คุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและสารต้านจุลินทรีย์ของสารสกัดเพคตินจากเปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทอง

ANTIOXIDANT AND ANTIMICROBIAL PROPERTIES OF PECTIN FROM MONTHONG DURIAN RIND

วิทยานิพนธ์

ของ

สุดารัตน์ เพ็ชรภิรมย์

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

พฤศจิกายน 2560

คุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและสารต้านจุลินทรีย์ของสารสกัดเพคติน จากเปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทอง

ANTIOXIDANT AND ANTIMICROBIAL PROPERTIES OF PECTIN FROM MONTHONG DURIAN RIND

วิทยานิพนธ์

ของ

สุดารัตน์ เพ็ชรภิรมย์

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

เสนอต่อมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

พฤศจิกายน 2560

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

เรื่อง

คุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและสารต้านจุลินทรีย์ของสารสกัดเพคติน
จากเปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทอง

Antioxidant and Antimicrobial Properties of Pectin from Monthong Durian Rind

สุดารัตน์ เพ็ชรภิรมย์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานสอบวิทยานิพนธ์
(อาจารย์ ดร. ยศพล ผลาผล)

..... ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(อาจารย์ ดร.หยาดรุ้ง สุวรรณรัตน์)

..... กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วริศชนม์ นิลนนท์)

..... กรรมการสอบวิทยานิพนธ์
(อาจารย์ ดร.สราวุธ แสงสว่างโชติ)

ได้รับอนุมัติจากมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณีให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(อาจารย์ ดร.วิวัฒน์ เพชรศรี)

วันที่ 24 เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2560

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สุดารัตน์ เพ็ชรภิรมย์. (2560). **คุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและสารต้านจุลินทรีย์ของสารสกัดเพคตินจากเปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทอง.** วิทยานิพนธ์. วท.ม. (เทคโนโลยีการเกษตร). จันทบุรี : มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี.

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

หยาดรุ้ง สุวรรณรัตน์ ปร.ด. (เทคโนโลยีชีวภาพ) ประธานกรรมการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์วริศชนม์ นิลนนท์ ปร.ด. (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) กรรมการ

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากเปลือกทุเรียนหมอนทอง และศึกษาคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและสารต้านจุลินทรีย์ของเพคตินที่สกัดได้ ทำการทดลองโดยนำเปลือกทุเรียนส่วนเปลือกสีขาวมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ ที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 2.0 ในอัตราส่วนเปลือกบดแห้งต่อกรดไฮโดรคลอริก เท่ากับ 1:12 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ที่อุณหภูมิ 70, 80 และ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1, 3, 5 และ 7 ชั่วโมง นำเพคตินที่สกัดได้มาวิเคราะห์ปริมาณผลผลิต ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิค ระดับการเกิดเอสเทอริฟิเคชั่น ปริมาณเมทอกซิล และค่าสี (L*a*b*) เพื่อคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคติน ผลการทดลองพบว่าอุณหภูมิและเวลา ที่เหมาะในการสกัดเพคตินจากเปลือกทุเรียนหมอนทอง คือ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง โดยเพคตินที่สกัดได้เป็นแบบ High Methoxyl Pectins (HMP) คือ มีปริมาณเมทอกซิลร้อยละ 10.23 สามารถเกิดเจลได้ในสภาวะที่มีน้ำตาลและกรดในปริมาณที่เหมาะสม หลังจากนั้นนำเพคตินที่ได้มาสกัดด้วยเมทานอล เพื่อศึกษาความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและสารต้านแบคทีเรีย พบว่า สารสกัดจากเพคตินมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ มีค่า IC_{50} เท่ากับ 6230.06 ppm เมื่อเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานวิตามินซี ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.60 ppm และมีคุณสมบัติเป็นสารต้านแบคทีเรีย โดยมีความสามารถในการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* TISTR 2329 ได้ดีกว่า *E. coli* TISTR 073

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

Sudarat Petpirom. (2017). **Antioxidant and Antimicrobial Properties of Pectin from Monthong Durian Rind.** Thesis. M.S. (Agricultural Technology). Chanthaburi : Rambhai Barni Rajabhat University.

Thesis Advisors

Yardrung Suwannarat Ph.D. (Biotechnology) Chairman

Assistant Professor Waritchon Ninlanon Ph.D. (Environmental Science) Member

Abstract

This research aimed to study the optimal conditions to extract pectin from Monthong durian rind and the antioxidant and antimicrobial properties of the extracted pectin. The experiments were carried out by drying the inner white part of durian rind at 65 °C for 24 hours. Then, the dried durian rind was extracted by using 0.5 M of hydrochloric acid at pH 2.0 with the ratio of 1:12 weight/volume at a temperature of 70 °C , 80 °C and 90 °C for 1 , 3 , 5 and 7 hours. The extracted pectin was analyzed for yield, galacturonic acid content, degree of esterification, methoxyl content and color to select the optimal conditions. The results revealed that the optimal conditions to extract pectin was at a temperature of 90 °C for a duration of 5 hours. The pectin from durian rind was clarified as High Methoxyl Pectins (HMP) with a methoxyl content of approximately 10.23% that could form a gel at an optimal sugar and acid content condition. To analyze the antioxidant and antimicrobial properties, the pectin was extracted by methanol before analysis. It was found that pectin had an antioxidant ability of IC_{50} with approximately 6230.06 ppm, as compared to standard vitamin of IC_{50} with 3.60 ppm. The pectin also had an antimicrobial ability that could inhibit *S. aureus* TISTR 2329 better than *E. coli* TISTR 073.

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ด้วยดีโดยได้รับความกรุณาและความช่วยเหลือให้คำแนะนำเป็นอย่างดีจากอาจารย์ ดร.หยาดรุ้ง สุวรรณรัตน์ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วริศชนม์ นิลนนท์ กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร.ยศพล ผลาผล อาจารย์มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี ที่ได้ให้เกียรติมาเป็นประธานในการสอบ 5 บทวิทยานิพนธ์ อีกทั้งคณาจารย์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี และขอขอบคุณบุพการี เพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ ที่ช่วยเหลือในระหว่างทำงานวิจัยครั้งนี้

ประโยชน์และคุณค่าอันเนื่องมาจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอน้อมนำคุณงามความดีให้แก่บิดา มารดา ครู คณาจารย์ และผู้มีส่วนช่วยเหลือในการทำวิจัยครั้งนี้ทุกท่าน

สุดารัตน์ เพ็ชรภิรมย์

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(3)
สารบัญภาพ	(4)
บทนำ	1
ความเป็นมา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ประโยชน์ของการวิจัย	2
ขอบเขตของการวิจัย	2
นิยามศัพท์เฉพาะ	2
สมมุติฐานในการวิจัย	3
แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
ทุเรียน	4
เพคติน	4
การสกัดเพคติน	12
สารต้านอนุมูลอิสระ	15
แบคทีเรีย	19
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	21
อุปกรณ์และวิธีการ	26
วัตถุดิบ	26
สารเคมี	26
เครื่องมือและอุปกรณ์	26
วิธีการดำเนินการทดลอง	27
ผลและการวิจารณ์	33
สรุปผลและข้อเสนอแนะ	42
เอกสารและสิ่งที่อ้างอิง	43

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก	50
ภาคผนวก ก การทำกราฟมาตรฐาน	51
ภาคผนวก ข ภาพประกอบการทดลอง	53
ประวัติย่อผู้วิจัย	60

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	ผลการสกัดเพคตินจากเปลือกทุเรียนหมอนทองที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง.....	36
2	ผลการสกัดเพคตินจากเปลือกทุเรียนหมอนทองที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่าง ๆ.....	39
3	ผลการต้านแบคทีเรียของสารสกัดจากเพคติน.....	40

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ		หน้า
1	กรดกาแลคทูโรนิก (D-Galacturonic Acid).....	5
2	โครงสร้างของเพคตินที่มีกรดกาแลคทูโรนิกเป็นองค์ประกอบ.....	5
3	โครงสร้างของเพคตินชนิดที่มีเมททอกซิลต่ำ.....	9
4	โครงสร้างของเพคตินชนิดที่มีหมู่เมททอกซิลสูง.....	9
5	Escherichia Coli.....	20
6	Staphylococcus Aureus.....	20
7	ลักษณะของเพคตินจากเปลือกทุเรียนที่สกัดด้วยอุณหภูมิต่าง ๆ ก) เพคตินการค้า ข) เพคตินสกัดด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ค) เพคตินสกัดด้วยอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ง) เพคตินสกัดด้วยอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส.....	35
8	ลักษณะของเพคตินที่สกัดด้วยอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่าง ๆ ก) เพคตินการค้า ข) เพคตินสกัดที่เวลา 1 ชั่วโมง ค) เพคตินสกัดที่เวลา 3 ชั่วโมง ง) เพคตินทุเรียนที่สกัดที่เวลา 5 ชั่วโมง จ) เพคตินสกัดที่เวลา 7 ชั่วโมง.....	38
9	ลักษณะโซนใสที่เกิดจากการทดสอบสารสกัดเพคตินจากเปลือกทุเรียนต่อเชื้อ ก) *S. aureus* TISTR 2329 และ ข) *E. coli* TISTR 073.....	41
10	กราฟมาตรฐานของกรดกาแลคทูโรนิก.....	52
11	กราฟมาตรฐานของสารมาตรฐาน DPPH (กรดแอสคอร์บิก).....	52
12	การเตรียมเปลือกทุเรียนหมอนทอง ก) เปลือกทุเรียนหมอนทอง ข) ด้านในเปลือกทุเรียนที่เป็นสีขาว ค) เปลือกทุเรียนอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ง) เก็บเปลือกทุเรียนอบแห้งในถุงพลาสติกปิดสนิท.....	54
13	การนำเปลือกทุเรียนบดแห้งมาสกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริก ก) การนำกรดไฮโดรคลอริกมาเทใส่ในเปลือกทุเรียนบดแห้ง ข) การคนให้เปลือกทุเรียนและกรดไฮโดรคลอริกเข้ากัน.....	54
14	การตกตะกอนของเพคติน ก) การตกตะกอนเพคตินโดยการเติมเอทานอล ข) การตกตะกอนโดยตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 ชั่วโมง.....	55
15	การกรองแยกตะกอนเพคติน ก) ตะกอนของเพคติน ข) การกรองแยกตะกอนด้วยผ้าขาวบางและล้างตะกอนเพคตินด้วยอะซิโตน.....	55

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ **หน้า**

16 เพคตินหลังจากล้างด้วยอะซิโตน ก) ล้างด้วยอะซิโตน 1 ครั้ง ข) ล้างด้วยอะซิโตน 3 ครั้ง..... 55

17 เพคตินที่สกัดได้ ก) เพคตินที่สกัดได้ใส่ถาดวางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 60 นาที ข) นำเพคตินแบ่งใส่ถาดเพื่อเตรียมทำการอบแห้ง..... 56

18 ลักษณะเพคตินและผงเพคติน ก) ลักษณะเพคตินก่อนทำการอบ ข) ลักษณะเพคตินหลังทำการอบ ค) ลักษณะผงเพคตินที่ทำการเพคตินสกัดด้วยอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ง) เพคตินสกัดด้วยอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส..... 56

19 การวิเคราะห์ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก ก) การเตรียมสาร ข) วัดค่าการดูดกลืนแสง..... 57

20 การหาปริมาณเมททอกซิล ก) การเตรียมสาร ข) การหาปริมาณเมททอกซิล..... 57

21 การวัดค่าสี ก) เครื่องเครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์ ข) การวัดค่าสีใช้ระบบ C I E (L*a*b*)..... 57

22 การเตรียมสารสกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอล ก) การแช่เพคตินในเมทานอล ข) การระเหยโดยใช้เครื่องระเหยสุญญากาศ ค) สารสกัดแพกตินที่ได้ ง) การเตรียมสารสกัดเพคตินเจือจางด้วยเมทานอล..... 58

23 การวิเคราะห์คุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดแพกติน ก) สารสกัดเพคตินความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ทำปฏิกิริยากับ D P P H ข) วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์..... 58

24 การหาคุณสมบัติในการต้านทานเชื้อแบคทีเรีย ก) การปรับความเข้มข้นของเชื้อให้เท่ากับ McFarland 0.5 ข) การทดสอบการยับยั้งเชื้อโดยสารสกัดเพคติน..... 59

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

บทนำ

ความเป็นมา

ปัจจุบันมีของเหลือทิ้งจากแหล่งต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นทิ้งจากครัวเรือน แหล่งค้าขาย หรืออุตสาหกรรมต่าง ๆ ซึ่งจะถูกทิ้งและไม่สามารถนำไปใช้ต่อได้ซึ่งอาจก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะของเหลือทิ้งตามธรรมชาติ ได้แก่ เปลือกของผักและผลไม้ ซึ่งพบว่าในเปลือกของผักและผลไม้จะมีเพคตินสะสมอยู่ในปริมาณมาก โดยเพคตินจะพบได้ตามธรรมชาติเป็นโครงสร้างพื้นฐานของผนังเซลล์พืช เพคตินได้รับการยอมรับและนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มโดยเป็นสารเพิ่มความหนืด สารก่อเจล ในผลิตภัณฑ์แยม เยลลี่ และเป็นสารเพิ่มความคงตัวของคอลลอยด์ในเครื่องดื่มน้ำผลไม้และผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเนื้อคล้ายเยลลี่ (ธนาวรรณ สุขเกษม. 2556 : 40 - 53) นอกจากเพคตินจะใช้ในอุตสาหกรรมอาหารแล้ว ยังมีการนำเพคตินไปใช้ประโยชน์ด้านเภสัชกรรม การแพทย์ เครื่องสำอาง และผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร (ฉรงค์พันธุ์ รัตนปนัดดา. 2558 : 1) ทำให้ประเทศไทยยังต้องมีการนำเข้าสารเพคตินเป็นจำนวนมากในแต่ละปีเพื่อใช้ในด้านต่าง ๆ เนื่องจากยังไม่สามารถผลิตสารเพคตินได้เองหรือผลิตได้ก็อยู่ในวงจำกัดไม่เพียงพอต่อการนำไปใช้ประโยชน์ มีงานวิจัยหลายงานที่มีการสกัดเพคตินจากเศษเหลือทิ้ง เช่น เศษผัก และผลไม้หลากหลายชนิด ของเหลือทิ้งของขนุน เปลือกและกากส้มเหลือทิ้ง (ฉรงค์พันธุ์ รัตนปนัดดา. 2558 : 1; มาริษา ไชยโอสถ. 2549 : 73 - 82; ชวนิฏฐ์ สิทธิดิลกรัตน์ และคณะ. 2548 : 469 - 480)

ทุเรียน (Durian) เป็นผลไม้ที่นิยมเพาะปลูกมากโดยเฉพาะในประเทศไทย เนื่องจากเป็นผลไม้ที่คนนิยมรับประทานกันมากทั้งในและต่างประเทศ ในแต่ละปีมีการส่งออกทุเรียนไปจำหน่ายยังต่างประเทศทั้งในรูปแบบผลสด การแปรรูป รวมทั้งการแช่เยือกแข็งไปจำหน่ายยังต่างประเทศ โดยเฉพาะปัจจุบันทุเรียนเป็นที่นิยมของตลาดจีน ซึ่งนำเข้าทุเรียนจากไทยทั้งในลักษณะทั้งผลและที่แกะเปลือก อีกทั้งการแปรรูปในประเทศไทย เช่น การแปรรูปเป็นทุเรียนทอด ทุเรียนกวน ซึ่งสถานประกอบการที่มีการแปรรูปเหล่านี้ย่อมต้องเหลือเปลือกทิ้งไว้ ซึ่งเปลือกทุเรียนจะมีน้ำหนักมากกว่าครึ่งหนึ่งของน้ำหนักทุเรียนทั้งผล เปลือกจำนวนมากนี้เองจะส่งผลถึงขยะที่ล้นเมืองในอนาคต ด้วยเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาเพื่อนำเปลือกทุเรียนเหล่านี้มาเปลี่ยนให้เป็นประโยชน์โดยทำการศึกษาหาสารสกัดเพคตินจากเปลือกทุเรียนในสภาวะที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ปริมาณผลผลิตเพคตินมากที่สุด และศึกษาคุณสมบัติของเพคตินที่สกัดได้จากเปลือกทุเรียน พร้อมทั้งการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและเป็นสารต้านแบคทีเรีย เพื่อเป็นข้อมูลในการนำไปใช้ประโยชน์ต่อยอดทางด้านอื่น ๆ อีกต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากเปลือกทุเรียนหมอนทอง
2. เพื่อศึกษาสมบัติทางเคมี และทางกายภาพของเพคตินที่สกัดได้จากเปลือกทุเรียน
3. เพื่อศึกษาคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและสารต้านแบคทีเรียของเพคตินจากเปลือกทุเรียนหมอนทอง

ประโยชน์ของการวิจัย

1. ทราบถึงวิธีสกัดที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากเปลือกทุเรียน
2. ทราบถึงสมบัติทางเคมี และทางกายภาพของเพคตินที่สกัดได้จากเปลือกทุเรียน
3. ทราบถึงความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและสารแบคทีเรียของเพคตินจากเปลือกทุเรียน
4. เป็นแนวทางในการพัฒนาการผลิตเพคตินโดยใช้ประโยชน์วัสดุเหลือทิ้งภายในท้องถิ่น
5. ช่วยเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจของเศษเหลือทิ้งจากผลไม้ภายในท้องถิ่น

ขอบเขตของการวิจัย

ในการวิจัยนี้เน้นการศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากเปลือกทุเรียนหมอนทอง วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพ พร้อมทั้งคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและสารต้านแบคทีเรียของเพคตินที่สกัดได้

นิยามคำศัพท์เฉพาะ

เพคติน หมายถึง สารโพลีแซคคาไรด์ที่เป็นโครงสร้างของผนังเซลล์ของพืชชั้นสูงเกือบทุกชนิดและเป็นสารที่ยึดระหว่างเซลล์ให้เข้าด้วยกัน โดยจับกับเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และไกลโคโปรตีนของผนังเซลล์พืช

เปลือกทุเรียน หมายถึง ส่วนของเปลือกด้านในที่เป็นสีขาวของผลทุเรียน ที่มีหนามแหลมเป็นพีระมิดตลอดผล ทรงของผลทุเรียนมีหลายรูปแบบแล้วแต่ชนิดพันธุ์ของทุเรียน ผลมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 15 - 20 เซนติเมตร ความยาวอยู่ที่ลักษณะของทุเรียน

สารต้านอนุมูลอิสระ หมายถึง สารประกอบที่สามารถทำหน้าที่ป้องกัน ยับยั้ง หรือทำลายการเกิดกระบวนการออกซิเดชัน ซึ่งเป็นกระบวนการสำคัญที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระ พบมากในธรรมชาติรวมถึงผักและผลไม้

สถาบันวิทยบริการ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สารต้านจุลินทรีย์ หมายถึง สารที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรียที่เติมลงในอาหารเพื่อป้องกันหรือชะลอการเสื่อมเสียของอาหาร อันเนื่องมาจากจุลินทรีย์ซึ่งอาจเป็นยีสต์ รา หรือแบคทีเรีย

สมมุติฐานในการวิจัย

1. เปลือกทุเรียนหมอนทองสามารถนำมาสกัดเพคตินได้
2. การสกัดเพคตินด้วยสภาวะที่แตกต่างกันจะมีผลต่อปริมาณเพคติน
3. สารสกัดเพคตินที่สกัดได้มีความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียได้

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. ทุเรียน
2. เพคติน
3. การสกัดเพคติน
4. สารต้านอนุมูลอิสระ
5. แบคทีเรีย
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทุเรียน

ทุเรียน (Durian) เป็นไม้ผลไม้เมืองร้อนอยู่ในอันดับ Mavales วงศ์ Bombacaceae สกุล Durio ซึ่งประกอบด้วยสายพันธุ์ (Species) ต่าง ๆ จำนวน 27 ชนิด พันธุ์ที่ปลูกแพร่หลายเป็นการค้า คือ ทุเรียนบ้าน มีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า *Durio Zibethinus* ทุเรียนเป็นไม้ผลที่มีชื่อเสียงมากที่สุดชนิดหนึ่งของประเทศไทย และได้รับการยกย่องให้เป็น “ราชาแห่งผลไม้” ซึ่งมีมากกว่า 200 สายพันธุ์ แต่มีประมาณ 60 - 80 พันธุ์ ที่ปลูกเป็นพันธุ์การค้า และมีเพียง 4 - 5 พันธุ์หลักที่มีการค้าขายมากในปัจจุบัน (ทรงพล สมศรี. 2551 : 7 - 8) ทุเรียนเป็นผลไม้เมืองร้อน มีถิ่นกำเนิดทางเอเชียตอนใต้แถบหมู่เกาะบอร์เนียว อินโดนีเซีย มาเลเซีย ต่อมาได้แพร่กระจายไปยังที่ต่าง ๆ รวมทั้งประเทศไทย ซึ่งคาดว่าได้นำมาปลูกตั้งแต่สมัยต้นกรุงรัตนโกสินทร์ และมีปลูกกันมากในบริเวณกรุงเทพมหานครและนนทบุรี ทุเรียนเป็นพืชที่ชอบอากาศร้อนและฝนตกชุก ชอบสภาพดินร่วนปนทรายระบายน้ำได้ดี จึงสามารถปลูกได้ดีทางภาคตะวันออก และภาคใต้ (สมศักดิ์ วรรณศิริ. 2530 : 14) สำหรับประเทศไทยมีการปลูกทุเรียนเป็นการค้าในหลายจังหวัดทั่วประเทศ โดยมีแหล่งผลิตที่สำคัญของประเทศ คือ จันทบุรี ชุมพร ระยอง ยะลา และนครศรีธรรมราช (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2560 ก : 73)

ทุเรียนจัดเป็นไม้ผลเขตร้อนชอบอากาศร้อน และเจริญเติบโตได้ดีในสภาพที่มีความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 75 - 80 ฝนตกสม่ำเสมอ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,600 - 4,000 มิลลิลิตรต่อปี อุณหภูมิเฉลี่ย 24 - 30 องศาเซลเซียส (ทวีป รื่นรมย์ และภาวนา อัศวะประภา. 2534 : 22 - 25) ทุเรียนเป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ มีอายุ 80 - 150 ปี จัดเป็นไม้เนื้ออ่อนที่ลำต้นมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 50 - 120 เซนติเมตร เป็นพืชใบเลี้ยงคู่ประเภทใบกว้างดอกทุเรียน เป็นดอกสมบูรณ์เพศ (Perfect Flower) จะออกเป็นช่อ ๆ ประมาณ 5 - 30 ดอกต่อช่อ โดยออกตามโคนกิ่งที่แยกออกจากลำต้น

(แสวง ภูศิริ. 2527 : 237) ส่วนผลปกคลุมไปด้วยหนาม ทรงพีระมิด ผลประกอบด้วย 5 พู ภายในมีเมล็ด และเนื้อผลที่เจริญมาจากเยื่อหุ้มเมล็ด และเป็นส่วนที่ใช้รับประทาน รสชาติหวาน มีคุณค่าทางอาหารสูง มีกลิ่น และรสพิเศษเฉพาะตัวเป็นที่นิยมของผู้บริโภค (นิรนาม. 2535 : 182)

ปัจจุบันทุเรียนเป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญ ซึ่งนอกจากบริโภคในประเทศแล้ว ยังสามารถส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศ เช่น จีน ฮ่องกง และเวียดนาม ซึ่งประเทศไทยเป็นแหล่งส่งออกทุเรียนที่สำคัญของโลก เนื่องจากมีชื่อเสียงในด้านคุณภาพ และรสชาติที่ดี รวมทั้งประเทศไทยยังเป็นผู้ผลิตทุเรียนรายใหญ่ที่มีคู่แข่งน้อยราย พันธุ์ทุเรียนที่นิยมปลูกในประเทศไทย ได้แก่ ทุเรียนพันธุ์หมอนทอง ชะนี ก้านยาว และกระดุม ในปี 2559 พบว่ามีเนื้อที่เพาะปลูก 715,341 ไร่ เนื้อที่ให้ผลผลิต 581,659 ไร่ ผลผลิต 517,955 ตัน ส่วนปริมาณส่งออกมีการส่งออกในรูปผลสด 402,660 ตัน คิดเป็นมูลค่า 17,469 ล้านบาท แช่แข็ง 20,430 ตัน คิดเป็นมูลค่า 2,173 ล้านบาท และทุเรียนแปรรูป 1,060 ตัน คิดเป็นมูลค่า 372 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2560 ข : 41)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของทุเรียน

จากรายงานของสำนักงานส่งเสริมการเกษตรภาคตะวันออก (2534 : 14) กล่าวว่า ทุเรียนมีลักษณะทางพฤกษศาสตร์ที่สำคัญ ดังนี้

1. ลำต้น (Stem) เป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ มีอายุยืนยาวถึง 80 - 150 ปี ต้นใหญ่เต็มที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น 50 - 120 เซนติเมตร มีเปลือกแข็งสีเทาเป็นไม้ประเภทเนื้ออ่อน (Soft Wood) มีกิ่งออกจากลำต้นโดยรอบสลับทิศทางกัน

2. ใบ (Leaf) เป็นใบเลี้ยงคู่ ชนิดใบกว้าง (Broad Leaf) เป็นแบบใบเดี่ยว (Simple Leaf) ขนาดกว้าง 2 - 3 นิ้ว ยาว 6 - 8 นิ้ว

3. ดอก (Flower) มีลักษณะคล้ายระฆัง มีส่วนของดอกครบถ้วนและเป็นดอกสมบูรณ์เพศ (Complete Flower) มีรังไข่อยู่เหนือส่วนอื่นของดอก ในแต่ละดอกประกอบด้วย กลีบเลี้ยง กลีบรอง กลีบดอก และเกสรตัวผู้

4. ผล (Fruit) ผลทุเรียนเป็นแบบแคปซูล มีเปลือกหนา มีหนามแข็งเป็นรูปพีระมิดตลอดผล ผลมีลักษณะกลมหรือกลมรี มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 15 - 20 เซนติเมตร ยาว 25 - 35 เซนติเมตร เนื้อจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของดิน สีของเนื้อขึ้นอยู่กับชนิดพันธุ์ของทุเรียนนั้น ๆ รสชาติหวาน มีกลิ่นเฉพาะตัว

สถาบันการจัดการมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

พันธุ์ทุเรียน

ประเทศไทยจำแนกทุเรียนออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือ (ฝ่ายข้อมูลวารสารเคหการเกษตร. 2537 : 110)

1. ทุเรียนนอกหรือทุเรียนพันธุ์พื้นเมือง ได้แก่ ทุเรียนป่า ทุเรียนดอน และทุเรียนนก

2. ทุเรียนในหรือทุเรียนพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์หมอนทอง ชะนี กบ ลวง ก้านยาว และกระดุม เป็นต้น

พันธุ์ สำหรับทุเรียนสามารถแบ่งกลุ่มตามระยะเวลาตั้งแต่ทุเรียนเริ่มผลิดอกถึงระยะผลแก่พร้อมเก็บเกี่ยวได้เป็น 3 กลุ่ม คือ พันธุ์ที่มีอายุเก็บเกี่ยวสั้น ปานกลาง และยาว ผลจะเก็บเกี่ยวได้เมื่ออายุ 95 - 105 วัน 105 - 120 วัน และ 120 - 135 วัน เช่น ทุเรียนพันธุ์กระดุม ชะนี ก้านยาวและหมอนทอง มีอายุการเก็บเกี่ยว 90 - 100, 100 - 110, 120 - 135 และ 120 - 135 วัน หลังดอกบาน ตามลำดับ (ทรงพล สมศรี. 2551 : 11 - 13)

ทุเรียนพันธุ์หมอนทอง

ทุเรียนพันธุ์หมอนทอง ผลมีขนาดค่อนข้างยาวใหญ่ น้ำหนักประมาณ 3 - 4 กิโลกรัม ทรงผลค่อนข้างยาวมีบ่าผล ขั้วผลใหญ่ค่อนข้างยาว ปลายผลแหลม พูมักไม่ค่อยเต็มทุกพู หนามห่าง ระหว่างร่องหนามทุก 1 - 2 ตารางนิ้ว หนามแหลมสูง ฐานหนามเป็นเหลี่ยม ระหว่างหนามใหญ่จะมีหนามเล็กวางแซมอยู่ทั่วไป ซึ่งเรียกหนามชนิดนี้ว่าเขี้ยวงู พูอูมนูนเห็นเด่นชัด ก้านผลใหญ่แข็งแรง ช่วงกลางก้านผลจนถึงปากปลิงจะอ้วนใหญ่เป็นทรงกระบอก เนื้อหนาสีเหลืองอ่อนละเอียด เนื้อค่อนข้างแห้งไม่แฉะติดมือ รสชาติหวานมัน เมล็ดน้อยและลีบเป็นส่วนใหญ่ เป็นพันธุ์หนึ่งที่ได้รับความนิยมสูงในปัจจุบัน เนื่องจากเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคและขายได้ราคาดี (สำนักงานส่งเสริมการเกษตรภาคตะวันออก. 2534 : 18)

องค์ประกอบของทุเรียน

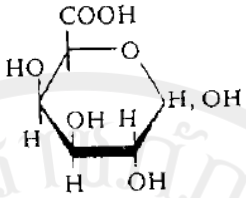
ทุเรียนเป็นผลไม้ที่มีเนื้อมาก น้ำน้อย และความหนืดสูง ตามองค์ประกอบทางเคมีพบว่าทุเรียนมีคาร์โบไฮเดรตอยู่ในปริมาณสูง และคาร์โบไฮเดรตที่พบมีแป้งและน้ำตาลเป็นองค์ประกอบในปริมาณที่เท่ากันอย่างละ 1 ใน 3 ส่วน นอกจากแป้งและน้ำตาลแล้วยังพบเฮมิเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบด้วย สารประกอบเพคตินและกัมซึ่งเป็นตัวทำให้ทุเรียนมีเนื้อสัมผัสเหนียว พบได้ในบริเวณโครงสร้างของเนื้อเยื่อผลไม้ สารประกอบเพคตินจะพบมากบริเวณมิดเดิลลาเมลลา (Middle Lamella) และมักจะรวมกับเซลลูโลสที่บริเวณผนังเซลล์ปฐมภูมิ (Primary Cell Wall) (วิภาดา ศุภจรรยา และปราณี อ่านเปรื่อง. 2537 : 173 - 180)

เพคติน

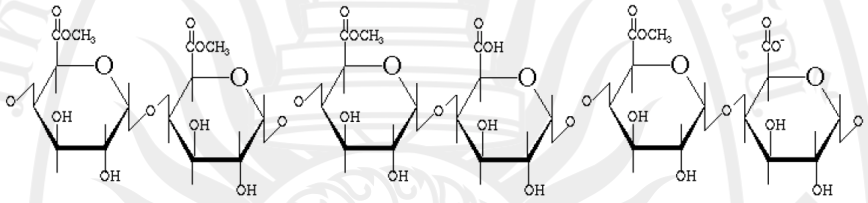
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สารประกอบเพคติน

เพคตินเป็นสารที่เกิดจากโพลิเมอร์ของกรดกาแลคทูโรนิก (D-Galacturonic Acid) ดังภาพประกอบ 1 โดยเชื่อมต่อกันด้วยพันธะแอลฟา 1 - 4 ไกลโคซิดิก (∞-1,4-Glycosidic) และมีหมู่คาร์บอกซิล (-COOH) โดยบางส่วนจะถูกแทนที่ด้วยหมู่เมทิลเอสเทอร์ (-$COOCH_3$) ดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 1 กรดกาแลคทูโรนิก (D-Galacturonic Acid)
ที่มา : รัชนี ตัณฑะพานิชกุล (2547 : 25 - 29)



ภาพประกอบ 2 โครงสร้างของเพคตินที่มีกรดกาแลคทูโรนิกเป็นองค์ประกอบ
ที่มา : องอาจ เด็ดดวง (2553 : 9)

เพคตินเป็นสารประกอบพอลิเมอร์ของโพลีแซคคาไรด์ (Polysaccharide) ที่เป็นโครงสร้างของผนังเซลของพืชชั้นสูงเกือบทุกชนิด และเป็นสารที่ยึดระหว่างเซลล์ หรือชั้นมิดเดิลลาเมลลา (Middle Lamella) ให้เข้าด้วยกัน โดยจับกับเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และไกลโคโปรตีนของผนังเซลล์พืช โดยเฉพาะบริเวณที่มีเนื้อเยื่ออ่อน เช่น ต้นอ่อน ใบ และผลไม้ พบมากโดยเฉพาะผลไม้จำพวกผลไม้ตระกูลส้ม เช่น ส้มโอ ส้ม มะนาว นอกจากนี้ยังพบในพืชชนิดอื่น ๆ เช่น แอปเปิ้ล หัวบีท มะม่วง ฝรั่ง และดอกทานตะวัน เป็นต้น ในอุตสาหกรรมการผลิตเพคตินส่วนใหญ่นิยมสกัดจากเปลือกด้านในของผลไม้ตระกูลส้ม ซึ่งมีปริมาณเพคตินถึงร้อยละ 25 ต่อน้ำหนักแห้ง และนิยมใช้กากแอปเปิ้ลซึ่งมีปริมาณเพคตินประมาณร้อยละ 15 - 18 ต่อน้ำหนักแห้ง เพคตินที่สกัดได้จากเนื้อเยื่อพืชเหล่านี้มีสมบัติในการเกิดเจลได้เมื่อเติมกรดและน้ำตาลในปริมาณที่เหมาะสม (องอาจ เด็ดดวง. 2553 : 7 - 8)

สารประกอบเพคตินสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

1. โปรโตเพคติน (Protopectin) เป็นสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำ และเป็นสารตั้งต้นของสารประกอบเพคตินชนิดอื่น ๆ ซึ่งมีอยู่ในเนื้อเยื่อพืช สารเหล่านี้เมื่อเกิดไฮโดรไลซิสจะได้เพคตินหรือกรดเพคตินิก (Pectinic Acid) โปรโตเพคตินจะมีอยู่ในผลไม้ดิบ ซึ่งแก่จัดเต็มที่ระหว่างที่ผลไม้สุก

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

เอนไซม์ในผลไม้จะสลายโปรโตเพคตินและเกิดเป็นเพคติน โมเลกุลของโปรโตเพคตินมีหมู่เมททอกซิลอยู่ในโมเลกุลประมาณร้อยละ 9 - 12 เมื่อผลไม้สุกงอมหรือเน่าเสียจะเกิดการย่อยสลายเพคตินต่อจนได้กรดเพคติกและเมทิลแอลกอฮอล์ เนื่องจากโปรโตเพคตินเป็นตัวเชื่อมประสานของเซลล์ในเนื้อเยื่อผลไม้ การสลายโปรโตเพคตินเป็นเพกตินซึ่งละลายน้ำจะทำให้พันธะระหว่างเซลล์อ่อนตัวลง ผลไม้จึงมีลักษณะนุ่มขึ้นเมื่อสุกแก่ โปรโตเพคตินอาจเกิดปฏิกิริยาซาโปนิฟิเคชั่น (Saponification) ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เกิดกรดเพคติกและเมทิลแอลกอฮอล์ได้ (กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์. 2536 : 249 - 270) โครงสร้างของเพคตินมีแขนงข้างที่ประกอบด้วยน้ำตาลกาแลคโตสเป็นจำนวนมาก โปรโตเพคตินเปลี่ยนแปลงจากรูปที่ไม่ละลายน้ำเป็นรูปที่ละลายน้ำ โดยการทำงานของเอนไซม์โปรโตเพคตินเนส (Protopectinase) ทำให้เกิดการแยกตัวของเซลล์พืช ซึ่งสังเกตได้จากการที่เนื้อเยื่อพืชจะมีความแน่นเนื้อน้อยลง และนิ่มลง

2. กรดเพคตินิก (Pectinic Acid) เป็นสารประกอบเพคตินหรือพอลิเมอร์ของกรดกาแลคทูโรนิกที่มีหมู่เมทิลเอสเทอร์เหลืออยู่บางส่วน และเมื่อถูกไฮโดรไลซ์เอาหมู่เอสเทอร์ออกจนหมดจะได้เป็นกรดเพคติน (นิธิยา รัตนาปนนท์. 2545 : 181)

3. กรดเพคติก (Pectic Acid) เป็นอนุพันธ์ของเพคตินที่มีโซ่สั้น ๆ เกิดขึ้นเมื่อผลไม้สุกเต็มที่ ซึ่งเป็นสารประกอบเพคตินหรือพอลิเมอร์ของกาแลคทูโรนิกที่ไม่มีหมู่เมทิลเอสเทอร์อยู่ในโมเลกุลเลย (นิธิยา รัตนาปนนท์. 2545 : 183)

4. เพคตินเป็นตัวทำให้เกิดเจล (Gelling Agent) ที่ดี โดยทั่วไปสมบัติในการเกิดเจลของเพคตินขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 อย่าง คือ ความยาวของสายพอลิเมอร์และระดับการเกิดเมททอกซิล (Degree of methoxylation ; DM) และการเกิดเจลได้ในภาวะที่มีกรดและน้ำตาล การเกิดเจลของเพคตินจะต้องมีสารช่วยดูดน้ำออกจากโมเลกุล (Dehydrating Agent) เช่น น้ำตาลจะช่วยลดการละลายของเพคตินให้น้อยลง และมีกรดในปริมาณที่เหมาะสมโดยไฮโดรเจนไอออน (H^+) จากกรดจะช่วยลดจำนวนประจุลบของหมู่คาร์บอกซิลให้น้อยลง ทำให้ลดการผลักกันระหว่างประจุลบที่มีหมู่คาร์บอกซิลทำให้สายของเพคตินโมเลกุลเข้ามาใกล้กันได้และเกาะตัวกันเป็นตาข่าย เพคตินที่เกิดเจลที่ดีที่สุดคือ เพคตินที่มีหมู่เมททอกซิลในโมเลกุลประมาณร้อยละ 8 คือ มีระดับการเกิดเมททอกซิลประมาณร้อยละ 50 (นิธิยา รัตนาปนนท์. 2545 : 184 - 185)

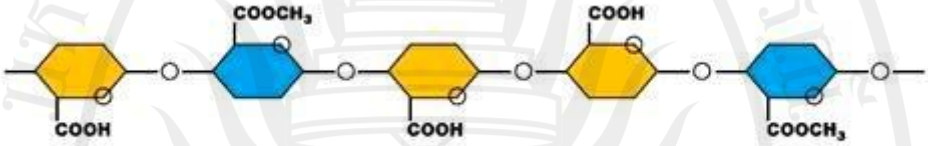
ชนิดของเพคติน

เพคตินแบ่งตามระดับของการเกิดเอสเทอริฟิเคชั่นได้ 2 ระดับ ดังนี้

1. เพคตินชนิดที่มีเมททอกซิลต่ำ (Low Methoxyl Pectin : LMP) ดังภาพประกอบ 3 เป็นเพคตินที่มีระดับของการแทนที่ด้วยหมู่เมททอกซิลต่ำ หรือมีระดับการเกิดเอสเทอร์น้อยกว่าร้อยละ 50 ในเพคตินทางการค้าจะมีระดับการเกิดเอสเทอร์อยู่ในช่วงร้อยละ 20 - 40 การเกิด

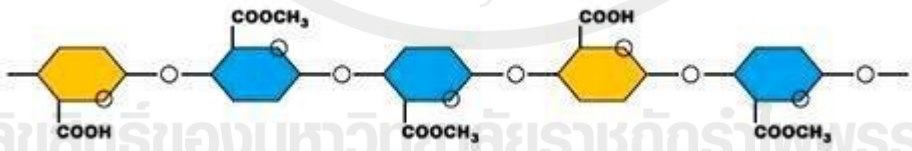
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

เจลชนิดนี้จะไม่เกิดเจลกับน้ำตาลและกรด แต่จะเกิดเจลร่วมกับแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) อยู่ประมาณร้อยละ 3 - 7 มีของแข็ง ที่ละลายได้ทั้งหมด (Total Soluble Solid) ตั้งแต่ร้อยละ 10 - 80 เพคตินชนิดนี้จะไม่สามารถเกิดเจลได้หากมีปริมาณแคลเซียมไม่เพียงพอ เนื้อสัมผัสของเจลจะมีความอ่อนนุ่มและยืดหยุ่นมากกว่าเจลที่ได้จากเพคตินที่มีเมททอกซิลสูง (ธนาวรรณ สุขเกษม. 2556 : 12) การละลายน้ำจะสามารถละลายได้ในน้ำกระด้างโดยจะสามารถละลายได้ดีในน้ำอุ่น หรือน้ำที่มีอุณหภูมิมากกว่า 60 องศาเซลเซียส ซึ่งใช้ความร้อนเป็นตัวช่วยในการละลาย เพคตินชนิดนี้นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารที่ต้องการให้มีปริมาณน้ำตาลเพียงเล็กน้อย เช่น ผลิตภัณฑ์ลดน้ำหนัก (องอาจ เด็ดดวง. 2553 : 24)



ภาพประกอบ 3 โครงสร้างของเพคตินชนิดที่มีเมททอกซิลต่ำ
ที่มา : Silvateam. Online. 2011

2. เพคตินชนิดที่มีหมู่เมททอกซิลสูง (High Methoxyl Pectin : HMP) ดังภาพประกอบ 4 เป็นเพคตินที่มีระดับของการแทนที่ด้วยหมู่เมททอกซิลสูง หรือมีระดับการเกิดเอสเทอร์มากกว่าร้อยละ 50 ในเพคตินทางการค้าจะมีระดับการเกิดเอสเทอร์อยู่ในช่วงร้อยละ 55 - 65 การเกิดเจลจะเกิดเจลได้เฉพาะในระบบที่มีน้ำตาล และมีกรดเป็นองค์ประกอบ ถ้ามีปริมาณน้ำตาลและค่าความเป็นกรดมากก็จะทำให้ความแข็งแรงของเจลเพคตินเพิ่มขึ้น (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. ออนไลน์. 2553) การละลายน้ำจะสามารถละลายได้ในน้ำเย็น แต่จะมีการจับตัวกันเป็นก้อนทำให้ละลายได้ช้าและยาก จึงต้องใช้วิธีการกวนเพื่อช่วยในการละลายของเพคติน เพคตินชนิดนี้นิยมใช้ในการผลิตแยม เบเกอรี่ หรือขนมหวาน (องอาจ เด็ดดวง. 2553 : 27)



ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาพประกอบ 4 โครงสร้างของเพคตินชนิดที่มีหมู่เมททอกซิลสูง
ที่มา : Silvateam. Online. 2011

ปัจจัยบ่งชี้คุณภาพเพคติน

การสกัดเพคตินโดยการหาปริมาณเพคตินที่มีอยู่ในพืชเพียงอย่าวเดียวนั้นไม่เพียงพอที่จะบอกได้ว่าพืชชนิดนั้นมีคุณสมบัติที่จะสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งของเพคตินในระดับอุตสาหกรรมได้ จำต้องเป็นมีการวิเคราะห์คุณภาพของเพคตินที่เราสกัดได้ โดยมีปัจจัยเกี่ยวข้องดังนี้

1. ระดับการเกิดเอสเทอร์ (DE) เป็นการหาร้อยละของกรดกาแลคทูโรนิกที่ถูกเอสเทอร์ริไฟด์ด้วยหมู่เมทิล ถ้ามีหมู่คาร์บอกซิลในกรดพอลีกาแลคทูโรนิกทั้งหมดเป็นเอสเทอร์จะมีปริมาณของหมู่เมททอกซิลร้อยละ 16.32 ซึ่งลักษณะนี้จะถือว่าเป็นระดับของการเกิดเอสเทอร์ร้อยละ 100 (Kertesz. 1951 : 79 - 80) โดยมีการแบ่งเพคตินตามระดับการเกิดเอสเทอร์ คือ เพคตินชนิดที่มีระดับการเกิดเอสเทอร์มากกว่าร้อยละ 50 ขึ้นไป หรือมีปริมาณเมททอกซิลตั้งแต่ร้อยละ 8.16 ขึ้นไปจัดเป็นเพคตินชนิดที่มีหมู่เมททอกซิลสูง ส่วนเพคตินชนิดที่มีระดับการเกิดเอสเทอร์น้อยกว่าร้อยละ 50 หรือมีปริมาณเมททอกซิลต่ำกว่าร้อยละ 8.16 จัดเป็นเพคตินชนิดที่มีหมู่เมททอกซิลสูง

2. กรดแลคทูโรนิก (Galacturoniac Acid) คือ การนำเพคตินที่สกัดได้ไปทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟิวริกเพื่อให้ไฮโดรเจนไอออน (H^+) เข้าแทนที่หมู่เมทิลกับไอออนของโลหะ ซึ่งจะทำให้ได้กรดกาแลคทูโรนิกที่มีหมู่คาร์บอกซิล เป็นองค์ประกอบทั้งหมด จากนั้นนำไปทำปฏิกิริยากับสารละลายคาร์บาซอลก็จะได้สารละลายสีม่วง แล้วนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงเพื่อหาปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกจากเพคตินที่เราสกัดได้ (ธนาวรรณ สุขเกษม. 2556 : 14)

3. ปริมาณน้ำหนักสมมูล (Equivalent Weight; Eq.Wt.) หมายถึง จำนวนกรัมของกรดพอลีกาแลคทูโรนิกบริสุทธิ์ (Polygalacturonic Acid) โดยขึ้นอยู่กับระดับการเกิดเอสเทอร์ ซึ่งจะสัมพันธ์กับจำนวนกลุ่มของหมู่คาร์บอกซิลอิสระ 1 กรัมโมล ที่สมมูลย์กับไฮดรอกซิล 1 กรัมโมล ซึ่งใช้วิธีการไตเตรตด้วยสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide; NaOH) (ณรงค์ ศิขิรัมย์. 2546 : 41)

4. ปริมาณหมู่เมททอกซิล (Methoxyl Content; MeO.) หมายถึง จำนวนของหมู่เมททอกซิลที่อยู่ในโมเลกุลของเพคติน ปริมาณหมู่เมททอกซิลนี้จะคล้ายกับระดับการเกิดเอสเทอร์ และเป็นตัวแปรสำคัญที่ใช้ในการควบคุมเวลาในการเกิดเจลของเพคติน และความว่องไวในการตอบสนองต่อโพลีวาเลนต์แคตไอออน (Polyvalent Cation) ซึ่งใช้วิธีการหาโดยการทำปฏิกิริยาสปอนนิฟิเคชั่นของเพคติน และทำการไทเทรตเพื่อหาหมู่คาร์บอกซิลอิสระด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Ranganna. 1986 : 724 - 725)

5. ปริมาณหมู่อะซิทิล (Acetyl Content) จากรายงานของรังกานนา Ranganna (1986 : 726 - 727) กล่าวว่า พืชบางชนิด เช่น หัวบีท และดอกทานตะวัน อาจมีหมู่อะซิทิล (Acetyl Group) ซึ่งจะมีผลทำให้ประสิทธิภาพของการเกิดเจลของเพคตินลดน้อยลง และจากรายงานของเคอเทสแซท (Kertesz

(1951 : 79-81) กล่าวว่าหมู่อะซิทิล ส่วนมากจะอยู่ที่คาร์บอนในตำแหน่งที่ 2 หรือ 3 โดยจะเกาะที่หมู่ไฮดรอกซิล ปริมาณอะซิทิลในสารเพคตินที่ได้จากพืชแต่ละชนิดนั้นจะมีปริมาณสารเพคตินมากน้อยแตกต่างกันออกไป ซึ่งขึ้นอยู่กับการทำปฏิกิริยาสปอนนิฟิเคชั่นของเพคติน และนำมาทำปฏิกิริยากับแมกนีเซียมซัลเฟตและกรดซัลฟิวริก โดยกรดซัลฟิวริกจะทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา หลังจากนั้นก็นำไปทำการไทเทรตกับหมู่อะซิทิลอิสระที่เกิดขึ้นกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

6. ปริมาณกรดยูโรนิก (Anhydrouronic Acid) เป็นค่าที่บ่งบอกความบริสุทธิ์ของเพคติน เนื่องจากเพคตินมีองค์ประกอบที่สำคัญ คือ กรดโพลีกาแลคทูโรนิก (Esterified Polygalacturonic Acid) นอกจากนี้โครงสร้างของเพคตินอาจมีองค์ประกอบอื่นๆ เช่น น้ำตาลแอมบิโนส กาแลคโตส หรือน้ำตาลตัวอื่น ๆ รวมอยู่ด้วย ซึ่งถ้าเพคตินมีสารเหล่านี้ปนอยู่มากจะทำให้มีปริมาณกรดยูโรนิกต่ำ การหาปริมาณกรดยูโรนิกสามารถทำได้โดยใช้วิธีดิเอสเทอริฟิเคชั่นเพคตินด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ แล้วนำมาทำปฏิกิริยากับสารละลายคาร์บาโซล (Ranganna. 1986 : 728 - 730) หลังจากนั้นทำการวัดความเข้มของสีที่เกิดขึ้นโดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงเทียบกับกราฟมาตรฐาน

7. เจลลี่เกรด (Jelly Grade) เป็นค่าที่บ่งบอกความสามารถของเพคตินในการเกิดเจล ซึ่งประเมินได้จากการนำเพคตินที่สกัดได้มาเตรียมเป็นเยลลี่ในสภาวะมาตรฐานกำหนด โดยใช้เพคตินในปริมาณต่าง ๆ หรือใช้ในปริมาณที่แตกต่างกัน จากนั้นนำเยลลี่มาเปรียบเทียบความแข็งกับเยลลี่มาตรฐาน และทำการประเมินค่าเจลลี่เกรด (Ranganna. 1986 : 731 - 732)

การนำไปใช้ประโยชน์ในอาหาร

ในปัจจุบันเรานิยมนำเพคตินมาใช้ในอาหารประเภทต่าง ๆ เช่น แยม เยลลี่ เบเกอรี่ เครื่องดื่ม และผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะคล้ายเยลลี่ โดยเพคตินมีหน้าที่ ดังนี้

1. เป็นตัวทำให้เกิดเจล เพคตินมีคุณสมบัติพิเศษ คือ เมื่อรวมตัวกับน้ำตาลและกรดในปริมาณที่เหมาะสม เกิดเป็นเจลที่อ่อนนุ่ม นิยมนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ แยมหรือเยลลี่

2. เป็นสารที่ทำให้เกิดการข้นหนืดของผลิตภัณฑ์อาหาร

3. เป็นสารที่ทำให้เกิดการคงตัว (Stabilizer) ป้องกันการตกตะกอนของนมเปรี้ยว ซึ่งทำหน้าที่ป้องกันการตกตะกอนโปรตีนเคซีน

4. เป็นสารที่ทำหน้าที่เป็นตัวประสาน (Emulsifier) ทำให้เกิดการคงตัวโดยทำหน้าที่ลดแรงตึงผิวระหว่างเฟสของน้ำมันและน้ำ

5. เป็นสารพรีไบโอติก (Prebiotic) ซึ่งเป็นอาหารของแบคทีเรียกลุ่มโพรไบโอติก (Probiotic) ซึ่งเป็นประโยชน์แก่ร่างกาย และเป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพ (Funcitional Food)

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6. การเติมเพคตินชนิดเมททอกซิลต่ำในปริมาณเล็กน้อยลงในโยเกิร์ตจะช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของโยเกิร์ตให้ดีขึ้น

7. ในน้ำผลไม้เข้มข้นจะเติมเพคตินชนิดเมททอกซิลสูง เพื่อช่วยเพิ่มความคงตัวให้กับอนุภาคของเนื้อผลไม้ ทำให้เกิดกระจายตัวของสารแขวนลอย และไม่ทำให้เกิดการตกตะกอน

8. ในน้ำผลไม้ผงสำเร็จรูปจะมีการเติมเพคตินชนิดเมททอกซิลสูง ลงไปเพื่อให้เกิดความรู้สึกเหมือนรับประทานน้ำผลไม้ธรรมชาติในขณะดื่ม

9. ในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ เช่น แยมที่นำมาเติมในทาร์ต (Tart) จะทนต่อการอบ ทำให้ผิวเรียบเป็นเงาหลังจากการอบ

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

การสกัดเพคติน

การสกัดเพคตินเพคตินจากเนื้อเยื่อพืช

การสกัดเพคตินจากเนื้อเยื่อพืช เป็นการสกัดโดยอาศัยหลักการทำให้เพคตินละลายออกมาจากเนื้อเยื่อพืช ซึ่งโดยทั่วไปเพคตินในเนื้อเยื่อพืชจะอยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำ ซึ่งโปรโตเพคตินจะอยู่รวมกับสารอื่น เช่น เซลลูโลส แคลเซียม และอิออนอื่น ๆ การที่จะทำให้สารเหล่านี้ละลายออกมาได้ก็ต้องสกัดด้วยสารละลายกรดหรือสารละลายด่างที่ร้อน โดยทั่วไปขั้นตอนการสกัดเพคตินจะมีกรรมวิธี ดังนี้

1. การเตรียมวัตถุดิบ นำวัตถุดิบที่เตรียมไว้ไปบด และขจัดสิ่งแปลกปลอมต่าง ๆ เช่น สี สารให้รสขม กรด น้ำตาล ตลอดจนสารอื่น ๆ ออกให้หมด โดยวิธีล้างด้วยน้ำเย็น และล้างด้วยเอทานอล ในกระบวนการล้างอาจมีเพคตินบางส่วนละลายไปกับน้ำ ซึ่งเป็นเพคตินที่มีคุณภาพต่ำ ส่วนเพคตินที่เหลืออยู่จะเป็นเพคตินที่อยู่ในรูปโปรโตเพคตินซึ่งเป็นสารที่ไม่ละลายน้ำ การล้างน้ำควรล้างหลาย ๆ ครั้ง พร้อมทั้งคนไปด้วย เพคตินที่สกัดออกมาจะมีคุณภาพดีหรือไม่ดีขึ้นอยู่กับการล้างเป็นสำคัญ หากเรากำจัดสิ่งแปลกออกไปไม่หมดจะทำให้สารละลายเพคตินเข้มข้นขึ้นไม่เกิดเจล หรือถ้าเป็นเพคตินผงเพคตินที่ได้จะดูดความชื้นและจับกันเป็นก้อน ส่วนการล้างด้วยเอทานอลนั้นเมื่อล้างด้วยน้ำเสร็จก็นำมาล้างต่อในแอลกอฮอล์ร้อยละ 95 เพื่อขจัดสารที่ละลายได้ในเอทานอลออกมา โดยนำมาต้มในเอทานอลชนิดร้อยละ 95 เป็นเวลา 12 - 18 นาที ความร้อนจะสามารถเข้าทำลายเพคติคเอนไซม์ (Pectic Enzyme) ซึ่งการต้มวัตถุดิบในเอทานอลก่อนทำการสกัดจะทำให้ลดปริมาณสารปนเปื้อนและทำให้ได้ปริมาณเพคตินออกมามาก (รัชฎา ตั้งวงศ์ไชย และคณะ. 2544 : 6)

2. วิธีการสกัดเพคติน การสกัดเพคตินสามารถทำได้โดยวิธีไฮโดรไลซ์ด้วยสารละลายกรดหรือด่าง การสกัดเพคตินด้วยสารละลายด่างจะทำให้เกิดปฏิกิริยาดีเอสเทอริฟิเคชั่นสูงกว่าการใช้สารละลายกรด ซึ่งสารละลายด่างนี้จะทำให้โมเลกุลของเพคตินถูกทำลายเป็นสายสั้นลง ในทางอุตสาหกรรมนิยมใช้สารละลายกรดในการสกัดเพคติน โดยสารละลายกรดที่นิยมใช้คือกรดไฮโดรคลอริกและกรดไนตริก (รัชฎา ตั้งวงศ์ไชย และคณะ. 2544 : 11)

3. การตกตะกอน นำสารที่ได้มาตกตะกอนด้วยตัวทำละลายโดยใช้อะซิโตนหรือเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 50 - 70 ตะกอนที่ได้อยู่ในรูปไฟบรัซ (Fibrous) หรือสปอง (Sponge) ซึ่งถ้ามีไฟบรัซมากเพคตินที่ได้ก็จะมีค่าความแข็งแรงของเจลมาก เอทานอลเป็นสารที่นิยมใช้ในการตกตะกอนเพคติน การตกตะกอนด้วยเอทานอลมีข้อเสียว่าสารที่ไม่ใช่สารเพคตินจะตกตะกอนออกมาด้วย เช่น เฮมิเซลลูโลส รวมทั้งมีเถ้าปนออกมาด้วย การตกตะกอนด้วยเอทานอลซ้ำหลาย ๆ ครั้งก็จะช่วยให้มีความบริสุทธิ์มากขึ้น และก็จะได้สารยูโรไนด์ (Uronide) ก็เพิ่มมากขึ้น ในการตกตะกอนสารละลายเพคตินด้วยเอทานอล จึงมีการเติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นพร้อมกับการคนอย่างแรง จากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนด้วยเอทานอลซ้ำอีกครั้งหนึ่ง เพื่อช่วยลดปริมาณเถ้าที่ปนออกมา และช่วยให้เพคตินมีความบริสุทธิ์มากยิ่งขึ้น จากนั้นนำตะกอนของเพคตินที่ผ่านการกรองแล้วนำไปล้างด้วยเอทานอลอีกครั้ง เพื่อกำจัดอนุมูลคลอไรด์ที่หลงเหลืออยู่ในตะกอนเพคติน ก่อนนำตะกอนเพกตินที่ได้มาทำให้แห้งแล้วนำไปบด ก็จะได้เพคตินที่เป็นผงในที่สุด (Kertesz. 1951 : 82 - 84)

4. การทำผงเพคติน หลังจากที่ได้ตะกอนเพคตินที่ผ่านการล้างมาแล้วก็จะนำมาอัดเป็นแผ่นบาง และนำไปอบภายใต้สุญญากาศซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 40 องศาเซลเซียส หรืออบในตู้ธรรมดา หรือใช้วิธีตากแดดให้แห้งก็ได้ เมื่อเพคตินแห้งแล้วจึงนำไปบดเป็นผงและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 - 120 เมช ก่อนนำออกไปจำหน่ายจะมีการปรับเพคตินให้ได้มาตรฐานตามวิธีของ C.P.P.F Method ซึ่งจะแบ่งเกรดของเพคตินได้ตั้งแต่ 10 ถึง 220 เกรด (จิตโสภิญ กะสงค์. 2543 : 22 - 27)

ปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดเพคติน

การสกัดสารเพคตินจากเนื้อเยื่อพืชด้วยวิธีการไฮโดรไลซ์ด้วยสารละลายกรดนั้นมีปัจจัยหลายชนิดมาเกี่ยวข้อง ซึ่งมีทั้งปัจจัยด้านคุณสมบัติของเนื้อเยื่อพืชที่จะนำมาใช้เป็นวัตถุดิบหรือปัจจัยด้านกระบวนการที่นำมาใช้ในการสกัด ซึ่งปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้จะมีผลต่อปริมาณเพคตินและคุณสมบัติของเพคตินที่สกัดได้ โดยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

1. ชนิดของผลไม้ พืชต่างชนิดกันจะมีปริมาณและคุณภาพของเพคตินไม่เหมือนกัน ปริมาณและคุณภาพของเพคตินในเนื้อเยื่อพืชจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของพืช เนื้อเยื่อ พันธุ์

และอายุของพืช พืชที่มีเพคตินปริมาณสูงมักจะถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมการสกัดเพคติน คือ แอปเปิ้ล และผลไม้ตระกูลส้ม ซึ่งมีปริมาณเพคตินสูง และมีคุณภาพดี รวมทั้งส่วนต่าง ๆ ของพืชชนิดเดียวกันที่มีเนื้อเยื่อพืชเป็นองค์ประกอบแต่ละส่วนจะมีปริมาณของเพคตินที่แตกต่างกัน (รัชฎา ตั้งวงค์ไชย และคณะ. 2544 : 7)

2. ความแก่อ่อนของผลไม้ ความอ่อนแก่ของพืชจะมีผลต่อปริมาณและคุณภาพของเพคติน เพคตินในพืชหรือผลไม้ดิบจะมีเพคตินอยู่ในรูปของโปรโตเพคติน แต่เมื่อพืชหรือผลไม้มีการสุกแก่จะมีเอนไซม์โปรโตเพกติเนสไฮโดรไลซ์ โปรโตเพคตินจากสารที่ไม่ละลายน้ำเป็นเพคตินซึ่งเป็นสารที่ละลายน้ำได้ ต่อมาเมื่อเพคตินในผลไม้จะถูกไฮโดรไลซ์ด้วยเอนไซม์เพกติเนสก็จะได้กรดเพคตินซึ่งเป็นสารคอลลอยด์ของกรดโพลีกาแลคทูโรนิกที่ไม่มีเมทิลเอสเทอร์ (Methly Ester) ในโมเลกุล กรดเพคตินนี้ไม่เกิดเจลกับน้ำตาลและกรด (แสงสวัสดิ์ เจริญตระกูล. 2533 : 14)

3. พันธุ์ของผลไม้ จากการศึกษาของอังกาน และเทรฟทาวน์ (Askar and Treptow. 1993 : 557 - 560) พบว่า ผลไม้ชนิดเดียวกันแต่ต่างพันธุ์กันมีปริมาณเพคตินต่างกัน เช่น ผลไม้ประเภทส้มสกุล Citrus, Lemon, Lime และ Pomelo พบว่า ส้มมีปริมาณเพคตินมากที่สุด Grapefruit ส่วนในวัตถุดิบชนิดอื่นได้มีการศึกษาการสกัดเพคตินจากจานรองดอกทานตะวัน 3 สายพันธุ์คือ *Armavirsky, Zaria* และ *Record* พบว่าสายพันธุ์ที่แตกต่างกันมีผลทำให้ปริมาณเพคตินที่สกัดได้มีปริมาณที่แตกต่างกัน โดยสายพันธุ์ *Zaria* มีปริมาณเพคตินสูงสุด รองลงมาเป็นพันธุ์ *Record* และ *Armavirsky* ตามลำดับ (Sahari and et al. 2003 : 43 - 47)

4. ชนิดและความเข้มข้นของสารละลายกรด การสกัดเพคตินสามารถทำได้โดยการใช้วิธีไฮโดรไลซ์เพคตินด้วยสารละลายกรด กรดที่ถูกนำมาใช้ในกระบวนการสกัดเพคติน ได้แก่ กรดอนินทรีย์ และกรดอินทรีย์ ซึ่งกรดอินทรีย์ที่นิยมใช้ คือ กรดซิตริก และกรดมาลิก ในทางอุตสาหกรรมกรดที่นำมาใช้การสกัดเพคตินนิยมใช้กรดจำพวกกรดอนินทรีย์ซึ่งได้แก่ กรดไฮโดรคลอริก และกรดไนตริก และพบว่ากรดที่นิยมนำมาใช้กันมากที่สุดคือกรดไฮโดรคลอริก เนื่องจากมีราคาถูก และมีความปลอดภัยในการใช้งานมากกว่ากรดชนิดอื่นๆ ประกอบกับกรดชนิดนี้ที่มีประสิทธิภาพสูง และสามารถถูกกำจัดออกได้ง่าย (ธานี ตระกูลอินทร์. 2533 : 17 - 18)

5. จำนวนครั้งที่ทำการสกัด การสกัดเพคตินในครั้งแรกจะมีปริมาณเพคตินสูงกว่าการสกัดซ้ำในครั้งต่อ ๆ ไป ปริมาณของเพกตินที่ทำการสกัดในแต่ละครั้งยังขึ้นอยู่กับชนิดของกรดด้วย การใช้กรดไฮโดรคลอริกสกัดครั้งที่ 1 จะได้ปริมาณเพคตินมากที่สุด ในครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 จะได้ปริมาณลดลง ส่วนสกัดด้วยกรดซิตริก พบว่าการสกัดครั้งที่ 1 จะได้ปริมาณเพคตินมากที่สุด ในครั้งที่ 2 และ 3 จะได้ปริมาณเพคตินลดลงเช่นเดียวกับการสกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริก กรดทั้ง 2 จะมีข้อแตกต่างกัน คือแต่ถ้าใช้กรดซิตริกเป็นตัวสกัดเพคตินจะต้องทำการสกัด 2 ครั้งจึงจะสกัดเพคติน

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ได้ประมาณร้อยละ 90 แต่ถ้าใช้กรดไฮโดรคลอริกในการสกัดเพคตินเพียงครั้งเดียว ก็สามารถสกัดเพคตินได้ประมาณร้อยละ 90 โดยปริมาณกรดยูโรนิก และปริมาณเมททอกซิลของเพคตินที่ได้จากการสกัดในแต่ละครั้งของการสกัด จะมีความแตกต่างกันน้อยมาก (ณรงค์ ศิขิรัมย์. 2546 : 42 - 45)

6. อัตราส่วนของสารที่ใช้ต่อเนื้อเยื่อพืช อัตราส่วนของน้ำหนักเนื้อเยื่อพืชต่อปริมาตรของสารละลายกรดที่ใช้ในการสกัดสารเพคติน ซึ่งถือว่าเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อประสิทธิภาพการสกัดเพคติน ซึ่งอัตราส่วนที่เหมาะสมจะขึ้นอยู่กับชนิดของเนื้อเยื่อพืช เช่น จากรายงานของมาริษา ไชยโอสถ (2549 : 73 - 77) พบว่าอัตราส่วนของน้ำหนักเนื้อเยื่อพืชสด (กรัม) ต่อปริมาตรของสารละลายกรด (มิลลิลิตร) ที่เหมาะสมต่อการสกัดเพคตินจากของเหลือทิ้งของขนุนเป็น 1:15 โดยให้ปริมาณเพคตินสูงที่สุดร้อยละ 7.59 ส่วนรายงานของธนาวรรณ สุขเกษม (2556 : 92) พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากกะหล่ำปลีภูทับเบิก เป็น 2:1 ให้ปริมาณเพคตินมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 0.79 จากรายงาน จะเห็นได้ว่าเนื้อเยื่อพืชต่างชนิดกัน ก็จะต้องใช้อัตราส่วนของสารในการสกัดเพคตินในปริมาณที่แตกต่างกันไปด้วย

7. เวลา อุณหภูมิและความเป็นกรด-ด่างที่ใช้ในการสกัด เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อคุณภาพและปริมาณของเพคตินที่สกัดได้ ซึ่งนอกจากตัวแปรทั้งสองแล้วคุณภาพและปริมาณของเพคตินที่สกัดได้ยังมีความสัมพันธ์กับสภาวะความเป็นกรด-ด่าง ที่ใช้ในการสกัดอีกด้วย

สารต้านอนุมูลอิสระ

อนุมูลอิสระ

อนุมูลอิสระ (Free Radicals) คือ อะตอมหรือโมเลกุลที่มีอิเลคตรอนโดดเดี่ยว ปกติแร่ธาตุทั้งหลายในร่างกายเราจะมีอิเลคตรอนอยู่วงรอบนอกเป็นจำนวนคู่ ซึ่งทำให้โมเลกุลนั้นคงตัว หากอิเลคตรอนขาดคู่จะทำให้สารนั้นมีปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ว่องไว โดยไปดึงหรือแย่งชิงเอาอิเลคตรอนโมเลกุลหรืออะตอมจากสารอื่นมา เพื่อทำให้อะตอมหรือโมเลกุลของตัวเองมีความเสถียร ซึ่งทำให้เกิดอนุมูลอิสระชนิดใหม่ขึ้นมา อนุมูลอิสระที่เกิดมาใหม่ก็จะไปดึงอิเลคตรอนจากอะตอมหรือโมเลกุลของสารข้างเคียงหรือสารอื่นขึ้นมาอีก ทำให้เกิดเป็นปฏิกิริยาที่เรียกว่าปฏิกิริยาลูกโซ่ (Chain Reaction) (ขนิษฐา คงยอด. 2553 : 14) ในกรณีที่มีการสูญเสียและรับอิเลคตรอนมาอีกเพียง 1 ตัว จะทำให้โมเลกุลนั้นไม่เสถียร การทำลายของอนุมูลอิสระจะมีอายุสั้นมากประมาณ 10^{-3} - 10^{-10} วินาที (จักรพงศ์ ไพบูรณ์. ออนไลน์. 2548) โดยทั่วไปอนุมูลอิสระจะเกิดขึ้นระหว่างการถ่ายโอนอิเลคตรอนจากโมเลกุลของออกซิเจนหรืออนุพันธ์ของออกซิเจนที่ไวต่อปฏิกิริยา (Reactive Oxygen Species, ROS) และกลุ่มของสารที่เป็นอนุพันธ์ของไนโตรเจนที่ไวต่อปฏิกิริยา (Reactive Nitrogen Species, RNS) ทั้งกลุ่ม ROS และ RNS จัดเป็นแหล่งของอนุมูลอิสระที่สำคัญในเซลล์ร่างกาย (นวลศรี

รักอริยะธรรม และอัญชนา เจนวิถีสุข. 2545 : 42 - 43) อนุมูลอิสระมีความว่องไวสูงในการเข้าทำปฏิกิริยากับสารชีวโมเลกุลต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของเซลล์ เช่น ไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และกรดนิวคลีอิกเพื่อแย่งชิงอิเล็กตรอนจากโมเลกุลเหล่านี้ ซึ่งจะมีกลไกการเกิดปฏิกิริยา ดังนี้

สารตั้งต้น	→	R.	โมเลกุลของสารตั้งต้นถูกกระตุ้นด้วยความร้อน แสง หรือได้รับอิเล็กตรอนจากสารรีดิวซิง หรือถูกกระตุ้นด้วยเอนไซม์ ทำให้เกิดอนุมูลอิสระ (R.)
$R. + O_2$	→	ROO.	อนุมูลอิสระ (R.) ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนได้อนุมูลอิสระเปอร์ออกซิล (ROO.)
ROO. + RH	→	$ROOH + R_{(ตัวใหม่)}$	อนุมูลอิสระเปอร์ออกซิลทำปฏิกิริยากับไขมัน ได้โครเปอร์ออกไซด์ (ROOH) และอนุมูลอิสระตัวใหม่ ($R_{(ตัวใหม่)}$)
ROO.+ ROO.	→	โมเลกุลที่คงตัว	เมื่อใดอนุมูลอิสระ 2 ตัวมาเจอกันก็จะรวมตัวกันเป็นโมเลกุลที่คงตัว

อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิต ส่วนมากเป็นพวกที่มีความไวในการเข้าทำปฏิกิริยากับสารอื่น ๆ สูง ก่อให้เกิดการชักนำทำให้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ขึ้นภายในเซลล์ ทำให้เกิดอนุมูลอิสระขึ้นมากมาย จากกลไกการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวส่งผลให้เกิดความเสียหายอย่างมากกับโครงสร้างและหน้าที่ของสารชีวโมเลกุลในสิ่งมีชีวิต ทำให้กระบวนการและกิจกรรมต่าง ๆ ทางเมเทบอลิซึมภายในร่างกายบกพร่องเกิดความผิดปกติและนำไปสู่การเกิดโรคภัยต่าง ๆ (ขนิษฐา คงยอด. 2553 : 15) นอกจากนี้วัลลภ พีรพรพิศาล และประณีต โอปณะโสภิต (2547 : 73 - 80) ได้กล่าวไว้ว่าร่างกายของมนุษย์ได้รับอนุมูลอิสระมากจาก 2 แหล่งใหญ่ ได้แก่

1. อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในร่างกาย เกิดได้จากการขนถ่ายอิเลคตอนในกระบวนการหายใจ กระบวนการเผาผลาญอาหารหรือกระบวนการเมเทบอลึซึม (Metabolism) ที่ทำให้เกิดเป็นพลังงานโดยใช้ออกซิเจนในไมโตครอนเดรีย ซึ่งเรียกว่า ปฏิกิริยาออกซิไดซ์ (Oxidation Agent) ปฏิกิริยาเปอร์ออกซิเดชันของกรดไขมัน (Lipid Peroxidation) โดยกรดไขมันไม่อิ่มตัว ตลอดจนสภาวะทางอารมณ์ทั้งความเครียดที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา เช่นประจำเดือน ตั้งครรภ์ หรือความชรา ความเครียดทางอารมณ์ และความเครียดจากการเป็นโรคต่าง ๆ เช่น การติดเชื้อเบาหวาน โรคหัวใจ เป็นต้น

2. อนุมูลอิสระที่ได้รับจากภายนอกร่างกาย ซึ่งเกิดได้หลายปัจจัยด้วยกัน ได้แก่ การได้รับเชื้อโรค สารพิษ รังสี และมลภาวะต่าง ๆ เช่น ควันบุหรี่ แก๊สจากท่อไอเสีย เขม่าจากเครื่องยนต์ ฝุ่น เป็นต้น

ปฏิกิริยาออกซิเดชัน

ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) หมายถึง ปฏิกิริยาที่อะตอมหรือโมเลกุลมีการสูญเสียอิเลคตรอน จากวงโคจรให้กับอะตอมหรือโมเลกุลที่ทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเลคตรอน เรียกสารที่ทำหน้าที่เป็นตัวให้อิเลคตรอนว่า ตัวรีดิวซ์ (Reducing Aent) และเรียกสารที่เป็นตัวรับอิเลคตรอนนี้ว่า ตัวออกซิไดซ์ (Oxidation Agent) โดยปฏิกิริยาออกซิเดชันมักจะเกี่ยวข้องกับออกซิเจน นอกจากนี้ออกซิเดชันยังหมายถึง การเสียไฮโดรเจนอะตอมจากโมเลกุลอีกด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชันและอนุมูลอิสระนั้นมีความเกี่ยวพันกันอย่างเหนียวแน่น เนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันนี้มักก่อให้เกิดอนุมูลอิสระของสารต่าง ๆ ได้เสมอและอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นก็จะทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับสารอื่น ๆ (Baskin and Salem. 1997 : 393 - 396)

สารต้านอนุมูลอิสระ

สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) คือ สารประกอบที่สามารถป้องกัน ยับยั้ง ควบคุมอนุมูลอิสระ ไม่ให้ไปกระตุ้นการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน หรือทำลายการเกิดกระบวนการเกิดออกซิเดชัน ซึ่งเป็นกระบวนการสำคัญทำให้เกิดอนุมูลอิสระ สารต้านอนุมูลอิสระตามธรรมชาติในร่างกายมีหลายชนิดทั้งที่เป็นเอนไซม์และสารอื่น ๆ โดยสารต้านอนุมูลอิสระจะทำหน้าที่ช่วยยับยั้งอนุมูลอิสระไม่ให้มีผลทำลายเซลล์ ซึ่งทำหน้าที่เป็นผู้เสียสละให้อิเลคตรอนแก่ อนุมูลอิสระ นอกจากนี้ยังช่วยขับไล่อนุมูลอิสระช่วยไม่ให้พวกอนุมูลอิสระก่อตัว ช่วยยับยั้งพวกโลหะ ช่วยหยุดยั้งปฏิกิริยาลูกโซ่ของอนุมูลอิสระโดยทำให้อนุมูลอิสระคงตัว ซึ่งเป็นการหยุดการก่อตัวใหม่ของอนุมูลอิสระ ทั้งยังช่วยซ่อมแซมความเสียหายที่เกิดจากอนุมูลอิสระทำลายเซลล์ต่าง ๆ ในร่างกาย พร้อมทั้งกำจัดและแทนที่โมเลกุลที่ถูกทำลายในร่างกาย สารอนุมูลอิสระนี้เป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดปัญหาสุขภาพหลายประการ ในขณะเดียวกันร่างกายก็สามารถจัดการกับอนุมูลอิสระได้ โดยการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระออกมาในกระแสเลือด เพื่อจับอนุมูลอิสระ โดยทั่วไปมนุษย์เราไม่สามารถสร้างสารต้านอนุมูลอิสระขึ้นมาได้ด้วยตัวเอง แต่เนื่องจากมนุษย์เป็นสัตว์ที่กินพืชเป็นอาหาร ซึ่งพืชหลายชนิดมีสารเหล่านี้อยู่ในปริมาณสูง พืชจะสร้างสารต้านอนุมูลอิสระ โดยการจับกับอนุมูลอิสระ ทำให้ลดการเกิดปฏิกิริยา ณ จุดตั้งต้นหรือยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ (พรทิพย์ วิรัชวงค์. ออนไลน์. 2548)

ปัจจุบันพบว่า สารสกัดจากพืชหลายชนิดเป็นแหล่งสารต้านอนุมูลอิสระ พบได้ในพืชทั่วไป ได้แก่ วิตามินซี วิตามินอี แคโรทีนอยด์ และสารประกอบฟีนอลิก สารประกอบเหล่านี้มีสมบัติ

ช่วยในการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในพืช ซึ่งมีความสำคัญในแง่ปกป้องร่างกายของคนเราไม่ให้แก่เร็ว มีบทบาทในกระบวนการซ่อมแซมร่างกาย ช่วยป้องกันโรคเสื่อมต่าง ๆ และช่วยรักษาอาการของโรคภูมิต้านทาน อย่างไรก็ตามสารต้านอนุมูลอิสระที่พบในธรรมชาติมี 4 ประเภท (Frankel and Meyer. 2000 : 1925 - 1941) ได้แก่

1. เอนไซม์ที่สร้างได้ในเซลล์ร่างกาย ได้แก่ คะตะเลส (Catalase) ซุปเปอร์ออกไซด์ดิวมิวเตส (Superoxide Dismutase) และกลูตาไธโอนเปอร์ออกซิเดส (GlutathionePeroxidase) เป็นต้น

2. กลุ่มของวิตามิน ได้แก่ วิตามินอี ในถั่ว ธัญพืช รำ ข้าวกล้อง งา และวิตามินซีในผลไม้ผักสด เป็นต้น

3. กลุ่มของแร่ธาตุ เช่น ซิลิเนียม และสังกะสี ซึ่งทำหน้าที่เป็นโคแฟกเตอร์ (Co-factors) ของเอนไซม์ต้านออกซิเดชัน

4. กลุ่มสารเคมีจากพืช (Phytochemicals) เป็นสารเคมีจากพืชที่ไม่ใช่วิตามินและสารอาหาร เช่น แคโรทีน (Carotene) ไลโคปีน (Lycopene) แซนโธฟิล (Xanthophylls) แทนนิน (Tannin) และฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) เป็นต้น

จากรายงานของพรพรรณ พัวไพบูลย์ (2549 : 14) พบว่า ในพืชผัก ผลไม้ และสมุนไพรต่าง ๆ มีสารที่มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระอยู่มากมาย แตกต่างกันไปตามชนิดของพืช การวิเคราะห์การเป็นสารต้านอนุมูลอิสระเราจะใช้วิธีเปรียบเทียบสารวิตามินอี วิตามินซี โดยวิธี 3-ter-buty-4-hydroxyanisole (BHA) และวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylthdeazyl (DPPH) ซึ่ง DPPH assay จะเป็นวิธีที่นิยมและทำได้ง่าย เนื่องจาก 2,2-diphenyl-1-picrylthdeazyl (DPPH) เป็นอนุมูลอิสระที่เสถียร สามารถทดสอบความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระของสารตัวอย่าง ซึ่งสารดังกล่าวจะมีสีม่วงในเอทานอล และมีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 517 nm เมื่อสาร $DPPH^{\cdot}$ ได้รับ $H^{\cdot}$ จากสารต้านอนุมูลอิสระ สาร DPPH ก็จะเปลี่ยนเป็นสารละลายสีเหลือง ซึ่งการสังเกตสีและการวัดค่าการดูดกลืนแสงก่อนและหลังทำปฏิกิริยากับสารต้านอนุมูลอิสระจะทำให้ทราบความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารตัวอย่างได้ หากสารทดสอบมีฤทธิ์กำจัดอนุมูลอิสระก็จะทำให้ค่าดูดกลืนแสงของอนุมูลอิสระนั้นค่อย ๆ ลดลง (บัวใส ศรไชย. 2552 : 27 - 31)

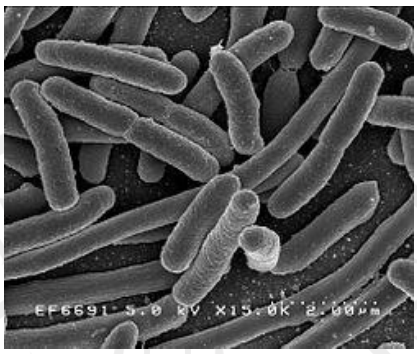
ในพืชผักและผลไม้สารต้านอนุมูลอิสระที่มีบทบาทและมีคุณสมบัติต้านการออกซิเดชัน ได้แก่ สารกลุ่มโพลีฟีนอล หรือสารประกอบฟีนอลิก (Phenolic Compound) ทำหน้าที่หยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ของการเกิดอนุมูลอิสระในปฏิกิริยาออกซิเดชันของมัน สารในกลุ่มนี้นอกจากจะมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่ดีแล้ว ยังสามารถปลี่ยนอนุมูลอิสระในรูปที่มีสามารถทำลายเซลล์ให้อยู่ในรูปที่ไม่ทำให้เกิดพิษต่อเซลล์ โดยมีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ได้หลายชนิด และมีฤทธิ์ต้านการอักเสบอีกด้วย

แบคทีเรีย

แบคทีเรีย (Bacteria) คือ สิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งซึ่งมีขนาดเล็ก มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า มีการกระจัดกระจายอยู่ทั่วไปในสิ่งแวดล้อม มีทั้งชนิดที่เป็นโทษและเป็นประโยชน์ต่อร่างกาย ในชนิดที่เป็นโทษจะทำให้เกิดโรค เจ็บป่วย ส่วนชนิดที่ไม่เป็นโทษต่อร่างกาย จะทำหน้าที่ช่วยสร้างสมดุลและคอยป้องกันเชื้อโรคที่เป็นอันตรายต่อร่างกาย เมื่อร่างกายเกิดความอ่อนแอ เชื้อโรคประจำถิ่นอาจเพิ่มจำนวนมากเกินไปจนทำให้เสียสมดุลและเกิดความผิดปกติได้ แบคทีเรียส่วนใหญ่สามารถอยู่นอกร่างกายได้ มีเพียงบางชนิดเท่านั้นที่จำเป็นที่ต้องอาศัยอยู่ในเซลล์ของมนุษย์เพื่อการดำรงชีพ เชื้อแบคทีเรียสามารถก่อให้เกิดโรคได้หลายโรค เช่น โรคปอดบวม วัณโรค บาดทะยัก และโรคระบบทางเดินหายใจ การที่เราจะมองเห็นแบคทีเรียนั้นต้องจำเป็นต้องใช้กล้องจุลทรรศ์ และย้อมสีแบคทีเรีย เพื่อช่วยบอกรูปร่างในการจำแนกชนิดของแบคทีเรีย การย้อมสีแบคทีเรีย เรียกว่า การย้อมสีแกรม (Gram Stain) เชื้อแบคทีเรียแต่ละชนิดจะติดสีแกรมแตกต่างกันไป ถ้าติดสีน้ำเงิน เรียกว่า ติดสีแกรมบวก (Gram Positive) ถ้าติดสีแดง เรียกว่า ติดสีแกรมลบ (Gram Negative) (พัชนี วรรณอ่อนสัมฤทธิ์. 2559 : 34 - 35) มนุษย์รู้จักการใช้ประโยชน์จากแบคทีเรียมานานแล้วในอุตสาหกรรมอาหารพบใช้ทำผลิตภัณฑ์ประเภทอาหารหมัก นมหมัก การผลิตเอนไซม์ ยาปฏิชีวนะ การบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น (เฉลียว หมัดอิ๊ว. 2554 : 41 - 42)

1. *Escherichia coli* เป็นเชื้อแบคทีเรียแกรมลบ มีรูปร่างเป็นท่อน ขนาดสั้น ปลายมน มีการเรียงตัวแบบเดี่ยว สามารถเคลื่อนที่ได้ ไม่สร้างสปอร์ ดังภาพประกอบ 5 เจริญเติบโตได้ทั้งในสภาวะที่มีออกซิเจนและไร้ออกซิเจน (นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และปรีชา สุวรรณพินิจ. 2544 : 52 - 54) ในสภาวะที่มีออกซิเจนจะเป็นภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการอยู่อาศัย ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่อยู่ในวงศ์ Enterobacteriaceae และจัดอยู่ในกลุ่มโคลิฟอร์ม (Coliform) เชื้อจะมีลักษณะโคโลนีนูน ๆ และมีกลิ่นเหม็น (เรืองทอง กิจเจริญปัญญา. 2543 : 51 - 53) เชื้อนี้พบได้ทั่วไปตามธรรมชาติ โดยอาศัยอยู่ในลำไส้และบริเวณเยื่อเมือกของร่างกายคน และสัตว์เลือดอุ่น แบคทีเรียชนิดนี้ทำให้เกิดอาการท้องเสียบ่อยที่สุด และจัดเป็นแบคทีเรียประจำถิ่น เมื่อร่างกายอ่อนแอหรือมีการติดเชื้อจากภายนอกจะทำให้เชื้อ *E.coli* สามารถก่อโรคได้ โดยสร้างเอนไซม์และ ชีวพิษในตัวและนอกตัว ทำให้เซลล์ตายและแตก (Sirivasan and et al. 2007 : 57)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาพประกอบ 5 Escherichia Coli
ที่มา : วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. ออนไลน์. 2560 ก

2. *Staphylococcus aureus* เป็นแบคทีเรียก่อโรคในอาหาร เชื้อแบคทีเรียชนิดนี้เป็นแกรมบวก มีรูปร่างกลมอยู่รวมกันเรียงตัวเป็นกลุ่มคล้ายพวงองุ่น ไม่เคลื่อนที่ ไม่สร้างสปอร์ ดังภาพประกอบ 6 สามารถสร้าง Coagulase ได้ บางสายพันธุ์สามารถสร้างแคปซูล และทำให้เม็ดเลือกแดงแตก (Hemolysis) เชื้อหลักที่สำคัญ คือ *S. aureus* สามารถเจริญได้ทั้งในสภาวะที่มีออกซิเจนและไร้ออกซิเจน แต่จะเจริญเติบโตได้ดีเมื่อได้อยู่ในสภาวะที่มีอากาศ ลักษณะของเชื้อโคโลนีมีสีขาวถึงสีเหลืองทอง การติดเชื้อเป็นทั้งแบบที่เป็นสาเหตุแรกของการติดเชื้อ (Primary Infection) หรือการติดเชื้อแทรกซ้อนภายหลัง (Secondary Infection) เชื้อนี้จะมีการสร้างสารพิษชนิดเอนทีโรทอกซิน (Enterotoxin) ซึ่งมีคุณสมบัติในการทนความร้อน ทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ และทำให้เกิดการติดเชื้อก่อให้เกิดทอนซิลอักเสบ ปอดอักเสบ เต้านมอักเสบ มดลูกอักเสบ และข้ออักเสบได้อีกด้วย

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาพประกอบ 6 Staphylococcus Aureus
ที่มา : วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. ออนไลน์. 2560 ข

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กนกพร สังขรักษ์ และเจนจิรา โตแบ (2552 : 39 - 43) ได้ศึกษากรรมวิธีการสกัดเพคตินจากเศษผักกาดขาว และการประยุกต์ใช้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้วัสดุเศษเหลือใช้ทางการเกษตรให้มาผลิตเป็นชีวมวลที่มีราคาสูง ซึ่งได้ทำการศึกษาถึงสภาวะที่เหมาะสมของการสกัดเพคตินจากเศษผักกาดขาวที่เหลือทิ้งรวมทั้ง การนำเพคตินที่สกัดได้ไปประยุกต์ใช้ในรูปแบบของฟิล์มที่ย่อยสลายได้ จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดเพคตินจากเศษผักกาดขาว ซึ่งได้ศึกษาผลของความชื้น อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง ชนิด และความเข้มข้นของกรดที่ใช้ในการสกัด จากการศึกษาปริมาณของโซเดียมเฮกซาเมตาฟอสเฟตและเวลาต่อปริมาณเพคตินที่สกัดได้พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพกติน และได้ปริมาณของเพกตินสูงสุด คือ การใช้เศษผักกาดขาวสดสกัดกับกรดอะซิติกด้วยความเข้มข้น 1 โมลาร์ ที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 3.0 และอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส โดยใช้ร่วมกับโซเดียมเฮกซาเมตาฟอสเฟตร้อยละ 8 เป็นเวลา 90 นาที ผลผลิตเพคตินเท่ากับ 3.46 $\pm$ 0.002 กรัม เมื่อตรวจสอบคุณสมบัติของเพคตินที่สกัดได้พบว่า อยู่ในช่วงมาตรฐานเพคตินตามที่ The Joint/WHO Expert Committee on Food Additive (JECFA) ได้กำหนดไว้ จากนั้นนำเพคตินที่ได้ไปใช้เตรียมแผ่นฟิล์มโดยนำเพคตินที่ได้ไปผสมกับแป้ง และกลีเซอรอล พบว่าฟิล์มที่ได้จะมีความสามารถในการทนแรงดึง 9 นิวตัน และสามารถต้านการซึมผ่านของไอน้ำได้ดี เมื่อฟิล์มละลายอยู่ในน้ำฟิล์มก็จะสามารถละลายน้ำได้

ฉัตรชัย สังข์ผุด, จีราภรณ์ สังข์ผุด และนพรัตน์ ผาสุข (2552 : 37 - 41) ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติกายภาพ และทางเคมีของเพคติน จากเนื้อเยื่อส่วนต่าง ๆ ของผลส้มโอ โดยสกัดด้วยกรดซิตริกร้อยละ 3 อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที เปรียบเทียบกับเพกตินทางการค้าเกรด 150 พบว่าคุณสมบัติของเพคตินที่สกัดจากเนื้อเยื่อส่วนต่าง ๆ ของส้มโอ มีความบริสุทธิ์ในรูปกรดกาแลคทูโรนิกร้อยละ 47 - 57 มีความสามารถในการเกิดอิมัลชั่นร้อยละ 88.89 - 90.61 มีความสามารถในการดูดซับน้ำมันร้อยละ 118 - 127.87 และมีค่าเจลลี่เกรด 250 - 280 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเพคตินที่สกัดได้จากเนื้อเยื่อส่วนต่าง ๆ ของผลส้มโอ จะมีค่าสูงกว่าเพคตินจากส้มเกรด 150 ยกเว้นในค่าความบริสุทธิ์ ส่วนส้มโอทั้งเปลือกจะมีค่าความหนืดสูงสุดเท่ากับ 766 mPa.s (ร้อยละ 2) และจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำ (ร้อยละ84.6) สำหรับปริมาณของเมททอกซิล พบว่า เพคตินจากเนื้อเยื่อส่วนต่าง ๆ ของผลส้มโอ จะมีค่า อยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ 7.73 - 8.67 ซึ่งจะจัดอยู่ในกลุ่มเมททอกซิลปานกลาง

ชินานาฏ วิทยาประภา และสมัชญ์ ทวีเกษมสมบัติ (2556 : 24 - 31) ได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากวัสดุทางการเกษตร ซึ่งใช้ส้มโอเป็นวัตถุดิบในการศึกษา โดยทำการศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมที่ใช้ในการสกัด คือ ที่อุณหภูมิ 50 60 70 80 และ 90 องศาเซลเซียส โดยใช้กรดไฮโดรคลอริกและใช้เวลาในการสกัด 24 ชั่วโมง พบว่าปริมาณเพคตินที่สกัดได้มี

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค่าเพิ่มขึ้น ตามอุณหภูมิ และปริมาณผลผลิตของเพคตินจะสูงสุดเมื่ออุณหภูมิ 80 และ 90 องศาเซลเซียส (ทั้ง 2 อุณหภูมิมีผลใกล้เคียงกัน) จากนั้นได้ทำการศึกษาชนิดของกรดที่เหมาะสมในการสกัด ได้แก่ กรดไฮโดรคลอริก กรดไนตริก และกรดอะซิติก ที่ความเข้มข้น 1.0 โมลาร์ ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลาในการสกัดที่ 24 ชั่วโมง พบว่าค่าเพคตินที่สกัดได้มีค่าสูงสุดเมื่อใช้กรดไฮโดรคลอริก จากนั้นทำการศึกษาเวลาที่เหมาะสมที่ใช้ในการสกัดเพคตินที่เวลา 30 60 90 120 และ 1,440 นาที พบว่าปริมาณเพคตินที่สกัดได้มีค่าสูงสุดที่เวลา 90 นาที และเมื่อเพิ่มเวลาในการสกัดมากขึ้น ก็ไม่มีผลต่อปริมาณเพคตินที่สกัดได้

ธนาวรรณ สุขเกษม (2556 : 40 - 53) ได้ทำการศึกษาสภาวะการสกัดเพคตินจากกะหล่ำปลีจากภูทับเบิก โดยศึกษาการสกัดเพคตินด้วยกรด 2 ชนิด ได้แก่ กรดไฮโดรคลอริกและกรดไนตริก ความเข้มข้น 1 โมลาร์ ที่อุณหภูมิ 80 90 และ100 องศาเซลเซียส ที่เวลา 30 60 และ 90 นาที พบว่าเพคตินที่สกัดด้วยกรดไนตริกที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที มีปริมาณน้ำหนักเพคตินแห้งสูงสุดเท่ากับ 0.79 กรัม หรือร้อยละ 15.8 จากนั้นนำเพคตินที่สกัดได้ไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี พบว่า เพคตินที่สกัดด้วยกรดไนตริกความเข้มข้น 1 โมลาร์ ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที มีลักษณะเป็นของแข็งสีขาวขุ่น ละลายน้ำได้ดี และสามารถเกิดเจลได้เมื่อนำไปละลายน้ำ ผลผลิตที่ได้เท่ากับ 0.70.0.14 - 12.00.0.57 ความชื้นที่ได้เท่ากับ 1.17.0.23 - 20.00.0.95 ปริมาณเมททอกซิล 4.12.0.02 - 7.44.0.02 น้ำหนักสมมูล 432.03.0.43 - 900.36.1.87 ระดับการเกิดเอสเทอร์ 51.89.0.03 - 53.33.0.07 และมิลลิกรัมของกรดกาแลกทูโรนิก (ร้อยละ) 463.74.1.48 - 794.19.0.74 ตามลำดับ

ธานุวัฒน์ ลาภตันศุภผล และคณะ (2556 : 433 - 436) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการสกัดเพคตินจากเปลือกผัก และผลไม้ 8 ชนิด โดยใช้กรดไฮดรอกริกและน้ำกลั่น พบว่า การสกัดเพคตินจากเปลือกมะนาว โดยใช้กรดไฮโดรคลอริกมีปริมาณเพคตินสูงที่สุด คือ ร้อยละ 16.36±1.43 และเพคตินจากเปลือกกล้วยที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริก มีปริมาณเพคตินต่ำที่สุด คือ ร้อยละ 3.27±0.19 จากนั้นนำมาเปรียบเทียบปริมาณเมททอกซิลพบว่าเพคตินที่สกัดจากมะม่วงด้วยกรดไฮโดรคลอริกมีปริมาณเมททอกซิล สูงที่สุด คือ ร้อยละ 14.43±0.92ส่วนเพคตินที่สกัดจากเปลือกมะนาวด้วยกรดไฮโดรคลอริก มีปริมาณเมททอกซิลต่ำที่สุด คือ ร้อยละ 11.38±0.47 และมีปริมาณเมททอกซิลใกล้เคียงกับเพคตินทางการค้ามากที่สุด จากการเปรียบเทียบค่าความชื้น พบว่า เพคตินที่สกัดจากเปลือกกล้วยด้วยกรดไฮโดรคลอริกมีค่าความชื้นสูงที่สุด คือ ร้อยละ 12.40±0.40 ส่วนเพคตินที่สกัดจากเปลือกมะกรูดด้วยน้ำกลั่นมีค่าความชื้นต่ำที่สุด คือ ร้อยละ 2.93±0.31 และมีค่าความชื้นใกล้เคียงกับเพคตินทางการค้ามากที่สุด และสุดท้ายนำไปวัดค่าสีพบว่าเพคตินที่สกัดจากเปลือกส้มโอด้วยน้ำกลั่นมีความใกล้เคียงกับเพคตินทางการค้ามากที่สุด

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปาริยา ทองสุข และคณะ (2551 : 571 - 577) ได้ศึกษากรรมวิธีการสกัดและการเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอระหว่างการใช้ร้อยละ 60 เอทานอล และ 1 โมลาร์แคลเซียมคลอไรด์ และการเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดระหว่างตู้อบลมร้อนและเตาไมโครเวฟ พบว่าอัตราการระเหยน้ำของเปลือกส้มโอ และผงเพคตินด้วยตู้อบลมร้อน เพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ ส่วนการระเหยน้ำด้วยเตาไมโครเวฟเพิ่มขึ้นตามเวลาและกำลังของเครื่อง จากการศึกษาจะเห็นได้ว่าการใช้ไมโครเวฟในการระเหยน้ำสามารถลดเวลาการสกัดทั้ง 2 วิธีได้มากกว่าการใช้ตู้อบลมร้อนอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ซึ่งการระเหยน้ำของเปลือกส้มโอและผงเพคตินด้วยเตาอบไมโครเวฟที่กำลัง 100 วัตต์ เวลา 20 นาที และกำลัง 30 วัตต์ เวลา 25 นาที เป็นสภาวะที่ดีที่สุด เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการสกัดด้วยเอทานอลและแคลเซียมคลอไรด์เป็น 5 และ 18 ชั่วโมง เพคตินที่สกัดจากทั้ง 2 วิธีมีความชื้น และค่าเจลลี่เกรดไม่แตกต่างกับเพคตินทางการค้า ($p<0.05$) การสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอด้วย 60 เปอร์เซ็นต์เอทานอล ร่วมกับไมโครเวฟเป็นสภาวะที่มีประภาพมากที่สุด

พันธุ์เลิศ พรหมสาขา และคณะ (2554 : 21 - 27) ทำการศึกษาและพัฒนากระบวนการและหา สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากใบเครือหมาน้อย ที่นำมาใช้ในการเปรียบเทียบ 3 ชนิด ได้แก่ ใบสด ใบที่อบแห้งโดยการตากแดด และใบที่อบแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อน และได้ทำการศึกษาหา สภาวะที่เหมาะสมในการสกัด ปัจจัยที่ทำการศึกษามี 3 ปัจจัย ได้แก่ ที่อุณหภูมิ 30 - 90 องศาเซลเซียส ที่เวลา 30 - 90 นาที และที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง 2 - 8 จากการทดลองพบว่าการตากแดด และการใช้ตู้อบลมร้อน ให้ผลผลิตเพคตินที่สกัดได้สูงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ดังนั้นจึงเลือกกระบวนการอบแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อน เนื่องจากใช้เวลาสั้นในการเตรียมวัตถุดิบ ส่วนการหาสภาวะที่เหมาะสมโดยดูจากปริมาณและคุณภาพของเพคตินที่สกัดได้ คือที่อุณหภูมิในช่วง 68 - 75 องศาเซลเซียส และค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 2.0 - 2.8 ที่เวลา 42 นาที พบว่า มีปริมาณผลผลิต 35.32 - 42.21 กรดกาแลคทูโรนิก 67.04 - 76.83 มีปริมาณเมททอกซิล 2.62 - 3.28 และระดับการเกิดเอสเทอร์ 28.00 - 29.97 ตามลำดับ

มาริยา ไชยโอสถ (2549 : ง) ได้ทำการศึกษาการสกัดเพคตินจากส่วนเหลือทิ้งของขนุน 3 ชนิด คือ เปลือก ซัง และแกน พบว่า ทั้ง 3 ชนิด มีปริมาณเพคตินไม่แตกต่างกัน ($p\geq0.05$) จึงเลือกใช้ส่วนเหลือทั้ง 3 ชนิด ในอัตราส่วน 1:1:1 เพื่อมาเป็นวัตถุดิบในการสกัดเพคติน โดยศึกษาปัจจัยในการสกัด 4 ปัจจัย ได้แก่ ความเข้มข้นของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก อัตราส่วนระหว่างวัตถุดิบต่อสารละลายกรด อุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการสกัด ซึ่งทั้ง 4 ปัจจัยนี้ล้วนมีผลต่อปริมาณและคุณภาพของเพคตินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) จากนั้นศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคติน โดยใช้กรดไฮโดรคลอริก 0.2 - 0.4 นอร์มอล อัตราส่วนระหว่างวัตถุดิบต่อสารละลายกรด 1:10 - 1:20 ที่อุณหภูมิ 60 - 90 องศาเซลเซียส และที่เวลา 45 - 90 นาที พบว่าการสกัดเพคตินโดยใช้กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.24 นอร์มอล อัตราส่วนวัตถุดิบต่อกรด 1:15 ที่อุณหภูมิ

89 องศาเซลเซียส และเวลา 70 นาที ได้ปริมาณเพคตินสูงสุดร้อยละ 7.59 ของน้ำหนักแห้ง เพคตินที่สกัดได้มีปริมาณความชื้นร้อยละ 11.65 เถ้าร้อยละ 2.70 น้ำหนักสมมูลย์ 1,409.11 ปริมาณเมททอกซิลร้อยละ 11.65 ปริมาณกรดยูโรนิกร้อยละ 57.08 และระดับการเกิดเอสเทอร์ร้อยละ 26.75 จากผลการทดลองพบว่าเป็นเพคตินชนิดเมททอกซิลต่ำ เมื่อนำมาทำเยลลี่สัปปะรดแคลอรี่ต่ำ เยลลี่ที่ใช้เพคตินที่สกัดได้มีค่าความเป็นสีแดงสูงกว่าเยลลี่ที่ใช้เพคตินทางการค้า ส่วนมีความแข็งแรงของเจลในเยลลี่ทั้ง 2 แบบมีค่าใกล้เคียงกัน

สมฤทัย จิตภักดีบดินทร์ และอมราวดี จางวาง (2552 : 57 - 64) ได้ศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อพฤติกรรมการสกัดเพคตินจากเปลือกด้านในของมะนาวซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งด้วยเครื่องมือการสกัดที่ออกแบบขึ้นเอง ได้แก่ กรดเกลือ กรดซัลฟูริก หรือกรดฟอสฟอริส ค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ระหว่าง 2 หรือ 3 และเวลาที่ใช้ในการสกัด 30 หรือ 60 นาที พบว่าสภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดเพคตินจากเปลือกมะนาว คือ ใช้กรดเกลือเข้มข้นร้อยละ 10 โดยน้ำหนักปรับให้สารละลาย ค่าความเป็นกรด - ด่างเท่ากับ 2 และใช้เวลาในการสกัด 60 นาที จะได้สารสกัดเพคตินจากเปลือกด้านในของมะนาวคิดเป็นร้อยละของน้ำหนักแห้ง 2.34$\pm$0.05 ลักษณะภายนอกเป็นผงละเอียดร่วน ดูดความชื้นได้ง่าย จะแตกต่างกันเพียงสีของผงละเอียด เมื่อละลายน้ำแล้วจะได้สารละลายใสสีเหลืองจนถึงสีน้ำตาลเข้มมีค่าความเป็นกรด - ด่างอยู่ระหว่าง 3 - 4 และเมื่อเติมกรดหรือด่างจะเกิด เจลหรือวุ้นตะกอนสีขาว สารสกัดเพคตินจากเปลือกในมะนาวทุกการสกัดจะเกิดเป็นตะกอนวุ้นในการทดสอบ Ferric Chlorise Test การทดสอบโพลีแซคคาไรด์ การทดสอบสารเพคติน จะได้สารละลายสีน้ำตาลใส ในการทดสอบ Seliwanoff 's Test และ Lodine Test จะได้สารละลายสีน้ำเงินในการทดสอบ Fehling 's test พบว่ามีค่าปริมาณเมททอกซิลต่ำร้อยละ 24.42 $\pm$4.08 และมีปริมาณความชื้นร้อยละ 5.62 $\pm$1.06

สุธิดา ทองคำ และพูนศิริ ทิพย์เนตร (2555 : 3 - 10) ได้ทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากจาวตาลและสมบัติของเพคตินที่สกัดได้ จากการศึกษาพบว่าสามารถสกัดเพคตินได้ปริมาณมากที่สุดร้อยละ 14.25 โดยน้ำหนัก ค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 2 อัตราส่วนระหว่างจาวตาลและน้ำ 1: 3 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ที่เวลา 40 นาที และที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เมื่อนำเพคตินที่สกัดได้ไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมี พบว่ามีความชื้นร้อยละ 12.13 และมีเถ้าร้อยละ 1.31 โดยน้ำหนัก น้ำหนักสมมูล 845.11 ปริมาณหมู่เมททอกซิลร้อยละ 1.74 ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก ร้อยละ 10.87 และระดับการเกิดเอสเทอร์ร้อยละ 27.90

โข่วบาลา และคณะ (Koubala and et al. 2008 : 1345 - 1355) ได้ศึกษาการสกัดเพคตินจากเปลือกมะม่วง ซึ่งได้ศึกษาสภาวะการสกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริก หรือ น้ำปราศจากไอออน หรือแอมโมเนียมออกซาเรท เพื่อที่จะสกัดเพคตินจากเปลือกของมะม่วงทั้งสองสายพันธุ์ในแคเมอรูน จากผลการสกัดพบว่า มีปริมาณเพคตินที่สกัดได้อย่างมีนัยสำคัญเท่ากับร้อยละ 9 - 32 ของน้ำหนักแห้ง

กรดยูโรนิกเท่ากับ 262 - 709 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักแห้งกรัม และน้ำตาลธรรมชาติเท่ากับ 160 - 480 มิลลิกรัมต่อกรัม ระดับการเกิดเมททอกซิล เท่ากับร้อยละ 52 - 86 มีมวลโมเลกุลเท่ากับ 245,000 - 432,000 กรัมต่อโมล และความหนืดเท่ากับ 320 - 1346 กรัมต่อโมล จากผลการศึกษาพบว่า ลักษณะทางเคมี และกายภาพมีผลต่อปริมาณเพคติน มวลโมเลกุลเฉลี่ยสูง และปริมาณความหนืดรวมทั้งระดับของการเกิดเมททอกซิลซึ่งการใช้แอมโมเนียมออกซาเรทสกัดเพคตินจากมะม่วงจะแสดงถึงลักษณะเฉพาะที่ดีของคุณสมบัติในการที่นำไปใช้ประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมต่อไป

โข่วบาลา และคณะ (Koubala and et al. (2008 : 1202 - 1214) ได้ทำการศึกษาการสกัดเพคติน และการใช้เพคตินที่ได้จากการสกัดเปลือกของมะกอก โดยนำเปลือกมะกอกมาสกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริก น้ำที่ปราศจากไอออน และกรดออกซาริก หรือสารละลายอลูมิเนียมออกซาเรท ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี และทางกายภาพของเพคตินที่สกัดได้มีปริมาณของเพกตินเท่ากับร้อยละ 9 - 30 ของน้ำหนักแห้ง มีปริมาณกรดยูโรนิกเท่ากับ 557 - 727 มิลลิกรัมต่อกรัมของน้ำหนักแห้ง มีน้ำตาลธรรมชาติเท่ากับ 125 - 158 มิลลิกรัมต่อกรัม มีระดับของเมททอกซิลเท่ากับร้อยละ 50 - 58 และมีระดับของ Acetylation เท่ากับร้อยละ 4 - 6 มีน้ำหนัก มวลโมเลกุลเท่ากับ 263,000 - 303,000 กรัมต่อโมล และมีความหนืดเท่ากับ 179 - 480 มิลลิลิตรต่อกรัม ซึ่งการสกัดด้วยกรดออกซาริก หรือสารละลายอลูมิเนียมออกซาเรท จะให้ปริมาณของเพคตินมากที่สุด อีกทั้งมีน้ำหนักมวลโมเลกุล และระดับของเมททอกซิลมากที่สุด

มอลเลเอ, เฉียมโพ และคอนที (Mollea, Chiampo and Conti. 2008 : 1353 - 1356) ได้ทำการศึกษาเปลือกของโกโก้ ซึ่งเป็นของเหลือใช้ที่ได้จากกระบวนการแปรรูปโกโก้ โดยนำเปลือกของโกโก้ได้มาจากสองแหล่ง คือ ประเทศกานา และประเทศเวเนซูเอลา การสกัดเริ่มจากนำเปลือกของโกโก้ทั้งหมดบดให้ละเอียด และสกัดเพคตินภายใต้สภาวะต่าง ๆ โดยสกัดที่สภาวะความเป็นกรด-ด่าง 7.0, 4.0, 2.5, 1.5 และ 1.0 และใช้เวลาในการสกัด 1 - 3 ชั่วโมงพบว่า เพคตินที่สกัดได้มีปริมาณสูงสุดที่เวลา 1 ชั่วโมง ที่สภาวะความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 2.5

หวาย และอัลการกี และอาสา (Wai, Alkarkhi and Easa. 2010 : 209 - 214) ได้ทำการศึกษาผลการสกัดเพคตินจากเปลือกของทุเรียนที่เวลา 1 และ 4 ชั่วโมง ที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 2.0 และ 2.5 และที่อุณหภูมิ 80 และ 90 องศาเซลเซียส พบว่า ปริมาณเพคตินจะอยู่ที่ในช่วงระหว่าง ร้อยละ 2.1 - 10.3 (ของน้ำหนักแห้งของเปลือกทุเรียน) และระดับเอสเทอร์ของเพคตินที่สกัด ได้เท่ากับร้อยละ 45.6 - 64.8 ปริมาณที่ต่างกันของผลผลิตเพคตินจะขึ้นอยู่กับเวลา อุณหภูมิ และค่าความเป็นกรด-ด่าง ส่วนระดับของการเกิดเอสเทอร์ จะขึ้นอยู่กับเวลาที่ใช้ในการให้ความร้อน และความเป็นกรด-ด่าง ผลการการศึกษาพบว่า สภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดเพคตินจากเปลือกของทุเรียนด้วยกรด คือ การสกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง และที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 2.5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบ

เปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทอง ได้รับความอนุเคราะห์จากร้านเพ็ญทิวาทุเรียนทอด

สารเคมี

1. กรดกาแลกทูโรนิก (D-galacturonic acid) ยี่ห้อ SIGMA-ALORICH
2. กรดแอสครอบิค (Vitamin C) ยี่ห้อ Chesupply
3. สารละลายมาตรฐาน 2, 2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) ยี่ห้อ Sigma Aldrich
4. เอทานอลร้อยละ 95
5. เมทานอล (Methanol reagent grade) ยี่ห้อ Quality Reagent Chemical
6. อะซิโตน (C_3H_6O) ยี่ห้อ J.T.Baker
7. เพคตินทางการค้า เกรด 150 (Pectin grade 150) ชนิด High Methoxyl Pectin (HMP) เป็นเพคตินจากแอปเปิ้ล
8. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide; NaOH) ยี่ห้อ Ajax Finechem
9. กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid; HCL) ยี่ห้อ J.T.Baker
10. ฟีนอล์ฟทาลีน (Phenolphthalene)
11. เมทิลเรด (Methyl red)
12. คาร์บาซอล (Carbazole) ยี่ห้อ HIMEDIA
13. โซเดียมคลอไรด์ (Sodium chloride; NaCL) ยี่ห้อ CARLO ERBA
14. น้ำกลั่น
15. Mueller Hinton Agar ยี่ห้อ HIMEDIA
16. Mueller Hinton Broth ยี่ห้อ HIMEDIA
17. *Staphylococcus aureus* TISTR 2329
18. *Escherichia coli* TISTR 073

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. อุปกรณ์เครื่องแก้ว
2. อุปกรณ์เครื่องครัว
3. ถ้วยกระเบื้องระเหย (Crucible)

4. เครื่องชั่งไฟฟ้า 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Denver instrument รุ่น TB-214
5. เครื่องปั่น (Blender) ยี่ห้อ Philip บริษัท ฟิลิปส์อิเล็กทรอนิกส์ (ประเทศไทย) จำกัด
6. ตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven) ยี่ห้อ Bender รุ่น ULM
7. เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartorius รุ่น CP3202S
8. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water Bath) ยี่ห้อ Sci pro
9. เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH Meter)
10. เครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์ (Spectrophometers) ยี่ห้อ Jasco รุ่น V-630
11. โถดูดความชื้น (Desiccators)
12. เครื่องระเหยสุญญากาศ ยี่ห้อ BUCHI รุ่น R-200
13. ไมโครปิเปต ยี่ห้อ Thermo Finnpipette รุ่น F2 GLP Kits
14. บิวเรต พร้อมขาตั้ง
15. ภาชนะอะลูมิเนียมสำหรับหาความชื้น
16. เตาเผา Muffle furnace
17. เข็มเขี่ยเชื้อปลายแหลม
18. ปากคีม
19. ตะเกียงแฮลกอฮอล์
20. กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1
21. กระดาษฟอยล์
22. ผ้าขาวบาง
23. ไม้บรรทัด

วิธีการดำเนินการทดลอง

1. การเตรียมตัวอย่างจากเปลือกทุเรียนหมอนทอง

การเตรียมเปลือกทุเรียนหมอนทอง โดยนำเปลือกทุเรียนหมอนทอง มาล้างด้วยน้ำสะอาดทิ้งให้สะเด็ดน้ำ โดยบดเปลือกทุเรียนส่วนด้านในที่เป็นสีขาวด้วยเครื่องบดหยาบ นำไปอบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หรือให้มีปริมาณความชื้นร้อยละ 9 - 10 โดยน้ำหนัก นำเปลือกทุเรียนที่อบแห้งแล้วเก็บในถุงพลาสติกปิดสนิทและเก็บไว้ในที่แห้งก่อนนำมาทดลองในขั้นตอนต่อไป

2. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากเปลือกทุเรียนหมอนทอง

การสกัดเปลือกทุเรียนที่เตรียมไว้ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ โดยดัดแปลงจากขนิษฐา เลิกชัยภูมิ (2545 : 41 - 42)

2.1 ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากเปลือกทุเรียนหมอนทอง

ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากเปลือกทุเรียนหมอนทอง โดยนำเปลือกทุเรียนบดแห้งปริมาณ 100 กรัม ใส่บีกเกอร์ เติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.05 โมลาร์ ที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 2.0 ในอัตราส่วนเปลือกบดแห้งต่อกรดไฮโดรคลอริก เท่ากับ 1:12 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร (w/v) นำไปสกัดในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 70 80 และ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ตั้งสารสกัดให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำมากรองผ่านผ้าขาวบาง 2 ชั้น นำส่วนใสมาตกตะกอนเพคตินโดยเติมเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 80 ในอัตราส่วนสารสกัดต่อเอทานอล 1:2 โดยปริมาตร (v/v) ทำการคนผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 ชั่วโมง กรองแยกตะกอนเพคตินด้วยผ้าขาวบาง ล้างตะกอนเพคตินด้วยอะซิโตนความเข้มข้นร้อยละ 80 จำนวน 3 ครั้ง ครั้งละ 50 มิลลิลิตร นำเพคตินที่สกัดได้ใส่ถาดวางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 60 นาที เพื่อให้อะซิโตนระเหย อบตะกอนเพคตินที่ได้ให้แห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง แล้วบดให้เป็นผง ทำแต่ละสิ่งทดลอง 3 ซ้ำ เก็บไว้ในถุงฟอยล์ เพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป

2.2 ศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากเปลือกทุเรียนหมอนทอง

ศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากเปลือกทุเรียนหมอนทอง โดยนำเปลือกทุเรียนบดแห้งปริมาณ 100 กรัม ใส่บีกเกอร์ เติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.05 โมลาร์ ที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 2.0 ในอัตราส่วนเปลือกบดแห้งต่อกรดไฮโดรคลอริก เท่ากับ 1:12 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร (w/v) นำไปสกัดในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่เหมาะสมที่ได้จากข้อ 2.1 เป็นเวลา 1 3 5 และ 7 ชั่วโมง ตั้งสารสกัดให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำมากรองผ่านผ้าขาวบาง 2 ชั้น นำส่วนใสมาตกตะกอนเพคตินโดยเติมเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 80 ในอัตราส่วนสารละลายต่อเอทานอล 1:2 โดยปริมาตร ทำการคนผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ล้างตะกอนด้วยอะซิโตนความเข้มข้นร้อยละ 80 จำนวน 3 ครั้ง ครั้งละ 50 มิลลิลิตร นำเพคตินที่สกัดได้ใส่ถาดวางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 60 นาที เพื่อให้อะซิโตนระเหยอบตะกอนเพคตินที่ได้ให้แห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 ชั่วโมง แล้วบดให้เป็นผง ทำแต่ละสิ่งทดลอง 3 ซ้ำ เก็บไว้ในถุงฟอยล์ เพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป

สถาบันวิทยบริการ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

3. ศึกษาคุณสมบัติทางเคมี และทางกายภาพของเพคตินที่สกัดได้จากเปลือกทุเรียนหมอนทอง

นำเพคตินที่อบแห้งมาแล้ววิเคราะห์คุณสมบัติต่าง ๆ ประกอบด้วย ปริมาณผลผลิต ความชื้น เถ้า ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิค (Galacturonic Acid) ระดับการเกิดเอสเทอร์ (Degree of Esterification, DE) ปริมาณเมททอกซิล (Methoxyl) ค่าสี (L*a*b*) ดังนี้

3.1 ปริมาณร้อยละของผลผลิตเพคติน (% yield) ดังนี้

$$\text{ปริมาณร้อยละของผลผลิตเพคติน} = \frac{\text{น้ำหนักเพคติน (กรัม)}}{\text{น้ำหนักเปลือกทุเรียนบดแห้ง (กรัม)}} \times 100$$

3.2 ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิค (ดัดแปลงจากขนิษฐา เลิกชัยภูมิ. 2545 : 45 - 57)

3.2.1 ทำกราฟมาตรฐานของกรดกาแลคทูโรนิก โดยชั่งน้ำหนักกรดกาแลคทูโรนิก 0.1 กรัม ผสมกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.05 โมลาร์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ปิเปตสารละลายที่ได้ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น แล้วปิเปตสารละลายปริมาตร 1 2 4 5 6 และ 8 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร อย่างละ 1 ขวด และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นปิเปตสารละลายในแต่ละความเข้มข้นใส่ลงในหลอดทดลองขนาดกลาง 3 หลอด ๆ ละ 2 มิลลิลิตร เมื่อปิเปตสารละลายจนครบทุกความเข้มข้นใส่ในหลอดทดลอง จะได้จำนวนทั้งหมด 18 หลอด เติมสารละลายคาร์บาซอลเข้มข้นร้อยละ 0.1 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในแต่ละหลอด เขย่าให้เข้ากัน เติมสารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น ปริมาตร 12 มิลลิลิตร ลงในแต่ละหลอดเขย่าให้เข้ากันแล้วทิ้งไว้ 25 นาที พร้อมทั้งทำตัวอย่างควบคุม โดยเติมแต่เอทานอล 1 มิลลิกรัม แทนสารละลายคาร์บาซอล (วิเคราะห์ตามวิธีการเดียวกัน) นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 525 นาโนเมตร แล้วสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับค่าการดูดกลืนแสง

3.2.2 การเตรียมสารตัวอย่าง ชั่งน้ำหนักเพคติน 0.1 กรัม ผสมกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.05 โมลาร์ ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์แล้วทิ้งไว้ 30 นาที ปิเปตสารละลายเพคติน ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นปิเปตสารละลายเจือจางใส่ลงในหลอดทดลองขนาดกลาง 3 หลอด ๆ ละ 2 มิลลิลิตร เติมสารละลายคาร์บาซอลเข้มข้นร้อยละ 0.1 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในแต่ละหลอด เขย่าให้เข้ากัน เติมสารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น ปริมาตร 12 มิลลิลิตรลงในแต่ละหลอดเขย่าให้เข้ากันแล้วทิ้งไว้ 25 นาที นำไปวัดค่า

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 525 นาโนเมตร แล้วคำนวณหากรดกาแลคทูโรนิกจากกราฟมาตรฐาน

3.3 การหาปริมาณเมททอกซิล (ดัดแปลงจากขนิษฐา เลิกชัยภูมิ. 2545 : 43 - 44)

ชั่งน้ำหนักเพคตินผง ทั้งที่ได้จากการสกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริก ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร ขวดละ 0.5 กรัม เติมเอทานอลลงในขวดรูปชมพู่ ขวดละ 2 มิลลิลิตร ละลายด้วยน้ำกลั่น ขวดละ 100 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วหยดฟีนอล์ฟทาลีนลงในขวดรูปชมพู่ ขวดละ 5 หยด นำไปไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 โมลาร์ แล้วบันทึกปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นปริมาตรที่ 1 (NaOH Volume 1) เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 โมลาร์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตรเขย่าแรง ๆ ตั้งทิ้งไว้ 15 นาที เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.5 โมลาร์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เขย่าจนสีชมพูหายไป หยดฟีนอล์ฟทาลีนลงในขวดรูปชมพู่ ขวดละ 5 หยด นำไปไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 โมลาร์ แล้วบันทึกปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นปริมาตรที่ 2 (NaOH Volume 2) แล้วคำนวณหาระดับการเกิดเอสเทอร์ และคำนวณหาปริมาณเมททอกซิลโดยดูจากตารางที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับการเกิดเอสเทอริฟิเคชันกับปริมาณเมททอกซิล

การคำนวณหาระดับการเกิดเอสเทอร์ ดังนี้

$$\text{ระดับการเกิดเอสเทอร์} = \frac{\text{NaOH Volumn 1}}{\text{NaOH Volumn 1+ NaOH Volumn 2}} \times 100$$

3.4 การวัดค่าสีโดยใช้ระบบ CIE (L*a*b*)

นำผงเพคตินที่สกัดได้มาวัดค่าสีเป็น ค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*)

4. ศึกษาคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากเพคติน

4.1 การเตรียมสารสกัด

นำตัวอย่างเพคตินของเปลือกทุเรียน 100 กรัม มาสกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอลปริมาณ 1,000 มิลลิลิตร เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำสารละลายที่กรองได้ไประเหยเอาตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยระบบสุญญากาศ หลังจากนั้นนำสารสกัดเพคตินที่ได้เก็บในขวดสีชา เก็บที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป โดยคำนวณผลผลิต (Yield) ที่ได้เป็นร้อยละ ดังสมการ

สถาบันวิทยบริการ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

$$\text{ปริมาณร้อยละของสารสกัด} = \frac{\text{น้ำหนักของสารสกัดจากเพคติน (กรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเพคติตของเปลือกทุเรียน (กรัม)}} \times 100$$

4.2 ศึกษาความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดเพคติน

วิเคราะห์ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยใช้วิธี DPPH (2, 2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl) ตามวิธีของและสิงห์ทอง และคณะ (Singhatong and et al. 2010 : 947 - 953) ทำกราฟมาตรฐานโดยใช้สารละลาย Ascorbic Acid ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เป็นสารมาตรฐาน คือ 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 และ 10 ppm ตามลำดับ โดยปิเปตสารละลาย DPPH เข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาน์ 1 มิลลิลิตร ในเมทานอล 2.9 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง จากนั้นเติมสารละลาย Ascorbic Acid ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ให้สารทำปฏิกิริยาในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที พร้อมทำตัวอย่างควบคุม หรือสารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก ที่ 0 ppm ทำโดยใช้เมทานอล จำนวน 0.1 มิลลิลิตร แทนสารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิกที่นำมาวิเคราะห์ เมื่อครบ 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร นำค่าที่ได้มาคำนวณหาร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH คำนวณหาความเข้มข้นของสารสกัดที่สามารถต้านอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 (IC_{50}) และนำไปเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานวิตามินซี

5. ศึกษาคุณสมบัติในการเป็นสารต้านแบคทีเรียของเพคติน

นำเชื้อแต่ละชนิดที่ต้องการทดสอบ ประกอบด้วย *Staphylococcus aureus* TISTR 2329 และ *Escherichia coli* TISTR 073 มาเลี้ยงบน Mueller Hinton Agar บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เขี่ยเชื้อแต่ละชนิดที่เลี้ยงบนอาหาร Mueller Hinton Agar มา 1 ลูป ใส่ลงในอาหารเหลว Mueller Hinton Broth บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำหลอดเชื้อที่บ่มไว้มาปรับค่าความขุ่นให้มีค่าเท่ากับค่ามาตรฐาน McFarland 0.5 (มีจำนวนเซลล์ $1.5x10^8$ CFU ต่อมิลลิกรัม ใช้ไม้พันสำลีที่ฆ่าเชื้อแล้วจุ่มเชื้อที่ปรับความขุ่นแล้ว กดแนบข้างหลอดเพื่อป้องกันการได้รับเชื้อที่มากเกินไป นำไม้พันสำลีที่มีเชื้อมาป้ายลงบนผิวหน้าอาหาร Mueller Hinton Agar โดยป้ายเชื้อเป็น 3 ระนาบ โดยแต่ละระนาบให้หมุนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ ไปเป็นมุม 60 องศา จากการป้ายครั้งแรก ใช้ที่เจาะหลุม (Cork Borer) เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร เจาะลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ ใส่สารสกัดหยาบ ปริมาตร 30 ไมโครลิตรต่อหลุม หลุมตรงกลางใส่น้ำกลั่นที่ฆ่าเชื้อแล้วเป็นตัวควบคุม บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เก็บข้อมูลโดยวัดเส้นผ่านศูนย์กลางวงใสของการยับยั้ง (Inhibition Zone) แต่ละการทดลอง ทำซ้ำ 3 ซ้ำ

6. การประเมินผลทางสถิติ (Statistical Analysis)

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ เพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้ Duncan' s Multiple Range Test (DMRT)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ผลและการวิจารณ์

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากเปลือกทุเรียนหมอนทอง โดยทำการศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการสกัดเพคติน หลังจากสกัดเพคตินแล้ว ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี และกายภาพของเพคตินที่สกัดได้ พร้อมทั้งศึกษาความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและสารต้านแบคทีเรีย

ผลการศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากเปลือกทุเรียนหมอนทอง

ผลการศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากเปลือกทุเรียนหมอนทองและคุณสมบัติต่าง ๆ ของเพคตินที่สกัดได้ แสดงดังตาราง 1 โดยปริมาณผลผลิตเพคตินมากที่สุดได้จากการสกัดเพคตินที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับร้อยละ 7.56 ± 0.24 โดยมีความแตกต่างจากการสกัดที่อุณหภูมิ 70 และ 80 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งปริมาณเพคตินที่สกัดได้มีค่าเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับของรัชฎา ตั้งวงษ์ไชย และคณะ (2544 : 23) ซึ่งได้ทดลองการสกัดเพคตินจากส้มมะงั่วโดยใช้อุณหภูมิ 60 และ 90 องศาเซลเซียส พบว่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 60 องศาเซลเซียส เป็น 90 องศาเซลเซียส เพคตินที่สกัดได้มีปริมาณเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับผลการทดลองของธนาวรรณ สุขเกษม (2556 : 59) ที่ทำการศึกษาสภาวะการสกัดเพคตินจากกะหล่ำปลีจากภูทับเบิก โดยสกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริก ที่อุณหภูมิ 80 90 และ 100 องศาเซลเซียส พบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นและใช้เวลาในการสกัดที่นานขึ้นจะช่วยในการสกัดเพคตินให้มีปริมาณที่สูงขึ้น

จากการหาปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกของเพคตินที่สกัดได้เปรียบเทียบกับเพคตินทางการค้า โดยวัดปริมาณเพคตินเทียบกับกราฟมาตรฐาน พบว่าปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกของเพคตินที่สกัดได้จากอุณหภูมิต่าง ๆ มีค่าใกล้เคียงกับเพคตินทางการค้า โดยเพคตินที่สกัดที่อุณหภูมิ 70 และ 80 องศาเซลเซียส มีปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกแตกต่างกับเพคตินทางการค้าอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ส่วนเพคตินที่สกัดได้โดยใช้อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส พบว่า ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกมีความแตกต่างจากทางการค้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกของเพคตินที่สกัดได้จากเปลือกทุเรียนหมอนทองที่อุณหภูมิต่าง ๆ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแสดงว่าเพคตินจากเปลือกทุเรียนมีความบริสุทธิ์ใกล้เคียงกับเพคตินมาตรฐาน เนื่องจากปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกเป็นสิ่งที่บอกถึงความบริสุทธิ์ได้ ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกที่ได้จากเพคตินทุเรียนหมอนทอง

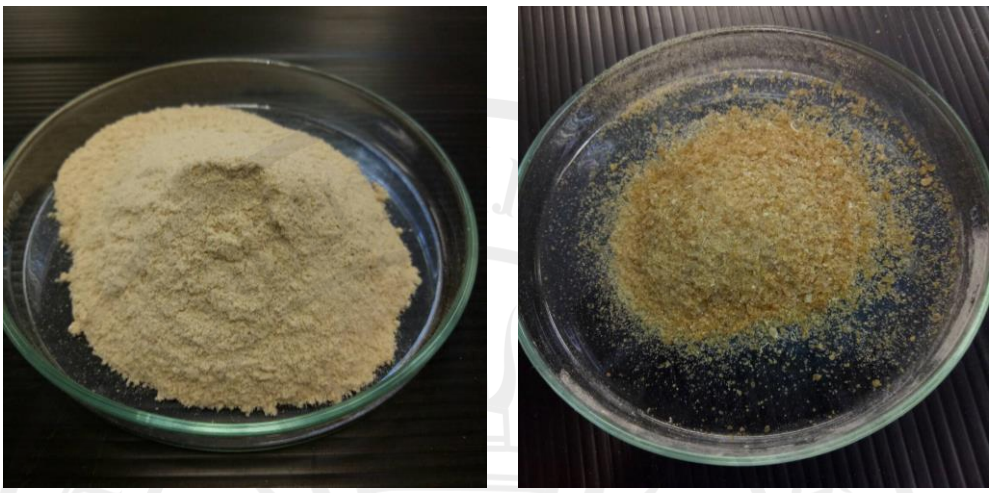
มีค่ามากกว่าที่สกัดได้จากเปลือก เนื้อ และเนื้อในของฝรั่งพันธุ์กลมสาลี่และแป้นสีทอง (องอาจ เด็ดดวง. 2553 : 29 - 32)

ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของธานี ตระกูลอินทร์ (2533 : 34) ที่พบว่าเมื่ออุณหภูมิในการสกัดเพิ่มขึ้นจาก 50 องศาเซลเซียส เป็น 100 องศาเซลเซียส ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกของเพคตินที่สกัดได้ลดลง เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้เกิดปฏิกิริยาดีเอสเทอริฟิเคชั่น (Deesterification) ได้มากขึ้น และสอดคล้องกับการศึกษาการสกัดเพคตินจากส้มมะงั่ว ที่อุณหภูมิ 60 และ 90 องศาเซลเซียส พบว่า เมื่อทำการสกัดเพคตินที่อุณหภูมิที่สูงขึ้นเป็นผลให้ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกสูงขึ้นสูงสุดที่อุณหภูมิ 76 องศาเซลเซียส จากนั้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการสกัดสูงกว่า 76 องศาเซลเซียส เพคตินที่สกัดได้มีปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกลดลง ซึ่งในการสกัดด้วยอุณหภูมิที่สูงขึ้นอาจทำให้มีองค์ประกอบอื่น ๆ เช่น เฮมิเซลลูโลส หรือน้ำตาลตัวอื่นที่มีอยู่ในส่วนเปลือกด้านในถูกสกัดออกมามากขึ้นทำให้เพคตินมีความบริสุทธิ์น้อยลง (รัชฎา ตั้งศ์ไชย และคณะ. 2544 : 27) จากการทดลองปริมาณกรดกาแลคทูโนนิกที่ได้อยู่ในช่วงร้อยละ 71.60 - 75.32 ซึ่งเป็นช่วงที่สามารถยอมรับได้ตามกำหนดของ The Joint/WHO Expert Committee on Food Additive (JECFA) โดยกำหนดให้เพคตินมีปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกต่ำสุดเป็นร้อยละ 65

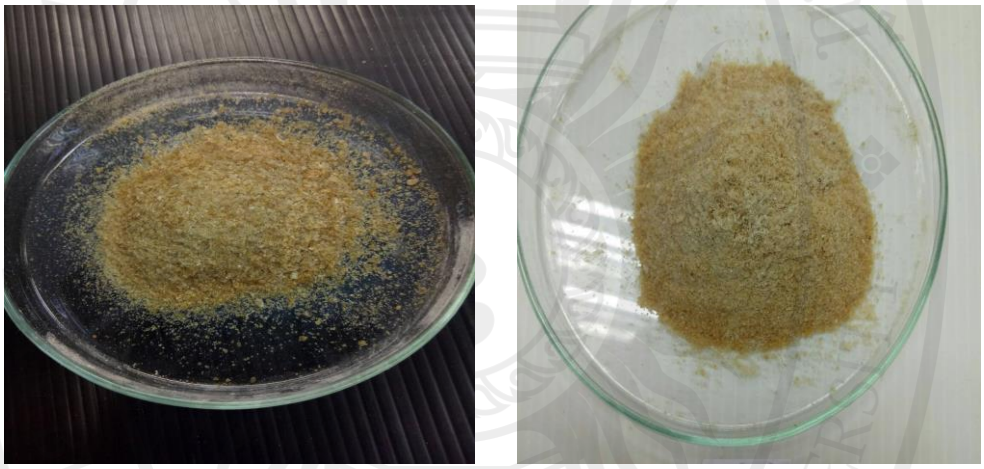
เมื่อพิจารณาค่า DE และปริมาณเมททอกซิล พบว่าปริมาณเมททอกซิลของเพคตินที่สกัดได้จากเปลือกทุเรียนหมอนทองและทางการค้ามีค่าใกล้เคียงกัน และมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 8.89 - 8.97 ซึ่งจัดอยู่ในเพคตินชนิด High Methoxyl Pectins (HMP) คือ มีปริมาณเมททอกซิลมากกว่าร้อยละ 8.16 เพคตินชนิดนี้สามารถเกิดเจลได้ในสภาวะที่มีน้ำตาลและกรดในปริมาณที่เหมาะสม โดยต้องใช้น้ำตาลในการเกิดเจลประมาณร้อยละ 60 - 65 เหมาะสำหรับเติมในอาหารจำพวกแยม เยลลี่และผลไม้กวน (Yapo. 2008 : 1197 - 1202)

ค่าความสว่างของเพคตินที่สกัดจากเปลือกทุเรียนโดยใช้อุณหภูมิต่าง ๆ มีความแตกต่างจากค่าความสว่างของเพคตินทางการค้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบเพคตินจากเปลือกทุเรียนที่สกัดจากอุณหภูมิต่าง ๆ กัน พบว่าค่าความสว่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิต ($P<0.05$) เช่นกัน โดยเพคตินที่สกัดด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีความสว่างมากที่สุด รองลงมาคือ ที่อุณหภูมิ 80 และ 90 ตามลำดับ ดังภาพประกอบ 8 แต่เมื่อพิจารณาค่าสีเหลืองของเพคตินพบว่า เพคตินที่สกัดด้วยอุณหภูมิต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากผลการทดลองที่ได้ เมื่อใช้ปริมาณผลผลิตและปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก ในการเลือกอุณหภูมิเพื่อทดลองในขั้นต่อไป จึงเลือกการสกัดเพคตินที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส



ก)　　ข)



ค)　　ง)

ภาพประกอบ 7 ลักษณะของเพคตินจากเปลือกทุเรียนที่สกัดด้วยอุณหภูมิต่าง ๆ ก) เพคตินการค้า ข) เพคตินสกัดด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ค) เพคตินสกัดด้วยอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ง) เพคตินสกัดด้วยอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ตาราง 1 ผลการสกัดเพคตินจากเปลือกทุเรียนหมอนทองที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

สิ่งทดลอง	อุณหภูมิที่สกัด (องศาเซลเซียส)	ปริมาณผลผลิต (ร้อยละ)	กรดกาแลคทูโรนิค (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)	DE (ร้อยละ)	ปริมาณเมททอกซิล (ร้อยละ)	ค่าสี		
						L*	a*	b*
1	ทางการค้า	-	79.52±0.00^{a}	55.06±0.19^{ns}	8.97^{ns}	77.49±0.08^{a}	2.40±0.04^{c}	14.61±0.26^{b}
2	70	3.95±0.29^{c}	75.32±0.23$^{a\,b}$	54.55±0.00^{ns}	8.89^{ns}	64.78±1.22^{b}	3.74±0.48^{b}	20.19±0.49^{a}
3	80	5.71±0.16^{b}	75.73±0.23$^{a\,b}$	55.19±1.76^{ns}	8.99^{ns}	62.35±2.53^{c}	5.18±0.53^{a}	20.05±0.29^{a}
4	90	7.56±0.24^{a}	71.60±0.54^{b}	55.21±2.19^{ns}	8.99^{ns}	60.34±1.13^{d}	5.70±0.37^{a}	19.68±0.58^{a}

หมายเหตุ อักษร abc ที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

อักษร ns แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\geq0.05$)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ผลการศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากเปลือกทุเรียนหมอนทอง

เมื่อได้อุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากเปลือกทุเรียนหมอนทองแล้ว คือ ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส จึงทำการศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการสกัด โดยใช้เวลาที่สกัดเป็น 1 3 5 และ 7 ชั่วโมง ตามลำดับ หลังจากได้เพคตินแล้วจึงนำมาวิเคราะห์หาคุณสมบัติของเพคติน เพื่อใช้ในการตัดสินใจเลือกเวลาที่เหมาะสมในการสกัดต่อไป ได้ผลการทดลอง ดังตาราง 2 พบว่าปริมาณผลผลิตของเพคตินจากเปลือกทุเรียนหมอนทองที่สกัดด้วยอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 ชั่วโมง มีปริมาณผลผลิตสูงที่สุด คือ มีปริมาณร้อยละ 17.49±0.51 รองลงมา คือ การสกัดเพคตินที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง คือ มีปริมาณร้อยละ 16.88±0.90 โดยมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$)

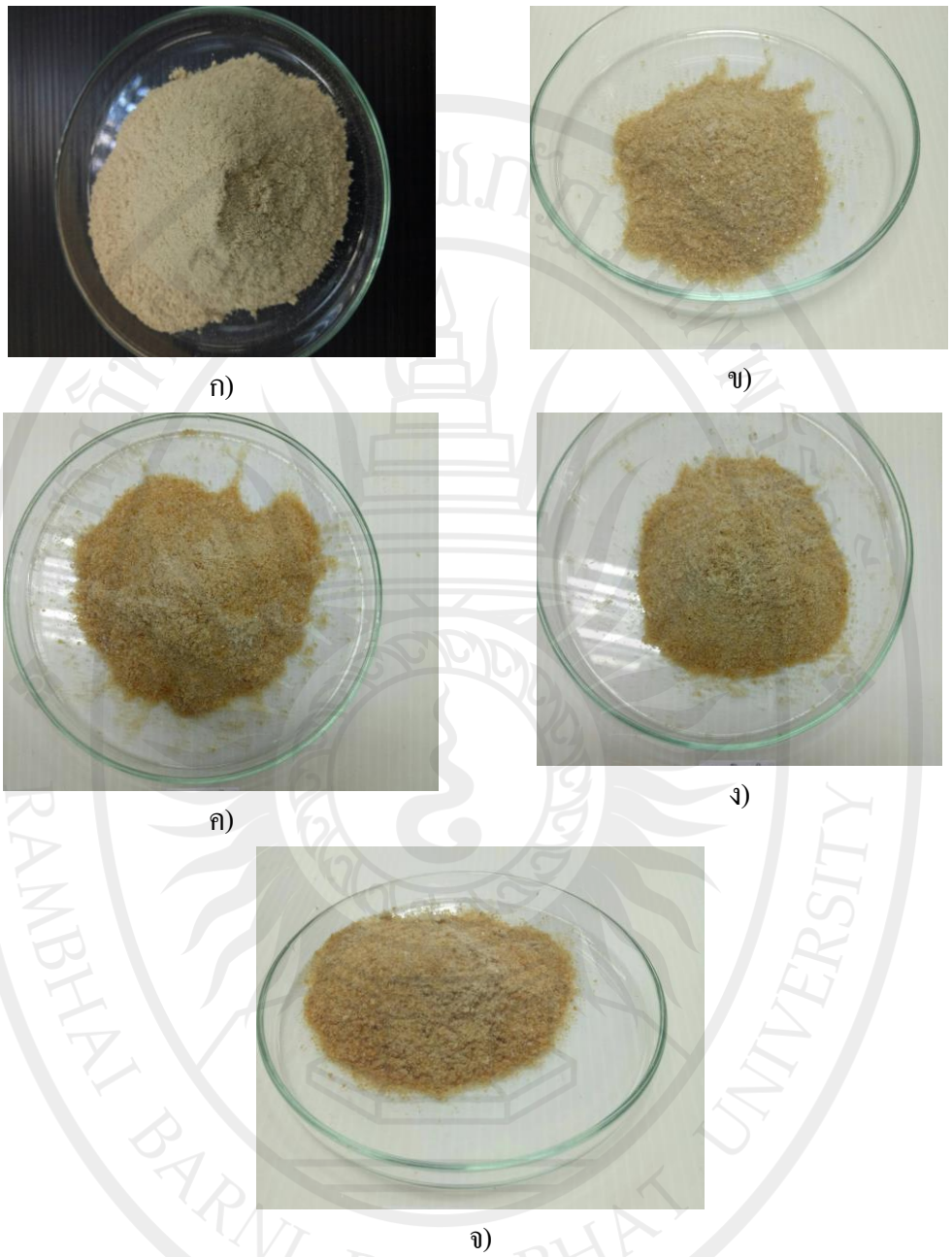
ส่วนปริมาณกรดกรดกาแลคทูโรนิคของเพคตินที่สกัดที่อุณภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลาต่าง ๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับเพคตินทางการค้า ($P<0.05$) ยกเว้นเพคตินที่สกัดเป็นเวลา 7 ชั่วโมง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับเพคตินทางการค้า ($P \geq 0.05$) แต่เมื่อพิจารณาดูปริมาณกรดกาแลคทูโรนิคที่สกัดเป็นเวลา 5 และ 7 ชั่วโมง มีค่าใกล้เคียงกัน คือ มีปริมาณร้อยละ 70.55±0.72 และ 72.97±0.39 และมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) สอดคล้องกับงานวิจัยของชวนิฎฐ์ สิทธิดิลกรัตน์ และคณะ (2548 : 469 - 480) ศึกษาการผลิตเพคตินจากเปลือกและกากผลส้มเหลือทิ้งที่เวลาสกัดต่าง ๆ พบว่า ที่เวลาสูงขึ้นปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกมีค่าใกล้เคียงกัน

ปริมาณเมททอกซิลของเพคตินเปลือกทุเรียนหมอนที่สกัดด้วยอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลาต่าง ๆ มีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) แต่เมื่อเปรียบเทียบกับเพคตินทางการค้าพบว่าปริมาณเมททอกซิลของเพคตินจากเปลือกทุเรียนหมอนทองมีค่าสูงกว่า และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับเพคตินทางการค้า ($P<0.05$) โดยเพคตินจากเปลือกทุเรียนมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 9.74 - 10.23

เมื่อพิจารณาค่าความสว่างพบว่า เพคตินที่สกัดด้วยอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 ชั่วโมง มีสีคล้ำกว่าการสกัดที่อุณหภูมิอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังภาพประกอบ 8

จากผลการทดลองที่ได้ เมื่อใช้ปริมาณผลผลิตปริมาณกรดกาแลคทูโรนิค และสีของเพคตินในการเลือกเวลาที่เหมาะสมเพื่อทดลองในขั้นต่อไป จึงเลือกการสกัดเพคตินที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ก)

ข)

ค)

ง)

จ)

ภาพประกอบ 8 ลักษณะของเพคตินที่สกัดด้วยอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่าง ๆ ก) เพคตินการค้า ข) เพคตินสกัดที่เวลา 1 ชั่วโมง ค) เพคตินสกัดที่เวลา 3 ชั่วโมง ง) เพคตินทุเรียนที่สกัดที่เวลา 5 ชั่วโมง จ) เพคตินสกัดที่เวลา 7 ชั่วโมง

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ตาราง 2 ผลการสกัดเพคตินจากเปลือกทุเรียนหมอนทองที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่าง ๆ

สิ่งทดลอง	เวลาที่สกัด (ชั่วโมง)	ปริมาณผลผลิต (ร้อยละ)	กรดกาแลคทูโรนิค (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)	% DE	ปริมาณเมททอกซิล	ค่าสี		
						L*	a*	b*
1	ทางการค้า	-	79.52±0.00^{a}	54.55±0.00^{b}	8.89^{b}	77.49±0.08^{a}	2.40±0.04^{c}	14.61±0.26^{d}
2	1	8.69±0.32^{c}	69.33±0.64^{b}	61.77±1.39^{a}	10.04^{a}	61.83±1.49^{c}	5.14±0.26^{b}	19.77±0.70^{a}
3	3	15.59±0.67^{b}	66.86±0.21^{b}	59.89±3.52^{a}	9.74^{a}	63.94±0.80^{b}	5.37±0.45^{b}	19.42±0.22^{a}
4	5	16.88±0.90^{a}	70.55±0.72^{b}	62.94±5.41^{a}	10.23^{a}	65.14±0.56^{b}	5.09±0.35^{b}	18.41±0.29^{b}
5	7	17.49±0.51^{a}	72.97±0.39$^{a\,b}$	61.58±2.80^{a}	10.01^{a}	58.84±1.79^{d}	6.72±0.79^{a}	17.81±0.46^{c}

หมายเหตุ อักษร abc ที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

คุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากเพคติน

การวิเคราะห์ความสามารถของเพคตินจากเปลือกทุเรียนหมอนทองในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระทำได้โดยการสกัดเพคตินด้วยเมทานอล และคำนวณปริมาณสารที่สกัดได้เป็นร้อยละ พบว่า ได้สารสกัดจากเพคตินคิดเป็นร้อยละ 8.36 หลังจากนั้นนำสารสกัดเพคตินมาวิเคราะห์ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดเพคตินจากเปลือกทุเรียนหมอนทองด้วยวิธี DPPH คำนวณหาความเข้มข้นของสารสกัดที่สามารถต้านอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 (IC_{50}) และนำไปเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานวิตามินซี พบว่าสารสกัดเพคตินมีค่า IC_{50} เท่ากับ 6230.06 ppm เมื่อเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานวิตามินซี มีค่าเท่ากับ 3.60 ppm ซึ่งค่า IC_{50} จากเพคตินเปลือกทุเรียนหมอนทองมีค่าน้อยกว่าในใบของทุเรียนจากรายงานของนิภาพร ยลสวัสดิ์ และคณะ (2557 : 41 - 48) ที่รายงานการประเมินความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของใบทุเรียนจำนวน 10 พันธุ์ โดยสกัดด้วยเอทานอล และพบว่าสารสกัดจากใบอ่อนทุเรียนพันธุ์กบเจ้าคุณมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด โดยมี IC_{50} เท่ากับ 381.07 ppm

คุณสมบัติการเป็นสารต้านแบคทีเรียของสารสกัดจากเพคติน

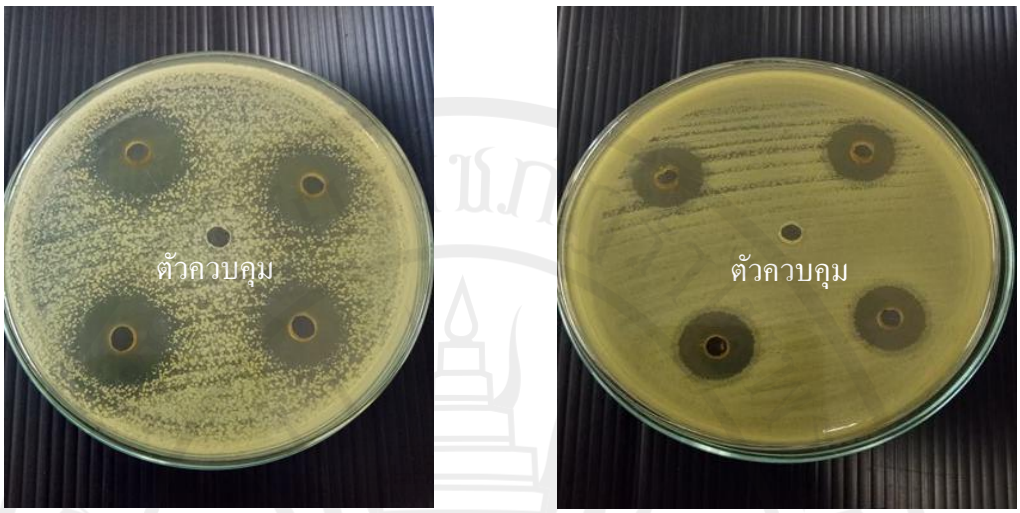
นำสารสกัดจากเมทานอลของเพคตินจากเปลือกทุเรียนหมอนทองซึ่งมีความเข้มข้นประมาณ 10^6 ppm มาทดสอบการยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* TISTR 2329 และ *Escherichia coli* TISTR 073 พบว่า สารสกัดเพคตินสามารถยับยั้งเชื้อทั้งสองชนิดได้ โดยการวัดโซนใสของการยับยั้ง ดังภาพประกอบ 9 ขนาดของโซนใส ดังตาราง 3

ตาราง 3 ผลการต้านแบคทีเรียของสารสกัดจากเพคติน

เชื้อจุลินทรีย์	ขนาดโซนใส (เส้นผ่านศูนย์กลาง, เซนติเมตร)
ตัวควบคุม	0.60 ± 0.00^{c}
S. aureus TISTR 2329	1.71 ± 0.26^{a}
E. coli TISTR 073	1.51 ± 0.11^{b}

หมายเหตุ : อักษร abc แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ก) ข)

ภาพประกอบ 9 ลักษณะโซนใสที่เกิดจากการทดสอบสารสกัดเพคตินจากเปลือกทุเรียนต่อเชื้อ ก) *S. aureus* TISTR 2329 และ ข) *E. coli* TISTR 073

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า สารสกัดจากเพคตินสามารถยับยั้งการเจริญของ *S. aureus* TISTR 2329 มากที่สุด มีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 1.71±0.26 โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับ *E. coli* TISTR 073 และตัวควบคุม ซึ่งเป็นน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ จะเห็นได้ว่าสารสกัดเพคตินสามารถยับยั้งแบคทีเรียแกรมบวก *S. aureus* ได้ดีกว่าแบคทีเรียแกรมลบ *E. coli* ทั้งนี้อาจเป็นเพราะแบคทีเรียแกรมลบจะมีความต้านทานต่อสารสกัดหรือตัวยับยั้งได้ดีกว่าแบคทีเรียแกรมบวก เนื่องจากแบคทีเรียแกรมลบมีเยื่อชั้นนอกและเพอริพลาสมิค สเปซ โดยสารไลโพพอลิแซกคาไรด์ จะเป็นตัวกั้นการซึมผ่านของสารต่าง ๆ ได้ (Shan and et al. 2007 : 112 - 119)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาสารสกัดเพคตินจากเปลือกทุเรียนหมอนทอง ด้วยกรดไฮโดรคลอริก ที่อุณหภูมิ 3 ระดับ ได้แก่ 70 80 และ 90 องศาเซลเซียส และระยะเวลาในการสกัดเพคติน 4 ระยะ คือ 1 3 5 และ 7 ชั่วโมง วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของเพคตินที่สกัดได้ หลังจากนั้นนำเพคตินที่ได้มาสกัดด้วยเมทานอล และศึกษาความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและสารต้านแบคทีเรีย สรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

1. อุณหภูมิที่เหมาะสมและเวลาที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากเปลือกทุเรียน คือ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง โดยพิจารณาจากปริมาณผลผลิต ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิค ปริมาณเมททอกซิล และสี เพคตินที่สกัดได้เป็นแบบ HMP คือ มีปริมาณเมททอกซิลมากกว่าร้อยละ 8.16 เพคตินชนิดนี้สามารถเกิดเจลได้ในสภาวะที่มีน้ำตาลและกรดในปริมาณที่เหมาะสม โดยต้องใช้น้ำตาลในการเกิดเจล ประมาณร้อยละ 60 - 65 เหมาะสำหรับเติมในอาหารจำพวกแยม เยลลี่ และผลไม้กวน

2. เพคตินที่สกัดได้จากเปลือกทุเรียนหมอนทองมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ วิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH มีค่า IC_{50} เท่ากับ 6230.06 ppm เมื่อเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานวิตามินซี มีค่าเท่ากับ 3.60 ppm

3. เพคตินที่สกัดได้จากเปลือกทุเรียนหมอนทองมีคุณสมบัติเป็นสารต้านแบคทีเรีย โดยมีความสามารถในการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* TISTR 2329 ได้ดีกว่า *E. coli* TISTR 073

ข้อเสนอแนะ

1. ในการสกัดเพคตินควรทำการศึกษาสกัดด้วยวิธีอื่น ๆ ร่วมด้วย เพื่อเป็นทางเลือกและ ลดขั้นตอนการสกัด

2. ควรศึกษาการประยุกต์ใช้เพคติน เพื่อนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ

3. ควรนำข้อมูลการศึกษาไปต่อยอดในการผลิตฟิล์มพอลิเมอร์ธรรมชาติ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กนกพร สังขรักษ์ และเจนจิรา โตะแบ. (2552). **เพกตินจากเศษผักกาดขาวและการประยุกต์ใช้**. วิทยานิพนธ์ วท.ม (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร). สงขลา : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์. (2536). **เอกสารประกอบการเรียนผัก และผลไม้**. กรุงเทพฯ : ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ขนิษฐา คงยอด. (2553). **ผลการต้านแบคทีเรียและอนุมูลอิสระของสารสกัดสาหร่ายเกลียวทอง**. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (ชีววิทยา). เชียงใหม่ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ขนิษฐา เลิกชัยภูมิ. (2545). **การสกัดเพคตินจากส้มมะงั่วและการใช้ประโยชน์ในระบบอาหาร**. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (เทคโนโลยี). ขอนแก่น : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

จักรพงศ์ ไพบูรณ์. (2548). **สารต้านอนุมูลอิสระ Antioxidant**. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http:// siamdentel.com/antioxidant.html. 10 สิงหาคม 2559.

จิตโสภิญ กะสงค์. (2543). **การสกัดเพคตินจากมะขามหวานในจังหวัดเพชรบูรณ์**. รายงานโครงการวิจัยวิทยาศาสตรบัณฑิต. เพชรบูรณ์ : สถาบันราชภัฏเพชรบูรณ์.

ฉัตรชัย สังข์ผุด จีราภรณ์ สังข์ผุด และนพรัตน์ ผาสุก. (2548). **คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของเพคตินที่สกัดจากผลส้มโอ**. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร). เชียงใหม่ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เฉลียว หมัดอิ๊ว. (2554). **การยับยั้งแบคทีเรียของสีธรรมชาติบางชนิดบนผ้าฝ้าย**. วิทยานิพนธ์ ปร.ด. (เกษตรเขตร้อน). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชวนิฏฐ์ สิทธิดิลกรัตน์, พิลาณี ไวถนอมสัตย์, วราพร เชื้อกูล และปริศนา สิริอาชา. (2548). **การผลิตเพคตินจากเปลือกและกากผลส้มเหลือทิ้ง**. การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43 : สาขาอุตสาหกรรมเกษตร.

ชินานาฏ วิทยาประภากร และสมัชญ์ ทวีเกษมสมบัติ. (2556). **การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากวัสดุทางการเกษตร**. วารสารวิชาการและวิจัย. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ.

ณรงค์ ศิขิรัมย์. (2546). **การสกัดและการหาลักษณะเฉพาะของเพคตินที่ได้จากกากฝรั่ง**. วิทยานิพนธ์ วท.ม (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร). เชียงใหม่ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ณรงค์พันธุ์ รัตนปนัดดา. (2558). **การสกัดเพคตินจากเศษผักและผลไม้หลากชนิด**. รายงานการวิจัย. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต.

ทรงพล สมศรี. (2551). **ทุเรียนไทยและการปรับปรุงพันธุ์ : กรณีศึกษาพันธุ์จันทบุรี 1 จันทบุรี 2 จันทบุรี 3**. กรุงเทพฯ : กรมวิชาการเกษตร.

ทวีป รื่นรมย์ และภาวนา อัศวะประภา. (2534). **ทุเรียนภาคตะวันออก**. ระยอง : สำนักงานส่งเสริมการเกษตรภาคตะวันออก.

ธนาวรรณ สุขเกษม. (2556). **การสกัดเพคตินจากกะหล่ำปลี *(Brassica oleracea L.var.capitata L.)* ภูทับเบิก ตำบลวังบาล อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์**. เพชรบูรณ์ : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.

ธานี ตระกูลอินทร์. (2533). **ผลของโซเดียมเฮ็กซาเมตาฟอสเฟตและเอททิลินไดเอมีนเทตราอะซิติกแอซิตต่อการสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอ**. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (วิทยาศาสตร์อาหาร). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธานุวัฒน์ ลาภตันศุภผล ปฏิมา ทองขวัญ และศิริลักษณ์ สรงพรมทิพย์. (2556). "การสกัดเพคตินจากเปลือกผัก และผลไม้," **วารสารวิทยาศาสตร์**. 44 (2) (พิเศษ) : 433 - 436.

นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และปรีชา สุวรรณพินิจ. (2544). **จุลชีววิทยาทั่วไป**. พิมพ์ครั้งที่ 3**.** กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นวลศรี รักอริยะธรรม และอัญชนา เจนวิถีสุข. (2545). **แอนติออกซิเดนท์สารต้านมะเร็งในผัก-สมุนไพรไทย**. เชียงใหม่ : นพบุรีการพิมพ์.

นิธิยา รัตนาปนนท์. (2545*)*. **เคมีอาหาร**. เชียงใหม่ : ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นิภาพร ยลสวัสดิ์ มณทินี ธีรารักษ์ และจำรูญ เล้าสินวัฒนา. (2557). "การประเมินความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ และการจับโลหะและปริมาณฟีนอลิคจากใบทุเรียน 10 พันธุ์," **วารสารแก่นเกษตร**. 42 (3)

นิรนาม. (2535). **สถิติสินค้าส่งออกแยกตามชนิดสินค้าประจำปี พ.ศ. 2535**. การส่งเสริมการส่งออก กระทรวงพาณิชย์.

บัวใส ศรไชย. (2552). **การศึกษาสารต้านอนุมูลอิสระจากไวน์มะหวดและน่ำลำดวน**. วิทยานิพนธ์วท.ม. (วิทยาศาสตรศึกษา). อุบลราชธานี : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.

ปาริษา ทองสุข ศิริพร เพชรมูล สุวิมล ประสมวีรยุทธ บุญไทย และปุณฑริกา รัตนตรียวงศ์. (2551). “กรรมวิธีการสกัดและการเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอเพื่อประโยชน์เชิงพาณิชย์,” **วารสารวิทยาศาสตรการเกษตร**. 39(3)(พิเศษ) : 571 – 577.

ฝ่ายข้อมูลวารสารเคหการเกษตร. (2537). **การทำสวนทุเรียน-เงาะ และเทคนิคต่าง ๆ เกี่ยวกับการทำสวนทุเรียน-เงาะ**. กรุงเทพฯ : เจริญรัฐการพิมพ์.

พรทิพย์ วิรัชวงค์. (2548). **อนุมูลอิสระ (Free Radicals)/สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidants)**. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.Gpo.or.th./sdi/html/antioxidants.html. 18 สิงหาคม 2559.

พรพรรณ พัวไพบูลย์. (2549). **การศึกษาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในไวน์ที่ผลิตจากเปลือกและแกนผลไม้**. รายงานวิจัย. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

พัชนีวรรณ อ่อนสัมฤทธิ์. (2559). **ฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรีย Staphylococcus Aureus และ Escherichia Coli จากผักกระสัง (Peperomia Pellucid) และผักแพว (Petsicaria Odorata)**. รายงานการวิจัยสถาบันวิจัยและพัฒนา. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทเกษม.

พันธุ์เลิศ พรหมสาขา ณ สกลนคร, อนุวัตร แจ้งขัด และกมลวรรณ แจ้งขัด. (2554). **การพัฒนากระบวนการผลิตเพคตินจากใบเครือหมาน้อย**. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49. กรุงเทพฯ : สาขาอุตสาหกรรมเกษตร.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. (2553). **เพคติน**. ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร. (ออนไลน์) แหล่งที่มา : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word / 0430/pectin. 25 เมษายน 2559.

มาริษา ไชยโอสถ. (2549). **การสกัดเพคตินจากของเหลือทิ้งของขนุน**. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม). ชลบุรี : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา.

รัชฎา ตั้งวงค์ไชย, เกษม นันทชัย, ขนิษฐา เลิกชัยภูมิ และธนกร โรจนกร. (2544). **การสกัดเพคตินจากส้มมะงั่วและแนวทางการใช้ประโยชน์ในระบบอาหารเชิงพาณิชย์**. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (เทคโนโลยีอาหาร). ขอนแก่น : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

รัชนี ตัณฑะพานิชกุล. (2547). **เคมีอาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

เรืองทอง กิจเจริญปัญญา. (2543). **วิทยาแบคทีเรีย**. ขอนแก่น : คณะสัตวแพทย์ศาสตร์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วัลลภ พีรพรพิศาล และประณีต โอปณะโสภิต. (2547). “ภาพรวมของอนุมูลอิสระและการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดจากพืชในหลอดทดลอง,” **SWU Journal Pharm Science**. 9 : 73 - 80.

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. (2560). **Escherichia Coli**. (ออนไลน์). แหล่งที่มา. http://th.wikipedia.org/wiki/Escherchia_coli. 15 กันยายน 2560.

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. (2560). **Staphylococcus Aureus**. (ออนไลน์). แหล่งที่มา. http://th.wikipedia.org/wiki/Staphylococcus_aureus. 15 กันยายน 2560.

วิภาดา ศุภจรรยา และปราณี อ่านเปรื่อง. (2537). “การสกัดหัวน้ำเชื้อทุเรียนโดยการใช้เอนไซม์เพคติเนส เซลลูเลส และอะไมเลส ภายใต้ภาวะปฏิกิริยาแบบต่อเนื่องและแบบตามลำดับ,” **วารสารอาหาร (Food)**. 24(3) : 173 – 180.

สมฤทัย จิตภักดีบดินทร์ และอมราวดี จางวาง. (2552). **เพกตินจากเปลือกมะนาว**. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (เทคโนโลยีเภสัชกรรม). ปัตตานี : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สมศักดิ์ วรรณศิริ. (2530). **ทุเรียน**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ฐานเกษตรกรรม.

สำนักงานเศรษฐกิจเกษตร. (2560). **สารสนเทศเศรษฐกิจการเกษตรรายสินค้า ปี 2559**. กรุงเทพฯ : กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

_____. (2560). **สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2559**. หน้า 79. กรุงเทพฯ : กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักงานส่งเสริมการเกษตรภาคตะวันออก. (2534). **ทุเรียนภาคตะวันออก**. ระยอง : ฝ่ายฝึกอบรมและเผยแพร่ สำนักสำนักงานส่งเสริมการเกษตรภาคตะวันออก.

สุธิดา ทองคำ และพูนศิริ ทิพย์เนตร. (2555). **การสกัดเพคตินจากจาวตาล**. วารสารวิทยาศาสตร์แห่งมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี.

แสงสวัสดิ์ เจริญตระกูล. (2553). **ผลของกรดและด่างต่อสารประกอบเพกตินในน้ำส้ม**. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

แสวง ภูศิริ. (2527). **เรื่องทุเรียน**. ตรัง : วิทยาลัยเกษตรกรรมตรัง.

องอาจ เด็ดดวง. (2553). **การเปรียบเทียบเพคตินสกัดจากฝรั่งสามชนิดกับเพคตินมาตรฐาน**. สารนิพนธ์ กศ.ม. (เคมี). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

Askar, A. and Treptow, H. (1993). **Quality Assurance in Tropical Fruit Processing**. Berlin : Springer Laboratory Germany.

Baskin, S.I. and Salem, H. (1997). **Oxidants, Antioxidants, and Free Radical**. Washigton D.C.: Taylor & Francis.

Frankel, E.N. and Meyer, A.S., (2000). "The Problems of Using one Dimensional Methods to Evaluate Multifunction Food and Biological Antioxidants," **Journal of the Science of Food and Agriculture**. 80 : 1925 - 1941.

Ingredients/Pectin/What-pectin.

Kertesz, Z. I. (1951). **The Pectic Substances**. New York : Interscience Publishers,Inc.

Koubala B.B., Kansci G., Mbome L.I., Cre.peau M.-J., Thibault J.-F. & Ralet M.-C. (2008). "Effect of Extraction Conditions on Some Physicochemical Characteristics of Pectins from ''Ame.liore.e''and ''Mango'' Mango Peels," **Journal of Food Hydrocolloids**. 22 : 1345 - 1355.

Koubala B.B., Mbome L.I., Cre.peau M.-J., Thibault J.-F. and Ralet M.-C. (2008).

Mollea C., Chiampo F. and Conti R. (2008). "Extraction and Characterization of Pectins from Cocoa Husks : A Preliminary Study," **Journal of Food Chemistry**. 107 : 1353 - 1356.

Physicochemical Properties of Pectins from Ambarella Peels (*Spondias Cytherea*) Obtained using Different Extraction Conditions. **Journal of Food Chemistry**. 106 : 1202 - 1214.

Ranganna, S. (1986). **Handbook of Analysis and Quality Control for Fruits and Vegetables Product***s.* Tata McGraw - Hill Publishing Company Limited, New Delhi.

Sahari, M. A., Akbarian M.A., and Hamedi, M. (2003). Effect of Variety and Acid Washing Method on Extraction Yield and Quality of Sunflower Head Pectin. **Food Chemisty**. 83 : 43 - 47.

Shan, B., Cai YZ., Brooks ID., and Carke H. (2007). "The in vitro Antibacterial Activity of Dietary Spice and Medicinal Herb Extracts," **International Journal of Food Microbiology**. 117 : 112 - 119.

Silvateam. (2011). **What is Pectin : A Natural Ingredient for Every Application Needs What is Pectin**. (Online). Available : http://en.silvateam.com/Products-Services/Food-

Singhatong, S., Leelarungrayub, D. and Chaiyasut, C. (2010). "Antioxidant and Toxicity Activities of Artocarpus Lakooha Roxb. Heartwood Eeartract," **Journal of Medicinal Plants Research**. 4(10) : 947 - 953.

Sirivasan, V., B.E. Gillespie, M.J. Lewis, L.T. Nguyen, S.I. Headrick, Y.H. Schukken and S.P. Oliver. (2007). **Phenotypic and Genotypic Antimicrobial Resistance Patterns of *Escherichia coli* Isolated from Dairy Cows with Mastitis**. Vet. Microbiol.

The Joint FAO/WHO Expert Commitree on Food Additives. (1984). **Anticaking Agent, Buffering Agent, Salt, Emulsifiets, Enzyme, Extracted Solvents, Flavouring Agent and Miscellaneous Food Additives**. Compendium of Food additive specifications. FAO Food and Nutrition 1984; 32.

Wai, W.W.; Alkarkhi, A.F.M. and Easa, A.M. (2010). "Effect of Extraction Conditions on Yield and Degree of Esterification of Durian Rind Pectin : An Experimental Design," **Food and Bioproducts Processing**. 88 : 209 - 214.

Yapo B.M. (2008). "Pectin Quantily Composition and Physicochemical Behavior as Influenced by the Purification Process," **Food Reseaech International**. 42 : 1197 - 1202.

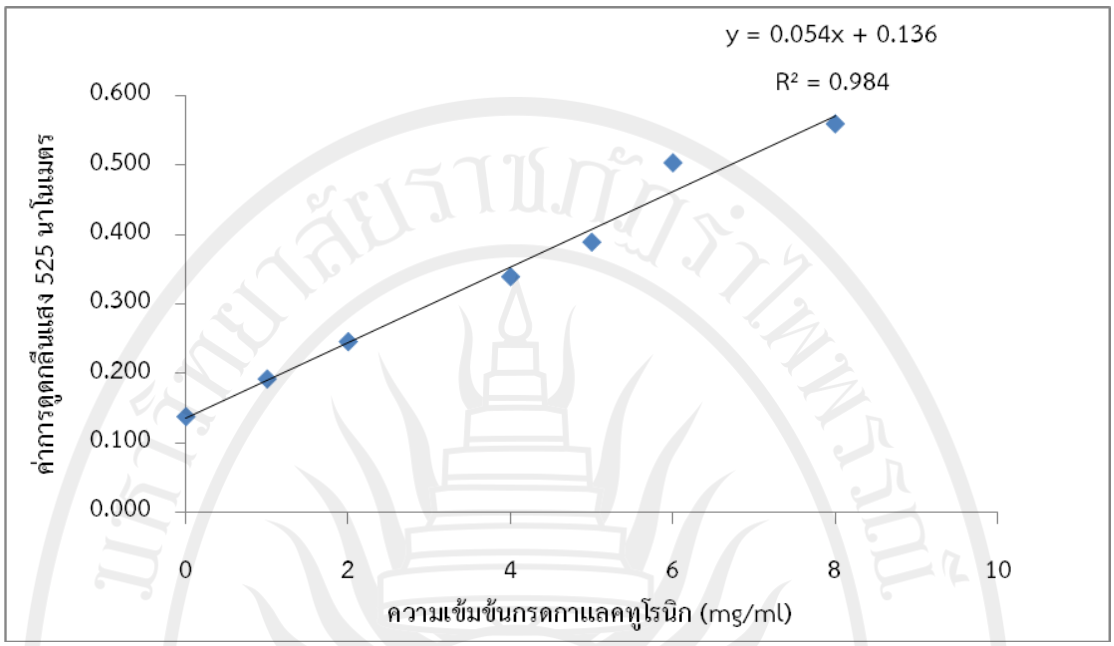
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาคผนวก

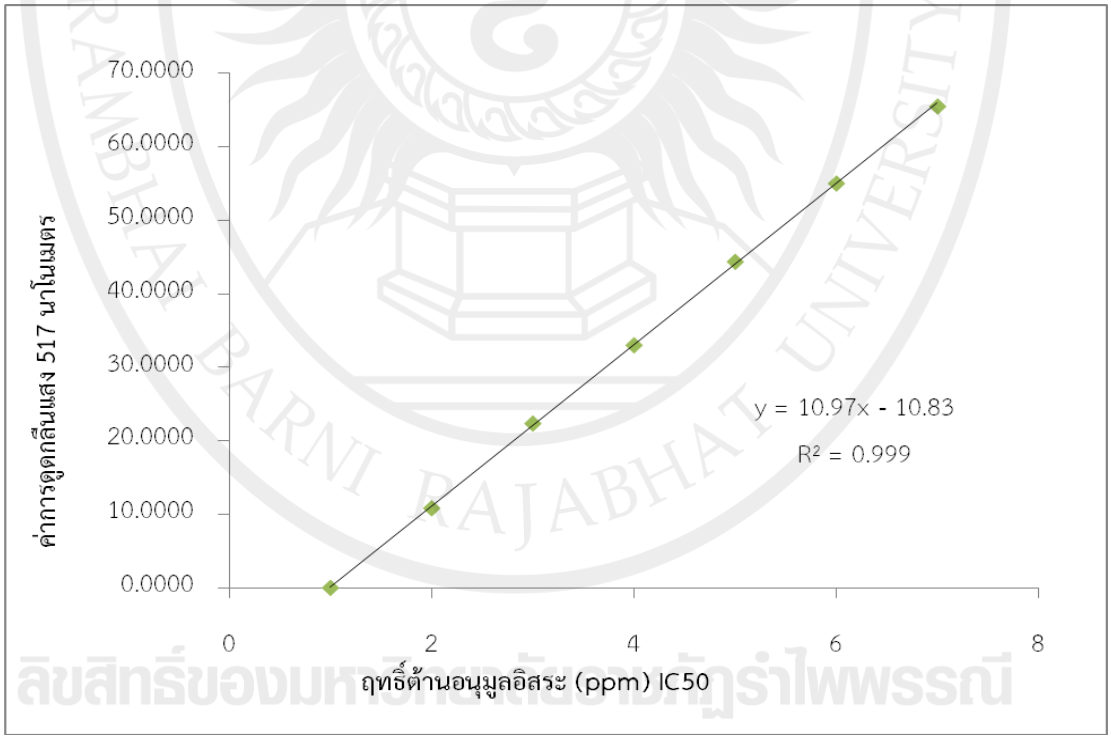
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาคผนวก ก
การทำกราฟมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาพประกอบ 10 กราฟมาตรฐานของกรดกาแลคทูโรนิก



ภาพประกอบ 11 กราฟมาตรฐานของสารมาตรฐาน DPPH (กรดแอสคอร์บิก)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาคผนวก ข

ภาพประกอบการทดลอง

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ก)

ข)

ค)

ง)

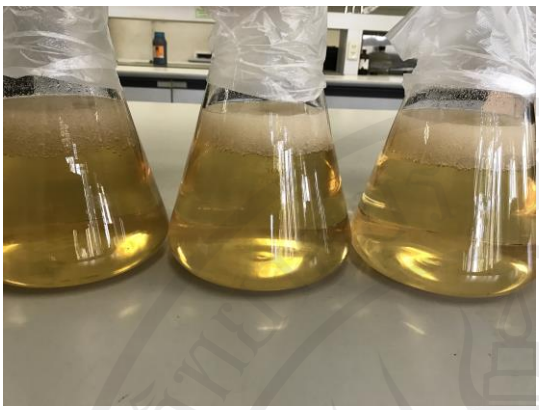
ภาพประกอบ 12 การเตรียมเปลือกทุเรียนหมอนทอง ก)เปลือกทุเรียนหมอนทอง ข) ด้านในเปลือกทุเรียนที่เป็นสีขาว ค) เปลือกทุเรียนอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ง) เก็บเปลือกทุเรียนอบแห้งในถุงพลาสติกปิดสนิท

ก)

ข)

ภาพประกอบ 13 การนำเปลือกทุเรียนบดแห้งมาสกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริก ก) การนำกรดไฮโดรคลอริกมาเทใส่ในเปลือกทุเรียนบดแห้ง ข) การคนให้เปลือกทุเรียนและกรดไฮโดรคลอริกเข้ากัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏราไพพรรณี



ก) ข)

ภาพประกอบ 14 การตกตะกอนของเพคติน ก) การตกตะกอนเพคตินโดยการเติมเอทานอล ข) การตกตะกอนโดยตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 ชั่วโมง

ก) ข)

ภาพประกอบ 15 การกรองแยกตะกอนเพคติน ก) ตะกอนของเพคติน ข) การกรองแยกตะกอนด้วยผ้าขาวบางและล้างตะกอนเพคตินด้วยอะซิโตน

ก) ข)

ภาพประกอบ 16 เพคตินหลังจากล้างด้วยอะซิโตน ก) ล้างด้วยอะซิโตน 1 ครั้ง ข) ล้างด้วยอะซิโตน 3 ครั้ง

ก)

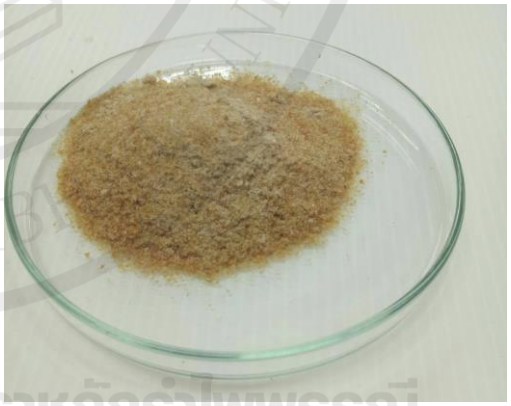
ข)

ภาพประกอบ 17 เพคตินที่สกัดได้ ก) เพคตินที่สกัดได้ใส่ถาดวางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 60 นาที ข) นำเพคตินแบ่งใส่ถาดเพื่อเตรียมทำการอบแห้ง

ก)

ข)

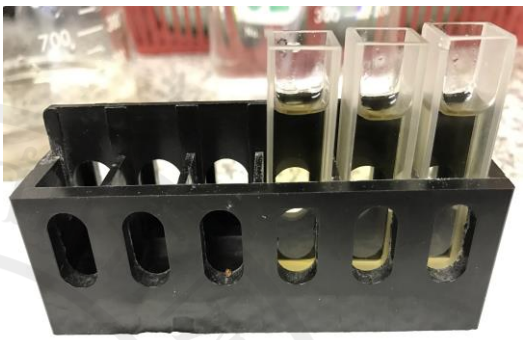
ค)



ง)

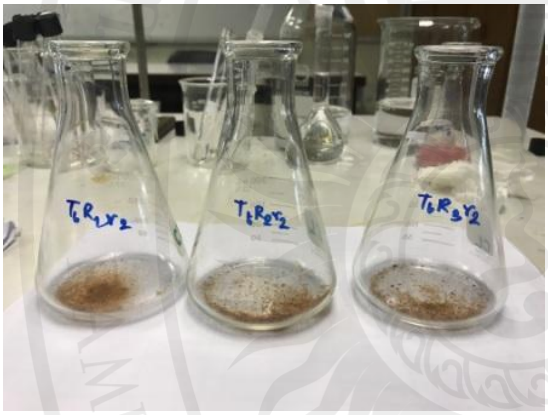
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาพประกอบ 18 ลักษณะเพคตินและผงเพคติน ก) ลักษณะเพคตินก่อนทำการอบ ข) ลักษณะเพคตินหลังทำการอบ ค) ลักษณะผงเพคตินที่ทำการเพคตินสกัดด้วยอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ง) เพคตินสกัดด้วยอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส



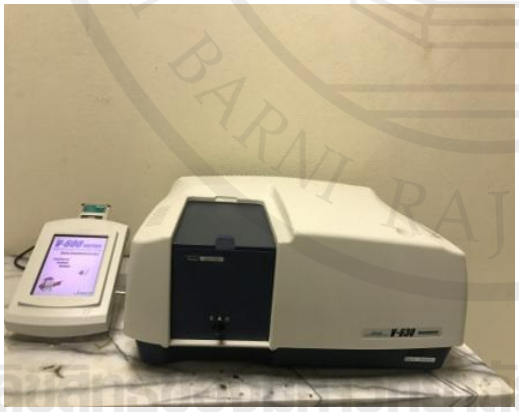
ก) ข)

ภาพประกอบ 19 การวิเคราะห์ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก ก) การเตรียมสาร ข) วัดค่าการดูดกลืนแสง



ก) ข)

ภาพประกอบ 20 การหาปริมาณเมททอกซิล ก) การเตรียมสาร ข) การหาปริมาณเมททอกซิล

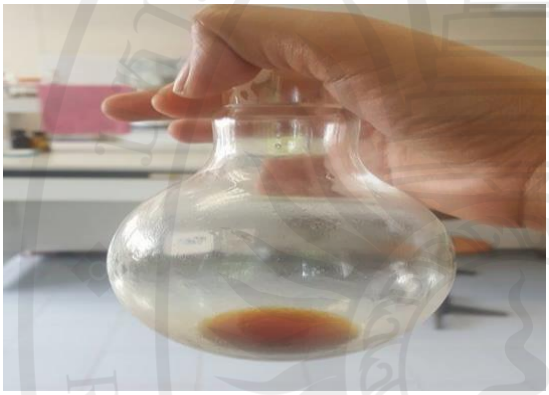


ก) ข)

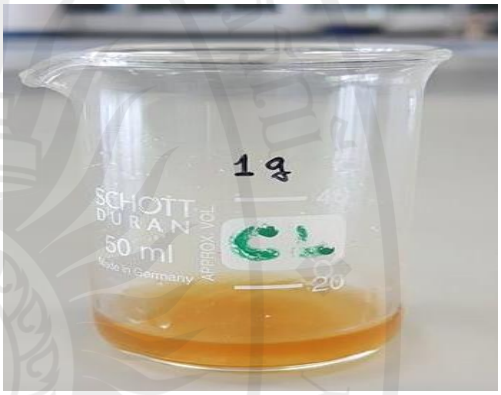
ภาพประกอบ 21 การวัดค่าสี ก) เครื่องเครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์ ข) การวัดค่าสีใช้ระบบ CIE (L*a*b*)

ก)

ข)



ค)



ง)

ภาพประกอบ 22 การเตรียมสารสกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอล ก) การแช่เพคตินในเมทานอล ข) การระเหยโดยใช้เครื่องระเหยสุญญากาศ ค) สารสกัดแพกตินที่ได้ ง) การเตรียมสารสกัดเพคตินเจือจางด้วยเมทานอล

ก)

ข)

ภาพประกอบ 23 การวิเคราะห์คุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดแพกติน ก) สารสกัดเพคตินความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ทำปฏิกิริยากับ DPPH ข) วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ก) ข)

ภาพประกอบ 24 การหาคุณสมบัติในการต้านทานเชื้อแบคทีเรีย ก) การปรับความเข้มข้นของเชื้อให้เท่ากับ McFarland 0.5 ข) การทดสอบการยับยั้งเชื้อโดยสารสกัดเพคติน

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ประวัติย่อผู้วิจัย

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ - ชื่อสกุล	นางสาวสุดารัตน์ เพ็ชรภิรมย์
วัน เดือน ปีเกิด	วันที่ 5 ธันวาคม พ.ศ. 2524
สถานที่เกิด	โรงพยาบาลรวมแพทย์ อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 60/1 หมู่ที่ 6 ตำบลท่าหลวง อำเภอมะขาม จังหวัดจันทบุรี
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	ตำแหน่งนักวิชาการส่งเสริมการเกษตรชำนาญการ กลุ่มส่งเสริมและพัฒนาการผลิต
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	สำนักงานเกษตรจังหวัดจันทบุรี
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2536	ประถมศึกษาปีที่ 1 - 6 โรงเรียนอำนวยวิทย์ อำเภอเมืองจันทบุรี จังหวัดจันทบุรี
พ.ศ. 2537	มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนลาซาลจันทบุรี อำเภอเมืองจันทบุรี จังหวัดจันทบุรี
พ.ศ. 2540	มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนศรียานุสรณ์ อำเภอเมืองจันทบุรี จังหวัดจันทบุรี
พ.ศ. 2543	วิทยาศาสตรบัณฑิต (ศึกษาศาสตร์-เกษตร) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
พ.ศ. 2560	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี