

ศึกษาวิธีการและสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากวัสดุเหลือใช้
ในท้องถิ่น

มาณิดา เกษตรกาลาม์
รัตนภรณ์ กิจจาร์ักษ์

รายงานการวิจัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของรายวิชาโครงการงานวิจัยทางเคมี
สถาบันราชภัฏนครศรีธรรมราช
ปีการศึกษา 2546

ศึกษาวิธีการและสถานะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น

ทำการวิจัยโดย

นางสาวมาณิดา เกษตรกาลาม์

นางสาวรัตนภรณ์ กิจจาร์ภัย

ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

โปรแกรมวิชาเคมี

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิจัย
(นางสาวนงเยาว์ เทพยา)

.....กรรมการ
(นายประวิทย์ เนื่องมัจฉา)

.....กรรมการ
(นางสาวปวีณา หนูคง)

.....ประธานโปรแกรมวิชาเคมี
(นายวรวุฒิ บุญอารี)

ชื่องานวิจัย	ศึกษาวิธีการและสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากวัสดุเหลือใช้ในห้องถัณฑ์
ชื่อผู้วิจัย	นางสาวรัตนภรณ์ กิจจาร์ภักษ์ นางสาวมาณูดา เกษตรกาลาม์
การวิจัย	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เคมี)
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์นงเยาว์ เทพยา
ปีการศึกษา	2546

บทคัดย่อ

การศึกษาวิธีในการสกัดเพคตินจากน้ำหนักสดของเปลือกด้านในทุเรียน (*Durio zibibethinus* Linn.) จำปาอะ (*Artocarpus integer* Merr.) และขนุน (*Artocarpus heterophyllus* Lamk.) ด้วย 1M แกลเซียมคลอไรด์ 60% เอทานอล และ 95% เอทานอล พบว่ามีปริมาณเพคตินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 ($P \leq 0.05$) ปริมาณเพคตินดิบที่ได้จากการสกัดจากเปลือกด้านในของทุเรียนแต่ละวิธีได้สารสกัดเพคตินดิบ 0.5247 ± 0.0287 , 0.5450 ± 0.0528 และ 0.6953 ± 0.0887 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนจำปาอะได้ปริมาณเพคตินดิบจากการสกัดแต่ละวิธีได้ สารสกัดเพคตินดิบ 2.8023 ± 0.2847 , 1.8523 ± 0.2758 และ 1.9410 ± 0.1532 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และขนุนมีปริมาณเพคตินดิบจากการสกัดเพคติน 0.9490 ± 0.0389 , 0.7993 ± 0.0935 และ 1.1253 ± 0.1362 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ วิธีการที่สามารถสกัดเพคตินได้ดีและเหมาะสมพิจารณาจากความยุ่งยากของ ขั้นตอน, ระยะเวลา, สารเคมี และจุดคุ้มทุนในการสกัดเพคติน พบว่าการสกัดด้วย 95% เอทานอล จะสามารถสกัดเพคตินได้ดีและเมื่อทำการหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคติน พบว่า ที่ความเข้มข้นของกรดซิดริกที่ 2.5% (w/v) และน้ำตัวอย่างต่อเอทานอลที่อัตราส่วน 1.0:1.0 จะได้ปริมาณเพคตินดิบมากที่สุด ซึ่งได้ปริมาณเพคตินดิบจากทุเรียน จำปาอะ และขนุน 4.6548 ± 0.1143 , 7.8988 ± 0.6489 และ 5.5903 ± 0.1697 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ หลังจากอบแห้งแล้วจะมีลักษณะเหนียวเหนียวไม่เหมาะที่จะนำไปใช้งาน แต่ที่ อัตราส่วน 1.0:2.0 – 1.0:3.0 เพคตินจะมีการเซทตัวดี หลังอบแห้งจะมีลักษณะแข็งกรอบ นำมาบดให้เป็นผงละเอียดได้ ซึ่งเหมาะแก่การนำไปใช้งานต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์ นงเยาว์ เทพยา เป็นอย่างสูงที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำที่เป็นประโยชน์ ตลอดจนช่วยเหลือแนะข้อบกพร่องต่าง ๆ เป็นผลให้การวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณจิราภรณ์ สังข์ศุค เจ้าหน้าที่ศูนย์วิทยาศาสตร์สถาบันราชภัฏนครศรีธรรมราช อาจารย์ปิยวรรณ สายมโนพันธ์ และ คุณเจษฎา ไพจิตรสัตยา เป็นอย่างสูงที่ได้ให้คำปรึกษา แนะนำให้ความช่วยเหลือในด้านอุปกรณ์เครื่องมือในการทดลอง ในด้านข้อมูลทางสถิติ และการบริการด้านคอมพิวเตอร์สำหรับค้นหาข้อมูลตลอดระยะเวลาทำการรวบรวมเข้าเล่ม ตลอดจนคุณจิราภรณ์ ลำดับพงศ์ คุณสิรินยา ณ นคร และคุณดวงมณี มัชฌิมวงศ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์วัสดุเหลือใช้ที่นำมาทำวิจัยในครั้งนี้ ตลอดจนเพื่อน ๆ และ น้องทุก ๆ คนที่คอยช่วยเหลือ และให้กำลังใจตลอดเวลาในการทำวิจัยจนกระทั่งเสร็จสิ้นสมบูรณ์

รัตนภรณ์ กิจจาร์ักษ์

มาญีดา เกษตรกาลาม์

มีนาคม 2547

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(1)
กิตติกรรมประกาศ	(2)
สารบัญ	(3)
สารบัญภาพ	(5)
สารบัญตาราง	(7)
บทที่ 1 บทนำ	
1. ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย	1
2. วัตถุประสงค์การวิจัย	2
3. สมมติฐาน	2
4. ขอบเขตของการวิจัย	2
5. วิธีดำเนินการวิจัย	3
6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
1. เพคติน	4
1.1 โครงสร้างของเพคติน (pectin)	4
1.2 ชนิดของเพคติน	7
1.3 ความสำคัญของเพคตินในผักและผลไม้	8
1.4 ส่วนประกอบ pectin substances	8
1.5 คุณสมบัติทางกายภาพ	9
1.6 แหล่งที่พบเพคติน	11
1.7 ลักษณะของเพคติน	11
1.8 ประโยชน์ของเพคติน	12
1.9 วิธีการสกัดเพคติน	13
1.10 การสังเคราะห์เจลและการจัดวางตัวของเจล	13

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
1.11 พีชที่ใช้ในการสกัดเพคติน	14
1.12 ปริมาณเพคติน	15
2. พีชที่ใช้ในการวิจัย	15
2.1 หุเรียน	15
2.2 ขนุน	17
2.3 จำปาละ	20
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
1. วัสดุที่ใช้ในการทำวิจัย	23
2. สารเคมี	24
3. อุปกรณ์	24
4. การเตรียมน้ำตัวอย่าง	25
5. วิธีการสกัด	27
5.1 ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาวิธีการที่เหมาะสม	27
5.1.1 วิธีที่ 1 โดยใช้ 1M แคลเซียมคลอไรด์	27
5.1.2 วิธีที่ 2 โดยใช้ 60% เอทานอล	28
5.1.3 วิธีที่ 3 โดยใช้ 95% เอทานอล	29
5.2 ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสม	30
บทที่ 4 ผลการทดลอง	32
บทที่ 5 สรุป วิเคราะห์ผลและข้อเสนอแนะ	45
บรรณานุกรม	
ภาคผนวก	
โครงร่างงานวิจัย	
ประวัติผู้ทำวิจัย	

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 โครงสร้างของผนังเซลล์พืช	4
ภาพที่ 2 หน่วยโครงสร้างของ Galacturonic acid unit	4
ภาพที่ 3 หน่วยโครงสร้างของเพคติน (Pectin Structural unit)	5
ภาพที่ 4 โมเลกุลโครงสร้างของเพคติน (Pectin Molecular structure)	5
ภาพที่ 5 HM pectin formula	6
ภาพที่ 6 LM pectin formula	6
ภาพที่ 7 Amidated pectin formula	6
ภาพที่ 8 ผลทุเรียน	16
ภาพที่ 9 ขนุน	18
ภาพที่ 10 จำปาคะ	20
ภาพที่ 11 เปลือกด้านในของทุเรียนที่หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ	23
ภาพที่ 12 เปลือกด้านในของจำปาคะที่หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ	23
ภาพที่ 13 เปลือกด้านในของขนุนที่หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ	23
ภาพที่ 14 เพคตินก่อนอบโดยวิธีการ 1M แคลเซียมคลอไรด์	32
ภาพที่ 15 เพคตินหลังอบโดยวิธีการ 1M แคลเซียมคลอไรด์	32
ภาพที่ 16 เพคตินก่อนอบโดยวิธีการ 60% เอทานอล	33
ภาพที่ 17 เพคตินหลังอบโดยวิธีการ 60% เอทานอล	33
ภาพที่ 18 เพคตินก่อนอบโดยวิธีการ 95% เอทานอล	34
ภาพที่ 19 เพคตินหลังอบโดยวิธีการ 95% เอทานอล	34
ภาพที่ 20 ลักษณะเพคตินของทุเรียนที่อัตราส่วน 1.0:1.0 ก่อนอบแห้ง	41
ภาพที่ 21 ลักษณะเพคตินของทุเรียนที่อัตราส่วน 1.0:1.0 หลังอบแห้ง	41
ภาพที่ 22 ลักษณะเพคตินของทุเรียนที่อัตราส่วน 1.0:2.0 ก่อนอบแห้ง	41
ภาพที่ 23 ลักษณะเพคตินของทุเรียนที่อัตราส่วน 1.0:2.0 หลังอบแห้ง	42
ภาพที่ 24 ลักษณะเพคตินของจำปาคะที่อัตราส่วน 1.0:1.0 ก่อนอบแห้ง	42
ภาพที่ 25 ลักษณะเพคตินของจำปาคะที่อัตราส่วน 1.0:1.0 หลังอบแห้ง	42
ภาพที่ 26 ลักษณะเพคตินของจำปาคะที่อัตราส่วน 1.0:2.0 ก่อนอบแห้ง	43

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 27 ลักษณะเพศดินของจำปาอะที่อัตราส่วน 1.0:2.0 หลังอบแห้ง	43
ภาพที่ 28 ลักษณะเพศดินของขมุนที่อัตราส่วน 1.0:1.0 ก่อนอบแห้ง	43
ภาพที่ 29 ลักษณะเพศดินของขมุนที่อัตราส่วน 1.0:1.0 หลังอบแห้ง	44
ภาพที่ 30 ลักษณะเพศดินของขมุนที่อัตราส่วน 1.0:2.0 ก่อนอบแห้ง	44
ภาพที่ 31 ลักษณะเพศดินของขมุนที่อัตราส่วน 1.0:2.0 หลังอบแห้ง	44

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 ลักษณะของสารสกัดจากวิธีการที่ 1 โดยใช้ IM แคลเซียมคลอไรด์	32
ตารางที่ 2 ลักษณะของสารสกัดจากวิธีการที่ 1 โดยใช้ 60% เอทานอล	33
ตารางที่ 3 ลักษณะของสารสกัดจากวิธีการที่ 1 โดยใช้ 95% เอทานอล	34
ตารางที่ 4 แสดงปริมาณเพคตินจากเปลือกด้านในของทุเรียน	35
ตารางที่ 5 แสดงปริมาณเพคตินจากเปลือกด้านในของจำปาอะ	35
ตารางที่ 6 แสดงปริมาณเพคตินจากเปลือกด้านในของขนุน	35
ตารางที่ 7 แสดงเปอร์เซ็นต์ yield ของพืชทั้ง 3 ชนิด	35
ตารางที่ 8 แสดงค่าทางสถิติเปรียบเทียบ 3 วิธีของทุเรียน	36
ตารางที่ 9 แสดงค่าทางสถิติเปรียบเทียบ 3 วิธีของจำปาอะ	36
ตารางที่ 10 แสดงค่าทางสถิติเปรียบเทียบ 3 วิธีของขนุน	36
ตารางที่ 11 ลักษณะของสารสกัดเปลือกด้านในของทุเรียนด้วยวิธีการ 95% เอทานอล ที่อัตราส่วนต่าง ๆ กัน	37
ตารางที่ 12 แสดงปริมาณเพคตินของทุเรียน	37
ตารางที่ 13 ลักษณะของสารสกัดเปลือกด้านในของจำปาอะด้วยวิธีการ 95% เอทานอล ที่อัตราส่วน ต่าง ๆ กัน	38
ตารางที่ 14 แสดงปริมาณเพคตินของจำปาอะ	38
ตารางที่ 15 ลักษณะของสารสกัดเปลือกด้านในของขนุนด้วยวิธีการ 95% เอทานอล ที่อัตราส่วนต่าง ๆ กัน	39
ตารางที่ 16 แสดงปริมาณเพคตินของขนุน	39
ตารางที่ 17 แสดงเปอร์เซ็นต์ yield ของทุเรียน ด้วยวิธีการสกัดด้วย 95% เอทานอล	40
ตารางที่ 18 แสดงเปอร์เซ็นต์ yield ของจำปาอะ ด้วยวิธีการสกัดด้วย 95% เอทานอล	40
ตารางที่ 19 แสดงเปอร์เซ็นต์ yield ของขนุน ด้วยวิธีการสกัดด้วย 95% เอทานอล	40

บทที่ 1

บทนำ

ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย

ปัจจุบันเพคติน (pectin) ได้เข้ามามีบทบาทในวงการทางด้านอุตสาหกรรมอาหารซึ่งเป็นสารที่สำคัญสำหรับอาหารประเภทต่าง ๆ เช่น การทำแยม เยลลี่ มาร์มาเลต ลูกกวาดและขนมอบแห้ง ใช้เป็นส่วนผสมในอาหารและเครื่องดื่ม (พจวรรณ ประยูรพรหม และคณะ , 2526-2527) ซึ่งปัจจุบันนี้ผู้บริโภคส่วนใหญ่ได้สังเกตเห็นถึงคุณประโยชน์ทางด้านสุขภาพและการควบคุมทางสรีระ โดยขณะนี้ได้มีการค้นคว้าเพื่อที่จะนำเอาเพคตินมาใช้ประโยชน์ ซึ่งเพคตินทำหน้าที่เป็นเยื่อป้องกันไม่ให้น้ำตาลถูกดูดซับเข้าสู่กระแสเลือดได้ง่าย จึงช่วยลดน้ำตาลในเลือด และสามารถลดระดับไขมัน คอเลสเตอรอลในตับ จึงทำให้ช่วยลดอาการเสี่ยงต่อหลอดเลือดแข็งและตีบ (วรารักษ์ ชัยโอภาส , 2538) นอกจากนี้เพคตินยังสามารถควบคุมโรคเบาหวาน ตลอดจนสามารถลดอาการอักเสบของแผลในลำไส้หลังผ่าตัดและในประเทศอังกฤษได้ใช้เพคตินเป็นสารช่วยลดคอเลสเตอรอล (cholesterol reducing agent) และใช้เคลือบเม็ดยาเพื่อควบคุมอัตราการดูดซึมของยาบางชนิด (พจวรรณ ประยูรพรหม และคณะ , 2526-2527) ทางด้านอุตสาหกรรมเครื่องสำอางยังนำเอาเพคตินใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับผม และความงามต่าง ๆ เช่น เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของแชมพู และคอนดิชันเนอร์ รวมทั้งใช้ในการจัดแต่งทรงผม

“เพคติน” เป็นสารคาร์โบไฮเดรตอยู่ภายในผนังเซลล์ของพืช ผัก และผลไม้ ประกอบด้วย เมทอกซิล (methoxyl) และ โพลีกาแลกทูโรนิก (polygalacturonic) เพคตินเป็นผลิตภัณฑ์ธรรมชาติและเป็นสารประกอบที่สำคัญของเซลล์ผนังพืชเป็นแขนงของโพลีแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) และเป็นเฮเทอโรโพลีแซ็กคาไรด์ (heteropolysaccharide) ซึ่งจัดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน ที่มีโครงสร้างใหญ่ประกอบด้วยโพลีแซ็กคาไรด์ ประมาณ 100 – 1,000 หน่วยแซ็กคาไรด์เชื่อมต่อกันเป็น เส้นตรง 50,000 – 150,000 เพคตินมีลักษณะเป็นผงละเอียดเมื่อละลายน้ำจะได้สารที่มีลักษณะเป็นวุ้น การตกตะกอนเพคตินด้วยแอลกอฮอล์ จะให้ตะกอนของเพคตินตั้งแต่สีขาวครีมจนถึงสีน้ำตาลอ่อน และการตกตะกอนเพคตินด้วยอะลูมิเนียมจะได้ตะกอนสีเหลืองถึงเขียวอ่อน ซึ่งโดยปกติเพคตินจากแอปเปิ้ลจะมีตะกอนสีเข้มกว่าเพคตินที่ได้จากส้ม (นงเยาว์ เทพยา , 2546)

จากการที่เพคตินเองพบได้ในตระกูลพืชชั้นสูง จึงทำให้มีนักวิทยาศาสตร์สนใจสกัดเพคตินจากผลไม้มากขึ้น เนื่องจากปัจจุบันเราต้องมีการนำเข้าเพคตินจากต่างประเทศ เพคตินมี

ราคาที่สูงและหาซื้อได้ยาก และมีความจำเป็นต้องใช้ในด้านอุตสาหกรรมต่าง ๆ รวมทั้งทางด้านเภสัชกรรม หากเราสามารถที่จะผลิตเพคตินใช้ได้เองภายในประเทศก็จะเป็นการลดต้นทุนการผลิตของวัตถุดิบลงได้

งานวิจัยนี้ได้สังเกตเห็นถึงความสำคัญของเพคติน จึงได้ทำการศึกษาการสกัดเพคตินจากวัสดุเหลือใช้โดยการหาวิธีการและสภาวะที่เหมาะสมในการสกัด รายงานการวิจัยในต่างประเทศมีการสกัดเพคตินโดยจะสกัดจากเปลือกแอปเปิ้ลและเปลือกของพีชในตระกูลส้ม แต่ในประเทศไทยได้มีการสกัดจากเปลือกของส้มโอ มะนาว (พจนานุกรม ประชวรพรหมและคณะ , 25265-2527) เสาวรส (พวงทอง ใจสันต์ และคณะ , 2541) โกโก้ (ดวงใจ โอชัยกุล และคณะ , 2541) และ สับปะรด (วนกร ชรากร และคณะ , 2545) ซึ่งวัสดุที่ทำการศึกษาจะขึ้นอยู่กับชนิดและพันธุ์ที่มีอยู่ในแต่ละประเทศ แต่งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาวิธีการและสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากวัสดุเหลือใช้ 3 ชนิด คือ เปลือกด้านในของทุเรียน จำปาเคาะ และขนุน ซึ่งในท้องถิ่นของเรามีวัสดุเหลือใช้จากผลไม้เหล่านี้มาก ถ้านำมาทำให้เกิดประโยชน์ก็จะเป็ผลดียิ่งและสามารถเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาประเทศในทางด้านอุตสาหกรรมต่อไปในอนาคตได้

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากวัสดุเหลือใช้
2. เพื่อศึกษาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของตัวทำละลายในการสกัดเพคตินจากวัสดุเหลือใช้
3. เพื่อศึกษาอัตราส่วนของน้ำตัวอย่างต่อเอธานอลที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากวัสดุเหลือใช้

สมมติฐาน

เพคตินที่ได้จากการสกัดแต่ละวิธีจะได้ปริมาณและลักษณะของเพคตินที่แตกต่างกัน การสกัดเพคตินด้วย 95% เอธานอล น่าจะเป็นวิธีการที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินที่ความเข้มข้นของกรดซิตริก (citric acid) 2.0% และอัตราส่วนระหว่างน้ำตัวอย่างต่อเอธานอลเท่ากับ 1.0:2.0 เป็นวิธีการและสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากเปลือกด้านในของทุเรียน จำปาเคาะ และ ขนุน

ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินซึ่งมี 3 วิธีคือ สกัดด้วย 1M แคลเซียมคลอไรด์ 60% เอธานอล และ 95% เอธานอล

2. ศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากวัสดุเหลือใช้ 3 ชนิด คือเปลือกด้านในของทุเรียน จำปาอะ และ ขนุน
3. ศึกษาความเข้มข้นของตัวทำละลาย (citric acid) ในการสกัดเพคตินที่ความเข้มข้น 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 % ตามลำดับ
4. ศึกษาอัตราส่วนของน้ำตัวอย่างต่อเอทานอลในอัตราส่วน 1.0:1.0, 1.0:1.5, 1.0:2.0, 1.0:2.5 และ 1.0:3.0 ตามลำดับ
5. ทำการศึกษาในเดือนตุลาคม 2546 – กุมภาพันธ์ 2547 ที่ศูนย์วิทยาศาสตร์ ชั้น 3 สถาบันราชภัฏนครศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช

วิธีดำเนินการวิจัย

1. รวบรวมข้อมูล
2. กำหนดแผนการวิจัย
3. ทำการทดลอง
 - ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาวิธีการที่เหมาะสม
 - 1M แคลเซียมคลอไรด์
 - 60% เอทานอล
 - 95% เอทานอล
 - ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสม
 - ความเข้มข้นของกรดซิตริก (Citric acid)
 - อัตราส่วนของน้ำตัวอย่าง : เอทานอล
4. รวบรวมข้อมูลและสรุปเป็นรูปเล่ม

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำวัสดุเหลือใช้มาทำให้เกิดประโยชน์
2. สามารถหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากวัสดุเหลือใช้เพื่อเป็นการประหยัดและลดต้นทุนในการผลิตได้
3. เป็นข้อมูลพื้นฐานในการสกัดเพคตินในเชิงอุตสาหกรรมได้
4. สามารถลดต้นทุนในการสั่งซื้อเพคตินจากต่างประเทศได้

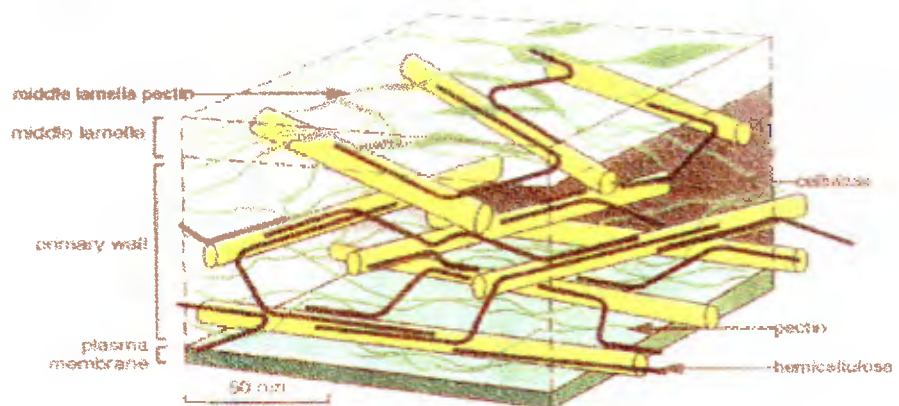
บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1 เพคติน

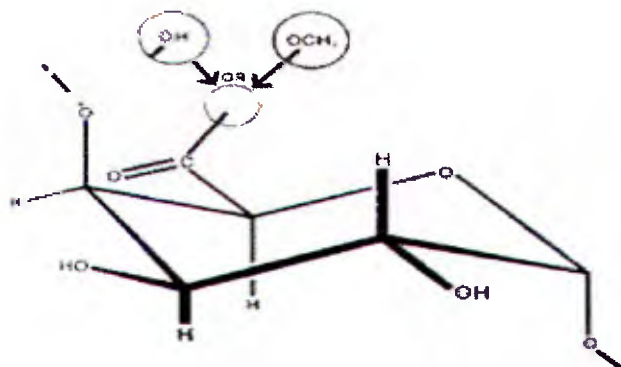
1.1 โครงสร้างของเพคติน (pectin)

เพคตินเป็นผลิตภัณฑ์ธรรมชาติและเป็นสารประกอบที่สำคัญของผนังเซลล์พืชเป็นแขนงของ โพลีแซคคาไรด์ (branched polysaccharide) และ เฮเทอโรโพลีแซคคาไรด์ (heteropolysaccharide) จัดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน ที่มีโครงสร้างใหญ่่มาก ประกอบด้วย polysaccharide ประมาณ 100-1,000 หน่วยแซคคาไรด์ เชื่อมต่อกันเป็นเส้นตรง มีน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยประมาณ 50,000 - 150,000



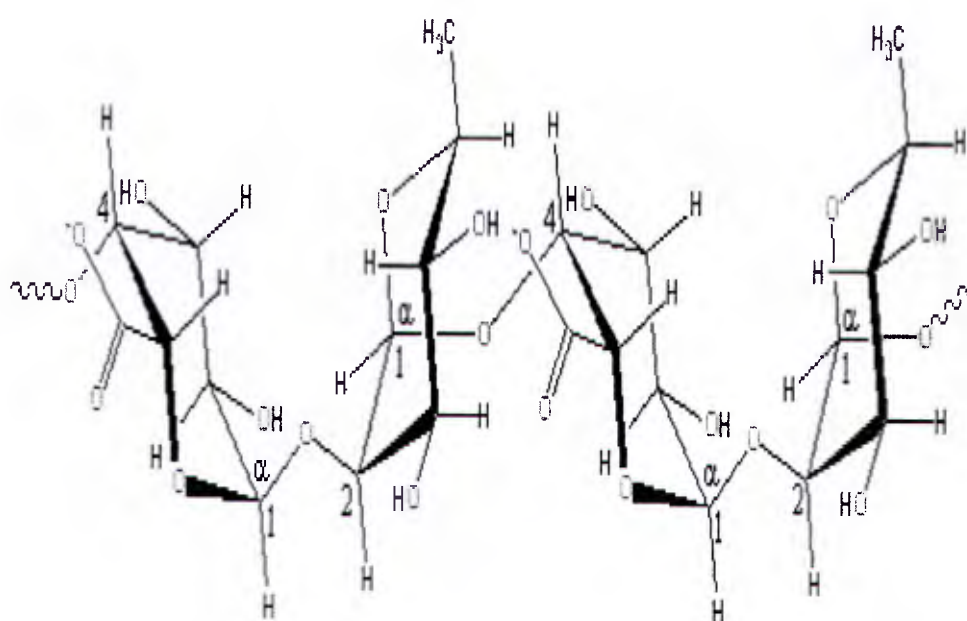
ภาพที่ 1 โครงสร้างของผนังเซลล์พืช

http://www.ippa.info/what_is_pectin.htm



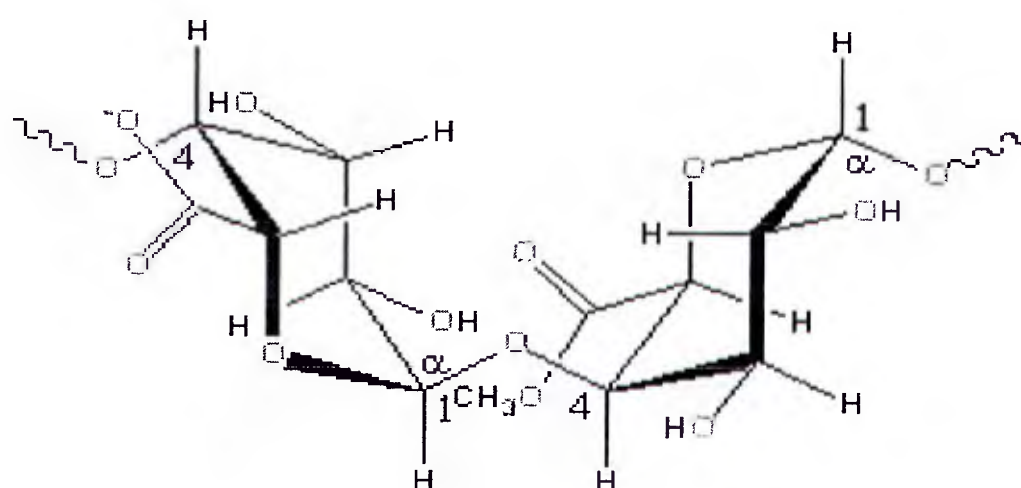
ภาพที่ 2 หน่วยโครงสร้างของ Galacturonic acid unit

http://www.ippa.info/what_is_pectin.htm



ภาพที่ 3 หน่วยโครงสร้างของเพคติน (Pectin structural unit)

<http://www.lsbu.ac.uk/water/hypec.html>

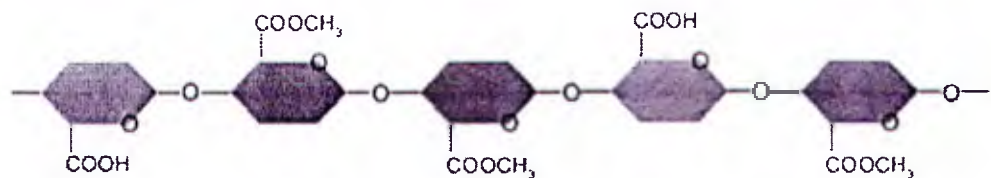


ภาพที่ 4 โครงสร้างโมเลกุลของเพคติน (Pectin molecular structure)

<http://www.lsbu.ac.uk/water/hypec.html>

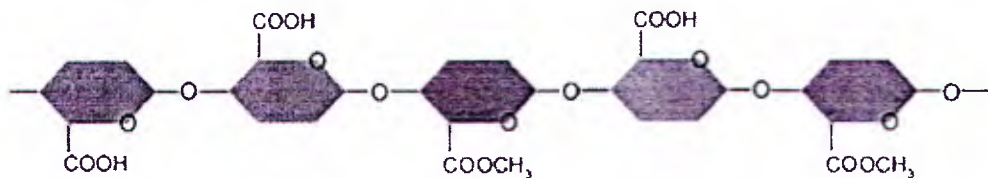
สารประกอบเพคตินประกอบด้วย D-galacturonic acid Ramnose, Galactose และ Arabinose เชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคซิดิกแบบ α -1,4 (α -1,4 glycosidic linkage) บางชนิดมีการสร้างหมู่เอสเทอร์ด้วยหมู่เมทิล ($-\text{CH}_3$ -) และหมู่คาร์บอกซิล ($-\text{COOH}$) อิสระ บางส่วนอาจถูกทำให้เป็นกลางด้วยโซเดียม (Na) โพแทสเซียม (K) หรือแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+)

เพคตินประกอบด้วยกรดกาแลกทูโรนิก (galacturonic acid) และ เมทิลเอสเทอร์ของกรดกาแลกทูโรนิก (galacturonic acid methyl ester) ในรูปโพลิแซ็กคาไรด์แบบโซ่ตรง (ภาพที่ 3-4) แบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่มีหมู่เมทอกซิลอยู่สูง [High Methoxyl (HM-pectin)] (ภาพที่ 5) และกลุ่มที่มีหมู่เมทอกซิลต่ำ [Low Methoxyl (LM-pectin)] (ภาพที่ 6) นอกจากนั้น LM-pectin สามารถแบ่งกลุ่มเป็นกลุ่มย่อยได้อีก 2 กลุ่ม คือ Low methoxyl amidated (LMA) และ Low methoxyl Conventional(LMC)



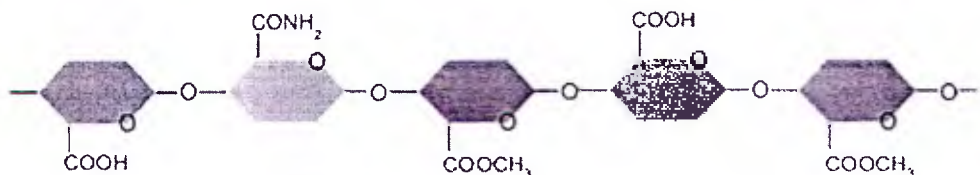
ภาพที่ 5 HM pectin formula

http://www.ippa.info/type_of_pectin.htm



ภาพที่ 6 LM pectin formula

http://www.ippa.info/type_of_pectin.htm



ภาพที่ 7 Amidated pectin formula

http://www.ippa.info/type_of_pectin.htm

1.2 ชนิดของเพคติน

1.2.1 Protopectin เป็นสารตัวแรกซึ่งจะเปลี่ยนแปลงต่อไปได้เพคติน โปโรโต เพคตินไม่ละลายในน้ำ พบมากในผลไม้สีเขียว มักจะอยู่ในส่วนของมิดเดิลลามลลา (middle lamella) ปะปนอยู่ในส่วนของเซลลูโลส หรืออาจจะรวมอยู่กับเซลลูโลส เรียกว่า โปโรโต เซลลูโลส (proto cellulose)

เมื่อผลไม้แก่ขึ้นและเริ่มสุกโปโรโตเพคตินจะถูกไฮโดรไลซ์ด้วยเอนไซม์เฉพาะได้เพคติน และถ้าปฏิกิริยายังดำเนินต่อไป จะได้กรดเพคติก กาแลกทูโรนิก และ เมทิลแอลกอฮอล์

1.2.2 Pectic substances เป็นอนุพันธ์ของคาร์โบไฮเดรตในรูปคอลลอยด์ เป็นสารประกอบเชิงซ้อนพบหรือเตรียมได้จากพืช สารประกอบส่วนใหญ่ คือกรดแอนไฮโดรกาแลคทูโรนิก (anhydrogalacturonic acid) ที่เชื่อมต่อกันเป็นลูกโซ่ซึ่งหมู่คาร์บอกซิล (carboxyl group) อาจจะมีการสร้างหมู่เอสเทอร์ด้วยหมู่เมทิล (methyl group) หรือถูกทำให้เป็นกลางเป็นบางส่วนหรือทั้งหมดด้วยด่างตั้งแต่หนึ่งชนิดขึ้นไป

1.2.3 Pectinic acid คือ กรดโพลีกาแลคทูโรนิก ซึ่งมีการสร้างหมู่เอสเทอร์ด้วยหมู่เมทิล มากพอที่จะเกิดเจลกับน้ำตาลและกรดได้ในสภาวะที่เหมาะสม ถ้ามีหมู่เมทิลต่ำมาก จะทำปฏิกิริยากับเมทัลลิกไอออน (metallic ion) บางตัวได้ ซึ่งเกลือของกรดนี้อาจจะเป็นกลางหรือกรดก็ได้

1.2.4 Pectic acid คือ กรดโพลีกาแลคทูโรนิก (polygalacturonic acid) ที่ไม่มีหมู่เมทิลอยู่เลย เกลืออาจจะอยู่ในรูปของกรดหรือกลางก็ได้

1.2.5 Pectin หรือ Pectins คือกรดเพคตินที่ละลายในน้ำมีปริมาณหมู่เมทิลและระดับการทำให้เป็นกลางต่าง ๆ กัน มีคุณสมบัติในการเกิดเจลกับน้ำตาลและกรดภายใต้สภาวะที่เหมาะสม

เพคตินชนิดที่มีหมู่เมทอกซิลต่ำ (Low methoxyl pectin) ในปี ค.ศ. 1954 มีการค้นพบว่า non-sugar jellies สามารถทำได้โดยใช้สารประกอบแคลเซียมกับเพคตินซึ่งมีการกำจัดหมู่เอสเทอร์ บางส่วน แคลเซียมจะทำปฏิกิริยากับหมู่คาร์บอกซิลอิสระเกิดการเชื่อมประสานได้เจลเกิดขึ้น

เพคตินชนิดที่มีหมู่เมทอกซิลต่ำเป็นอนุพันธ์ของเพคติน ซึ่งอยู่ระหว่างเพคตินที่มีการสร้างหมู่เอสเทอร์เต็มที่กับกรดเพคติก การเกิดเจลจะเกิดเมื่อมีแคลเซียมอยู่ในปริมาณค่อนข้างต่ำถ้าปริมาณของแคลเซียมและแมกนีเซียมสูงจะตกตะกอนในรูปของแกรนูลแทนการเกิดเจล

1.3 ความสำคัญของเพคตินในผักและผลไม้

จากการค้นพบสูตรโครงสร้างและการศึกษาทางเคมีของโปรโตเพคตินตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1947-1962 Doesburg ได้สรุปจุดสำคัญของเพคตินที่เกี่ยวข้องกับแผ่นฟิล์มบางๆ (film texture) และการเปลี่ยนแปลงในผักและผลไม้โดยเน้นที่การไม่ละลายของโปรโตเพคตินได้แก่ดังนี้ คือ

1. การเกิดพันธะโควาเลนต์ (covalent bond) ของเพคติกซัสเตนซ์ (pectic substances) กับส่วนประกอบอื่นๆของผนังเซลล์โดยเฉพาะเฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) ร่วมกับการเกิดพันธะคู่ (secondary bond) กับส่วนอื่นๆ
2. การมีแคทไอออน (cation) โดยเฉพาะแคลเซียมไอออน จะทำให้เพคติกซัสเตนซ์ชนิดที่มีหมู่เอสเทอร์ต่ำไม่ละลายและลดการพองตัวของเพคติกซัสเตนซ์ชนิดที่มีการสร้างหมู่เอสเทอร์สูง
3. การสานกันเป็นร่างแหของเพคติกซัสเตนซ์โมเลกุลใหญ่ ๆ ซึ่งมีลักษณะเป็นสายด้วยกัน หรือสานกับโพลิเมอร์ (polymer) อื่นๆ ของผนังเซลล์

อย่างไรก็ตามนอกจากเพคตินแล้ว อาจจะมีสารอื่นๆที่มีผลต่อการคงตัวของแผ่นฟิล์มบางๆ (film texture) ของพืชและการเปลี่ยนแปลงอื่นๆตลอดเวลา ของการเติบโตจนแก่เต็มที่และสุก

1.4 ส่วนประกอบ pectic substances

เพคติกซัสเตนซ์ คือ โพลีแซ็กคาไรด์ 3 ชนิด (Whistler and Smart, 1953) ประกอบด้วย กาแลกทูโรแนน (galacturonan) อะราแบน (araban) และ กาแลกแทน (galactan) โดยมีกาแลกทูโรแนนเป็นแกนกลาง

กาแลกทูโรแนนจะประกอบด้วยส่วนของ α -D-(1,4)-galactopyranuronic ซึ่งมีหมู่เมทิลเอสเทอร์ที่กลุ่มคาร์บอกซิลในจำนวนต่างๆกัน หมู่คาร์บอกซิลบางตัวอาจจะอยู่ในรูปของกรดอิสระ หรือถูกทำให้เป็นกลางด้วยไอออนชนิดต่างๆ

มีการค้นพบว่าเพคตินจากผลไม้หลาย ๆ ชนิดมีหมู่อะซิทิล ซึ่งหมู่อะซิทิลที่มีอยู่ในเพคตินนี้มีความสำคัญมาก เพราะมีอิทธิพลต่อการเกิดเจลของเพคติน (Pippen *et.al.*,1950) ได้แสดงให้เห็นว่าการมีหมู่อะซิทิลอยู่ 1 หมู่ ต่อทุกๆ 8 หน่วยของกาแลกทูโรไนด์ (galacturonide) จะขัดขวางการเกิดเจลของ sugar-acid- pectin-water การทำเยลลี่

จากการศึกษาของ Ziteo และ Bishop (1965) พบว่า กรดเพคติกประกอบด้วย กรด 2 ชนิด คือ เพียวกาแลกทูโรแนน และ กาแลกทูโรแนน ซึ่งมี neutral sugar เป็นส่วนหนึ่งของ โมเลกุล

เพคตินจากพืชต่างชนิดกันไม่เหมือนกัน ธรรมชาติและสภาวะการเจริญเติบโตของเซลล์มีผลต่อคุณสมบัติของเพคตินมากกว่าชนิดของพืช และการที่เพคตินมีคุณสมบัติต่างจากโพลีแซ็กคาไรด์อื่น ๆ ก็เพราะมีหมู่คาร์บอกซิลอยู่เป็นจำนวนมาก พันธะไกลโคซิดิก (glycosidic bonds) ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อหมู่คาร์บอกซิลจะมีการสร้างหมู่เอสเทอร์ค่อนข้างจะไม่เสถียรจึงสามารถที่จะถูกทำลายได้ง่ายด้วยด่าง ด่างจะไปเร่งปฏิกิริยา β -elimination ซึ่งจะยับยั้งการเกิดพันธะไกลโคซิดิก และเกิดโครงสร้างที่ไม่เสถียร (unsaturated structure) ที่มีพันธะคู่อยู่ระหว่างคาร์บอนตำแหน่งที่ 4 และ 5

นอกจากปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นข้างต้นแล้ว เพคติกซัสเตนซ์ยังถูกออกซิไดซ์ (oxidize) ได้ด้วย สารเปอร์ออกไซด์ , ไคโครเมต , ด่างทับทิม , ฮาโลเจน , เพอร์ไอออกไซด์ , กรดแอสคอร์บิก และ สารอื่น ๆ

อิเล็กโตรไลต์ที่มีคุณสมบัติทำให้กรด pectic coagulate แยกตัวออกจากสารละลายได้ ความสามารถในการนำไฟฟ้าในการทำให้กรดเพคติกแยกตัวออกจากสารละลายเรียงตามลำดับจากมากไปหาน้อย คือ Trivalent มากกว่า divalent มากกว่า univalent จากคุณสมบัติข้อนี้จึงใช้เป็นวิธีวิเคราะห์ปริมาณของสารละลายเพคตินได้วิธีหนึ่งโดยตกตะกอนด้วยแคลเซียมในรูปแคลเซียมเพคเตต (calciumpectate) เพคตินหรือกรดเพคติกสามารถถูกไฮโดรไลซ์ได้กรดกาแลกทูโรนิก จึงใช้คุณสมบัติในการวิเคราะห์ปริมาณเพคตินได้โดยการไฮโดรไลซ์ด้วยด่างก่อน จะได้กรดเพคติก แล้วจึงตกตะกอนด้วยกรด ต่อจากนั้นให้ความร้อนกับกรดเกลือ 12 % ทำในพลาสติก เก็บคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่เกิดขึ้นในหัวได้คินของพืช Geisster ภายใต้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นสูง (strong KOH) หรือ แบเรียมไฮดรอกไซด์มาตรฐาน (standard BaOH) หาปริมาณโดยการชั่งหัวได้คินของพืช (bulb) หรือ ไตเตรตหาแบเรียมไฮดรอกไซด์ที่เหลือ

1.5 คุณสมบัติทางกายภาพ

เพคติกซัสเตนซ์ คือ โพลีเมอร์ของกรดกาแลกทูโรนิก ดังนั้นคุณสมบัติเฉพาะตัวทางด้านกายภาพขึ้นกับหมู่คาร์บอกซิล การเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ของเพคติกซัสเตนซ์จะทำให้คุณสมบัติด้านความเป็นกรด ความหนืด และการเกิดเจลแตกต่างกันตามความน้อยของการสร้างหมู่เอสเทอร์

ไม่เปลี่ยนแปลง เมื่อความเป็นกรดต่างเพิ่มขึ้น เพคตินชนิดที่มีเอสเทอร์อยู่สูงจะไอออนซ์ช่วยทำให้โซ่ยาวขึ้นมีการทำปฏิกิริยากันระหว่างโมเลกุลเพิ่มขึ้น ดังนั้นความหนืดจะเพิ่มขึ้น ถ้าใส่เกลือลงไปจะไปจับกับหมู่คาร์บอกซิลทำให้ผลทางด้านเกิดการเกิดไฟฟ้าสถิตลดลง ความหนืดจะมีค่าเท่ากับกับตอนที่มีการเติมเกลือ สำหรับเพคตินที่มีการสร้างหมู่เอสเทอร์น้อยกว่า 50% และกรดเพคติก การเกาะเกี่ยวกันระหว่างโมเลกุลจะเกิดขึ้นเมื่อความเป็นกรดต่างน้อยกว่า 4 ความหนืดจะเพิ่มขึ้น และเกิดการตกตะกอน

การเกิดเจลของเพคตินที่ความเป็นกรดต่างต่าง ๆ กัน ถ้าความเป็นกรดต่างมากกว่า 3.5 หมู่คาร์บอกซิลจะไอออนซ์ 40 % ทำให้เกิดการจับออกระหว่างประจุลบทำเซลล์ได้ยาก แต่ถ้าความเป็นกรดต่างน้อยกว่า 3.5 จะทำเซลล์ได้ง่ายโดยน้ำตาลหรือสารประเภทที่สามารถละลายน้ำได้จะช่วยลดการละลายของเพคตินลง ดังนั้นที่ความเป็นกรดต่างพอเหมาะและมีน้ำตาลอยู่ในปริมาณสูงโมเลกุลเพคตินจะเกาะเกี่ยวกันด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่างหมู่คาร์บอกซิล ส่วนที่ไม่ไอออนซ์และส่วนหมู่แอลกอฮอล์ เกิดเป็นเซลล์ขึ้นได้

เพคตินสามารถแบ่งออกตามความสามารถในการเกิดเจลได้เป็น 3 ชนิด rapid set, slow set และ low methoxyl pectins ที่ได้จากการกำจัดหมู่เอสเทอร์ด้วยกรดต่าง เมื่อนำมาเตรียม low solid gel จะได้เจลซึ่งสม่ำเสมอดีกว่าที่ได้จากการกำจัดหมู่เอสเทอร์ด้วยเอนไซม์ ทั้งนี้เนื่องจากเอนไซม์ต้องการหมู่คาร์บอกซิลอิสระสำหรับการเริ่มต้นของปฏิกิริยาต่อจากนั้นปฏิกิริยาจะดำเนินไปตามโมเลกุลเพคตินที่มีหมู่เมทิลด่างที่ได้จึงมีการกระจายตัวของกลุ่มเมทอกซิล ไม่สม่ำเสมอซึ่งต่างจากเพคตินที่ถูกกำจัดหมู่เอสเทอร์ด้วยกรดต่าง

น้ำหนักโมเลกุลของเพคตินเป็นตัวหนึ่งที่สำคัญในการควบคุมความหนืด การเกิดเจลที่เป็นฟิล์มบางๆ (film gel) และ คุณสมบัติของเส้นใย (fiber property) น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของเพคตินจะมีค่าระหว่าง 30,000 - 70,000 ซึ่งน้อยกว่าเซลลูโลสและแป้ง ส่วนไซตรัสเพคติน (citrus pectin) จะมีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่าค่าเฉลี่ยประมาณ 1.5-2 เท่า ที่ความเข้มข้นและ degree of polymerization เท่ากันกับเซลลูโลสหรือแป้ง เพคตินจะมีความหนืดสูงกว่า ปรากฏการณ์นี้เกิดเนื่องจากกาแลกทูโรไนด์ (galacturonide) จะมีรูปร่างเป็นโซ่ซิกแซกซึ่งจะจำกัดขอบเขตการเคลื่อนตัวของ chain-members รอบๆ พันธะไกลโคซิดิก เป็นผลให้ความหนืดสูงกว่าในสารละลายของเซลลูโลส หรือแป้งซึ่งไม่มี ปรากฏการณ์เช่นนี้เกิดขึ้น

คุณสมบัติของเพคติน เจลมีความสำคัญสำหรับการนำเพคตินไปใช้ในการทำเซลล์ และอาหารชนิดอื่นๆ การเกิดพันธะระหว่างโมเลกุลของเพคตินเป็นผลมาจากการเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างหมู่คาร์บอกซิลอิสระและระหว่างหมู่คาร์บอกซิลกับหมู่ไฮดรอกซิลของน้ำตาล แต่อย่างไรก็ตามการที่มี เพคตินซึ่งมีเอสเทอร์อยู่สูงสามารถที่จะคงตัวได้อย่างรวดเร็ว แสดงให้เห็นว่ายังมีพันธะอื่น ๆ อีกที่มีความสำคัญ

Cross bonding ในแคลเซียมเพคตินเจล (Calcium Pectinates gels) คือพันธะอิเล็กโตรวาเลนซ์เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น การละลายของแคลเซียมเพคตินเจลจะเพิ่มขึ้นเป็นผลทำให้จำนวนของ cross bond ที่เกิดขึ้นเปลี่ยนแปลง ดังนั้นแคลเซียมเพคตินเจลจึงขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ

1.6 แหล่งที่พบเพคติน

พบทั่วไปในผนังเซลล์ของพืชชั้นสูงทุกชนิด และชั้นระหว่างเซลล์ของพืช โดยเปลี่ยนจากโปรโตเพคตินด้วยเอนไซม์ เพคตินาสเป็นกรดเพคติน ช่วยเพิ่มลักษณะคงตัวของเนื้อสัมผัส (texture) ของผักและผลไม้ เช่น การสกัดเพคตินจากพืชตระกูลส้ม และแอปเปิ้ล ภายใต้สารละลายกรดอ่อน (นงเยาว์ เทพยา , 2546) การสกัดเพคตินจากผลไม้ เช่น กระเทียม ขมิพุน้อยหน่า แดงไทย ฝรั่ง มะกอก มะขามป้อม มะเฟือง มะยม มังคุด ตะมุค ตำลึง ลองกอง และแอปเปิ้ล โดยใช้วิธีการ 1 M แคลเซียมคลอไรด์ และ 60% เอทานอล นอกจากนี้ยังได้ทำการสกัดเพคตินจากผักที่เป็นอาหารอีกด้วย เช่น มะขามเปียก มะขามอ่อน มะนาว มะกรูด หอมแดง มะละกอ ใบมะระ ผักโขม แมงลัก กะเพรา ผักบุ้งแดง กระชาย ขี้เหล็ก มะเขือพวง ขิง มะรุม กระเจี๊ยบมอญ โหระพา ผักกะเฉด กุยช่าย สะระแหน่ กระถิน มะเขือยาว ผักกาดคว้างตั้ง กะหล่ำดอก ถั่วพู มะเขือเปราะ คื่นห้าน้ำ มะเขือเทศ ถั่วฝักยาว ถั่วลิสง ผักกาดหัว ฟักทอง บวบเหลี่ยม มะระ ผักชีฝรั่ง น้ำเต้า แดงโมอ่อน แครอท ฟักเขียว แดงกวา ตำลึง คื่นห้าน้ำ ซึ่งได้ทำการสกัดด้วย 1M แคลเซียมคลอไรด์ 60% เอทานอล และ 1M อะลูมิเนียมคลอไรด์ (วราภรณ์ ชัยโอกาส , 2538)

นอกจากนี้ยังพบเพคตินจากเสาวรส ซึ่งเป็นการตรวจสอบการใช้เพคตินที่สกัดได้จากเปลือกเสาวรสนในการผลิตแยม (พวงทอง ใจสันดี และคณะ , 2541) และได้มีการสำรวจปริมาณเพคตินและการสกัดสารเพคตินจากเปลือกส้มโอและมะนาว (พจวรรณ ประยูรพรหม และคณะ , 2526-2527) การศึกษาการผลิตน้ำสับประคัมเข้มข้นด้วยเครื่อง Double effect climbing time concentrator และการสกัดสารเพคตินจากกากสับประคัมและการนำไปใช้ประโยชน์ (วนกร ชรากร และคณะ , 2545) การศึกษาการผลิตเยลลี่จากน้ำสกัดเชื้อหุ้มเมล็ดโกโก้ (ดวงใจ โอชัยกุล และคณะ , 2541)

1.7 ลักษณะของเพคติน

เพคตินจะมีอยู่ 2 รูปแบบคือ เพคตินเหลว และ เพคตินผง เริ่มแรกเพคตินทางการค้าจะทำมาจากเพคตินเหลว ซึ่งทำมาจากกากแอปเปิ้ล มีลักษณะเป็นของเหลวเหนียวใส ใช้ได้ง่ายและสะดวก แต่มีข้อเสียคือ เมื่อเก็บไว้นาน ๆ จะทำให้คุณภาพการเกิดเจลต่ำ ต่อมาจึงได้มีการผลิต

เพคตินผง ซึ่งมีการใช้กันอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน เพคตินผงจะได้รับการสกัดจากเปลือกผลไม้ประเภทส้ม และกากแอปเปิ้ล จะมีกากและลักษณะเป็นสีขาว เพคตินที่มีคุณภาพจะมีลักษณะเป็นผงละเอียด เมื่อละลายน้ำจะได้สารที่มีลักษณะเป็นวุ้นการตกตะกอนเพคตินด้วยแอลกอฮอล์ จะให้สีตะกอนของเพคตินตั้งแต่สีขาวครีมจนถึงสีน้ำตาลอ่อนเพคตินที่ได้จากการสกัดแต่ละวิธีจะมีลักษณะของเพคตินไม่เหมือนกัน การสกัดด้วยวิธีการ IM แคลเซียมคลอไรด์จะได้ตะกอนเป็นผงวุ้น หรือตะกอนผงละเอียด ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชที่นำมาทำการสกัด ส่วนการสกัดด้วย 60% เอทานอล จะได้เพคตินที่มีลักษณะเป็นวุ้น สีของวุ้นจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับพืชที่นำมาทำการสกัด และการตกตะกอนเพคตินด้วยอะลูมิเนียมจะได้ตะกอนสีเหลืองถึงสีเขียวอ่อน ซึ่งโดยปกติเพคตินจากแอปเปิ้ลจะมีตะกอนสีเข้มกว่าเพคตินที่ได้จากส้ม

1.8 ประโยชน์ของเพคติน

เพคติน ทำหน้าที่เป็นเยื่อป้องกันไม่ให้น้ำตาลถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดได้ง่าย จึงช่วยลดน้ำตาลในเลือด และเป็นตัวป้องกันมิให้คอเลสเตอรอลความหนาแน่นต่ำตกค้างที่หลอดเลือดหัวใจทำให้สามารถลดระดับไขมันคอเลสเตอรอลในเลือดได้โดยการดูดน้ำดีจากระบบทางเดินอาหาร ทำให้ตับเร่งสร้างน้ำดีขึ้นมาทดแทนคอเลสเตอรอลในตับ จึงทำให้ช่วยลดอาการเสี่ยงต่อหลอดเลือดแข็งและตีบ เช่น เพคตินจากส้มโอ 300 มิลลิกรัม ช่วยรักษาระดับคอเลสเตอรอลให้ปกติได้

นอกจากนั้นเพคตินเมื่อละลายน้ำแล้วเปลี่ยนรูปเป็นวุ้น (เจล) สามารถเคลือบผิวลำไส้เพิ่มความหนาของชั้นเมือกของผิวลำไส้ และทำให้อาหารมีความหนืด การเคลื่อนตัวของอาหารจึงช้าลงเป็นการช่วยให้ลำไส้ดูดอาหารพวกแป้งและน้ำตาลที่ย่อยแล้วได้ช้าลง ระดับน้ำตาลในเลือดไม่สูงเทียบพลาสมาเพคตินจึงมีผลดีต่อการควบคุมโรคเบาหวาน เพคตินยังมีความสามารถในการลดอาการอักเสบของแผลในลำไส้หลังการผ่าตัด การให้เพคติน 1-2% ร่วมกับการให้สารอาหารทางหลอดเลือดดำในหนูที่ถูกผ่าตัดลำไส้ ออก แล้วจะช่วยเร่งให้ร่างกายสร้างเซลล์ลำไส้ทดแทนและเพิ่มน้ำย่อยต่างๆ ได้ถึง 80% (วารสาร ไซโอส , 2538)

เชื่อว่าเพคตินเป็นเส้นใยสามารถลดระดับไขมันในเลือดได้โดยสามารถลดระดับในเลือดได้โดยการดูดซึมน้ำจากระบบทางเดินอาหาร ทำให้การเร่งสร้างน้ำดีขึ้นทดแทนในตับจากไขมันคอเลสเตอรอล แอนเดอร์สันและเซน รายงานว่า การกินเส้นใยจากอาหารต่างๆ ให้ได้ 60 กรัม/วัน จะสามารถลดระดับคอเลสเตอรอลชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDL-C) และเพิ่มระดับคอเลสเตอรอลชนิดความหนาแน่นสูง (HDL-C) ส่วนเคอร์ริงตัน พบว่าการผสมเพคตินสามารถลดระดับคอเลสเตอรอลได้

จากการศึกษาผู้ที่กินอาหารที่มีเส้นใยสูงเป็นเวลานาน จะไม่เกิดภาวะคอเลสเตอรอลในเลือดได้แพทย์ได้กำหนดให้ผู้มีคอเลสเตอรอลสูงกินอาหารที่มีเส้นใยอาหารสูง พบว่าผลของคอเลสเตอรอลในเลือดลดลง นอกจากนี้ผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวานอาหารที่มีเส้นใยอาหารสูง ช่วยลดน้ำตาลในเลือดได้ด้วย

ปัจจุบันเราใช้เพคตินในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น ใช้ทำแยม ลูกกวาด ขนมอบแห้ง รวมทั้งอุตสาหกรรมอื่นๆ เช่นในเครื่องสำอางและในทางเภสัชกรรม เช่นเพคตินจากแอปเปิ้ลนำมาใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับผมและความงาม เช่นเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของแชมพู และคอนดิชันเนอร์ รวมทั้งใช้ในการจัดแต่งทรงผม

1.9 วิธีการสกัดเพคติน

เพคตินมีหลายชนิด และสามารถสกัดได้จากวัตถุดิบที่แตกต่างกันไป การสกัดเพคตินจะมีกระบวนการที่เฉพาะ และมีหลายวิธี จึงทำให้เพคตินที่แตกต่างกันไป ตลอดจนมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน เช่น การสกัดเพคตินด้วย 1M แคลเซียมคลอไรด์ จะได้เพคตินในรูปของตะกอน (วราภรณ์ ชัยโอกาส, 2538) ส่วนการสกัดด้วย 60% เอทานอล จะได้เพคตินในรูปของตะกอน ร่วน (วราภรณ์ ชัยโอกาส, 2538) อะลูมิเนียมคลอไรด์จะได้ตะกอนสีเหลืองถึงสีเขียวอ่อน (นงเยาว์ เทพยา, 2546) 95% เอทานอล ได้เพคตินในรูปของแผ่นร่วนที่จับตัวกันเป็นก้อน (พวงทอง ใจสันต์ และคณะ, 2541) Mc. Cready และวิธี Cold Extraction จะได้เพคตินในรูปของ ร่วนเช่นกัน (พจวรรณ ประยูรพรหม และคณะ, 2526-2527)

1.10 การสังเคราะห์เจลและการจัดวางตัวของเจล

การสังเคราะห์เจลจาก LM-Pectin ใช้ น้ำตาล 55-85% ที่ pH 2.5-3.8 จะเกิดเจลขึ้น การเกิดเจลของ HM-Pectin จะไม่มีแคลเซียม ในโครงสร้าง และที่ pH 3 หมูคาร์บอกซิลิกประมาณ 90% จะไม่ถูกสลายแต่สามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนกับกรดหรือหมูไฮดรอกซิลกับสารของโซ่ที่อยู่ใกล้กัน ทำให้เกิดการตกตะกอนออกจากสารละลาย

การสังเคราะห์เจลจาก LM-Pectin จะเกิดในช่วง pH ที่กว้างกว่า HM-Pectin คือช่วง pH 1-7 หรือสูงกว่า 7 ดังนั้น pH จึงมีอิทธิพลต่อองค์ประกอบของเจล และมีการเชื่อมกันของหมูคาร์บอกซิลกับสายโซ่ที่ใกล้ด้วยไอออนไดวาเลนต์ (divalent ions) โดยมีแคลเซียมและแมกนีเซียมร่วมอยู่ด้วย

การเกิดเอสเทอร์ฟิเคชัน (esterification) ของ HM-Pectin จะมีผลต่อคุณสมบัติของเจล กล่าวคือ HM-Pectin ที่มีการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชัน (esterification) มาก จะเกิดเจลที่อุณหภูมิสูง

และมีการจัดวางตัวของเจลได้เร็วกว่า HM-Pectin ที่มีการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชัน (esterification) น้อยกว่าตามลำดับ

การจัดวางตัวของเจลจาก HM-Pectin มี 3 ระดับคือ

1. การจัดวางตัวของเจลอย่างรวดเร็ว (Rapid set)
2. การค่อยๆจัดวางตัวของเจล (Medium set)
3. การจัดวางตัวของเจลอย่างช้าๆ (Slow set)

จากการที่เพคตินพบได้มากในพืชชั้นสูง จึงทำให้มีนักวิทยาศาสตร์สนใจสกัดเพคตินจากผัก และผลไม้มากขึ้น เนื่องจากปัจจุบันเราต้องนำเข้าเพคตินจากต่างประเทศด้วยราคาที่สูงและหายได้ยาก

1.11 พืชที่ใช้ในการสกัดเพคติน

ในการสกัดเพคติน จะมีการนำพืชมากมายที่ทำการสกัดหาเพคติน พืชที่นำมาสกัด จะมี 2 ชนิด คือ ผัก กับ ผลไม้ จากการสกัดผักที่กินได้ 44 ชนิด (วรารณ ชัยโอภาส , 2538) ได้แก่ มะขามเปียก มะขามอ่อน มะนาว มะกรูด หอมแดง มะละกอ ใบมะระ ผักโขม แมงลัก กะเพรา ผักบุ้งแดง กระชาย ขี้เหล็ก มะเขือพวง ขิง มะรุม กระจับปวย โหระพา ผักกะเฉด กุยช่าย สะระแหน่ กระถิน มะเขือยาว ผักกาดกวางตุ้ง กะหล่ำดอก ถั่วพู มะเขือเปราะ กระเทียม กะหล่ำปลี มะเขือเทศ ถั่วฝักยาว ถั่วลันเตา ผักกาดหัว ฟักทอง บวบเหลี่ยม มะระ ผักชีฝรั่ง น้ำเต้า แดงโมอ่อน แครอท ฟักเขียว แดงกวา ตำลึง คื่นช่าย ซึ่งได้ทำการสกัดด้วย 1M แคลเซียมคลอไรด์ 60% เอทานอล และ 1M อะลูมิเนียมคลอไรด์ และได้มีการสกัดเพคตินจากผลไม้ 15 ชนิด คือ กระท้อน ชมพู น้อยหน่า แดงไทย ฝรั่ง มะกอก มะขามป้อม มะเฟือง มะยม มังคุด ละมุด ลำไย ลองกอง แอปเปิ้ล องุ่นซึ่งได้ทำการสกัด 2 วิธีคือ 1M แคลเซียมคลอไรด์ และ 60% เอทานอล

นอกจากนี้ยังมีการสกัดเพคตินจากเปลือกผลไม้ด้วย คือ การทดสอบการใช้เพคตินที่สกัดได้จากเปลือกเสาวรสในการผลิตแยม (พวงทอง ใจสันต์ และ คณะ , 2526-2527) เพื่อทดสอบคุณภาพของเพคตินที่สกัดได้จากเปลือกเสาวรสทั้งทางเคมี และทางกายภาพ และเปรียบเทียบคุณภาพของแยมที่ใช้เพคตินที่สกัดได้จากเปลือกเสาวรสกับแยมที่ใช้เพคตินทางการค้า ส่วน พจวรรณ ประยูรพรหม และ มานี หลายวัฒนไพศาล ได้ทำการสำรวจปริมาณเพคติน และการสกัดสารเพคตินจากเปลือกส้มโอและมะนาว ซึ่งได้ศึกษาค้นคว้าหาวิธีสกัดสารเพคตินที่เหมาะสมกับเวลา สารเคมี ซึ่งได้ทำการสกัด 2 วิธี คือ Mc. Cready และ วิธี Cold Extraction

1.12 ปริมาณเพคติน

ปริมาณของเพคตินที่สกัดได้จากผลไม้ด้วยวิธีการ 1 M แคลเซียมคลอไรด์ และ 60% เอทานอล จากผลไม้ 15 ชนิด พบว่า สารสกัดเพคตินที่ได้จากมะขามป้อมมีปริมาณเพคตินมากที่สุดเท่ากับ 3.90428 กรัม รองลงมาคือกระท้อนมีปริมาณเพคตินเท่ากับ 2.44254 กรัม ส่วนการสกัดเพคตินจากผัก 44 ชนิด พบว่า สารสกัดเพคตินที่ได้จากผักที่ได้ทำการสกัดด้วย 1 M แคลเซียมคลอไรด์ กลุ่มที่มีเพคตินสูงได้แก่ มะขามเปรี้ยว มะขามอ่อน มะนาว และ มะกรูด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 8.73858 , 5.02694 , 3.87460 และ 1.96708 กรัม ตามลำดับ ส่วนการสกัดผักจากวิธีการ 60% เอทานอล กลุ่มที่มีเพคตินสูงได้แก่ มะขามเปรี้ยว มะขามอ่อน มะกรูด และ มะนาว ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5.77220 , 4.20068 , 2.60264 และ 1.59620 ตามลำดับ (วราภรณ์ ชัยโอภาส , 2538)และยังมีการศึกษาการผลิตเยลลี่จากน้ำสกัดเชื้อหุ้มเมล็ดโกโก้ ซึ่งได้ปริมาณของเพคตินร้อยละ 0.14 (ดวงใจ โอชัยกุล และคณะ , 2541) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้นด้วยเครื่อง Double effect climbing film concentrator และการสกัดสาร pectin จากกากสับปะรดและการนำไปใช้ประโยชน์ ได้ปริมาณเพคติน 0.6 % โดยน้ำหนัก (วนกร ชรากร และคณะ ,2545)

2. พืชที่ใช้ในการวิจัย

2.1 ทูเรียน

ชื่อวิทยาศาสตร์

Durio zibethinus Linn.

ชื่อวงศ์

Bombaceaceae

ชื่อท้องถิ่น

- ภาคเหนือ เรียก มะทุเรียน
- ภาคใต้ เรียก เรียน
- มาเลเซีย-ใต้ เรียก คีอแซ



ภาพที่ 8 ผลทุเรียน

<http://www.thaifruitnews.com/paper/durian.htm>.

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ทุเรียนเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลาง ใบแข็งและหนายาว สีเขียวแก่เป็นมัน ท้องใบเป็นสีน้ำตาล ปลายใบมีติ่งแหลมรียาว รูปไข่ยาว ดอก มีกลีบแข็งหนา ผล มีหนามแหลม เปลือกหนา เนื้อในสุกหวานหอม กลิ่นฉุนมากรับประทานเป็นอาหาร เป็นไม้ที่ขึ้นที่ขึ้นเองตามป่าราบ

การปลูก

ปลูกได้ทุกภาคในประเทศไทย มีมากทางภาคใต้ ขยายพันธุ์โดยใช้วิธีตอนกิ่งจะได้พันธุ์ตรงตามต้นแม่

ประโยชน์ทางยา

ส่วนที่ใช้เป็นยา ใบ เนื้อหุ้มเมล็ด เปลือกลูก ราก

รสและสรรพคุณในตำรับยาไทย

1. ใบ รสขม เย็นเฟื่อน สรรพคุณ แก้ไข้ แก้คิษ่าน ขับพยาธิ ทำให้หนองแห้ง
2. เนื้อหุ้มเมล็ด รสหวาน ร้อน ทำให้เกิดความร้อน แก้โรคผิวหนัง ทำให้ฝีแห้ง ขับพยาธิ
3. ราก รสฝาดขม แก้ไข้ แก้ท้องร่วง
4. เปลือกลูก รสฝาดเฟื่อน สมานแผล แก่น้ำเหลืองเสีย พุพอง แก้ฝีตานซาง คุมธาตุ แก้คางทูม ไส้ยุ่งและแมลง

ขนาดและวิธีใช้

1. แก้ไข้ แก้คิษ่าน ใช้ใบต้มน้ำอาบ
2. แก้คางทูม ใช้เปลือกลูกเผา เอาถ้ำละลายน้ำมันมะพร้าวทา
3. ใช้ไส้ยุ่งและแมลง ใช้เปลือกลูกเผาเอาคว้น
4. แก้ไข้ แก้ท้องร่วง ใช้รากต้มน้ำดื่ม
5. แก้โรคผิวหนัง และขับพยาธิ รับประทานเนื้อทุเรียน

คุณค่าทางโภชนาการ

ทุเรียนหมอนทอง 100กรัมให้พลังงาน 156 กิโลแคลอรีประกอบด้วยน้ำ 62.5กรัม คาร์โบไฮเดรต 29.6 กรัม โปรตีน 2.1 กรัม ไขมัน 3.3 กรัม กาก 1.4 กรัม แคลเซียม 29 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 34 มิลลิกรัม เหล็ก 1.1 มิลลิกรัม เบต้า-แคโรทีน 46 ไมโครกรัม วิตามินบีหนึ่ง 0.16 มิลลิกรัม วิตามินบีสอง 0.23 มิลลิกรัม ไนอาซิน 2.5 มิลลิกรัม วิตามินซี 35 มิลลิกรัม ทุเรียนก้านยาว 100 กรัม ให้พลังงานต่อร่างกาย 141 กิโลแคลอรีประกอบด้วยน้ำ 57.3 กรัม คาร์โบไฮเดรต 33.7 กรัม โปรตีน 2.5 กรัม ไขมัน 4.1 กรัม กาก 1.7 กรัม แคลเซียม 18 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 36 มิลลิกรัม เหล็ก 0.8 มิลลิกรัม เบต้า-แคโรทีน 134 ไมโครกรัม วิตามินบีหนึ่ง 0.22 มิลลิกรัม วิตามินบีสอง 0.18 มิลลิกรัม ไนอาซิน 2.8 มิลลิกรัม วิตามินซี 34 มิลลิกรัม

ทุเรียน พันธุ์การค้าที่สำคัญในปัจจุบันของประเทศไทยมี 4 พันธุ์ ได้แก่

พันธุ์กระดุม ผลจะมีขนาดค่อนข้างเล็ก น้ำหนักประมาณ 1 กิโลกรัม ผลมีลักษณะค่อนข้างกลมด้านหัวและด้านท้ายผลค่อนข้างป้าน ก้นผลนูนเล็กน้อย หนามเล็กสั้นและถี่ ขั้วค่อนข้างเล็ก

และสั้น ลักษณะของพุท้่มสมบูรณ์ ร่องพูค่อนข้างลึก เนื้อละเอียดอ่อนนุ่มสีเหลืองอ่อน เนื้อค่อนข้างบาง รสชาติหวานไม่ค่อยมัน และง่ายเมื่อสุกจัด เมล็ดมีขนาดใหญ่

พันธุ์ชะนี ผลมีขนาดปานกลางถึงใหญ่ น้ำหนักประมาณ 2.5-3 กิโลกรัม ผลมีรูปทรงหอคกล่าวคือ กลางผลป่อง หัวเรียว ก้นตัด ร่องพูค่อนข้างลึกเห็นได้ชัด ขั้วผลใหญ่และสั้น เนื้อละเอียดสีเหลืองจัดเกือบเป็นสีจำปา ปริมาณมาก รสชาติหวานมัน เมล็ดค่อนข้างเล็กและมีจำนวนเมล็ดน้อย

พันธุ์หมอนทอง ผลมีขนาดใหญ่ น้ำหนักประมาณ 3-4 กิโลกรัม ทรงผลค่อนข้างยาวมีป่าผล ปลายผลแหลม พุ่มไม่ค่อยเต็มทุกพู หนามแหลมสูง ฐานหนามเป็นเหลี่ยม ระหว่างหนามใหญ่จะมีหนามเล็กวางแฉมอยู่ทั่วไป ซึ่งเรียกหนามชนิดนี้ว่า เขี้ยวงู ก้านผลใหญ่แข็งแรง ช่วงกลางก้านผลจนถึงปากปลิงจะอ้วนใหญ่เป็นทรงกระบอก เนื้อหนาสีเหลืองอ่อนละเอียด เนื้อค่อนข้างแห้งไม่แฉะติดมือ รสชาติหวานมัน เมล็ดน้อยและดิบเป็นส่วนใหญ่

พันธุ์ก้านยาว ผลมีขนาดปานกลาง น้ำหนักประมาณ 3 กิโลกรัม ทรงผลกลมเห็นพูไม่ชัดเจน พุท้่มทุกพู หนามเล็กถี่สั้นสม่ำเสมอทั้งผล ก้านผลใหญ่และยาวกว่าพันธุ์อื่นๆ เนื้อละเอียดสีเหลืองหนาปานกลางรสชาติหวานมันเมล็ดมากค่อนข้างใหญ่

2.2 ขนุน

ชื่อวิทยาศาสตร์

Artocarpus heterophyllus Lamk.

วงศ์

Moraceae

ชื่อสามัญ

Jack Fruit Tree

http://www.ittm.or.th/articles/direct_tree/directtree_11.htm

ชื่อท้องถิ่น

ขะหนุน (เหนือ,ใต้) หมักหมี่ บักมี (อีสาน)

ขะนู (ซอง-จันทบุรี) นากอ (มลายู-ปัตตานี)

โนน (ชาวบน-นครราชสีมา) จนุร, ขะเนอ (เขมร)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ไม้ต้น ขนาดใหญ่ สูง 15 - 30 เมตร ลำต้นและกิ่งเมื่อมีบาดแผลจะมีน้ำยางสีขาวข้นคล้ายน้ำมันไหล ใบ เป็นใบเดี่ยว เรียงสลับ แผ่นใบรูปรี ขนาดกว้าง 5-8 เซนติเมตร ยาว 10 - 15 เซนติเมตร ปลายใบหู่ ถึงแหลม โคนใบมน ผิวใบด้านบนสีเขียวเข้มเป็นมัน เนื้อใบหนาผิวใบด้านล่างจะสากมือ ดอก เป็นช่อแบบช่อเชิงลดแยกเพศอยู่รวมกัน ดอกเพศผู้เรียกว่า "ตำ" มักออกตาม



ภาพที่ 9 ขนุน

ปลายกิ่ง เป็นแท่งยาวประมาณ 2.5 เซนติเมตร ดอกเพศเมียจะออกตามกิ่งใหญ่และตามลำต้นยอด เกสรเพศเมีย เป็นหนามแหลม ส่วนของเนื้อที่รับประทานเจริญมาจากกลีบดอก ส่วนซึ่งคือกลีบเลี้ยง ผล จะเป็นผลรวม ผลกลมและยาวขนาดใหญ่ หนักหลายกิโลกรัม เมล็ดกลมรี เนื้อหุ้มเมล็ดสีเหลือง ถ้าสุกมีกลิ่นหอม ออกดอกจะออกปีละ 2 ครั้ง คือ ช่วงเดือนธันวาคม - มกราคม และ เมษายน - พฤษภาคม

การปลูก

โดยการเพาะเมล็ด ตัดตา และทาบกิ่ง ปลูกทั่วไปในสวนและบริเวณบ้าน

การกระจายพันธุ์

มีถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศอินเดียเป็นพืชเศรษฐกิจเมืองร้อนที่ให้ผลมีขนาดใหญ่ที่สุด สามารถ บริโภคทั้งผลดิบและผลสุก นอกจากนี้ยังนำไปแปรรูปเป็นอาหารชนิดต่าง ๆ มีปลูกทั่วทุกภาคของประเทศไทย

ประโยชน์ทางยา

ส่วนที่ใช้เป็นยา ใบ ราก (ขมุนละมุด) แก่นและราก ขาง เนื้อหุ้มเมล็ด เนื้อในเมล็ด

รสและสรรพคุณในตำรายาไทย

1. ใบ รสฝาดมัน รักษาหนองเรื้อรัง ใบสดนำมาตำให้ละเอียดอุ่นพอกแผล
2. ราก (ขมุนละมุด) รสหวานอมขม แก้ท้องร่วง แก้ไข้ แก้ธาตุน้ำกัมดิบ โลหิตพิการ ฝาดสมาน บำรุงกำลัง บำรุงโลหิต
3. แก่นและราก รสหวานอมขม บำรุงโลหิต แก้กามโรค ขับพยาธิ ระงับประสาท แก้โรคลมชัก
4. ขาง รสจืด ฝาดเย็น แก้อักเสบวม แผลมีหนองเรื้อรัง แก้ต่อมน้ำเหลืองอักเสบ ขับพยาธิ ขับน้ำนม
5. เนื้อหุ้มเมล็ด รสหวานมันหอม บำรุงกำลัง ชูหัวใจให้ชุ่มชื้น
6. เนื้อในเมล็ด รสหวานมัน บำรุงน้ำนม ขับน้ำนม บำรุงกำลัง

ขนาดและวิธีใช้

1. รักษาแผลมีหนองเรื้อรัง ใช้ใบแห้งบดเป็นผง โรยแผล หรือใช้ผสมยาทาตรงที่เป็น ถ้าใช้รักษาบาดแผลธรรมดา ใช้ใบสดตำให้ละเอียดอุ่นนำไปพอกแผล
2. ช่วยขับน้ำนม (ตำรับยาพื้นบ้านของชาวเหนือ) ใช้ก้านขมุนอ่อนที่มีผลขมุนติดอยู่ 3-7 ก้าน ต้มน้ำรับประทาน
3. แก้ขางชุมและละอองขาง ใช้ดอกตัวผู้ (ขมุนหนั่ง) หรือเรียกว่า “ ต่า ” นำมาสุมแทรกใต้น้ำปูนใส ทาลิ้นเด็ก

ประโยชน์ทางอาหาร

ส่วนที่ใช้เป็นอาหาร ยอดอ่อนรสฝาดอมเปรี้ยวเล็กน้อย ใบอ่อนและผลอ่อนรสมันหวาน ช่วงเวลาเก็บ ช่วงฤดูฝน และต้นฤดูหนาว

การปรุงอาหาร

ยอดอ่อน ใบอ่อนๆ ของขุ่น รับประทานสดกับส้มตำ เมี่ยง (อีสาน) หรือรับประทานแบบสด หรือลวกรับประทานร่วมกับน้ำพริก นอกจากนี้ซึ่งและยอดอ่อนยังปรุงเป็นแกง โดยแกงกับปลาแห้ง พริก หอมแดง กระเทียม ปลาร้า และ เกลือเล็กน้อย ปอกเปลือกฝานเนื้อขุ่นเป็นแว่น นำไปต้มให้สุกและรับประทานร่วมกับน้ำพริก หรือนำไปทำอาหารพื้นเมืองที่มีรสชาติเฉพาะถิ่น ชาวอีสาน ปรุงเป็นซุบปักมีชาวเหนือปรุงเป็นแกงขุ่น

คุณค่าทางโภชนาการ

ยอดขุ่น รสฝาดอมเปรี้ยวเล็กน้อย ผลอ่อน รสมันหวาน สรรพคุณฝาดสมาน รักษาอาการท้องเสีย ผลขุ่นอ่อน 100 กรัม ให้พลังงานกับร่างกาย 22 กิโลแคลอรี ประกอบด้วยน้ำ 88.4 กรัม คาร์โบไฮเดรต 1.7 กรัม โปรตีน 1.6 กรัม ไขมัน 1.0 กรัม กาก 2 กรัม มีใยอาหาร 8.7 กรัม แคลเซียม 8 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 3 มิลลิกรัม เหล็ก 0.5 มิลลิกรัม เบต้าแคโรทีน 4 ไมโครกรัม วิตามินบีหนึ่ง 0.49 มิลลิกรัม วิตามินบีสอง 0.05 มิลลิกรัม วิตามินซี 15 มิลลิกรัม

ขุ่นที่นิยมปลูกกันทั่วไปอยู่มี 2 ประเภท คือ ขุ่นหนัง และขุ่นละมุด

1. **ขุ่นหนัง** ลักษณะเนื้อขุ่นแข็งกรอบ สีเหลืองทอง สีจำปา ขวงโต เนื้อแน่น หวานกรอบ นิยมปลูกกันโดยทั่วไป ขุ่นหนังมีอยู่หลายพันธุ์ เช่น จำปา ตาบัว ฟ้าถล่ม เป็นต้น

2. **ขุ่นละมุด** ลักษณะเนื้อขุ่นเปื่อย ละหนียว เนื้อค่อนข้างบาง ขวงเล็ก รสหวาน มีกลิ่นหอม ขุ่นพันธุ์นี้ไม่ค่อยนิยมปลูกกันมากนัก อีกพวกหนึ่ง ซึ่งนิยมปลูกกันมากทางภาคใต้ของประเทศไทยคือ จำปาตะ ลักษณะโดยทั่วไปคล้ายขุ่น ผลเล็กยาวเรียวคล้ายผลฟัก เปลือกบาง เนื้อและ รสหวาน กลิ่นหอม การปลูกและการดูแลรักษา ก็ปฏิบัติเช่นเดียวกับการปลูก ขุ่น

2.3 จำปาตะ

ชื่อทางวิทยาศาสตร์

Artocarpus integer Merr.

วงศ์

Moraceae

ชื่อท้องถิ่น

จำปาตะ(ทั่วไป) จำปาตะ(ภาคใต้)

<http://www.human.rint.ac.th/~charema/a.html>



ภาพที่ 10 จำปาตะ

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

เป็นพืชที่อยู่ในตระกูลเดียวกับขนุน ซึ่งมีทั้งทรงพุ่ม ใบและการติดลูกตามต้นคล้ายกัน แต่จำปาตะจะติดลูกคกตามต้น ติดผลเป็นฤดูกาลและให้ผลคกกว่าขนุน

ผล ต้นโตเต็มวัยจะเริ่มติดผลตั้งแต่ต้นฤดูฝนประมาณเดือนพฤษภาคมและจะวายประมาณเดือนพฤศจิกายน ผลสุกจะส่งกลิ่นหอมฉุน เนื่องจากมีสารประกอบพวกอัลคิลไฮด์ เนื้อในผลสีแดงเข้มและสีเหลือง มีรสหวาน เนื้อหุ้มเมล็ดค่อนข้างละเอียด

วิธีการปลูก

เป็นไม้ยืนต้นมีลักษณะคล้ายต้นขนุน ใบสีเขียวเข้ม มีขนเล็กตามใบและก้านใบ การปลูกใช้การเพาะเมล็ดประมาณ 5 เดือน จึงตัดทาหรือเสียบยอด หลังจากนั้นประมาณ 25 วัน จึงนำไปปลูก ปัจจุบันนิยมปลูกโดยใช้วิธีนั่งยอง คือ ขุดหลุมกว้าง 50×50 แล้วนำปุ๋ยอินทรีย์ใส่หลุมใช้ดินกลบให้เรียบนำต้นจำปาตะวางไว้บนปากหลุม นำดินมาพูนไว้รอบต้น การแตกกิ่งของจำปาตะจะมากกว่าขนุน ดอกจะออกตามต้น เมื่อผลมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว จะใช้รังที่สานด้วยทางมะพร้าวสวมไว้ เนื้อจำปาตะจะมีหลายสี เช่น สีแดงอมชมพู สีส้ม สีเหลือง รสหวานจัด กลิ่นหอมฉุน

การกระจายพันธุ์

การขยายพันธุ์จำปาตะนั้น นิยม 2 วิธี คือ การตอนและการทาบกิ่ง แต่นิยมทำวิธีทาบกิ่งมากกว่า ส่วนวิธีปลูกด้วยเมล็ดไม่นิยมเพราะให้ผลช้าและกลายพันธุ์ง่าย

ประโยชน์ทางอาหาร

1. ผล ผลสุกมีรสหวาน ซึ่งอาจจะนำมาบริโภคโดยตรง หรือนำมาทอดกับแป้งเป็น “ขนมจำปาตะ” ซึ่งนิยมกันมากในภาคใต้ เนื่องจากมีกลิ่นหอมเฉพาะของจำปาตะ

2. เมล็ด สามารถนำมาประกอบอาหารได้หลายอย่าง เช่นเดียวกับเมล็ดขนุน แต่มีความแน่นและออกน้ำมันกว่าโดยปกติจะนิยมเผาหรือต้มกินโดยตรง หรือบางครั้งก็ใช้เสริมเครื่องแกงส้ม แกงมัสมั่น แกงไตปลา และแกงกะทิ ร้านอาหารหลายแห่งทางภาคใต้นำมาเป็นส่วน

จำปาตะ หรือ จำปา

ที่เห็นว่าจำปาตะต่างจากขนุนชัดเจนก็คือ สามารถปอกเปลือกโดยกรีดแล้วใช้มือจับขั้วผล คึงเนื้อในรวมทั้งเม็ดให้หลุดออกมทั้งยวง ดังภาพ แต่ขนุนไม่สามารถทำเช่นนี้ได้

จำปาตะเป็นพืชกลุ่มขนุนอีกชนิดหนึ่ง ส่วนในประเทศมาเลเซียเรียกว่า Cempedak ในภาคใต้และมาเลเซียพบทั่วไปในป่าจนถึงภูเขาสูง 1,300 เมตร ลำต้นอาจสูงถึง 20 เมตร และมีผลภายใน 5 ปี จากการศึกษาของคุณเปรมปรี ฌ สงขลา (2526) ได้กล่าวว่า เนื่องจากจำปาตะเป็นไม้ตระกูลเดียวกับขนุน จึงสามารถทาบกิ่งเปลี่ยนยอดไปมากันได้ และมีปลุกกันมาก ที่เกาะยอ จ. สงขลา ซึ่งนิยมปลุกจำปาตะ 2 ประเภท คือ จำปาตะขนุนและจำปาตะบ้าน

จำปาตะขนุน

เชื่อว่าเดิมเป็นผลไม้จากมาเลเซีย เจ้าเมืองสงขลา คือ เจ้าพระยาวิเชียร (ชม ฌ สงขลา) ได้รับพันธุ์จากชาวบ้านที่มอบให้แล้วนำไปปลุกที่เกาะยอ ต่อมาชาวบ้านในเกาะยอและตำบลใกล้เคียงได้ขยายพื้นที่ปลุกกันมากขึ้น เพราะราคาขายพาราตกต่ำและปรากฏว่าได้ผลดี แต่บางพื้นที่ผลไม่ค่อยมีขวงลักษณะพิเศษของจำปาตะขนุน คือ

1. ต้นมีแขนงออกข้างเป็นพุ่ม มีกิ่งก้านสาขามากกว่าขนุน
2. ให้ผลตามกิ่งตั้งแต่โคนจนถึงกิ่งในที่สูง
3. ผลที่อยู่ชิดโคนจะมีผลโตที่สุด และทยอยขึ้นไปตามลำดับ
4. เนื้อนุ่ม เหลว เมื่อสุกจัด รสหวานเข้ม
5. เมื่อสุก ต้องปล่อยให้สุกบนต้น แล้วจึงเก็บ
6. เมื่อสุกใบที่ขั้วผลจะมีสีเหลือง เช่นเดียวกับขั้วผลก็มีสีเหลือง
7. เมื่อเริ่มสุกจะมีกลิ่นหอมฉุน
8. ขวงจะไม่เต็มทั้งผล มากน้อยแล้วแต่ความสมบูรณ์หรืออาจสัมพันธ์กับการถ่ายละอองเกสรโดยแมลง ถ้าต้นไม่สมบูรณ์ หรือขาดน้ำอาจไม่สร้างขวงเลย
9. อายุยืน ทนความแห้งแล้งได้ดี
10. เนื้อของขวงมีสีเหลืองเข้มเมื่อสุก
11. ทยอยออกผลทั้งปี

จำปาตะบ้าน

เป็นจำปาตะอีกประเภทหนึ่งที่มีมานานเป็นของป่าหรือพันธุ์พื้นบ้าน ลักษณะต้นเป็นแบบขนุน คือ ต้นสูงตั้งตรง แข็งแรงอายุอาจถึง 100 ปี ถ้าปลุกจะให้ผลเมื่ออายุ 10-20 ปี บางต้นมีลำต้นขนาดใหญ่ขนาด 2 คนโอบรอบ เนื้อไม้ใช้ประโยชน์ได้ดี ลักษณะพิเศษของจำปาตะบ้านเป็นดังนี้

1. ต้นมีขนาดใหญ่มาก

2. ออกผลตามกิ่งและลำต้น บางสายพันธุ์ออกเต็มต้นจนเห็นแต่ผลรอบ ๆ ลำต้น
3. ออกผลปีละครั้งโดยจะออกดอกในฤดูแล้ง
4. ลักษณะผลไม่โตมากตั้งแต่ขนาด 1-10 กิโลกรัม แล้วแต่สายพันธุ์
5. จะมีวงเต็มผล
6. ผิวเปลือกสามารถฉีกลอกได้ด้วยมือเปล่าจะเห็นยางแน่นเต็มตัวกับขั้ว
7. รสหวานจัด เนื้อนุ่มเหลว คล้าย ๆ จำปาคะขนุน
8. เก็บผลเมื่อแก่แล้วบ่มด้วยถ่านแก๊สเพื่อให้สุกพร้อมกัน
9. เมล็ดเมื่อต้มใส่เกลือรับประทานจะมีรสมันและนิ่มดีกว่าขนุนหรือจำปาคะขนุน
10. เมล็ดมีลักษณะกลมมากกว่าขนุนและจำปาคะขนุน

อย่างไรก็ตามปัจจุบันจำปาคะบ้านเป็นที่นิยมของตลาดมากกว่าจำปาคะขนุน เพราะจะมีเนื้อเต็มผลกว่า เมล็ดอร่อยกว่าแต่ปริมาณของพื้นที่ปลูกเหลือน้อยลงเรื่อย ๆ เนื่องจากถูกโคนทำลายใช้ไม้และใช้พื้นที่เพื่อกิจการอย่างอื่น

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

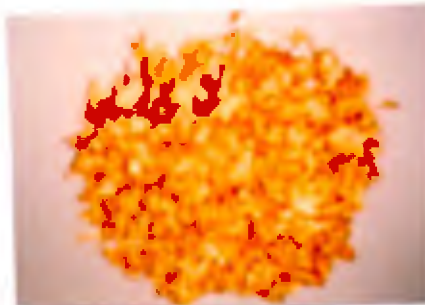
1. วัสดุที่ใช้ในการทำวิจัย

1.1 ทูเรียน จะนำเอาเปลือกด้านในที่เป็นเนื้อสีขาวมาทำการหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ



ภาพที่ 11 เปลือกด้านในของทูเรียนที่หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ

1.2 จำปาตะ จะนำเอาเปลือกด้านในที่เป็นเนื้อสีเหลืองและจะเอาซังมาใช้ในการสกัดด้วยการ นำมาหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ



ภาพที่ 12 เปลือกด้านในของจำปาตะที่หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ

1.3 ขนุน จะนำเอาเปลือกด้านในเหมือนกับของจำปาตะ แล้วนำมาหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ



ภาพที่ 13 เปลือกด้านในของขนุนที่หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ

2. สารเคมี

1. Acetic acid (AR Grade)
2. Calcium Chloride (AR Grade)
3. Citric acid (AR Grade)
4. Ethanol 95% (AR Grade)
5. Silver Nitrate (AR Grade)
6. Sodium Hydroxide (AR Grade)

3. อุปกรณ์

1. Beaker
2. Dropper
3. Erlenmeyer flask
4. Flask
5. Foild
6. Funnel
7. Hot plate
8. pH meter
9. Spatula
10. Stirror
11. Volumetric flask
12. กระชอน
13. เครื่องปั่นสาร
14. ผ้าขาวบาง

4. การเตรียมน้ำตัวอย่าง

4.1 ใช้ในการสกัดด้วย 1 M แคลเซียมคลอไรด์ และ วิธีการสกัดด้วย 60% เอทานอล

นำเปลือกด้านในของทุเรียน จำปาตะ และขนุน มาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ



นำมาอย่างละ 30 กรัม ปั่นรวมกับน้ำ 100 มิลลิลิตร



นำไปต้มให้เดือดอ่อนๆ (80 องศาเซลเซียส) ประมาณ 30 นาที



จากนั้นนำมากรองขณะร้อนด้วยผ้าขาวบาง คั้นเอาแต่น้ำ



น้ำตัวอย่างที่ได้ นำไปสกัดเพคตินโดยวิธีการสกัดด้วย 1M แคลเซียมคลอไรด์ และ วิธีสกัดด้วย 60% เอทานอล

4.2 ใช้ในการสกัดด้วย 95% เอทานอล

นำ เปลือกด้านในของทุเรียน จำปาอะ และขนุน มาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ



นำมาอย่างละ 30 กรัม ปั่นรวมกับน้ำ 100 มิลลิลิตร



เติม 2% 0.1 M Citric acid



นำไปต้มให้เดือดอ่อนๆ (80 องศาเซลเซียส) ประมาณ 30 นาที



จากนั้นนำมากรองขณะร้อนด้วยผ้าขาวบาง คั้นเอาแต่น้ำ



นำน้ำตัวอย่างไปสกัดด้วยวิธีการ 95% เอทานอล

5. วิธีการสกัด

5.1 ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาวิธีการที่เหมาะสม

5.1.1 วิธีที่ 1 โดยใช้ 1M แคลเซียมคลอไรด์

นำน้ำตัวอย่างที่ได้มาปรับ pH ให้เป็น 7.0 ด้วย 6M NaOH



จากนั้นเจือจางน้ำตัวอย่างให้เป็น 75% ด้วย 0.1M NaOH



เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง ประมาณ 18-20 ชั่วโมง (1 คืน)



เติม 1M acetic acid 40 มิลลิลิตร เขย่าเหยียงพลาสติกเป็นวงกลม 2-3 รอบ



ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที เติม 1M แคลเซียมคลอไรด์ 40 มิลลิลิตร เหยียงพลาสติกเป็นวงกลม 2-3 รอบ
ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที



นำสารละลายไปต้ม 2-3 นาที



นำไปกรองด้วยผ้าไนลอน ล้างตะกอนที่ค้างอยู่บนผ้าไนลอนด้วยน้ำเดือด จนหมดแคลอไรด์
(ตรวจสอบน้ำทิ้งด้วย ซิลเวอร์ไนเตรต)



นำตะกอนไปอบแห้งที่ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนแห้ง



นำมาชั่งน้ำหนักด้วยตาชั่งแบบละเอียด

5.1.2 วิธีที่ 2 โดยใช้ 60% เอทานอล

นำน้ำตัวอย่างที่ได้มาปรับ pH ให้เป็น 4.0 ด้วย 0.1M Citric acid



ใส่บีกเกอร์ทนความร้อนนำไปอบระเหยไอน้ำ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส
เหลือน้ำตัวอย่าง เข้มข้นก่อนข้างเหนียว 25 มิลลิลิตร



ตวง 60% เอทานอล ใส่ในบีกเกอร์น้ำตัวอย่างเข้มข้นในอัตราส่วน 1.0:1.0 แช่ไว้ 30 นาที



กรองด้วยผ้าไนลอน



ล้างตะกอนด้วย 75 % เอทานอล 2 ครั้ง และ 95 % เอทานอล 1 ครั้ง



นำตะกอนไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนแห้ง



นำมาชั่งน้ำหนักด้วยตาชั่งแบบละเอียด

5.1.3 วิธีที่ 3 โดยใช้ 95% เอทานอล

นำน้ำตัวอย่างที่ได้มาเติม 95% เอทานอล ในอัตราส่วน 1.0:2.0



เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง ประมาณ 18-20 ชั่วโมง (1 คืน)



กรองด้วยผ้าไนลอน



นำตะกอนไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนแห้ง



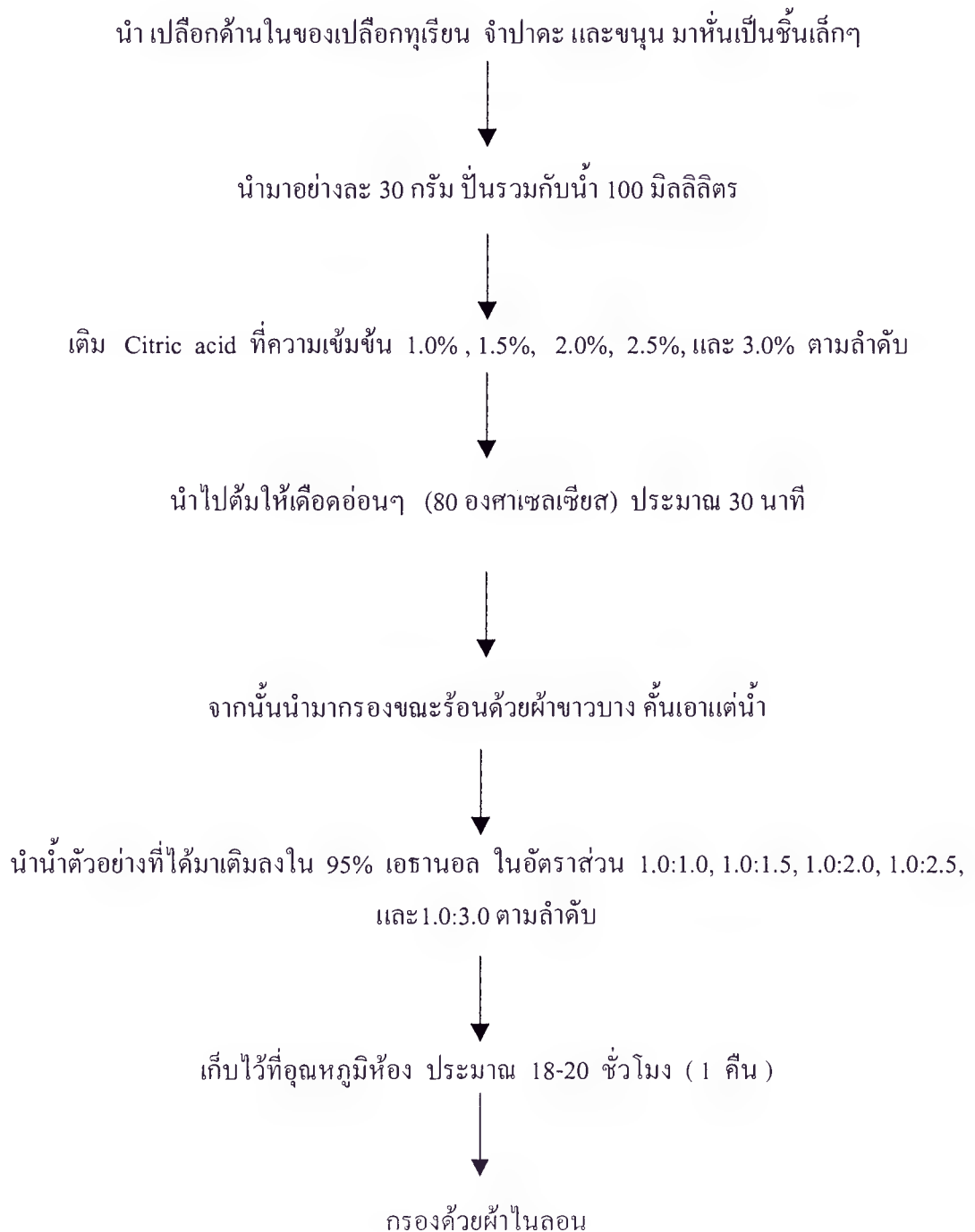
นำมาชั่งน้ำหนักด้วยตาชั่งแบบละเอียด

5.2 ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสม

วิธีการที่เหมาะสมจากการศึกษา คือ วิธีการสกัดด้วย 95 % เอทานอล

1. ศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของ Citric acid (1.0 , 1.5 , 2.0 , 2.5 และ 3.0%)
2. ศึกษาอัตราส่วนของเอทานอล (1.0:1.0 , 1.0:1.5 , 1.0:2.0 , 1.0:2.5 และ 1.0:3.0)

วิธีการสกัด





นำตะกอนไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนแห้ง



นำมาชั่งน้ำหนักด้วยตาชั่งแบบละเอียด

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาวิธีการที่เหมาะสม

ตารางที่ 1 ลักษณะของสารสกัดเพคตินจากวิธีการที่ 1 โดยใช้ 1 M แคลเซียมคลอไรด์

พืช	เพคตินก่อนอบ	เพคตินหลังอบ
ทุเรียน	เป็นเม็ดวุ้นขนาดเล็ก สีเหลืองเข้มใส	เป็นแผ่นสีน้ำตาล แข็งกรอบ
จำปาตะ	เป็นเม็ดวุ้นขนาดใหญ่ สีส้มใส	เป็นแผ่นสีน้ำตาลเข้มเกือบดำ แข็งกรอบ
ขนุน	เป็นเม็ดวุ้นขนาดเล็ก สีเหลืองอ่อนใส	เป็นแผ่นสีเหลือง แข็งกรอบ



ภาพที่ 14 ลักษณะของเพคตินดิบก่อนอบโดยวิธีการ 1M แคลเซียมคลอไรด์



ภาพที่ 15 ลักษณะของเพคตินดิบหลังอบโดยวิธีการ 1M แคลเซียมคลอไรด์

ตารางที่ 2 ลักษณะของสารสกัดจากวิธีที่ 2 โดยใช้ 60% เอทานอล

พืช	เพคตินก่อนอบ	เพคตินหลังอบ
ทุเรียน	เป็นวุ้น สีเหลืองเข้ม	เป็นแผ่นสีเหลืองขุ่น แข็งติดฟอยด์
จำปาตะ	เป็นวุ้น สีส้มแกมน้ำตาล	เป็นแผ่นสีน้ำตาล แข็งติดฟอยด์
ขมุน	เป็นวุ้น สีเหลืองใส	เป็นแผ่นสีเหลือง แข็งติดฟอยด์



ภาพที่ 16 ลักษณะของเพคตินดิบก่อนอบโดยวิธีการ 60% เอทานอล



ภาพที่ 17 ลักษณะของเพคตินดิบหลังอบโดยวิธีการ 60% เอทานอล

ตารางที่ 3 ลักษณะของสารสกัดจากวิธี 3 โดยใช้ 95% เอทานอล

พืช	เฟกตินก่อนอบ	เฟกตินหลังอบ
ทุเรียน	เป็นแผ่นวุ้น สีเหลืองเข้ม	เป็นแผ่นสีเหลือง มีฟองอากาศมาก กรอบ
จำปาตะ	เป็นแผ่นวุ้น สีส้มแกมน้ำตาล	เป็นแผ่นสีน้ำตาลเข้ม มีฟองอากาศมาก กรอบ
ขนุน	เป็นแผ่นวุ้น สีเหลืองใส	เป็นแผ่นสีเหลืองอ่อน มีฟองอากาศมาก กรอบ



ภาพที่ 18 ลักษณะของเฟกตินดิบก่อนอบโดยวิธีการ 95% เอทานอล



ภาพที่ 19 ลักษณะของเฟกตินดิบหลังอบโดยวิธีการ 95% เอทานอล

ตารางที่ 4 แสดงปริมาณเพคตินดิบจากเปลือกด้านในของทุเรียน

วิธีการ	ปริมาณเพคติน (กรัม) \pm S.D.
1M แคลเซียมคลอไรด์	0.1574 \pm 0.0086
60% เอทานอล	0.1635 \pm 0.0160
95% เอทานอล	0.2080 \pm 0.0266

ตารางที่ 5 แสดงปริมาณเพคตินดิบจากเปลือกด้านในของจำปาอะ

วิธีการ	ปริมาณเพคติน (กรัม) \pm S.D.
1M แคลเซียมคลอไรด์	0.8407 \pm 0.0822
60% เอทานอล	0.5557 \pm 0.0827
95% เอทานอล	0.5823 \pm 0.1348

ตารางที่ 6 แสดงปริมาณเพคตินดิบจากเปลือกด้านในของขนุน

วิธีการ	ปริมาณเพคติน (กรัม) \pm S.D.
1M แคลเซียมคลอไรด์	0.2847 \pm 0.0197
60% เอทานอล	0.2398 \pm 0.0281
95% เอทานอล	0.3376 \pm 0.0275

ตารางที่ 7 แสดง % yield ของพีชทั้ง 3 ชนิด

ชนิดของพีช	วิธีการ และ ปริมาณเพคติน \pm S.D.		
	1M แคลเซียมคลอไรด์	60% เอทานอล	95% เอทานอล
ทุเรียน	0.5247 \pm 0.0287	0.5450 \pm 0.0528	0.6953 \pm 0.0887
จำปาอะ	2.8023 \pm 0.2847	1.8523 \pm 0.2758	1.9410 \pm 0.1532
ขนุน	0.9490 \pm 0.0389	0.7993 \pm 0.0935	1.1253 \pm 0.1362

จากตารางที่ 7 สรุปได้ว่า การสกัดด้วย 95% เอทานอล จะมี %yield ของสารสกัดเพคติน สูงที่สุด จึงเลือกวิธีสกัดด้วย 95% เอทานอล เป็นวิธีที่ดีที่สุดในการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคติน

ตารางที่ 8 แสดงค่าทางสถิติเปรียบเทียบทั้ง 3 วิธีของทุเรียน

วิธีการ	N	Subset	
		1	2
Duncan ^{a,b} 1M แคลเซียมคลอไรด์	9	0.1574	
60% เอทานอล	9	0.1634	
95% เอทานอล	9		0.2086
sig		0.5660	1.0000

The error term is Mean Square(Error) = 4.899×10^{-4}

ตารางที่ 9 แสดงค่าทางสถิติเปรียบเทียบทั้ง 3 วิธีของจำปาคะ

วิธีการ	N	Subset	
		1	2
Duncan ^{a,b} 1M แคลเซียมคลอไรด์	9		0.8170
60% เอทานอล	9	0.5557	
95% เอทานอล	9	0.5822	
sig		0.3880	1.0000

The error term is Mean Square(Error) = 4.062×10^{-3}

ตารางที่ 10 แสดงค่าทางสถิติเปรียบเทียบทั้ง 3 วิธีของขนุน

วิธีการ	N	Subset		
		1	2	3
Duncan ^{a,b} 1M แคลเซียมคลอไรด์	9		0.2773	
60% เอทานอล	9	0.2398		
95% เอทานอล	9			0.3376
sig		1.0000	1.0000	1.0000

The error term is Mean Square(Error) = 7.542×10^{-4}

- Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000
- Alpha = .05

จากตารางแสดงค่าทางสถิติเปรียบเทียบการสกัดเพคตินจากวัสดุเหลือใช้ 3 ชนิด ด้วยการสกัดทั้ง 3 วิธี คือ 1M แคลเซียมคลอไรด์ 60% เอทานอล และ 95% เอทานอล ปริมาณเพคตินจากตารางข้อมูลทางสถิติมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งการสกัดขนุนและทุเรียนด้วย 95% เอทานอลได้ปริมาณเพคตินมากกว่า 2 วิธีข้างต้น ส่วนจำปาคะได้ปริมาณเพคตินจากการสกัดด้วย 1M แคลเซียมคลอไรด์มากกว่า 60% และ 95% เอทานอล

ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสม

ตารางที่ 11 ลักษณะของสารสกัดเปลือกด้านในของทุเรียนด้วยวิธีการ 95% เอทานอล ที่อัตราส่วนของน้ำตัวอย่างต่อเอทานอลต่าง ๆ กัน

อัตราส่วน	เฟคตินก่อนอบ	เฟคตินหลังอบ
1.0:1.0	เฟคตินที่ได้จะมีสีเหลืองแบ่งเป็น 2 ชั้น โดยที่ชั้นบนจะฟอร์มตัวกันดีแต่ข้างล่างจะเป็นแผ่นวุ้นคล้ายเยลลี่มีปริมาณมาก	เฟคตินที่มีการฟอร์มตัวกันดีจะมีลักษณะเป็นของแข็งมีฟองอากาศสีเหลืองส่วนที่เป็นวุ้นจะมีลักษณะเป็นของเหลวหนืดๆสีน้ำตาลอยู่รอบๆ
1.0:1.5	เฟคตินที่ได้จะมีสีเหลืองแบ่งเป็น 2 ชั้น โดยที่ชั้นบนจะฟอร์มตัวกันดี และข้างล่างจะเป็นแผ่นวุ้นคล้ายเยลลี่แต่มีปริมาณน้อยกว่าอัตราส่วน 1.0:1.0	เฟคตินที่มีการฟอร์มตัวกันดีลักษณะเป็นของแข็งมีฟองอากาศสีเหลืองส่วนที่เป็นวุ้นจะมีลักษณะเป็นของเหลวหนืดๆสีน้ำตาลอยู่รอบๆแต่มีปริมาณน้อยกว่าอัตราส่วน 1.0:1.0
1.0:2.0	เฟคตินที่ได้จะมีสีเหลืองในชั้นบนค่อนข้างจะฟอร์มตัวกันดีส่วนชั้นล่างมีวุ้นเล็กน้อย	จะมีลักษณะเป็นของแข็งสีเหลืองปริมาณมากกว่าอัตราส่วน 1.0:1.5 และไม่มีของเหลวหนืดๆอยู่
1.0:2.5	เฟคตินที่ได้ค่อนข้างจะฟอร์มตัวกันดีไม่มีการแบ่งเป็นชั้นและไม่เกิดวุ้น	จะมีลักษณะเป็นของแข็งสีเหลืองและไม่มีของเหลวหนืดๆอยู่
1.0:3.0	เฟคตินที่ได้ค่อนข้างจะฟอร์มตัวกันดีไม่มีการแบ่งเป็นชั้นและไม่เกิดวุ้น	จะมีลักษณะเป็นของแข็งสีเหลืองและไม่มีของเหลวหนืดๆอยู่

ตารางที่ 12 แสดงปริมาณเฟคตินของทุเรียนกับแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของกรดซิตริกและอัตราส่วนของน้ำตัวอย่างต่อเอทานอล

ความเข้มข้นของ Citric acid	อัตราส่วนของน้ำตัวอย่างต่อเอทานอลและปริมาณเฟคติน (กรัม) \pm S.D.				
	1.0:1.0	1.0:1.5	1.0:2.0	1.0:2.5	1.0:3.0
1.0%	0.6599 \pm 0.0607	0.3547 \pm 0.0118	0.2615 \pm 0.0070	0.3423 \pm 0.0105	0.4070 \pm 0.0041
1.5%	1.3119 \pm 0.0748	1.2374 \pm 0.1134	0.7720 \pm 0.0352	0.7603 \pm 0.0849	0.7248 \pm 0.0020
2.0%	1.2898 \pm 0.0110	0.9614 \pm 0.0806	0.9595 \pm 0.0044	0.8977 \pm 0.0592	0.8825 \pm 0.0085
2.5%	1.3964 \pm 0.0012	0.9495 \pm 0.0045	0.8859 \pm 0.0184	0.7828 \pm 0.0105	0.7677 \pm 0.0688
3.0%	1.2530 \pm 0.0326	0.9576 \pm 0.0592	0.6941 \pm 0.0385	0.6117 \pm 0.0903	0.6138 \pm 0.0117

ตารางที่ 13 ลักษณะของสารสกัดเปลือกด้านในของจำปาเคด้วยวิธีการ 95% เอทานอล ที่อัตรา ส่วนของน้ำตัวอย่างต่อเอทานอลต่าง ๆ กัน

อัตรา ส่วน	เพศดินก่อนอบ	เพศดินหลังอบ
1.0:1.0	เพศดินที่ได้จะมีสีส้มน้ำตาลแบ่งเป็น สองชั้น โดยที่ชั้นบนจะฟอร์มตัวกันดีแต่ ข้างล่างจะเป็นแผ่นวุ้นคล้ายเยลลี่มี ปริมาณมาก	เพศดินที่มีการฟอร์มตัวกันดีจะมีลักษณะ เป็นของแข็งมีฟองอากาศสีส้มน้ำตาลส่วน ที่เป็นวุ้นจะมีลักษณะเป็นของเหลวหนืดๆสี น้ำตาลแกมดำอยู่รอบๆ
1.0:1.5	เพศดินที่ได้จะมีสีส้มน้ำตาลแบ่งเป็น สองชั้น โดยที่ชั้นบนจะฟอร์มตัวกันดีมี ปริมาณมากและข้างล่างจะเป็นแผ่นวุ้น คล้ายเยลลี่แต่มีปริมาณน้อยกว่าอัตรา ส่วน 1.0:1.0	เพศดินมีการฟอร์มตัวกันดีลักษณะเป็นของ แข็งมีฟองอากาศสีส้มอมน้ำตาล ส่วนที่เป็น วุ้นจะมีลักษณะเป็นของเหลวหนืดสีน้ำ ตาลอมดำอยู่รอบๆมีปริมาณน้อยกว่าอัตรา ส่วน 1.0:1.0
1.0:2.0	เพศดินที่ได้จะมีสีส้มแกมน้ำตาลในชั้น บนก่อนข้างจะฟอร์มตัวกันดีส่วนชั้น ล่างมีวุ้นเล็กน้อย	จะมีลักษณะเป็นของแข็งสีน้ำตาลปริมาณ มากกว่าอัตราส่วน 1.0:1.5 และไม่มีของ เหลวหนืดๆอยู่
1.0:2.5	เพศดินที่ได้ก่อนข้างจะฟอร์มตัวกันดีไม่ มีการแบ่งเป็นชั้นและไม่เกิดวุ้น	จะมีลักษณะเป็นของแข็งสีน้ำตาลและไม่มี ของเหลวหนืดๆอยู่
1.0:3.0	เพศดินที่ได้ก่อนข้างจะฟอร์มตัวกันดีไม่ มีการแบ่งเป็นชั้นและไม่เกิดวุ้น	จะมีลักษณะเป็นของแข็งสีน้ำตาลและไม่มี ของเหลวหนืดๆอยู่

ตารางที่ 14 แสดงปริมาณเพศดินของจำปาเคกับแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของกรด ซิตริกและอัตราส่วนของน้ำตัวอย่างต่อเอทานอล

ความเข้ม ข้นของ Citric acid	อัตราส่วนของน้ำตัวอย่างต่อเอทานอลและปริมาณเพศดิน (กรัม) \pm S.D.				
	1.0:1.0	1.0:1.5	1.0:2.0	1.0:2.5	1.0:3.0
1.0%	1.1749 \pm 0.0612	0.8116 \pm 0.0141	0.7842 \pm 0.0452	0.7808 \pm 0.0636	0.7775 \pm 0.0192
1.5%	1.3679 \pm 0.0637	1.0165 \pm 0.0503	0.9475 \pm 0.0607	0.8437 \pm 0.0032	0.8341 \pm 0.0680
2.0%	1.5387 \pm 0.0688	1.2160 \pm 0.0285	1.2514 \pm 0.0133	1.1346 \pm 0.0666	0.9954 \pm 0.0721
2.5%	2.3696 \pm 0.1947	1.4748 \pm 0.0100	1.3014 \pm 0.0696	1.1168 \pm 0.0727	1.2118 \pm 0.0134
3.0%	2.3023 \pm 0.1593	1.3994 \pm 0.0598	1.0647 \pm 0.0148	1.1322 \pm 0.0760	1.0859 \pm 0.1995

ตารางที่ 15 ลักษณะของสารสกัดเปลือกคั้นในของขนุนด้วยวิธีการ 95% เอทานอล ที่อัตราส่วนของน้ำตัวอย่างต่อเอทานอลต่าง ๆ กัน

อัตราส่วน	เพศดินก่อนอบ	เพศดินหลังอบ
1.0:1.0	เพศดินที่ได้จะมีสีเหลืองแบ่งเป็นสองชั้น โดยที่ชั้นบนจะฟอร์มตัวกันดีแต่ข้างล่างจะเป็นแผ่นวุ้นคล้ายเยลลี่มีปริมาณมาก	เพศดินที่มีการฟอร์มตัวกันดีจะมีลักษณะเป็นของแข็งมีฟองอากาศสีส้มน้ำตาลส่วนที่เป็นวุ้นจะมีลักษณะเป็นของเหลวหนืดๆสีน้ำตาลแกมดำอยู่รอบๆ
1.0:1.5	เพศดินที่ได้จะมีสีเหลืองแบ่งเป็นสองชั้น โดยที่ชั้นบนจะฟอร์มตัวกันดีกว่าอัตราส่วน 1.0:1.0 และข้างล่างจะเป็นแผ่นวุ้นคล้ายเยลลี่แต่มีปริมาณน้อยกว่าอัตราส่วน 1.0:1.0	เพศดินที่มีการฟอร์มตัวกันดีลักษณะเป็นของแข็งมีฟองอากาศสีส้มน้ำตาล ส่วนที่เป็นวุ้นจะมีลักษณะเป็นของเหลวหนืดๆสีน้ำตาลอมดำอยู่รอบๆแต่มีปริมาณน้อยกว่าอัตราส่วน 1.0:1.0
1.0:2.0	เพศดินที่ได้จะมีสีเหลืองในชั้นบนค่อนข้างจะฟอร์มตัวกันดีส่วนชั้นล่างมีวุ้นเล็กน้อย	จะมีลักษณะเป็นของแข็งสีส้มน้ำตาลปริมาณมากกว่าอัตราส่วน 1.0:1.5 และไม่มีของเหลวหนืดๆอยู่
1.0:2.5	เพศดินที่ได้ค่อนข้างจะฟอร์มตัวกันดีไม่มีการแบ่งเป็นชั้นและไม่เกิดวุ้น	จะมีลักษณะเป็นของแข็งสีน้ำตาลและไม่มีของเหลวหนืดๆอยู่
1.0:3.0	เพศดินที่ได้ค่อนข้างจะฟอร์มตัวกันดีไม่มีการแบ่งเป็นชั้นและไม่เกิดวุ้น	จะมีลักษณะเป็นของแข็งสีน้ำตาลและไม่มีของเหลวหนืดๆอยู่

ตารางที่ 16 แสดงปริมาณเพศดินของขนุนกับแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของกรดซิตริกและอัตราส่วนของน้ำตัวอย่างต่อเอทานอล

ความเข้มข้นของ Citric acid	อัตราส่วนของน้ำตัวอย่างต่อเอทานอลและปริมาณเพศดิน (กรัม) \pm S.D.				
	1.0:1.0	1.0:1.5	1.0:2.0	1.0:2.5	1.0:3.0
1.0%	0.5437 \pm 0.1569	0.4149 \pm 0.0569	0.4350 \pm 0.0184	0.5062 \pm 0.0036	0.4788 \pm 0.0096
1.5%	0.9661 \pm 0.1052	0.5881 \pm 0.0330	0.5173 \pm 0.0336	0.5147 \pm 0.0137	0.5137 \pm 0.0131
2.0%	0.9332 \pm 0.0631	0.8052 \pm 0.0016	0.7271 \pm 0.0089	0.7131 \pm 0.0195	0.6386 \pm 0.0640
2.5%	1.6771 \pm 0.0509	1.2532 \pm 0.1320	0.9915 \pm 0.0016	0.9707 \pm 0.0401	0.9688 \pm 0.0416
3.0%	0.9025 \pm 0.0579	0.7159 \pm 0.0071	0.6712 \pm 0.0613	0.6021 \pm 0.0296	0.5940 \pm 0.0158

ตารางที่ 17 แสดง % yield ของทุเรียน ด้วยวิธีการสกัดด้วย 95% เอทานอล

ความเข้มข้น ของ citric acid	อัตราส่วนของน้ำตัวอย่างต่อเอทานอลและ % yield \pm S.D.				
	1.0:1.0	1.0:1.5	1.0:2.0	1.0:2.5	1.0:3.0
1.0%	2.1998 \pm 0.2025	1.1823 \pm 0.0391	0.8718 \pm 0.0232	1.1412 \pm 0.0351	1.3568 \pm 0.0014
1.5%	4.3732 \pm 0.2501	4.1247 \pm 0.0378	2.5733 \pm 0.1174	2.5343 \pm 0.2832	2.4160 \pm 0.0071
2.0%	4.2993 \pm 0.3912	3.2033 \pm 0.0722	3.1983 \pm 0.0146	2.9925 \pm 0.1973	2.9417 \pm 0.0283
2.5%	4.6548 \pm 0.1143	3.1650 \pm 0.0155	2.9530 \pm 0.0622	2.6095 \pm 0.0351	2.5590 \pm 0.2293
3.0%	4.1767 \pm 0.1089	3.1922 \pm 0.1973	2.3137 \pm 0.1282	2.2390 \pm 0.1029	2.0460 \pm 0.0392

ตารางที่ 18 แสดง % yield ของจำปาละ ด้วยวิธีการสกัดด้วย 95% เอทานอล

ความเข้มข้น ของ citric acid	อัตราส่วนของน้ำตัวอย่างต่อเอทานอลและ % yield \pm S.D.				
	1:1.0	1:1.5	1:2.0	1:2.5	1:3.0
1.0%	3.9163 \pm 0.2035	2.7053 \pm 0.0472	2.6142 \pm 0.1506	2.6027 \pm 0.2116	2.5918 \pm 0.0643
1.5%	4.5597 \pm 0.2126	3.3885 \pm 0.1680	3.1583 \pm 0.2477	2.8125 \pm 0.0110	2.7803 \pm 0.2268
2.0%	5.1292 \pm 0.2293	4.0535 \pm 0.0951	4.1713 \pm 0.0444	3.7822 \pm 0.2223	3.3182 \pm 0.2406
2.5%	7.8988 \pm 0.6489	4.9162 \pm 0.0338	4.3380 \pm 0.2310	3.7228 \pm 0.2425	4.0393 \pm 0.0446
3.0%	7.6745 \pm 0.5310	4.6648 \pm 0.1996	3.5492 \pm 0.0493	3.7742 \pm 0.2534	3.6197 \pm 0.0939

ตารางที่ 19 แสดง % yield ของขนุน ด้วยวิธีการสกัดด้วย 95% เอทานอล

ความเข้มข้น ของ citric acid	อัตราส่วนของน้ำตัวอย่างต่อเอทานอลและ % yield \pm S.D.				
	1:1.0	1:1.5	1:2.0	1:2.5	1:3.0
1.0%	1.8125 \pm 0.5229	1.3830 \pm 0.1895	1.4500 \pm 0.1968	1.6875 \pm 0.0126	1.5928 \pm 0.0324
1.5%	3.2203 \pm 0.3507	1.9605 \pm 0.1100	1.7245 \pm 0.1120	1.7138 \pm 0.0161	1.7123 \pm 0.0438
2.0%	3.1111 \pm 0.2102	2.6842 \pm 0.0054	2.4237 \pm 0.0316	2.3770 \pm 0.0654	2.1288 \pm 0.2133
2.5%	5.5903 \pm 0.1697	4.1775 \pm 0.4401	3.3050 \pm 0.1347	3.2358 \pm 0.1336	3.2295 \pm 0.1388
3.0%	3.0085 \pm 0.1930	2.3865 \pm 0.2797	2.2391 \pm 0.2045	2.0072 \pm 0.0988	1.9800 \pm 0.0527



ภาพที่ 20 ลักษณะเพคตินดิบของทุเรียนที่อัตราส่วน 1.0:1.0 ก่อนอบแห้ง



ภาพที่ 21 ลักษณะเพคตินดิบของทุเรียนที่อัตราส่วน 1.0:1.0 หลังอบแห้ง



ภาพที่ 22 ลักษณะเพคตินดิบของทุเรียนที่อัตราส่วน 1.0:2.0 ก่อนอบแห้ง



ภาพที่ 23 ลักษณะเพคตินดิบของทุเรียนที่อัตราส่วน 1.0:2.0 หลังอบแห้ง



ภาพที่ 24 ลักษณะเพคตินดิบของจำปาอะที่อัตราส่วน 1.0:1.0 ก่อนอบแห้ง



ภาพที่ 25 ลักษณะเพคตินดิบของจำปาอะที่อัตราส่วน 1.0:1.0 หลังอบแห้ง



ภาพที่ 26 ลักษณะเพคตินดิบของจำปาตะที่อัตราส่วน 1.0:2.0 ก่อนอบแห้ง



ภาพที่ 27 ลักษณะเพคตินดิบของจำปาตะที่อัตราส่วน 1.0:2.0 หลังอบแห้ง



ภาพที่ 28 ลักษณะเพคตินดิบของขนุนที่อัตราส่วน 1.0:1.0 ก่อนอบแห้ง



ภาพที่ 29 ลักษณะเพคตินดิบของขนุนที่อัตราส่วน 1.0:1.0 หลังอบแห้ง



ภาพที่ 30 ลักษณะเพคตินดิบของขนุนที่อัตราส่วน 1.0:2.0 ก่อนอบแห้ง



ภาพที่ 31 ลักษณะเพคตินดิบของขนุนที่อัตราส่วน 1.0:2.0 หลังอบแห้ง

บทที่ 5

สรุป วิจารณ์งานวิจัยและข้อเสนอแนะ

สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย

จากการวิจัยศึกษาหาวิธีการและสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่นทั้ง 3 ชนิดคือ เปลือกด้านในของทุเรียน (*Durio zibethinus* Linn) จำปาอะ (*Artocarpus integer* Merr.) และขนุน (*Artocarpus heterophyllus* Lamk.) ได้ทำการศึกษาหาวิธีการสกัดเพคตินที่เหมาะสม ซึ่งได้ทำการทดลอง 3 วิธี คือ 1M แคลเซียมคลอไรด์ 60% เอชานอล และ 95% เอชานอล พบว่า ปริมาณเพคตินดิบจากเปลือกด้านในของขนุนที่สกัดทั้ง 3 วิธี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 ($p \leq 0.05$) ส่วนเปลือกด้านในของทุเรียน ซึ่งทำการสกัดด้วย 60% เอชานอล และ 1 M แคลเซียมคลอไรด์ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่วิธีการ 95% เอชานอล มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเป็นวิธีการที่สกัดเพคตินได้มากกว่า 2 วิธีในข้างต้น และเปลือกด้านในของจำปาอะที่ทำการสกัดด้วยวิธีการ 60% เอชานอลและ 95% เอชานอล ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่วิธีการ 1M แคลเซียมคลอไรด์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและเป็นวิธีการสกัดเพคตินได้มากกว่า 2 วิธีในข้างต้น แสดงว่าการสกัดเพคตินในผลไม้แต่ละชนิดมีวิธีการสกัดที่เหมาะสมแตกต่างกัน บางชนิดใช้วิธี 1 M แคลเซียมคลอไรด์ สกัดเพคตินได้ดี บางชนิดใช้วิธี 95% เอชานอลสามารถสกัดเพคตินได้ดีแตกต่างกัน

จากข้อมูลทางสถิติปริมาณเพคตินดิบที่สกัดจากเปลือกด้านในของทุเรียนและขนุนทำการสกัดด้วย 95% เอชานอล จะได้ปริมาณเพคตินมากกว่า 1M แคลเซียมคลอไรด์ และ 60% เอชานอล แต่จำปาอะในวิธีการ 1 M แคลเซียมคลอไรด์จะได้ปริมาณเพคตินมากกว่า 2 วิธีข้างต้น จากงานวิจัยของวารสารชัยโอกาส ซึ่งได้ทำการสกัดเพคตินจากผักและผลไม้ ปริมาณเพคตินที่ได้จะแตกต่างกัน เนื่องจากผักและผลไม้แต่ละชนิด มีวิธีการสกัดเพคตินที่เหมาะสมแตกต่างกัน แต่ผู้วิจัยได้เลือกวิธีการ 95% เอชานอลในการหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากวัสดุที่เหลือใช้ทั้ง 3 ชนิดโดยพิจารณาจากหลายปัจจัย ไม่ว่าจะเป็น ระยะเวลา ความยากง่าย จุดคุ้มทุนในการสกัดหาเพคติน วิธี 95% เอชานอล จึงเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุด เพราะวิธี 95% เอชานอลใช้ระยะเวลาในการเตรียมน้ำตัวอย่างและวิธีการสกัดน้อย ขั้นตอนง่ายไม่ซับซ้อน ใช้สารเคมีพื้นฐานหาซื้อง่าย ราคาไม่แพง

เมื่อทำการหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากวิธีการ 95% เอธานอล พบว่าวัสดุเหลือใช้ทั้ง 3 ชนิด ใช้ตัวทำละลายกรดซิตริก ซึ่งจะสอดคล้องกับวิธีการในการเตรียมน้ำตัวอย่างในการสกัดด้วยวิธี 95% เอธานอล แต่ในการเตรียมน้ำตัวอย่างด้วยวิธี 1M แคลเซียมคลอไรด์ และ 60%เอธานอลจะไม่ใช้กรดซิตริก เนื่องจากกรดซิตริกเป็นกรดผลไม้มิ สามารถที่จะบริโภคได้ และ เพคตินเองก็มีประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมอาหาร จึงเลือกใช้ตัวทำละลายชนิดนี้ โดยเพคตินที่ได้จากการสกัดด้วยวิธี 95% เอธานอล จากพืชทั้ง 3 ชนิด จะมีลักษณะทางกายภาพเหมือนกัน คือเป็นแผ่นวุ้นแต่สีของเพคตินจะแตกต่างกันแล้วแต่ชนิดของพืชนั้น ๆ แต่ปริมาณเพคตินที่ได้จะแตกต่างกันในระดับความเข้มข้นของกรดซิตริกที่ต่างกัน กล่าวคือ ที่ความเข้มข้นที่ 2.5% (w/v) จะสกัดเพคตินได้มาก อัตราส่วนแต่ละอัตราส่วนที่ทำให้ได้ลักษณะของเพคตินที่แตกต่างกันด้วย คือ 1.0:1.0 จะมีการเซทตัวไม่ดีเพคตินจะมี 2 ลักษณะ คือ เซทตัวดีจะลอยขึ้นข้างบน มีลักษณะเป็นวุ้นมีฟองอากาศ จับตัวกันเป็นก้อนกลม ส่วนด้านล่างจะเป็นเพคตินที่เซทตัวไม่ดีจะมีลักษณะเป็นแผ่นวุ้นอ่อน ๆ และเมื่อนำไปอบจะไม่แห้งมีลักษณะเป็นของเหลวหนืด ๆซึ่งไม่สามารถนำไปใช้งานได้ ส่วนอัตราส่วนของน้ำตัวอย่างต่อเอธานอล 1.0:2.0 – 1.0:3.0 จะมีลักษณะการเซทตัวที่ดี เพคตินมีลักษณะเป็นวุ้นจับตัวเป็นก้อนมีฟองอากาศ เมื่ออบแห้งจะมีลักษณะเป็นแผ่นแข็งกรอบ สามารถนำไปใช้งานได้ต่อไป เพคตินที่ได้จากการสกัดอยู่ในรูปของเพคตินดิบ หากต้องการทำให้เป็นเพคตินที่บริสุทธิ์จะต้องทำการทดลองต่อไปในระดับ purified (การสกัดสารให้บริสุทธิ์) หากใช้วิธีการสกัดเพคตินด้วยวิธี 95% เอธานอล ใช้กรดซิตริกที่ความเข้มข้น 2.5% (w/v) และอัตราส่วนน้ำตัวอย่างต่อเอธานอล 1.0:2.0 – 1.0:3.0 เพคตินที่ได้จะมีลักษณะเป็นแผ่นวุ้นเมื่อนำไปอบแห้งจะมีลักษณะแข็งกรอบ เมื่ออบและร่อนด้วยตะแกรงร่อนเพคตินที่ได้จะเป็นผง สะดวกที่จะนำไปใช้ในการสกัดเพคตินให้บริสุทธิ์หรือจะนำไปใช้ประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมอาหารต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1. งานวิจัยนี้เป็นการหาวิธีการที่เหมาะสมในการสกัดเพคติน ซึ่งได้ทำการสกัด 3 วิธี คือ 1M แคลเซียมคลอไรด์ 60% เอธานอล และ 95% เอธานอล ซึ่งในการสกัดเพคตินนั้น จะมีวิธีการสกัดมากมายหลากหลายวิธี แต่ผู้วิจัยได้ใช้ 3 วิธีนี้เพื่อหาวิธีการที่เหมาะสม เนื่องจากมีขั้นตอนในการสกัดไม่ยุ่งยาก ซับซ้อน สารเคมีมีอยู่ในห้องปฏิบัติการทั่วไป หาซื้อง่ายและราคาไม่สูง
2. งานวิจัยนี้เป็นการสกัดหาเพคตินในระดับขั้นพื้นฐาน ซึ่งเพคตินที่ได้จะได้มาในรูปของเพคตินดิบ หากต้องการเพคตินที่บริสุทธิ์และมีคุณภาพดีใช้งานได้จะต้องทำต่อไปในระดับขั้น purified

3. น่าจะมีการสกัดเพคตินดิบที่ได้จากงานวิจัยนี้มาทำต่อไปให้ได้เพคตินที่บริสุทธิ์มากขึ้น

4. ในการหาสภาวะที่เหมาะสม อัตราส่วนของน้ำตาลอย่างต่อเอธานอลไม่ควรใช้ที่อัตราส่วน 1.0:1.0 และ 1.0:1.5 เนื่องจากเพคตินที่ได้จะมีลักษณะการเซตตัวที่ไม่ดี หลังจากอบแห้งจะมีเพคติน 2 แบบ คือ เพคตินที่เซตตัวดีจะมีลักษณะแข็ง กรอบ มีฟองอากาศ ส่วนเพคตินที่เซตตัวไม่ดีจะมีลักษณะเป็นของเหลวหนืด ซึ่งไม่สามารถนำมาบดเพื่อศึกษาต่อไปได้ และไม่เหมาะที่จะนำไปใช้งาน

5. ในการสกัดเพคตินที่สภาวะที่เหมาะสม ควรใช้อัตราส่วนของน้ำตาลอย่างต่อเอธานอลที่อัตราส่วน 1.0:2.0 ถึง 1.0:2.5 จึงจะได้เพคตินที่สามารถนำไปใช้งานได้ เนื่องจากเพคตินที่ได้มีการเซตตัวดี และหลังอบแล้วสามารถนำมาบดให้เป็นผงละเอียดได้ อีกทั้งยังสามารถนำเพคตินที่ได้ไปศึกษาให้ได้เพคตินที่บริสุทธิ์แล้วนำไปใช้งานต่อไปได้

บรรณานุกรม

- คณะอนุกรรมการประสานงานวิจัยและพัฒนาทรัพยากรป่าไม้และไม้โตเร็วของเนกประสงค์.
2540. ไม้เนื้อแข็งประสมได้. พิมพ์ที่ บริษัทเฟื่องฟ้า พรินติ้งจำกัด.
- ดวงใจ โอชัยกุล และคณะ. 2541. การศึกษาการผลิตเฮลตี้จากน้ำสกัดเชื่อมเมล็ดโกโก้. วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง. 8(1) : 8-15
- นงเยาว์ เทพยา. 2546. เพกติน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 3 ฉบับที่ 1 ISBN 1685-1587. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏนครศรีธรรมราช.
- นพรัตน์ บำรุงรักษ์. 2536. พืชหลักปักชำได้. พิมพ์ที่ พีรามิด จัดพิมพ์.
- นฤชิต แวผ่องศรี. 2529. การปลูกขนุน. บริษัทพิมพ์สวย จำกัด กรุงเทพฯ.
- พจวรรณ ประยูรพรหม และคณะ. 2526-2527. การสำรวจปริมาณเพกตินและการสกัดสารเพกตินจากเปลือกส้มโอและมะนาว. มหาวิทยาลัยมหิดล.
- พวงทอง ใจสันดี และคณะ. 2541. การทดสอบการใช้เพกตินที่สกัดได้จากเปลือกเสาวรสในการผลิตแยม. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- วนกร ชรากร และคณะ. 2545. การศึกษาการผลิตน้ำสับประรดเข้มข้นด้วยเครื่อง Double effect climbing film concentrator และการสกัดสาร pectin จากกากสับประรด และการนำไปใช้ประโยชน์. The Third Science Project Exhibition : Abstracts year 2002. 135
- วราภรณ์ ชัยโอภาส. 2538. การสกัดเพกตินจากผลไม้. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 10(2) : 43-48
- วราภรณ์ ชัยโอภาส. 2538. การสกัดเพกตินจากผักที่เป็นอาหาร. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 10(3) : 68-78
- แสวง ภูศิริ. 2525. ทุเรียน พาร์มรดนา เขาช่อง. วิทยาลัยเกษตรกรรมตรัง.
- หลวงบุเรศรบำรุงการ. 2508. ขนุน สาเก ขนุนลำปะลอสและจำปาตะ. โรงพิมพ์ พรพิทยา
- <http://www.cpkelco.com/pectin/>
- <http://www.cpkelco.com/ptalk.htm>
- http://www.doae.go.th/library/html/detail/Kumogazine/december_43/ponrami/fruit.htm
- <http://www.human.rint.ac.th/~charern/a.html>
- http://www.ippa.info/types_of_pectin.htm
- http://www.ippa.info/what_is_pectin.htm
- http://www.ittm.or.th/articles/direct_tree/directtree11.htm

<http://www.kanchanapisek.or.th/once-cgi/tex.cgi?no=7124>

<http://www.lsbu.ac.uk/water/hypec.html>

http://www.panmai.com/Direction/Tree_NE_1.htm

http://www.panmai.com/Direction/Tree_sw_3.htm

<http://www.school.net.th/library/snet4/anatomy/food2.htm>

<http://www.thaifruitnews.com/paper/Durian.htm>

ภาคผนวก

- ข้อมูลทาง Spss เพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากทุเรียน

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
วิธีการ	1	95% เอทานอล	9
	2	60% เอทานอล	9
	3	แคลเซียมคลอไรด์	9

Descriptive Statistics

Dependent Variable: เพคติน

วิธีการ	Mean	Std. Deviation	N
95% เอทานอล	.208678	2.90074E-02	9
60% เอทานอล	.163489	1.92204E-02	9
แคลเซียมคลอไรด์	.157422	1.60931E-02	9
Total	.176530	3.15477E-02	27

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: เพคติน

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Eta Squared
Corrected Model	1.412E-02	2	7.059E-03	14.408	.000	.546
Intercept	.841	1	.841	1717.316	.000	.986
วิธีการ	1.412E-02	2	7.059E-03	14.408	.000	.546
Error	1.176E-02	24	4.899E-04			
Total	.867	27				
Corrected Total	2.588E-02	26				

a. R Squared = .546 (Adjusted R Squared = .508)

General Estimable Function

Parameter	Contrast		
	L1	L2	L3
Intercept	1	0	0
[วิธีการ=1]	0	1	0
[วิธีการ=2]	0	0	1
[วิธีการ=3]	1	-1	-1

a Design: Intercept+วิธีการ

Post Hoc Tests

วิธีการ

Multiple Comparisons

Dependent Variable: เพศติน

	(I) วิธีการ	(J) วิธีการ	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
LSD	95% เอธานอล	60% เอธานอล	4.51889E-02	1.04344E-02	.000	2.36533E-02	6.67245E-02
		แคลเซียมคลอไรด์	5.12556E-02	1.04344E-02	.000	2.97200E-02	7.27911E-02
	60% เอธานอล	95% เอธานอล	-4.51889E-02	1.04344E-02	.000	-6.672447E-02	-2.365331E-02
		แคลเซียมคลอไรด์	6.06667E-03	1.04344E-02	.566	-1.546891E-02	2.76022E-02
	แคลเซียมคลอไรด์	95% เอธานอล	-5.125556E-02	1.04344E-02	.000	-7.279113E-02	-2.971998E-02
		60% เอธานอล	-6.066667E-03	1.04344E-02	.566	-2.760224E-02	1.54689E-02

Based on observed means.

* The mean difference is significant at the .05 level.

Homogeneous Subsets

เพคติน

		N	Subset	
	วิธีการ		1	2
Duncan	แคลเซียมคลอไรด์	9	.157422	
	60% เอทานอล	9	.163489	
	95% เอทานอล	9		.208678
	Sig.		.566	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on Type III Sum of Squares The error term is Mean Square(Error) = 4.899E-04.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

b Alpha = .05.

- ข้อมูลทาง Spss เพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมในการสกัดดินจากจำปาตะ
Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
วิธีการ	1	1 Mแคลเซียมคลอไรด์	9
	2	60%เอธานอล	9
	3	95%เอธานอล	9
ครั้งที่	1	ครั้งที่1	9
	2	ครั้งที่2	9
	3	ครั้งที่3	9

Descriptive Statistics

Dependent Variable: น้ำหนักพฤกษิน

วิธีการ	ครั้งที่	Mean	Std. Deviation	N
1 Mแคลเซียมคลอไรด์	ครั้งที่1	.896200	.141930	3
	ครั้งที่2	.789733	6.57048E-02	3
	ครั้งที่3	.746267	5.87211E-02	3
	Total	.810733	.106960	9
60%เอธานอล	ครั้งที่1	.503100	4.79400E-02	3
	ครั้งที่2	.651100	2.95127E-03	3
	ครั้งที่3	.513000	5.91543E-02	3
	Total	.555733	8.11526E-02	9
95%เอธานอล	ครั้งที่1	.570133	1.57294E-02	3
	ครั้งที่2	.543600	4.28424E-02	3
	ครั้งที่3	.633133	2.75391E-02	3
	Total	.582289	4.79216E-02	9
Total	ครั้งที่1	.656478	.197079	9
	ครั้งที่2	.661478	.113842	9
	ครั้งที่3	.630800	.110145	9
	Total	.649585	.140922	27

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: น้ำหนักเพคติน

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Eta Squared
Corrected Model	.443	8	5.540E-02	13.640	.000	.858
Intercept	11.393	1	11.393	2804.850	.000	.994
วิธีการ	.354	2	.177	43.545	.000	.829
ครั้งที่	4.876E-03	2	2.438E-03	.600	.559	.063
วิธีการ * ครั้งที่	8.459E-02	4	2.115E-02	5.206	.006	.536
Error	7.311E-02	18	4.062E-03			
Total	11.909	27				
Corrected Total	.516	26				

a. R Squared = .858 (Adjusted R Squared = .795)

Estimated Marginal Means

1. วิธีการ

Dependent Variable: น้ำหนักเพคติน

	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
วิธีการ			Lower Bound	Upper Bound
1 Mแคลเซียมคลอไรด์	.811	.021	.766	.855
60%เอทานอล	.556	.021	.511	.600
95%เอทานอล	.582	.021	.538	.627

2. ครั้งที่

Dependent Variable: น้ำหนักเพกติน

	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
ครั้งที่			Lower Bound	Upper Bound
ครั้งที่1	.656	.021	.612	.701
ครั้งที่2	.661	.021	.617	.706
ครั้งที่3	.631	.021	.586	.675

3. วิธีการ * ครั้งที่

Dependent Variable: น้ำหนักเพกติน

		Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
วิธีการ	ครั้งที่			Lower Bound	Upper Bound
1 Mแคลเซียมคลอไรด์	ครั้งที่1	.896	.037	.819	.974
	ครั้งที่2	.790	.037	.712	.867
	ครั้งที่3	.746	.037	.669	.824
60%เอทานอล	ครั้งที่1	.503	.037	.426	.580
	ครั้งที่2	.651	.037	.574	.728
	ครั้งที่3	.513	.037	.436	.590
95%เอทานอล	ครั้งที่1	.570	.037	.493	.647
	ครั้งที่2	.544	.037	.466	.621
	ครั้งที่3	.633	.037	.556	.710

Post Hoc Tests

วิธีการ

Multiple Comparisons

Dependent Variable: น้ำหนักเพกติน

			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
	(I) วิธีการ	(J) วิธีการ				Lower Bound	Upper Bound
LSD	1 Mแคลเซียมคลอไรด์	60%เอทานอล	.255000	3.00439E-02	.000	.191880	.318120
		95%เอทานอล	.228444	3.00439E-02	.000	.165324	.291564
	60%เอทานอล	1 Mแคลเซียมคลอไรด์	-.255000	3.00439E-02	.000	-.318120	-.191880
		95%เอทานอล	-2.655556E-02	3.00439E-02	.388	-8.967554E-02	3.65644E-02
	95%เอทานอล	1 Mแคลเซียมคลอไรด์	-.228444	3.00439E-02	.000	-.291564	-.165324
		60%เอทานอล	2.655556E-02	3.00439E-02	.388	-3.656443E-02	8.96755E-02

Based on observed means.

* The mean difference is significant at the .05 level.

Homogeneous Subsets

น้ำหนักเพกติน

		N	Subset	
	วิธีการ		1	2
Duncan	60%เอทานอล	9	.555733	
	95%เอทานอล	9	.582289	
	1 Mแคลเซียมคลอไรด์	9		.810733
	Sig.		.388	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on Type III Sum of Squares The error term is Mean

Square(Error) = 4.062E-03.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

b Alpha = .05.

ครั้งที่

Multiple Comparisons

Dependent Variable: น้ำหนักเพคติน

	(I) ครั้งที่	(J) ครั้งที่	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
LSD	ครั้งที่1	ครั้งที่2	-5.00000E-03	3.00439E-02	.870	-6.811999E-02	5.81200E-02
		ครั้งที่3	2.56778E-02	3.00439E-02	.404	-3.744221E-02	8.87978E-02
	ครั้งที่2	ครั้งที่1	5.00000E-03	3.00439E-02	.870	-5.811999E-02	6.81200E-02
		ครั้งที่3	3.06778E-02	3.00439E-02	.321	-3.244221E-02	9.37978E-02
	ครั้งที่3	ครั้งที่1	-2.56778E-02	3.00439E-02	.404	-8.879776E-02	3.74422E-02
		ครั้งที่2	-3.06778E-02	3.00439E-02	.321	-9.379776E-02	3.24422E-02

Based on observed means.

Homogeneous Subsets

น้ำหนักเพคติน

	ครั้งที่	N	Subset
	ครั้งที่		1
Duncan	ครั้งที่3	9	.630800
	ครั้งที่1	9	.656478
	ครั้งที่2	9	.661478
	Sig.		.347

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on Type III Sum of

Squares The error term is Mean Square(Error) = 4.062E-03.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

b Alpha = .05.

- ข้อมูลทาง Spss เพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากขนุน

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
วิธีการ	1	95%เอทานอล	9
	2	60%เอทานอล	9
	3	แคลเซียมคลอไรด์	9

Descriptive Statistics

Dependent Variable: เพคติน

วิธีการ	Mean	Std. Deviation	N
95%เอทานอล	1.174489	1.780958	9
60%เอทานอล	.555733	8.11526E-02	9
แคลเซียมคลอไรด์	.810733	.106960	9
Total	.846985	1.023931	27

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: เพคติน

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Eta Squared
Corrected Model	1.741	2	.870	.819	.453	.064
Intercept	19.369	1	19.369	18.217	.000	.432
วิธีการ	1.741	2	.870	.819	.453	.064
Error	25.519	24	1.063			
Total	46.629	27				
Corrected Total	27.259	26				

a. R Squared = .064 (Adjusted R Squared = -.014)

General Estimable Function

Parameter	Contrast		
	L1	L2	L3
Intercept	1	0	0
[วิธีการ=1]	0	1	0
[วิธีการ=2]	0	0	1
[วิธีการ=3]	1	-1	-1

a Design: Intercept+วิธีการ

Post Hoc Tests

วิธีการ

Multiple Comparisons

Dependent Variable: เพศติน

	(I) วิธีการ	(J) วิธีการ	Mean	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
			Difference (I-J)			Lower Bound	Upper Bound
LSD	95%เอธานอล	60%เอธานอล	.618756	.486091	.215	-.384486	1.621997
		แคลเซียมคลอไรด์	.363756	.486091	.462	-.639486	1.366997
	60%เอธานอล	95%เอธานอล	-.618756	.486091	.215	-1.621997	.384486
		แคลเซียมคลอไรด์	-.255000	.486091	.605	-1.258242	.748242
	แคลเซียมคลอไรด์	95%เอธานอล	-.363756	.486091	.462	-1.366997	.639486
		60%เอธานอล	.255000	.486091	.605	-.748242	1.258242

Based on observed mean

Homogeneous Subsets

เพคติน

		N	Subset
	วิธีการ		1
Duncan	60%เอธานอล	9	.555733
	แคลเซียมคลอไรด์	9	.810733
	95%เอธานอล	9	1.174489
	Sig.		.241

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on Type III Sum of Squares The error term is Mean Square(Error) = 1.063.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

b Alpha = .05.

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
วิธีการ	1	95%เอธานอล	9
	2	60%เอธานอล	9
	3	แคลเซียมคลอไรด์	9

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
วิธีการ	1	95%เอธานอล	9
	2	60%เอธานอล	9
	3	แคลเซียมคลอไรด์	9

Descriptive Statistics

Dependent Variable: เพศดิน

วิธีการ	Mean	Std. Deviation	N
95%เอทานอล	.337622	2.95910E-02	9
60%เอทานอล	.239844	3.51819E-02	9
แคลเซียมคลอไรด์	.277333	1.22199E-02	9
Total	.284933	4.87946E-02	27

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: เพศดิน

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Eta Squared
Corrected Model	4.380E-02	2	2.190E-02	29.037	.000	.708
Intercept	2.192	1	2.192	2906.309	.000	.992
วิธีการ	4.380E-02	2	2.190E-02	29.037	.000	.708
Error	1.810E-02	24	7.542E-04			
Total	2.254	27				
Corrected Total	6.190E-02	26				

a. R Squared = .708 (Adjusted R Squared = .683)

General Estimable Function

Parameter	Contrast		
	L1	L2	L3
Intercept	1	0	0
[วิธีการ=1]	0	1	0
[วิธีการ=2]	0	0	1
[วิธีการ=3]	1	-1	-1

a. Design: Intercept+วิธีการ

Post Hoc Tests

วิธีการ Multiple Comparisons

Dependent Variable: เพศดิน

			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
	(I) วิธีการ	(J) วิธีการ				Lower Bound	Upper Bound
LSD	95%เอธานอล	60%เอธานอล	9.77778E-02	1.29464E-02	.000	7.10578E-02	.124498
		แคลเซียมคลอไรด์	6.02889E-02	1.29464E-02	.000	3.35689E-02	8.70089E-02
	60%เอธานอล	95%เอธานอล	-9.77778E-02	1.29464E-02	.000	-.124498	-7.10578E-02
		แคลเซียมคลอไรด์	-3.74889E-02	1.29464E-02	.008	-6.42088E-02	-1.07689E-02
	แคลเซียมคลอไรด์	95%เอธานอล	-6.02889E-02	1.29464E-02	.000	-8.70088E-02	-3.35689E-02
		60%เอธานอล	3.74889E-02	1.29464E-02	.008	1.07689E-02	6.42089E-02

Based on observed means.

* The mean difference is significant at the .05 level.

Homogeneous Subsets

เพศดิน

		N	Subset		
	วิธีการ		1	2	3
Duncan	60%เอธานอล	9	.239844		
	แคลเซียมคลอไรด์	9		.277333	
	95%เอธานอล	9			.337622
	Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on Type III Sum of Squares The error term is Mean Square(Error) = 7.542E-04.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

b Alpha = .05.

- ข้อมูลทาง Spss เพื่อหาสถานะที่เหมาะสมจากวิธีการ 95% เอชานอล

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
ความเข้มข้น	1	1%	10
	2	1.5%	10
	3	2%	10
	4	2.5%	10
	5	3%	10
อัตราส่วน	1	1:1	10
	2	1:1.5	10
	3	1:2	10
	4	1:2.5	10
	5	1:3	10

Descriptive Statistics

Dependent Variable: น้ำหนักเพกติน

ความเข้มข้น	อัตราส่วน	Mean	Std. Deviation	N
1%	1:1	.559950	.202162	2
	1:1.5	.354700	1.17380E-02	2
	1:2	.261550	7.00036E-03	2
	1:2.5	.342350	1.05359E-02	2
	1:3	.407050	4.17193E-03	2
	Total	.385120	.124421	10
1.5%	1:1	1.311950	7.50240E-02	2
	1:1.5	1.237400	.113420	2
	1:2	.772000	3.52139E-02	2
	1:2.5	.760300	8.49942E-02	2
	1:3	.724800	2.12132E-03	2
	Total	.961290	.276821	10
2%	1:1	1.289800	1.17380E-02	2
	1:1.5	.961400	8.06102E-02	2
	1:2	.959500	4.38406E-03	2
	1:2.5	.897750	5.91848E-02	2
	1:3	.882500	8.48528E-03	2
	Total	.998190	.160882	10

ความเข้มข้น	อัตราส่วน	Mean	Std. Deviation	N
2.5%	1:1	1.396450	3.42947E-02	2
	1:1.5	.949500	4.66690E-03	2
	1:2	.885900	1.86676E-02	2
	1:2.5	.782850	1.05359E-02	2
	1:3	.767850	6.88015E-02	2
	Total	.956510	.243825	10
3%	1:1	1.253000	3.26683E-02	2
	1:1.5	.957650	5.91848E-02	2
	1:2	.694100	3.84666E-02	2
	1:2.5	.671700	3.08299E-02	2
	1:3	.613800	1.17380E-02	2
	Total	.838050	.253306	10
Total	1:1	1.162230	.329636	10
	1:1.5	.892130	.309816	10
	1:2	.714610	.258137	10
	1:2.5	.690990	.202135	10
	1:3	.679200	.171331	10
	Total	.827832	.311984	50

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: น้ำหนักเมล็ดดิน

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Eta Squared
Corrected Model	4.677	24	.195	53.015	.000	.981
Intercept	34.265	1	34.265	9320.875	.000	.997
ความเข้มข้น	2.595	4	.649	176.466	.000	.966
อัตราส่วน	1.696	4	.424	115.332	.000	.949
ความเข้มข้น * อัตราส่วน	.387	16	2.417E-02	6.573	.000	.808
Error	9.190E-02	25	3.676E-03			
Total	39.035	50				
Corrected Total	4.769	49				

a. R Squared = .981 (Adjusted R Squared = .962)

Post Hoc Tests

ความเข้มข้น

Multiple Comparisons

Dependent Variable: น้ำหนักเฟลดิน

			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
	(I) ความเข้มข้น	(J) ความเข้มข้น				Lower Bound	Upper Bound
LSD	1%	1.5%	-.576170	2.71153E-02	.000	-.632015	-.520325
		2%	-.613070	2.71153E-02	.000	-.668915	-.557225
		2.5%	-.571390	2.71153E-02	.000	-.627235	-.515545
		3%	-.452930	2.71153E-02	.000	-.508775	-.397085
	1.5%	1%	.576170	2.71153E-02	.000	.520325	.632015
		2%	-3.690000E-02	2.71153E-02	.186	-9.274494E-02	1.89449E-02
		2.5%	4.78000E-03	2.71153E-02	.861	-5.106494E-02	6.06249E-02
		3%	.123240	2.71153E-02	.000	6.73951E-02	.179085
	2%	1%	.613070	2.71153E-02	.000	.557225	.668915
		1.5%	3.69000E-02	2.71153E-02	.186	-1.894494E-02	9.27449E-02
		2.5%	4.16800E-02	2.71153E-02	.137	-1.416494E-02	9.75249E-02
		3%	.160140	2.71153E-02	.000	.104295	.215985
	2.5%	1%	.571390	2.71153E-02	.000	.515545	.627235
		1.5%	-4.780000E-03	2.71153E-02	.861	-6.062494E-02	5.10649E-02
		2%	-4.168000E-02	2.71153E-02	.137	-9.752494E-02	1.41649E-02
3%		.118460	2.71153E-02	.000	6.26151E-02	.174305	
3%	1%	.452930	2.71153E-02	.000	.397085	.508775	
	1.5%	-.123240	2.71153E-02	.000	-.179085	-6.739506E-02	
	2%	-.160140	2.71153E-02	.000	-.215985	-.104295	
	2.5%	-.118460	2.71153E-02	.000	-.174305	-6.261506E-02	

Based on observed means.

* The mean difference is significant at the .05 level.

Homogeneous Subsets

น้ำหนักพดติน

		N	Subset		
	ความเข้ม		1	2	3
Duncan	1%	10	.385120		
	3%	10		.838050	
	2.5%	10			.956510
	1.5%	10			.961290
	2%	10			.998190
	Sig.		1.000	1.000	.158

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on Type III Sum of Squares The error term is Mean Square(Error) = 3.676E-03.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 10.000.

b Alpha = .05.

อัตราส่วน

Multiple Comparisons

Dependent Variable: น้ำหนักพดติน

			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
	(I) อัตราส่วน	(J) อัตราส่วน				Lower Bound	Upper Bound
LSD	1:1	1:1.5	.270100	2.71153E-02	.000	.214255	.325945
		1:2	.447620	2.71153E-02	.000	.391775	.503465
		1:2.5	.471240	2.71153E-02	.000	.415395	.527085
		1:3	.483030	2.71153E-02	.000	.427185	.538875
	1:1.5	1:1	-.270100	2.71153E-02	.000	-.325945	-.214255
		1:2	.177520	2.71153E-02	.000	.121675	.233365
		1:2.5	.201140	2.71153E-02	.000	.145295	.256985
		1:3	.212930	2.71153E-02	.000	.157085	.268775
	1:2	1:1	-.447620	2.71153E-02	.000	-.503465	-.391775
		1:1.5	-.177520	2.71153E-02	.000	-.233365	-.121675
		1:2.5	2.36200E-02	2.71153E-02	.392	-3.222494E-02	7.94649E-02
		1:3	3.54100E-02	2.71153E-02	.203	-2.043494E-02	9.12549E-02
	1:2.5	1:1	-.471240	2.71153E-02	.000	-.527085	-.415395

			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
		1:1.5	-.201140	2.71153E-02	.000	-.256985	-.145295
		1:2	-2.362000E-02	2.71153E-02	.392	-7.946494E-02	3.22249E-02
		1:3	1.17900E-02	2.71153E-02	.667	-4.405494E-02	6.76349E-02
	1:3	1:1	-.483030	2.71153E-02	.000	-.538875	-.427185
		1:1.5	-.212930	2.71153E-02	.000	-.268775	-.157085
		1:2	-3.541000E-02	2.71153E-02	.203	-9.125494E-02	2.04349E-02
		1:2.5	-1.179000E-02	2.71153E-02	.667	-6.763494E-02	4.40549E-02

Based on observed means.

- The mean difference is significant at the .05 level.

Homogeneous Subsets

น้ำหนักพดดิน

		N	Subset		
	อัตราส่วน		1	2	3
Duncan	1:3	10	.679200		
	1:2.5	10	.690990		
	1:2	10	.714610		
	1:1.5	10		.892130	
	1:1	10			1.162230
	Sig.		.229	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on Type III Sum of

Squares The error term is Mean Square(Error) = 3.676E-03.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 10.000.

b Alpha = .05.

Univariate Analysis of Variance
Between-Subjects Factors

		Value Label	N
ความเข้มข้น	1	1%	10
	2	1.5%	10
	3	2%	10
	4	2.5%	10
	5	3%	10
อัตราส่วน	1	1:1	10
	2	1:1.5	10
	3	1:2	10
	4	1:2.5	10
	5	1:3	10

Descriptive Statistics

Dependent Variable: น้ำหนักพีดดิน

ความเข้มข้น	อัตราส่วน	Mean	Std. Deviation	N
1%	1:1	1.174900	6.10940E-02	2
	1:1.5	.811600	1.41421E-02	2
	1:2	.784250	4.51841E-02	2
	1:2.5	.780800	6.34982E-02	2
	1:3	.732550	8.29436E-02	2
	Total	.856820	.175215	10
1.5%	1:1	1.367900	6.37810E-02	2
	1:1.5	1.016550	5.04167E-02	2
	1:2	.947500	6.06698E-02	2
	1:2.5	.843750	3.32340E-03	2
	1:3	.834100	6.80237E-02	2
	Total	1.001960	.209636	10
2%	1:1	1.538750	6.88015E-02	2
	1:1.5	1.216050	2.84964E-02	2
	1:2	1.251400	1.32936E-02	2
	1:2.5	1.134650	6.66802E-02	2
	1:3	.995450	7.21956E-02	2
	Total	1.227260	.193067	10
2.5%	1:1	2.369650	.194666	2
	1:1.5	1.474850	1.01116E-02	2
	1:2	1.301400	6.95793E-02	2

ความเข้มข้น	อัตราส่วน	Mean	Std. Deviation	N
	1:2.5	1.116850	7.27613E-02	2
	1:3	1.211800	1.34350E-02	2
	Total	1.494910	.483105	10
3%	1:1	2.302350	.159311	2
	1:1.5	1.399450	5.98919E-02	2
	1:2	1.064750	1.47785E-02	2
	1:2.5	1.132250	7.60140E-02	2
	1:3	1.085900	2.81428E-02	2
	Total	1.396940	.497730	10
Total	1:1	1.750710	.526693	10
	1:1.5	1.183700	.259222	10
	1:2	1.069860	.204732	10
	1:2.5	1.001660	.170948	10
	1:3	.971960	.186324	10
	Total	1.195578	.408366	50

Tests of Between-Subjects Effects
 Dependent Variable: น้ำหนักफलดิน

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Eta Squared
Corrected Model	8.040	24	.335	63.803	.000	.984
Intercept	71.470	1	71.470	13611.896	.000	.998
ความเข้มข้น	2.834	4	.708	134.935	.000	.956
อัตราส่วน	4.117	4	1.029	196.039	.000	.969
ความเข้ม * อัตราส่วน	1.089	16	6.806E-02	12.962	.000	.892
Error	.131	25	5.251E-03			
Total	79.642	50				
Corrected Total	8.171	49				

a. R Squared = .984 (Adjusted R Squared = .969)

Post Hoc Tests

ความเข้มข้น

Multiple Comparisons

Dependent Variable: น้ำหนักเพกติน

			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
	(I) ความเข้มข้น	(J) ความเข้มข้น				Lower Bound	Upper Bound
LSD	1%	1.5%	-.145140	3.24055E-02	.000	-.211880	-7.839964E-02
		2%	-.370440	3.24055E-02	.000	-.437180	-.303700
		2.5%	-.638090	3.24055E-02	.000	-.704830	-.571350
		3%	-.540120	3.24055E-02	.000	-.606860	-.473380
	1.5%	1%	.145140	3.24055E-02	.000	7.83996E-02	.211880
		2%	-.225300	3.24055E-02	.000	-.292040	-.158560
		2.5%	-.492950	3.24055E-02	.000	-.559690	-.426210
		3%	-.394980	3.24055E-02	.000	-.461720	-.328240
	2%	1%	.370440	3.24055E-02	.000	.303700	.437180
		1.5%	.225300	3.24055E-02	.000	.158560	.292040
		2.5%	-.267650	3.24055E-02	.000	-.334390	-.200910
		3%	-.169680	3.24055E-02	.000	-.236420	-.102940
	2.5%	1%	.638090	3.24055E-02	.000	.571350	.704830
		1.5%	.492950	3.24055E-02	.000	.426210	.559690
		2%	.267650	3.24055E-02	.000	.200910	.334390
		3%	9.79700E-02	3.24055E-02	.006	3.12296E-02	.164710
	3%	1%	.540120	3.24055E-02	.000	.473380	.606860
		1.5%	.394980	3.24055E-02	.000	.328240	.461720
		2%	.169680	3.24055E-02	.000	.102940	.236420
		2.5%	-9.79700E-02	3.24055E-02	.006	-.164710	-3.122964E-02

Based on observed means.

* The mean difference is significant at the .05 level.

Homogeneous Subsets

น้ำหนักเพคติน

		N	Subset				
	ความเข้มข้น		1	2	3	4	5
Duncan	1%	10	.856820				
	1.5%	10		1.001960			
	2%	10			1.227260		
	3%	10				1.396940	
	2.5%	10					1.494910
	Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on Type III Sum of Squares The error term is Mean Square(Error) = 5.251E-03.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 10.000.

b Alpha = .05.

อัตราส่วน

Multiple Comparisons

Dependent Variable: น้ำหนักเพคติน

			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
	(I) อัตราส่วน	(J) อัตราส่วน				Lower Bound	Upper Bound
LSD	1:1	1:1.5	.567010	3.24055E-02	.000	.500270	.633750
		1:2	.680850	3.24055E-02	.000	.614110	.747590
		1:2.5	.749050	3.24055E-02	.000	.682310	.815790
		1:3	.778750	3.24055E-02	.000	.712010	.845490
	1:1.5	1:1	-.567010	3.24055E-02	.000	-.633750	-.500270
		1:2	.113840	3.24055E-02	.002	4.70996E-02	.180580
		1:2.5	.182040	3.24055E-02	.000	.115300	.248780
		1:3	.211740	3.24055E-02	.000	.145000	.278480
	1:2	1:1	-.680850	3.24055E-02	.000	-.747590	-.614110
		1:1.5	-.113840	3.24055E-02	.002	-.180580	-4.70996E-02
		1:2.5	6.82000E-02	3.24055E-02	.046	1.45964E-03	.134940
		1:3	9.79000E-02	3.24055E-02	.006	3.11596E-02	.164640

			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
	1:2.5	1:1	-.749050	3.24055E-02	.000	-.815790	-.682310
		1:1.5	-.182040	3.24055E-02	.000	-.248780	-.115300
		1:2	-6.820000E-02	3.24055E-02	.046	-.134940	-1.459643E-03
		1:3	2.970000E-02	3.24055E-02	.368	-3.704036E-02	9.64404E-02
	1:3	1:1	-.778750	3.24055E-02	.000	-.845490	-.712010
		1:1.5	-.211740	3.24055E-02	.000	-.278480	-.145000
		1:2	-9.790000E-02	3.24055E-02	.006	-.164640	-3.115964E-02
		1:2.5	-2.970000E-02	3.24055E-02	.368	-9.644036E-02	3.70404E-02

Based on observed means.

* The mean difference is significant at the .05 level.

Homogeneous Subsets

น้ำหนักเพคติน

		N	Subset			
	อัตราส่วน		1	2	3	4
Duncan	1:3	10	.971960			
	1:2.5	10	1.001660			
	1:2	10		1.069860		
	1:1.5	10			1.183700	
	1:1	10				1.750710
	Sig.		.368	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on Type III Sum of

Squares The error term is Mean Square(Error) = 5.251E-03.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 10.000.

b Alpha = .05.

Univariate Analysis of Variance
Between-Subjects Factors

		Value Label	N
ความเข้มข้น	1	1%	10
	2	1.5%	10
	3	2%	10
	4	2.5%	10
	5	3%	10
อัตราส่วน	1	1:1	10
	2	1:1.5	10
	3	1:2	10
	4	1:2.5	10
	5	1:3	10

Descriptive Statistics

Dependent Variable: น้ำหนักเพกติน

ความเข้มข้น	อัตราส่วน	Mean	Std. Deviation	N
1%	1:1	.543750	.156907	2
	1:1.5	.414900	5.68514E-02	2
	1:2	.435000	1.86676E-02	2
	1:2.5	.506250	3.74767E-03	2
	1:3	.478850	9.68736E-03	2
	Total	.475750	7.46567E-02	10
1.5%	1:1	.966100	.105217	2
	1:1.5	.588150	3.30219E-02	2
	1:2	.517350	3.35876E-02	2
	1:2.5	.523750	4.87904E-03	2
	1:3	.513700	1.31522E-02	2
	Total	.621810	.187751	10
2%	1:1	1.133200	.345917	2
	1:1.5	.805250	1.62635E-03	2
	1:2	.682100	9.47523E-03	2
	1:2.5	.713100	1.96576E-02	2
	1:3	.638650	6.39932E-02	2
	Total	.794460	.221359	10

ความเข้มข้น	อัตราส่วน	Mean	Std. Deviation	N
2.5%	1:1	1.877100	.333754	2
	1:1.5	1.253250	.132017	2
	1:2	.991500	4.04465E-02	2
	1:2.5	.970750	4.00930E-02	2
	1:3	.968850	4.16486E-02	2
	Total	1.212290	.387844	10
3%	1:1	1.202550	.482176	2
	1:1.5	.715950	8.39336E-02	2
	1:2	.671200	6.13769E-02	2
	1:2.5	.602150	2.96278E-02	2
	1:3	.594000	1.58392E-02	2
	Total	.757170	.290718	10
Total	1:1	1.144540	.512628	10
	1:1.5	.755500	.301923	10
	1:2	.659430	.202739	10
	1:2.5	.663200	.180332	10
	1:3	.638810	.185800	10
	Total	.772296	.349106	50

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: น้ำหนักเพคติน

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Eta Squared
Corrected Model	5.428	24	.226	10.388	.000	.909
Intercept	29.822	1	29.822	1369.845	.000	.982
ความเข้มข้น	3.049	4	.762	35.013	.000	.849
อัตราส่วน	1.813	4	.453	20.820	.000	.769
ความเข้ม * อัตราส่วน	.566	16 ^a	3.535E-02	1.624	.135	.510
Error	.544	25	2.177E-02			
Total	35.794	50				
Corrected Total	5.972	49				

a. R Squared = .909 (Adjusted R Squared = .821)

Post Hoc Tests

ความเข้มข้น

Multiple Comparisons

Dependent Variable: น้ำหนักเมล็ดดิน

			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
	(I) ความเข้มข้น	(J) ความเข้มข้น				Lower Bound	Upper Bound
LSD	1%	1.5%	-.146060	6.59854E-02	.036	-.281960	-1.016048E-02
		2%	-.318710	6.59854E-02	.000	-.454610	-.182810
		2.5%	-.736540	6.59854E-02	.000	-.872440	-.600640
		3%	-.281420	6.59854E-02	.000	-.417320	-.145520
	1.5%	1%	.146060	6.59854E-02	.036	1.01605E-02	.281960
		2%	-.172650	6.59854E-02	.015	-.308550	-3.675048E-02
		2.5%	-.590480	6.59854E-02	.000	-.726380	-.454580
		3%	-.135360	6.59854E-02	.051	-.271260	5.39521E-04
	2%	1%	.318710	6.59854E-02	.000	.182810	.454610
		1.5%	.172650	6.59854E-02	.015	3.67505E-02	.308550
		2.5%	-.417830	6.59854E-02	.000	-.553730	-.281930
		3%	3.72900E-02	6.59854E-02	.577	-9.860952E-02	.173190
2.5%	1%	.736540	6.59854E-02	.000	.600640	.872440	
	1.5%	.590480	6.59854E-02	.000	.454580	.726380	
	2%	.417830	6.59854E-02	.000	.281930	.553730	
	3%	.455120	6.59854E-02	.000	.319220	.591020	
3%	1%	.281420	6.59854E-02	.000	.145520	.417320	
	1.5%	.135360	6.59854E-02	.051	-5.395206E-04	.271260	
	2%	-3.72900E-02	6.59854E-02	.577	-.173190	9.86095E-02	
	2.5%	-.455120	6.59854E-02	.000	-.591020	-.319220	

Based on observed means.

* The mean difference is significant at the .05 level.

Homogeneous Subsets

น้ำหนักเพคติน

		N	Subset			
	ความเข้มข้น		1	2	3	4
Duncan	1%	10	.475750			
	1.5%	10		.621810		
	3%	10		.757170	.757170	
	2%	10			.794460	
	2.5%	10				1.212290
	Sig.		1.000	.051	.577	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on Type III Sum of

Squares The error term is Mean Square(Error) = 2.177E-02.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 10.000.

b Alpha = .05.

อัตราส่วน

Multiple Comparisons

Dependent Variable: น้ำหนักเพคติน

			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
	(I) อัตราส่วน	(J) อัตราส่วน				Lower Bound	Upper Bound
LSD	1:1	1:1.5	.389040	6.59854E-02	.000	.253140	.524940
		1:2	.485110	6.59854E-02	.000	.349210	.621010
		1:2.5	.481340	6.59854E-02	.000	.345440	.617240
		1:3	.505730	6.59854E-02	.000	.369830	.641630
1:1.5	1:1	1:1	-.389040	6.59854E-02	.000	-.524940	-.253140
		1:2	9.60700E-02	6.59854E-02	.158	-3.98295E-02	.231970
		1:2.5	9.23000E-02	6.59854E-02	.174	-4.35995E-02	.228200
1:2	1:1	1:3	.116690	6.59854E-02	.089	-1.92095E-02	.252590
		1:1	-.485110	6.59854E-02	.000	-.621010	-.349210
		1:1.5	-9.60700E-02	6.59854E-02	.158	-.231970	3.98295E-02
1:2.5	1:1	1:2.5	-3.77000E-03	6.59854E-02	.955	-.139670	.132130
		1:3	2.06200E-02	6.59854E-02	.757	-.115280	.156520
1:2.5	1:1	1:1	-.481340	6.59854E-02	.000	-.617240	-.345440

			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
		1:1.5	-9.23000E-02	6.59854E-02	.174	-.228200	4.35995E-02
		1:2	3.77000E-03	6.59854E-02	.955	-.132130	.139670
		1:3	2.43900E-02	6.59854E-02	.715	-.111510	.160290
	1:3	1:1	-.505730	6.59854E-02	.000	-.641630	-.369830
		1:1.5	-.116690	6.59854E-02	.089	-.252590	1.92095E-02
		1:2	-2.06200E-02	6.59854E-02	.757	-.156520	.115280
		1:2.5	-2.43900E-02	6.59854E-02	.715	-.160290	.111510

Based on observed means.

- The mean difference is significant at the .05 level.

Homogeneous Subsets

น้ำหนักพดติน

		N	Subset	
	อัตราส่วน		1	2
Duncan	1:3	10	.638810	
	1:2	10	.659430	
	1:2.5	10	.663200	
	1:1.5	10	.755500	
	1:1	10		1.144540
	Sig.		.117	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on Type III Sum of Squares The error term is Mean Square(Error) = 2.177E-02.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 10.000.

b Alpha = .05.

โครงงานวิจัย

ชื่องานวิจัย	ศึกษาวิธีการและสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น
ชื่อผู้ทำการวิจัย	นางสาวรัตนภรณ์ กิจจาร์ภย์ นางสาวมาญ์ดา เกษตรกาลาม์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์นงเยาว์ เทพยา
โปรแกรมวิชา	เคมี

จุดประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากวัสดุเหลือใช้
2. เพื่อศึกษาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของตัวทำละลายในการสกัดเพคตินจากวัสดุเหลือใช้
3. เพื่อศึกษาอัตราส่วนของน้ำตัวอย่างต่อเอธานอลที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากวัสดุเหลือใช้

สมมติฐาน

เพคตินที่ได้จากการสกัดแต่ละวิธีจะได้ปริมาณและลักษณะของเพคตินที่แตกต่างกัน การสกัดเพคตินด้วย 95% เอธานอล น่าจะเป็นวิธีการที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินที่ความเข้มข้นของกรดซิตริก 2.0% และอัตราส่วนระหว่างน้ำตัวอย่างต่อเอธานอลเท่ากับ 1.0:2.0 เป็นวิธีการและสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากเปลือกด้านในของทุเรียน จำปาอะ และ ขนุน

ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย

ปัจจุบันเพคติน (pectin) ได้เข้ามามีบทบาทในวงการทางด้านอุตสาหกรรมอาหารซึ่งเป็นสารที่สำคัญสำหรับอาหารประเภทต่าง ๆ เช่น การทำแยม เยลลี่ มาร์มาเลต ลูกกวาด และขนมอบแห้ง ใช้เป็นส่วนผสมในอาหารและเครื่องดื่ม (พจวรรณ ประยูรพรหม และคณะ , 2526-2527) ซึ่งปัจจุบันนี้ผู้บริโภคส่วนใหญ่ได้สังเกตเห็นถึงคุณประโยชน์ทางด้านสุขภาพและการควบคุมทางสรีระ โดยขณะนี้ได้มีการค้นคว้าเพื่อที่จะนำเอาเพคตินมาใช้ประโยชน์ ซึ่งเพคตินทำหน้าที่เป็นเยื่อป้องกันไม่ให้น้ำตาลถูกดูดซับเข้าสู่กระแสเลือดได้ง่าย จึงช่วยลดน้ำตาลในเลือด และสามารถลดระดับไขมัน คอเลสเตอรอลในตับ จึงทำให้ช่วยลดอาการเสี่ยงต่อหลอดเลือดแข็งและตีบ (วราภรณ์ ชัยโอภาส , 2539) นอกจากนี้เพคตินยังสามารถควบคุมโรคเบาหวาน ตลอดจนสามารถลดอาการอักเสบของแผลในลำไส้หลังผ่าตัด และในประเทศอังกฤษได้ใช้เพคตินเป็นสารช่วยลดคอเลสเตอรอล (cholesterol reducing agent) และ

ใช้เกลือเบมิดยาเพื่อควบคุมอัตราการดูดซึมของยาบางชนิด (พจวรรณ ประยูรพรหม และคณะ , 2526-2527) ส่วนในทางด้านอุตสาหกรรมเครื่องสำอางยังนำเอาเพคตินใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับผมและความงามต่าง ๆ เช่น เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของแชมพู และคอนดิชันเนอร์ รวมทั้งใช้ในการจัดแต่งทรงผม

“เพคติน” เป็นสารคาร์โบไฮเดรตอยู่ในผนังเซลล์ของพืช ผัก และผลไม้ ประกอบด้วย methoxyl และ polygalacturonic เพคตินเป็นผลิตภัณฑ์ธรรมชาติและเป็นสารประกอบที่สำคัญของผนังเซลล์พืชเป็นแขนงของ polysaccharide และเป็น heteropolysaccharide ซึ่งจัดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน ที่มีโครงสร้างใหญ่ประกอบด้วย polysaccharide ประมาณ 100 – 1,000 หน่วย แคลคาไรด์เชื่อมต่อกันเป็นเส้นตรง 50,000 – 150,000 เพคตินมีลักษณะเป็นผงละเอียด เมื่อละลายน้ำจะได้สารที่มีลักษณะเป็นวุ้น การตกตะกอนเพคตินด้วยแอลกอฮอล์ จะให้ตะกอนของเพคตินตั้งแต่สีขาวครีมจนถึงสีน้ำตาลอ่อน และการตกตะกอนเพคตินด้วยอะลูมิเนียมจะได้ตะกอนสีเหลืองถึงเขียวอ่อน ซึ่งโดยปกติเพคตินจากแอปเปิ้ลจะมีตะกอนสีเข้มกว่าเพคตินที่ได้จากส้ม (นงเยาว์ เทพยา , 2546)

จากการที่เพคตินเองพบได้ในตระกูลพืชชั้นสูงจึงทำให้มีนักวิทยาศาสตร์สนใจสกัดเพคตินจากผลไม้มากขึ้น เนื่องจากปัจจุบันเราต้องมีการนำเข้าเพคตินจากต่างประเทศ เพคตินมีราคาที่สูงและหาซื้อได้ยาก และมีความจำเป็นต้องใช้ในด้านอุตสาหกรรมต่าง ๆ รวมทั้งทางด้านเภสัชกรรม หากเราสามารถที่จะผลิตเพคตินใช้ได้เองภายในประเทศก็จะเป็นการลดต้นทุนการผลิตของวัตถุดิบลงได้

งานวิจัยนี้ได้สังเกตเห็นถึงความสำคัญของเพคติน จึงได้ทำการศึกษาการสกัดเพคตินจากวัสดุเหลือใช้โดยการหาวิธีการและสภาวะที่เหมาะสมในการสกัด รายงานการวิจัยในต่างประเทศมีการสกัดเพคตินโดยจะสกัดจากเปลือกแอปเปิ้ลและเปลือกของพืชในตระกูลส้ม แต่ในประเทศไทยได้มีการสกัดจากเปลือกของส้มโอ มะนาว(พจวรรณ ประยูรพรหมและคณะ , 25265-2527) เสาวรส (พวงทอง ใจสันต์ และคณะ , 2541) โกโก้ (ดวงใจ โอชัยกุล และคณะ ,2541) และสับปะรด (วนกร ชรากร และคณะ ,2545) ซึ่งวัสดุที่ทำการสกัดจะขึ้นอยู่กับชนิดและพันธุ์ที่มีอยู่ในแต่ละประเทศ แต่งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาวิธีการและสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากวัสดุเหลือใช้ 3 ชนิด คือ เปลือกด้านในของทุเรียน จำปาตะ และขนุน ซึ่งในท้องถิ่นของเรามีวัสดุเหลือใช้จากผลไม้เหล่านี้มาก ถ้านำมาทำให้เกิดประโยชน์ก็จะเป็นผลดียิ่งและสามารถเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาประเทศในทางด้านอุตสาหกรรมต่อไปในอนาคตได้

เอกสารที่เกี่ยวข้อง

ดวงใจ โอชัยกุล และคณะ. 2541. การศึกษาการผลิตเยลลี่จากน้ำสกัดเชื้อหุ้มเมล็ดโกโก้. วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง. 8(1) : 8-15

นงเยาว์ เทพยา. 2546. เพกติน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่3 ฉบับที่1 ISBN 1685-1587. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏนครศรีธรรมราช.

นพรัตน์ บำรุงรักษ์. 2536. พีชหลักปักษ์ใต้. พิมพ์ที่ ปิรามิด จัดพิมพ์.

พจวรรณ ประยูรพรหม และคณะ. 2526-2527. การสำรวจปริมาณเพกตินและการสกัดสารเพกตินจากเปลือกส้มโอและมะนาว. มหาวิทยาลัยมหิดล.

พวงทอง ใจสันต์ และคณะ. 2541. การทดสอบการใช้เพกตินที่สกัดได้จากเปลือกเสาวรสในการผลิตเยลลี่. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วนกร ชรากร และคณะ. 2545. การศึกษาการผลิตน้ำสับประรดเข้มข้นด้วยเครื่อง Double effect climbing film concentrator และการสกัดสาร pectin จากกากสับประรด และการนำไปใช้ประโยชน์. The Third Science Project Exhibition : Abstracts year 2002. 135

วารารณ์ ชัยโอภาส. 2538. การสกัดเพกตินจากผลไม้. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.10(2):43-48

วารารณ์ ชัยโอภาส. 2539. การสกัดเพกตินจากผักที่เป็นอาหาร. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.10(3) : 68-78

ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการสกัดเพกตินซึ่งมี 3 วิธีคือ 1M แคลเซียมคลอไรด์ 60% เอทานอล และ 95% เอทานอล
2. ศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการสกัดเพกตินจากวัสดุเหลือใช้ 3 ชนิด คือเปลือกด้านในของทุเรียน จำปาอะ และ ขนุน
3. ศึกษาความเข้มข้นของตัวทำละลายในการสกัดเพกติน
4. ศึกษาอัตราส่วนของน้ำตัวอย่างต่อเอทานอล
5. ทำการศึกษาในเดือนตุลาคม 2546 – กุมภาพันธ์ 2547 ที่จังหวัดนครศรีธรรมราช

วิธีดำเนินการ

1. รวบรวมข้อมูล
2. กำหนดแผนการวิจัย
3. ทำการทดลอง
 - ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาวิธีการที่เหมาะสม
 - 1M แคลเซียมคลอไรด์

- 60% เอทานอล
 - 95% เอทานอล
 - ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสม
 - ความเข้มข้นของ Citric acid
 - อัตราส่วนของน้ำตัวอย่าง : เอทานอล
4. รวบรวมข้อมูลและสรุปเป็นรูปเล่ม

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำวัสดุเหลือใช้มาทำให้เกิดประโยชน์
2. สามารถหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากวัสดุเหลือใช้เพื่อเป็นการประหยัดและลดต้นทุนในการผลิตได้
3. เป็นข้อมูลพื้นฐานในการสกัดเพคตินในเชิงอุตสาหกรรมได้
4. สามารถลดต้นทุนในการสั่งซื้อเพคตินจากต่างประเทศได้

ประวัติผู้ทำวิจัย



ประวัติส่วนตัว

- ชื่อ น.ส. มาญีดา เกษตรกาลาม์
- วันเกิด วันอาทิตย์ ที่ 5 เดือน ธันวาคม พุทธศักราช 2525
- ที่อยู่ บ้านเลขที่ 802/1 ซอย ราชเดช ถนน พระเนียบ ต. คลัง อ. เมือง จ. นครศรีธรรมราช

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนศรีธรรมราชศึกษา จ. นครศรีธรรมราช
- สำเร็จชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จากโรงเรียนศรีธรรมราชศึกษา จ. นครศรีธรรมราช
- สำเร็จชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนศรีธรรมราชศึกษา จ. นครศรีธรรมราช
- ปัจจุบันกำลังศึกษาระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 โปรแกรมวิชา เคมี รหัสประจำตัว 431415011 ณ สถาบันราชภัฏนครศรีธรรมราช

ประวัติผู้ทำวิจัย



ประวัติส่วนตัว

ชื่อ น.ส. รัตนาภรณ์ กิจจาร์ภัย

วันเกิด วัน จันทร์ ที่ 6 เดือน กรกฎาคม พุทธศักราช 2524

ที่อยู่ บ้านเลขที่ 125/1 ม.6 ต. นาเคียน อ. เมือง จ. นครศรีธรรมราช

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนบ้านนาเคียน จ. นครศรีธรรมราช
- สำเร็จชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จากโรงเรียนบ้านนาเคียน จ. นครศรีธรรมราช
- สำเร็จชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนเมืองนครศรีธรรมราช จ. นครศรีธรรมราช
- ปัจจุบันกำลังศึกษาระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 โปรแกรมวิชาเคมี รหัสประจำตัว 431415009 ณ สถาบันราชภัฏนครศรีธรรมราช

