิบและการสกัด เช่น เครื่องบด hammer mill ตู้อบลมร้อน (Tray dry เครื่องปั่น (Blender) โหลแก้ว เทอร์โมมิเตอร์ ตัวให้ความร้อน (Heater) บีกเกอร์ เป็นต้น นอกจากนี้เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดคุณภาพด้านต่าง ๆ ของเทคนิค เช่น เครื่องวัดความหนืด (Brookfield DV III) เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (TA-TX2i) เครื่องวัดลักษณะเจล (Ridge Gelometer) เป็นต้น สารเคมีที่ใช้ในการสกัดและวัดคุณภาพเทคนิค เช่น กรดไฮโดรคลอริก (HCl) โซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต (SHMP) แอลกอฮอล์ 70 และ 95% โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) กรดซิตริก (Citric acid) แคลเซียมคลอไรด์ เป็นต้น

3.2 อุปกรณ์

1. บีกเกอร์ขนาด 1000 mL
2. บีกเกอร์ขนาด 50 mL
3. ขวดปรับปริมาตรขนาด 10 mL
4. ขวดปรับปริมาตรขนาด 100 mL
5. ขวดรูปชมพู่
6. หลอดทดลองขนาดกลาง
7. กระจกตวง
8. แท่งคนสาร
9. ช้อนตักสาร
10. ผ้าขาวบาง
11. บีเปตขนาด 1 mL
12. เทอร์โมมิเตอร์
13. บิวเรตพร้อมขาตั้ง
14. เครื่องกวนสาร Magnetic stirrer
15. เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง
16. เครื่องวัดค่าจุดตกถิ่นแสง
17. Hot plate
18. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
19. ชุดกรองสุญญากาศ
20. ตู้อบลมร้อน (Tray dry)
21. ตู้อบแบบสุญญากาศ
22. เครื่องลดขนาด Hammer mill

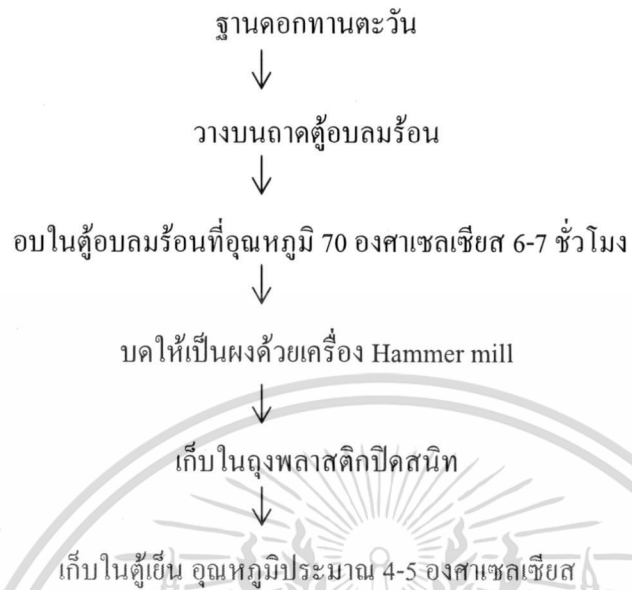
3.3 สารเคมี

1. เอทิลแอลกอฮอล์ (Ethyl alcohol, C_2H_5OH)
2. กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid, HCl)
3. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide, NaOH)
4. ฟีนอล์ฟทาลิน
5. น้ำกลั่น
6. โซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต (SHMP)
7. กรดซิตริก (Citric acid)
8. แคลเซียมคลอไรด์

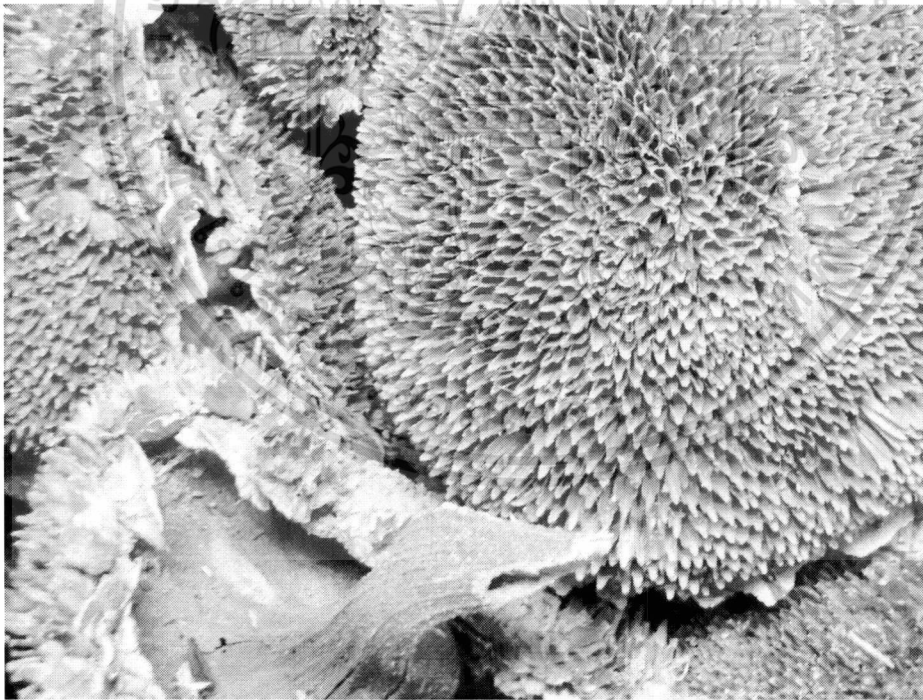
3.4 ขั้นตอนและวิธีการ

3.4.1 การเตรียมวัตถุดิบ

เนื่องจากฐานดอกทานตะวันที่เป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เป็นส่วนที่กะเพาะเอาเมล็ดออกแล้ว มีลักษณะแห้งมองเห็นเป็นรูปร่างของฐานดอกอย่างชัดเจน มีสีน้ำตาลเข้ม การเตรียมวัตถุดิบเพื่อสกัดเพคตินทำได้โดยการทำความสะดวกแยกสิ่งสกปรกด้วยตะแกรงร่อนตาห่าง นำไปอบแห้งเพื่อให้ได้ความชื้นสม่ำเสมอ แล้วจึงนำไปบดละเอียดด้วยเครื่องบด (Hammer mill) ใส่ถุงพลาสติกปิดสนิท เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเพื่อนำไปใช้ในการทดลองต่อไป



ภาพที่ 3.1 แผนภาพไหลการเตรียมวัตถุดิบ

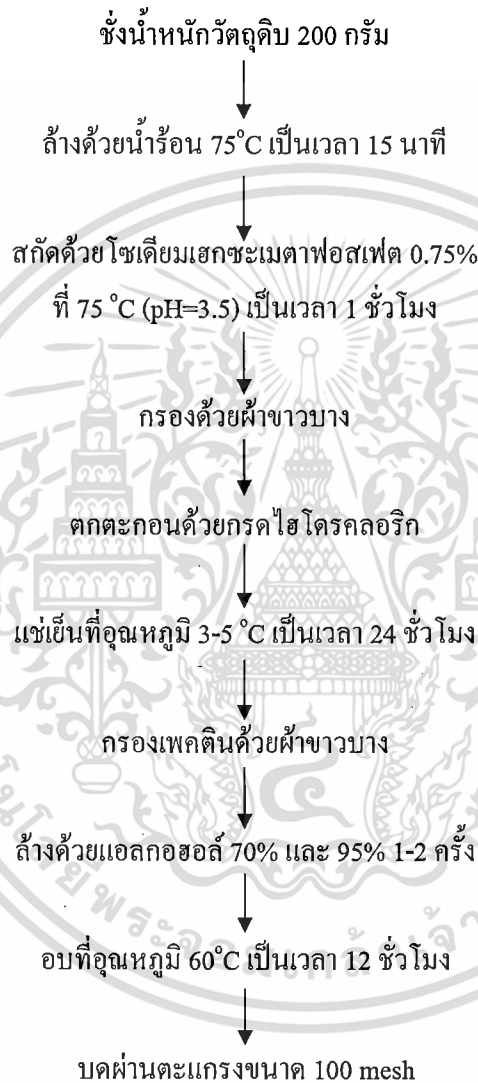


ภาพที่ 3.2 วัตถุดิบฐานดอกทานตะวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 วิธีการสกัดเพคติน

การสกัดเพคตินจากฐานดอกทานตะวันในการทดลองมีขั้นตอนสรุปได้ดังนี้



ภาพที่ 3.3 แผนภาพไหลขั้นตอนการสกัดเพคติน

3.4.3 ปริมาณผลผลิต

เพคตินที่สกัดได้นำมาวัดผลผลิตดังนี้ นำฐานดอกทานตะวันผงมาสกัดเพคตินตามวิธีการข้างต้น เมื่อได้เพคตินแล้ว นำไปคำนวณปริมาณผลผลิตของเพคติน สกัดจากฐานดอกทานตะวันในจังหวัดลพบุรี คำนวณปริมาณผลผลิตที่สกัดได้ (% หรือ กรัม/100 กรัมตัวอย่าง)

$$\text{ปริมาณผลผลิตเพคติน (กรัม/100 กรัม)} = \frac{\text{น้ำหนักเพคตินแห้ง} \times 100}{\text{น้ำหนักวัตถุดิบ}}$$

3.4.4 ผลของความเข้มข้นที่มีต่อความหนืดของสารละลายเพคติน

ผลของความเข้มข้นที่มีต่อความหนืดของสารละลายเพคติน เพื่อให้ทราบคุณลักษณะสำคัญของเพคตินที่สกัดได้แก่คุณสมบัติความหนืดที่ปริมาณความเข้มข้นต่าง ๆ นำผงเพคตินฐานดอกทานตะวันและเพคตินหมู่เมทอซิทต่ำ มาวัดความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield DV III โดยใช้ระดับความเข้มข้น 4 ระดับ ทำการทดลอง 2 ซ้ำ อ่านค่าความหนืดที่ได้และบันทึกผลการทดลอง นำไปสร้างกราฟเปรียบเทียบผลการทดลองระหว่างเพคตินที่สกัดได้กับเพคตินชนิดหมู่เมทอซิทต่ำที่มีขายเป็นการค้า มีขั้นตอนการทดลองดังต่อไปนี้

- 1) นำผงเพคตินทานตะวันที่สกัดได้และเพคตินหมู่เมทอซิทต่ำจากส้มมาวิเคราะห์ความหนืดโดยใช้ปริมาณตัวอย่างเพคตินทั้งสองชนิด 4 ระดับ คือ 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0%
- 2) เตรียมสารละลายโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตที่ความเข้มข้น 4 ระดับ คือ 0.01, 0.04, 0.07 และ 0.1N โดยนำมาละลายในน้ำกลั่น
- 3) ชั่งผงเพคตินทั้งสองชนิดตามระดับความเข้มข้นตามข้อที่ 1.) จากนั้นนำมาผสมกับสารละลายโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต ทำตัวอย่างละ 2 ซ้ำ
- 4) นำไปให้ความร้อนที่อ่างควบคุมอุณหภูมิและคนจนสารละลายกลายเป็นเนื้อเดียวกัน
- 5) นำสารละลายที่ได้มาทิ้งไว้ให้เย็น และนำไปเก็บไว้ในตู้แช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ก่อนทำการทดสอบ
- 6) นำตัวอย่างออกจากตู้แช่เย็นแล้วนำมาวางทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) จากนั้นนำตัวอย่างสารละลายเพคตินมาตรวจวัดความหนืดด้วยเครื่องวัดความหนืด Brookfield (DV III) ใช้หัววัดเบอร์ 18
- 7) อ่านค่าความหนืดที่ได้และบันทึกผลการทดลอง

3.4.5 ผลของปริมาณแคลเซียมคลอไรด์ต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของเจลเพคติน

ผลของปริมาณแคลเซียมคลอไรด์ต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของเจลเพคตินเพื่อให้ทราบคุณลักษณะสำคัญของเพคตินที่สกัด ซึ่งเป็นเพคตินชนิดเมทริกซ์ต่ำ สามารถเกิดเจลแข็งตัวได้เมื่อทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไอออน นำผงเพคตินฐานดอกทานตะวันและเพคตินหมู่มะทริกซ์ต่ำ โดยใช้ปริมาณตัวอย่างเพคตินทั้งสองชนิดที่ความเข้มข้น 1% เติมแคลเซียมคลอไรด์ปริมาณ 1 และ 2 กรัม ทำการทดลอง 2 ซ้ำ จากนั้นนำเจลเพคตินมาวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส โดยใช้เครื่องมือ Texture Analyser (TA-XT2) อ่านค่าแรงกดที่ได้และบันทึกผลการทดลอง นำไปสร้างกราฟเปรียบเทียบผลการทดลองระหว่างเพคตินที่สกัดได้กับเพคตินชนิดหมู่มะทริกซ์ต่ำที่มีขายเป็นการค้ามีขั้นตอนการทดลองดังต่อไปนี้

- 1) นำผงเพคตินทานตะวันที่สกัดได้และเพคตินหมู่มะทริกซ์ต่ำจากส้มมาวิเคราะห์ความหนืดโดยใช้ปริมาณตัวอย่างเพคตินทั้งสองชนิดที่ความเข้มข้นของเพคติน 1%
- 2) เทผงเพคตินลงในน้ำเดือดและเติมกรดซิตริก คนจนเพคตินละลายเป็นเนื้อเดียวกันหลังจากนั้นเติมแคลเซียมคลอไรด์ปริมาณความเข้มข้น 1 และ 2 กรัม ทำตัวอย่างละ 2 ซ้ำ
- 3) นำมาวางทิ้งไว้ให้เย็นและเก็บตัวอย่างไว้ที่ตู้แช่เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส
- 4) นำตัวอย่างออกจากตู้แช่เย็นนำมาวางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) จากนั้นนำเจลเพคตินทั้งสองชนิดมาวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส โดยใช้เครื่องมือ Texture Analyser (TA-XT2) หัววัดทรงกระบอกขนาด P0.5/R
- 5) อ่านค่าแรงกดที่ได้และบันทึกผลการทดลอง

3.4.6 การวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลอง

การทดลองวัดความหนืดของสารละลายเพคตินทั้งสองชนิด นำค่าความหนืดที่ได้จากการทดลองและความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตทั้ง 4 ระดับ ได้แก่ 0.01, 0.04, 0.07 และ 0.1N มาวิเคราะห์สมการถดถอยเพื่อหาค่าความหนืดของสารละลายเพคตินทั้ง 4 ระดับ ได้แก่ 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0% จะได้ค่า R^2 Slope และ Intercept เพื่อนำไปเขียนเป็นสมการเส้นตรงที่ใช้คำนวณค่าความหนืดของเพคตินทานตะวันและเพคตินหมู่มะทริกซ์ต่ำจากส้ม ใช้การวิเคราะห์ถดถอย (Simple linear regression) และการวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทางสถิติของตัวอย่าง โดยใช้วิธี Duncan's new multiple range tests (DMRT) และ t-test การทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัสของเจลเพคตินสามารถเกิดเจลแข็งตัวได้เมื่อทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไอออน ใช้ปริมาณตัวอย่างเพคตินทั้งสองชนิดที่ความเข้มข้น 1% เติมแคลเซียมคลอไรด์ปริมาณ 1 และ 2 กรัม ทำการทดลอง 2 ซ้ำ นำเจลเพคตินมาวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส โดยใช้เครื่องมือ Texture Analyser (TA-XT2) อ่านค่าแรงกดที่ได้ นำไปสร้าง

กราฟเปรียบเทียบผลการทดลองระหว่างเพศ ดิน ที่สกัดได้กับเพศดินชนิดหมู่เมทรอกซิลต่ำที่มีขายเป็น
การค้า



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทดลองการสกัดเพคตินโดยใช้วัตดูดิบเป็นฐานดอกทานตะวันจากจังหวัดลพบุรี นำมาอบแห้งให้มีความชื้นสม่ำเสมอ บดด้วยเครื่องบดเก็บรักษาในถุงพลาสติกปิดสนิทที่อุณหภูมิห้อง หลังการสกัด นำเพคตินที่ได้ไปทดสอบคุณสมบัติการเกิดเจลแล้ววัดค่าความหนืดและค่าลักษณะเนื้อสัมผัส ได้ผลการทดลองดังนี้

4.1 ปริมาณผลผลิตของเพคตินจากฐานดอกทานตะวัน

การสกัดเพคตินจากฐานดอกทานตะวันแห้ง โดยสกัดใช้วิธีการสกัดด้วยโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต ดังได้กล่าวมาแล้วในวิธีการทดลอง จากการทดลองสกัดรวม 4 ครั้ง เพื่อหาปริมาณผลผลิตเพคตินต่อน้ำหนักฐานดอกทานตะวันแห้งบดละเอียด พบว่าวิธีการสกัดที่ใช้สามารถสกัดเพคตินจากฐานดอกทานตะวันได้ในปริมาณ 5.18 ± 0.47 กรัม/100 กรัมตัวอย่าง จากการศึกษาของปรัชญาและมงคล (2543) ทำให้ทราบว่าปริมาณและคุณภาพของเพคตินจะแตกต่างกันตามชนิด ความแก่อ่อน พันธุ์ และส่วนต่างๆของพืชด้วย นอกจากนี้กรรมวิธีในการสกัด การตกตะกอน และการทำให้บริสุทธิ์ ก็มีผลต่อปริมาณและคุณภาพของเพคตินด้วยเช่นกัน โดยปริมาณผลผลิตนอกจากจะเป็นผลจากวัตดูดิบที่นำมาสกัดแล้ว ยังขึ้นกับขั้นตอนการสกัดเพื่อแยกเพคตินออกมาอยู่ในรูปของสารละลาย และขั้นตอนการตกตะกอนแยกเพคตินเจลดด้วย

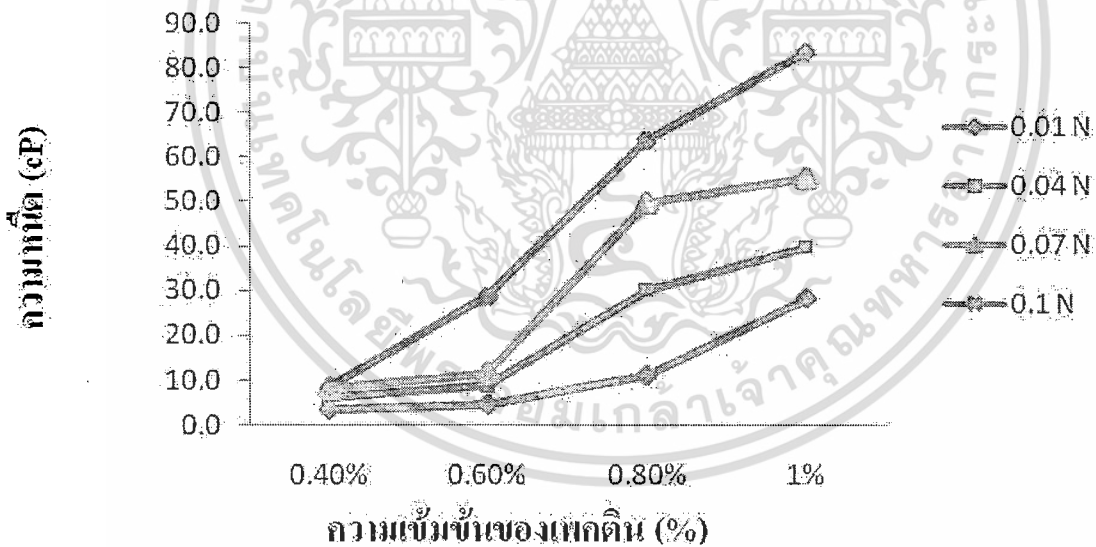
4.2 ผลของความเข้มข้นต่อความหนืดของสารละลายเพคติน

การตรวจสอบผลของความเข้มข้นที่มีต่อความหนืดของสารละลายเพคติน เพื่อให้ทราบคุณลักษณะสำคัญของเพคตินที่สกัดได้แก่คุณสมบัติความหนืดที่ปริมาณความเข้มข้นต่าง ๆ โดยนำผงเพคตินฐานดอกทานตะวันและเพคตินหมู่เมทชอกซิลต่ำ มาวัดความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield DV III โดยใช้ระดับความเข้มข้น 4 ระดับ ทำการทดลอง 2 ซ้ำ อ่านค่าความหนืดที่ได้และบันทึกผลการทดลองนำไปสร้างกราฟเปรียบเทียบผลการทดลองระหว่างเพคตินที่สกัดได้กับเพคตินชนิดหมู่เมทชอกซิลต่ำที่มีขายเป็นการค้า ในการตรวจสอบคุณสมบัติด้านความหนืดของสารละลายเพคติน เตรียมสารละลายโดยใช้สารละลายโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตเป็นสารละลายบัฟเฟอร์ให้มีความเข้มข้นแตกต่างกันดังนี้ 0.01, 0.04, 0.07 และ 0.1 N และเตรียมความเข้มข้นของเพคตินให้เท่ากับ 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0% โดยชั่งน้ำหนักเพคตินตามอัตราส่วนที่ต้องการแล้วนำมาให้ความร้อนในอ่างควบคุมอุณหภูมิ พร้อมทั้งคนให้ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นนำมาตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) โดยทำการทดลองอย่างละ 2 ซ้ำ แล้วทดสอบหาค่าความหนืดด้วยเครื่องวัดความหนืด Brookfield DV-III ใช้หัววัดเบอร์ 18

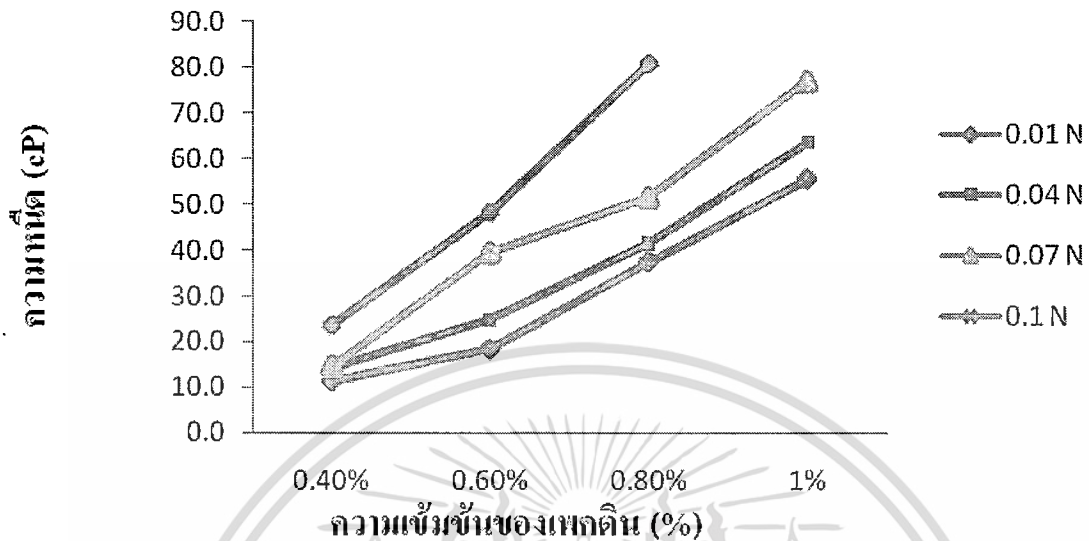
เพื่อเปรียบเทียบความหนืดระหว่างเพคตินจากทานตะวันกับเพคตินชนิดหมู่เมทรอกซิลต่ำสกัดจากส้ม (Pomona's Universal Pectin, Workstread Industries, Greenfield, MA, USA) ได้ผลการทดลองดังนี้

4.2.1 ผลของความเข้มข้นของเพคติน

เมื่อนำผลการทดลองมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเพคตินกับความหนืดที่ความเข้มข้นต่างๆ ดังภาพที่ 4.1 เพคตินทานตะวัน และภาพที่ 4.2 เพคตินหมู่เมทรอกซิลต่ำจากส้ม จากกราฟสามารถสังเกตเห็นว่าเมื่อความเข้มข้นของเพคตินเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ความหนืดของเพคตินเพิ่มมากขึ้นด้วย โดยสารละลายเพคตินเจือจางจะให้การไหลแบบนิวโตเนียน (Newtonian) ถ้าสารละลายเพคตินมีความเข้มข้นมากกว่า 1% สารละลายเพคตินจะมีคุณสมบัติเป็น Pseudoplastic แรงยึดระหว่างโมเลกุลลดลง ความต้านทานการไหลลดลง น้ำจะถูกปลดปล่อยออกมาภายนอก เพราะการเรียงตัวตามทิศทางของการไหลไม่มีช่องว่างให้น้ำอยู่ ซึ่งน้ำที่ถูกปลดปล่อยออกมาจะช่วยหล่อลื่นการไหล (สุดารัตน์ และคณะ, 2553) ถ้าเพคตินที่สกัดได้มีมวลโมเลกุลสูง จะส่งผลให้สารละลายเพคตินมีความหนืดสูงขึ้นด้วย สรุปได้ว่าค่าความหนืดแปรผันตรงกับปัจจัยความเข้มข้นของเพคติน



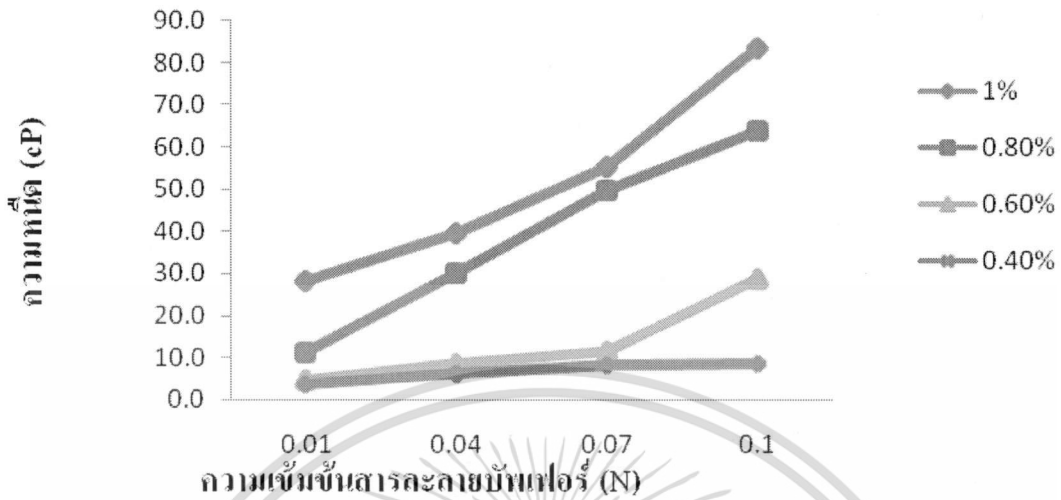
ภาพที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับความหนืดของเพคตินจากดอกทานตะวัน



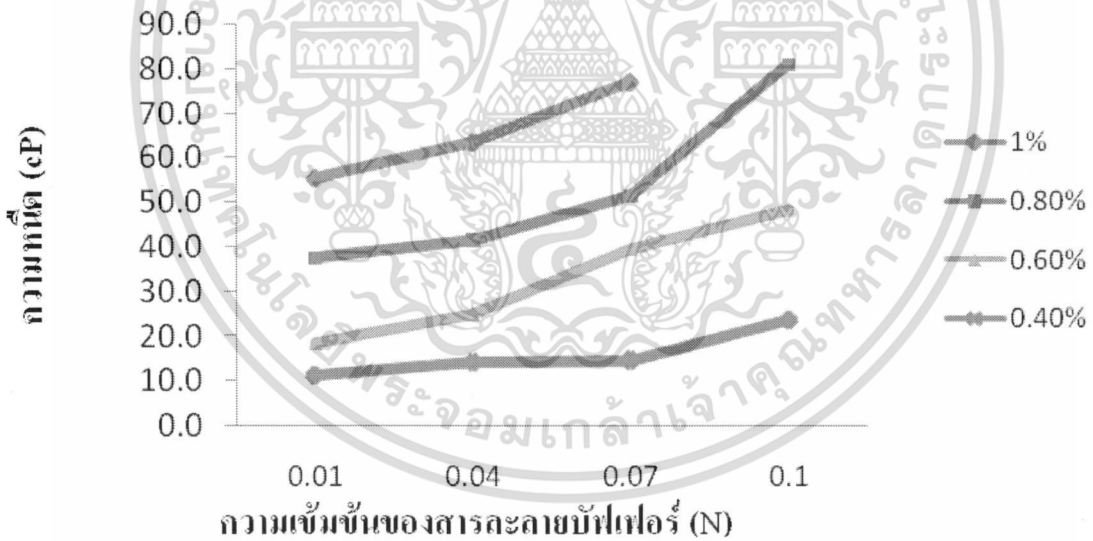
ภาพที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับความหนืดของเพคตินหมู่เมทอซิลต่ำจากส้ม

4.2.2 ผลของความเข้มข้นของสารละลายบัฟเฟอร์

เมื่อนำผลการทดลองมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายบัฟเฟอร์กับความหนืดที่ความเข้มข้นของเพคตินต่างๆ ดังภาพที่ 4.3 เพคตินทานตะวัน และภาพที่ 4.4 เพคตินหมู่เมทอซิลต่ำจากส้ม จากกราฟสามารถสังเกตเห็นว่าเมื่อความเข้มข้นของสารละลายบัฟเฟอร์เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ความหนืดของเพคตินเพิ่มมากขึ้นด้วย ทั้งนี้การให้ความร้อนกับสารละลายเพคตินที่มีความเข้มข้นสูงในสารละลายบัฟเฟอร์จะได้สารละลายที่มีความข้นหนืด เมื่อสารละลายเย็นตัวลง โครงสร้างของเพคตินจะเกิดการม้วนตัว (fold) โซ่ข้างโมเลกุลจะเกิดเป็นลักษณะเจล (สุกัญญา, 2549) สรุปได้ว่าค่าความหนืดแปรผันตรงกับความเข้มข้นของสารละลายบัฟเฟอร์เช่นเดียวกับความเข้มข้นของเพคติน นอกจากนี้ความหนืดของเพคตินนั้นขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของเพคติน ปริมาณแคลเซียม ปริมาณความเป็นกรด-ด่าง ชนิดของเพคติน และขนาดของมวลโมเลกุลด้วย



ภาพที่ 4.3 ความชื้นของสารละลายปุ๋ยเฟออร์กับความหนืดของเพคตินจากทานตะวัน



ภาพที่ 4.4 ความชื้นของสารละลายปุ๋ยเฟออร์กับความหนืดของเพคตินเหมูเมทชอกชิลต่ำจากส้ม

4.2.3 ความหนืดกับความเข้มข้นของเพคตินและสารละลายปุ๋ยเฟออร์

สมบัติด้านความหนืดของเพคตินที่สกัดได้และเพคตินชนิดเมทชอกชิลต่ำทางการค้า พบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อความหนืดของเพคติน ได้แก่ ความเข้มข้นของเพคตินร่วมกับความเข้มข้นของสารละลายปุ๋ยเฟออร์ โดยปัจจัยทั้งสองดังกล่าวมีอันตรกิริยาระหว่างกัน (Interaction) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ส่งผลให้ความหนืดของเพคตินมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลง ดังแสดงในตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ค่าความหนืดของเพคตินทานตะวันและเพคตินหมูเมทรอกซิลต่ำจากส้ม

Pectin Concentration (%)	Buffer Concentration (N)	Viscosity (cP)	
		Sunflower	LM of citrus
0.40%	0.01	3.60±0.00	14.65±0.64
	0.04	6.04±0.06	14.20±0.57
	0.07	8.12±0.07	14.65±0.64
	0.1	8.36±0.06	23.65±0.92
0.60%	0.01	4.72±0.12	39.50±2.12
	0.04	8.55±0.64	24.90±1.41
	0.07	11.46±1.35	39.50±2.12
	0.1	28.75±0.21	48.35±3.61
0.80%	0.01	11.15±0.49	51.50±4.67
	0.04	30.05±2.62	41.45±0.07
	0.07	49.80±0.14	51.50±4.67
	0.1	63.86±1.36	80.95±1.63
1.00%	0.01	28.25±2.19	77.05±1.77
	0.04	39.66±1.38	63.50±0.99
	0.07	55.40±1.84	77.05±1.77
	0.1	83.50±1.56	ND

ND = not detected

เมื่อนำผลการทดลองในตารางข้างต้นนี้ ไปวิเคราะห์หาค่าความหนืดเชิงเส้นเพื่อหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างความหนืด (η) กับระดับความเข้มข้นของสารละลายบัฟเฟอร์ (SHMP) ที่ระดับความเข้มข้นเพคตินระดับ 0.4-1.0 % การวิเคราะห์หาค่าความหนืดเชิงเส้นเป็นการศึกษารูปแบบความสัมพันธ์ตั้งแต่สองตัวแปรขึ้นไป (อรุณ, 2554) โดยตัวแปรแรกจะเรียกว่า ตัวแปรอิสระ (X) ในที่นี้คือความเข้มข้นของสารละลายบัฟเฟอร์ ส่วนตัวแปรที่สองเรียกว่า ตัวแปรตาม (Y) ในที่นี้คือค่าความหนืด ผลการวิเคราะห์หาค่าความหนืดเชิงเส้นเพื่อหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืดของเพคติน (η) กับความเข้มข้นของสารละลายบัฟเฟอร์ (SHMP) ที่ระดับเพคติน 0.4-1.0 % ได้ผลดังตารางที่ 4.2 ข้างล่างนี้

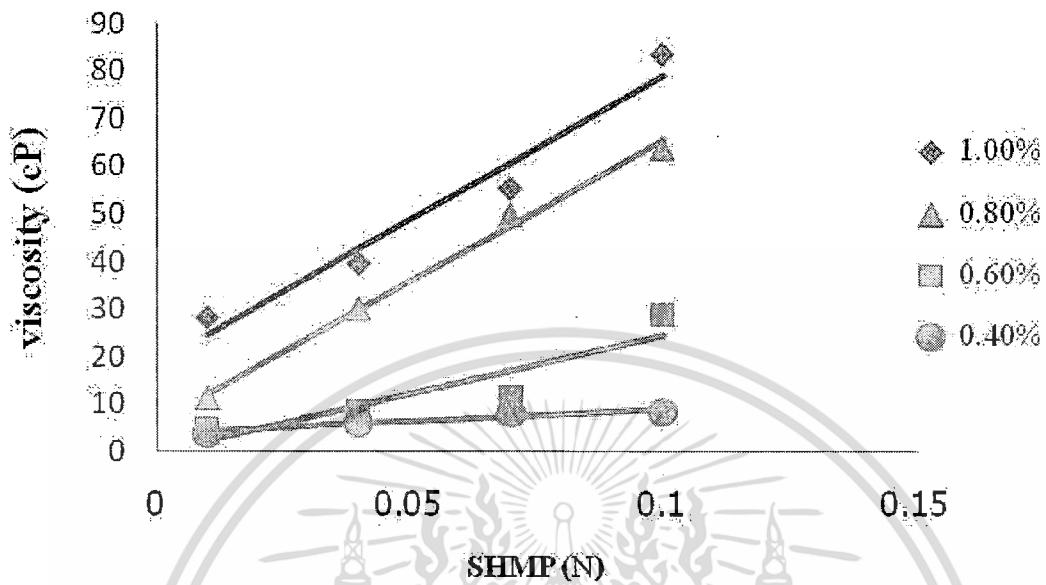
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 สมการความสัมพันธ์ความหนืดของเพคตินกับความเข้มข้นของสารละลายบัฟเฟอร์

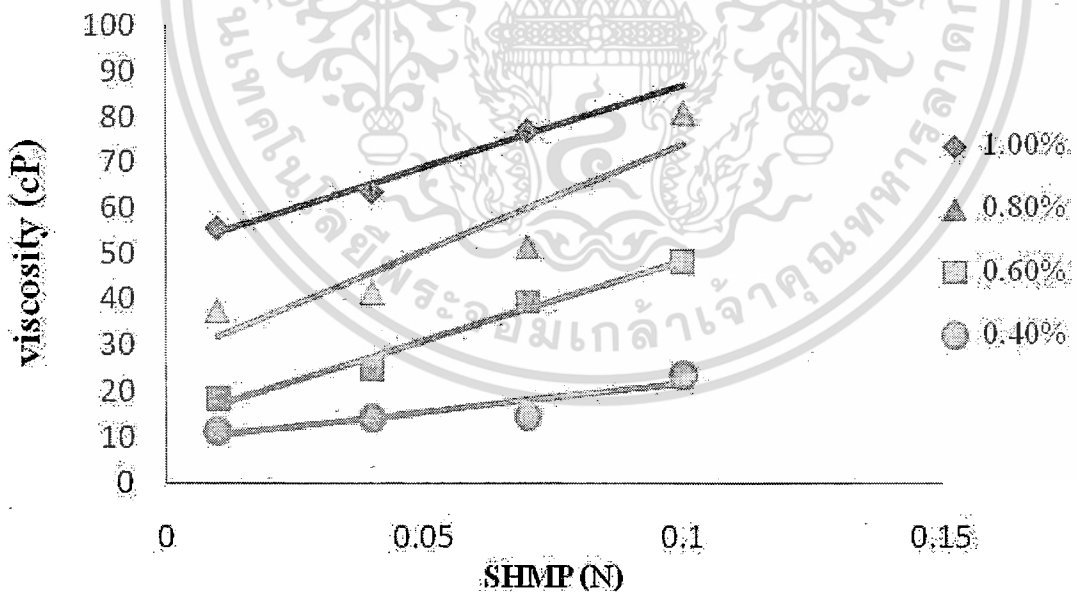
Type of pectin	Pectin concentration (%)	Linear equation	R ²
Sunflower	0.4	$\eta = 54.53 S + 3.53$	0.91
	0.6	$\eta = 250.00 S - 0.38$	0.83
	0.8	$\eta = 592.93 S + 6.11$	0.99
	1.0	$\eta = 604.96 S + 18.43$	0.96
LM of pectin	0.4	$\eta = 125.00 S + 9.08$	0.82
	0.6	$\eta = 349.17 S + 13.56$	0.98
	0.8	$\eta = 468.50 S + 27.07$	0.85
	1.0	$\eta = 359.17 S + 50.98$	0.98

หมายเหตุ η คือ ค่าความหนืดที่ได้จากการคำนวณตามสมการ (cP)
 S คือ ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต (N)

สมมติฐานสมการเชิงเส้นสามารถใช้อธิบายความสัมพันธ์นี้ได้เป็นอย่างดี โดยพิจารณาจากค่า R² ซึ่งมีค่าสูงอยู่ระหว่าง 0.82-0.99 จากค่าความชันของสมการเส้นตรงนี้ แสดงให้เห็นอิทธิพลของความเข้มข้นของสารละลายบัฟเฟอร์ต่อความหนืดของสารละลายเพคติน โดยสำหรับเพคตินที่สกัดได้จากฐานดอกทานตะวันมีค่าอยู่ระหว่าง 54.53-604.96 cP/N เปรียบเทียบกับสารละลายเพคตินทางการค้าที่มีค่าอยู่ระหว่าง 125.00-359.17 cP/N จะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเพคตินในสารละลาย จะทำให้สารละลายบัฟเฟอร์ที่เติมลงไปมีผลต่อความหนืดมากขึ้นด้วย ลักษณะเช่นนี้แสดงถึงอันตรกิริยาระหว่างความเข้มข้นของบัฟเฟอร์กับความเข้มข้นของเพคตินที่มีผลต่อความหนืดของสารละลายเพคติน เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาต่อกัน เมื่อนำค่าความหนืดที่ได้จากผลการทดลองวัดความหนืดเพคตินทั้งสองชนิดด้วยเครื่องวัดความหนืด Brookfield DV - III และค่าความหนืดที่คำนวณจากสมการดังตารางที่ 4.2 ได้ผลดังแสดงในภาพที่ 4.5 และ 4.6 โดยข้อมูลจากการทดลองแสดงผลเป็นกราฟจุด และข้อมูลจากการคำนวณแสดงผลเป็นกราฟเส้น จากภาพที่ 4.5 และ 4.6 จะเห็นได้ว่าค่าความหนืดที่ได้จากการทดลองมีค่าใกล้เคียงกับค่าความหนืดที่คำนวณจากสมการตลอด ลักษณะของข้อมูลมีแนวโน้มกระจายเกาะกลุ่มตามแนวเส้นตรงดี สามารถใช้สมการถดถอยนี้ในการหาค่าความหนืดได้ดี เนื่องจากส่วนใหญ่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มากกว่า 0.9 กราฟที่ได้จึงมีลักษณะค่อนข้างเป็นเส้นตรง



ภาพที่ 4.5 ความเข้มข้นของสารละลายบัพเฟอร์กับความหนืดของเพคตินทานตะวัน



ภาพที่ 4.6 ความเข้มข้นของสารละลายบัพเฟอร์กับความหนืดของเพคตินหมู่เมทรอกซิลต่ำจากส้ม

4.3 ผลของปริมาณแคลเซียมคลอไรด์ต่อความแข็งแรงของเจลเพคติน

การตรวจสอบผลของปริมาณแคลเซียมคลอไรด์ต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของเจลเพคตินเพื่อให้ทราบคุณลักษณะสำคัญของเพคตินที่สกัด ซึ่งเป็นเพคตินชนิดเมทรอกซิลต่ำ สามารถเกิดเจลแข็งตัวได้เมื่อทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไอออน นำผงเพคตินฐานดอกทานตะวันและเพคตินหมู่เมทรอกซิลต่ำ โดยใช้ปริมาณตัวอย่างเพคตินทั้งสองชนิดที่ความเข้มข้น 1% เติมแคลเซียมคลอไรด์ปริมาณ 1 และ 2 กรัม ทำการทดลอง 2 ซ้ำ จากนั้นนำเจลเพคตินมาวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส โดยใช้เครื่องมือ Texture Analyser (TA-XT2) อ่านค่าแรงกดที่ได้และบันทึกผลการทดลอง นำไปสร้างกราฟเปรียบเทียบผลการทดลองระหว่างเพคติน ที่สกัดได้กับเพคตินชนิดหมู่เมทรอกซิลต่ำที่มีขายเป็นการค้า ในการตรวจสอบคุณลักษณะเนื้อสัมผัสของเจลเพคติน มีการเตรียมเจลเพคตินโดยใช้ความเข้มข้นของเพคตินเท่ากับ 1.0% และใช้ปริมาณแคลเซียมคลอไรด์ที่แตกต่างกัน 2 ระดับ คือ 2 และ 4%w/v เพื่อศึกษาผลของปริมาณแคลเซียมคลอไรด์ที่ส่งผลต่อความแข็งแรงของเจลเพคติน โดยทำการผสมตัวอย่างเพคตินกับน้ำ และกรดซิตริก แล้วนำไปให้ความร้อนที่อ่างควบคุมอุณหภูมิจนเพคตินละลาย พร้อมทั้งค่อยๆ ใส่แคลเซียมคลอไรด์ คนให้ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วนำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4°C นำตัวอย่างตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) ก่อนวัดคุณลักษณะเนื้อสัมผัสของเจลด้วยเครื่อง Texture analyzer เพื่อเปรียบเทียบลักษณะเนื้อสัมผัสของเจลเพคตินทานตะวันและเจลเพคตินหมู่เมทรอกซิลต่ำจากส้ม ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.3

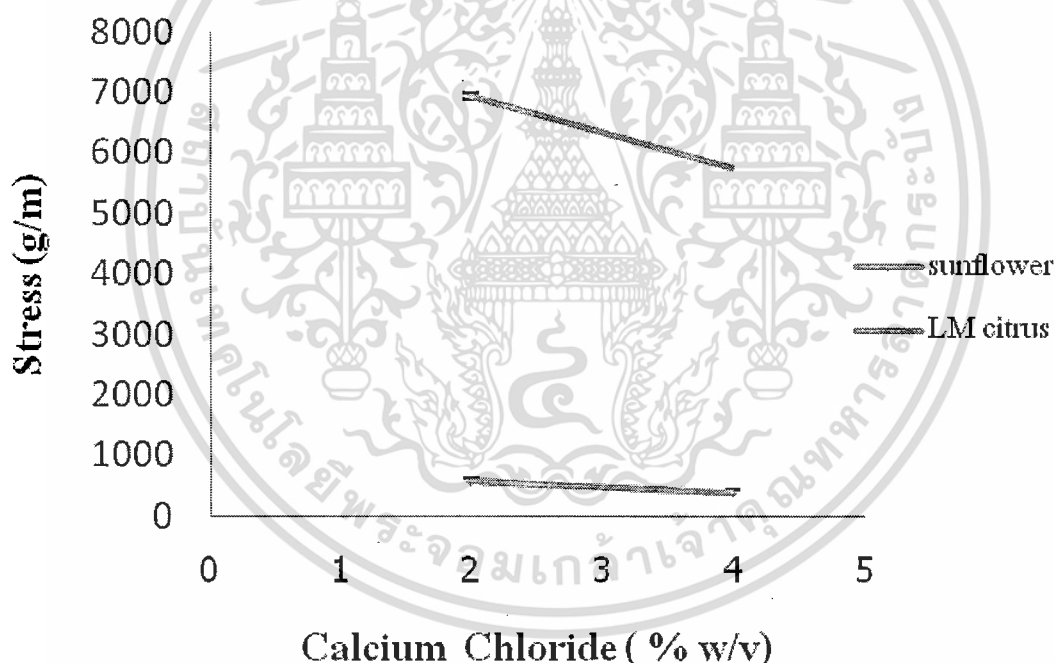
ตารางที่ 4.3 ความแข็งแรงของเจลเพคตินทานตะวันและเจลเพคตินหมู่เมทรอกซิลต่ำจากส้ม

Type of pectin	Gel strength at Calcium Chloride	
	2%	4%
Sunflower	560.87 ±50.34 ^a	381.17±40.12 ^a
LM from Citrus	6938.58±926.56 ^b	5754.18±168.11 ^b

ค่าแรงกดที่ได้จากการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของเจล สามารถบอกถึงความแข็งแรงของเจลได้ โดยค่าแรงกดจะแปรผันตรงกับความแข็งแรงของเจล เพคตินที่ให้ค่าแรงกดมากจะมีความแข็งแรงสูงกว่าเจลเพคตินที่ให้ค่าแรงกดน้อย (วัฒนาวดีและสุนี, 2527) ซึ่งจากกราฟ เห็นได้ว่าเจลเพคตินทานตะวันจะมีค่าแรงกดน้อยกว่าเจลเพคตินชนิดหมู่เมทรอกซิลต่ำจากส้ม ซึ่งเป็นไปได้ว่าความบริสุทธิ์ของเพคตินทานตะวันยังไม่สูงเท่าเพคตินชนิดหมู่เมทรอกซิลต่ำจากส้ม อาจเป็นเนื่องจากปัจจัยอื่นๆ อาทิเช่น สภาพะในการสกัดเพคติน อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด เป็นต้น (วรรณมา, 2549) เมื่อพิจารณาปัจจัยของแคลเซียมคลอไรด์เพคตินชนิดหมู่เมทรอกซิลต่ำ สามารถเกิดเจลโดยมีปริมาณของแคลเซียมคลอไรด์และมีความแข็งแรงที่ละลายได้ทั้งหมด ตั้งแต่ 10-80 % ที่ pH ช่วงกว้างตั้งแต่ 2.9-5.5 เจลที่ได้จะเป็นชนิดย้อนกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ด้วยความร้อน (thermoreversible) ลักษณะเนื้อสัมผัสของเจลจะมีความอ่อนนุ่มและยืดหยุ่น จากกราฟพบว่าเมื่อปริมาณแคลเซียมเพิ่มขึ้น จะส่งผลต่อพฤติกรรมทั้งสองชนิดให้ค่าแรงกดน้อยลง ซึ่งก็คือความแข็งแรงของเจลลดลงนั่นเอง นอกจากนี้โดยปกติพฤติกรรมชนิดหมูเมทริกซ์ต่ำจะไม่สามารถเกิดเจลได้ หากมีปริมาณแคลเซียมคลอไรด์ไม่เพียงพอ แต่ถ้าหากเพิ่มปริมาณของแคลเซียมคลอไรด์ ค่าความแข็งแรงของเจลก็จะเพิ่มขึ้นจนถึงจุดหนึ่งแล้วจะลดลง อุณหภูมิในการเกิดเจลก็จะเพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิปกติ และจุดเดือดจะเพิ่มมากขึ้นตามความแข็งแรงของเจลที่เพิ่มขึ้น แสดงว่าความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์มีผลทำให้ความแข็งแรงของเจลสูงสุดอยู่ในช่วงต่ำกว่า 4% ในการศึกษาอาจทดลองค่าความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับต่ำกว่า 4 % โดยอาจทดลองที่ระดับ 1, 2, และ 3 % นอกจากนี้ยังอาจทำการทดลองที่ระดับความเข้มข้นของพอลิเมอร์ระดับต่าง ๆ ด้วย สาเหตุที่ไม่ได้ทำการทดลองในที่นี้เนื่องจากปริมาณพอลิเมอร์ที่สกัดได้ในการทดลองนี้มีปริมาณไม่เพียงพอ



ภาพที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะเนื้อสัมผัสกับปริมาณแคลเซียมคลอไรด์

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของเพคตินที่สกัดได้เปรียบเทียบกับเพคตินชนิดหมูเมทรอกซิลต่ำจากส้ม โดยใช้วัตถุคิบเป็นฐานคอกทานตะวันจากจังหวัดลพบุรี นำมาอบแห้งให้มีความชื้นสม่ำเสมอ บดด้วยเครื่องบดเก็บรักษาในถุงพลาสติกปิดสนิทที่อุณหภูมิห้อง หลังการสกัด นำเพคตินที่ได้ไปทดสอบคุณสมบัติการเกิดเจลแล้ววัดค่าความหนืดและค่าลักษณะเนื้อสัมผัส ได้ผลการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

การสกัดเพคตินจากฐานคอกทานตะวันแห้ง โดยใช้วิธีการสกัดด้วยโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต พบว่าวิธีการสกัดที่ใช้สามารถสกัดเพคตินจากฐานคอกทานตะวันได้ในปริมาณ 5.18 ± 0.47 กรัม/100 กรัมตัวอย่าง โดยปริมาณผลผลิตนอกจากจะเป็นผลจากวัตถุคิบที่นำมาสกัดแล้ว ยังขึ้นกับขั้นตอนการสกัดเพื่อแยกเพคตินออกมาอยู่ในรูปของสารละลาย และขั้นตอนการตกตะกอนแยกเพคตินเจลด้วย

ปัจจัยที่ส่งผลต่อความหนืดของเพคติน ได้แก่ ความเข้มข้นของสารละลายบัฟเฟอร์และความเข้มข้นของเพคติน จากการทดลองพบว่าปัจจัยทั้งสองชนิดแปรผันตรงกับความหนืดของเพคติน โดยเมื่อความเข้มข้นของสารละลายบัฟเฟอร์และความเข้มข้นของเพคตินเพิ่มขึ้น ความหนืดของเพคตินจะเพิ่มขึ้นด้วย เมื่อเปรียบเทียบเพคตินทานตะวันกับเพคตินหมูเมทรอกซิลต่ำจากส้มที่ระดับความเข้มข้นเดียวกันแล้ว พบว่าเพคตินหมูเมทรอกซิลมีความหนืดสูงกว่าเพคตินทานตะวัน

การวิเคราะห์ถดถอยปัจจัยที่ส่งผลต่อความหนืดของสารละลายเพคติน โดยให้ความเข้มข้นของสารละลายบัฟเฟอร์เป็นปัจจัย สมการที่ได้มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) อยู่ในช่วง 0.82-0.99 เมื่อนำไปสร้างกราฟจะได้ลักษณะกราฟเป็นเส้นตรง สมการถดถอยนี้ใช้เป็นตัวแทนแสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีต่อความหนืดของเพคตินทั้งสองชนิดได้ดี โดยแสดงให้เห็นอิทธิพลของความเข้มข้นของเพคตินและบัฟเฟอร์ที่มีต่อความหนืดของสารละลายได้อย่างชัดเจน

ความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ส่งผลต่อความแข็งแรงของเจลเพคติน จากการทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัสของเจลเพคตินทั้งสองชนิด พบว่าเมื่อความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์เพิ่มขึ้นจาก 2% เป็น 4% เจลเพคตินจะให้ค่าแรงกนน้อยลง เมื่อเปรียบเทียบเพคตินทั้งสองชนิดที่ระดับความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์เดียวกัน พบว่าเพคตินจากทานตะวันให้ค่าแรงกนน้อยกว่าเพคตินหมูเมทรอกซิลต่ำจากส้ม นั่นคือความแข็งแรงของเจลเพคตินทานตะวันน้อยกว่าเพคตินหมูเมทรอกซิลต่ำจากส้ม และพบว่าความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์มีผลทำให้ความแข็งแรงของเจลสูงสุด สำหรับสารละลายเพคตินความเข้มข้น 1 % อยู่ในช่วงต่ำกว่า 4 % ซึ่งมีข้อเสนอแนะว่าควรมีการศึกษาในรายละเอียดต่อไป

บรรณานุกรม

- กรมศุลกากร. (2545). สถิติการนำเข้าและส่งออก. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก
<http://www.customs.go.th/Statistic/StatisticIndex.jsp>. 26 ตุลาคม 2554
- กนกพร สังข์รักษ์ และเจนจิรา โตะแบ. (2552). เพศตินจากเศษผักกาดขาวและการประยุกต์ใช้.
 วิทยานิพนธ์ วท.ม. ปัตตานี: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์. (2536). เอกสารประกอบการเรียนผักและผลไม้. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะ
 เทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง. หน้า 249-270.
- ฉัตรชัย สังข์สุด, จีราภรณ์ สังข์สุด และนพรัตน์ ผาสุข. (2548). คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของเพศ
 ดินพวงที่สกัดจากผลส้มโอ. วิทยานิพนธ์ วท.ม. เชียงใหม่: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ชญานิษฐ์ จันทะ, ทินภัทร พิสุทธิโกมล และ สุเมธ โรจน์พงศ์เกษม. (2554). เพศตินสารปรับปรุงเนื้อ
 ส้มฝ้าย. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก
<http://www.slideshare.net/moochampz/ss-6628139> 10 ตุลาคม 2554.
- ญาณินสิริ ถิ่นนคร. (2547). การพัฒนาผลิตภัณฑ์นมมาเลดส้มโอพลังงานต่ำ. ปรินญูญามหาบัณฑิต
 ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 132 หน้า.
- ฐานข้อมูล FAQ. (2552). เพศตินมีประโยชน์อย่างไร. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก
http://siweb.dss.go.th/information/FAQ/search_FAQ.asp?QA_ID=161 10 ตุลาคม 2555.
- ณรงค์ ศิริรัมย์ และเมธิณี เทวซึ่งเจริญ. (2548). การสกัดและสมบัติของเพศตินจากกากฝรั่งพันธุ์กลม
 สาลี. กรุงเทพฯ: งานวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์.
- คุณฤดี อุดภาพ และคณะ. (2553). สมบัติทางเคมีของคาร์โบไฮเดรต-ไฮโดรคอลลอยด์ และการประยุกต์ใช้
 ในอุตสาหกรรม. ภาควิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
 พระจอมเกล้าธนบุรี. [ออนไลน์] สามารถเข้าถึงได้จาก
<http://eu.lib.kmutt.ac.th/elearning/Courseware/BCT611/chapter4.html>. 24 ตุลาคม 2555.
- ตรี วาทกิจ. (มปป). เอกสารประกอบการสอนวิชาผักและผลไม้. สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร วิทยาลัย
 เกษตรและเทคโนโลยีนครพนม มหาวิทยาลัยนครพนม.
- ปรัชญา โรจนการกุล และ มงคล ตั้งศรีตระกูล. (2543). การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัด
 เพศตินจากกากฝรั่ง. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
 ทหารลาดกระบัง.
- ปาริฉัตร หงสประภาส. (2545). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ คณะวิทยาศาสตร์. เคมีกายภาพของ
 อาหาร คอลลอยด์ อิมัลชัน และเจล. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,
 กรุงเทพฯ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- พรศักดิ์ ศรีอมรศักดิ์. (2551). มหาวิทยาลัยศิลปากร ภาควิชาเทคโนโลยีเกษตรกรรม. พอลิเมอร์ชีวภาพทางเกษตรกรรม. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม.
- พิเชษฐ เทบ่ารุ่ง. (2546). การหาปริมาณและคุณภาพของเพคตินจากใบหมาน้อย. วิทยานิพนธ์ วท.ม. มหาสารคาม: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- เพคติน. [ออนไลน์] สามารถเข้าถึงได้จาก <http://pharm.kku.ac.th/thaiv/depart/techno/basicpharm/downloads/Lesson4.pdf>. 20 ตุลาคม 2554.
- เพคติน สารปรับปรุงเนื้อสัมผัส. (2553). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. [ออนไลน์.] เข้าถึงได้จาก : <http://swu141km.swu.ac.th/index.php>. 10 ตุลาคม 2554.
- วรรณดา ตูลย์ชัย. (2549). เคมีอาหารของคาร์โบไฮเดรต. พิมพ์ครั้งที่ 1 ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย..สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- วัฒนวดี อินทุสุต และ สุนี อิงควงศ์. (2527). การศึกษาการนำของเกลือใช้จากผลไม้บางชนิดมาสกัดเพคติน. ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. (2549). เพคติน. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก <http://th.wikipedia.org/wiki/เพคติน> 24 ตุลาคม 2554.
- วุฒิชัย นารักษ์ยา. (2551). คาร์โบไฮเดรตในอาหาร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะอุตสาหกรรมเกษตร.
- ศรีสุดา เตชะสาน และพัฒนา นรมาศ. (2554). การปลูกทานตะวัน. สำนักส่งเสริมและอบรมมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ [ออนไลน์] สามารถเข้าถึงได้จาก : <http://www.eto.ku.ac.th/neweto/e-book/plant/flower/sunflower.pdf>. 21 มีนาคม 2555.
- ศูนย์ข้อมูลด้านอาหาร. (2548). งานวิจัยเพคตินเปลือกมะนาวรักษาโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://webdb.dmsc.moph.go.th/ifc_food/a_fd_4_00t.asp?info_id=201
- สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. (2548). ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากเพคติน วว. ลดโคเลสเตอรอล. จดหมายข่าว วว. 8(5):10.
- สมฤทัย จิตภักดีบดินทร์ และอมราวดี จางวาง. (2552). เพคตินจากเปลือกมะนาว. วิทยานิพนธ์ วท.ม. ปัตตานี: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- สุกัญญา สุนทรส. (2549). อิเล็กโทรโตรีซิสต์. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.
- สุธารัตน์ เอี่ยมตระการ และคณะ. (2553). วิทยาศาสตร์การไหล (Rheology). คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น [ออนไลน์] สามารถเข้าถึงได้จาก <http://pharm.kku.ac.th/thaiv/depart/techno/basicpharm/downloads/Lesson4.pdf>. 18 มีนาคม 2555

- องอาจ เต็ดดวง. (2553). การเปรียบเทียบเพคตินสกัดจากฝรั่งสามชนิดกับเพคตินมาตรฐาน. สารนิพนธ์ กศ.ม.(เคมี). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. หน้า 3-11.
- อดิศักดิ์ เอกโสภา และเสาวนีย์ เสาวภาพโสภ. (2541). การสกัดเพคตินจากจากรองดอกทานตะวัน. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.
- อรพิน ภูมิภมร. (2523). คาร์โบไฮเดรตในอาหาร : พอลิแซคคาไรด์. ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ
- อรุณ แก้วมัน. (2554). วิธีการทางสถิติทั่วไป. สาขาสถิติ ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. [ออนไลน์] สามารถเข้าถึงได้จาก http://cyberclass.msu.ac.th/cyberclass/cyberclass-uploads/libs/html/40843/Convert_slide/slide_unit15.pdf 24 ตุลาคม 2554.
- Acosta, O., Viquez, F., Cubero, E. and Morales, I. (2006). Ingredient Levels Optimization and Nutritional Evaluation of a Low-calorie Blackberry (*Rubus irasuensis* Liebm.) Jelly. *Journal of Food Science*. 71: 390-394.
- Attri, B. L. and Maini, S.B. (1996). Pectin from Galgal (*Citrus pseudolimon* Tan.) Peel. *Bioresource Technology*. 55: 89-91.
- Axelos, M.A.V. and Thibault, J.F. (1991). The chemistry of low-methoxyl pectin gelation. In Reginald. H. Walter (Ed.), *The chemistry and technology of pectins*. San Diego, CA: Academic Press Inc, 109-118
- Baker, R.A., Berry, N. and Hui, Y.H. (1996). Fruit preserves and jams, In: *Processing fruit; Science and Technology* vol. I, ed. Somogyi, L.P. and Ramaswamy, H.S., Lancaster – Basel, pp.117–133.
- Belitz, H.D. and Grosch, W. (1987). *Food Chemistry*. Springer Verlag, Berlin ; New York, p.774.
- Bemiller, J.N. and Wing, R.E. (1968). Methyl terminal-4-O-methylmalto-oligosaccharides, *Carbohydrate Research*, Volume 6, Issue 2, Pages 197-206
- Bhatia, S. C. (1997). *Canning and preservation of fruit and vegetables*, small industry research institute, Dehi. pp. 112-129.
- Black, R.M. (1993). Sucrose in health and nutrition-facts and myths. *Food Technol*. 47(1): 130-133.
- Broomfield, R. W. (1996). The manufacture of preserves, flavorings and dried fruit. In *Fruit Processing*, ed. Arthey, D. and Ashurst, P. R., pp. 166-172, 179-182.
- Chang, K.C., Dhurandhar, N., You, X. and Miyamoto, A. (1994). Sunflower Head Residue Pectin Extraction as Affected by Physical Conditions. *Journal of Food Science*. 59(6): 1207-1210.

- Chang, K.C., and Miyamoto, A. (1992). Gelling Characteristic of pectin from sunflower head residues. *Journal of Food Science*, 57, 1435-1439.
- Christensen, S.H. (1986). Pectins. In *Food hydrocolloids III*. Glicksman M (ed), CRC Press, Florida, USA.
- Food wiki Thailand. (2009). pectin. [online] available <http://www.foodnetworksolution.com/site/company/58> 10 October 2011.
- Guojung, L. and Chang, K.C. (1997). Viscosity and gelling characteristics of sunflower pectin as affected by chemical and physical factors. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 4785-4789.
- Holmer, M. (1991). Impacts of aquaculture on surrounding sediments : generation of organic-rich sediments. In: De Paurv N. Joyce J (eds) *Aquaculture and the environment* .EurAquacult Soc Spec Publ 16:155-175
- Iglesias, M.T., and Lozano, J.E. (2004). Extraction and characterization of sunflower pectin. *Journal of Food Engineering*, 215-223.
- International Pectin Producers Association. (2001). [online] available http://www.ippa.info/types_of_pectin.htm 10 October 2011
- Kartesz, Z.I. (1951). *The pectic substances*. New York and London: Interscience Publisher, p. 628
- Kawakatsu, T., Tragardh, G., and Tragardh, C. (2001). The formation of oil droplets in a pectin solution and the viscosity of the oil-in-pectin solution emulsion. *Journal of Food Engineering*, 50, 247-254.
- May, C.D. (1990). Industrial pectins: Sources, production and applications, *Carbohydrate Polymers* , Volume 12, Issue 1, Pages 79-99
- Oakenfull, D. G. (1991). The chemistry of High-methoxyl pectin. In: *The Chemistry and technology of pectin* . ed. Walter, R. H., Cornell university Geneva. Newyork. pp. 87-106.
- Pagan, J. and Ibarz, A . (1999). Extration and Rheol ogical Properties of Pectin from Fresh Peach Pomece. *Journal of Food Engineering*. 39: 193-201.
- Panchev, I.N., Slavov , A., Nikolova, K., and Kovacheva, D. (2010). On the water-sorption properties of pectin. *Food Hydrocolloids*, 24, 763-769.
- Rolin, C., and De Vries, J. (1990). *Pectin In Food gels*. P. Harris (Ed.), London: Elsevier Applied Science Great Britain, 79-119.
- Silvachimica, S.R.l., and Indunor, S.A. (2005). Pectin, the perfect choice. [online] Available : <http://www.silvateam.com/index.php?lang=en&id=1,2,0&v2=1>. 20 October 2011.

- Silvateam. (2011). Pectin classification. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก <http://en.silvateam.com/Products-Services/Food-Ingredients/Pectin/What-pectin> 30 October 2011
- Simon, Q. F., (2003). What's in the Stuff We Buy. [online] Available : <http://sci-toys.com/ingredients/ingredients.html>. 20 October 2011.
- Zhou, J.H., Wu, Y.X., and Shen, Z.Q. (2008). Viscous flow property and viscosity average molecular mass of orange peel pectin. *Journal of Food Engineering*, 520 – 524.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

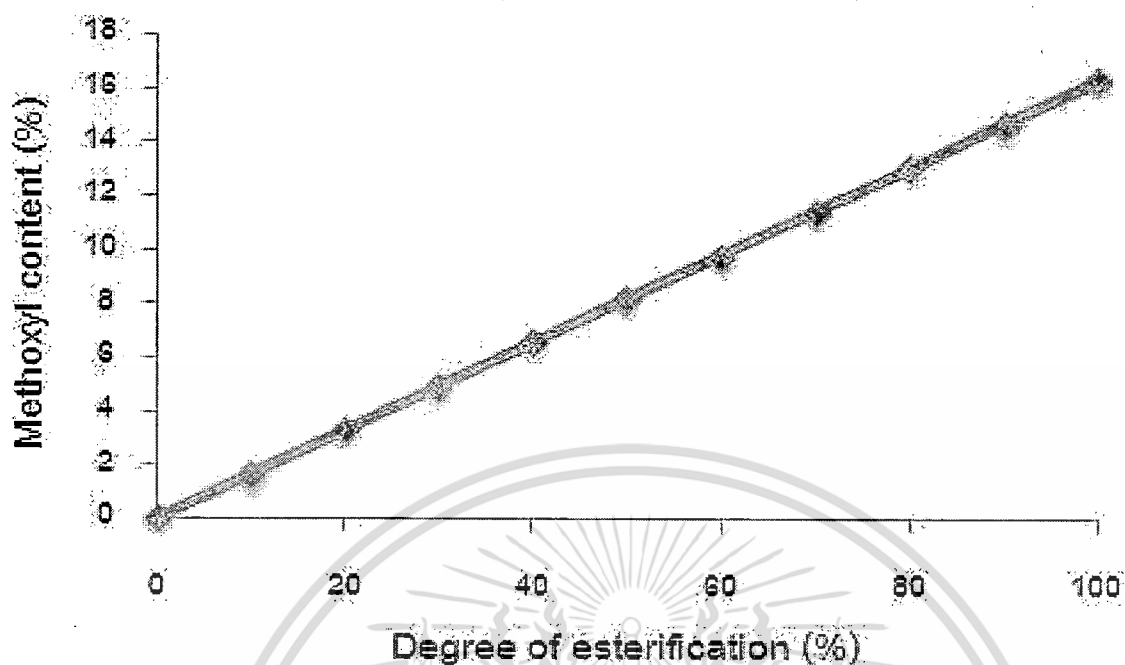
ก. การวิเคราะห์ระดับเอสเทอร์ฟิเคชัน

1. ชั่งน้ำหนักเพคตินผง ใสลงในขวดรูปชมพู่ 3 ขวด ขวดละ 0.5 กรัม
2. เติมเอทานอลลงในขวดรูปชมพู่ ขวดละ 2 มิลลิลิตร
3. ละลายด้วยน้ำที่ปราศจากคาร์บอนไดออกไซด์ ขวดละ 100 มิลลิลิตร
4. คนให้เข้ากันแล้วหยดฟีนอล์ฟทาไลน์ลงในขวดรูปชมพู่ ขวดละ 5 หยด
5. นำไปไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 โมลาร์
บันทึกปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นปริมาตรที่ 1
6. เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 โมลาร์ ปริมาตร 10
มิลลิลิตร แล้วเขย่าแรงๆ ทิ้งไว้ 15 นาที
7. เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.5 โมลาร์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร
แล้วเขย่าจนสีชมพูหายไป
8. เติมฟีนอล์ฟทาไลน์ 5 หยด
9. นำไปไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 โมลาร์ จน
สีชมพูเริ่มปรากฏ แล้วบันทึกปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์
เป็นปริมาตรที่ 2
10. คำนวณหาค่า degree of esterification (%DE) จากสูตร

$$\% DE = \frac{\text{NaOH volume 2}}{\text{NaOH volume 1} + \text{NaOH volume 2}} \times 100$$

ข. การหาปริมาณเมทริกซิล

นำค่า %DE ที่ได้ไปหาปริมาณเมทริกซิลโดยดูกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชันกับปริมาณเมทริกซิล



กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชันและปริมาณเมทอกซิล

ที่มา : คัดแปลงจาก อรพิน ภูมิภมร (2523)

ค. การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า

1. นำถ้วยเปล่าอบที่อุณหภูมิ 100°C นาน 1 ชั่วโมง เอาออกใส่ในโถดูดความชื้นปล่อยให้เย็น แล้วชั่งน้ำหนัก
2. ชั่งตัวอย่างใส่ลงในถ้วยที่ทราบน้ำหนักแล้วประมาณ 2 กรัม นำไปเผาบนเตาไฟฟ้า จนหมดควัน
3. นำตัวอย่างที่เผาไล่ควัน แล้วไปเผาต่อในเตาเผา (Muffer furnace) อุณหภูมิ 600°C นาน 2 ชั่วโมง แล้วปิดสวิทช์เตาเผา เปิดฝาเตาออกกรองอุณหภูมิภายในเตาลดเหลือประมาณ 100°C เพื่อป้องกันมิให้ด้วยสัมผัสอากาศเย็นกะทันหัน ซึ่งอาจทำให้ถ้วยแตกได้
4. นำถ้วยออกมาใส่ในโถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นแล้วชั่งน้ำหนัก

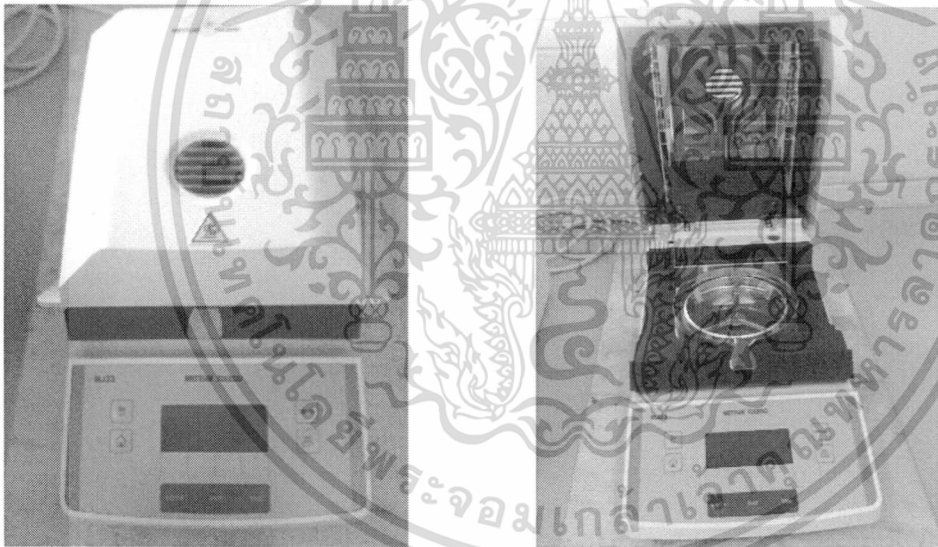
$$\% \text{เถ้า} = \frac{W_1 - W_2}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

โดย W1 คือ น้ำหนักถ้วย

W2 คือ น้ำหนักถ้วย + น้ำหนักตัวอย่างหลังการเผา

ง. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

1. ตั้งเครื่องปรับสมดุลฐานของเครื่องชั่ง เสียบปลั๊ก กดปุ่มเปิด
2. ตั้งค่าที่โหมด อุณหภูมิ เลือกอุณหภูมิ 130 °C
3. เปิดฝาเครื่องใช้ปากคีบใส่ถาดอลูมิเนียม ที่ผ่านการอบที่ 130 °C และใส่ไว้ในโถดูดความชื้นมาใส่ในตะแกรงของตัวเครื่อง
4. ปิดฝาเครื่องเพื่อปรับน้ำหนักให้เป็นศูนย์
5. ใส่ตัวอย่างเพคตินที่สกัดได้ลงในถาด ประมาณ 0.5-0.7 กรัม
6. ปิดฝาเครื่องเพื่อให้เครื่องทำงาน
7. เมื่อเครื่องส่งสัญญาณเตือนบันทึกค่าปริมาณความชื้น (ร้อยละ)



เครื่องวัดความชื้น moisture analyser ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น MJ 33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลประวัติผู้วิจัย

ชื่อ - นามสกุล นาย กิตติชัย บรรจง
 ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ ระดับ 7
 หน่วยงาน สาขาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง
 เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

ประวัติการศึกษา

วท.บ. (เกษตรศาสตร์) เกียรตินิยมอันดับ 1 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

M.Sc. (Agricultural and Food Engineering), The most outstanding prize

Asian Institute of Technology

D.Tech.Sc. (Agricultural and Food Engineering), Asian Institute of Technology

สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ Food Process Engineering and Physical Properties of Food
 Materials

การเสนอผลงานวิชาการ

1. Thuto, W. and Banjong, K. 2011. A finite element method for study of microwave heat distribution model. The 4th SUT Graduate Conference 2011: 36-46.
2. Yuthanawa, A. and Banjong, K. 2010. Computer software for GMP and HACCP audit report arrangement. King Mongkut's Agro-Industry journal 2 (2): 56-65.
3. Banjong, K. and Mongkolsamrit, W. 2010. Effect of extraction temperature and ethanol concentration on total polyphenol content and free radical scavenging activity of sea salt enhanced with grape pomace extracts. In the proceeding of the 8th Science and Technology Conference 19th March 2010 :PFD01, Faculty of Science and Technology, Thammasat University Rangsit Center, Pathumtani.
4. Wisetsunthorn, P. and Banjong, K. 2010. Application of Image Processing to Analyse Surface Characteristics of Shrimp during Drying. King Mongkuts Agricultural Journal, 28(2):29-36.
5. Banjong, K. 2008. Application of compression platen method to measure canned rice texture. In proceeding of the international symposium for the strategy on globalization of Asian foods, Mokpo National University, Republic of Korea. May,30th:43-52.(441p.)

6. Banjong, K. 1999. Study on physical properties of bacterial cellulose. In abstract of research in university in Thailand 1997-99, Bangkok, Thailand. p.400 (868p.)
7. Adulprasertsook, S., S. Boonit and K. Banjong. 1994. Water activity measuring instrument for food product. In proceeding of Thailand National Agricultural Machinery Conference on Technology for Agricultural Improvement, Bangkok, Thailand.p.249 (304p.)
8. Banjong, K., S.Chokechaisawasdee and A.Reungchirachooporn. 1994. Quality index for young coconut selection with non-destructive method. In proceeding of the 1st National Conference on Horticulture 2-5 August, Rayong, Thailand. National Research Council and Thailand Agricultural Science Association. p.39
9. Banjong, K. 1991. Hardness measurement of cooked rice using back extrusion test. King Mongkuts Agricultural Journal, 9(3):31-35.
10. Banjong, K. 1990. Thin-layer drying characteristics of rough rice. Dissertation AE-90-4, Asian Institute of Technology, Patumthani, Thailand, 115p.

