รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

---

1. **ชุดโครงการวิจัย** : วิจัยและพัฒนาพืชเศรษฐกิจเฉพาะพื้นที่ภาคตะวันออก

2. **โครงการวิจัย** : การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตส้มจี๊ด (*Citrus mitis* Blanco.) ในเขตพื้นที่ภาคตะวันออก

   กิจกรรม :

3. **ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย)** : **การศึกษากรรมวิธีการแปรรูปและการใช้ประโยชน์จากส้มจี๊ด**

   ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) :

   การทดลองย่อย : การศึกษาลิโมนีนและเพคตินจากส้มจี๊ดและการใช้ประโยชน์

   : Limonene and Pectin from *Citrus mitis* Blanco. and their Application

4. **คณะผู้ดำเนินงาน**

   หัวหน้าการทดลอง : นางสาววิมลวรรณ วัฒนวิจิตร
   สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

   ผู้ร่วมงาน : นางสาวศิริพร เต็งรัง
   นายประยูร เอ็นมาก
   นายโกเมศ สัตยาวุธ
   สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

5. **บทคัดย่อ**

การศึกษาลิโมนีนและเพคตินจากส้มจี๊ดและการใช้ประโยชน์ดำเนินการทดลองที่สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร ระหว่างปี 2556 – 2557 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการสกัดน้ำมันหอมระเหยและเพคตินจากเปลือกส้มจี๊ด และพัฒนาการใช้ประโยชน์น้ำมันหอมระเหยจากส้มจี๊ด และกากเหลือทิ้งของส้มจี๊ดจากการแปรรูปอื่น ๆ ผลจากการศึกษาการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มจี๊ดโดยการกลั่นด้วยน้ำพบว่าจะได้น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มจี๊ดที่มี dl-limonene เป็นองค์ประกอบหลัก

และสารเทอร์พีนต่าง ๆ เป็นองค์ประกอบย่อย และการสกัดเพคตินจากเปลือกส้มจี๊ดสามารถสกัดได้โดยการต้มกับการสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.3 M แล้วตกตะกอนเพคตินด้วย 95% เอธานอล การล้างกากเปลือกส้มจี๊ดด้วยเอทานอลก่อนการสกัดและล้างตะกอนเพคตินที่ได้ด้วยเอทานอลหลาย ๆ ครั้ง จะช่วยทำให้เพคตินมีความบริสุทธิ์มากขึ้นทำให้ได้เพคตินที่มีสีอ่อนลง โดยเพคตินจากเปลือกส้มจี๊ดที่ได้มีปริมาณเมทอกซิลเฉลี่ย 5.58 % โดยจัดอยู่ในกลุ่ม low methoxyl pectins เมื่อนำน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มจี๊ดโดยนำมาพัฒนาเป็นสเปรย์น้ำไล่ยุงนั้น พบว่าไม่ผ่านการทดสอบประสิธิ์ภาพของผลิตภัณฑ์ป้องกันยุง เนื่องจากไม่สามารถติดที่ผิวได้นานกว่า 3 ชั่วโมงได้ แต่สำหรับการพัฒนาการใช้ประโยชน์น้ำมันหอมระเหยจากส้มจี๊ดเป็นโลชั่นไล่ยุง สามารถผ่านการทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ป้องกันยุงได้ นอกจากนี้เมื่อนำเพคตินจากเปลือกส้มจี๊ดมาพัฒนาเป็นสารก่อเจลในเจลน้ำหอมปรับอากาศ สามารถใช้เพคติน 3% ร่วมกับ sodium polyacrylate 1% ในน้ำปูนใส และประยุกต์ใช้น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มจี๊ดร่วมกับน้ำมันหอมระเหยชนิดอื่น ๆ เป็นน้ำหอม จะได้เจลน้ำหอมปรับอากาศที่มีมีระดับความแรงของกลิ่นในระดับที่ยอมรับได้นาน 10 วัน

คำสำคัญ : น้ำมันหอมระเหย ลิโมนีน ส้มจี๊ด กลั่นด้วยน้ำ เพคติน

6. คำนำ

ลิโมนีน (limonene) เป็นสารที่เป็นองค์ประกอบสำคัญในน้ำมันหอมระเหยซึ่งสกัดได้จากในพืชตระกูลส้ม โดยทั่วไปใช้เป็นสารเติมแต่ง (additive) ในผลิตภัณฑ์อาหารและน้ำหอม ลิโมนีนสามารถใช้ในผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดในบ้านและอุตสาหกรรม ใช้เป็นสารฆ่าแมลงจากธรรมชาติและสารไล่แมลง (Wilkins,Jr.,1999 ; Hebeish, et al., 2008) การสกัดน้ำมันหอมระเหยซึ่งมีฤทธิ์ในการฆ่าแมลงจากเปลือกส้มนั้น ทำได้โดยการกลั่นด้วยไอน้ำ (steam distillation) จากการทดลองใช้สารสกัดจากเปลือกส้มฆ่าแมลงวันซึ่งถูกขังอยู่ในขวดโหล พบว่า เมื่อพ่นสารลงบนแมลงโดยตรงวิธีนี้จะฆ่าแมลงได้ทันที และถ้าหยดสารลงบนกระดาษกรอง ไอระเหยของสารก็สามารถฆ่าแมลงได้แต่ใช้เวลาหลายนาทีกว่าแมลงจะตาย (Beatty, 1986)

เพคตินเป็นสารประกอบโพลีแซคคาไรด์ที่มีคุณสมบัติพองตัวเป็นเจลเมื่อละลายน้ำ จึงนิยมใช้เป็นสารก่อเจล (gelling agent) สารเพิ่มความหนืด (thickener) และสารเพิ่มความคงตัว (stabilizer) ในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ การผลิตเพคตินในทางการค้า จะผลิตจากกากเหลือทิ้งจากพืชตระกูลส้ม และมีการผลิตเพคตินจากของเหลือจากกากเมล็ดทานตะวัน กากมันฝรั่ง เปลือกถั่วเหลือง (ชวนิฎฐ์ สิทธิ์ดิลกรัตน์ และคณะ, 2547) การสกัดเพกตินจากพืชสามารถทำได้หลายวิธีเช่น ตกตะกอนด้วยสารละลายเอทานอล 60 % (สายรุ้ง ละแสนมูล, 2544) สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกเจือจาง (วาสนา อ่อนหวาน, 2534) สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกและโซเดียมเฮกสะเมตาฟอสเฟต (ชวนิฎฐ์ สิทธิ์ดิลกรัตน์ และคณะ, 2547) การต้ม

สกัดด้วยสารละลายโซเดียมเฮกซาเมตาฟอสเฟตร่วมกับการปรับพีเอชด้วยกรดซิตริก (จีราภรณ์ สังข์ผุด และ ฉัตรชัย สังข์ผุด)

เจลน้ำหอมปรับอากาศที่มีขายตามท้องตลาดส่วนใหญ่จะทำจากสารที่ทำให้เกิดเจล (gelling agent) เช่น คาราจีแนน ผสมกับน้ำหอม และมีส่วนประกอบอื่น ๆ ที่ช่วยละลายน้ำหอมกับเจล หรือให้ความชุ่มชื่นกับเจล (humectant) เช่น propylene glycol นอกจากนี้ยังต้องมีภรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการเก็บผลิตภัณฑ์เพื่อนป้องกันการสูญเสียของกลิ่น และให้ลักษณะปรากฏดึงดูดใจผู้บริโภค (น้องนุช เจริญกุล และคณะ, 2545)

7. วิธีดำเนินการ :

- **อุปกรณ์และสารเคมี**
  1. ส้มจี๊ด ซื้อจากเกษตรกรที่ปลูกส้มจี๊ดในจังหวัดจันทบุรี
  2. แอนไฮดรัส โซเดียมซัลเฟต (anhydrous Na_2SO_4 , ACS reagent, Sigma Aldirch)
  3. เอทานอล (ethanol, AR)
  4. อะซีโทน (acetone, AR)
  5. ลิโมนีน (D-limonene, AR grade, Wako)
  6. น้ำมันตะไคร้หอม (บริษัท เคมีภัณฑ์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด)
  7. น้ำมันยูคาลิปตัส (บริษัท เคมีภัณฑ์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด)
  8. น้ำมันเปปเปอร์มินต์ (บริษัท เคมีภัณฑ์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด)
  9. น้ำมันแพทชูลี (บริษัท เคมีภัณฑ์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด)
  10. น้ำมันวนิลา (บริษัท เคมีภัณฑ์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด)
  11. แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$, AR)
  12. เพคตินทางการค้า (เกรดอาหาร, บริษัท รวมเคมี 1986 จำกัด)
  13. Sodium polacrylate (บริษัท ฮงฮวด จำกัด)
  14. Dicapryly ether (บริษัท ฮงฮวด จำกัด)
  15. น้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น (บริษัท ฮงฮวด จำกัด)
  16. กลีเซอรีน (บริษัท ฮงฮวด จำกัด)
  17. Sodium stearoyl Glutamate (บริษัท ฮงฮวด จำกัด)
  18. Spectra state (บริษัท วันรัต(หน่ำเซียน) จำกัด)

19. เครื่องชั่งไฟฟ้า Metter AE 200

20. pH meter

21. เครื่องวัดสี (Chroma meter, Minolta รุ่น CR 400)

- วิธีการ

1. การศึกษาสารลิโมนินจากส้มจี๊ด

1.1 การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มจี๊ดโดยการกลั่นด้วยน้ำ

การศึกษาการสกัดสารลิโมนีนจากเปลือกส้มจี๊ดโดยการกลั่นด้วยน้ำ ประยุกต์ใช้วิธีการของ Hosni *et al.*, (2010) โดยใช้เปลือกส้มจี๊ดที่เหลือจากการคั้นน้ำ มีความชื้นโดยเฉลี่ย 80.02 % โดยใช้เปลือกส้มจี๊ด 700 กรัม ในน้ำ 3000 mL นำมากลั่นโดยเปรียบเทียบการใช้เปลือกส้มจี๊ดปั่นละเอียดและไม่ปั่น หลังจากกลั่นแล้วกำจัดน้ำที่เหลือในตัวอย่างโดยใช้ anhydrous Na_2SO_4 แล้วกรองออก เก็บตัวอย่างน้ำมันหอมระเหยที่ได้ในช่องแช่แข็งจนกว่าจะนำมาวิเคราะห์ต่อไป

1.2 การศึกษาองค์ประกอบน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มจี๊ด

การศึกษาองค์ประกอบน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มจี๊ดที่ได้จากการกลั่นด้วยน้ำวิเคราะห์โดย Gas chromatography – Mass spectrometry (GC-MS) ประยุกต์ใช้วิธีวิเคราะห์ของ Tao, *et al*. (2009) ส่งวิเคราะห์ที่หน่วยเครื่องมือกลาง คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ภายใต้สภาวะการวิเคราะห์ดังนี้

- Column : HP-5MS (29.3 m x 0.25 mm, film thickness 0.25 μm)
- Inlet temp. : 250°C
- Injecton volumn : 0.2 μL
- Split mode
- Oven temperature : 50°C hold 1 min
- ramp to 220°C (rate 5°C/min) hold 10 min
- total rum time : 45 min.
- Detector : MSD
- Scan mode : 25-350 amu.
- Carrier gas : He
- Column flow rate : 1.0 mL/min

2. การศึกษาการสกัดเพคตินจากกากเปลือกส้มจี๊ดเหลือทิ้ง

การศึกษาการสกัดสกัดเพคตินจากเปลือกส้มประยุกต์ใช้วิธีการสกัดเพคตินของชวนิฏฐ์และคณะ (2005) โดยนำกากเปลือกส้มจี๊ดที่เหลือจากการกลั่นด้วยไอน้ำ ปั่นให้ละเอียด 300 g เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 0.3 M ปริมาตร 900 mL ต้มที่อุณหภูมิที่ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง กรองด้วยผ้าขาวบาง จากนั้นตกตะกอนเพคตินด้วย 95% เอธานอล พร้อมกับกวนสารละลายแรงๆ ไปพร้อมกัน ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 24 ชั่งโมง กรองตะกอนเพคตินด้วยผ้าขาวบาง แล้วล้างด้วย 95% เอธานอล สลับกับอะซีโทน 3-5 ครั้ง จนกว่าเพคตินจะไม่มีสี นำไปตากให้แห้งในตู้ดูดควันที่อุณหภูมิห้อง แล้วอบแห้งด้วยตู้อบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง

2.1 **ศึกษาผลของการล้างสีและน้ำตาลออกจากกากส้มจี๊ด**

เตรียมตัวอย่างโดยนำเปลือกส้มจี๊ดหลังจากกลั่นด้วยน้ำแล้ว กรอง นำกากมาผึ่งให้สะเด็ด น้ำ อบแห้งที่ 50°C จนมีความชื้นประมาณ 8% แล้วปั่นละเอียด เก็บตัวอย่างใส่ถุงพลาสติก เก็บไว้ในตู้เย็น การศึกษาวผลของการล้างสีและน้ำตาลออกจากกากส้มจี๊ดทำการศึกษา 3 กรรมวิธี คือ ไม่ล้าง ล้างด้วยเอทานอล 85% และน้ำ โดยนำตัวอย่าง 25 g เติมตัวทำละลายที่ใช้ล้าง 500 mL แช่ในอ่างน้ำร้อนที่ 70°C เป็นเวลา 20 นาที กรองตะกอนด้วยผ้ามัสลิน แล้วนำตะกอนมาสกัดสีซ้ำทั้งหมด 4 ครั้ง ก่อนนำมาสกัดเพคติน วัดค่าสี L a b ของเพคตินที่ได้

2.2 **การศึกษาผลการล้างตะกอนต่อสีของเพคตินที่สกัดได้**

การศึกษาผลการล้างตะกอนต่อสีของเพคตินที่สกัดได้ ศึกษาโดยล้างสีออกจากกากส้มจี๊ดด้วยสารละลายเอทานอล 85% และน้ำ จำนวน 4 ครั้ง เทียบกับกากเปลือกส้มที่ไม่ได้ล้าง ก่อนนำมาสกัดเพคติน โดยเติม 0.03 M HCl 500 mL ปรับ pH เป็น 1.5 ด้วย HCl ต้มที่ 80°C นาน 1 ชั่วโมง ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วกรองแยกกากด้วยผ้าขาวบาง นำสารละลายไปตกตะกอนด้วยเอทานอล 900 mL พร้อมกวนแรงๆ ทิ้งไว้ข้ามคืน จากนั้นกรองตะกอนด้วยผ้าขาวบาง

2.3 ศึกษาปริมาณและตรวจสอบคุณสมบัติของเพคตินที่สกัดจากกากส้มจี๊ดเหลือทิ้งกับเทียบกับเพคตินทางการค้า

ศึกษาปริมาณและตรวจสอบคุณสมบัติของเพคตินที่สกัดจากกากส้มจี๊ดเหลือทิ้งกับเทียบกับเพคตินทางการค้าโดยศึกษาปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า และปริมาณเมทอกซิล การวิเคราะห์เมทอกซิลประยุกต์ใช้วิธีการของ Singthong *et al.* (2004) โดยมีวิธีการดังนี้

- ชั่งเพคตินผงใส่ขวดรูปชมพูขนาด 250 mL 3 ขวด ขวดละ 0.5 กรัม
- เติมเอทานอลลงในขวดรูปชมพู่ ขวดละ 2 mL
- ละลายด้วยน้ำที่ปราศจากคาร์บอนไดออกไซด์ ขวดละ 100 mL
- เขย่าให้เข้ากัน หยดฟีนอล์ฟทาลีน ขวดละ 5 หยด
- นำไปไทเทรตด้วย 0.5 M NaOH แล้วบันทึกปริมาตรที่ 1
- เติม 0.5 M NaOH ลงไป 10 mL แล้วเขย่าแรง ๆ ทิ้งไว้ 15 นาที
- เติม 0.5 M HCl ปริมาตร 10 mL แล้วเขย่าจนสีชมพูหายไป
- เติมฟีนอล์ฟทาลีน 5 หยด
- ไทเทรตด้วย 0.5 M NaOH บันทึกปริมาตรที่ 2
- คำนวณหาค่า degree of esterification (%DE) จากสูตร

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

- เปรียบค่า %DE กับ ปริมาณเมทอกซิลในเพคติน

3. การศึกษาวิธีการใช้ประโยชน์จากสารสกัดลิโมนินและเพคตินจากเปลือกส้มจี๊ด

3.1 การศึกษาการผลิตสเปรย์น้ำไล่ยุง

การศึกษาการผลิตสเปรย์น้ำไล่ยุงจากน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มจี๊ด ซึ่งมีลิโมนีนและสารประกอบเทอร์พีนอื่น ๆ เป็นองค์ประกอบ ในการทดสอบประสิทธิภาพการไล่ยุงจะทดสอบเทียบกับลิโมนีนทางการค้า โดยมีวิธีการดังนี้

1. การทำให้น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มจี๊ดละลายน้ำ โดยนำ น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มจี๊ด 10 mL เอทิลแอลกอฮอล์ 60 mL และน้ำกลั่น 40 mL ค่อย ๆ ผสมให้เข้ากัน แล้วเทใส่กรวยแยก ตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง จากนั้นรินเอาส่วนน้ำ จะได้น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มจี๊ดที่สามารถละลายน้ำได้

2. นำสารละลายที่ได้จากข้อ 1 มาเจือจางด้วยน้ำ ในอัตราส่วน 7 : 3 และ 5 : 5 และไม่เจือจาง บรรจุลงในขวดพลาสติกหัวสเปรย์

3. ทดสอบประสิทธิภาพการไล่ยุง ของสเปรย์น้ำไล่ยุงจากน้ำมันหอมระเหยส้มจี๊ด และสเปรย์น้ำไล่ยุงจากลิโมนีนทางการค้า โดยส่งทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ไล่ยุงลางวันกึ่งภาคสนาม ห้องปฏิบัติการสถาบนวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

3.2 การศึกษาการผลิตโลชั่นไล่ยุง

การศึกษาการผลิตโลชั่นไล่ยุงจากน้ำมันหอมระเหยเปลือกส้มจี๊ดนั้น ได้พัฒนาจากสูตรโลชั่นบำรุงผิวของบริษัท ฮงฮวด จำกัด โดยใช้น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกจี๊ด เทียบกับการใช้น้ำมันตะไคร้หอม โดยส่ง

ทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ไล่ยุงลางวันกึ่งภาคสนาม ห้องปฏิบัติการสถาบนวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ องค์ประกอบของโลชั่นมีดังนี้

ส่วนที่ 1	Sodium polyacylate	1.2 %
	Dicapryly ether	3%
	น้ำมันมะพร้าว	4%
ส่วนที่ 2	Glycerine	4%
	Spectrastate	1%
	น้ำ	83.4 %
	Sodiumstearoyl glutamate	0.2%
ส่วนที่ 3	น้ำมันแพทชูรี	1%
	น้ำมันยูคาลิปตัส	1%
	น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มจี๊ด หรือน้ำมันตะไคร้หอม	1%

วิธีการเตรียมโลชั่นมีดังนี้

- ชั่งส่วนผสมส่วนที่ 1 ตามสูตร แล้วผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่องผสมอาหารปั่นให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้
- ชั่งส่วนผสมส่วนที่ 2 ตามสูตร แล้วผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่องผสมอาหารปั่นให้เข้ากัน
- ค่อยๆ เทผสมส่วนที่ 1 ลงผสมกับส่วนผสมส่วนที่ 2 ตีให้เข้ากัน
- เติมส่วนผสม ส่วนที่ 3 แล้วตีผสมให้เข้ากัน ประมาณ 15 นาที
- บรรจุใส่ในหลอดพลาสติก

3.3 การศึกษาการผลิตเจลน้ำหอมปรับอากาศ

3.3.1 ศึกษาการเกิดเจลของเพคติน

การศึกษาการเกิดเจลของเพคติน จะศึกษาโดยเปรียบการใช้เพคตินเป็นสารก่อเจล ที่ความเข้มข้น 3 6 9 และ 12% เทียบกับการใช้เพคตินร่วมกับ Sodium polyacylate 1% เป็นสารก่อเจล โดยวิธีการเตรียมเจลมีดังนี้

- ละลายเพคตินที่ความเข้มข้นต่าง ๆ และ Sodium polyacylate ในน้ำปูนใสร้อนอุณหภูมิประมาณ 70°C ผสมให้เข้ากัน โดยเครื่องผสมอาหารแบบมือถือ จนกระทั่งเป็นเนื้อเดียวกัน

- เทบรรจุลงในถ้วยพลาสติกแบบมีฝาปิด
- ตั้งทิ้งไว้ 48 ชั่วโมง สังเกตการณ์เกิดเจลของเพคตินแต่ละความเข้มข้น

3.3.2 การศึกษาการผลิตเจลน้ำหอมปรับอากาศ

การศึกษาการผลิตเจลน้ำหอมปรับอากาศจากเพคติน โดยใช้ความเข้มข้นของเพคตินที่เหมาะสมในการเกิดเจล และใช้น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มจี๊ดเป็นองค์ประกอบของสารให้กลิ่น โดยมีวิธีการดังนี้

1. เตรียมกลิ่นน้ำหอม 2 สูตร ดังนี้

สูตรที่ 1		สูตรที่ 2	
น้ำหอมระเหยเปลือกส้มจี๊ด	10%	น้ำหอมระเหยเปลือกส้มจี๊ด	10%
น้ำมันวนิลา	10%	น้ำมันแพทชูรี	10%
น้ำมันมะลิ	10%	น้ำมันเปปเปอร์มิ้น	10%
ethanol	70 %	น้ำมันยูคาลิปตัส	5%
		ethanol	65 %

2. เตรียมเจลน้ำหอมปรับอากาศ โดยมีส่วนดังนี้

เพคติน	3%
Sodium polyacylate	1%
ปูนใส	90%
Glycerine	4%
น้ำหอม	1%
Eumulgin HRE 40	2%

ขั้นตอนการเตรียมเจลน้ำหอมปรับอากาศมีดังนี้

- ชั่งเพคติน และ Sodium polyacylate นำมาละลายในน้ำปูนใสร้อนอุณหภูมิ 70°C
- เติม Glycerine ผสมให้เข้ากัน จนอุณหภูมิลดลงประมาณ 50°C
- นำน้ำหอมผสมกับ Eumulgin HRE 40 ให้เข้ากัน แล้วเทลงในของผสมทั้งหมด คนให้เข้าดี
- เทลงบรรจุให้ถ้วยพลาสติก ปิดฝา

3. ทดลองการเปลี่ยนแปลงระดับความแรงของกลิ่นเจลน้ำหอมปรับอากาศที่เปิดฝาทิ้งไว้ 0 5 10 และ 15 วัน โดยการทดสอบทางประสาทสัมผัสวิธี Descriptive Analysis ในอาสาสมัครจำนวน 10 คน ให้คะแนนระดับความแรงของกลิ่น 5 ระดับ ดังนี้

1 = น้อยมาก 2 = น้อย 3 = ปานกลาง 4 = มาก 5 = มากที่สุด

ระยะเวลาดำเนินการ : ตุลาคม 2554 - กันยายน 2556

สถานที่ดำเนินการ : สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

8.1 การศึกษาสารลิโมนินจากส้มจี๊ด

8.1.1 ศึกษาวิธีการสกัดสารลิโมนินจากส้มจี๊ดโดยการกลั่นด้วยน้ำ

จากการศึกษาการสกัดสารลิโมนีนจากเปลือกส้มจี๊ดโดยการกลั่นด้วยน้ำ ให้ผลการทดลองดังตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าเมื่อกลั่นด้วยน้ำ ตัวอย่างเปลือกส้มจี๊ดปั่นละเอียดจะให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยเฉลี่ยมากกว่าตัวอย่างเปลือกส้มจี๊ดไม่ปั่นโดยมีปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ได้เฉลี่ยคือ 3.4214 กรัม และ 1.3252 กรัมตามลำดับ คิดเป็นปริมาณน้ำมันหอมระเหย 0.49 และ 0.19 % โดยน้ำหนักสด แต่เปลือกส้มจี๊ดปั่นละเอียดจะใช้เวลาในการกลั่นโดยเฉลี่ยมากกว่าเปลือกส้มจี๊ดไม่ปั่นคือ 6 ชั่วโมง และ 2 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากการปั่นให้เปลือกส้มจี๊ดเป็นชิ้นละเอียด จะทำให้น้ำมันหอมระเหยแตกออกจากเซลเนื้อเยื่อของเปลือกส้มจี๊ด และช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสกับน้ำได้มากขึ้น จึงทำให้สามารถสกัดน้ำมันหอมระเหยออกได้มากกว่า น้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้มีลักษณะเป็นของเหลวใสสีเหลืองจาง มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว

ตารางที่ 1 ปริมาณน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มจี๊ดที่กลั่นด้วยน้ำเปรียบเทียบการใช้เปลือกส้มจี๊ดปั่นละเอียดและไม่ปั่น

ครั้งที่	น้ำหนักน้ำมันหอมระเหยที่ได้ (g)	
	เปลือกส้มจี๊ดปั่นละเอียด	เปลือกส้มจี๊ดไม่ปั่น
1	3.2123	1.5042
2	2.9364	1.1234
3	3.1253	0.9345
4	3.6874	1.2433
5	3.8123	1.4252
6	3.3364	1.2534
7	3.4347	1.6487
8	3.4325	1.7523
9	3.5643	1.2783
10	3.6724	1.0887
เฉลี่ย	1.3252	3.4214

% yield	0.19	0.49

8.1.2 การศึกษาองค์ประกอบน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มจี๊ด

การศึกษาองค์ประกอบน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มจี๊ดโดยการวิเคราะห์โดย GC-MS ซึ่งเปรียบเทียบข้อมูลพีคกับฐานข้อมูล Wiley Database และรายงานผลเฉพาะพีคที่มี % quality ของพีคมากกว่า 70 % ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 2 โครมาโตรแกรมแสดงดังภาพที่ 1 จะเห็นได้ว่าน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มจี๊ดประกอบไปด้วยสารประกอบไฮโดรคาร์บอนกลุ่ม terpene ($C_{10}H_{16}$) ได้แก่ α-pinene, β-pinene, β-mycene, dl-limonene, γ-terpinene, α-terpinolene กลุ่ม sesquiterpenes ($C_{15}H_{24}$) ได้แก่ (-)-germacrene, δ-cadinene, γ-eudesmol, β-eudesmol, α-eudesmol กลุ่ม terpine alcohol ได้แก่ linalool, β-terpineol, α-terpineol, 4-methy-1-(1-methyethyl)-3-cyclohexen-1-ol และสารประกอบแอลกอฮอล์ อัลดีไฮด์ และเอสเทอร์ ได้แก่ ethanol, octanal, nonanal, geranyl acetate ซึ่งสารประกอบทั้งหมดนี้เป็นสารประกอบที่ระเหยได้ง่ายและสามารถพบได้ในน้ำมันหอมระเหยต่าง ๆ จากโครมาโตรแกรมที่แสดงในภาพที่ 1 จะเห็นได้ว่าน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มจี๊ดนั้น มี dl-limonene ที่ retention time 8.63 นาที เป็นสารองค์ประกอบหลัก

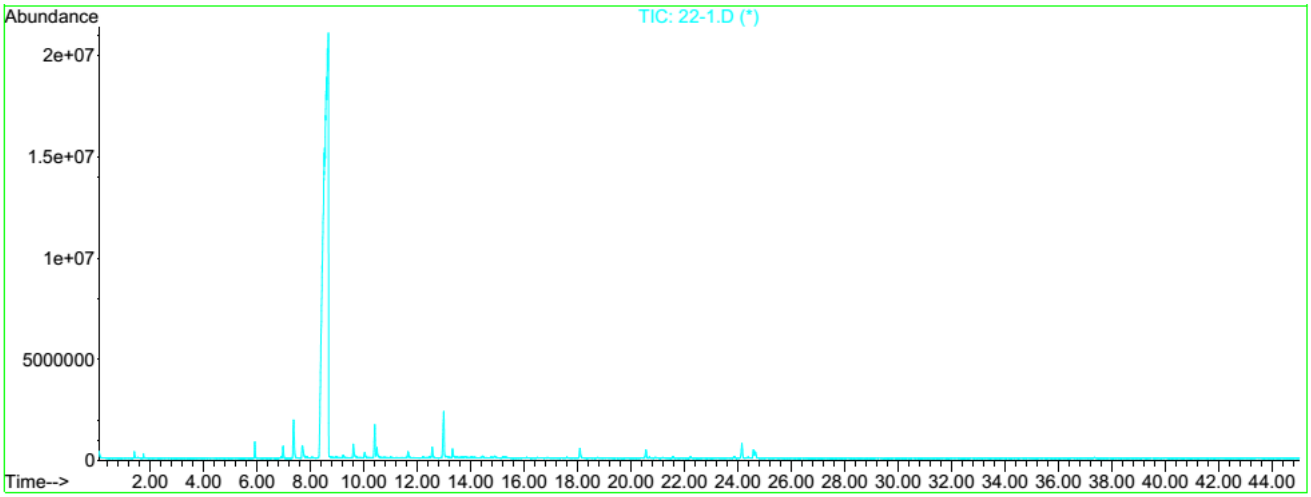
ตารางที่ 2 ข้อมูลสารประกอบจากการวิเคราะห์น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มจี๊ดโดย GC-MS เปรียบเทียบกับ Wiley database

Retention time (min.)	Chemical name*	CAS NO.	% Area	Quality**
1.40	ethanol	64-17-5	0.12	90
5.91	α-pinene	80-56-8	0.58	96
6.97	β-pinene	127-91-3	0.48	97
7.36	β-mycene	123-35-3	1.95	91
7.69	octanal	124-13-0	0.83	96
8.63	dl-limonene	138-86-3	85.75	99
9.22	γ-terpinene	99-85-4	0.12	96
10.02	α-terpinolene	586-62-9	0.23	97
10.40	linalool	78-70-6	1.35	97
10.48	nonanal	124-19-6	0.50	93
11.64	β-terpineol	138-87-4	0.34	98

12.55	4-methyl-1-(1-methylethyl)-3-cyclohexen-1-ol	562-74-3	0.52	97
12.98	α-terpineol	98-55-5	2.24	91
18.08	Geranyl acetate	105-87-3	0.48	91
20.55	(-)-germacrene	23986-74-5	0.40	98
21.56	δ-cadinene	483-76-1	0.08	97
24.14	γ-eudesmol	1209-71-8	0.74	95
24.57	β-eudesmol	473-15-4	0.37	90
24.64	α- eudesmol	473-16-5	0.41	99

*Chemmical name ได้จากการเปรียบเทียบพีคกับฐานข้อมูล Wiley database

**รายงานผลเฉพาะพีคที่มี %quality ของพีคมากกว่า 70%



ภาพที่ 1 โครมาโทรแกรมน้ำมันหอมจากเปลือกส้มจี๊ดโดย GC-MS

8.2 การศึกษาการสกัดเพคตินจากกากเปลือกส้มจี๊ดเหลือทิ้ง

การสกัดเพคตินจากกากเปลือกส้มจี๊ด โดยการต้มกับการสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.3 M แล้วตกตะกอนเพคตินด้วย 95% เอธานอล จะได้เพคตินที่มีลักษณะเป็นตะกอนเจลสีเหลืองอ่อนดังแสดงในภาพที่ 2 เมื่อนำตะกอนที่ได้ไปอบแห้งด้วยตู้อบแห้งแบบลมร้อนตู้อบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง จะได้ผงเพคตินที่มีเข้มขึ้นจากเพคตินก่อนอบ ดังแสดงในภาพที่ 3

ภาพที่ 2 เพคตินที่สกัดได้จากกากส้มจี๊ดก่อนอบแห้งที่อุณหภูมิ 50°C

ภาพที่ 3 เพคตินที่สกัดได้จากกากส้มจี๊ดหลังอบแห้งที่อุณหภูมิ 50°C

8.2.1 ศึกษาผลของการล้างสีและน้ำตาลออกจากกากส้มจี๊ด

การศึกษาผลการล้างสีและน้ำตาลออกจากกากเปลือกส้มจี๊ด 3 กรรมวิธี คือ ไม่ล้าง ล้างด้วยเอทานอล 85% และน้ำ ก่อนนำมาสกัดเพคตินนั้น น้ำหนักและค่าสีของเพคตินที่ได้แสดงดังตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่าการล้างกากเปลือกจี๊ดด้วยน้ำก่อนนำมาสกัดนั้น จะทำให้น้ำหนักของเพคตินที่ได้น้อยเนื่องจากเพคตินเป็นสารที่สามารถละลายได้ในน้ำ การล้างกากเปลือกส้มจัดหลายครั้งก่อนนำมาสกัดอาจทำให้เพคตินถูกน้ำล้างออกไปจึงทำให้เพคตินในปริมาณต่ำมาก เมื่อพิจารณาจากค่าความสว่าง (L) จะเห็นได้ว่า การล้างกากเปลือกส้มจี๊ดด้วยเอทานอลก่อนนำไปสกัดเพคตินจะให้เพคตินที่มีความสว่างมากกว่ากากเปลือกส้มจี๊ดที่ไม่ได้ล้าง

ตารางที่ 3 น้ำหนักเพคติน และค่าสีของเพคตินที่ได้จากการล้างสีและน้ำตาลจากกากเปลือกส้มจี๊ดก่อนนำมาสกัดเพคติน

การล้างสี	นน.เพคติน (g)	L	a	b
ไม่ล้าง	7.5014	52.80	4.66	9.22
85% EtOH	3.0963	62.91	5.00	11.79
น้ำ	0.3120	49.90	4.06	7.87

8.2.2 การศึกษาผลการล้างตะกอนต่อสีของเพคตินที่สกัดได้

การศึกษาการล้างตะกอนต่อสีของเพคตินที่สกัดได้ โดยศึกษาจำนวนครั้งในการล้างตะกอนด้วยเอทานอล 200 mL จำนวน 3 6 9 12 และ 15 ครั้ง แล้วล้างตะกอนด้วยอะซิโตน 100 mL 1 ครั้ง อบที่อุณหภูมิ 50°C น้ำหนักและค่าสีของเพคตินที่ได้แสดงในตารางที่ 4 จะเห็นได้ว่า เมื่อล้างตะกอนเพคตินที่ได้ด้วยเอทานอล 200 mL หลาย ๆ ครั้ง จะทำให้ตะกอนเพคตินที่ได้มีค่าความสว่างมากขึ้น แต่น้ำหนักของเพคตินที่ได้ต่ำลง เนื่องจากสารปนเปื้อนที่อาจทำให้เพคตินที่ได้มีสีน้ำตาลเข้มนั้นถูกกำจัดชะล้างออกได้

ดังนั้นการสกัดเพคตินจากกากเปลือกส้มจี๊ดโดยการต้มกับการสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.3 M แล้วตกตะกอนเพคตินด้วย 95% เอธานอล ซึ่งการล้างกากเปลือกส้มจี๊ดด้วยเอทานอลก่อนการสกัดและล้างตะกอนเพคตินที่ได้ด้วยเอทานอลหลาย ๆ ครั้ง จะช่วยทำให้เพคตินมีความบริสุทธิ์มากขึ้นทำให้ได้เพคตินที่มีสีอ่อนลง

ตารางที่ 4 ผลจำนวนครั้งในการล้างตะกอนเพคตินต่อน้ำหนักเพคตินและค่าสี

จำนวนครั้ง	นน.เพคติน (g)	L	a	b
3	2.9349	53.51	5.57	12.17
6	4.3720	55.59	5.14	12.73
9	6.1389	57.43	5.24	11.72
12	1.4509	72.33	3.77	11.98
15	1.7510	70.46	4.05	12.28

8.2.3 ศึกษาปริมาณและตรวจสอบคุณสมบัติของเพคตินที่สกัดจากกากส้มจี๊ดเหลือทิ้งกับเทียบกับเพคตินทางการค้า

การศึกษาคุณสมบัติของเพคตินเพคตินที่สกัดจากกากส้มจี๊ดเหลือทิ้งกับเทียบกับเพคตินทางการค้า โดยศึกษาปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า และปริมาณเมทอกซิล แสดงผลการทดลองในตารางที่ 5 จะเห็นได้ว่าเพคตินจากเปลือกส้มจี๊ดมีความชื้นสูงกว่าเพคตินทางการค้าคือ 15.82 % และ 10.07 % ตามลำดับ ปริมาณเถ้าของเพคตินจากเปลือกส้มจี๊ดใกล้เคียงกับเพคตินทางการค้า คือ 2.40 % และ 2.22 % ตามลำดับ สำหรับปริมาณเมทอกซิลเป็นปริมาณการเกิดเอสเทอริไฟด์ที่หมู่คาร์บอกซิล (-COOH)โดยเกิดจากหมู่เมทิล ($-CH_3$) ในโครงสร้างของเพคติน โดยตำแหน่งของหมู่คาร์บอกซิลที่เกิดเอสเทอริไฟดจะกลายเป็น $-COOCH_3$ ปริมาณเมทอกซิลยังเป็นปริมาณที่ใช้จัดจำแนกชนิดของเพคตินออกเป็น 2 ประเภทคือ

- High methoxyl pectins (HMP) เป็นเพคตินที่มีปริมาณเมทอกซิลตั้งแต่ 8.16 % ขึ้นไป เพคตินชนิดนี้สามารถเกิดเจลได้ในสภาวะที่มีน้ำตาลและกรดในปริมาณที่เหมาะสม โดยใช้น้ำตาลในการเกิดเจลประมาณ 60 – 65 %

- Low methoxyl pectins (LMP) เป็นเพคตินที่มีปริมาณเมทอกซิลน้อยกว่า 8.16 % เพคตินชนิดนี้เกิดเจลได้เมื่อมีไอออนของโลหะอยู่ด้วย เช่น แคลเซียมไอออน แมกนีเซียมไอออน

เพคตินแต่ละชนิดจะมีหมู่คาร์บอกซิล (carboxyl) ของกรดกาแลคทูโรนิกที่ถูกเอสเทอริไฟด์ (esterified) ด้วยหมู่เมทิลได้ต่างกัน อัตราส่วนของหมู่เมทิลที่ถูกเอสเทอริไฟด์จะแสดงในรูปของระดับการเกิดเอสเทอริฟิเคชัน (degree of esterification) หรือเรียกย่อ ๆ ว่า ค่า DE ซึ่งจะเป็นเปอร์เซ็นต์ของกรดกาแลคทูโรนิกที่ถูกเอาเทอร์ไฟด์ต่อจำนวนกรดกาแลคทูโรนิก ค่า DE เป็นสมบัติเฉพาะของเพคติน มีผลต่อการเกิดเจลและการละลายน้ำของเพคติน (Yapo, 2009)

จากการศึกษาปริมาณเมทอกซิลของเพคตินจากเปลือกส้มจี๊ดเทียบกับเพคตินทางการค้า มีปริมาณเมทอกซิลเฉลี่ย 5.58 % และ 7.59 % ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณต่ำกว่า 8.16 % จึงจัดอยู่ในกลุ่ม low methoxyl pectins ทั้งสองชนิด

ตารางที่ 5 คุณสมบัติของเพคตินทางการค้าและเพคตินจากเปลือกส้มจี๊ด

คุณสมบัติ	เพคตินทางการค้า	เพคตินจากเปลือกส้มจี๊ด
% ความชื้น	10.07	15.82
% เถ้า	2.22	2.40
% DE	46.50	34.20
% methoxyl	7.59	5.58

8.3 การศึกษาวิธีการใช้ประโยชน์จากสารสกัดลิโมนินและเพคตินจากเปลือกส้มจี๊ด

8.3.1 การศึกษาการผลิตสเปรย์น้ำไล่ยุง

ผลการจากการศึกษาการผลิตสเปรย์น้ำไล่ยุงจากน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มจี๊ด เทียบกับสารลิโมนีน โดยนำส่วนน้ำมัน 10 mL เอทิลแอลกอฮอล์ 60 mL และน้ำกลั่น 40 mL ค่อย ๆ ผสมให้เข้ากัน แล้วเทใส่กรวยแยก ตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง จากนั้นรินเอาส่วนน้ำ บรรจุขวดพลาสติกหัวสเปรย์ ทดสอบประสิทธิภาพ

ของผลิตภัณฑ์ป้องกันยุงต่อยุงกลางวัน ด้วยเทคนิค repellent testing โดยส่งทดสอบที่ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ แสดงดังตารางที่ 6 พบว่าผลิตภัณฑ์ข้างต้นไม่สามารถป้องกันยุงได้ต่อเนื่องถึง 3 ชั่วโมง เนื่องจากผลิตภัณฑ์ระเหยเร็วไม่ติดอยู่ที่ผิวทั้งนี้เนื่องจากน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มจี๊ด มีองค์ประกอบเป็นลิโมนีน และสารกลุ่มเทอร์พีนชนิดต่าง ๆ ซึ่งเป็นสารที่ระเหยได้ง่าย ทำให้กลิ่นของสเปรย์น้ำไม่สามารถติดอยู่ที่ผิวหนังได้นาน

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของสเปรน้ำน้ำไล่ยุงต่อยุงกลางวันโดยสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

ตัวอย่าง	ผลการทดสอบ
สเปรย์น้ำไล่ยุงจากน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มจี๊ด	ไม่ผ่าน
สเปรย์น้ำไล่ยุงจากลิโมนีน	ไม่ผ่าน

8.3.2 การศึกษาการผลิตโลชั่นไล่ยุง

การศึกษาการผลิตโลชั่นไล่ยุงจากน้ำมันหอมระเหยเปลือกส้มจี๊ดนั้น โดยพัฒนาจากสูตรโลชั่นบำรุงผิวของบริษัท ฮงฮวด จำกัด โดยใช้น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกจี๊ดเทียบกับการใช้น้ำมันตะไคร้หอม ทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ไล่ยุงกลางวันกึ่งภาคสนาม ห้องปฏิบัติการสถาบนวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 7 จะเห็นได้ว่าโลชั่นไล่ยุงจากน้ำมันหอมระเหยเปลือกส้มจี๊ดมีประสิทธิภาพการไล่ยุงเช่นเดียวกับโลชั่นไล่ยุงจากน้ำมันตะไคร้หอมสามารถผ่านการทดลองสอบประสิทธิภาพการของผลิตภัณฑ์ไล่ยุงกลางวันกึ่งภาคสนาม ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากส่วนผสมของโลชั่นนอกจากจะมีน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มจี๊ดเป็นองค์ประกอบแล้วยังมีส่วนผสมของน้ำมันที่ช่วยยึดให้กลิ่นของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มจี๊ดได้ นอกจากนี้น้ำมันหอมระเหยชนิดอื่น ๆ เช่น น้ำมันแพทชูรี และน้ำมันยูคาลิปตัส ก็เป็นน้ำมันหอมระเหยที่มีประสิทธิภาพไล่ยุงเช่นกัน (Trongtokit *et al*., 2005)

ตารางที่ 7 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของโลชั่นไล่ยุงต่อยุงกลางวันโดยสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

ตัวอย่าง	ผลการทดสอบ
โลชั่นผสมน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มจี๊ด	ผ่าน
โลชั่นผสมน้ำมันตะไคร้หอม	ผ่าน

8.3.3 การศึกษาการผลิตเจลน้ำหอมปรับอากาศ

8.3.3.1 ศึกษาการเกิดเจลของเพคติน

การศึกษาการเกิดเจลของเพคติน จะศึกษาโดยเปรียบการใช้เพคตินเป็นสารก่อเจล ที่ความเข้มข้น 3 6 9 และ 12% เทียบกับการใช้เพคตินร่วมกับ Sodium polyacylate 1% เป็นสารก่อเจล ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 8 จะเห็นได้ว่าการใช้เพคตินที่ความเข้นข้น 3 6 9 และ 12% จะได้สารละลายลายที่มีลักษณะเป็นของเหลวข้นเหนียว ไม่เกิดเป็นเจล ทั้งนี้เนื่องมาจากการเกิดเจลของเพคตินนั้นจะต้องรวมตัวกับน้ำตาลและกรดในปริมาณที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดเป็นเจลที่อ่อนนุ่มนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ แยม เยลลี่ (Ptitchkina *et al*., 1994) โดยทั่วไปเพคตินจะใช้เป็นสารที่ทำให้ข้นหนืด กรณีที่นำเพคตินมารวมกับ sodium polyacylate ซึ่งเป็นสารก่อเจลทำให้เนื้อของเจลนั้นมีความแข็งมากขึ้น ซึ่งการใช้เพคติน 3% ก็สามารถทำให้เจลมีความแข็งพอสมควรในการนำมาผลิตเจลน้ำหอมได้

ตารางที่ 8 ลักษณะของสารละลายเพคตินความเข้มข้นต่าง ๆ เปรียบเทียบกับการใช้เพคตินร่วมกับ 1% sodium polyacylate ในละลายน้ำปูนใส

ความเข้มข้น	ลักษณะของสารละลาย	
(%)	เพคติน	เพคตินร่วมกับ 1% sodium polyacylate
3	เป็นของเหลวข้นเหนียว	เป็นเจล
6	เป็นของเหลวข้นเหนียว	เป็นเจล
9	เป็นของเหลวข้นเหนียว	เป็นเจล
12	เป็นของเหลวข้นเหนียว	เป็นเจล

3.3.2 การศึกษาการผลิตเจลน้ำหอมปรับอากาศ

การศึกษาการผลิตเจลน้ำหอมปรับอากาศจากเพคติน โดยใช้เพคติน 3% ร่วมกับ1% sodium polyacylate เป็นสารก่อเจล และใช้น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มจี๊ดเป็นองค์ประกอบของสารให้กลิ่น ทั้งสองกลิ่นนั้น ผลทดลองการเปลี่ยนแปลงระดับความแรงของกลิ่นเจลน้ำหอมปรับอากาศที่เปิดฝาทิ้งไว้0 5 10 และ 15 วัน โดยการทดสอบทางประสาทสัมผัสวิธี Descriptive Analysis แสดงดังตารางที่ 9 จะเห็นได้ว่าการยอมรับทางประสาทสัมผัสในระดับความแรงของกลิ่นเจลน้ำหอมปรับอากาศทั้งสองสูตรที่เปิดฝาทิ้งไว้จะลดลงเมื่อเวลามากขึ้นโดยจะลดลงถึงระดับปานกลางหลังจากเปิดฝาทิ้งไว้ 10 วัน และระดับความแรงของกลิ่นน้อยหลังจากเปิดฝาทิ้งไว้ 15 วัน สามารถเทียบได้กับเจลน้ำหอมปรับอากาศในท้องตลาดทั่วไปซึ่งมีอายุการใช้งานประมาณ 15 -20 วัน

ตารางที่ 9 คะแนนระดับความแรงของกลิ่นเจลน้ำหอมปรับอากาศทั้งสองกลิ่น เปรียบเทียบระหว่างปิดฝาและเปิดฝาทิ้งไว้

จำนวนวัน	คะแนนระดับความแรง			
	สูตร 1 เปิดฝา	สูตร 1 ปิดฝา	สูตร 2 เปิดฝา	สูตร 2 ปิดฝา
0	4.80	4.80	4.80	4.80
5	4.10	4.80	4.00	4.80
10	2.90	4.70	3.00	4.80
15	2.10	4.80	1.90	4.80

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

- การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มจี๊ดโดยการกลั่นด้วยน้ำ การปั่นเปลือกส้มให้ละเอียดจะทำให้ได้น้ำมันหอมระเหยในปริมาณมากกว่าการกลั่นโดยไม่ปั่นเปลือกส้มจี๊ด น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มจี๊ดมี dl-limonene เป็นองค์ประกอบหลัก และสารเทอร์พีนต่าง ๆ เป็นองค์ประกอบย่อย

- การสกัดเพคตินจากกากเปลือกส้มจี๊ด สามารถสกัดได้โดยการต้มกับการสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.3 M แล้วตกตะกอนเพคตินด้วย 95% เอธานอล การล้างกากเปลือกส้มจี๊ดด้วยเอทานอลก่อนการสกัดและล้างตะกอนเพคตินที่ได้ด้วยเอทานอลหลาย ๆ ครั้ง จะช่วยทำให้เพคตินมีความบริสุทธิ์มากขึ้นทำให้ได้เพคตินที่มีสีอ่อนลง โดยเพคตินจากเปลือกส้มจี๊ดที่ได้มีปริมาณเมทอกซิลเฉลี่ย 5.58 % โดยจัดอยู่ในกลุ่ม low methoxyl pectins

- การใช้ประโยชน์จากน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มจี๊ดโดยนำมาพัฒนาเป็นสเปรย์น้ำไล่ยุงนั้น ไม่ผ่านการทดสอบประสิธิ์ภาพของผลิตภัณฑ์ป้องกันยุง เนื่องจากไม่สามารถติดที่ผิวได้นานกว่า 3 ชั่วโมงได้ จึงควรพัฒนาปรับปรุงสูตรของสเปรย์ไล่ยุงใหม่เพื่อให้มีการกักเก็บน้ำมันหอมระเหยให้ได้นานขึ้น เช่นการใช้เทคนิค encapsulation มาประยุกต์ด้วย หรือเพิ่มสารที่สามารถดูดซับสารองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยไว้ได้ เช่น zeolites silica แต่สำหรับการพัฒนาการใช้ประโยชน์น้ำมันหอมระเหยจากส้มจี๊ดเป็นโลชั่นไล่ยุงสามารถผ่านการทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ป้องกันยุงได้ เนื่องจากเติมน้ำมันหอมระเหยชนิดอื่น ๆ ด้วย อีกทั้งการอยู่ในสารที่มีลักษณะเป็นอิมัลชั่นจะช่วยลดการระเหยของน้ำมันหอมระเหยได้ดีกว่าน้ำ

- การใช้ประโยชน์จากเพคตินจากเปลือกส้มจี๊ดโดยนำมาพัฒนาเป็นสารก่อเจลในเจลน้ำหอมปรับอากาศ สามารถใช้เพคติน 3% ร่วมกับ sodium polyacrylate 1% ในน้ำปูนใส และประยุกต์ใช้น้ำมันหอม

ระเหยจากเปลือกส้มจี๊ดร่วมกับน้ำมันหอมระเหยชนิดอื่น ๆ เป็นน้ำหอม จะได้เจลน้ำหอมปรับอากาศที่มีมีระดับความแรงของกลิ่นในระดับที่ยอมรับได้นาน 10 วัน

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ผลจากการทดลองนี้จะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการสกัดน้ำมันหอมระเหยและเพคตินจากเปลือกส้ม ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นองค์ประกอบในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ อีกทั้งยังเป็นแนวทางในการพัฒนาปรับปรุงผลิตภัณฑ์โดยการใช้วัสดุเหลือใช้ให้เป็นประโยชน์ และเป็นเพิ่มมูลค่าผลิตผลทางการเกษตรที่มีปัญหาล้นตลาดอีกด้วย

11. คำขอบคุณ (ถ้ามี)

-

12. เอกสารอ้างอิง

สายรุ้ง ละแสนมูล. 2544. การวิเคราะห์เปรียบปริมาณเพกตินในชุมพู่พันธุ์ทูลเหล้า ฝรั่งพันธุ์กลมสาลี่ มะขามหวานพันธุ์สีทอง มะละกอพันธ์แขกดำ องุ่นพันธุ์ไวท์มาลากา. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, ฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.

วาสนา อ่อนหวาน. 2534. การศึกษาจนศาสตร์ในการสกัดเพกตินจากเปลือกเสาวรส .วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, วิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

น้องนุช เจริญกุล ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ ดุษฎี อุตภาพ. 2545. การผลิตเจลน้ำหอมปรับอากาศโดยใช้สารหอมที่ผลิตได้จากใบเตย. วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ. 25(2), 185-201.

ชวนิฏฐ์ สิทธิดิลกรัตน์ พิลาณี ไวถนอมสัตย์ จิราพร เชื้อกูล และ ปริศนา สิริอาชา. 2547. การผลิตเพคตินจากเปลือกและกากผลส้มเหลือทิ้ง. ใน การประชุมวิชาการครั้งที่ 2 ในวันครบรอบวันสถาปนาสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตรปีที่ 12 กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จีราภรณ์ สังข์ผุด และ ฉัตรชัย สังข์ผุด. 2552. ปริมาณและคุณสมบัติของเพคตินจากเปลือกส้มโอพันธุ์ขาวพวง. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยราชภัฏ ครั้งที่ 1 เรื่องการวิจัยท้องถิ่นเพื่อแผ่นดินไทย. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

Beatty, J.H. 1986. Limonene a natural insecticide. Journal of Chemical Education. 63 : 768-769.

Hebeish, A., Fouda, M. M. G., Hamdy, L. A., EL-Sawy, S. M. and Abdel-Mohdy, F. A. 2008. Preparation of durable insect repellent cotton fabric: Limonene as insecticide. Carbohydrate Polymer. 74(2) : 268-273.

http://honghuatshop.blogspot.com/2010/10/diy-skin-lotion-cream.html เข้าถึงเมื่อ 16 ธันวาคม 2556.

Hosni, K., Zahed, N., Chrif, R., Abid, I., Medfei, W., Kallel, M., Brahim, N. B., and Sebei, H. 2010. Composition of peel essential oils from four selected Tunisian Citrus species: Evidence for the genotypic influence, *Food Chemistry 123*, 1098-1104.

Ptitchkina, N. M., Danilova, I. A., Doxastakis, G., Kasapis, S., and Morris, E. R. 1994. Pumpkin pectin: gel formation at unusually low concentration, Carbohydrate Polymers 23, 265-273.

Tao, N.-g., Liu, Y.-j., and Zhang, M.-l. 2009. Chemical composition and antimicrobial activities of essential oil from the peel of bingtang sweet orange (Citrus sinensis Osbeck), *International Journal of Food Science & Technology* 44, 1281-1285.

Trongtokit, Y., Rongsriyam, Y., Komalamisra, N., and Apiwathnasorn, C. 2005. Comparative repellency of 38 essential oils against mosquito bites, Phytotherapy Research 19, 303-309.

Wilkins, Jr., J. S. 1999. Limonene Pesticides. U.S. Pat. 5,951,992. Sep. 14, 1999.