



รายงานโครงการวิจัย

วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตส้มจี๊ด (*Citrus mitis* Blanco.)  
ในเขตพื้นที่ภาคตะวันออก

Research and Development on Commercial  
Calamondin (*Citrus mitis* Blanco.) Production in  
the Eastern Region

นางสาวหฤทัย แก่นลา  
Ms. Haruthai Kaenla

ปี พ.ศ. 2558



รายงานโครงการวิจัย

วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตส้มจี๊ด (*Citrus mitis* Blanco.)

ในเขตพื้นที่ภาคตะวันออก

Research and Development on Commercial Calamondin

(*Citrus mitis* Blanco.) Production in

the Eastern Region

นางสาวหฤทัย แก่นลา

Ms. Haruthai Kaenla

ปี พ.ศ. 2558

## คำปรารภ

โครงการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตส้มจี๊ด (*Citrus mitis* Blanco.) ในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นโครงการที่ดำเนินการภายใต้ชุดโครงการวิจัยวิจัยและพัฒนาพืชเศรษฐกิจเฉพาะพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประกอบด้วย 2 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตส้มจี๊ดที่เหมาะสมในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มี 4 การทดลองย่อย ระยะเวลาการดำเนินงาน ปีงบประมาณ 2555-2558 การทดลองที่ 2 การศึกษากรรมวิธีการแปรรูปและใช้ประโยชน์จากส้มจี๊ด 2 การทดลองย่อย ระยะเวลาการดำเนินงานปีงบประมาณ 2555-2557 มีวัตถุประสงค์ของโครงการ เพื่อวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตส้มจี๊ดที่เหมาะสมในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ การแปรรูปส้มจี๊ดเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ และเพื่อพัฒนาสัคตลิโมนีนและเพคตินจากส้มจี๊ด และพัฒนาการใช้ประโยชน์น้ำมันหอมระเหยจากส้มจี๊ด และกากเหลือทิ้งของส้มจี๊ดจากการแปรรูปอื่น สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 จึงได้ทำการศึกษาเทคโนโลยีเพื่อพัฒนาศักยภาพการผลิตส้มจี๊ดในพื้นที่ เทคโนโลยีในการแปรรูปส้มจี๊ดให้กับเกษตรกรและผู้ประกอบการในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เพื่อเป็นการเพิ่มทางเลือกการผลิตให้กับเกษตรกรต่อไป

ทฤทัย แก่นลา

หัวหน้าโครงการวิจัย

## สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	1
ผู้วิจัย	2
บทนำ	3
บทคัดย่อ	5
ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)	9
ผลการวิจัย (Results) และอภิปรายผล (Discussion)	18
บทสรุปและข้อเสนอแนะ	51
บรรณานุกรม	53

## กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินงานโครงการวิจัยและพัฒนาการผลิตส้มจี๊ด (*Citrus mitis* Blanco.) ในพื้นที่ภาคตะวันออก ในครั้งนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ เพราะการให้ความร่วมมือจากหน่วยงาน เช่น ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรจันทบุรี กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตรและมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออกวิทยาเขตจันทบุรี ดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงขอขอบพระคุณอย่างยิ่ง ที่หน่วยงานทุกท่านให้ความร่วมมือ จึงทำให้ผลงานวิจัยสามารถสำเร็จลุล่วงด้วยดี

## ผู้วิจัย

นางสาวหฤทัย แก่นลา	สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6
Ms.Haruthai Kaenla	Office of Agricultural Research and Development Region 6
นางสาวกมลภัทร ศิริพงษ์	ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรจันทบุรี
Ms.Kamonpat Siripong	Chanthaburi Agricultural Research and Development Center
นางสาวสุชาดา ศรีบุญเรือง	ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรจันทบุรี
Ms.Suchada Sriboonrueng	Chanthaburi Agricultural Research and Development Center
นางจรีรัตน์ มีพีชน์	สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6
Mrs.Jareerat Meephut	Office of Agricultural Research and Development Region 6
นางสาวสาลี ชินสถิต	สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6
Ms. Sali Chinsathit	Office of Agricultural Research and Development Region 6
นายชูชาติ วัฒนวรรณ	สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6
Mr.Chuchat Watanawan	Office of Agricultural Research and Development Region 6
นางสาววิมลวรรณ วัฒนวิจิตร	กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร
Ms.Wimomwan Wattanawichit	Posharvested and Processing Research and Development Division
นายประยูร เอ็นมาก	กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร
Mr.Prayoon Enmak	Posharvested and Processing Research and Development Division
นางสาวศิริพร เต็งรัง	กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร
Ms.Siriporn Tengrang	Posharvested and Processing Research and Development Division
นายโกเมศ สัตยาวุธ	กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร
Mr.Komate Satayawut	Posharvested and Processing Research and Development Division
นางสาวบุณฑริกา สุมะนา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี
Ms.Boontharika Sumana	Rajamangala University of Technology Tawan-ok Chanthaburi Campus
นางสาววรัญญา โนนม่วง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี
Ms.Waranya Nonmuang	Rajamangala University of Technology Tawan-ok Chanthaburi Campus
นางสุกร พงษ์สำราญ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี

Mrs.Suporn Pongsumran

Rajamangala University of Technology Tawan-ok  
Chanthaburi Campus

นางสาววรรณศิริ หิรัญเกิด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี

Ms.Wansiri Hirunkerd

Rajamangala University of Technology Tawan-ok  
Chanthaburi Campus

## บทนำ

ส้มจี๊ด (Calamondin) เป็นส้มขนาดเล็ก รสเปรี้ยวจัด มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Citrus mitis* Blanco. โดยทั่วไปมักรู้จักส้มจี๊ดในแง่ของไม้ประดับกระถาง แต่สำหรับในเขตภาคตะวันออก โดยเฉพาะจังหวัดจันทบุรี ระยอง และตราด ซึ่งมีการปลูกส้มจี๊ดมาช้านานโดยชาวสวนเรียกส้มจี๊ดว่า ส้มมะปืด รูปแบบการปลูกส่วนใหญ่เพื่อใช้บริโภคในครัวเรือน ถ้าเหลือจากการบริโภคจึงจะมีการจำหน่ายในท้องถิ่น สำหรับรูปแบบการบริโภคนั้นจะใช้ปรุงรสแทนมะนาว รวมทั้งยังมีการนำมาแปรรูปเป็นส้มจี๊ดดอง น้ำส้มจี๊ดคั้น เป็นต้น

แม้ส้มจี๊ดในประเทศไทยจะเป็นที่รู้จักและใช้ประโยชน์ในวงแคบแต่ในต่างประเทศ เช่น ประเทศฟิลิปปินส์ มีการปลูกส้มจี๊ดแทนการปลูกมะนาวที่มีปัญหาโรคแมลงศัตรูพืชมากกว่า ส้มจี๊ดจึงถูกจัดเป็นไม้ผลเศรษฐกิจหลักที่สำคัญของฟิลิปปินส์ โดยจากรายงานขององค์กร PHILDHERRA ประเทศฟิลิปปินส์ พบว่าในปี 2549 มีพื้นที่ปลูกส้มจี๊ดประมาณ 128,000 ไร่ ผลผลิต ประมาณ 196,595 ตัน ผลผลิตเฉลี่ยประมาณ 1,600 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งนอกจากจะมีการบริโภคภายในประเทศแล้วยังเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญด้วย ตลาดส่งออกที่สำคัญได้แก่ สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น แคนาดา ฮองกง ไต้หวัน และเนเธอร์แลนด์ ส้มจี๊ดมีการนำมาใช้ประโยชน์แทนมะนาวทั้งในรูปของน้ำผลไม้คั้นสด น้ำส้มจี๊ดเข้มข้น ไซรัป ผงส้มจี๊ด แยมส้มจี๊ด ใช้เป็นเครื่องปรุงรสในอาหารคาวและอาหารหวานมากมายหลายชนิด ส้มจี๊ดนอกจากจะอุดมไปด้วยฟอสฟอรัส เหล็ก และแคลเซียมแล้ว ยังถือเป็นแหล่งวิตามินซีที่สำคัญโดยมีวิตามินซีสูงกว่ามะนาวประมาณ 10% (สุรพงษ์, 2538) ส้มจี๊ดถูกใช้ประโยชน์อื่นนอกเหนือจากการบริโภค ได้แก่ใช้ในการจัดรังแคแก้คันศีรษะ กระตุ้นการงอกของผม ป้องกันโรคระบบทางเดินหายใจ ช่วยกระตุ้นการไหลเวียนของเลือด ช่วยให้ระบบการย่อยอาหารทำงานปกติ บรรเทาอาการจากแมลงกัดต่อย บรรเทาอาการไอขับเสมหะ ใช้รักษาสิว ลบเลือนริ้วรอย เป็นต้น (Calamondin-The Most Versatile Citrus, 2557) นอกจากนี้ประเทศอื่นๆ เช่น มาเลเซีย สิงคโปร์ และอินโดนีเซีย ต่างก็มีการใช้ส้มจี๊ดอย่างกว้างขวาง นอกเหนือจากการใช้ส้มจี๊ดบริโภคแทนมะนาวและใช้ประโยชน์ทางยา ทางเวชสำอางค์แล้ว ยังพบว่าในหลายประเทศทั้งในยุโรป และอเมริกามีการนำต้นส้มจี๊ดมาใช้เป็นไม้ประดับกระถางซึ่งมีมูลค่าการผลิตมหาศาลเช่นกัน

ปัจจุบันในประเทศไทยยังไม่มีรายงานพื้นที่ปลูกและผลผลิตของส้มจี๊ด ทั้งนี้นิยมปลูกเฉพาะในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี ระยอง ตราด เท่านั้น โดยทั่วไปมักมีการปลูกเพื่อบริโภคในครัวเรือน และมีผู้ปลูกเพื่อการค้าจำนวนน้อยราย ส้มจี๊ดเป็นพืชที่มีการทยอยออกดอกติดผลตลอดทั้งปี แต่จะมีผลผลิตออกมามากในช่วงฤดูฝน และมีปริมาณน้อยในช่วงแล้งเช่นเดียวกับมะนาว ในช่วงที่มะนาวราคาแพงส้มจี๊ดก็จะมีราคาแพงด้วย โดยในปีที่ผ่านมามีราคาสูงถึงกิโลกรัมละ 60 บาท แต่ในช่วงเวลาปกติมีราคาประมาณ 6-15 บาท/กิโลกรัม (ข้อมูลจากการสัมภาษณ์เกษตรกรในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี) การปลูกมะนาวมักพบปัญหาโรคแคงเกอร์แต่ในส้มจี๊ดไม่ค่อยพบโรคดังกล่าว จากสรรพคุณในด้านต่างๆของส้มจี๊ด ประกอบกับเป็นผลไม้ที่มีปัญหาโรคแมลงน้อย ส้มจี๊ดจึงเป็นเป็นพืชที่มีศักยภาพ น่าจะเป็นทางเลือกให้กับเกษตรกรและ



ผู้สนใจได้ แต่อย่างไรก็ตามเทคโนโลยีการผลิตส้มจี๊ดที่เกษตรกรปฏิบัตินั้น ส่วนใหญ่เป็นการปลูกฝากในแปลงไม้ผลอื่น การปฏิบัติดูแลจึงไม่มีเทคโนโลยีเฉพาะ มักได้รับการปฏิบัติดูแล เช่น ให้น้ำ ให้ปุ๋ย กำจัดศัตรูพืช ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการปฏิบัติดูแลในไม้ผลหลัก หรือในลักษณะของการปล่อยธรรมชาติไม่มีการใช้เทคโนโลยีใดๆ ผลผลิตที่ได้จึงมีปริมาณและคุณภาพต่ำ จากการวิเคราะห์ประเด็นปัญหาการผลิตส้มจี๊ดพบปัญหาที่สำคัญได้แก่ 1) ปัญหาขาดเทคโนโลยีในการปฏิบัติดูแลส้มจี๊ดในเชิงพาณิชย์ที่เหมาะสม เนื่องจากยังไม่มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการปลูกส้มจี๊ดมาก่อน ดังนั้นจึงไม่มีคำแนะนำในเรื่องต่างๆ เช่น การปลูก การดูแลรักษา การจัดการธาตุอาหาร การปฏิบัติเพื่อให้ได้ผลผลิตคุณภาพ การแปรรูป เป็นต้น การมีเทคโนโลยีที่เหมาะสมจะช่วยให้เกษตรกรสามารถเพิ่มปริมาณและคุณภาพผลผลิตได้ มีกำไรมากขึ้น 2) ปัญหาขาดเทคโนโลยีการแปรรูปและ และขาดการพัฒนาการใช้ประโยชน์จากส้มจี๊ดในรูปแบบที่เหมาะสม หากมีการพัฒนาการใช้ประโยชน์จากส้มจี๊ดที่เป็นที่ยอมรับก็จะทำให้เพิ่มมูลค่าการผลิต เป็นสินค้าสร้างรายได้ให้กับชุมชนที่ยั่งยืน

สวพ. 6 จึงเห็นความจำเป็นในการการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตส้มจี๊ด (*Citrus mitis* Blanco.) ในเขตพื้นที่ภาคตะวันออก เพื่อเป็นการพัฒนาศักยภาพการผลิตส้มจี๊ด และ เพิ่มทางเลือกให้กับเกษตรกรต่อไป

## บทคัดย่อ

การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตส้มจี๊ดในพื้นที่ภาคตะวันออก มีวัตถุประสงค์เพื่อหาเทคโนโลยีในการผลิต การแปรรูปและการนำส้มจี๊ดไปใช้ประโยชน์ให้กับเกษตรกรและผู้ประกอบการในพื้นที่ภาคตะวันออก ระหว่าง ปี 2555-2557 มี 2 การทดลอง ดังนี้ การทดลองที่ 1 วิจัยและพัฒนาการผลิตส้มจี๊ดในพื้นที่ภาคตะวันออก ประกอบด้วย 4 การทดลองย่อย คือ 1.1) ศึกษาระยะปลูกที่เหมาะสมของส้มจี๊ด โดยเปรียบเทียบระยะปลูก 4 ระยะ คือ 1.5x1.5 2x2 2.5x2.5 และ 3x3 เมตร 1.2) วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการเตรียมต้นให้พร้อมสำหรับการออกดอก 4 วิธี คือ ไม่มีการใส่ปุ๋ย, ใส่ปุ๋ยคอก อัตรา 10 กิโลกรัม/ต้น, ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 20-10-10 อัตรา 300 กรัม/ต้น และใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 300 กรัม/ต้น 1.3) วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการชักนำออกดอก 3 วิธี คือ ไม่มีการชักนำ, งดให้น้ำ และใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 12-24-12 อัตรา 300 กรัม/ต้น ร่วมกับการงดให้น้ำ 1.4) วิจัยและพัฒนาการจัดการปุ๋ยในระยะติดผลเพื่อเพิ่มผลผลิต 4 วิธี คือ ไม่มีการใส่ปุ๋ย, ใส่ปุ๋ยคอก อัตรา 10 กิโลกรัม/ต้น, ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 20-10-10 อัตรา 300 กรัม/ต้น และใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 300 กรัม/ต้น วางแผนการทดลองแบบ RCB 3 ซ้ำ ทุกการทดลอง ยกเว้นการทดลองย่อย 1.3 มี 4 ซ้ำ ผลการทดลองเมื่อเฉลี่ยทั้ง 3 ปี ด้านระยะปลูก พบว่า ส้มจี๊ดที่ใช้ระยะปลูก 3x3 เมตร มีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตมากกว่ากรรมวิธีอื่น โดยมีขนาดทรงพุ่มเฉลี่ย 134.9 เซนติเมตร ให้ผลผลิตเฉลี่ย 194.1 ผล/ต้น แต่ละผลมีน้ำหนักเฉลี่ย 19.3 กรัม และมีผลผลิต/ไร่ต่ำที่สุดเฉลี่ย 698.5 กิโลกรัม เนื่องจากมีจำนวนต้น/ไร่ต่ำกว่ากรรมวิธีอื่น แต่มีต้นทุนการผลิตต่ำที่สุด 12,817 บาท/ไร่ ขณะที่ระยะปลูก 1.5x1.5 เมตร ให้ผลผลิต/ไร่มากที่สุดเฉลี่ย 1,515.4 กิโลกรัม แต่มีต้นทุนการผลิตสูงสุด 32,210 บาท/ไร่ ผลการทดลองด้านการเตรียมต้นให้พร้อมออกดอก พบว่า ส้มจี๊ดที่ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 มีการเจริญเติบโต ปริมาณดอก และผลผลิตมากกว่ากรรมวิธีอื่น โดยมีขนาดทรงพุ่มเฉลี่ย 147.8 เซนติเมตร จำนวนดอกเฉลี่ย 116.6 ดอก/ต้น ให้ผลผลิตเฉลี่ย 93.5 ผล/ต้น และมีผลผลิต/ไร่มากที่สุดเฉลี่ย 1,094.8 กิโลกรัม ขณะที่น้ำหนัก/ผลเฉลี่ยไม่แตกต่างจากกรรมวิธีอื่น ผลการทดลองด้านการชักนำให้ออกดอก พบว่า ส้มจี๊ดที่มีการชักนำให้ออกดอกด้วยกรรมวิธีต่างๆมีการเจริญเติบโตด้านทรงพุ่มไม่แตกต่างกัน แต่ต้นที่ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 12-24-12 ร่วมกับงดน้ำ มีปริมาณดอกและผลผลิตมากกว่ากรรมวิธีอื่น โดยมีจำนวนดอกเฉลี่ย 95.8 ดอก/ต้น ให้ผลผลิตเฉลี่ย 81.6 ผล/ต้น และมีผลผลิต/ไร่มากที่สุดเฉลี่ย 927.6 กิโลกรัม ขณะที่น้ำหนัก/ผลเฉลี่ยไม่แตกต่างจากกรรมวิธีอื่น ผลการทดลองด้านการจัดการปุ๋ยในระยะติดผลเพื่อเพิ่มผลผลิต พบว่า ส้มจี๊ดที่มีการจัดการปุ๋ยในระยะติดผลเพื่อเพิ่มผลผลิตด้วยกรรมวิธีต่างๆมีการเจริญเติบโตด้านทรงพุ่มไม่แตกต่างกัน แต่ต้นที่ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 มีปริมาณผลผลิตมากกว่ากรรมวิธีอื่น โดยเฉลี่ย 109.2 ผล/ต้น และมีผลผลิต/ไร่มากที่สุดเฉลี่ย 661.4 กิโลกรัม ขณะที่น้ำหนัก/ผลเฉลี่ยไม่แตกต่างจากกรรมวิธีอื่น

การทดลองที่ 2 การศึกษากรรมวิธีแปรรูปและการใช้ประโยชน์จากส้มจี๊ด 2.1) การศึกษากรรมวิธีแปรรูปส้มจี๊ด แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์มี 7 รูปแบบ ได้แก่ น้ำส้มจี๊ดพร้อมดื่ม แยมส้มจี๊ด มาร์มาเลด ส้มจี๊ด เยลลี่ส้มจี๊ด ส้มจี๊ดแช่อิ่มอบแห้ง ไอศกรีมเชอร์เบทส้มจี๊ด และเค้กส้มจี๊ด ซึ่งแต่ละผลิตภัณฑ์ใช้ผู้

ทดสอบ 30 ราย ผลิตภัณฑ์ที่มีคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุดใช้ส้มจี๊ดเป็นส่วนผสมดังนี้ น้ำส้มจี๊ดพร้อมดื่ม ใช้ น้ำส้มจี๊ด 120 กรัมต่อน้ำ 750 กรัม และฆ่าเชื้อแบบสเตอริไรส์ที่ 100 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที แยมส้มจี๊ด ใช้ น้ำส้มจี๊ด 600 กรัมต่อน้ำ 1,200 กรัม และปริมาณเพคตินร้อยละ 0.75 ของส่วนผสมทั้งหมด มาร์มาเลดส้มจี๊ด ใช้เปลือกส้มจี๊ด 300 กรัม ต่อน้ำเชื่อม 1,000 กรัม ที่มีความเข้มข้นเท่ากับ 35 องศาบริกซ์ ในการเชื่อมเปลือกส้มจี๊ดเพื่อทำมาร์มาเลด เยลลี่ส้มจี๊ด ใช้ น้ำส้มจี๊ด 300 กรัมต่อน้ำ 1,350 กรัม และปริมาณคาราจีแนน ร้อยละ 1.5 ของส่วนผสมทั้งหมด ส้มจี๊ดเชื่อมอบแห้ง ใช้ส้มจี๊ด 4,000 กรัมต่อน้ำ 2,200 กรัม น้ำตาลทราย 1,800 กรัม เชื่อมแบบช้าประมาณ 5-6 วัน อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง ไอศกรีมเชอร์เบทส้มจี๊ด ใช้ น้ำส้มจี๊ดร้อยละ 50 และเติมเจลาตินร้อยละ 0.5 ของส่วนผสมไอศกรีม และเค้กส้มจี๊ด ใช้ น้ำส้มจี๊ด 75 กรัม เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์เค้กส้มจี๊ด 2.2) การสกัดลิโมนินและเพคตินจากเปลือกส้มจี๊ดเพื่อ นำไปใช้ประโยชน์ พบว่า การสกัดลิโมนินจากเปลือกส้มจี๊ดทำได้โดยการกลั่นด้วยน้ำ เปลือกส้มจี๊ดมี dl-limonene เป็นองค์ประกอบหลัก และสารเทอร์ปีนต่างๆ เป็นองค์ประกอบย่อย การสกัดเพคตินจากเปลือกส้มจี๊ดทำได้โดยการต้มกับการสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 0.3 M แล้วตกตะกอนเพคตินด้วยเอทานอล 95% ล้างกากเปลือกส้มจี๊ดด้วยเอทานอลก่อนการสกัด และล้างตะกอนเพคตินที่ได้ด้วยเอทานอล 4 ครั้ง จะได้เพคตินจากเปลือกส้มจี๊ดที่มีปริมาณเมทอกซิลเฉลี่ยร้อยละ 5.58 โดยจัดอยู่ในกลุ่ม low methoxyl pectins เมื่อนำสารสกัด ลิโมนินจากเปลือกส้มจี๊ดมาพัฒนาเป็นสเปรย์น้ำไอลูงั้น พบว่า ไม่ผ่านการทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ป้องกันยุง เนื่องจากไม่สามารถติดที่ผิวหนังนานกว่า 3 ชั่วโมงได้ แต่พัฒนาเป็นโลชั่นไอลูงั้นได้ และเมื่อนำเพคตินจากเปลือกส้มจี๊ดมาพัฒนาเป็นสารก่อเจลในเจลน้ำหอมปรับอากาศ สามารถใช้เพคติน ร้อยละ 3 ร่วมกับ sodium polyacrylate ร้อยละ 1 ในน้ำปูนใส พัฒนาเป็นเจลน้ำหอมปรับอากาศที่มีระดับความแรงของกลิ่นในระดับที่ยอมรับได้นาน 10 วัน

คำสำคัญ: ส้มจี๊ด เทคโนโลยีการผลิตพืช การแปรรูป ผลิตภัณฑ์

## Abstract

Research and development on calamondin (*Citrus mitis* Blanco.) production technology in the Eastern Region to attempt appropriate calamondin production technology, processing and utilizing for farmers and entrepreneur. The experiment was conducted during 2012-2014, including 2 experiments. 1) research and development on calamondin (*Citrus mitis* Blanco.) production technology in the eastern region, 1.1) a study on appropriate spacing for calamondin were 4 treatments; 1.5x1.5, 2x2, 2.5x2.5, and 3x3 m 1.2) research and development on flowering preparation were 4 treatments; no fertilizer, manure rate of 10 kg/tree, chemical fertilizer 20-10-10 rate 300 g/plant and chemical fertilizer 15-15-15 rate 300 g/tree 1.3) research and development on flower induction were 3 treatments; no induction, no irrigation and chemical fertilizer 12-24-12 rate 300 g/tree with no irrigation 1.4) research and development on fertilizer management to increase productivity in fruit set stage were 4 treatments; no fertilizer, manure rate of 10 kg/tree, chemical fertilizer 20-10-10 rate 300 g/plant and chemical fertilizer 15-15-15 rate 300 g/tree. Every experimental design was RCB with 3 replications except sub-experiment 1.3) with 4 replications. The results of spacing on the three years average found that the growth and yield of calamondin with 3x3 meter spacing were highest than the other treatments. Average canopy size were 134.9 cm, gave average yield at 194.1 fruits/tree, average each of fruit were 19.3 g and average yield/rai were minimal at 698.5 kg, because there were less number of trees/rai than the other treatments but production cost were lowest with 12,817 baht/rai. While the spacing of 1.5x1.5 m gave the most average yield/rai at 1,515.4 kg, but there are the highest average production cost at 32,210 baht/rai. The results of flowering preparation on the three years average found that the growth, amount of flowers and yield of calamondin with 15-15-15 fertilizer were highest than the other treatments. Average canopy size were 147.8 cm, average the number of flowers were 116.6 flowers/tree. It gave average yield at 93.5 fruits/tree and the most average yield/rai at 1,094.8 kg. While average weight/fruit were non significant difference from the other treatments. The results of flower induction on the three years average found that non significant difference on the size of canopy in every treatment. But the 12-24-12 fertilizer with no irrigation gave average the number of flowers and yield more than the other treatments, average the number of flowers were 95.8 flowers/tree, average yield were 81.6 fruits/tree and the most average

yield/rai at 927.6 kg. While average weight/fruit were non significant difference from the other treatments. The results of fertilizer management to increase productivity in fruit set stage found that non significant difference on the size of canopy in every treatment. But the 15-15-15 fertilizer gave average yield more than the other treatments at 109.2 fruits/tree and there were the most average yield/rai at 661.4 kg. While average weight/fruit were non significant difference from the other treatments.

2) A study on processing and Utilizing from calamondin, 2.1) A study on processing from calamondin. Processed calamondin product were 7 types; calamondin juice, calamondin jam, calamondin marmalade, calamondin jelly, calamondin osmotic dehydrated, calamondin sherbet and calamondin cake. The sensory evaluation of each products were evaluated by 30 taste panelists. The overall acceptance revealed that; Calamondin juice; used 120 g of calamondin juice per 750 g of water and sterilized at 100 °C for 5 minutes. Calamondin jam; used 600 g of calamondin juice per 1,200 g of water and 0.75% of pectin. Calamondin marmalade; used 300 g of calamondin peel per 1,000 g of syrup with 35 °Brix concentration for osmotic dehydrated in marmalade process. Calamondin jelly; used calamondin juice 300 g per 1,350 g of water and 1.5% of carrageenan for jelly mixture. Calamondin osmotic dehydrated; used 4,000 g of calamondin juice per 2,200 g of water and 1,800 g of sugar and preserved about 5-6 days, then dried at 60 °C for 5 hours. Calamondin sherbet; used 50% of calamondin juice and added gelatin 0.5% for ice cream mixture. Calamondin cake; used 75 g of calamondin juice for cake mixture. 2.2) A study on processing and Utilizing from calamondin. For extracting limonin and pectin from calamondin peel to utilize, the extraction limonin orange peel done by distillation with water. The calamondin peel with dl-limonene is the main element and various terpene are sub-element. Extracting pectin from calamondin peel done by boiling with 0.3 M of hydrochloric acid solution, then precipitated pectin with 95% ethanol, washed waste calamondin peel with ethanol before extraction and washed sediment pectin with ethanol 4 times, it has been the pectin with 5.58% average of methoxyl from calamondin peel in low methoxyl pectins group. When the extract limonin of calamondin peel was developed to water repellent spray, it doesn't pass the efficiency of the products test to against the mosquitoes because it couldn't stay on the skin for longer than 3 hours, but it was developed to a mosquito repellent lotion. When the pectin from calamondin peel was developed to gelling agent in the gel air freshener, 3% of the pectin can used with sodium

polyacrylate 1% in lime water to gel air freshener with the strength of the smell in the acceptable level for 10 days.

Keywords: Calmondin, *Citrus mitis* Blanco., Crop technology, Processing, Product

## ระเบียบวิธีการวิจัย

### - อุปกรณ์

การทดลองที่ 1 วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตส้มจี๊ดที่เหมาะสมในพื้นที่ภาคตะวันออก ประกอบด้วย 4 การทดลองย่อย คือ

การทดลองย่อยที่ 1.1 ศึกษาระยะปลูกที่เหมาะสมของส้มจี๊ด

การทดลองย่อยที่ 1.2 วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการเตรียมต้นให้พร้อมสำหรับการออกดอก

การทดลองย่อยที่ 1.3 วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการชักนำออกดอก

การทดลองย่อยที่ 1.4 ศึกษาการจัดการปุ๋ยในระยะติดผลเพื่อเพิ่มผลผลิต

มีอุปกรณ์ดำเนินการดังนี้

1. ต้นส้มจี๊ด
2. ปุ๋ยเคมี (สูตร 15-15-15, 20-10-10 และ 12-24-12) ปุ๋ยคอก และ Rock Phosphate
3. สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช
4. อุปกรณ์เกี่ยวกับระบบน้ำ ได้แก่ ท่อต่างๆ กาว และหัวสปริงเคลอร์ เป็นต้น
5. อุปกรณ์เก็บข้อมูล ได้แก่ ตลับเมตร และเครื่องชั่งน้ำหนัก
6. วัสดุอื่นๆ ได้แก่ ไม้ค้ำต้น เชือกฟาง ลวด และป้ายพลาสติก เป็นต้น

การทดลองที่ 2 การศึกษากรรมวิธีการแปรรูปและใช้ประโยชน์จากส้มจี๊ด

การทดลองย่อยที่ 2.1 การศึกษากรรมวิธีการแปรรูปส้มจี๊ด

1. วัตถุดิบในการแปรรูปส้มจี๊ดเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้แก่ ผลส้มจี๊ด น้ำตาล เพคติน คาราจีแนน กรดซิตริก เจลาติน แปะแซ แปะเค้ก ผงฟูเอสพี มาการีน โอวาเลต เนยสด ไข่ไก่ นมผง และน้ำสะอาด

2. อุปกรณ์งานครัวในการแปรรูปส้มจี๊ดเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้แก่ เตาแก๊ส, ขวดแก้ว, อ่างสแตนเลส, ตู้อบลมร้อน, เครื่องทำไอศกรีม และเครื่องผสมอาหารอเนกประสงค์ เป็นต้น

3. อุปกรณ์วัดคุณภาพผลิตภัณฑ์ ได้แก่ เครื่องวัดความหวาน (Hand Refractometer) เครื่องวัดสี (Color meter รุ่น ZE-2000/NIPPON) เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) อุปกรณ์ไตเตรท เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer ยี่ห้อ LOYD INSTRUMENTS) เครื่องชั่งตวงวัด 2 ตำแหน่ง ปิเปตขนาด 1 และ 10 มิลลิลิตร และจานเพาะเชื้อ

## การทดลองย่อยที่ 2.2 การศึกษาลิโมนีนและเพคตินจากส้มจี๊ดและการใช้ประโยชน์

### 1. ผลส้มจี๊ด

2. สารเคมี ได้แก่ แอนไฮดรัส โซเดียมซัลเฟต (anhydrous  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  , ACS reagent, Sigma Aldrich) เอทานอล (ethanol, AR) อะซีโตน (acetone, AR) ลิโมนีน (D-limonene, AR grade, Wako) น้ำมันตะไคร้หอม (บริษัท เคมีภัณฑ์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด) น้ำมันยูคาลิปตัส (บริษัท เคมีภัณฑ์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด) น้ำมันเปปเปอร์มินต์ (บริษัท เคมีภัณฑ์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด) น้ำมันแพทชูลี (บริษัท เคมีภัณฑ์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด) น้ำมันวนิลา (บริษัท เคมีภัณฑ์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด) แคลเซียมคลอไรด์ ( $\text{CaCl}_2$ , AR) เพคตินทางการค้า (เกรดอาหาร, บริษัท รวมเคมี 1986 จำกัด) Sodium polacrylate (บริษัท ฮงฮวด จำกัด), Dicapryly ether (บริษัท ฮงฮวด จำกัด) น้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น (บริษัท ฮงฮวด จำกัด) กลีเซอริน (บริษัท ฮงฮวด จำกัด) Sodium stearoyl Glutamate (บริษัท ฮงฮวด จำกัด) Spectra state (บริษัท วันรัต (หน้าเขียน) จำกัด)

3. เครื่องชั่งไฟฟ้า Metter AE 200

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

5. pH meter

### - วิธีการ

#### การทดลองที่ 1 การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตส้มจี๊ดในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

##### การทดลองย่อยที่ 1.1 ศึกษาระยะเวลาปลูกที่เหมาะสมของส้มจี๊ด

วางแผนการทดลองแบบ RCBD มี 3 ซ้ำ กรรมวิธีคือ ระยะเวลาปลูก 4 ระยะเวลา ได้แก่ 1.5x1.5, 2x2, 2.5x2.5 และ 3x3 เมตร

1. จัดเตรียมแปลงปลูกส้มจี๊ดจำนวน 1 ไร่ และปลูกโดยใช้ระยะเวลาปลูกตามกรรมวิธีที่กำหนด ร่องกันหลุมด้วย Rock Phosphate จำนวน 200 กรัม/หลุม และปุ๋ยหมักจำนวน 5 กิโลกรัม/หลุม

2. ปฏิบัติดูแลรักษาทั่วไป ได้แก่ ให้น้ำด้วยระบบสปริงเกอร์ ใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 ตามขนาดทรงพุ่ม ทุก 3 เดือน ใส่ปุ๋ยคอกบำรุงดินปีละ 1 ครั้ง กำจัดวัชพืชทุก 4 เดือน โดยการขุดกรรมหรือใช้สารกำจัดวัชพืชตามความเหมาะสม และป้องกันกำจัดโรคและแมลงเมื่อพบการเข้าทำลาย

3. บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตและพัฒนาการในรอบปี ได้แก่ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางทรงพุ่ม, จำนวนผล/ต้น, น้ำหนัก/ผล และผลผลิตเฉลี่ย/ไร่

4. ต้นทุนการผลิตในแต่ละปี

5. เปรียบเทียบผลการทดลองด้วยวิธี F-test วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ และวิเคราะห์อัตราส่วนรายได้ต่อการลงทุน (BCR)

### การทดลองย่อยที่ 1.2 วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการเตรียมต้นให้พร้อมสำหรับการออกดอก

วางแผนการทดลองแบบ RCBD มี 3 ซ้ำ กรรมวิธีคือ การใส่ปุ๋ย 4 วิธี ได้แก่ ไม่มีการใส่ปุ๋ย, ใส่ปุ๋ยคอก อัตรา 10 กิโลกรัม/ต้น, ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 20-10-10 อัตรา 300 กรัม/ต้น และใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 300 กรัม/ต้น

1. จัดเตรียมแปลงปลูกส้มจี๊ดจำนวน 1 ไร่ และปลูกโดยใช้ระยะปลูก 3x3 เมตร รองกันหลุมด้วย Rock Phosphate จำนวน 200 กรัม/หลุม และปุ๋ยหมักจำนวน 5 กิโลกรัม/หลุม
2. ปฏิบัติดูแลรักษาทั่วไป ได้แก่ ให้น้ำด้วยระบบสปริงเคลอร์ ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ตามขนาดทรงพุ่มทุก 3 เดือน ใส่ปุ๋ยคอกบำรุงดินปีละ 1 ครั้ง กำจัดวัชพืชทุก 4 เดือน โดยการขุดกรรมหรือใช้สารกำจัดวัชพืชตามความเหมาะสม ป้องกันกำจัดโรคและแมลงตามความเหมาะสม
3. หลังเก็บเกี่ยวผลผลิตในแต่ละปีทำการตัดแต่งกิ่ง ปลิดดอกและผลที่เหลือค้างบนต้นจากฤดูที่ผ่านมาออก และใส่ปุ๋ยตามกรรมวิธี เพื่อเตรียมต้นให้พร้อมสำหรับการออกดอก
4. บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตและการพัฒนาการในรอบปี ได้แก่ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางทรงพุ่ม, จำนวนดอก, จำนวนผล/ต้น, น้ำหนัก/ผล และผลผลิตเฉลี่ย/ไร่
5. เปรียบเทียบผลการทดลองด้วยวิธี F-test วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

### การทดลองย่อยที่ 1.3 วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการชักนำออกดอก

วางแผนการทดลองแบบ RCBD มี 4 ซ้ำ กรรมวิธีคือ การชักนำให้ออกดอก 3 วิธี ได้แก่ ไม่มีการ ชักนำ, งดให้น้ำ และใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 12-24-12 อัตรา 300 กรัม/ต้น ร่วมกับการงดให้น้ำ

1. จัดเตรียมแปลงปลูกส้มจี๊ดจำนวน 1 ไร่ และปลูกโดยใช้ระยะปลูก 3x3 เมตร รองกันหลุมด้วย Rock Phosphate จำนวน 200 กรัม/หลุม และปุ๋ยหมักจำนวน 5 กิโลกรัม/หลุม
2. ปฏิบัติดูแลรักษาทั่วไป ได้แก่ ให้น้ำด้วยระบบสปริงเคลอร์ ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ตามขนาดทรงพุ่มทุก 3 เดือน ใส่ปุ๋ยคอกบำรุงดินปีละ 1 ครั้ง กำจัดวัชพืชทุก 4 เดือน โดยการขุดกรรมหรือใช้สารกำจัดวัชพืชตามความเหมาะสม ป้องกันกำจัดโรคและแมลงตามความเหมาะสม
3. หลังเก็บเกี่ยวผลผลิตในแต่ละปีทำการตัดแต่งกิ่ง ปลิดดอกและผลที่เหลือค้างบนต้นจากฤดูที่ผ่านมาออก ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ร่วมกับปุ๋ยหมัก ตามขนาดทรงพุ่ม เพื่อเตรียมต้นให้พร้อมสำหรับการออกดอก
4. ในกรรมวิธีที่ 2 และ 3 หลังจากใบเริ่มเพสลาดทำการปลิดดอกที่ออกมาตอนผลิใบอ่อนออก จากนั้นจึงชักนำให้ออกดอกตามกรรมวิธี ซึ่งในกรรมวิธีที่ 2 งดน้ำจนกระทั่งใบส้มจี๊ดเริ่มสลดแล้วจึงให้น้ำทันที ส่วนกรรมวิธีที่ 3 ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 12-24-12 ก่อนทำการงดน้ำจนกระทั่งใบส้มจี๊ดเริ่มสลดแล้วจึงให้น้ำทันที
5. บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตและการพัฒนาการในรอบปี ได้แก่ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางทรงพุ่ม, จำนวนดอก จำนวนผล/ต้น น้ำหนัก/ผล และผลผลิตเฉลี่ย/ไร่
6. เปรียบเทียบผลการทดลองด้วยวิธี F-test วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ



## การทดลองย่อยที่ 1.4 ศึกษาการจัดการปุ๋ยในระยะติดผลเพื่อเพิ่มผลผลิต

วางแผนการทดลองแบบ RCBD มี 3 ซ้ำ กรรมวิธีคือ การใส่ปุ๋ย 4 รูปแบบ ได้แก่ ไม่มีการใส่ปุ๋ย, ใส่ปุ๋ยคอก อัตรา 10 กิโลกรัม/ตัน, ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 20-10-10 อัตรา 300 กรัม/ตัน และใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 300 กรัม/ตัน

1. จัดเตรียมแปลงปลูกส้มจี๊ดจำนวน 1 ไร่ และปลูกโดยใช้ระยะปลูก 3x3 เมตร รองกันหลุมด้วย Rock Phosphate จำนวน 200 กรัม/หลุม และปุ๋ยหมักจำนวน 5 กิโลกรัม/หลุม
2. ปฏิบัติดูแลรักษาทั่วไป ได้แก่ ให้น้ำด้วยระบบสปริงเคลอร์ ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ตามขนาดทรงพุ่มทุก 3 เดือน ใส่ปุ๋ยคอกบำรุงดินปีละ 1 ครั้ง กำจัดวัชพืชทุก 4 เดือน โดยการขุดกรรมหรือใช้สารกำจัดวัชพืชตามความเหมาะสม ป้องกันกำจัดโรคและแมลงตามความเหมาะสม
3. หลังเก็บเกี่ยวผลผลิตในแต่ละปีทำการตัดแต่งกิ่ง ปลิดดอกและผลที่เหลือค้างบนต้นจากฤดูที่ผ่านมาออก และใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ร่วมกับปุ๋ยหมัก ตามขนาดทรงพุ่ม เพื่อเตรียมต้นให้พร้อมสำหรับการออกดอก แล้วจึงใส่ปุ๋ยตามกรรมวิธี หลังส้มจี๊ดติดผลอ่อน 2 สัปดาห์
4. บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตและพัฒนาการในรอบปี ได้แก่ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางทรงพุ่ม, จำนวนผล/ต้น และวิเคราะห์ผลผลิตเฉลี่ย/ไร่
5. เปรียบเทียบผลการทดลองด้วยวิธี F-test วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

เวลาและสถานที่ ตุลาคม 2554-กันยายน 2558

ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรจันทบุรี จ.จันทบุรี

## การทดลองที่ 2 การศึกษากรรมวิธีการแปรรูปและใช้ประโยชน์จากส้มจี๊ด

### การทดลองย่อยที่ 2.1 การศึกษากรรมวิธีการแปรรูปส้มจี๊ด

ศึกษาการแปรรูปส้มจี๊ดเป็นผลิตภัณฑ์ 7 รูปแบบ ได้แก่ น้ำส้มจี๊ดพร้อมดื่ม แยมส้มจี๊ด มาร์มาเลด ส้มจี๊ด เยลลี่ส้มจี๊ด ส้มจี๊ดแช่อิ่มอบแห้ง ไอศกรีมเชอร์เบทส้มจี๊ด และเค้กส้มจี๊ด ดังนี้

#### 2.1.1 ศึกษากระบวนการที่เหมาะสมในการผลิตน้ำส้มจี๊ดพร้อมดื่ม

1. วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 3 ซ้ำ กรรมวิธีคือ กระบวนการทำน้ำส้มจี๊ด 4 แบบ ได้แก่ - สูตรที่ 1 : ผสมน้ำส้มจี๊ด 120 กรัม น้ำสะอาด 750 กรัม น้ำตาลทราย 140 กรัม เกลือ 3 กรัม และนำไปฆ่าเชื้อแบบพาสเจอร์ไรส์ ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที
  - สูตรที่ 1: ผสมน้ำส้มจี๊ด 120 กรัม น้ำสะอาด 750 กรัม น้ำตาลทราย 140 กรัม เกลือ 3 กรัม และนำไปฆ่าเชื้อแบบสเตอริไรส์ ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที
  - สูตรที่ 2 : ผสมน้ำส้มจี๊ด 80 กรัม น้ำสะอาด 750 กรัม น้ำตาลทราย 140 กรัม เกลือ 3 กรัม และนำไปฆ่าเชื้อแบบพาสเจอร์ไรส์ ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที
  - สูตรที่ 2 : ผสมน้ำส้มจี๊ด 80 กรัม น้ำสะอาด 750 กรัม น้ำตาลทราย 140 กรัม เกลือ 3 กรัม และนำไปฆ่าเชื้อแบบสเตอริไรส์ ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที

2. ทำน้ำส้มจืดพร้อมดื่มตามกรรมวิธีที่กำหนด จากนั้นนำไปบรรจุขวดแก้ว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

3. ตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์แยมส้มจืด ดังนี้

- คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ได้แก่ สี กลิ่น ความหวาน ความเปรี้ยว และความชอบรวม โดยผู้ทดสอบ 30 คน ใช้แบบประเมินคะแนนความชอบแบบ Hedonic Scale (1-9 คะแนน)

- คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดทั้งหมด

- ปริมาณจุลินทรีย์ที่อายุการเก็บรักษา 0 3 5 และ 7 วัน

2.1.2 ศึกษาปริมาณเพคตินที่เหมาะสมในการผลิตแยมส้มจืด

1. วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 4 ซ้ำ กรรมวิธีคือ ปริมาณเพคติน 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0.5, 1.0 และ 1.5 ของส่วนผสมทั้งหมด

2. ทำแยมส้มจืดโดยใช้ส่วนผสม น้ำส้มจืด 600 กรัม น้ำสะอาด 1,200 กรัม น้ำตาลทราย 1,350 กรัม และ เพคตินตามปริมาณที่ศึกษา

3. ตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์แยมส้มจืด ดังนี้

- คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ได้แก่ สี รสชาติ ความหวาน ความเปรี้ยว การแผ่กระจาย และความชอบรวม โดยผู้ทดสอบ 30 คน ใช้แบบประเมินคะแนนความชอบแบบ Hedonic Scale (1-9 คะแนน)

- คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี และเนื้อสัมผัส (Hardness)

- คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดทั้งหมด

- ปริมาณจุลินทรีย์

2.1.3 ศึกษาความเข้มข้นของน้ำเชื่อมในการเชื่อมเปลือกส้มจืดสำหรับการผลิตมาร์มาเลดส้มจืด

1. วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 4 ซ้ำ กรรมวิธีคือ ความเข้มข้นของน้ำเชื่อม 3 ระดับ ได้แก่ 35, 40 และ 45 °Brix

2. ใช้น้ำเชื่อม 1,000 กรัม ปรับความเข้มข้นตามที่ศึกษา เชื่อมเปลือกส้มจืด 300 กรัม

3. ทำมาร์มาเลดส้มจืดโดยใช้ส่วนผสม น้ำส้มจืด 600 กรัม น้ำสะอาด 1,200 กรัม น้ำตาลทราย 1,350 กรัม เพคติน 31.5 กรัม กรดซิตริก 3 กรัม

4. ตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์มาร์มาเลดส้มจืด ดังนี้

- คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ได้แก่ สี รสชาติ ความหวาน ความเปรี้ยว และความชอบรวม โดยผู้ทดสอบ 30 คน ใช้แบบประเมินคะแนนความชอบแบบ Hedonic Scale (1-9 คะแนน)

- คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี และเนื้อสัมผัส (Hardness)

- คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดทั้งหมด

- ปริมาณจุลินทรีย์

#### 2.1.4 ศึกษาปริมาณคาราจีแนนที่เหมาะสมในการผลิตเยลลี่ส้มจี๊ด

1. วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 4 ซ้ำ กรรมวิธีคือ ปริมาณคาราจีแนน 3 ระดับ ได้แก่ 1.0, 1.5 และ 2.0 ของส่วนผสมทั้งหมด

2. ทำเยลลี่ส้มจี๊ดโดยใช้ส่วนผสม น้ำส้มจี๊ด 300 กรัม น้ำสะอาด 1,350 กรัม น้ำตาลทราย 540 กรัม และ คาราจีแนนตามปริมาณที่ศึกษา

3. ตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์เยลลี่ส้มจี๊ด ดังนี้

- คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ได้แก่ สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม โดยผู้ทดสอบ 30 คน ใช้แบบประเมินคะแนนความชอบแบบ Hedonic Scale (1-9 คะแนน)

- คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี และเนื้อสัมผัส (Hardness, Gumminess, Chewiness, Springiness และ Cohesiveness)

- คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดทั้งหมด

- ปริมาณจุลินทรีย์

#### 2.1.5 ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการผลิตส้มจี๊ดแช่อิ่มอบแห้ง

1. วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 3 ซ้ำ กรรมวิธีคือ ระยะเวลาในการอบ 4 ระดับ ได้แก่ 5, 6, 7 และ 8 ชั่วโมง

2. ทำส้มจี๊ดแช่อิ่มส้มจี๊ดโดยใช้ส่วนผสม ผลส้มจี๊ด 4,000 กรัม น้ำสะอาด 2,200 กรัม และ น้ำตาลทราย 1,800 กรัม

3. แช่อิ่มแบบช้า เป็นเวลา 5-6 วัน หลังจากนั้นจึงนำมาอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ตามระยะเวลาที่ศึกษา

4. ตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ส้มจี๊ดแช่อิ่มอบแห้ง ดังนี้

- คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ได้แก่ สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม โดยผู้ทดสอบ 30 คน ใช้แบบประเมินคะแนนความชอบแบบ Hedonic Scale (1-9 คะแนน)

- คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสีของเนื้อด้านในและค่าสีเปลือกส้มจี๊ด และเนื้อสัมผัส (Hardness)

- คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดทั้งหมด

- ปริมาณจุลินทรีย์

#### 2.1.6 ศึกษากรรมวิธีแปรรูปส้มจี๊ดเป็นไอศกรีมเชอร์เบท

##### 2.1.6.1 ศึกษาปริมาณน้ำส้มจี๊ดที่เหมาะสมในการผลิตไอศกรีมเชอร์เบทส้มจี๊ด

1. วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 3 ซ้ำ กรรมวิธีคือ ปริมาณน้ำส้มจี๊ด 4 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 50, 60, 70 และ 80 ของส่วนผสม

2. เตรียมน้ำเชื่อมเข้มข้น 400 กรัม สำหรับผสมในไอศกรีมโดยใช้ส่วนผสมน้ำตาลทราย 280 กรัม แปะแซ 40 กรัม และน้ำสะอาด 80 กรัม

3. ทำไอศกรีมเชอร์เบทส้มจี๊ด โดยเตรียมน้ำส้มจี๊ดตามปริมาณที่ต้องการศึกษา ผสมกับน้ำเชื่อมเข้มข้นกรรมวิธีละ 400 กรัม ดังนี้

- น้ำส้มจี๊ด 200 กรัมต่อน้ำสะอาด 200 กรัม (น้ำส้มจี๊ดร้อยละ 50)

- น้ำส้มจี๊ด 240 กรัมต่อน้ำสะอาด 160 กรัม (น้ำส้มจี๊ดร้อยละ 60)

- น้ำส้มจี๊ด 280 กรัมต่อน้ำสะอาด 120 กรัม (น้ำส้มจี๊ดร้อยละ 70)

- น้ำส้มจี๊ด 320 กรัมต่อน้ำสะอาด 80 กรัม (น้ำส้มจี๊ดร้อยละ 80)

4. ตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเชอร์เบทส้มจี๊ด ดังนี้

- คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ได้แก่ กลิ่น สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม โดยผู้ทดสอบ 30 คน ใช้แบบประเมินคะแนนความชอบแบบ Hedonic Scale (1-9 คะแนน)

- คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ อัตราการละลายของไอศกรีม เมื่อตั้งทิ้งไว้ 30 นาที และค่าโอเวอร์รัน (Overrun)

- คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และค่าความเป็นกรด-ด่าง

##### 2.1.6.2 ศึกษาปริมาณเจลาตินที่เหมาะสมในการผลิตไอศกรีมเชอร์เบทส้มจี๊ด

1. วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 3 ซ้ำ กรรมวิธีคือ ปริมาณเจลาติน 4 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0, 0.5, 0.6 และ 0.7 ของส่วนผสม

2. นำไอศกรีมเชอร์เบทส้มจี๊ดที่มีความเหมาะสมจาก 6.1 มาเติมเจลาตินตามปริมาณที่ศึกษา

3. ตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเชอร์เบทส้มจี๊ดเช่นเดียวกับ 6.1

##### 2.1.7 ศึกษาปริมาณน้ำส้มจี๊ดที่เหมาะสมในการผลิตเค้กส้มจี๊ด

1. วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 3 ซ้ำ กรรมวิธีคือ ปริมาณน้ำส้มจี๊ด 4 ระดับ ได้แก่ 0, 50, 75 และ 100 กรัม

2. ทำเค้กส้มจี๊ดโดยใช้ส่วนผสม ไข่ไก่ 150 กรัม น้ำตาลทราย 170 กรัม เกลือ 2 กรัม แป้งเค้ก 200 กรัม ผงฟู 6 กรัม เอสพี 20 กรัม มาการีน 90 กรัม โอวาเลต 15 กรัม เนยสด 90 กรัม และปริมาณน้ำส้มจี๊ดที่ศึกษา 7.3 ตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์เค้กส้มจี๊ด ดังนี้

- คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม โดยผู้ทดสอบ 30 คน ใช้แบบประเมินคะแนนความชอบแบบ Hedonic Scale (1-9 คะแนน)

- คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี เนื้อสัมผัส (แรงกดและแรงตัด) และการขึ้นฟูของเค้ก

- ปริมาณจุลินทรีย์

**เวลาและสถานที่** ดำเนินการตั้งแต่ตุลาคม 2555-กันยายน 2557 ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออกวิทยาเขตจันทบุรี

## การทดลองย่อยที่ 2.2 การศึกษาลิโมนีนและเพคตินจากส้มจี๊ดและการใช้ประโยชน์

### 2.2.1 การศึกษาสารลิโมนีนจากส้มจี๊ด

#### 2.2.1.1 การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มจี๊ดโดยการกลั่นด้วยน้ำ

ศึกษาการสกัดสารลิโมนีนจากเปลือกส้มจี๊ดโดยการกลั่นด้วยน้ำ ประยุกต์ใช้วิธีการของ Hosni *et al.*, (2010) โดยใช้เปลือกส้มจี๊ดที่เหลือจากการคั้นน้ำ มีความชื้นโดยเฉลี่ย 80.02% ปริมาณส้มจี๊ด 700 กรัม ในน้ำ 3,000 มิลลิลิตร นำมากลั่น เปรียบเทียบการใช้เปลือกส้มจี๊ดปั่นละเอียดและไม่ปั่น หลังจากกลั่นแล้วกำจัดน้ำที่เหลือในตัวอย่างโดยใช้ anhydrous  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  แล้วกรองออก เก็บตัวอย่างน้ำมันหอมระเหยที่ได้ในช่องแช่แข็งจนกว่าจะนำมาวิเคราะห์ต่อไป

#### 2.2.1.2. การศึกษาองค์ประกอบน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มจี๊ด

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

Column : HP-5MS (29.3 m x 0.25 mm, film thickness 0.25  $\mu\text{m}$ )

Inlet temp. : 250 °C

Injecton volumn : 0.2  $\mu\text{L}$

Split mode

Oven temperature : 50 °C hold 1 min

ramp to 220 °C (rate 5 °C/min) hold 10 min

total run time : 45 min.

Detector : MSD

Scan mode : 25-350 amu.

Carrier gas : He

Column flow rate : 1.0 mL/min

## 2.2.2 การศึกษาการสกัดเพคตินจากกากเปลือกส้มจี๊ดเหลือทิ้ง

การสกัดเพคตินจากเปลือกส้มจี๊ดประยุกต์ใช้วิธีการสกัดเพคตินของชวนิญ์ และคณะ (2005) โดยนำกากเปลือกส้มจี๊ดที่เหลือจากการกลั่นด้วยน้ำ ปั่นให้ละเอียด 300 กรัม เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.3 M ปริมาตร 900 มิลลิลิตร ต้มที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง กรองด้วยผ้าขาวบาง จากนั้นตกตะกอนเพคตินด้วยเอทานอล 95% พร้อมกับกวนสารละลายแรงๆ ไปพร้อมกัน ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 24 ชั่วโมง กรองตะกอนเพคตินด้วยผ้าขาวบาง แล้วล้างด้วยเอทานอล 95% สลับกับบออะซีโทน 3-5 ครั้ง จนกว่าเพคตินจะไม่มีสี นำไปตากให้แห้งในตู้ดูดควันที่อุณหภูมิห้อง แล้วอบแห้งด้วยตู้อบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง

### 2.2.2.1. ศึกษาผลของการล้างสีและน้ำตาลออกจากกากส้มจี๊ด

เตรียมตัวอย่างโดยนำเปลือกส้มจี๊ดหลังจากกลั่นด้วยน้ำแล้ว มากรองและนำกากมาผึ่งให้สะเด็ดน้ำ อบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จนมีความชื้นประมาณ 8% แล้วปั่นละเอียด เก็บตัวอย่างใส่ถุงพลาสติก เก็บไว้ในตู้เย็น การศึกษาผลของการล้างสีและน้ำตาลออกจากกากส้มจี๊ด ทำการศึกษา 3 กรรมวิธี คือ ไม่ล้าง ล้างด้วยเอทานอล 85% และล้างด้วยน้ำ โดยนำตัวอย่าง 25 กรัม เติมตัวทำละลายที่ใช้ล้าง 500 มิลลิลิตร แช่ในอ่างน้ำร้อนที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที กรองตะกอนด้วยผ้ามีสลิน แล้วนำตะกอนมาสกัดสีซ้ำทั้งหมด 4 ครั้ง ก่อนนำมาสกัดเพคติน วัดค่าสี L, a, b ของเพคตินที่ได้

### 2.2.2.2. ศึกษาผลการล้างตะกอนต่อสีของเพคตินที่สกัดได้

การศึกษาทำโดยล้างสีออกจากกากส้มจี๊ดด้วยสารละลายเอทานอล 85% และน้ำ จำนวน 4 ครั้ง เทียบกับกากเปลือกส้มที่ไม่ได้ล้าง ก่อนนำมาสกัดเพคตินโดยเติม 0.03 M HCl 500 มิลลิลิตร ปรับ pH เป็น 1.5 ด้วย HCl ต้มที่ 80 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น แล้วกรองแยกกากด้วยผ้าขาวบาง นำสารละลายไปตกตะกอนด้วยเอทานอล 900 มิลลิลิตร พร้อมกวนแรงๆ ทิ้งไว้ข้ามคืน จากนั้นกรองตะกอนด้วยผ้าขาวบาง

2.2.2.3 ศึกษาปริมาณและตรวจสอบคุณสมบัติของเพคตินที่สกัดจากกากส้มจี๊ดเหลือทิ้งเทียบกับเพคตินทางการค้า

การศึกษาทำโดยวัดปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า และปริมาณเมทอกซิล ซึ่งการวิเคราะห์เมทอกซิล ประยุกต์ใช้วิธีการของ Singthong *et al.* (2004) แล้วจึงนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับเพคตินทางการค้า

### 2.2.3 การศึกษาวิธีการใช้ประโยชน์จากสารสกัดลิโมนินและเพคตินจากเปลือกส้มจี๊ด

#### 2.2.3.1 การศึกษาการผลิตสเปรย์น้ำไฉ่ยุง

1. การศึกษาการผลิตสเปรย์น้ำไฉ่ยุงจากน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มจี๊ด ซึ่งมีลิโมนินและสารประกอบเทอร์พีนอื่นๆ เป็นองค์ประกอบ เทียบกับลิโมนินทางการค้า โดยทำให้น้ำมันหอมระเหยจากเปลือก ส้มจี๊ดละลายน้ำ โดยการผสมน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มจี๊ด 10 มิลลิลิตร เอทิลแอลกอฮอล์ 60 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร ให้เข้ากัน แล้วเทใส่กรวยแยก ตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง จากนั้นรินเอาส่วนน้ำออก จะได้น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มจี๊ดที่สามารถละลายน้ำได้

2. นำสารละลายที่ได้จากข้อ 3.1.1 มาเจือจางด้วยน้ำ ในอัตราส่วน 7:3 และ 5:5 บรรจุลงในขวดพลาสติกหิวสเปรย์

3. ทดสอบประสิทธิภาพของสเปรย์น้ำไฉ่ยุงจากน้ำมันหอมระเหยเปลือกส้มจี๊ด และสเปรย์น้ำไฉ่ยุงจากลิโมนินทางการค้า โดยส่งทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ไฉ่ยุงกลางวัน (กิ่งภาคสนาม) ณ ห้องปฏิบัติการสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

#### 2.2.3.2 การศึกษาการผลิตโลชั่นไฉ่ยุง

1. การศึกษาการผลิตโลชั่นไฉ่ยุงจากน้ำมันหอมระเหยเปลือกส้มจี๊ดนั้น ได้พัฒนาจากสูตรโลชั่นบำรุงผิวของบริษัท ฮงฮวด จำกัด (บริษัทฮงฮวด จำกัด, 2556) โดยใช้ น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มจี๊ด เทียบกับการใช้น้ำมันตะไคร้หอม มีองค์ประกอบของโลชั่น ดังนี้

ส่วนที่ 1 Sodium polyacrylate 1.2%, Dicapryly ether 3% และ น้ำมันมะพร้าว 4%

ส่วนที่ 2 Glycerine 4%, Spectrastate 1%, น้ำ 83.4% และ Sodiumstearoyl glutamate 0.2%

ส่วนที่ 3 น้ำมันแพทซูรี 1%, น้ำมันยูคาลิปตัส 1% และ น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มจี๊ด หรือน้ำมันตะไคร้หอม 1%

2. เตรียมโลชั่นโดยชั่งส่วนผสมส่วนที่ 1 ตามสูตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมอาหาร ตั้งทิ้งไว้ จากนั้นชั่งส่วนผสมส่วนที่ 2 ตามสูตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมอาหาร แล้วจึงนำส่วนผสมที่ 1 และ 2 ดังกล่าวมาผสมให้เข้ากัน และเติมส่วนผสมส่วนที่ 3 ผสมให้เข้ากัน ประมาณ 15 นาที นำไปบรรจุใส่ในหลอดพลาสติก

3. ทดสอบประสิทธิภาพของโลชั่นไฉ่ยุงจากน้ำมันหอมระเหยส้มจี๊ด และโลชั่นไฉ่ยุงจากน้ำมันตะไคร้หอมทางการค้า โดยส่งทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ไฉ่ยุงกลางวัน (กิ่งภาคสนาม) ณ ห้องปฏิบัติการสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

#### 2.2.2.3 การศึกษาการผลิตเจลน้ำหอมปรับอากาศ

1. ศึกษาการเกิดเจลของเพคติน

เปรียบเทียบการใช้เพคตินเป็นสารก่อเจล ที่ความเข้มข้น 3, 6, 9 และ 12% เทียบกับการใช้เพคตินร่วมกับ Sodium polyacrylate 1% เป็นสารก่อเจล โดยมีวิธีการเตรียมเจล ดังนี้

- ละลายเพคตินที่ความเข้มข้นต่างๆ และ Sodium polyacrylate ในน้ำปูนใสร้อน ที่อุณหภูมิประมาณ 70 องศาเซลเซียส ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมอาหารแบบมือถือจนกระทั่งเป็นเนื้อเดียวกัน

- เทบรรจุลงในถ้วยพลาสติกแบบมีฝาปิด ตั้งทิ้งไว้ 48 ชั่วโมง และสังเกตการณ์เกิดเจลของเพคตินแต่ละความเข้มข้น

## 2. ศึกษาการผลิตเจลน้ำหอมปรับอากาศ

- ใช้ความเข้มข้นของเพคตินที่เหมาะสมในการเกิดเจลจาก 3.3.1 และใช้น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มจี๊ดเป็นองค์ประกอบของสารให้กลิ่น โดยเตรียมกลิ่นน้ำหอม 2 สูตร ดังนี้

สูตรที่ 1 น้ำหอมระเหยเปลือกส้มจี๊ด 10%, น้ำมันวนิลา 10%, น้ำมันมะลิ 10% และ ethanol 70%

สูตรที่ 2 น้ำหอมระเหยเปลือกส้มจี๊ด 10%, น้ำมันแพทชูรี 10%, น้ำมันเปปเปอร์มินต์ 10%, น้ำมันยูคาลิปตัส 5% และ ethanol 65%

- เตรียมเจลน้ำหอมปรับอากาศ โดยมีส่วนผสม ได้แก่ เพคติน 3%, Sodium polyacrylate 1%, ปูนใส 90%, Glycerine 4%, น้ำหอม 1% และ Eumulgin HRE 40 2%

- เตรียมเจลน้ำหอมปรับอากาศ โดยชั่งเพคติน และ Sodium polyacrylate นำมาละลายในน้ำปูนใสร้อน ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

- เติม Glycerine ผสมให้เข้ากัน จนอุณหภูมิลดลงประมาณ 50 องศาเซลเซียส

- นำน้ำหอมผสมกับ Eumulgin HRE 40 ให้เข้ากัน แล้วเทลงในส่วนผสมทั้งหมด คนให้เข้ากันแล้วเทบรรจุลงในถ้วยพลาสติก ปิดฝา

- 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

เวลาและสถานที่    ตุลาคม 2555-กันยายน 2556

กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร



## ผลการวิจัยและอภิปรายผล

### การทดลองที่ 1 การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตส้มจี๊ดในพื้นที่ภาคตะวันออก

#### การทดลองย่อยที่ 1.1 ศึกษาระยะเวลาปลูกที่เหมาะสมของส้มจี๊ด

จากการศึกษาระยะเวลาปลูกที่เหมาะสมสำหรับการผลิตส้มจี๊ด ได้แก่ ระยะเวลาปลูก 1.5x1.5, 2x2, 2.5x2.5 และ 3x3 เมตร พบว่า ในปีที่ 1 ต้นส้มจี๊ดมีการเจริญเติบโตในด้านขนาดทรงพุ่มไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อเข้าสู่ปีที่ 2 เริ่มพบความแตกต่างทางสถิติในต้นส้มจี๊ดที่ใช้ระยะเวลาปลูก 3x3 และ 2.5x2.5 เมตร มีขนาดทรงพุ่มใหญ่กว่ากรรมวิธีอื่นเท่ากับ 136.7 และ 134.1 เซนติเมตร ขณะที่ระยะเวลาปลูก 1.5x1.5 และ 2x2 เมตร มีขนาดทรงพุ่มเล็กที่สุด เท่ากับ 115.6 และ 115.4 เซนติเมตร เนื่องจากทรงพุ่มเริ่มชิดกัน เช่นเดียวกับปีที่ 3 ต้นส้มจี๊ดที่ใช้ระยะเวลาปลูก 3x3 เมตร ยังคงมีขนาดทรงพุ่มใหญ่ที่สุด รองลงมาได้แก่ ที่ระยะเวลาปลูก 2.5x2.5, 2x2 เมตร เท่ากับ 186.2 และ 169.3 เซนติเมตร ส่วนที่ระยะเวลาปลูก 1.5x1.5 เมตร มีทรงพุ่มขนาดเล็กที่สุดเท่ากับ 153.0 เซนติเมตร เมื่อเฉลี่ย 3 ปี จึงพบว่าขนาดทรงพุ่มมีความแตกต่างกันทางสถิติ คือ ที่ระยะเวลาปลูก 3x3 และ 2.5x2.5 เมตร ยังคงมีขนาดทรงพุ่มใหญ่กว่าการปลูกระยะอื่น (ตารางที่ 1)

การให้ผลผลิต พบว่า จากขนาดทรงพุ่มที่แตกต่างกันในแต่ละระยะเวลาปลูก จึงทำให้ส้มจี๊ดมีจำนวนผล/ต้น แตกต่างกันอย่างสถิติในทุกกรรมวิธีเมื่อเข้าปีที่ 2 เช่นกัน โดยพบว่า ที่ระยะเวลาปลูก 2.5x2.5 และ 3x3 เมตร มีจำนวนผล/ต้นมากที่สุด เท่ากับ 147.0 และ 145.6 ผล เนื่องจากทรงพุ่มมีขนาดใหญ่ขณะที่ระยะเวลาปลูก 1.5x1.5 และ 2x2 เมตร มีจำนวนผล/ต้นน้อยที่สุด เท่ากับ 136.9 และ 135.8 ผล เนื่องจากมีทรงพุ่มขนาดเล็กกว่า เช่นเดียวกับปีที่ 3 ที่ยังพบว่าจำนวนผล/ต้นแตกต่างกันทางสถิติในทุกกรรมวิธี โดยต้นส้มจี๊ดที่ใช้ระยะเวลาปลูก 3x3 เมตร มีจำนวน ผล/ต้นมากกว่ากรรมวิธีอื่นเท่ากับ 305.6 ผล รองลงมาได้แก่ ที่ระยะเวลาปลูก 2.5x2.5, 2x2 และ 1.5x1.5 เมตร เท่ากับ 267.8, 188.8 และ 181.5 ผล ตามลำดับ เมื่อเฉลี่ย 3 ปี จึงพบว่า จำนวนผล/ต้นมีความแตกต่างกันทางสถิติ คือ ที่ระยะเวลาปลูก 3x3 เมตร มีจำนวนผล/ต้นมากกว่ากรรมวิธีอื่นเช่นกัน ส่วนน้ำหนัก/ผลของแต่ละกรรมวิธีมีความแตกต่างทางสถิติทุกปี โดยที่ระยะเวลาปลูก 3x3 เมตร มีน้ำหนัก/ผลมากที่สุดทุกปี รองลงมาได้แก่ ที่ระยะเวลาปลูก 2.5x2.5, 2x2 และ 1.5x1.5 เมตร ตามลำดับ เมื่อเฉลี่ย 3 ปี จึงพบว่า ที่ระยะเวลาปลูก 3x3 เมตรมีน้ำหนัก/ผลมากที่สุด เท่ากับ 19.3 กรัม รองลงมาได้แก่ ที่ระยะเวลาปลูก 2.5x2.5, 2x2 และ 1.5x1.5 เมตร เท่ากับ 18.2, 17.3 และ 16.9 กรัม ตามลำดับ สำหรับการให้ผลผลิต/ไร่แต่ละกรรมวิธีมีความแตกต่างทางสถิติทุกปี การปลูกชิดมีปริมาณผลผลิต/ไร่มากขึ้นตามจำนวนต้นที่ใช้ต่อพื้นที่ของแต่ละระยะเวลาปลูก ซึ่งเมื่อเฉลี่ย 3 ปี จึงพบว่า ระยะเวลาปลูก 1.5x1.5 เมตร ให้ผลผลิต/ไร่มากที่สุด รองลงมาได้แก่ ระยะเวลาปลูก 2x2, 2.5x2.5 และ 3x3 เมตร เท่ากับ 1,515, 1,052, 839.5 และ 698.5 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 การเจริญเติบโตในปีที่ 1, 2 และ 3 และค่าเฉลี่ยทั้ง 3 ปี (มิถุนายน 2556-กันยายน 2558) ของ ส้มจี๊ดที่ใช้ระยะปลูกต่างๆ ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรจันทบุรี

ระยะปลูก (เมตร)	เส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่ม (เซนติเมตร)			
	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	เฉลี่ย 3 ปี
1.5x1.5	72.3	115.6b	153.0c	113.6b
2x2	75.3	115.4b	169.3bc	120.0b
2.5x2.5	75.4	134.1a	186.2ab	131.9a
3x3	74.2	136.7a	193.9a	134.9a
F-test	ns	**	**	**
C.V. (%)	3.6	1.6	4.9	2.6

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

\*\* = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันที่มีตัวอักษรกำกับไม่เหมือนกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี

DMRT (Duncan's Multiple Range Test)

ตารางที่ 2 การให้ผลผลิตในปีที่ 1, 2 และ 3 และค่าเฉลี่ยทั้ง 3 ปี (มิถุนายน 2556-กันยายน 2558) ของ ส้มจี๊ดที่ใช้ระยะปลูกต่างๆ ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรจันทบุรี

ระยะปลูก (เมตร)	จำนวนผล/ต้น				น้ำหนัก/ผล (กรัม)				ผลผลิต/ไร่ (กิโลกรัม)			
	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	เฉลี่ย 3 ปี	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	เฉลี่ย 3 ปี	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	เฉลี่ย 3 ปี
1.5x1.5	123.7	136.9b	181.5c	147.4c	15.4b	16.0b	19.2c	16.9d	1,355.5a	1,562.0a	1,628.5a	1,515.4a
2x2	124.8	135.8b	188.8c	149.8c	15.7b	16.1b	20.3bc	17.3c	781.0b	872.6b	1,505.0ab	1,052.9b
2.5x2.5	129.8	147.0a	267.8b	181.5b	16.4ab	16.7b	21.4b	18.2b	545.9c	627.3c	1,345.2bc	839.5c
3x3	131.0	145.6a	305.6a	194.1a	16.1a	18.1a	23.8a	19.3a	374.3d	444.0d	1,277.1c	698.5d
F-test	ns	*	**	**	*	*	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	2.4	2.8	4.7	1.8	2.1	3.9	2.9	1.0	5.5	7.5	6.1	3.3

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

\* = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

\*\* = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันที่มีตัวอักษรกำกับไม่เหมือนกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

(Duncan's Multiple Range Test)

เมื่อพิจารณาถึงต้นทุนการผลิตส้มจี๊ดในแต่ละระยะปลูก พบว่า ที่ระยะปลูก 1.5x1.5 เมตร มีต้นทุนการผลิตเฉลี่ยมากที่สุดทั้ง 3 ปี รองลงมาคือ ที่ระยะปลูก 2x2, 2.5x2.5 และ 3x3 เมตร เมื่อเฉลี่ยทั้ง 3 ปี เท่ากับ 32,210, 20,282, 15,767 และ 12,817 บาท/ไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 3) อย่างไรก็ตาม การปลูกระยะชิดจะมีจำนวนต้น/พื้นที่มากกว่า ทำให้ปริมาณผลผลิต/ไร่มีเพิ่มขึ้นตามจำนวนต้น แต่กวีศรี (2546)

รายงานว่า ผลผลิตอาจไม่ได้เพิ่มขึ้นตามจำนวนต้นเสมอไป เมื่อทรงพุ่มเริ่มชนกันจะต้องมีการตัดแต่งกิ่งเพื่อไม่ให้กิ่งซ้อนทับกัน ทำให้กิ่งที่เป็นส่วนสำคัญในการสังเคราะห์แสงและสะสมอาหารถูกตัดออกไป ผลผลิตในปีต่อไปอาจน้อยลงได้ เนื่องจากกิ่งที่เกิดหลังจากตัดแต่งจะมีอาหารสะสมน้อยกว่าในช่วงปีแรกอาจทำให้พืชออกดอกและติดผลน้อยลงได้ นอกจากนี้ การปลูกในระยะชิดกันมากเกินไปจะยุ่งยากต่อการจัดการและดูแลรักษา เช่น ใส่ปุ๋ย เก็บเกี่ยว ป้องกันกำจัดศัตรูพืช เป็นต้น และอาจเพิ่มโอกาสในการระบาดของโรคและแมลงได้ง่าย ตลอดจนสิ้นเปลืองเวลาและแรงงานในการจัดการมากกว่าได้หากทรงพุ่มเริ่มชิดกัน เมื่อพิจารณาต้นทุนการผลิตร่วมด้วย ในระยะ 3 ปี จะเห็นว่าต้นทุนการผลิตสูงขึ้นตามระยะปลูกที่ชิดขึ้น จากค่าต้นทุนปุ๋ย ระบบน้ำและปัจจัยการผลิตอื่นๆ เช่น ปุ๋ย สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช ตลอดจนค่าแรงงาน เป็นต้น เนื่องจากมีจำนวนต้นมาก และแม้จะลดค่าใช้จ่ายในด้านต้นทุนปุ๋ยและระบบน้ำลงในปีที่ 2 และ 3 แต่การปลูกในระยะชิดก็ยังมีต้นทุนการผลิตที่สูงกว่าเช่นเดิม เนื่องจากต้นส้มจี๊ดมีการเจริญเติบโตและเริ่มมีทรงพุ่มชิดกันมากขึ้นในปีที่ 2 (ภาพที่ 1) จึงต้องใช้ปัจจัยการผลิตรวมถึงแรงงานในการดูแลจัดการโดยเฉพาะการตัดแต่งกิ่งมากขึ้นเช่นกัน เพื่อไม่ให้ทรงพุ่มชิดกันจนอาจทำให้ผลผลิตลดลงได้ จากการพิจารณาการเจริญเติบโตร่วมกับต้นทุนการผลิตของส้มจี๊ดในระยะ 3 ปีดังกล่าว จึงพบว่าการใช้ระยะปลูก 3x3 เมตรเป็นระยะปลูกที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากส้มจี๊ดมีการเจริญเติบโตให้ผลผลิต/ต้นในปริมาณมากและมีคุณภาพดีอย่างไรก็ดี การให้ผลผลิต/ไร่อาจน้อยกว่าการใช้ระยะปลูกอื่นเนื่องจากมีจำนวนต้นน้อยกว่า แต่ก็ใช้ต้นทุนในการผลิตน้อยกว่าระยะอื่น

ตารางที่ 3 ต้นทุนการผลิตในปีที่ 1, 2 และ 3 และค่าเฉลี่ยทั้ง 3 ปี (มิถุนายน 2556-กันยายน 2558) ของสัมปทานที่ใช้ระยะปลูกต่างๆ  
ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรจันทบุรี

รายการ	กรรมวิธี															
	ระยะ 1.5x1.5 เมตร				ระยะ 2x2 เมตร				ระยะ 2.5x2.5 เมตร				ระยะ 3x3 เมตร			
	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	เฉลี่ย 3 ปี	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	เฉลี่ย 3 ปี	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	เฉลี่ย 3 ปี	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	เฉลี่ย 3 ปี
<b>1. วัสดุการเกษตร</b>																
- ต้นสัมปทาน	14,220	-	-	14,220	8,000	-	-	8,000	5,120	-	-	5,120	3,560	-	-	3,560
- ปุ๋ยเคมี 15-15-15	5,200	5,200	8,160	6,187	2,080	3,120	4,080	3,093	1,040	2,080	3,060	2,060	1,040	2,080	2,040	1,720
- ปุ๋ยคอก	5,005	9,975	11,400	8,793	2,800	5,600	6,400	4,933	1,820	3,605	4,120	3,182	1,260	2,555	2,880	2,232
- Rockphosphate	555	-	-	555	185	-	-	185	185	-	-	185	185	-	-	185
- สารกำจัดศัตรูพืช	1,840	3,150	3,740	2,130	1,450	2,900	2,180	1,787	1,450	1,980	2,180	1,610	1,450	1,450	2,180	1,433
- วัสดุอื่นๆ เช่น ระบบน้ำ ไม้ค้ำต้น ฯลฯ	13,916	-	-	13,916	9,170	-	-	9,170	8,280	-	-	8,280	6,632	-	-	6,632
<b>2. ค่าแรง</b>																
- เตรียมแปลง	2,000	-	-	2,000	2,000	-	-	2,000	2,000	-	-	2,000	2,000	-	-	2,000
- พันสารกำจัดศัตรูพืช	310	430	430	307	170	220	290	143	170	220	290	143	170	220	290	143
- เก็บเกี่ยวดูแลรักษา	3,000	3,600	4,500	3,700	2,400	3,300	4,500	3,400	2,400	3,300	4,000	3,233	2,400	2,700	4,000	2,933
รวมต้นทุนผันแปร	46,046	22,355	28,230	32,210	28,255	15,140	17,450	20,282	22,465	11,185	13,650	15,767	18,697	9,005	11,100	12,817



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

ภาพที่ 1 การเจริญเติบโตของส้มจี๊ดที่ระยะปลูกต่างๆเมื่ออายุ 2 ปีหลังปลูก

(ก) 1.5x1.5 เมตร (ข) 2x2 เมตร (ค) 2.5x2.5 เมตร (ง) 3x3 เมตร

#### การทดลองย่อยที่ 1.2 วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการเตรียมต้นให้พร้อมสำหรับการออกดอก

จากการทดลองใส่ปุ๋ยต่างๆ ให้ส้มจี๊ด ได้แก่ ไม่ใส่ปุ๋ย, ปุ๋ยคอกอย่างเดียว (มูลไก่แกลบหมัก 10 กิโลกรัม/ต้น), ปุ๋ยเคมีสูตร 20-10-10 (300 กรัม/ต้น) และปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 (300 กรัม/ต้น) หลังเก็บเกี่ยวและตัดแต่งกิ่งช่วงเดือนกุมภาพันธ์จึงใส่ปุ๋ยตามกรรมวิธีเพื่อเตรียมต้นให้พร้อมสำหรับการออกดอก จากนั้นจึงเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตตลอดจนการให้ผลผลิต พบว่า ในปีที่ 1 และ 2 ต้นส้มจี๊ดที่ใส่ปุ๋ยตามกรรมวิธีต่างๆ มีการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติในด้านขนาดทรงพุ่ม แต่พบว่า ในปีที่ 3 เริ่มมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยส้มจี๊ดที่ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 และ 20-10-10 มีทรงพุ่มใหญ่ที่สุด เท่ากับ 179.3 และ 171.2 เซนติเมตร ส่วนต้นส้มจี๊ดที่ใส่ปุ๋ยคอกและไม่ใส่ปุ๋ย มีขนาดทรงพุ่มเล็กที่สุดเท่ากับ 148.5 และ 137.9 เซนติเมตร ซึ่งเมื่อเฉลี่ย 3 ปี ส้มจี๊ดที่ใส่ปุ๋ยแบบต่างๆมีความแตกต่างทางสถิติทุกกรรมวิธี โดยส้มจี๊ดที่ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 และ 20-10-10 ยังคงมีทรงพุ่มใหญ่ที่สุด เท่ากับ 147.8 และ 146.8 เซนติเมตร รองลงมาได้แก่ ต้นส้มจี๊ดที่ใส่ปุ๋ยคอกเท่ากับ 130.0 เซนติเมตร และต้นส้มจี๊ดที่ไม่ใส่ปุ๋ยมีขนาดทรงพุ่มเล็กที่สุด เท่ากับ 117.9 เซนติเมตร (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 การเจริญเติบโตในปีที่ 1, 2 และ 3 และค่าเฉลี่ยทั้ง 3 ปี (มิถุนายน 2556-กันยายน 2558) ของ ส้มจี๊ดที่ใส่ปุ๋ยต่างๆเพื่อเตรียมต้นให้พร้อมสำหรับการออกดอก ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตร จันทบุรี

วิธีการใส่ปุ๋ย	เส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่ม (เซนติเมตร)				จำนวนดอก/ต้น			
	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	เฉลี่ย 3 ปี	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	เฉลี่ย 3 ปี
ไม่ใส่ปุ๋ย	96.4	119.4	137.9b	117.9b	81.9b	92.0c	119.3b	97.7c
ใส่ปุ๋ยคอก	108.1	133.3	148.5b	130.0ab	82.3b	97.3bc	121.7b	100.4c
ใส่ปุ๋ยเคมี 20-10-10	106.4	154.3	171.2a	146.8a	89.8ab	102.3b	138.0a	110.0b
ใส่ปุ๋ยเคมี 15-15-15	118.0	154.8	179.3a	147.8a	92.3a	111.7a	145.7a	116.6a
F-test	ns	ns	**	*	*	**	**	**
C.V. (%)	10.6	10.5	6.5	8.2	7.3	4.1	3.5	2.8

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

\* = แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

\*\* = แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ค่าเฉลี่ยในสัปดาห์เดียวกันที่มีตัวอักษรกำกับไม่เหมือนกัน แตกต่างทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี

DMRT (Duncan's Multiple Range Test)

การออกดอก พบว่า ต้นส้มจี๊ดมีการแตกใบอ่อนและออกดอกหนาแน่นตามมาภายหลังใส่ปุ๋ยตามกรรมวิธีประมาณ 3 สัปดาห์ ซึ่งเป็นระยะเวลาที่ใกล้เคียงกันในทุกกรรมวิธี อาจเนื่องจากต้นส้มจี๊ดมีการเจริญเติบโตและสมบูรณ์ใกล้เคียงกันโดยเฉพาะในช่วง 2 ปีแรก และถึงแม้ในปีที่ 3 จะมีการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันบ้าง โดยเฉพาะต้นที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีที่พบว่าการเจริญเติบโตในด้านทรงพุ่มมากกว่าต้นที่ใส่ปุ๋ยคอกและต้นที่ไม่ได้ปุ๋ย แต่ต้นส้มจี๊ดยังคงมีความพร้อมในการออกดอกใกล้เคียงกัน ทั้งนี้ อาจเป็นผลจากการตัดแต่งกิ่งหลังเก็บเกี่ยว เนื่องจากพืชจำพวกส้มและมะนาวมักออกดอกจากยอดอ่อนที่แตกใหม่ (สังคม, 2559) เมื่อตัดแต่งกิ่งพร้อมกันและต้นได้รับน้ำสม่ำเสมอจึงมีการแตกยอดใหม่และออกดอกในระยะเวลาใกล้เคียงกัน ซึ่งดอกที่เกิดพร้อมกับปลายยอดที่ผลิใหม่ (ภาพที่ 2) จะเป็นดอกที่มีคุณภาพสูงกว่าดอกที่เกิดจากตาข้างของใบแก่และดอกที่เกิดในกิ่งที่ไม่มีใบ (พีระศักดิ์, 2559) แต่การใส่ปุ๋ยแบบต่างๆกลับส่งผลต่อจำนวนดอกทั้ง 3 ปี ซึ่งเมื่อนับจำนวนดอก/ต้น พบว่า การออกดอกในแต่ละกรรมวิธีมีความแตกต่างกันทางสถิติในทุกปี โดยต้นที่ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 มีแนวโน้มในการออกดอกจำนวนมากที่สุด รองลงมาได้แก่ ต้นที่ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 20-10-10, ปุ๋ยคอก และต้นที่ไม่ใส่ปุ๋ย เมื่อเฉลี่ยทั้ง 3 ปี พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติคือ ต้นที่ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 มีจำนวนดอก/ต้นมากที่สุด เท่ากับ 116.6 ดอก รองลงมาได้แก่ ต้นที่ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 20-10-10 เท่ากับ 110.0 ดอก ส่วนต้นที่ใส่ปุ๋ยคอกและต้นที่ไม่ใส่ปุ๋ยมีจำนวนดอก/ต้นน้อยที่สุดเท่ากับ 100.4 และ 97.7 ดอก (ตารางที่ 4)



ภาพที่ 2 ลักษณะดอกที่เกิดพร้อมกับปลายยอดที่ผลิใหม่

การให้ผลผลิต พบว่า การปุ๋ยแบบต่างๆมีผลให้ต้นส้มจี๊ดส่วนใหญ่ให้ผลผลิตแตกต่างกันทางสถิติในปีที่ 2 และ 3 ซึ่งในด้านจำนวนผล/ต้น พบว่า ในปีที่ 2 ต้นส้มจี๊ดที่ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 และ 20-10-10 มีจำนวนผล/ต้นมากที่สุด เท่ากับ 93.5 และ 87.7 ผล รองลงมาได้แก่ ต้นที่ใส่ปุ๋ยคอก เท่ากับ 81.7 ผล ส่วนต้นที่ไม่ใส่ปุ๋ยมีจำนวนผล/ต้นน้อยที่สุดเท่ากับ 72.7 ผล ส่วนในปีที่ 3 ต้นที่ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ยังคงมีจำนวนผล/ต้นมากที่สุด เท่ากับ 108.6 ผล รองลงมาได้แก่ ต้นที่ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 20-10-10 และใส่ปุ๋ยคอก เท่ากับ 98.0 และ 93.0 ผล ส่วนต้นที่ไม่ใส่ปุ๋ยมีจำนวนผล/ต้นน้อยที่สุดเท่ากับ 86.3 ผล และเมื่อเฉลี่ยทั้ง 3 ปี ยังคงพบว่า ต้นที่ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 มีจำนวนผล/ต้นมากที่สุด เท่ากับ 93.5 ผล รองลงมาได้แก่ ต้นที่ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 20-10-10 และใส่ปุ๋ยคอก เท่ากับ 87.6 และ 80.9 ผล ส่วนต้นที่ไม่ใส่ปุ๋ยมีจำนวนผล/ต้นน้อยที่สุดเท่ากับ 75.0 ผล ในด้านของน้ำหนัก/ผล พบว่า มีความแตกต่างทางสถิติในปีที่ 2 และ 3 เช่นกัน ในปีที่ 2 พบว่า ต้นที่ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 มีน้ำหนัก/ผลมากกว่ากรรมวิธีอื่น เท่ากับ 19.3 กรัม ส่วนต้นที่ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 20-10-10, ปุ๋ยคอก และไม่ใส่ปุ๋ย มีน้ำหนัก/ผลน้อยที่สุด เท่ากับ 19.5, 19.1 และ 18.5 กรัม ตามลำดับ สำหรับในปีที่ 3 พบว่า ต้นที่ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ยังคงมีน้ำหนัก/ผลมากกว่ากรรมวิธีอื่น เท่ากับ 20.1 กรัม รองลงมาได้แก่ ต้นที่ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 20-10-10 และปุ๋ยคอก เท่ากับ 19.5 และ 19.1 กรัม ส่วนต้นที่ไม่ใส่ปุ๋ยมีน้ำหนัก/ผลน้อยที่สุดเท่ากับ 18.5 กรัม แต่เมื่อเฉลี่ยทั้ง 3 ปี พบว่า ทุกกรรมวิธีทำให้ส้มจี๊ดน้ำหนัก/ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตาม การให้ผลผลิต/ไร่ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติใน 2 ปีแรก แต่มีความแตกต่างกันทางสถิติในปีที่ 3 โดยต้นที่ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 มีน้ำหนักผลผลิต/ไร่มากที่สุด เท่ากับ 1,193.1 กิโลกรัม/ไร่ รองลงมาได้แก่ ต้นที่ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 20-10-10 และใส่ปุ๋ยคอก เท่ากับ 1,157.7 และ 1,073.5 กิโลกรัม/ไร่ ส่วนต้นที่ไม่ใส่ปุ๋ยมีผลผลิต/ไร่น้อยที่สุดเท่ากับ 959.7 กิโลกรัม/ไร่ และเมื่อเฉลี่ย 3 ปี ยังพบความแตกต่างทางสถิติ คือ ต้นที่ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 มีน้ำหนักผลผลิต/ไร่มากที่สุด เท่ากับ 1,094.8 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากต้นส้มจี๊ดที่ใส่ปุ๋ยดังกล่าวมีปริมาณผล/ต้นจำนวนมากกว่ากรรมวิธีอื่น

รองลงมาได้แก่ ต้นที่ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 20-10-10 และใส่ปุ๋ยคอก เท่ากับ 1,042.4 และ 965.4 กิโลกรัม/ไร่ ส่วนต้นที่ไม่ใส่ปุ๋ยมีผลผลิต/ไร่น้อยที่สุดเท่ากับ 898.6 กิโลกรัม/ไร่ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 การให้ผลผลิตในปีที่ 1, 2 และ 3 และค่าเฉลี่ยทั้ง 3 ปี (มิถุนายน 2556-กันยายน 2558) ของ ส้มจี๊ดที่ใส่ปุ๋ยต่างๆเพื่อเตรียมต้นให้พร้อมสำหรับการออกดอก ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรจันทบุรี

วิธีการใส่ปุ๋ย	จำนวนผล/ต้น				น้ำหนัก/ผล (กรัม)				ผลผลิต/ไร่ (กิโลกรัม)			
	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	เฉลี่ย 3 ปี	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	เฉลี่ย 3 ปี	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	เฉลี่ย 3 ปี
ไม่ใส่ปุ๋ย	65.9	72.7b	86.3c	75.0c	14.7	17.9b	18.5b	17.0	820.6	915.5	959.7c	898.6c
ใส่ปุ๋ยคอก	67.9	81.7ab	93.0b	80.9bc	13.6	18.1b	19.1ab	17.0	832.9	989.9	1,073.5b	965.4bc
ใส่ปุ๋ยเคมี 20-10-10	77.1	87.7a	98.0b	87.6ab	13.1	18.5b	19.5ab	17.1	896.6	1,072.8	1,157.7a	1,042.4ab
ใส่ปุ๋ยเคมี 15-15-15	78.4	93.5a	108.6a	93.5a	12.9	19.3a	20.2a	17.5	967.3	1,124.1	1,193.1a	1,094.8a
F-test	ns	*	**	*	ns	*	*	ns	ns	ns	**	*
C.V. (%)	9.0	7.5	3.0	5.5	6.3	2.1	2.8	1.8	6.7	8.4	5.1	5.2

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

\* = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

\*\* = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันที่มีตัวอักษรกำกับไม่เหมือนกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี

DMRT (Duncan's Multiple Range Test)

### การทดลองย่อยที่ 1.3 วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการชักนำออกดอก

จากการทดลองชักนำให้ส้มจี๊ดออกดอกด้วยวิธีต่างๆ ได้แก่ ไม่มีการชักนำ, งดให้น้ำ และงดให้น้ำร่วมกับใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 12-24-12 หลังเก็บเกี่ยวและตัดแต่งกิ่งช่วงเดือนกุมภาพันธ์จึงใส่ปุ๋ย 15-15-15 ร่วมกับปุ๋ยคอก เพื่อเตรียมต้นให้พร้อมสำหรับการออกดอก จากนั้นเมื่อใบเริ่มเพสลาดจึงชักนำให้ออกดอกตามกรรมวิธีในช่วงเดือนเมษายน แล้วจึงเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตตลอดจนการให้ผลผลิต พบว่า ต้นส้มจี๊ดที่มีการชักนำให้ออกดอกตามกรรมวิธีต่างๆ มีการเจริญเติบโตในด้านขนาดทรงพุ่มที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติใน 2 ปีแรก แต่เริ่มพบความแตกต่างทางสถิติในปีที่ 3 ซึ่งพบว่า ส้มจี๊ดที่มีการรดน้ำร่วมกับใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 12-24-12 มีขนาดทรงพุ่มใหญ่ที่สุด เท่ากับ 114.9 เซนติเมตร รองลงมาได้แก่ ต้นส้มจี๊ดที่มีการงดให้น้ำ และไม่มีการชักนำ เท่ากับ 104.1 และ 102.9 เซนติเมตร แต่เมื่อเฉลี่ย 3 ปี กลับพบว่า การชักนำให้ออกดอกทั้ง 3 กรรมวิธีมีผลให้ส้มจี๊ดมีขนาดทรงพุ่มไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 6)



การออกดอก พบว่า ต้นส้มจี๊ดที่มีการชักนำให้ออกดอกแบบต่างๆมีการตอบสนองในลักษณะเดียวกัน คือ ต้นที่ไม่มีการชักนำเริ่มมีการแตกใบอ่อนและออกดอกหนาแน่นตามมาหลังใส่ปุ๋ย 15-15-15 ร่วมกับปุ๋ยคอกเพื่อเตรียมความพร้อมของต้นให้ออกดอกประมาณ 3 สัปดาห์ เช่นเดียวกับการทดลองย่อยที่ 1.2 ส่วนต้นที่มีการชักนำให้ออกดอกด้วยการรดน้ำนั้น หลังจากใบเริ่มเพสลาดและทำการปลิดดอกออก แล้วทำการรดน้ำตามกรรมวิธี พบว่า เมื่อให้น้ำทันทีหลังใบสลดส้มจี๊ดมีการแตกใบอ่อนและออกดอกหนาแน่นภายหลังทำการชักนำประมาณ 3 สัปดาห์ เช่นกัน ทั้งนี้ อาจเนื่องจากธรรมชาติของส้มจี๊ดเป็นพืชที่ออกดอกติดผลได้ตลอดทั้งปีอยู่แล้ว เมื่อได้รับธาตุอาหารที่เพียงพอจากการเตรียมต้นให้พร้อมออกดอกทำให้ต้นมีความสมบูรณ์พร้อมจะผลิใบอ่อนและออกดอกตามมาได้ตลอดเวลา เมื่อชักนำให้ออกดอกด้วยการรดน้ำนั้น ทำให้ส้มจี๊ดพักตัวอยู่ช่วงระยะเวลาหนึ่งระหว่างที่ไม่ได้รับน้ำเพื่อสะสมอาหารเช่นเดียวกับมะนาว (วสันต์, 2547) ปริมาณจิบเบอเรลลินซึ่งเป็นฮอร์โมนที่มีผลยับยั้งการออกดอกในพืชตระกูลส้มลดลง (Guardiola *et al.*, 1982) พืชเกิดความเครียด (สมบุญ, 2544) แต่หลังจากส้มจี๊ดได้รับน้ำเพียงพอจึงมีการแทงยอดใหม่แล้วออกดอกตามมาใช้เวลาใกล้เคียงกันในทุกกรรมวิธี แม้กรรมวิธีที่ 3 จะมีการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 12-24-12 เพื่อช่วยส่งเสริมการสร้างดอกก็ตาม แต่การใส่ปุ๋ยดังกล่าวอาจมีผลต่อจำนวนดอกมากกว่า เมื่อนับจำนวนดอก/ต้น พบว่า ต้นส้มจี๊ดเริ่มมีการให้ดอกจำนวนแตกต่างกันทางสถิติในปีที่ 2 และ 3 โดยในปีที่ 2 พบว่า ส้มจี๊ดที่มีการรดน้ำร่วมกับใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 12-24-12 มีจำนวนดอก/ต้นมากที่สุด เท่ากับ 96.3 ดอก รองลงมาได้แก่ ต้นที่มีการรดน้ำ เท่ากับ 89.8 ดอก ส่วนต้นที่ไม่มีการชักนำมีจำนวนดอกน้อยที่สุด เท่ากับ 79.5 ดอก ส่วนในปีที่ 3 พบว่า ส้มจี๊ดที่มีการรดน้ำร่วมกับใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 12-24-12 และต้นที่มีการรดน้ำอย่างเดียวมีจำนวนดอก/ต้นมากที่สุด เท่ากับ 111.5 และ 102.3 ดอก ส่วนต้นที่ไม่มีการชักนำมีจำนวนดอกน้อยที่สุด เท่ากับ 92.5 ดอก เมื่อเฉลี่ย 3 ปี พบว่า จำนวนดอก/ต้นมีความแตกต่างทางสถิติ คือ ส้มจี๊ดที่มีการรดน้ำร่วมกับใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 12-24-12 มีจำนวนดอก/ต้นมากที่สุด เท่ากับ 95.8 ดอก รองลงมาได้แก่ ต้นที่มีการรดน้ำ เท่ากับ 90.1 ดอก ส่วนต้นที่ไม่มีการชักนำมีจำนวนดอกน้อยที่สุด เท่ากับ 81.0 ดอก (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 การเจริญเติบโตในปีที่ 1, 2 และ 3 และค่าเฉลี่ยทั้ง 3 ปี (มิถุนายน 2556-กันยายน 2558) ของส้มจี๊ดที่ใส่ปุ๋ยต่างๆเพื่อชักนำออกดอก ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรจันทบุรี

วิธีการชักนำ	เส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่ม (เซนติเมตร)				จำนวนดอก/ต้น			
	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	เฉลี่ย 3 ปี	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	เฉลี่ย 3 ปี
ไม่มีการชักนำ	80.6	91.9	102.9b	91.8	70.9	79.5b	92.5b	81.0b
รดให้น้ำ	81.3	92.7	104.1b	92.7	78.3	89.8ab	102.3a	90.1ab
รดให้น้ำ+ปุ๋ยเคมี 12-24-12	81.2	95.7	114.9a	97.3	79.6	96.3a	111.5a	95.8a
F-test	ns	ns	*	ns	ns	*	**	*
C.V. (%)	4.9	6.0	4.3	4.5	8.5	6.9	5.3	6.4

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

\* = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

\*\* = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันที่มีตัวอักษรกำกับไม่เหมือนกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT (Duncan's Multiple Range Test)

การให้ผลผลิต พบว่า ต้นส้มจี๊ดมีจำนวนผล/ต้นแตกต่างกันทางสถิติสอดคล้องกับปริมาณดอก โดยต้นที่มีปริมาณดอกมากก็มีปริมาณผลมากเช่นกัน ดังที่แสดงในปีที่ 2 และ 3 โดยในปีที่ 2 พบว่า ส้มจี๊ดที่มีการรดน้ำร่วมกับใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 12-24-12 มีจำนวนผล/ต้นมากที่สุด เท่ากับ 86.6 ผล ส่วนต้นที่มีการรดน้ำและไม่มีการชักนำมีจำนวนผล/ต้นน้อยที่สุดเท่ากับ 56.8 และ 51.7 ผล เช่นเดียวกับในปีที่ 3 พบว่า ส้มจี๊ดที่มีการรดน้ำร่วมกับใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 12-24-12 ยังคงมีจำนวนผล/ต้นมากที่สุด เท่ากับ 98.4 ผล ส่วนต้นที่มีการรดน้ำและไม่มีการชักนำมีจำนวนผล/ต้นน้อยที่สุดเท่ากับ 69.0 และ 66.6 ผล และเมื่อเฉลี่ย 3 ปี พบว่า การให้จำนวนผล/ต้นของส้มจี๊ด ยังคงมีความแตกต่างทางสถิติ คือ ส้มจี๊ดที่มีการรดน้ำร่วมกับใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 12-24-12 มีจำนวนผล/ต้นมากที่สุด เท่ากับ 81.6 ผล ส่วนต้นที่มีการรดน้ำและไม่มีการชักนำมีจำนวนผล/ต้นน้อยที่สุดเท่ากับ 58.7 และ 56.2 ผล อย่างไรก็ตาม ผลผลิตของแต่ละกรรมวิธีมีน้ำหนัก/ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติในทุกปี ซึ่งเมื่อเฉลี่ย 3 ปี พบว่า ส้มจี๊ดที่มีการรดน้ำร่วมกับใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 12-24-12 มีน้ำหนัก/ผล เท่ากับ 15.6 กรัม ส่วนต้นที่มีการรดน้ำและไม่มีการชักนำมีน้ำหนัก/ผลเท่ากัน คือ 15.4 กรัม แต่เมื่อคิดเป็นน้ำหนักผลผลิต/ไร่ พบว่า ในแต่ละปีส้มจี๊ดมีผลผลิต/ไร่แตกต่างกันทางสถิติในทุกกรรมวิธี เนื่องจากแต่ละกรรมวิธีมีจำนวนผล/ต้นแตกต่างกัน โดยส้มจี๊ดที่มีการรดน้ำร่วมกับใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 12-24-12 ให้ผลผลิต/ไร่ มากที่สุดทุกปี ซึ่งในปีที่ 1 พบว่า ส้มจี๊ดที่มีการรดน้ำร่วมกับใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 12-24-12 มีน้ำหนักผลผลิต/ไร่มากที่สุด เท่ากับ 813.9 กิโลกรัม/ไร่ ส่วนต้นส้มจี๊ดที่มีการรดน้ำและไม่มีการชักนำ มีน้ำหนักผลผลิต/ไร่น้อยที่สุด เท่ากับ 482.4 และ 460.0 กิโลกรัม/ไร่ ในปีที่ 2 พบว่า ส้มจี๊ดที่มีการรดน้ำร่วมกับใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 12-24-12 มีน้ำหนักผลผลิต/ไร่มากที่สุด เท่ากับ 971.2 กิโลกรัม/ไร่ ส่วนต้นส้มจี๊ดที่มีการรดน้ำและไม่มีการชักนำ มีน้ำหนักผลผลิต/ไร่น้อยที่สุด เท่ากับ 604.1 และ 565.7 กิโลกรัม/ไร่ ในปีที่ 3 พบว่า ส้มจี๊ดที่มีการรดน้ำร่วมกับใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 12-24-12 มีน้ำหนักผลผลิต/ไร่มากที่สุด เท่ากับ 997.7 กิโลกรัม/ไร่ ส่วนต้นส้มจี๊ดที่มีการรดน้ำและไม่มีการชักนำ มีน้ำหนักผลผลิต/ไร่น้อยที่สุด เท่ากับ 637.7 และ 601.9 กิโลกรัม/ไร่ เมื่อเฉลี่ย 3 ปี พบว่า ส้มจี๊ดที่มีการรดน้ำร่วมกับใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 12-24-12 มีน้ำหนักผลผลิต/ไร่มากที่สุด เท่ากับ 927.6 กิโลกรัม/ไร่ ส่วนต้นส้มจี๊ดที่มีการรดน้ำและไม่มีการชักนำ มีน้ำหนักผลผลิต/ไร่น้อยที่สุด เท่ากับ 574.8 และ 542.5 กิโลกรัม/ไร่ (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 การให้ผลผลิตในปีที่ 1, 2 และ 3 และค่าเฉลี่ยทั้ง 3 ปี (มิถุนายน 2556-กันยายน 2558) ของ ส้มจี๊ดที่ใส่ปุ๋ยต่างๆเพื่อชักนำออกดอก ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรจันทบุรี

วิธีการชักนำ	จำนวนผล/ต้น				น้ำหนัก/ผล (กรัม)				ผลผลิต/ไร่ (กิโลกรัม)			
	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	เฉลี่ย 3 ปี	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	เฉลี่ย 3 ปี	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	เฉลี่ย 3 ปี
ไม่มีการชักนำ	50.2	51.7b	66.6b	56.2b	14.0	15.3	15.4	14.9	460.0b	565.7b	601.9b	542.5b
รดให้น้ำ	50.3	56.8b	69.0b	58.7b	14.3	15.0	15.4	14.9	482.4b	604.1b	637.7b	574.8b
รดให้น้ำ+ปุ๋ย 12-24-12	59.8	86.6a	98.4a	81.6a	14.4	15.8	16.7	15.6	813.9a	971.2a	997.7a	927.6a
F-test	ns	**	**	**	ns	ns	ns	ns	**	**	**	**
C.V. (%)	11.3	12.9	5.4	8.9	3.5	4.0	5.1	3.6	12.0	12.6	11.8	11.9

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

\*\* = แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ค่าเฉลี่ยในสตรมภ์เดียวกันที่มีตัวอักษรกำกับไม่เหมือนกัน แตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี

DMRT (Duncan's Multiple Range Test)

#### การทดลองย่อยที่ 1.4 วิจัยและพัฒนาการจัดการปุ๋ยในระยะติดผลเพื่อเพิ่มผลผลิต

จากการศึกษาการจัดการปุ๋ยในระยะติดผลเพื่อเพิ่มผลผลิตของส้มจี๊ด โดยการใส่ปุ๋ย 4 รูปแบบ ได้แก่ ไม่มีการใส่ปุ๋ย, ใส่ปุ๋ยคอก อัตรา 10 กิโลกรัม/ต้น, ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 20-10-10 อัตรา 300 กรัม/ต้น และใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 300 กรัม/ต้น พบว่า ในปีที่ 1, 2 และ 3 ต้นส้มจี๊ดมีการเจริญเติบโต ด้านขนาดทรงพุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติในทุกกรรมวิธี เช่นเดียวกับเมื่อเฉลี่ยทั้ง 3 ปี ที่พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 มีแนวโน้มทำให้ส้มจี๊ดมีทรงพุ่มใหญ่ที่สุด เมื่อเฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 90.6 เซนติเมตร รองลงมาได้แก่ การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 20-10-10, ใส่ปุ๋ยคอก และไม่ใส่ปุ๋ย เท่ากับ 88.3, 86.8 และ 86.0 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 การเจริญเติบโตในปีที่ 1, 2 และ 3 และค่าเฉลี่ยทั้ง 3 ปี (มิถุนายน 2556-กันยายน 2558) ของ ส้มจี๊ดที่ใส่ปุ๋ยต่างๆในระยะผลเพื่อเพิ่มผลผลิต ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรจันทบุรี

วิธีการใส่ปุ๋ย	เส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่ม (เซนติเมตร)			
	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	เฉลี่ย 3 ปี
ไม่ใส่ปุ๋ย	49.1	94.3	114.6	86.0
ใส่ปุ๋ยคอก	50.2	95.9	114.2	86.8
ใส่ปุ๋ยเคมี 20-10-10	53.9	96.0	115.0	88.3
ใส่ปุ๋ยเคมี 15-15-15	55.9	96.3	119.6	90.6
F-test	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	7.4	2.0	5.0	2.7

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

\*\* = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันที่มีตัวอักษรกำกับไม่เหมือนกัน แตกต่างทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี

DMRT (Duncan's Multiple Range Test)

การให้ผลผลิต พบว่า หลังจากใส่ปุ๋ยเมื่อส้มจี๊ดติดผลอ่อนได้ประมาณ 2 สัปดาห์เพื่อเพิ่มผลผลิตมีความแตกต่างกันทางสถิติตลอดทั้ง 3 ปี ซึ่งต้นที่มีแนวโน้มเจริญเติบโตดีจะให้ผลผลิตมากกว่า ในด้านจำนวนผล/ต้น พบว่า ในปีที่ 1 ส้มจี๊ดที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 และ สูตร 20-10-10 มีจำนวนผล/ต้นมากที่สุด เท่ากับ 97.7 และ 95.8 ผล รองลงมาได้แก่ การใส่ปุ๋ยคอก เท่ากับ 90.5 ผล และการไม่ใส่ปุ๋ยมีจำนวนผล/ต้นน้อยที่สุด เท่ากับ 80.4 ผล ในปีที่ 2 พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 มีจำนวน ผล/ต้นมากที่สุด เท่ากับ 108.8 ผล รองลงมาได้แก่ การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 20-10-10, ใส่ปุ๋ยคอก และไม่ใส่ปุ๋ย เท่ากับ 101.1, 95.8 และ 89.7 ผล ตามลำดับ และในปีที่ 3 พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ยังมีจำนวน ผล/ต้นมากที่สุด เท่ากับ 121.0 ผล รองลงมาได้แก่ การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 20-10-10, ใส่ปุ๋ยคอก และไม่ใส่ปุ๋ย เท่ากับ 114.3, 109.0 และ 99.8 ผล ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเฉลี่ย 3 ปี ยังพบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 มีจำนวนผล/ต้นมากที่สุด เท่ากับ 109.2 ผล รองลงมาได้แก่ การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 20-10-10, ใส่ปุ๋ยคอก และไม่ใส่ปุ๋ย เท่ากับ 103.7, 98.4 และ 90.0 ผล ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ยแบบต่างๆ ไม่มีผลต่อน้ำหนัก/ผล โดยแต่ละกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างทางสถิติในทุกปี ซึ่งเมื่อเฉลี่ย 3 ปี การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15, การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 20-10-10, ใส่ปุ๋ยคอก และไม่ใส่ปุ๋ย ทำให้ส้มจี๊ดมีน้ำหนัก/ผล เท่ากับ 16.7, 16.5, 16.1 และ 15.8 กรัม ตามลำดับ แต่ทำให้น้ำหนักผลผลิต/ไร่ไม่มีความแตกต่างเนื่องจากแต่ละกรรมวิธีมีจำนวนผลที่ต่างกัน ซึ่งการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 มีผลผลิต/ไร่มากที่สุดในทุกปี โดยในปีที่ 1 พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 มีผลผลิต/ไร่มากที่สุด เท่ากับ 252.6 กิโลกรัม รองลงมาได้แก่ การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 20-10-10, ใส่ปุ๋ยคอก และไม่ใส่ปุ๋ย เท่ากับ 241.2, 223.0 และ 194.0 กิโลกรัม ตามลำดับ เช่นเดียวกับในปีที่ 2 พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมี

สูตร 15-15-15 มีผลผลิต/ไร่มากที่สุด เท่ากับ 834.3 กิโลกรัม รองลงมาได้แก่ การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 20-10-10 เท่ากับ 622.2 กิโลกรัม ส่วนการใส่ปุ๋ยคอกและไม่ใส่ปุ๋ยให้ผลผลิต/ไร่น้อยที่สุด เท่ากับ 463.9 และ 331.0 กิโลกรัม และในปีที่ 3 พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 มีผลผลิต/ไร่มากที่สุด เท่ากับ 897.2 กิโลกรัม รองลงมาได้แก่ การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 20-10-10, ใส่ปุ๋ยคอก และไม่ใส่ปุ๋ย เท่ากับ 659.8, 516.3 และ 367.2 กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเฉลี่ย 3 ปี ยังพบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 มีผลผลิต/ไร่มากที่สุด เท่ากับ 661.4 กิโลกรัม รองลงมาได้แก่ การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 20-10-10, ใส่ปุ๋ยคอก และไม่ใส่ปุ๋ย เท่ากับ 507.7, 401.1 และ 297.4 ตามลำดับ (ตารางที่ 3) เนื่องจากสัมพันธ์เป็นพืชที่ติดผลจำนวนมาก การใส่ปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยคอกทำให้สัมพันธ์มีพัฒนาการของต้นและผลผลิตที่สมบูรณ์ไปพร้อมๆกัน แต่การใส่ปุ๋ยที่มีไนโตรเจนมากเกินไปในระยะที่พืชติดผลจะทำให้ผลร่วงได้ (มุกดา, 2544) ส่วนการไม่ใส่ปุ๋ยในระยะให้ผลผลิตอาจทำให้ต้นสัมพันธ์มีธาตุอาหารไม่เพียงพอในการพัฒนาของผลได้ ในพืชตระกูลส้ม ผลจะมีขนาดเล็ก น้ำหนักน้อย และอาจหลุดร่วงก่อนสุกแก่และเก็บเกี่ยวได้ เนื่องจากขาดธาตุโพแทสเซียม (Koo, 1985) ต้นที่ไม่ใส่ปุ๋ยชนิดใดเลยจึงมีปริมาณผลผลิตต่ำกว่าต้นที่มีการใส่ปุ๋ย (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 9 การให้ผลผลิตในปีที่ 1, 2 และ 3 และค่าเฉลี่ยทั้ง 3 ปี (มิถุนายน 2556-กันยายน 2558) ของสัมพันธ์ที่ใส่ปุ๋ยต่างๆในระยะผลเพื่อเพิ่มผลผลิต ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรจันทบุรี

วิธีการใส่ปุ๋ย	จำนวนผล/ต้น				น้ำหนัก/ผล (กรัม)				ผลผลิต/ไร่ (กิโลกรัม)			
	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	เฉลี่ย 3 ปี	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	เฉลี่ย 3 ปี	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	เฉลี่ย 3 ปี
ไม่ใส่ปุ๋ย	80.4b	89.7d	99.8c	90.0c	13.3	14.9	19.0	15.8	194.0c	331.0c	367.2c	297.4c
ใส่ปุ๋ยคอก	90.5ab	95.8c	109.0b	98.4b	13.8	15.3	19.1	16.1	223.0b	463.8c	516.3bc	401.1bc
ใส่ปุ๋ยเคมี 20-10-10	95.8a	101.1b	114.3ab	103.7ab	14.1	15.6	19.8	16.5	241.2ab	622.2b	659.8b	507.7b
ใส่ปุ๋ยเคมี 15-15-15	97.7a	108.8a	121.0a	109.2a	14.2	15.8	20.2	16.7	252.6a	834.4a	897.2a	661.4a
F-test	*	**	**	**	ns	ns	ns	ns	**	**	**	**
C.V. (%)	5.7	2.7	3.3	3.5	2.7	4.7	3.2	2.5	6.0	13.5	14.7	11.7

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

\* = แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

\*\* = แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันที่มีตัวอักษรกำกับไม่เหมือนกัน แตกต่างทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี

DMRT (Duncan's Multiple Range Test)

## การทดลองที่ 2 การศึกษากรรมวิธีการแปรรูปและการใช้ประโยชน์จากส้มจี๊ด

### การทดลองย่อยที่ 2.1 การศึกษากรรมวิธีการแปรรูปส้มจี๊ด

#### 2.1.1 ศึกษากระบวนการที่เหมาะสมในการผลิตน้ำส้มจี๊ดพร้อมดื่ม

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ในกระบวนการผลิตน้ำส้มจี๊ดพร้อมดื่มแบบต่างๆ พบว่า ค่าคะแนนการยอมรับทางด้านสี กลิ่น ความเปรี้ยว และความชอบรวม ไม่มีความแตกต่างทางสถิติในทุกกรรมวิธี แต่มีคะแนนการยอมรับทางด้านความหวานแตกต่างกันทางสถิติ คือ การทำน้ำส้มจี๊ดพร้อมดื่มด้วยสูตรที่ 1 โดยผสมน้ำส้มจี๊ด 120 กรัม น้ำสะอาด 750 กรัม น้ำตาล 140 กรัม เกลือ 3 กรัม และนำไปฆ่าเชื้อแบบสเตอริไรส์ ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที และการใช้สูตรเดียวกันแต่นำไปฆ่าเชื้อแบบพาสเจอร์ไรส์ ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที มีคะแนนความชอบทางด้านความหวานมากที่สุด เท่ากับ 7.23 และ 7.17 คะแนน ตามลำดับ ส่วนการทำน้ำส้มจี๊ดพร้อมดื่มด้วยสูตรที่ 2 โดยผสมน้ำส้มจี๊ด 80 กรัม น้ำสะอาด 750 กรัม น้ำตาล 140 กรัม เกลือ 3 กรัม และนำไปฆ่าเชื้อแบบพาสเจอร์ไรส์ ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที และการใช้สูตรเดียวกันแต่นำไปฆ่าเชื้อแบบสเตอริไรส์ ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที มีคะแนนความชอบทางด้านความหวานน้อยที่สุด เท่ากับ 6.63 และ 6.50 คะแนน ตามลำดับ (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำส้มจี๊ดพร้อมดื่ม

กรรมวิธี	ลักษณะคุณภาพทางประสาทสัมผัส (คะแนน)				
	สี <sup>ns</sup>	กลิ่น <sup>ns</sup>	ความหวาน	ความเปรี้ยว <sup>ns</sup>	ความชอบรวม <sup>ns</sup>
สูตรที่ 1 ฆ่าเชื้อที่ 80 °C นาน 1 นาที	6.70	6.70	7.17 a	6.87	7.30
สูตรที่ 1 ฆ่าเชื้อที่ 100 °C นาน 5 นาที	6.23	6.80	7.23 a	6.97	7.43
สูตรที่ 2 ฆ่าเชื้อที่ 80 °C นาน 1 นาที	6.70	7.03	6.63 b	6.33	7.30
สูตรที่ 2 ฆ่าเชื้อที่ 100 °C นาน 5 นาที	6.70	6.80	6.50 b	6.47	7.00

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันที่มีตัวอักษรกำกับไม่เหมือนกัน แตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การตรวจสอบคุณภาพทางเคมี พบว่า น้ำส้มจี๊ดที่ผ่านกระบวนการผลิตแบบต่างๆมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดทั้งหมด ไม่แตกต่างกันทางสถิติในทุกกรรมวิธี (ตารางที่ 11) แต่เมื่อตรวจสอบจุลินทรีย์ทั้งหมด หลังเก็บรักษานาน 7 วัน พบว่า การทำน้ำส้มจี๊ดพร้อมดื่มด้วยสูตรที่ 1 โดยผสมน้ำส้มจี๊ด 120 กรัม น้ำสะอาด 750 กรัม น้ำตาล 140 กรัม เกลือ 3 กรัม และนำไปฆ่าเชื้อแบบพาสเจอร์ไรส์ ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที พบจุลินทรีย์ ยีสต์และรา ในวันที่ 7 โดยมีจุลินทรีย์ทั้งหมดปริมาณ 2 โคโลนีต่อมิลลิลิตร (ตารางที่ 12) และมียีสต์และรา ปริมาณ 1 โคโลนีต่อมิลลิลิตร ขณะที่ไม่พบจุลินทรีย์ทั้งหมดในกระบวนการอื่นๆ เมื่อเก็บรักษานาน 7 วัน (ตารางที่ 13) ดังนั้น แม้การยอมรับของผู้บริโภคในด้านความชอบรวมจะมีคะแนนไม่แตกต่างกันทางสถิติในทุกกรรมวิธี แต่การ

ทำน้ำส้มจืดพร้อมดื่มด้วยสูตรที่ 1 โดยผสมน้ำส้มจืด 120 กรัม น้ำสะอาด 750 กรัม น้ำตาล 140 กรัม เกลือ 3 กรัม และนำไปฆ่าเชื้อแบบสเตอริไรส์ ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที มีคะแนนความชอบรวมมากที่สุด ทั้งยังเก็บรักษาได้นาน จึงเป็นกระบวนการผลิตน้ำส้มจืดพร้อมดื่มที่เหมาะสมที่สุด

ตารางที่ 11 ผลการตรวจสอบคุณภาพทางเคมีของน้ำส้มจืดพร้อมดื่ม

กรรมวิธี	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (°Brix) <sup>ns</sup>	ความเป็นกรด-ต่าง (pH) <sup>ns</sup>	ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ) <sup>ns</sup>
สูตรที่ 1 ฆ่าเชื้อที่ 80 °C นาน 1 นาที	16.5	2.06	0.814
สูตรที่ 1 ฆ่าเชื้อที่ 100 °C นาน 5 นาที	16.5	2.11	0.922
สูตรที่ 2 ฆ่าเชื้อที่ 80 °C นาน 1 นาที	15.5	2.11	0.795
สูตรที่ 2 ฆ่าเชื้อที่ 100 °C นาน 5 นาที	15.5	2.23	0.839

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 12 ผลการตรวจสอบจุลินทรีย์ทั้งหมดของน้ำส้มจืดพร้อมดื่ม

กรรมวิธี	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนีต่อมิลลิลิตร) ที่อายุเก็บรักษาต่างกัน (วัน)			
	0	3	5	7
สูตรที่ 1 ฆ่าเชื้อที่ 80 °C นาน 1 นาที	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	2
สูตรที่ 1 ฆ่าเชื้อที่ 100 °C นาน 5 นาที	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
สูตรที่ 2 ฆ่าเชื้อที่ 80 °C นาน 1 นาที	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
สูตรที่ 2 ฆ่าเชื้อที่ 100 °C นาน 5 นาที	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

ตารางที่ 13 ผลการตรวจสอบปริมาณยีสต์และราของน้ำส้มจืดพร้อมดื่ม

กรรมวิธี	ปริมาณยีสต์และรา (โคโลนีต่อมิลลิลิตร) ที่อายุเก็บรักษาต่างกัน (วัน)			
	0	3	5	7
สูตรที่ 1 ฆ่าเชื้อที่ 80 °C นาน 1 นาที	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	1
สูตรที่ 1 ฆ่าเชื้อที่ 100 °C นาน 5 นาที	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
สูตรที่ 2 ฆ่าเชื้อที่ 80 °C นาน 1 นาที	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
สูตรที่ 2 ฆ่าเชื้อที่ 100 °C นาน 5 นาที	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

### 2.1.2 ศึกษาปริมาณเพคตินที่เหมาะสมในการผลิตแยมส้มจี๊ด

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ในผลิตภัณฑ์แยมส้มจี๊ดที่มีการเติมเพคตินปริมาณต่างๆ พบว่า ค่าคะแนนการยอมรับทางด้านสี รสชาติ ความหวาน ความเปรี้ยว การแผ่กระจาย และความชอบรวม ไม่มีความแตกต่างทางสถิติในทุกกรรมวิธี (ตารางที่ 14) แต่มีความแตกต่างทางสถิติในด้านคุณภาพทางกายภาพ คือ ค่าสี และเนื้อสัมผัส (Hardness) ของแยม โดยค่าสีนั้นพบว่า ค่า L ซึ่งแสดงค่าความสว่างของแยมที่ใส่เพคตินร้อยละ 1.25 มีมากที่สุด รองลงมา คือ เพคตินร้อยละ 1 และร้อยละ 0.75 เท่ากับ 27.81, 23.44 และ 15.85 ตามลำดับ ส่วนค่า a ของแยมที่ใส่เพคตินร้อยละ 0.75 มีค่ามากที่สุด รองลงมา คือ เพคตินร้อยละ 1.25 และร้อยละ 1 เท่ากับ 0.75, -1.59 และ -4.95 ตามลำดับ สำหรับค่า b ของแยมที่ใส่เพคตินปริมาณต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนเนื้อสัมผัสของแยมที่ใส่เพคตินปริมาณต่างๆ มีความแตกต่างกันทางสถิติ คือ เมื่อเติมเพคตินมากขึ้นจะทำให้เนื้อแยมมีเนื้อสัมผัสที่แข็งขึ้น โดยการเติมเพคตินร้อยละ 1.25 มีค่า Hardness มากที่สุด เท่ากับ 0.24 โดยเนื้อแยมมีความแข็งกว่ากรรมวิธีอื่น รองลงมาคือเพคตินร้อยละ 1 เท่ากับ 0.21 และเพคตินร้อยละ 0.75 เท่ากับ 0.05 ที่มีเนื้อแยมที่อ่อนนุ่มลงตามลำดับ (ตารางที่ 15)

ตารางที่ 14 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแยมส้มจี๊ด

ปริมาณเพคติน (ร้อยละ)	ลักษณะคุณภาพทางประสาทสัมผัส (คะแนน)					
	สี <sup>ns</sup>	รสชาติ <sup>ns</sup>	ความหวาน <sup>ns</sup>	ความเปรี้ยว <sup>ns</sup>	การแผ่กระจาย <sup>ns</sup>	ความชอบรวม <sup>ns</sup>
0.75	7.23	6.90	6.77	6.57	6.77	7.07
1	6.80	7.03	6.93	6.47	6.50	7.07
1.25	6.87	6.80	6.80	6.57	6.47	6.67

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 15 ผลการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของแยมส้มจี๊ด

ปริมาณเพคติน (ร้อยละ)	ค่าสี			Hardness
	L	a	b <sup>ns</sup>	
0.75	15.85 c	0.75 a	7.15	0.05 c
1	23.44 b	-4.95 c	8.61	0.21 b
1.25	27.81 a	-1.59 b	8.43	0.24 a

หมายเหตุ Hunter color value; L : lightness (100=light , 0 = dark)  
a : + show redness , - show greenness  
b : + show yellowness , - show blueness

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ



ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันที่มีตัวอักษรกำกับไม่เหมือนกัน แตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การตรวจสอบคุณภาพทางเคมี พบว่า แยมส้มจี๊ดที่ใส่เพคตินปริมาณต่างๆ มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้และค่าความเป็นกรด-ด่าง ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีปริมาณกรดทั้งหมด แตกต่างกันทางสถิติ คือ การใส่เพคติน ร้อยละ 0.75 มีปริมาณกรดมากที่สุดเท่ากับ ร้อยละ 0.12 ส่วนการใส่ เพคตินร้อยละ 1 และ 1.25 มีปริมาณกรดทั้งหมดน้อยที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 0.09 (ตารางที่ 16) นอกจากนี้ ไม่พบจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์แยมส้มจี๊ดที่ใส่เพคตินปริมาณต่างๆ (ตารางที่ 17) ทั้งนี้ เพคตินเป็นสารโพลีแซคคาไรด์ที่มีการพองตัวเป็นเจลเมื่อละลายน้ำ เพิ่มความหนืดและความคงตัวในผลิตภัณฑ์ต่างๆ (Arbuckle, 1986) เมื่อเติมเพคตินในปริมาณมากขึ้นจะทำให้เนื้อสัมผัสของแยมมีความแข็งตัวมากและแผ่กระจายตัวได้ไม่ดี แม้การเติมเพคตินร้อยละ 0.75 และ 1 ในการผลิตแยมส้มจี๊ดจะให้ค่าการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยเฉพาะความชอบรวม แต่การใส่ในปริมาณน้อยทำให้ประหยัดต้นทุนวัตถุดิบในการผลิต การเติมเพคตินร้อยละ 0.75 ยังทำให้เนื้อแยมไม่แข็งตัวจนเกินไป แผ่กระจายตัวได้ดี มีสีของแยมและความเปรี้ยวที่ได้การยอมรับจากผู้ทดสอบมากกว่า การใส่เพคตินร้อยละ 0.75 จึงเหมาะสมในการผลิตแยมส้มจี๊ดมากที่สุด

ตารางที่ 16 ผลการตรวจสอบคุณภาพทางเคมีของแยมส้มจี๊ด

ปริมาณเพคติน (ร้อยละ)	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (°Brix) <sup>ns</sup>	ความเป็นกรด-ด่าง (pH) <sup>ns</sup>	ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ)
0.75	64	2.84	0.12 a
1	59	2.87	0.09 b
1.25	62	2.84	0.09 b

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันที่มีตัวอักษรกำกับไม่เหมือนกัน แตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 17 ผลการตรวจสอบจุลินทรีย์ของแยมส้มจี๊ด

ปริมาณเพคติน (ร้อยละ)	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนีต่อกรัม)	ปริมาณยีสต์และรา (โคโลนีต่อกรัม)
0.75	ไม่พบ	ไม่พบ
1	ไม่พบ	ไม่พบ
1.25	ไม่พบ	ไม่พบ

### 2.1.3 ศึกษาความเข้มข้นของน้ำเชื่อมในการแช่ส้มเปลือกส้มจัดสำหรับการผลิตมาร์มาเลดส้มจัด

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมาร์มาเลดส้มจัด ในผลิตภัณฑ์มาร์มาเลดที่ใส่เปลือกส้มจัดแช่ส้มที่ความเข้มข้นต่างๆ พบว่า ค่าคะแนนการยอมรับทางด้านสี รสชาติ ความหวาน ความเปรี้ยว และความชอบรวม ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ยกเว้นในด้านการแผ่กระจายที่พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ คือ มาร์มาเลดที่ใส่เปลือกส้มจัดแช่ส้มที่ความเข้มข้นร้อยละ 35 °Brix มีคะแนนการยอมรับจากผู้ทดสอบมากที่สุด เท่ากับ 7.53 คะแนน ส่วนที่ความเข้มข้นร้อยละ 45 และ 40 °Brix มีคะแนนการยอมรับน้อยที่สุด เท่ากับ 6.37 และ 6.30 คะแนน (ตารางที่ 18) การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ พบว่า มีความแตกต่างทางสถิติในด้านค่าสี และเนื้อสัมผัส (Hardness) โดยค่าสีนั้น พบว่า ค่า L ซึ่งแสดงค่าความสว่างของมาร์มาเลดที่ใส่เปลือกส้มจัดแช่ส้มที่ความเข้มข้นร้อยละ 40 และ 45 °Brix มีค่ามากที่สุด เท่ากับ 18.97 และ 17.89 ส่วนที่ความเข้มข้นร้อยละ 35 °Brix มีค่าความสว่างน้อยที่สุด เท่ากับ 14.37 ค่า a ของมาร์มาเลดที่ใส่เปลือกส้มจัดแช่ส้มที่ความเข้มข้นร้อยละ 35 °Brix มีค่ามากที่สุด เท่ากับ -3.80 รองลงมาคือ ความเข้มข้นร้อยละ 40 เท่ากับ -4.15 และที่ความเข้มข้น 45 °Brix มีค่า a น้อยที่สุดเท่ากับ -4.44 สำหรับค่า b ของมาร์มาเลดที่ใส่เปลือกส้มจัดแช่ส้มที่ความเข้มข้นร้อยละ 40 °Brix มีค่ามากที่สุด เท่ากับ 11.33 รองลงมา คือ ความเข้มข้นร้อยละ 45 และ 35 °Brix เท่ากับ 10.33 และ 9.89 ส่วนในด้านเนื้อสัมผัส พบว่า มาร์มาเลดมีค่า Hardness มากขึ้นเมื่อใส่เปลือกส้มจัดแช่ส้มที่มีความเข้มข้นมากขึ้น โดย มาร์มาเลดที่ใส่เปลือกส้มจัดแช่ส้มที่ความเข้มข้นร้อยละ 45 °Brix มีค่า Hardness มากที่สุด เท่ากับ 0.70 รองลงมาคือ ที่ความเข้มข้น 40 °Brix เท่ากับ 0.43 ส่วนที่ความเข้มข้น 35 °Brix มีค่า Hardness น้อยที่สุดเท่ากับ 0.19 (ตารางที่ 19)

ตารางที่ 18 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมาร์มาเลดส้มจัด

ความเข้มข้นของน้ำเชื่อม ที่ใช้แช่ส้มเปลือกส้มจัด (°Brix)	ลักษณะคุณภาพทางประสาทสัมผัส (คะแนน)				
	สี <sup>ns</sup>	รสชาติ <sup>ns</sup>	ความหวาน <sup>ns</sup>	ความเปรี้ยว <sup>ns</sup>	ความชอบรวม <sup>ns</sup>
35	7.20	6.73	6.50	6.40	7.23
40	7.10	6.93	6.67	6.47	6.87
45	7.07	7	6.43	6.27	6.93

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 19 ผลการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของมาร์มาเลดส้มจัด

ความเข้มข้นของน้ำเชื่อมที่ใช้แช่ส้มเปลือกส้มจัด (°Brix)	Hardness
35	0.19 b
40	0.43 ab
45	0.70 a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันที่มีตัวอักษรกำกับไม่เหมือนกัน แตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การตรวจสอบคุณภาพทางเคมี พบว่า มาร์มาเลดที่ใส่เปลือกส้มจัดแช่ส้มที่ความเข้มข้นต่างๆไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งในด้านปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ยกเว้นปริมาณกรดทั้งหมด มีความแตกต่างกันทางสถิติ คือ มาร์มาเลดที่ใส่เปลือกส้มจัดแช่ส้มที่ความเข้มข้น 40 °Brix มีปริมาณกรดมากที่สุด เท่ากับ ร้อยละ 0.90 รองลงมาคือ ความเข้มข้นร้อยละ 35 °Brix เท่ากับร้อยละ 0.77 และที่ความเข้มข้น 45 °Brix มีปริมาณกรดทั้งหมดน้อยที่สุดเท่ากับ ร้อยละ 0.67 (ตารางที่ 20) นอกจากนี้ ไม่พบจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์มาร์มาเลดที่ใส่เปลือกส้มจัดแช่ส้มที่ความเข้มข้นต่างๆ (ตารางที่ 21) ทั้งนี้ แม้ผู้ทดสอบจะให้การยอมรับด้านสีและรสชาติต่างๆของมาร์มาเลดที่ใส่เปลือกส้มจัดแช่ส้มที่ความเข้มข้นต่างๆ ไม่แตกต่างกัน แต่มาร์มาเลดที่ใส่เปลือกส้มจัดแช่ส้มที่ความเข้มข้นร้อยละ 35 มีคะแนนความชอบรวมมากที่สุด อาจเนื่องจากองค์ประกอบด้านเนื้อสัมผัสของ มาร์มาเลดมีความแข็งตัวน้อยจึงมีการแผ่กระจายตัวได้ดีด้วย การใส่เปลือกส้มจัดแช่ส้มที่ความเข้มข้นร้อยละ 35 จึงเหมาะสมในการผลิตมาร์มาเลดส้มจัดที่สุด

ตารางที่ 20 ผลการตรวจสอบคุณภาพทางเคมีของมาร์มาเลดส้มจัด

ความเข้มข้นของน้ำเชื่อมที่ใช้แช่ส้มเปลือกส้มจัด (°Brix)	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (°Brix) <sup>ns</sup>	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) <sup>ns</sup>	ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ)
35	62	2.81	0.77 ab
40	58	2.79	0.90 a
45	59	2.81	0.67 b

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันที่มีตัวอักษรกำกับไม่เหมือนกัน แตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 21 ผลการตรวจสอบจุลินทรีย์ของมาร์มาเลดส้มจัด

ความเข้มข้นของน้ำเชื่อมที่ใช้แช่ส้มเปลือกส้มจัด (°Brix)	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	ปริมาณยีสต์และรา (CFU/g)
35	ไม่พบ	ไม่พบ
40	ไม่พบ	ไม่พบ
45	ไม่พบ	ไม่พบ

#### 2.1.4 ศึกษาปริมาณคาราจีแนนที่เหมาะสมในการผลิตเยลลี่ส้มจัด

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเยลลี่ส้มจัดที่เติมคาราจีแนนปริมาณต่างๆ พบว่า ค่าคะแนนการยอมรับทางด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่ในด้านสี พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติ คือ เยลลี่ส้มจัดที่ใส่คาราจีแนนร้อยละ 1.5 และ 1 มีคะแนนการยอมรับจากผู้ทดสอบมากที่สุด เท่ากับ 8.07 และ 7.87 คะแนน ส่วนการใส่คาราจีแนนร้อยละ 2 มีคะแนน

การยอมรับน้อยที่สุด เท่ากับ 7.43 คะแนน (ตารางที่ 22) ซึ่งเมื่อตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพในด้านค่าสีของเยลลี่ส้มจี๊ด พบว่า การเติมคาราจีแนนมากขึ้นทำให้เยลลี่มีสีอ่อนลง โดยค่า L ของสีเยลลี่มีความแตกต่างกันทางสถิติ คือ เยลลี่ที่ใส่คาราจีแนนร้อยละ 2 มีค่า L ที่แสดงความสว่างมากที่สุดเท่ากับ 15.96 รองลงมา คือ คาราจีแนนร้อยละ 1.5 เท่ากับ 13.65 และคาราจีแนนร้อยละ 1 มีค่า L น้อยที่สุด เท่ากับ 11.34 ส่วนค่า a และ b ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 23) การเติมคาราจีแนนมากหรือน้อยเกินไปจึงมีผลต่อการยอมรับทางด้านสีของผู้ทดสอบ เช่นเดียวกับคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของเยลลี่ส้มจี๊ดที่แม้ผู้ทดสอบจะให้การยอมรับไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่เมื่อตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพพบว่า ด้าน Hardness Gumminess และ Springiness ของเยลลี่ส้มจี๊ดที่ใส่คาราจีแนนปริมาณต่างๆ มีความแตกต่างกันทางสถิติ คือ ค่า Hardness ของเยลลี่ส้มจี๊ดที่ใส่คาราจีแนนร้อยละ 1.5 มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 1.24 คือเนื้อเยลลี่ค่อนข้างแข็งและไม่อ่อนนุ่มเกินไป รองลงมาคือการเติมคาราจีแนนร้อยละ 2 เท่ากับ 0.78 และ การเติมคาราจีแนนร้อยละ 1 มีค่า Hardness น้อยที่สุดเท่ากับ 0.34 ซึ่งทำให้เนื้อเยลลี่ค่อนข้างอ่อนนุ่ม ค่า Gumminess ของเยลลี่ส้มจี๊ดที่ใส่คาราจีแนนร้อยละ 1.5 และ 2 มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 0.12 และ 0.10 คือเนื้อ เยลลี่ค่อนข้างมีความเหนียวแต่แตกตัวได้ดีพร้อมกลืน ส่วนการเติมคาราจีแนนร้อยละ 1 มี ค่า Gumminess น้อยที่สุดเท่ากับ 0.05 คือเนื้อเยลลี่มีการแตกตัวเร็วและมากเกินไป และค่า Springiness ของเยลลี่ส้มจี๊ดที่ใส่คาราจีแนนร้อยละ 1.5 มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 4.82 คือเนื้อเยลลี่ค่อนข้างมีความยืดหยุ่นมากและคงรูปได้ดี ส่วนเยลลี่ที่ใส่คาราจีแนนร้อยละ 1 และ 2 มีค่า Springiness น้อยที่สุด เท่ากับ 2.76 และ 2.48 คือเนื้อเยลลี่มีความยืดหยุ่นน้อย คงรูปน้อยกว่า และเสียรูปทรงง่ายกว่าเมื่อออกแรงกด อย่างไรก็ตามการเติมคาราจีแนนปริมาณต่างๆไม่มีผลต่อเนื้อสัมผัสด้านการเคี้ยวและความหนึบที่บอกถึงการเกาะตัวกันเองของเนื้ออาหาร โดยพบว่าค่า Chewiness และ Cohesiveness ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 24)

ตารางที่ 22 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเยลลี่ส้มจี๊ด

ปริมาณคาราจีแนน (ร้อยละ)	ลักษณะคุณภาพทางประสาทสัมผัส (คะแนน)			
	สี	รสชาติ <sup>ns</sup>	เนื้อสัมผัส <sup>ns</sup>	ความชอบรวม <sup>ns</sup>
1	7.87 a	7.60	7.10	7.57
1.5	8.07 a	7.40	7.40	7.90
2	7.43 b	7.43	7.20	7.60

หมายเหตุ

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันที่มีตัวอักษรกำกับไม่เหมือนกัน แตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 23 ผลการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของเยลลี่ส้มจี๊ด

ปริมาณคาราจีแนน (ร้อยละ)	ค่าสี		
	L	a <sup>ns</sup>	b <sup>ns</sup>
1	11.34 c	-4.35	1.23
1.5	13.65 b	-4.59	0.43
2	15.96 a	-4.35	1.42

หมายเหตุ Hunter color value; L : lightness (100=light , 0 = dark)  
a : + show redness , - show greenness  
b : + show yellowness , - show blueness  
ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ  
ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันที่มีตัวอักษรกำกับไม่เหมือนกัน แตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 24 ผลการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพด้านเนื้อสัมผัสของเยลลี่ส้มจี๊ด

ปริมาณคาราจีแนน (ร้อยละ)	Hardness	Gumminess	Chewiness <sup>ns</sup>	Springiness	Cohesiveness <sup>ns</sup>
1	0.34 c	0.05 b	0.23	2.76 b	0.13
1.5	1.24 a	0.12 a	0.33	4.82 a	0.09
2	0.78 b	0.10 a	0.26	2.48 b	0.15

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ  
ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันที่มีตัวอักษรกำกับไม่เหมือนกัน แตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การตรวจสอบคุณภาพทางเคมีของเยลลี่ส้มจี๊ด พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดทั้งหมดที่ศึกษา ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ปริมาณของแข็งที่ละลายได้มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยเยลลี่ส้มจี๊ดที่ใส่คาราจีแนนร้อยละ 2 มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้มากที่สุดเท่ากับ 31 °Brix รองลงมาคือการเติมคาราจีแนนร้อยละ 1.5 เท่ากับ 30.66 °Brix ส่วนการเติมคาราจีแนนร้อยละ 1 มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้น้อยที่สุดเท่ากับ 29.33 °Brix (ตารางที่ 25) ทั้งนี้ เยลลี่ส้มจี๊ดที่เติมคาราจีแนนปริมาณต่างๆ มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่พบเท่ากัน คือ น้อยกว่า 30 โคโลนีต่อกรัม และไม่พบยีสต์และรา (ตารางที่ 26) จากการทดลองจะเห็นว่าคาราจีแนนมีผลต่อเนื้อสัมผัสหลายด้านของเยลลี่ คาราจีแนนในรูปสารละลายมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์เยลลี่เกิดการแข็งตัวเป็นเจล (นิชิยา. 2545) เมื่อความเข้มข้นของคาราจีแนนสูงขึ้น จึงทำให้เจลมีโครงสร้างแข็งแรงขึ้น (Nishinari *et al*, 1990) การเติมคาราจีแนนร้อยละ 1.5 ทำให้เยลลี่มีเนื้อสัมผัสที่ไม่อ่อนนุ่มหรือแข็งจนเกินไป มีความเหนียวพอเหมาะ และยืดหยุ่นดีผลิตภัณฑ์จึง

คงรูปได้ดี มีผู้ทดสอบให้คะแนนเนื้อสัมผัสและความชอบรวมมาก จึงเป็นปริมาณคาราจีแนนที่เหมาะสมต่อการผลิตเยลลี่ส้มจี๊ดมากที่สุด

ตารางที่ 25 ผลการตรวจสอบคุณภาพทางเคมีของเยลลี่ส้มจี๊ด

ปริมาณคาราจีแนน (ร้อยละ)	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (°Brix)	ค่าความเป็นกรด-ต่าง (pH) <sup>ns</sup>	ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ) <sup>ns</sup>
1	29.33 b	0.39	2.61
1.5	30.66 ab	0.07	2.65
2	31 a	0.41	2.63

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ  
ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันที่มีตัวอักษรกำกับไม่เหมือนกัน แตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 26 ผลการตรวจสอบจุลินทรีย์ของเยลลี่ส้มจี๊ด

ปริมาณคาราจีแนน (ร้อยละ)	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	ปริมาณยีสต์และรา (CFU/g)
1	<30	ไม่พบ
1.5	<30	ไม่พบ
2	<30	ไม่พบ

### 2.15 ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการผลิตส้มจี๊ดแช่อิ่มอบแห้ง

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ในผลิตภัณฑ์ส้มจี๊ดแช่อิ่มที่ใช้ระยะเวลาอบแห้งต่าง ๆ กัน พบว่า ค่าคะแนนการยอมรับทางด้านรสชาติ และเนื้อสัมผัส ไม่มีความแตกต่างทางสถิติในทุกรวมวิธี แต่มีความแตกต่างกันทางสถิติในด้านสีและความชอบรวม คือ การอบนาน 5 และ 6 ชั่วโมง มีคะแนนการยอมรับในด้านสีจากผู้บริโภคมากที่สุด เท่ากับ 6.77 และ 6.70 คะแนน ตามลำดับ รองลงมาคือการอบนาน 7 ชั่วโมง เท่ากับ 6.10 คะแนน ส่วนการอบนาน 8 ชั่วโมง มีคะแนนการยอมรับจากผู้บริโภคน้อยที่สุด เท่ากับ 5.77 คะแนน สำหรับคะแนนความชอบรวมนั้น พบว่า การอบนาน 5 ชั่วโมง มีคะแนนความชอบรวมมากที่สุด เท่ากับ 6.77 คะแนน อาจเนื่องจากการอบโดยใช้ระยะเวลาดังกล่าวไม่ทำให้ส้มจี๊ดสูญเสียคุณภาพทางด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และสีของผลิตภัณฑ์ การอบนาน 6, 7 และ 8 ชั่วโมง จึงมีคะแนนความชอบรวมลดลงตามเวลาการอบที่นานขึ้นเท่ากับ 6.37, 5.93 และ 5.90 ตามลำดับ (ตารางที่ 27) อาจเนื่องจากผลิตภัณฑ์เริ่มมีการเปลี่ยนสี รสชาติ และมีเนื้อสัมผัสที่ค่อนข้างแข็งกระด้างมากขึ้น ดังแสดงในคุณภาพทางกายภาพด้านสี ปริมาณกรดทั้งหมด และค่า Hardness การใช้เวลาอบนาน 5 ชั่วโมง จึงเป็นระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตส้มจี๊ดแช่อิ่มอบแห้ง เนื่องจากผู้บริโภคมีความชอบโดยรวมต่อผลิตภัณฑ์ที่ได้ ตลอดจนถึงสี รสชาติ และเนื้อสัมผัส มากกว่ากรรมวิธีอื่น

ตารางที่ 27 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของส้มจี๊ดแช่อิ่มอบแห้ง

ระยะเวลาที่ใช้อบแห้ง (ชั่วโมง)	ลักษณะคุณภาพทางประสาทสัมผัส (คะแนน)			
	สี	รสชาติ <sup>ns</sup>	เนื้อสัมผัส <sup>ns</sup>	ความชอบรวม
5	6.77 a	6.53	6.17	6.77 a
6	6.70 a	6.47	6.13	6.37 ab
7	6.10 ab	6.23	5.77	5.93 b
8	5.77 b	6.27	5.97	5.90 b

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ  
ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันที่มีตัวอักษรกำกับไม่เหมือนกัน แตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของส้มจี๊ดแช่อิ่มอบแห้ง โดยตรวจสอบค่าสีของเนื้อด้านในและค่าสีเปลือกส้มจี๊ด พบว่า ค่าสีของเนื้อด้านในส้มจี๊ดที่อบแห้งในระยะเวลาต่างๆ มีค่า L และ b ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ค่า a มีความแตกต่างกันทางสถิติ คือ การอบนาน 7 ชั่วโมง มีค่า a มากที่สุด เท่ากับ -1.02 รองลงมาคือ การอบนาน 8, 6 และ 5 ชั่วโมง เท่ากับ -1.88, -2.42 และ -2.49 ตามลำดับ ในส่วนของสีเปลือกส้มจี๊ด พบว่า มีค่า L และ a ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนค่า b มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ การอบนาน 6 ชั่วโมง มีค่า b มากที่สุด เท่ากับ 9.40 รองลงมาคือ การอบนาน 7, 5 และ 8 ชั่วโมง เท่ากับ 7.78, 7.56 และ 6.48 ตามลำดับ เมื่อตรวจสอบเนื้อสัมผัส (Hardness) ของเปลือกส้มจี๊ดแช่อิ่มอบแห้ง พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติ คือ ยิ่งอบนานค่า Hardness จะมากขึ้น โดยการอบนาน 8 ชั่วโมง มีค่า Hardness มากที่สุด เท่ากับ 16.69 รองลงมาคือ การอบนาน 7 และ 6 ชั่วโมง เท่ากับ 15.50 และ 14.20 ตามลำดับ ส่วนการอบนาน 5 ชั่วโมง มีค่า Hardness น้อยที่สุด เท่ากับ 12.81 ซึ่งเป็นลักษณะที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุด เนื่องจากเนื้อสัมผัสมีความแข็งกระด้างน้อยที่สุด (ตารางที่ 28)

ตารางที่ 28 ผลการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของส้มจี๊ดแช่อิ่มอบแห้ง

ระยะเวลาที่ใช้ อบแห้ง (ชั่วโมง)	สีของเนื้อด้านในเปลือก			สีของเปลือก			Hardness
	L <sup>ns</sup>	a	b <sup>ns</sup>	L <sup>ns</sup>	a <sup>ns</sup>	b	
5	24.32	-2.49 b	12.09	16.84	2.55	7.56 b	12.81 c
6	25.45	-2.42 b	11.42	19.41	1.98	9.40 a	14.20 bc
7	23.95	-1.02 a	10.27	17.90	2.40	7.78 b	15.50 ab
8	22.92	-1.88 b	10.82	16.60	1.68	6.48 b	16.69 a

หมายเหตุ Hunter color value; L : lightness (100=light , 0 = dark)  
a : + show redness , - show greenness  
b : + show yellowness , - show blueness

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยในสตรมภ์เดียวกันที่มีตัวอักษรกำกับไม่เหมือนกัน แตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การตรวจสอบคุณภาพทางเคมีของส้มจี๊ดแช่อิ่มอบแห้ง พบว่า มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และความเป็นกรด-ด่าง ไม่แตกต่างกันทางสถิติในทุกกรรมวิธี แต่มีปริมาณกรดทั้งหมดแตกต่างกันทางสถิติ โดยการอบนาน 8 ชั่วโมง มีปริมาณกรดทั้งหมดมากที่สุด เท่ากับ ร้อยละ 0.22 รองลงมาคือ การอบนาน 7 ชั่วโมง เท่ากับ ร้อยละ 0.20 และการอบ 5 และ 6 ชั่วโมง มีปริมาณกรดทั้งหมดเท่ากันคือ ร้อยละ 0.19 (ตารางที่ 29) ทั้งนี้ ส้มจี๊ดแช่อิ่มอบแห้งที่ใช้ระยะเวลาอบแห้งต่างกัน มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่พบเท่ากัน คือ น้อยกว่า 30 โคโลนีต่อกรัม ซึ่งอยู่ในระดับปลอดภัยตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ที่กำหนดให้ผลไม้แช่อิ่มมีจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ไม่เกิน  $1 \times 10^4$  โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, 2557) และไม่พบยีสต์และรา (ตารางที่ 30)

ตารางที่ 29 ผลการตรวจสอบคุณภาพทางเคมีของส้มจี๊ดแช่อิ่มอบแห้ง

ระยะเวลาที่ใช้อบแห้ง (ชั่วโมง)	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Brix) <sup>ns</sup>	ความเป็นกรด-ด่าง (pH) <sup>ns</sup>	ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ)
5	30	2.87	0.19 b
6	28.67	2.86	0.19 b
7	28.67	2.85	0.20 b
8	28.67	2.88	0.22 a

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ  
ค่าเฉลี่ยในสตรมภ์เดียวกันที่มีตัวอักษรกำกับไม่เหมือนกัน แตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 30 ผลการตรวจสอบจุลินทรีย์ของส้มจี๊ดแช่อิ่มอบแห้ง

ระยะเวลาที่ใช้อบแห้ง (ชั่วโมง)	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนีต่อกรัม)	ปริมาณยีสต์และรา (โคโลนีต่อกรัม)
5	<30	ไม่พบ
6	<30	ไม่พบ
7	<30	ไม่พบ
8	<30	ไม่พบ

## 2.1.6 ศึกษากรรมวิธีแปรรูปส้มจี๊ดเป็นไอศกรีมเชอร์เบท

### 1) ศึกษาปริมาณน้ำส้มจี๊ดที่เหมาะสมในการผลิตไอศกรีมเชอร์เบทส้มจี๊ด

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเชอร์เบทส้มจี๊ดที่ใช้ปริมาณน้ำส้มจี๊ดต่างกันเป็นส่วนผสม พบว่า ค่าคะแนนการยอมรับทางด้านกลิ่น สี และเนื้อสัมผัส ไม่มีความแตกต่างทางสถิติในทุกกรรมวิธี แต่มีความแตกต่างกันทางสถิติในด้านรสชาติและความชอบรวม คือ



ไอศกรีมเชอร์เบทที่มีการเติมน้ำส้มจืดร้อยละ 50 มีคะแนนการยอมรับในด้านรสชาติมากที่สุดเท่ากับ 7.55 คะแนน รองลงมาคือ การเติมน้ำส้มจืดร้อยละ 60, 70 และ 80 เท่ากับ 7.30, 6.80 และ 6.70 คะแนน ตามลำดับ เช่นเดียวกับคะแนนความชอบรวมที่การเติมน้ำส้มจืดร้อยละ 50 มีคะแนนการยอมรับมากที่สุดเท่ากับ 7.50 คะแนน รองลงมาคือ การเติมน้ำส้มจืดร้อยละ 60, 70 และ 80 เท่ากับ 7.20, 7.15 และ 6.85 คะแนน ตามลำดับ อาจเป็นผลมาจากน้ำส้มจืดมีค่าความเป็นกรดสูง เมื่อเติมลงไปปริมาณที่มากขึ้น จะทำให้ไอศกรีมเกิดรสเปรี้ยวเพิ่มมากขึ้น จนทำให้ผู้บริโภครับรู้ได้และไม่ชอบ ทำให้คะแนนการยอมรับทางด้านรสชาติและความชอบรวมมีค่าน้อยลง (ตารางที่ 31)

ตารางที่ 31 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมเชอร์เบทน้ำส้มจืด

ปริมาณน้ำส้มจืด (ร้อยละ)	ลักษณะคุณภาพทางประสาทสัมผัส (คะแนน)				
	กลิ่น <sup>ns</sup>	สี <sup>ns</sup>	รสชาติ	เนื้อสัมผัส <sup>ns</sup>	ความชอบรวม
50	7.00	7.10	7.55 a	7.60	7.50 a
60	6.95	7.10	7.30 b	7.55	7.20 b
70	7.05	7.00	6.80 c	7.50	7.15 c
80	7.05	7.05	6.70 d	7.45	6.85 d

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ  
ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันที่มีตัวอักษรกำกับไม่เหมือนกัน แตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของไอศกรีม พบว่า มีอัตราการละลายของไอศกรีม เมื่อตั้งทิ้งไว้นาน 30 นาที ไม่แตกต่างกันทางสถิติในทุกกรรมวิธี เนื่องจากไอศกรีมเชอร์เบทน้ำส้มจืด ไม่มีการเติมเจลาติน ซึ่งเป็นสารเพิ่มความหนืด ที่ช่วยให้ไอศกรีมเกิดลักษณะเป็นเจล (gelling) หรือเป็นสารรักษาความคงตัว (stabilising) หรือช่วยลดการละลายของไอศกรีมจึงทำให้ไอศกรีมเชอร์เบทน้ำส้มจืดมีอัตราการละลายที่ใกล้เคียงกัน เช่นเดียวกับค่าโอเวอร์รัน (Overrun) ที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แสดงถึงปริมาณน้ำส้มจืดและส่วนผสมต่างๆไม่มีผลต่อปริมาณอากาศที่เข้าไประหว่างทำไอศกรีม เนื้อสัมผัสของไอศกรีมจึงมีลักษณะใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 32) แต่เมื่อตรวจสอบคุณภาพทางเคมี พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติในด้านปริมาณของแข็งที่ละลายได้และความเป็นกรด-ต่าง คือ การเติมน้ำส้มจืดร้อยละ 50 มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้มากที่สุด เท่ากับ 42.30 °Brix รองลงมาคือ การเติมน้ำส้มจืดร้อยละ 70 เท่ากับ 42.25 °Brix และการเติมน้ำส้มจืดร้อยละ 60 และ 80 มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดน้อยที่สุดเท่ากันคือ 42.20 °Brix ส่วนค่าความเป็นกรด-ต่างนั้น พบว่า ลดลงตามปริมาณน้ำส้มจืดที่เพิ่มขึ้น โดยการเติมน้ำส้มจืดที่เติมน้ำส้มจืดที่ร้อยละ 50 มีค่าความเป็นกรด-ต่าง มากที่สุด เท่ากับ 2.45 รองลงมาคือ การเติมน้ำส้มจืดร้อยละ 60 และ 70 เท่ากับ 2.39 และ 2.38 ตามลำดับ ส่วนไอศกรีมที่เติมน้ำส้มจืดร้อยละ 80 มีค่าความเป็นกรด-ต่างน้อยที่สุด เท่ากับ 2.35 (ตารางที่ 33) เนื่องจากน้ำส้มจืดมีรสชาติเปรี้ยว

เมื่อเพิ่มปริมาณน้ำส้มจืดขณะที่ส่วนผสมอื่นมีค่าคงที่ ส่งผลให้อิซอกรีมเซอร์เบทน้ำส้มจืดมีค่าความเป็นกรดเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 32 ผลการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของไอศกรีมเซอร์เบทน้ำส้มจืด

ปริมาณน้ำส้มจืด (ร้อยละ)	อัตราการละลายของไอศกรีม <sup>ns</sup> (กรัมต่อนาที)	Overrun <sup>ns</sup> (ร้อยละ)
50	0.90	20.05
60	0.90	19.95
70	0.93	20.00
80	0.93	19.90

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 33 ผลการตรวจสอบคุณภาพทางเคมีของไอศกรีมเซอร์เบทน้ำส้มจืด

ปริมาณน้ำส้มจืด (ร้อยละ)	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (°Brix)	ความเป็นกรด-ต่าง (pH)
50	42.30 a	2.45 a
60	42.20 b	2.39 ab
70	42.25 ab	2.38 ab
80	42.20 b	2.35 b

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในสมมุติฐานเดียวกันที่มีตัวอักษรกำกับไม่เหมือนกัน แตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

## 2) ศึกษาปริมาณเจลาตินที่เหมาะสมในการผลิตไอศกรีมเซอร์เบทน้ำส้มจืด

จากการนำส่วนผสมของไอศกรีมเซอร์เบทน้ำส้มจืดที่เหมาะสมใน 4.2 มาเติมเจลาตินในปริมาณต่างๆ และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า ในด้านกลิ่นและสีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกันทางสถิติในด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม คือ ด้านรสชาติ พบว่า มีคะแนนการยอมรับการเติมเจลาตินร้อยละ 0.5 มากที่สุด เท่ากับ 7.30 คะแนน รองลงมาคือ การเติมร้อยละ 0.6 และ 0.7 เท่ากับ 7.10 และ 7.15 คะแนน ตามลำดับ ส่วนการเติมร้อยละ 0 หรือไม่มีการเติมเจลาติน มีคะแนนน้อยที่สุด เท่ากับ 6.80 คะแนน ด้านเนื้อสัมผัส พบว่า มีคะแนนการยอมรับการเติมเจลาตินร้อยละ 0.5 มากที่สุด เท่ากับ 7.40 รองลงมาคือ การเติมร้อยละ 0.6 และ 0.7 ซึ่งมีคะแนนเท่ากัน คือ 7.25 คะแนน ส่วนการเติมร้อยละ 0 มีคะแนนน้อยที่สุด เท่ากับ 7.10 คะแนน ด้านความชอบรวม พบว่า มีคะแนนการยอมรับการเติมเจลาตินร้อยละ 0.5 มากที่สุด เท่ากับ 7.50 คะแนน รองลงมาคือ การเติมร้อยละ 0.7 และ 0.6 เท่ากับ 7.32 และ 7.30 คะแนน ส่วนการเติมร้อยละ 0 มีคะแนนน้อยที่สุด เท่ากับ 7.10 คะแนน (ตารางที่ 34) เนื่องจากเจลาตินเป็นสารให้ความคงตัว (stabilizer) ซึ่งช่วยป้องกันการรวมตัวหรือจับตัวเป็นก้อน เพิ่มความเหนียว ทำให้เกิดเจลในไอศกรีมระหว่างการแช่แข็ง จึงช่วยป้องกันการเกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ในไอศกรีม ไอศกรีมจึงมีเนื้อสัมผัสที่เรียบเนียน (Arbuckle, 1986) ไอศกรีมที่ไม่มีการ

เติมเจลาตินจะมีลักษณะเป็นเกล็ดน้ำแข็ง ดังนั้น การเติมเจลาตินในไอศกรีมเชอร์เบทน้ำส้มจี๊ดจึงทำให้ผู้บริโภคมีการยอมรับมากที่สุดโดยเฉพาะเมื่อเติมปริมาณร้อยละ 0.5

ตารางที่ 34 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมเชอร์เบทน้ำส้มจี๊ด

ปริมาณเจลาติน (ร้อยละ)	ลักษณะคุณภาพทางประสาทสัมผัส (คะแนน)				
	กลิ่น <sup>ns</sup>	สี <sup>ns</sup>	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
0	6.80	7.05	6.80 c	7.10 c	7.10 c
0.5	6.82	7.08	7.30 a	7.40 a	7.50 a
0.6	6.78	7.03	7.10 b	7.25 b	7.30 b
0.7	6.83	7.05	7.15 b	7.25 b	7.32 b

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ  
ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันที่มีตัวอักษรกำกับไม่เหมือนกัน แตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของไอศกรีม พบว่า อัตราการละลายของไอศกรีม เมื่อตั้งทิ้งไว้นาน 30 นาที และค่าโอเวอร์รัน (Overrun) มีความแตกต่างกันทางสถิติในทุกกรรมวิธี คือ ไอศกรีมที่มีการเติม เจลาตินร้อยละ 0.7 มีอัตราการละลายช้าที่สุด เท่ากับ 0.53 กรัมต่อนาที รองลงมาคือ การเติมเจลาตินร้อยละ 0.6, 0.5 และ 0 เท่ากับ 0.75, 0.89 และ 0.93 กรัมต่อนาที ตามลำดับ ส่วนค่าโอเวอร์รัน พบว่า การเติมเจลาตินร้อยละ 0.7 มีค่าโอเวอร์รันมากที่สุด เท่ากับ ร้อยละ 28.67 รองลงมาคือ การเติมเจลาตินร้อยละ 0.6, 0.5 และ 0 มีค่าโอเวอร์รันเท่ากับ ร้อยละ 26.33, 24.67 และ 20.20 ตามลำดับ (ตารางที่ 35) แสดงให้เห็นว่าการเติมเจลาตินช่วยให้อัตราการละลายของไอศกรีมเชอร์เบทน้ำส้มจี๊ดลดลง ไอศกรีมมีการจับตัว ขึ้นฟู และเหนียวหนืดดีกว่า เนื่องจากมีปริมาณอากาศในเนื้อไอศกรีมน้อยกว่า จึงทำให้ไอศกรีมคงรูปอยู่ได้นานกว่าการไม่เติมเจลาติน ส่วนการตรวจสอบคุณภาพทางเคมี พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติทั้งในด้านปริมาณของแข็งที่ละลายได้และค่าความเป็นกรด-ด่าง (ตารางที่ 36)

ตารางที่ 36 ผลการประเมินคุณภาพทางกายภาพของไอศกรีมเชอร์เบทน้ำส้มจี๊ด

ปริมาณเจลาติน (ร้อยละ)	อัตราการละลายของไอศกรีม (กรัมต่อนาที)	Overrun (ร้อยละ)
0	0.93 a	20.20 d
0.5	0.89 b	24.67 c
0.6	0.75 c	26.33 b
0.7	0.53 d	28.67 a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันที่มีตัวอักษรกำกับไม่เหมือนกัน แตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ตารางที่ 36 ผลการประเมินคุณภาพทางเคมีของไอศกรีมเชอร์เบทส้มจี๊ด

ปริมาณเจลาติน (ร้อยละ)	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Brix) <sup>ns</sup>	ความเป็นกรด-ด่าง (pH) <sup>ns</sup>
0	42.25	2.40
0.5	42.28	2.38
0.6	42.30	2.38
0.7	42.28	2.39

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

### 2.1.7 ศึกษาปริมาณน้ำส้มจี๊ดที่เหมาะสมในการผลิตเค้กส้มจี๊ด

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ในผลิตภัณฑ์เค้กส้มจี๊ดที่เติมปริมาณน้ำส้มจี๊ดต่างๆกัน ในส่วนผสม พบว่า มีความแตกต่างทางสถิติในทุกกรรมวิธี โดยในด้านสี พบว่า การเติมน้ำส้มจี๊ด 75 และ 100 กรัม มีคะแนนการยอมรับมากที่สุด เท่ากับ 7.43 และ 7.33 คะแนน ตามลำดับ อาจเนื่องจากสีของผลิตภัณฑ์เค้กส้มจี๊ดมีสีเหลืองอมส้มมากขึ้น เมื่อเติมปริมาณน้ำส้มจี๊ดเพิ่มขึ้น ผู้บริโภคจึงให้คะแนนมากตามสีที่ปรากฏ ส่วนการเติมน้ำส้มจี๊ด 0 และ 50 กรัม จะมีคะแนนการยอมรับน้อยที่สุด เท่ากับ 6.30 และ 6.47 คะแนน ตามลำดับ ด้านกลิ่น พบว่า การเติมปริมาณน้ำส้มจี๊ด 100 และ 75 กรัม มีคะแนนการยอมรับมากที่สุด เท่ากับ 8.17 และ 7.77 คะแนน ตามลำดับ เนื่องจากน้ำส้มจี๊ดมีกลิ่นหอม เมื่อเติมในปริมาณมากจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นส้มมากขึ้นด้วย ส่วนการเติมน้ำส้มจี๊ด 50 และ 0 กรัม จะมีคะแนนการยอมรับน้อยที่สุด เท่ากับ 5.77 และ 6.17 คะแนน ตามลำดับ ด้านรสชาติ พบว่า พบว่า การเติมน้ำส้มจี๊ด 75 กรัม มีคะแนนการยอมรับมากที่สุด เท่ากับ 7.80 คะแนน รองลงมาคือ การเติมน้ำส้มจี๊ด 50, 100 และ 0 กรัม เท่ากับ 6.80, 6.20 และ 5.67 คะแนน ตามลำดับ ทั้งนี้ น้ำส้มจี๊ดมีค่าความเป็นกรดสูง การเติมน้ำส้มจี๊ดในปริมาณมากเกินไปจะทำให้ผลิตภัณฑ์เค้กส้มจี๊ดมีรสเปรี้ยว ขณะที่การใส่น้อยเกินไปจะทำให้รสสัมผัสถูกกลบด้วยส่วนผสมอื่นๆ ซึ่งทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับจากผู้บริโภคได้ ด้านเนื้อสัมผัส พบว่า การเติมน้ำส้มจี๊ด 100 กรัม มีคะแนนการยอมรับมากที่สุด เท่ากับ 6.93 คะแนน รองลงมาคือ การเติมน้ำส้มจี๊ด 75, 50 และ 0 กรัม เท่ากับ 6.90, 6.57 และ 5.63 คะแนน ตามลำดับ แสดงว่าเมื่อเติมน้ำส้มจี๊ดมากขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เค้กส้มจี๊ดมีเนื้อสัมผัสที่เนียนมากขึ้น ด้านความชอบรวม พบว่า การเติมน้ำส้มจี๊ด 75 กรัม มีคะแนนการยอมรับมากที่สุด เท่ากับ 8.00 คะแนน รองลงมาคือการเติมน้ำส้มจี๊ด 100 และ 50 กรัม เท่ากับ 7.13 และ 6.93 คะแนน ตามลำดับ ส่วนการเติมน้ำส้มจี๊ด 0 กรัม หรือไม่เติมนั้น มีคะแนนการยอมรับน้อยที่สุด เท่ากับ 5.80 คะแนน (ตารางที่ 37)

ตารางที่ 37 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเค้กส้มจี๊ด

ปริมาณน้ำส้มจี๊ด (กรัม)	ลักษณะคุณภาพทางประสาทสัมผัส				
	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
0	6.30 b	5.77 b	5.67 d	5.63 d	5.80 c
50	6.47 b	6.17 b	6.80 b	6.57 c	6.93 b
75	7.43 a	7.77 a	7.80 a	6.90 b	8.00 a
100	7.33 a	8.17 a	6.20 c	6.93 a	7.13 b

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันที่มีตัวอักษรกำกับไม่เหมือนกัน แตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เค้กส้มจี๊ด พบว่า ค่าสี L a และ b มีความแตกต่างกันทางสถิติในทุกกรรมวิธี โดยค่า L ที่แสดงถึงความสว่างของผลิตภัณฑ์เค้กส้มจี๊ดที่มีการเติมน้ำส้มจี๊ด 100 กรัม มีค่า L มากที่สุด เท่ากับ 66.72 รองลงมาคือ การเติมน้ำส้มจี๊ด 75 กรัม เท่ากับ 64.64 ส่วนการเติมน้ำส้มจี๊ด 50 และ 0 กรัม มีค่า L น้อยที่สุด เท่ากับ 62.96 และ 62.02 การตรวจสอบค่า a พบว่า การเติมปริมาณน้ำส้มจี๊ด 100 กรัม มีค่า a มากที่สุด เท่ากับ -2.18 รองลงมาคือ การเติมน้ำส้มจี๊ด 75, 50 และ 0 กรัม เท่ากับ -2.62, -3.31 และ -4.29 ส่วนการตรวจสอบค่า b พบว่า การเติมน้ำส้มจี๊ด 100 กรัม มีค่า b มากที่สุด เท่ากับ 28.78 รองลงมาคือ การเติมน้ำส้มจี๊ด 75 และ 50 กรัม เท่ากับ 27.11 และ 27.09 ส่วนการเติมน้ำส้มจี๊ด 0 กรัม มีค่า b น้อยที่สุด เท่ากับ 26.00 ทั้งนี้ เนื่องจากน้ำส้มจี๊ดมีสีเหลืองส้ม เมื่อเติมลงในผลิตภัณฑ์จึงมีผลต่อค่าสี การใส่ในปริมาณมากขึ้นค่า L จะเพิ่มขึ้น ค่า a ลดลง ส่วนค่า b เพิ่มขึ้น สำหรับการตรวจสอบเนื้อสัมผัสของเค้กส้มจี๊ด พบว่า ค่าแรงกดและค่าแรงตัดมีความแตกต่างกันทางสถิติในทุกกรรมวิธี โดยเค้กที่เติมน้ำส้มจี๊ด 100 กรัม มีค่าแรงกด และค่าแรงตัดสูงสุด เท่ากับ 0.21 และ 9.73 นิวตัน รองลงมาคือ การเติมน้ำส้มจี๊ด 75 กรัม มีค่าแรงกดและค่าแรงตัดเท่ากับ 0.20 และ 7.87 นิวตัน การเติมน้ำส้มจี๊ด 50 กรัม มีค่าแรงกดและค่าแรงตัดเท่ากับ 0.17 และ 6.73 นิวตัน และการเติมปริมาณน้ำส้มจี๊ด 0 กรัม มีค่าแรงกดและค่าแรงตัดน้อยที่สุด เท่ากับ 0.13 และ 5.66 นิวตัน ซึ่งค่าแรงกดและแรงตัดนี้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำส้มจี๊ด ทำให้เค้กมีความอ่อนนุ่มลดลง แต่การขึ้นฟูของเค้กกลับมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งจากตรวจสอบการขึ้นฟูของเค้กส้มจี๊ดที่เติมปริมาณน้ำส้มจี๊ด พบว่า การเติมปริมาณน้ำส้มจี๊ด 100 กรัม มีการขึ้นฟูสูงสุด เท่ากับ 5.70 เซนติเมตร รองลงมาคือ การเติมน้ำส้มจี๊ด 75 และ 50 กรัม เท่ากับ 5.16 และ 4.90 เซนติเมตร ส่วนการเติมปริมาณน้ำส้มจี๊ด 0 กรัม หรือไม่มีการเติม มีการขึ้นฟูต่ำสุด เท่ากับ 4.20 เซนติเมตร (ตารางที่ 38) ทั้งนี้ การตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์เค้กส้มจี๊ดนั้นพบว่า มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่พบเท่ากัน คือ น้อยกว่า 30 โคลนีนต่อกรัม และไม่พบยีสต์และรา (ตารางที่ 39)

ตารางที่ 38 ผลการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เค้กส้มจี๊ด

ปริมาณน้ำส้มจี๊ด (กรัม)	ค่าสี			เนื้อส้มฝส (นิวตัน)		การขึ้นฟูของเค้ก (เซนติเมตร)
	L	a	b	แรงกด	แรงตัด	
0	62.02 c	0.13 d	5.66 d	0.13 d	5.66 d	4.20 c
50	62.96 c	0.17 c	6.73 c	0.17 c	6.73 c	4.90 b
75	64.64 b	0.20 b	7.87 b	0.20 b	7.87 b	5.16 b
100	66.72 a	0.21 a	9.73 a	0.21 a	9.73 a	5.70 a

**หมายเหตุ** Hunter color value; L : lightness (100=light , 0 = dark)  
a : + show redness , - show greenness  
b : + show yellowness , - show blueness  
ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันที่มีตัวอักษรกำกับไม่เหมือนกัน แตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี  
Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ตารางที่ 39 ผลการตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เค้กส้มจี๊ด

ปริมาณน้ำส้มจี๊ด (กรัม)	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนีต่อกรัม)	ยีสต์และรา (โคโลนีต่อกรัม)
0	< 30	ไม่พบ
50	< 30	ไม่พบ
75	< 30	ไม่พบ
100	< 30	ไม่พบ

## การทดลองย่อยที่ 2.2 การศึกษาปริมาณและเพศดินจากส้มจี๊ดและการใช้ประโยชน์

### 2.2.1 การศึกษาสารลิโมนีนจากส้มจี๊ด

#### 1) การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มจี๊ดโดยการกลั่นด้วยน้ำ

การศึกษาศักดิ์สารลิโมนีนจากเปลือกส้มจี๊ดทำได้โดยการกลั่นด้วยน้ำ ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อกลั่นด้วยน้ำ ตัวอย่างเปลือกส้มจี๊ดปั่นละเอียดจะให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยเฉลี่ยมากกว่าตัวอย่างเปลือกส้มจี๊ดไม่ปั่น โดยมีปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ได้เฉลี่ยคือ 3.4214 และ 1.3252 กรัม ตามลำดับ คิดเป็นปริมาณน้ำมันหอมระเหยร้อยละ 0.49 และ 0.19 โดยน้ำหนักสด แต่เปลือกส้มจี๊ดปั่นละเอียดจะใช้เวลาในการกลั่นโดยเฉลี่ยมากกว่าเปลือกส้มจี๊ดไม่ปั่นคือ 6 และ 2 ชั่วโมง ตามลำดับ ทั้งนี้ เนื่องจากการปั่นเปลือกส้มจี๊ดให้เป็นชิ้นละเอียดจะทำให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยแตกออกจากเซลล์เนื้อเยื่อของเปลือกส้มจี๊ด และช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสกับน้ำได้มากขึ้น จึงทำให้สามารถสกัดน้ำมันหอมระเหยออกได้มากกว่า น้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จึงมีลักษณะเป็นของเหลวใสสีเหลืองจาง และมีกลิ่นหอมเฉพาะตัว (ตารางที่ 40)

ตารางที่ 40 ปริมาณน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มจี๊ดที่กลั่นด้วยน้ำ

จำนวนครั้งที่กลั่นด้วยน้ำ	น้ำหนักน้ำมันหอมระเหยที่ได้ (กรัม)	
	เปลือกส้มจี๊ดไม่ป่น	เปลือกส้มจี๊ดป่นละเอียด
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

## 2) การศึกษาองค์ประกอบน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มจี๊ด

การศึกษาองค์ประกอบน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มจี๊ดโดยการวิเคราะห์ด้วย GC-MS ซึ่งเปรียบเทียบข้อมูลพิกกับฐานข้อมูล Wiley Database และรายงานผลเฉพาะพิกที่มี % quality ของพิกมากกว่า 70% ผลการวิเคราะห์พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มจี๊ดประกอบไปด้วยสารประกอบไฮโดรคาร์บอนกลุ่ม terpene ( $C_{10}H_{16}$ ) ได้แก่  $\alpha$ -pinene,  $\beta$ -pinene,  $\beta$ -myrcene, dl-limonene,  $\gamma$ -terpinene และ  $\alpha$ -terpinolene กลุ่ม sesquiterpenes ( $C_{15}H_{24}$ ) ได้แก่ (-)-germacrene,  $\delta$ -cadinene,  $\gamma$ -eudesmol,  $\beta$ -eudesmol และ  $\alpha$ -eudesmol กลุ่ม terpene alcohol ได้แก่ linalool,  $\beta$ -terpineol,  $\alpha$ -terpineol และ 4-methy-1-(1-methylethyl)-3-cyclohexen-1-ol และสารประกอบแอลกอฮอล์ อัลดีไฮด์ และเอสเทอร์ ได้แก่ ethanol, octanal, nonanal และ geranyl acetate (ตารางที่ 41) ซึ่งสารประกอบทั้งหมดนี้เป็นสารประกอบที่ระเหยได้ง่ายและสามารถพบได้ในน้ำมันหอมระเหยต่างๆ นอกจากนี้โครมาโทแกรมน้ำมันหอมจากเปลือกส้มจี๊ดโดย GC-MS ยังแสดงให้เห็นว่า น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มจี๊ดนั้นมี dl-limonene ที่ retention time 8.63 นาที เป็นสารองค์ประกอบหลัก (ภาพที่ 3)

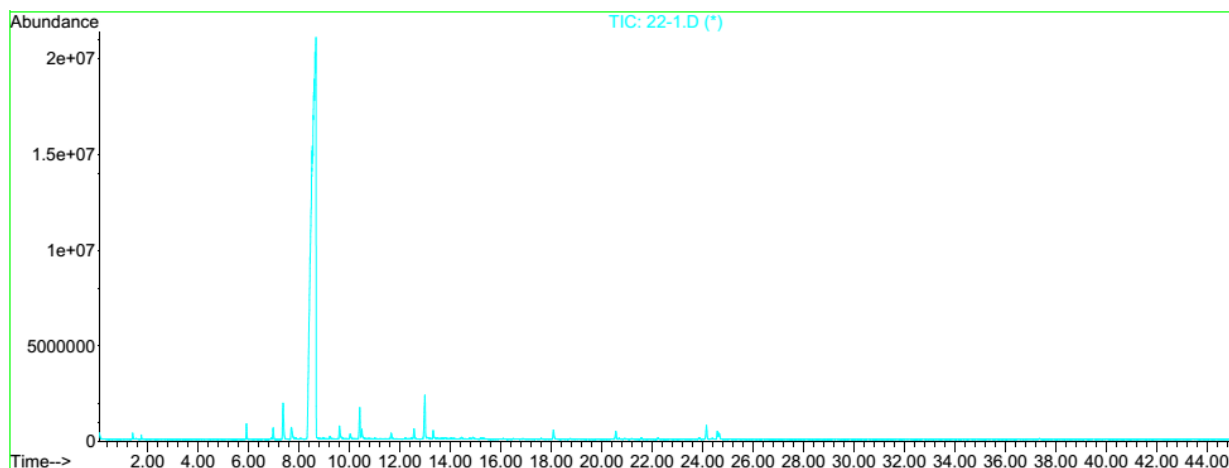
ตารางที่ 41 สารประกอบน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มจี๊ดสกัดโดยวิธี GC-MS เทียบกับ Wiley database

Retention time (min.)	Chemical name*	CAS NO.	Area (%)	Quality**
1.40	ethanol	64-17-5	0.12	90
5.91	$\alpha$ -pinene	80-56-8	0.58	96
6.97	$\beta$ -pinene	127-91-3	0.48	97
7.36	$\beta$ -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	$\gamma$ -terpinene	99-85-4	0.12	96
10.02	$\alpha$ -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	$\beta$ -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	$\alpha$ -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	$\delta$ -cadinene	483-76-1	0.08	97
24.14	$\gamma$ -eudesmol	1209-71-8	0.74	95
24.57	$\beta$ -eudesmol	473-15-4	0.37	90
24.64	$\alpha$ -eudesmol	473-16-5	0.41	99

\* Chemical name ได้จากการเปรียบเทียบพีคกับฐานข้อมูล Wiley database

\*\* รายงานผลเฉพาะพีคที่มี %quality ของพีคมากกว่า 70%





ภาพที่ 3 โครมาโทแกรมน้ำมันหอมจากเปลือกส้มจัดโดย GC-MS

### 2.2.2 การศึกษาการสกัดเพคตินจากกากเปลือกส้มจัดเหลือทิ้ง

การสกัดเพคตินจากกากเปลือกส้มจัด โดยการต้มกับการสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 0.3 M แล้วตกตะกอนเพคตินด้วยเอทานอล 95% จะได้เพคตินที่มีลักษณะเป็นตะกอนเจลลี่เหลืองอ่อน (ภาพที่ 4) เมื่อนำตะกอนที่ได้ไปอบแห้งด้วยตู้อบแห้งแบบลมร้อนตู้อบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง จะได้ผง เพคตินที่มีเข้มข้นจากเพคตินก่อนอบ (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 4 เพคตินที่สกัดได้จากกากส้มจัดก่อนอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 5 เพคตินที่สกัดได้จากกากส้มจัดหลังอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

### 1) ศึกษาผลของการล้างสีและน้ำตาลออกจากกากส้มจี๊ด

การศึกษาผลของการล้างสีและน้ำตาลออกจากกากเปลือกส้มจี๊ด 3 กรรมวิธี คือ ไม่ล้าง ล้างด้วยเอทานอล 85% และน้ำ ก่อนนำมาสกัดเพคตินนั้น พบว่า การล้างกากเปลือกจี๊ดด้วยน้ำก่อนนำมาสกัด จะได้เพคตินที่มีน้ำหนักน้อย เนื่องจากเพคตินเป็นสารที่สามารถละลายได้ในน้ำ การล้างกากเปลือกส้มจี๊ดหลายครั้งก่อนนำมาสกัดอาจทำให้เพคตินถูกน้ำล้างออกไป จึงทำให้ได้เพคตินในปริมาณต่ำมาก เมื่อพิจารณาจากค่าความสว่าง (L) จะเห็นได้ว่า การล้างกากเปลือกส้มจี๊ดด้วยเอทานอลก่อนนำไปสกัดเพคตินจะให้เพคตินที่มีความสว่างมากกว่ากากเปลือกส้มจี๊ดที่ไม่ได้ล้าง (ตารางที่ 42)

ตารางที่ 42 น้ำหนักและค่าสีของเพคตินที่ได้จากการล้างสีและน้ำตาลจากกากเปลือกส้มจี๊ดก่อนสกัดเพคติน

การล้างสี	น้ำหนักเพคติน (g)	ค่าสี		
		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

### 2) การศึกษาผลการล้างตะกอนต่อสีของเพคตินที่สกัดได้

การศึกษาการล้างตะกอนต่อสีของเพคตินที่สกัดได้ โดยศึกษาจำนวนครั้งในการล้างตะกอนด้วยเอทานอล 200 มิลลิลิตร จำนวน 3, 6, 9, 12 และ 15 ครั้ง แล้วล้างตะกอนด้วยอะซิโตน 100 มิลลิลิตร 1 ครั้ง อบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส พบว่า เมื่อล้างตะกอนเพคตินที่ได้ด้วยเอทานอล 200 มิลลิลิตร หลายๆ ครั้ง จะทำให้ตะกอน เพคตินที่ได้มีค่าความสว่างมากขึ้น แต่น้ำหนักของเพคตินที่ได้ต่ำลง เนื่องจากสารปนเปื้อนที่ทำให้เพคตินที่ได้มีสีน้ำตาลเข้มนั้นถูกกำจัดชะล้างออกได้ ดังนั้นการสกัดเพคตินจากกากเปลือกส้มจี๊ดโดยการต้มกับการสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.3 M ตกตะกอนเพคตินด้วยเอทานอล 95% ล้างกากเปลือกส้มจี๊ดด้วยเอทานอลก่อนการสกัดและล้างตะกอนเพคตินที่ได้ด้วยเอทานอลหลายๆ ครั้ง จะช่วยทำให้เพคตินมีความบริสุทธิ์มากขึ้นและทำให้ได้เพคตินที่มีสีอ่อนลง (ตารางที่ 43)

ตารางที่ 43 น้ำหนักและค่าสีของเพคตินที่ได้จากการล้างตะกอนจำนวนครั้งต่างๆ

จำนวนครั้งที่ล้างตะกอนเพคติน	น้ำหนักเพคติน (g)	ค่าสี		
		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

3) ศึกษาปริมาณและตรวจสอบคุณสมบัติของเพคตินที่สกัดจากกากส้มจี๊ดเหลือทิ้งกับเทียบกับเพคตินทางการค้า

การศึกษาคุณสมบัติของเพคตินที่สกัดจากกากส้มจี๊ดเหลือทิ้งเทียบกับเพคตินทางการค้า โดยศึกษาปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า และปริมาณเมทอกซิล พบว่า เพคตินจากเปลือกส้มจี๊ดมีความชื้นสูงกว่าเพคตินทางการค้า คือ 15.82% และ 10.07% ตามลำดับ ปริมาณเถ้าของเพคตินจากเปลือกส้มจี๊ดใกล้เคียงกับเพคตินทางการค้า คือ 2.40% และ 2.22% ตามลำดับ (ตารางที่ 44) สำหรับปริมาณเมทอกซิลเป็นปริมาณการเกิดเอสเทอร์ไฟด์ที่หมู่คาร์บอกซิล (-COOH) โดยเกิดจากหมู่เมทิล (-CH<sub>3</sub>) ในโครงสร้างของเพคติน โดยตำแหน่งของหมู่คาร์บอกซิลที่เกิดเอสเทอร์ไฟด์จะกลายเป็น -COOCH<sub>3</sub> 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) ของกรดกาแลคทูโรนิกที่ถูกเอสเทอร์ไฟด์ (esterified) ด้วยหมู่เมทิลได้ต่างกัน อัตราส่วนของหมู่เมทิลที่ถูกเอสเทอร์ไฟด์จะแสดงในรูปของระดับการเกิดเอสเทอร์ไฟด์เคชัน (degree of esterification) หรือเรียกย่อๆว่า ค่า DE ซึ่งจะเป็นเปอร์เซ็นต์ของกรดกาแลคทูโรนิกที่ถูกเอสเทอร์ไฟด์ต่อจำนวนกรดกาแลคทูโรนิก ค่า DE เป็นสมบัติเฉพาะของเพคติน มีผลต่อการเกิดเจลและการละลายน้ำของเพคติน (Yapo, 2009) จากการศึกษาปริมาณเมทอกซิลของเพคตินจากเปลือกส้มจี๊ดเทียบกับเพคตินทางการค้า มีปริมาณเมทอกซิลเฉลี่ย 5.58% และ 7.59% ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณต่ำกว่า 8.16% จึงจัดอยู่ในกลุ่ม low methoxyl pectins ทั้งสองชนิด

ตารางที่ 44 คุณสมบัติของเพคตินทางการค้าและเพคตินจากเปลือกส้มจี๊ด

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

### 2.2.3 การศึกษาวิธีการใช้ประโยชน์จากสารสกัดลิโมนีนและเพคตินจากเปลือกส้มจัด

#### 1) การศึกษาการผลิตสเปรย์น้ำไฉ่

ผลการจากการศึกษาการผลิตสเปรย์น้ำไฉ่จากน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มจัด เทียบกับ สารลิโมนีน โดยนำส่วนน้ำมัน 10 มิลลิลิตร เอทิลแอลกอฮอล์ 60 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร ค่อยๆ ผสมให้เข้ากัน แล้วเทใส่กรวยแยก ตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง จากนั้นรินเอาส่วนน้ำ บรรจุขวดพลาสติกหัว สเปรย์ ทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ป้องกันยุงต่อยุงกลางวัน ด้วยเทคนิค repellent testing โดย ส่งทดสอบที่สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์พบว่า ผลิตภัณฑ์ข้างต้นไม่สามารถป้องกันยุงได้ต่อเนื่องถึง 3 ชั่วโมง เนื่องจากผลิตภัณฑ์ระเหยเร็วไม่ติดอยู่ที่ผิวหนัง ทั้งนี้เนื่องจาก น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มจัด มีองค์ประกอบเป็นลิโมนีน และสารกลุ่มเทอร์พีนชนิดต่างๆ ซึ่งเป็นสาร ที่ระเหยได้ง่าย ทำให้กลิ่นของสเปรย์น้ำไฉ่ไม่สามารถติดอยู่ที่ผิวหนังได้นาน (ตารางที่ 45)

ตารางที่ 45 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของสเปรย์น้ำไฉ่ต่อยุงกลางวันโดยสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

ตัวอย่าง	ผลการทดสอบ
สเปรย์น้ำไฉ่จากน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มจัด	ไม่ผ่าน
สเปรย์น้ำไฉ่จากลิโมนีน	ไม่ผ่าน

#### 2) การศึกษาการผลิตโลชั่นไฉ่

การศึกษาการผลิตโลชั่นไฉ่จากน้ำมันหอมระเหยเปลือกส้มจัดพัฒนาจากสูตรโลชั่นบำรุงผิว ของบริษัท ฮงฮวด จำกัด โดยใช้ น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มจัดเทียบกับการใช้น้ำมันตะไคร้หอม ทดสอบ ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ไฉ่กลางวันกึ่งภาคสนาม ณ ห้องปฏิบัติการสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์พบว่า โลชั่นไฉ่จากน้ำมันหอมระเหยเปลือกส้มจัดมี ประสิทธิภาพการไฉ่เช่นเดียวกับโลชั่นไฉ่จากน้ำมันตะไคร้หอม สามารถผ่านการทดสอบประสิทธิภาพ ของผลิตภัณฑ์ไฉ่กลางวันกึ่งภาคสนามได้ (ตารางที่ 46) อาจเนื่องจากส่วนผสมของโลชั่นสามารถอยู่ติด ผิวและช่วยยึดกลิ่นของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มจัดให้อยู่ได้นานเมื่อทาบนผิวได้ จึงมีประสิทธิภาพ ในการไฉ่ นอกจากนี้ น้ำมันหอมระเหยชนิดอื่นๆ เช่น น้ำมันแพทซูรี และน้ำมันยูคาลิปตัส ก็เป็นน้ำมัน หอมระเหยที่มีประสิทธิภาพไฉ่เช่นกัน (Trongtokit *et al.*, 2005)

ตารางที่ 46 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของโลชั่นไฉ่ต่อยุงกลางวันโดยสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

ตัวอย่าง	ผลการทดสอบ
โลชั่นผสมน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มจัด	ผ่าน
โลชั่นผสมน้ำมันตะไคร้หอม	ผ่าน

### 3) การศึกษาการผลิตเจลน้ำหอมปรับอากาศ

#### 3.1) ศึกษาการเกิดเจลของเพคติน

การศึกษาการเกิดเจลของเพคตินโดยเปรียบเทียบการใช้เพคตินเป็นสารก่อเจลที่ความเข้มข้น 3, 6, 9 และ 12% กับการใช้เพคตินร่วมกับ Sodium polyacrylate 1% เป็นสารก่อเจล ซึ่งพบว่า การใช้เพคตินที่ความเข้มข้น 3, 6, 9 และ 12% จะได้สารละลายที่มีลักษณะเป็นของเหลวข้นเหนียว ไม่เกิดเป็นเจล (ตารางที่ 47) ทั้งนี้เนื่องมาจากการเกิดเจลของเพคตินนั้นจะต้องรวมตัวกับน้ำตาลและกรด ในปริมาณที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดเป็นเจลที่อ่อนนุ่มนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ แยม เยลลี่ (Ptitchkina *et al.*, 1994) โดยทั่วไปเพคตินจะใช้เป็นสารที่ทำให้ข้นหนืด กรณีที่นำเพคตินมารวมกับ sodium polyacrylate ซึ่งเป็นสารก่อเจลทำให้เนื้อของเจลนั้นมีความแข็งมากขึ้น ซึ่งการใช้เพคติน 3% ก็สามารถทำให้เจลมีความแข็งพอสมควรในการนำมาผลิตเจลน้ำหอมได้

ตารางที่ 47 ลักษณะของสารละลายเพคตินความเข้มข้นต่างๆ เปรียบเทียบกับการใช้เพคตินร่วมกับ 1% sodium polyacrylate ในละลายน้ำปูนใส

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

#### 3.2) การศึกษาการผลิตเจลน้ำหอมปรับอากาศ

การศึกษาการผลิตเจลน้ำหอมปรับอากาศจากเพคติน โดยใช้เพคติน 3% ร่วมกับ sodium polyacrylate 1% เป็นสารก่อเจล และใช้น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มจี๊ดเป็นองค์ประกอบของสารให้กลิ่นทั้งสองกลิ่นนั้นพบว่า การเปลี่ยนแปลงระดับความแรงของกลิ่นเจลน้ำหอมปรับอากาศที่เปิดฝาทิ้งไว้ 0, 5, 10 และ 15 วัน โดยการทดสอบทางประสาทสัมผัสวิธี Descriptive Analysis จะเห็นได้ว่าการยอมรับทางประสาทสัมผัสในระดับความแรงของกลิ่นเจลน้ำหอมปรับอากาศทั้งสองสูตรที่เปิดฝาทิ้งไว้จะลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น โดยจะลดลงถึงระดับปานกลางหลังจากเปิดฝาทิ้งไว้ 10 วัน และระดับความแรงของกลิ่นน้อยหลังจากเปิดฝาทิ้งไว้ 15 วัน สามารถเทียบได้กับเจลน้ำหอมปรับอากาศในท้องตลาดทั่วไปซึ่งมีอายุการใช้งานประมาณ 15-20 วัน (ตารางที่ 48)

ตารางที่ 48 ระดับความแรงของกลิ่นเจนน้ำหอมปรับอากาศทั้งสองสูตรระหว่างเปิดและปิดฝาทิ้งไว้ 0-15 วัน

จำนวนวัน	ระดับความแรง (คะแนน)			
	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

### บทสรุปและข้อเสนอแนะ

วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตส้มจี๊ดที่เหมาะสมในพื้นที่ภาคตะวันออก โดยศึกษาเทคโนโลยีการผลิต การแปรรูปและการนำไปใช้ประโยชน์ ระหว่างปี 2555-2557 สรุปได้ดังนี้

1. เทคโนโลยีการผลิตส้มจี๊ดด้านระยะปลูก การเตรียมต้นให้พร้อมออกดอก การชักนำให้ออกดอก และการจัดการปุ๋ยในระยะติดผลเพื่อเพิ่มผลผลิต พบว่า การใช้ระยะปลูก 3x3 เมตร เป็นระยะที่เหมาะสม แม้จะมีผลผลิต/ไร่ น้อยเนื่องจากมีจำนวนต้นน้อยกว่าการใช้ระยะปลูกอื่นๆ แต่ต้นส้มจี๊ดมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิต/ต้นในปริมาณมาก ผลผลิตที่ได้มีคุณภาพดีกว่าโดยเฉพาะในด้านของน้ำหนัก/ผล อีกทั้งยังใช้ต้นทุนในการจัดการดูแลรักษาและปัจจัยการผลิตน้อยกว่าการปลูกระยะอื่น อย่างไรก็ตามหากต้องการปลูกในระยะชิดเพื่อให้ได้ผลผลิตปริมาณมาก ควรมีการจัดการทรงพุ่มให้เหมาะสม จะช่วยให้ส้มจี๊ดมีการเจริญเติบโต ให้ผลผลิตปริมาณมากและมีคุณภาพดีได้

การจัดการให้ส้มจี๊ดออกดอก พบว่า เนื่องจากธรรมชาติของส้มจี๊ดมีการทยอยออกดอกติดผลตลอดทั้งปี การตัดแต่งกิ่งหลังเก็บเกี่ยวและปลิดดอกและผลในฤดูกาลที่ผ่านมาออกก่อนทุกครั้งขณะเตรียมต้นให้ออกดอกชุดใหม่ ทำให้ส้มจี๊ดออกดอกสม่ำเสมอพร้อมกันทั่วทั้งต้นและได้ผลผลิตในรุ่นเดียวกัน เนื่องจากส้มจี๊ดเป็นพืชที่ออกดอกจากยอดใหม่ที่ได้หลังจากการตัดแต่งกิ่ง โดยการเตรียมต้นให้พร้อมออกดอกสามารถใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 300 กรัม/ต้น หรือปุ๋ยเคมีสูตร 20-10-10 อัตรา 300 กรัม/ต้น จะทำให้ต้นส้มจี๊ดมีการเจริญเติบโตทางด้านทรงพุ่มดีกว่าการใส่ปุ๋ยคอกอย่างเดียวหรือไม่ใส่ปุ๋ยเลย นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 300 กรัม/ต้น ยังส่งผลให้ส้มจี๊ดมีปริมาณดอกจำนวนผล/ต้น ตลอดจนปริมาณผลผลิต/ไร่ มากกว่าการใส่ปุ๋ยแบบอื่นๆ แม้คุณภาพของผลในด้านของน้ำหนัก/ผลส่วนใหญ่จะไม่แตกต่างกัน สำหรับการชักนำให้ออกดอกด้วยการรดน้ำนั้นเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ช่วยให้ส้มจี๊ดออกดอกสม่ำเสมอพร้อมกันทั่วทั้งต้น ทั้งในต้นที่ไม่ได้ชักนำและต้นที่ชักนำให้ออกดอกแบบต่างๆ โดยใช้เวลาประมาณ 3 สัปดาห์ ซึ่งก่อนที่จะทำการชักนำให้ออกดอกด้วยการรดน้ำนั้น ต้นส้มจี๊ดในทุกกรรมวิธีได้รับการเตรียมต้นให้พร้อมออกดอกด้วยการใส่ปุ๋ยเคมี 15-15-15 แล้ว หลังจากส้มจี๊ดได้รับน้ำจึงใช้เวลาในการแทงยอดใหม่แล้วจึงออกดอกตามมาในเวลาใกล้เคียงกันในทุกกรรมวิธี แม้กรรมวิธีที่ 3 จะมีการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 12-24-12 อัตรา 300 กรัม/ต้น เพื่อช่วยส่งเสริมการสร้างดอกก็ตาม แต่การใส่ปุ๋ย

ดังกล่าวอาจมีผลต่อจำนวนดอกมากกว่า โดยต้นที่มีการรดน้ำและใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 12-24-12 ร่วมด้วยมีจำนวนดอก/ต้น ตลอดจนการให้ผลผลิตในด้านของจำนวนผล/ต้นและผลผลิต/ไร่ ที่มากกว่ากรรมวิธีอื่น แม้คุณภาพของผลในด้านของน้ำหนัก/ผลจะไม่แตกต่างกัน ดังนั้น หากมีการตัดแต่งกิ่งเตรียมต้นให้พร้อมสำหรับการออกดอก ตลอดจนการใช้วิธีรดน้ำสามารถกำหนดช่วงการผลิตและทำให้ส้มจี๊ดมีการเจริญเติบโต ออกดอก ติดผลในปริมาณมากและมีคุณภาพได้

สำหรับการจัดการปุ๋ยในระยะติดผลเพื่อเพิ่มผลผลิต พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 300 กรัม/ต้น หลังติดผลผลิต 2 สัปดาห์ จะทำให้ส้มจี๊ดมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตมากที่สุด ทั้งในด้านจำนวนผล/ต้น และผลผลิต/ไร่ แม้จะมีน้ำหนัก/ผลที่ไม่แตกต่างกันในทุกกรรมวิธี

2. การศึกษากรรมวิธีการแปรรูปและการใช้ประโยชน์จากส้มจี๊ด โดยแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ 7 รูปแบบ ได้แก่ น้ำส้มจี๊ดพร้อมดื่ม แยมส้มจี๊ด มาร์มาเลดส้มจี๊ด เยลลี่ส้มจี๊ด ส้มจี๊ดแช่อิ่มอบแห้ง ไอศกรีมเชอร์เบทส้มจี๊ด และเค้กส้มจี๊ด และพิจารณาความเหมาะสมของสูตรในการทำผลิตภัณฑ์ต่างๆ จากผลการประเมินโดยผู้ทดสอบ 30 ราย ในด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยเฉพาะความชอบรวม ประกอบกับคุณภาพทางกายภาพ เคมี และปริมาณจุลินทรีย์ พบว่า ในการทำน้ำส้มจี๊ดพร้อมดื่ม ควรใช้น้ำส้มจี๊ด 120 กรัมต่อน้ำ 750 กรัม และฆ่าเชื้อแบบสเตอริไรส์ที่ 100 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที แยมส้มจี๊ด ใช้น้ำส้มจี๊ด 600 กรัมต่อน้ำ 1,200 กรัม และปริมาณpectinร้อยละ 0.75 ของส่วนผสมทั้งหมด การทำมาร์มาเลดส้มจี๊ด ควรใช้เปลือกส้มจี๊ด 300 กรัม ต่อน้ำเชื่อม 1,000 กรัม ที่มีความเข้มข้นเท่ากับ 35 °Brix ในการแช่อิ่มเปลือกส้มจี๊ดเพื่อทำมาร์มาเลด การทำเยลลี่ ส้มจี๊ด ควรใช้น้ำส้มจี๊ด 300 กรัมต่อน้ำ 1,350 กรัม และปริมาณคาราจีแนนร้อยละ 1.5 ของส่วนผสมทั้งหมด การทำส้มจี๊ดแช่อิ่มอบแห้ง ควรใช้ส้มจี๊ด 4,000 กรัม ต่อน้ำ 2,200 กรัม น้ำตาลทราย 1,800 กรัม แช่อิ่มแบบช้าประมาณ 5-6 วัน อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง การทำไอศกรีมเชอร์เบทส้มจี๊ด ควรใช้น้ำส้มจี๊ดร้อยละ 50 และเติมเจลาตินร้อยละ 0.5 ของส่วนผสมไอศกรีม และการทำเค้กส้มจี๊ด ควรใช้น้ำส้มจี๊ด 75 กรัม เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์เค้กส้มจี๊ด จึงจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีการยอมรับมากที่สุด ทั้งนี้ หากมีการศึกษาถึงคุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์ร่วมด้วยนอกเหนือจากระสชาติและลักษณะของผลิตภัณฑ์แล้ว อาจเพิ่มมูลค่าให้ผลิตภัณฑ์ได้อีกระดับหนึ่ง

สำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆ นั้นพบว่า เปลือกส้มจี๊ดมีสารสกัดต่างๆ ที่นำไปใช้ประโยชน์ได้หลายรูปแบบ โดยการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มจี๊ดสามารถทำได้ด้วยการกลั่นด้วยน้ำ และมีการปั่นเปลือกส้มจี๊ดให้ละเอียดก่อนนำไปกลั่น ซึ่งจะทำให้ได้น้ำมันหอมระเหยในปริมาณมาก โดยน้ำมันหอมระเหยดังกล่าวมี dl-limonene เป็นองค์ประกอบหลัก และสารเทอร์พีนต่างๆ เป็นองค์ประกอบย่อย นอกจากนี้เปลือกส้มจี๊ดยังนำไปสกัดpectinได้โดยการต้มกับการสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.3 M แล้วตกตะกอนpectinด้วย เอทานอล 95% และหากมีการล้างกากเปลือกส้มจี๊ดด้วยเอทานอลก่อนการสกัดและล้างตะกอนpectinที่ได้ด้วย เอทานอลหลายๆ ครั้ง จะทำให้pectinมีความบริสุทธิ์มากขึ้น และมีสีอ่อนลง โดยpectinจากเปลือกส้มจี๊ดที่ได้มีปริมาณเมทอกซิลเฉลี่ย 5.58% และจัดอยู่ในกลุ่ม low methoxyl pectins เมื่อนำน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มจี๊ดไปพัฒนาเป็นสเปรย์น้ำไล่ยุนั้นพบว่า ยัง

ไม่ผ่านการทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ป้องกันยุง เนื่องจากไม่สามารถติดที่ผิวหนังได้นานกว่า 3 ชั่วโมงได้ จึงควรพัฒนาปรับปรุงสูตรของสเปรย์ไล่ยุงใหม่เพื่อให้มีการกักเก็บน้ำมันหอมระเหยให้ได้นานขึ้น เช่นการใช้เทคนิค encapsulation มาประยุกต์ด้วย หรือเพิ่มสารที่สามารถดูดซับสารองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยไว้ได้ เช่น zeolites silica แต่สำหรับการพัฒนาการใช้ประโยชน์น้ำมันหอมระเหยจากส้มจี๊ดเป็นโลชั่นไล่ยุง สามารถผ่านการทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ป้องกันยุงได้ เนื่องจากมีการเติมน้ำมันหอมระเหยชนิดอื่นๆ ด้วย อีกทั้งการอยู่ในสารที่มีลักษณะเป็นอิมัลชันจะช่วยลดการระเหยของน้ำมันหอมระเหยได้ดีกว่าน้ำ ส่วนการนำเพคตินจากเปลือกส้มจี๊ดมาใช้ประโยชน์โดยนำมาพัฒนาเป็นสารก่อเจลในเจลน้ำหอมปรับอากาศ สามารถใช้เพคติน 3% ร่วมกับ sodium polyacrylate 1% ในน้ำปูนใส และประยุกต์ใช้น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มจี๊ดร่วมกับน้ำมันหอมระเหยชนิดอื่นๆ เป็นน้ำหอม ซึ่งจะได้เจลน้ำหอมปรับอากาศที่มีระดับความแรงของกลิ่นในระดับที่ยอมรับได้นาน 10 วัน

### บรรณานุกรม

- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2557. มะนาวแพง ใช้ส้มจี๊ดแทนก็ได้. สืบค้นเมื่อ 9 ธันวาคม 2557, จาก [http://www.agriman.doae.go.th/home/news3/news3\\_1/Plam/0037\\_calamondin%2826.03.10%29.pdf](http://www.agriman.doae.go.th/home/news3/news3_1/Plam/0037_calamondin%2826.03.10%29.pdf)
- กวิศกร วานิชกุล. 2546. การจัดทรงต้นและการตัดแต่งไม้ผล. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 213 น.
- ชวนิภูธร สีหิติลกรัตน์ พิลานี ไวถนอมสัจด์ จิราพร เชื้อกุล และ ปรีศนา สิริอาษา. 2548. การผลิตเพคตินจากเปลือกและกากผลส้มเหลืองทิ้ง. ใน เรื่องเติมการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43 : สาขาสัตว์ สาขาอุตสาหกรรมเกษตร. กรุงเทพมหานคร. 684 น.
- นิธิยา รัตนานนท์. 2545. เคมีอาหาร. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพมหานคร. 487 น.
- บริษัทฮงฮวด จำกัด. 2556. สูตรทำโลชั่น/ครีมทาผิว DIY Skin Lotion/Cream. สืบค้นเมื่อ 16 ธันวาคม 2556, จาก <http://honghuatshop.blogspot.com/2010/10/diy-skin-lotion-cream.html>
- พีระศักดิ์ ฉายประสาท. 2559. การปลูกมะนาว. ใน การฟื้นฟู เยียวยา ผู้ประสพภัย ด้วยงานวิจัย วช. สืบค้นเมื่อ 5 กุมภาพันธ์ 2559, จาก [http://www.agi.nu.ac.th/postharvest/downloads/upload\\_file/Lemon.pdf](http://www.agi.nu.ac.th/postharvest/downloads/upload_file/Lemon.pdf)
- มุกดา สุขสวัสดิ์. 2544. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. 368 น.
- วสันต์ ผ่องสมบูรณ์. 2547. การผลิตมะนาวเชิงพาณิชย์. สืบค้นเมื่อ 5 กุมภาพันธ์ 2559, จาก <http://aglib.doa.go.th/lib/images/Downloads/2551/EB00180.pdf>
- สมบูรณ์ เตชะภิญญาวัฒน์. 2544. สรีรวิทยาของพืช. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 237 น.



- สังคม เตชะวงศ์เสถียร. 2559. สรีรวิทยาของดอก. สืบค้นเมื่อ 9 ธันวาคม 2559, จาก <http://ag.kku.ac.th/suntec/index123401.files/Hort%20Physiol%20%20Flowering.pdf>
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. 2557. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ ชุมชน ผลไม้แช่อิ่ม สืบค้นเมื่อ 19 ธันวาคม 2557, จาก [http://app.tisi.go.th/otop/pdf\\_file/tcps161\\_46.pdf](http://app.tisi.go.th/otop/pdf_file/tcps161_46.pdf)
- สุรพงษ์ โกสิยจินดา. 2538. สัมผัส สาระที่น่าสนใจ. ใน รวมกฤษฎ์สัมพันธ์. หน้า 206-210.
- Arbuckle, W.S. 1986. Ice Cream (4th ed.). Westport, Connecticut : The AVI Publishing Company Inc. 843 p.
- Calamondin-The Most Versatile Citrus. 2557. สืบค้นเมื่อ 19 ธันวาคม 2557, จาก <http://aggie-horticulture.tamu.edu/patiocitrus/Calamondin.html>
- Calamondin-The Most Versatile Citrus. 2557. สืบค้นเมื่อ 19 ธันวาคม 2557, จาก <http://aggie-horticulture.tamu.edu/patiocitrus/Calamondin.html>
- Guardiola JL, Monerri C, Agustí M. 1982. The inhibitory effect of gibberellic acid on flowering in Citrus. *Physiol. Plant.* 55:136-142.
- 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 (4) : 1098-1104.
- Koo, R.C.J. 1985. Potassium nutrition of citrus. p.1078-1085. In: Proc., Symp. on Potassium in Agriculture. (Ed.: R.D. Munson). 7-10 July 1985. Atlanta, GA, USA. ASA, CSSA. Madison, WI, USA.
- Nishinari, K., Watase, M., Williams, P.A. and Phillips, G.O.. 1990.  $\kappa$ -carrageenan Gels : Effect of Sucrose, Glucose, Urea, and Guanidine Hydrochloride on the Rheological and Thermal Properties. *Journal of Agriculture and Food chemistry.* 3 (8) : 1188-1193.
- 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.
- Singthong, J., S.W.Cui S. Ningsanond, and H.D. Goff. 2004. Structural characterization, degree of esterification and some gelling properties of Krueo Ma Noy pectin (Cissampelos pareira) pectin. *Carbohydrate Polymers.* 58 : 391 –400.

- 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.
- Yapo, B. M. (2009). Pectin quantity, composition and physicochemical behaviour as influenced by the purification process. *Food Research International*. 42 : 1197–1202.