

## บทที่ 2

### การผลิตโยอาหารและน้ำฝรั่งพร้อมดื่มเติมโยอาหาร

#### 1 บทนำ

##### 1.1 บทนำคั้นเรื่อง

ปัจจุบันได้มีการนำส่วนเหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปทางอุตสาหกรรมเกษตร (agro waste) มาใช้ให้เกิดประโยชน์ เช่น ส่วนเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมะนาวซึ่งส่วนใหญ่เป็นเปลือก รองลงมาคือ เมล็ด และเนื้อตามลำดับ จะถูกนำมามาสกัดน้ำ น้ำมันหอมระเหยและผลิตเป็นอาหารสัตว์ (Braddock, 1999 อ้างโดย Lario *et al.*, 2003) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าได้มีการศึกษานำส่วนเหลือทิ้งอื่น ๆ เช่น แกนสับปะรด เปลือกโกโก้ เปลือกส้มเขียวหวาน เปลือกมะม่วง มาเป็นแหล่งของโยอาหาร (Prakongpan *et al.*, 2002; Redgwell *et al.*, 2003; นิธิมา อรรถวานิช และปราณี อานปรื่อง, 2546; Larrauri *et al.*, 1996) อุตสาหกรรมการผลิตเพกตินก็เช่นเดียวกัน วัตถุดิบส่วนใหญ่จะเป็นส่วนเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมผลิตน้ำผลไม้เช่น แอปเปิ้ลและส้ม ซึ่งอุตสาหกรรมการผลิตเพกตินส่วนใหญ่พบในประเทศแถบยุโรปและอเมริกา ในขณะที่ประเทศแถบเอเชียกลับพบได้น้อย ทำให้เพกตินที่ใช้ในประเทศไทยทั้งหมดเป็นการนำเข้าจากต่างประเทศ ในระหว่างปี พ.ศ. 2547-2548 พบว่า สารประกอบเพกตินมีปริมาณการนำเข้าเพิ่มจาก 934,245 กก. เป็น 995,941 กก. และมีมูลค่าการนำเข้าเพิ่มจาก 288,282,857 บาท เป็น 298,824,372 บาท ในปี พ.ศ. 2547 และปี พ.ศ. 2548 ตามลำดับ โดยส่วนใหญ่นำเข้ามาจากประเทศแคนาดา ฝรั่งเศส เยอรมัน อังกฤษ และเม็กซิโก (กรมศุลกากร, 2548) นอกจากนี้ ประเทศแถบเอเชียยังเต็มไปด้วยผลไม้ที่มีปริมาณเพกตินสูงใกล้เคียงกับแอปเปิ้ลโดย วราภรณ์ ชัยโอภาส (2538) รายงานว่า ผลไม้ไทยที่มีปริมาณเพกตินสูงที่สุด 5 อันดับแรกได้แก่ มะขามป้อม กระท้อน มะกอก ละมุด และฝรั่ง

ในขั้นตอนการสกัดน้ำผลไม้โดยทั่วไปจะใช้วิธีบีบอัดทางกายภาพ ทำให้เนื้อเยื่อในผนังเซลล์ฉีกขาด ผลผลิตที่ได้จะขึ้นกับปริมาณแรงอัดและลักษณะของผลไม้ชนิดนั้น ๆ เช่น กล้วย มะม่วง มะขาม ฝรั่ง ทูเรียน ขนุน การบีบอัดจะให้น้ำน้อย การใช้เอนไซม์ย่อยเนื้อเยื่อจะช่วยให้ได้น้ำมากขึ้น (ปราณี อานปรื่อง, 2543) นอกจากนี้เมื่อพิจารณาปริมาณของเสียจากอุตสาหกรรมแปรรูปน้ำผลไม้ พบว่า กระบวนการผลิตน้ำฝรั่งจะให้ปริมาณส่วนเหลือทิ้งซึ่งเป็นของเสียประมาณ 3,000 ตัน จากปริมาณการแปรรูป 21,640 ตัน (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2542) จึงเป็นทาง

เลือกที่ดีในการนำส่วนเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมการแปรรูปน้ำผลไม้มาผลิตเป็นเพกติน ทำให้ช่วยลดปริมาณของเสียและยังช่วยลดการนำเข้าเพกตินจากต่างประเทศในอนาคตต่อไป น้ำฝรั่งเดิมโยอาหารในรูปเพกตินในปริมาณที่เหมาะสมจะถูกพัฒนาและปรับปรุงคุณภาพทางประสาทสัมผัส คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เพื่อให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคต่อไป

## 1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาวิธีการสกัดโยอาหารละลายน้ำในรูปเพกตินจากส่วนเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตน้ำฝรั่งทางการค้าซึ่งประกอบด้วยส่วนเนื้อ เปลือก และเมล็ดฝรั่ง วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของเพกตินที่สกัดได้
2. เพื่อศึกษาหาความเข้มข้นของเอนไซม์เพกตินเนสและอุณหภูมิในการบ่มที่เหมาะสมในการสกัดน้ำฝรั่ง และหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่อปริมาณกรดทั้งหมดของน้ำฝรั่งที่สกัดได้โดยการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส
3. เพื่อศึกษาวิธีการผลิตน้ำฝรั่งเดิมโยอาหารในรูปเพกตินโดยหาปริมาณเพกตินที่เหมาะสมที่ได้รับการยอมรับจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสมากที่สุดเพื่อนำผลิตน้ำฝรั่งเดิมโยอาหารมาใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

## 2. การตรวจเอกสาร

### 2.1 วิธีการสกัดเพกติน

Shi และคณะ (1996) กล่าวว่า การสกัดเพกตินในขั้นเริ่มต้น (pretreatment) จะต้มด้วยน้ำอุณหภูมิ 75-79°C เวลา 15-60 นาที ในอัตราส่วนน้ำ: ของแข็ง 15:1-45:1 เพื่อกำจัดสีในวัตถุดิบเริ่มต้นออก ถึงแม้ว่าขั้นตอนการล้างด้วยน้ำร้อนจะกำจัดสีได้ดีแต่เพกตินที่ละลายน้ำได้กลับสูญเสียไปด้วย บางกรณีอาจสูญเสียไปถึงร้อยละ 45 ของปริมาณเพกตินทั้งหมด

Págan และคณะ (2001) กล่าวว่า การสกัดเพกตินเป็นกระบวนการที่มีขั้นตอนทางเคมีและทางกายภาพหลายขั้นตอน เพื่อที่จะไฮโดรไลซ์เพกตินและสกัดเพกตินจากเนื้อเยื่อพืช คุณสมบัติของเพกตินที่ได้ขึ้นอยู่กับปัจจัยในการสกัด ได้แก่ อุณหภูมิ พีเอช และเวลา การสกัดเพกตินเริ่มจากนำวัตถุดิบเริ่มต้นมาล้าง ตามด้วยการสกัดด้วยกรด เช่น กรดซัลฟูริก ไนตริก ฟอสฟอริก แอซีติก หรือไฮโดรคลอริก ที่อุณหภูมิ 80-100°C โปรโตเพกตินจะถูกไฮโดรไลซ์เป็นเพกติน และเมื่อทำการหาสภาวะที่เหมาะสมของการสกัดเพกตินจากกากลูกท้อ (peach pomace) พบว่า ที่อุณหภูมิ

80°C พีเอช 1.4 เวลา 1 ชม. โดยการสกัดด้วยกรดไนตริกให้ร้อยละการผลิตเพกตินสูงสุดเท่ากับ 17.8 โดยน้ำหนักแห้ง

พัชรีย์ พัฒนากุล และคณะ (2548) พบว่า การใช้กรดไฮโดรคลอริกที่ความเข้มข้น 0.05 นอร์มอล สามารถสกัดเพกตินจากเปลือกฝรั่งได้ร้อยละผลผลิตสูงสุดเท่ากับ 6.42 โดยน้ำหนักสด

Mohamed และ Hasan (1995) ได้ศึกษาการสกัดเพกตินจากส่วนเหลือทิ้งทางการเกษตรในประเทศเซเชรอน พบว่า การสกัดเพกตินด้วยอะซีโตนเป็นวิธีการสกัดที่ดีที่สุด และส่วนเหลือทิ้งที่สามารถสกัดให้ร้อยละผลผลิตปริมาณเพกตินมากที่สุดคือ ส่วนเหลือทิ้งของมะม่วงหิมพานต์แต่เพกตินที่ได้จะมีลักษณะเหนียวและไม่สามารถบดเป็นผงได้ รองลงมาคือ เปลือกขนุน กระบวนการสกัดที่ใช้กรดจะใช้ที่อุณหภูมิ 70-90°C เพื่อกำจัดสิ่งที่ไม่ต้องการและแยกเพกตินออกจากเซลลูโลสในวัตถุดิบเริ่มต้น จากนั้นจะถูกตกตะกอนด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ ไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ หรือเกลืออะลูมิเนียม ตะกอนเพกตินที่ได้จะถูกแยกออกจากสารละลายโดยการกรอง นำมาล้าง ทำให้แห้งและบดให้ได้ขนาดตามต้องการ

วราภรณ์ ชัยโอภาส (2538) ได้ทำการสกัดเพกตินจากผลไม้ 15 ชนิด โดยสกัดด้วยแคลเซียมคลอไรด์ 1 โมลาร์ และตกตะกอนด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 60 พบว่าปริมาณเพกตินในผลไม้คือ มังคุด กระท้อน มะกอก ลองกอง น้อยหน่า ลำไย ฝรั่ง ละมุด และมะขามป้อม เรียงตามลำดับจากมากไปน้อย ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าแอปเปิ้ล โดยเฉพาะฝรั่งมีปริมาณเพกตินร้อยละ 0.71-0.99 ซึ่งมากกว่าแอปเปิ้ลที่มีเพียงร้อยละ 0.55

เนื่องจากแคลเซียมมีผลต่อผลไม้ทั้งทางกายภาพและเคมี ทำให้ผักและผลไม้กรอบได้เมื่อใช้สารละลายเกลือแคลเซียม โดยแคลเซียมจะทำปฏิกิริยากับกรดเพกติกที่อยู่ในเซลล์พืช เกิดเป็นเกลือแคลเซียมเพกเตทที่ไม่ละลายน้ำ เป็นผลให้ผนังเซลล์พืชกรอบ แต่ถ้ากำจัดแคลเซียมที่มีอยู่ตามธรรมชาติในเนื้อผลไม้จะออกจะทำให้เนื้อผลไม้นุ่ม เนื่องจากเพกตินละลายออกมาภายนอก จึงใช้ SHMP (sodium hexametaphosphate) ช่วยสกัดเพกตินเพราะ SHMP มีสมบัติเป็น sequestering agent จะช่วยกำจัดพวก polyvalent cations และป้องกันไม่ให้เกิดตะกอนของแคลเซียมเพกเตท ผลจากการที่เติม SHMP ลงไปร้อยละ 2.5 โดยน้ำหนักผลไม้ พบว่าจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดเพกตินได้มากกว่าการสกัดเพกตินโดยไม่ใช้ SHMP และลดเวลาในการสกัดได้ร้อยละ 50 (Baker อ้างโดย นัยทัศน์ ภูศรีณย์, 2521)

Iglesias และ Lozano (2004) ทำการสกัดเพกตินจากส่วนหัวของดอกทานตะวัน (ไม่มีเมล็ด) โดยใช้สารละลาย SHMP ความเข้มข้นร้อยละ 0.75 สกัดที่อุณหภูมิ 75°C พีเอช 3.5 เวลา 1 ชม. จากนั้นตกตะกอนเพกตินด้วยเอทานอลสภาพกรด ล้าง ทำให้แห้ง และบด พบว่า วิธีการ

สกัดดังกล่าวให้ร้อยละการผลิตเพกติน 7.4 โดยน้ำหนักแห้ง นอกจากนี้ Mohamed และ Hasan (1995) ทำการสกัดเพกตินจากเปลือกมะนาวโดยใช้สารละลาย SHMP ร้อยละ 2.4 ที่อุณหภูมิ  $80 \pm 5$  °ซ นาน 1 ชม. และโซเดียมไบซัลไฟท์ (sodium bisulphite) ร้อยละ 1 ที่อุณหภูมิ  $73 \pm 2$  °ซ นาน 1 ชม. จากนั้นตกตะกอนเพกตินด้วยเกลืออะลูมิเนียม พบว่า เมื่อใช้สารละลาย SHMP ร้อยละ 2.4 และโซเดียมไบซัลไฟท์ร้อยละ 1 ให้ร้อยละผลผลิตเพกติน 32.9 และ 10.1 โดยน้ำหนักแห้งตามลำดับ

## 2.2 การประยุกต์ใช้เอนไซม์เพกติก

Urlaub (2002) กล่าวว่า การใช้เอนไซม์เพกติกในเนื้อผลไม้บด เอนไซม์ที่ใช้จะมีปริมาณของเอนไซม์พอลิกลีแกทิวโรเนสและเพกตินเอสเทอเรสในปริมาณสูงซึ่งเหมาะในการบ่มเนื้อผลไม้บดและสกัดน้ำออกมา สภาวะในการบ่มจะใช้อุณหภูมิ  $20-30$  °ซ เวลา 30-120 นาที เพกตินจะถูกทำลาย ความหนืดของน้ำผลไม้ที่ได้จึงลดลง ทำให้การบีบคั้นน้ำสะดวกรวดเร็วได้ผลผลิตดีขึ้น นอกจากนี้การใช้เอนไซม์ทำให้กากผลไม้เปื่อยยุ่ย โดยกากผลไม้ถูกนำมาผสมกับน้ำในอัตราส่วน 1:1 บ่มด้วยเอนไซม์ที่อุณหภูมิ  $50$  °ซ เวลา 1-2 ชม. ด้วยอัตราเวลาที่คงที่เพื่อให้ได้ปริมาณของเหลวออกมามากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการทางกล

ผลฝรั่งจะประกอบด้วยส่วน parenchyma cell และ stone cell ส่วน stone cell เป็นส่วนลิกนินที่แข็งและทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ ส่วนผลชั้นกลาง (mesocarp) ประกอบด้วยเนื้อฝรั่งร้อยละ 90 และ stone cell ร้อยละ 77 โครงสร้างหลักของ parenchyma cell เป็นเซลลูโลสซึ่งมีสายแขนงเป็นกลูแคน (glucans) ไซโลกลูแคน (xyloglucans) และอะราบีแนน (arabinans) เอนไซม์เพกติกจึงถูกนำมาใช้ในการขั้นตอนการสกัดน้ำและการทำให้ใส (Kashyap, 2001)

Hodgson และคณะ (1990) ทำการผลิตเพียวเร่ฝรั่งพันธุ์เนื้อสีชมพูโดยใช้เอนไซม์เพกติก (Pectinex Ultra SP-L<sup>®</sup>, 26,000 PG units) ความเข้มข้นร้อยละ 0.2 โดยน้ำหนัก ทำการบ่มในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่  $50$  °ซ นาน 2 ชม. พบว่าการบ่มด้วยเอนไซม์ทำให้มีร้อยละของผลผลิตเพียวเร่เพิ่มขึ้นร้อยละ 10 และมีค่าสีในรูป  $L^*$  และ  $a^*$  ลดลงเล็กน้อยจาก 52.32 เป็น 51.81 และ 24.03 และ 23.09 แต่ค่า  $b^*$  กลับเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจาก 18.16 เป็น 18.42 ตามลำดับเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมซึ่งทำให้เพียวเร่ฝรั่งมีสีชมพูจางหรือซีดลง

Chopda และ Barrett (2001) ผลิตน้ำฝรั่งซึ่งเตรียมจากเพียวเร่ฝรั่ง โดยศึกษาหาความเข้มข้นของเอนไซม์เพกติก (Pectinex Ultra SP-L<sup>®</sup>, Novo Nordisk) ที่ 300, 500 และ 700 ppm อุณหภูมิในการบ่มที่ 35, 40, 45, 50 และ  $55$  °ซ เวลาในการบ่มที่ 1, 1.5, 2 และ 2.5 ชม. จากนั้นทำการยับยั้งเอนไซม์ที่อุณหภูมิ  $80$  °ซ นาน 30 วินาที พบว่าที่ความเข้มข้น 700 ppm อุณหภูมิ  $50$  °ซ

เวลา 1.5 ชม. เป็นสภาวะที่เหมาะสมโดยให้ร้อยละของผลผลิตสูงที่สุดเท่ากับ 85.43 นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อความเข้มข้นของเอนไซม์และเวลาในการบ่มเพิ่มขึ้น เพียวเร่ฝรั่งในระหว่างการบ่มมีค่าพีเอชลดลง เนื่องจากเอนไซม์เพกตินเอสจะไปช่วยเร่งการสลายตัวของโมเลกุลเพกตินทำให้ได้ปริมาณกรดคาร์บอกซิลิกและกรดกาแล็กทูโรนิกเพิ่มขึ้น

เช่นเดียวกับ Brasil และคณะ (1995) นำเอนไซม์เพกติกมาใช้ในกระบวนการผลิตน้ำฝรั่ง โดยนำเนื้อฝรั่งมาบดและบ่มด้วยเอนไซม์เพกติก (Clarex-L<sup>®</sup> superconcentrate) ความเข้มข้น 600 ppm บ่มที่อุณหภูมิ 45°C นาน 30, 60, 90, 120 และ 150 นาที จากนั้นยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่อุณหภูมิ 90°C นาน 5 นาที พบว่า เมื่อเวลาในการบ่มเพิ่มขึ้น ร้อยละของผลผลิตที่ได้และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้น แต่ค่าพีเอชลดลง ซึ่งที่เวลา 120 นาที ให้ค่าร้อยละผลผลิตที่ได้สูงที่สุดเท่ากับ 84.70 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 14.30 °บริกซ์ และค่าพีเอช 3.90

### 2.3 การประยุกต์ใช้ใยอาหารในเครื่องดื่มชนิดต่าง ๆ

การใช้ประโยชน์ของใยอาหารในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ สามารถแบ่งตามคุณสมบัติการละลายน้ำของใยอาหารคือ ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ มักใช้เติมในขนมปัง แสมเบอร์เกอร์ คุกกี้ อาหารขบเคี้ยว พืชชา เป็นต้น ส่วนใยอาหารที่ละลายน้ำมักใช้เติมในอาหารที่มีลักษณะเหลว เช่น เครื่องดื่มต่าง ๆ โยเกิร์ต น้ำสลัด ไอศกรีม (Gretlein, 1991) ในการพัฒนาสูตรอาหารจะใช้วิธีปรับสัดส่วนของส่วนประกอบต่าง ๆ ที่มีในสูตรดั้งเดิมหรือสูตรมาตรฐานซึ่งเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคอยู่แล้ว การเสริมสารที่เป็นแหล่งของใยอาหารเข้าไปในสูตรมาตรฐานโดยการแทนที่ส่วนผสมชนิดใดชนิดหนึ่งในปริมาณหนึ่งหรือการลดปริมาณการใช้ส่วนประกอบที่เป็นแหล่งไขมัน เนย และลดปริมาณน้ำตาลเพื่อลดพลังงานที่จะได้รับจากสารอาหาร (สันทนา อมรชัย, 2537)

Hoersten และคณะ (1991) ได้ศึกษาการผลิตเครื่องดื่มเติมใยอาหารที่ละลายน้ำ โดยเติมกัมอะราบิกร้อยละ 1-4 โดยน้ำหนัก และ HM-pectin ร้อยละ 0.2-1.2 โดยน้ำหนัก ทำให้มีใยอาหารทั้งสองรวมกัน 2-10 ก.ในน้ำผลไม้ 8 ออนซ์ ซึ่งได้แก่ น้ำแอปเปิ้ล น้ำแอปเปิ้ลผสมเชอร์รี่ ดังแสดงในตารางที่ 2-1 ทำให้น้ำผลไม้ที่เติมใยอาหารมีความข้นหนืดต่ำ ไม่ทำให้เกิดเจล เครื่องดื่มน้ำผลไม้ไม่มี mouthfeel เมื่อดื่มและไม่แตกต่างไปจากน้ำผลไม้ที่ไม่เติมใยอาหาร

ตารางที่ 2-1 ค่าความหนืดของน้ำผลไม้ชนิดต่าง ๆ ที่เติมกัมอะราบิกและเพกติน

The viscosity of fruit juice with different levels of gum arabic and pectin combinations

Single-strength juice formulations	Gum arabic*	HM-pectin*	PBW*	TDF**	Viscosity (cps/22.8°C)
Apple juice 1	0.000	0.000	0.000	0.0	13.00
Apple juice 2	1.049	0.333	1.382	3.1	27.25
Apple juice 3	4.000	0.200	4.200	9.5	26.50
Apple juice 4	1.000	1.200	2.200	5.0	13.80
Apple-cherry juice 1	0.000	0.000	0.000	0.0	13.75
Apple-cherry juice 2	1.049	0.333	1.382	3.1	24.50

ที่มา : Hoersten และคณะ (1991)

\* per 100 parts by weight

\*\* Total dietary fiber, g/8 fluid ounces

Mill และคณะ (1992) ศึกษาการผลิตน้ำผลไม้เติมใยอาหารจากส้ม โดยน้ำผลไม้ไม่เกิดกลิ่นรสผิดปกติ ไม่เกิดความรู้สึกเนื้อเป็นทราย ไม่เกิดความข้นหนืด และไม่เกิดเจล ใยอาหารจะถูกแยกจากถุงน้ำในส่วนเนื้อส้ม และถูกเติมในปริมาณร้อยละ 0.5-6.5 โดยน้ำหนัก ขนาดของอนุภาคใยอาหารน้อยกว่า 50 ไมครอน หลังจากเติมสารให้กลิ่นรส เช่น สารให้ความหวานและสารเจือปนอาหารอื่น ๆ จากนั้นจึงเติมเนื้อผลไม้ลงไป กวนผสมในถังอย่างช้า ๆ เพื่อป้องกันน้ำผลไม้ข้นหนืด การเติมใยอาหารควรใช้เวลาสั้นในการผสม ใช้แรงกวนต่ำเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดเจล และการจับตัวกันเป็นก้อน ทำให้อาหารกระจายตัวได้ดี แล้วจึงพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิสูงเวลาด้านด้วยเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่อุณหภูมิ 87.7°C นาน 10 วินาที ทำให้มีความหนืด 10.9 เซนติพอยท์ (cps) เมื่อวัดที่อุณหภูมิ 8°C และมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 12.8°บริกซ์

สุกัญญา โกมล (2542) ทำการผลิตน้ำส้มเขียวหวานเติมใยอาหาร โดยใช้ใยอาหารที่ละลายน้ำซึ่งสกัดจากเปลือกโกโก้ นำใยอาหารที่เตรียมได้เติมในน้ำส้มพร้อมคัมที่มีอัตราส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่อปริมาณกรดทั้งหมดเท่ากับ 36 ซึ่งมีปริมาณของแข็งที่ละลาย

ได้ทั้งหมด 14 °บริกซ์ ปริมาณกรดทั้งหมดร้อยละ 0.4 เติมโยอาหารในระดับร้อยละ 0, 1, 2 และ 3 ของน้ำหนักร้ำน้ำส้ม และประเมินผลทางประสาทสัมผัสในคุณลักษณะด้านสี รสหวาน รสเปรี้ยว รสขม และ mouthfeel พบว่า ร้ำน้ำส้มพร้อมเติมเติมโยอาหารที่ละลายน้ำที่ระดับร้อยละ 0, 1, 2 และ 3 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P>0.05$ ) และจากการทดสอบความชอบพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณโยอาหารที่ละลายน้ำจะมีผลทำให้การยอมรับของผู้ทดสอบขมลดลง

### 3. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

#### วัสดุ

1. กากฝรั่ง (ส่วนเปลือก เนื้อ และเมล็ด) จากกระบวนการผลิตน้ำฝรั่งทางการค้าของกลุ่มผลิตน้ำฝรั่งบ้านตะเคียน อ.ถลาง จ.ภูเก็ต เก็บไว้ในถังโพนเติมน้ำแข็งตลอดการขนส่งจนถึงคณะอุตสาหกรรมเกษตร

2. ฝรั่งพันธุ์เป็นสีทอง (*P. guajava* L.) var. Pan Seethong ระยะเก็บเกี่ยว (130 วัน ตั้งแต่เริ่มออกดอกจนถึงระยะแก่จัด) จากตลาดสด อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา

3. ภาชนะบรรจุ ขวดแก้วฝาเกลียวล็อก ขนาดบรรจุ 300 มล. พร้อมฝาปิด จากบริษัท บางกอกกล๊าส จำกัด

4. ฝ้ายดิบเบอร์ 11 และฝ้ายปาน

5. น้ำตาลทราย

6. สีส้มอาหาร (เจียวแอปเปิ้ล) ยี่ห้อ Best Foods

7. สารเคมี

7.1 สารเคมีสำหรับการสกัดเพกติน

- Sodium hexametaphosphate (SHMP) ยี่ห้อ Finechem ประเทศออสเตรเลีย

- เอทิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 95

- กรดไฮโดรคลอริก

- Diatomaceous earth

7.2 สารเคมีสำหรับการผลิตน้ำฝรั่ง

- เอนไซม์เพกตินเนส (EC 3.2.1.15, 25 units/mg protein activity: one unit will liberate 1.0  $\mu$ mole of galacturonic acid from polygalacturonic/min at pH 4.0 at 25°C) ยี่ห้อ Sigma ประเทศสหรัฐอเมริกา

- กรดซิตริก (food grade)

### 7.3 สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ทางเคมี

#### อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ในการเตรียมกากฝรั่งอบแห้ง การสกัดและการผลิตเพกติน
  - เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบถาด (air dryer) ประเทศไทย
  - เครื่องปั่น (blender) ยี่ห้อ National ประเทศญี่ปุ่น
  - อ่างควบคุมอุณหภูมิ ยี่ห้อ Memmert รุ่น WB/0B7-45 ประเทศเยอรมันนี
  - ตู้อบลมร้อนยี่ห้อ Memmert ประเทศเยอรมันนี
  - เครื่องหมุนเหวี่ยงยี่ห้อ Sorvall รุ่น RC-5B Plus ประเทศสหรัฐอเมริกา
  - เครื่องปิดผนึกถุงพลาสติกแบบสุญญากาศ ยี่ห้อ Henkovac รุ่น 1000 ประเทศเนเธอร์แลนด์
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตน้ำฝรั่งเค็มโยอาหาร
  - เครื่องสกัดน้ำผลไม้ ประเทศไทย
  - เครื่องฆ่าเชื้อแบบ steam water spray automated batch ยี่ห้อ FMC Food Tech ประเทศเบลเยียม (ภาพที่ 2-1)
3. อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์ทางเคมี และกายภาพ
  - เครื่องวัดพีเอช ยี่ห้อ Sartorius รุ่น PB-20 ประเทศเยอรมันนี
  - เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Ohaus รุ่น TP2KS ประเทศสหรัฐอเมริกา
  - เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น AB204 ประเทศสวิตเซอร์แลนด์
  - เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (hand refractometer) ยี่ห้อ Atago รุ่น N1 Brix 0~32% ประเทศญี่ปุ่น
  - เครื่องวัดค่าสี ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น ColorFlex และรุ่น ColorQuest XT ประเทศสหรัฐอเมริกา
  - เครื่องวัดความขุ่น ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น ColorQuest XT ประเทศสหรัฐอเมริกา
  - เครื่องวัดความหนืด ยี่ห้อ Brookfield รุ่น DV-II+ ประเทศสหรัฐอเมริกา
4. อุปกรณ์สำหรับทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส





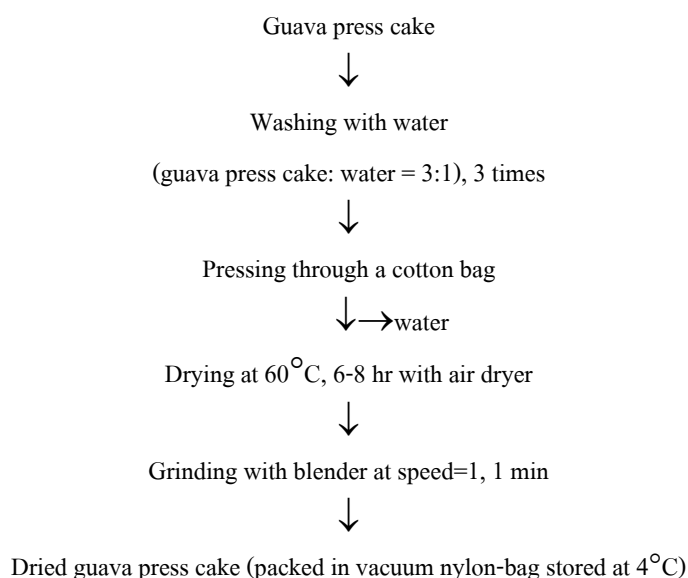
ภาพที่ 2-1 เครื่องฆ่าเชื้อแบบ steam water spray automated batch  
Steam water spray automated batch retort

## วิธีการ

### 1. การสกัดและการวิเคราะห์คุณสมบัติของเพกติน

#### 1.1 การเตรียมกากฝรั่งอบแห้ง (พัชรวิ ศาสตร์รา, 2542)

โดยนำกากฝรั่งซึ่งประกอบไปด้วยส่วนเปลือก เนื้อ และเมล็ด ที่เหลือจากกระบวนการผลิตน้ำฝรั่งทางการค้าหลังจากขั้นตอนการสกัดแยกน้ำและกาก มาล้างด้วยน้ำกรอง 3 ครั้ง ในอัตราส่วนน้ำ 3 ส่วน: กากฝรั่ง 1 ส่วน จากนั้นบีบน้ำออกโดยใช้ถุงผ้าฝ้ายดิบ นำกากฝรั่งที่ผ่านการล้างและบีบน้ำออก อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 60°C นาน 6-8 ชม. ให้ได้ความชื้นประมาณร้อยละ 8 นำกากฝรั่งอบแห้งซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นแข็งมาปั่นละเอียดด้วยเครื่องปั่นที่ความเร็วเท่ากับ 1 นาน 1 นาที จะได้กากฝรั่งผงปิดผนึกด้วยถุงไนลอนแบบสุญญากาศ เก็บที่อุณหภูมิ 4°C จนกระทั่งนำมาใช้ การเตรียมกากฝรั่งอบแห้งดังแสดงในภาพที่ 2-2



## ภาพที่ 2-2 การเตรียมกากฝรั่งอบแห้ง

Preparation of dried guava press cake

ที่มา : พัชร ศาสตร์รา (2542)

### 1.2 การสกัดเพกติน โดยวิธีดัดแปลงจาก Iglesias และ Lozano (2004)

#### 1.2.1 เตรียมสารเคมีที่ใช้ในการสกัดดังนี้

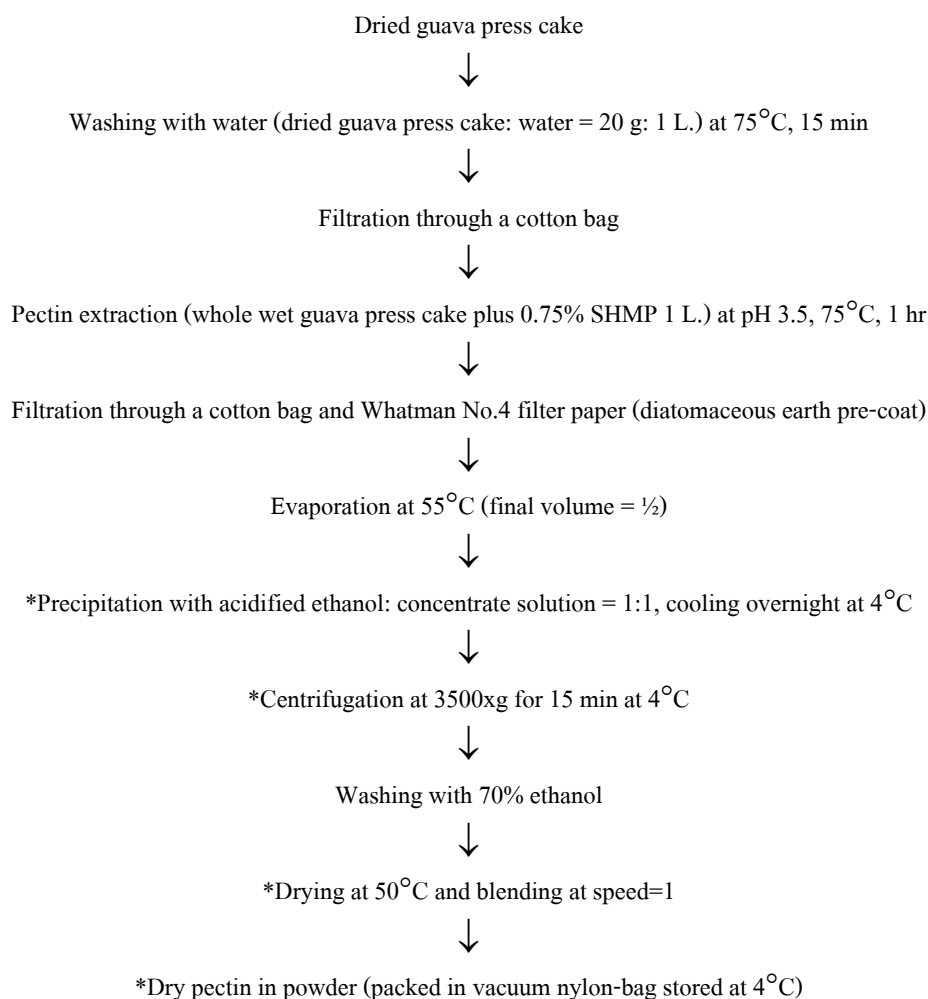
- สารละลาย SHMP ความเข้มข้นร้อยละ 0.75 (w/v) จำนวน 1 ลิตร ซึ่งมีพีเอชประมาณ 6
- กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 1 และ 6 นอร์มอล
- แอลกอฮอล์สภาพกรด(acidified ethanol) โดยใช้อัตราส่วนแอลกอฮอล์ร้อยละ 95: กรดไฮโดรคลอริก 1 นอร์มอล เท่ากับ 3 ส่วน: 1 ส่วน)
- แอลกอฮอล์ร้อยละ 70

1.2.2 นำกากฝรั่งอบแห้งที่เตรียมได้จากข้อ 1.1 โดยใช้กากฝรั่งอบแห้ง: น้ำกลั่น เท่ากับ 20 ก: 1 ลิตร) ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 75°C เวลา 15 นาที กรองผ่านผ้าฝ้ายดิบ ส่วนของเหลวที่ได้จากการกรองทิ้งไป นำเฉพาะส่วนของกากฝรั่งเปียกทั้งหมดเติมสารละลาย SHMP ความเข้มข้นร้อยละ 0.75 จำนวน 1 ลิตร ผสมให้เข้ากัน (ค่าพีเอชประมาณ 5.9) ปรับพีเอชด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 6 นอร์มอล ให้ได้ค่าพีเอชเท่ากับ 3.5 นำไปบ่มด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิที่

อุณหภูมิ 75°C เวลา 1 ชม. กรองผ่านผ้าฝ้ายดิบแล้วตามด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 4 ที่เติมผง diatomaceous earth จนเต็มแผ่นกระดาษกรองหนักประมาณ 1 ก.

1.2.3 นำของเหลวที่ผ่านการกรองครั้งสุดท้ายด้วยกระดาษกรองจากข้อ 1.2.2 ทำให้เข้มข้นโดยใช้เครื่องระเหยสุญญากาศ (rotary evaporator) ที่อุณหภูมิ 55°C ให้มีปริมาตรเหลือ ½ ของปริมาตรเริ่มต้น จากนั้นเติมเอทิลแอลกอฮอล์สภาพกรด: ของเหลวขึ้น เท่ากับ 1: 1 ผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ข้ามคืนที่ 4°C เพื่อตกตะกอนเพกติน

1.2.3 แยกตะกอนเพกตินที่ได้ซึ่งมีลักษณะเป็นก้อนเจล โดยหมุนเหวี่ยงที่ 3,500xg เวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิ 4°C ล้างตะกอนที่ได้ด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 70 จนหมดอนุโมลคอลลอยด์ (ค่าพีเอชประมาณ 5) จากนั้นนำตะกอนมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 50°C จนน้ำหนักคงที่ (ความชื้นประมาณร้อยละ 5) บั่นละเอียดด้วยเครื่องบั่นความเร็วเท่ากับ 1 เก็บรักษาในถุงไนลอนในสภาพสุญญากาศเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ขั้นต่อไป ขั้นตอนการสกัดเพกตินดังแสดงในภาพที่ 2-3



ภาพที่ 2-3 กระบวนการสกัดเพกติน

## Flow diagrams of pectin extraction procedures

ที่มา: \*ดัดแปลงจาก Iglesias และ Lozano (2004)

1.3 วิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเคมีและกายภาพของเพกติน (crude pectin) ดังนี้

1.3.1 คุณสมบัติทางเคมี ได้แก่

- ปริมาณความชื้น (A.O.A.C., 2000)
- ปริมาณเถ้า (Harbers, 1994)
- ปริมาณโปรตีน (A.O.A.C., 2000)
- ปริมาณใยอาหารละลายน้ำ (A.O.A.C., 2000) (993.19)
- พีเอช (Grigelmo-Miguel *et al.*, 1999)

1.3.2 คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่

- ค่าสี ( $L^* a^* b^*$ ) โดยใช้เครื่องวัดสี Hunter Lab
- ค่า bulk density (Prakongpan *et al.*, 2002)
- ค่า Water holding capacity (WHC) (ดัดแปลงจาก Chen *et al.*, 1988)

2. การผลิตน้ำฝรั่งด้วยเอนไซม์

2.1 การเตรียมน้ำฝรั่ง

นำผลฝรั่งมาล้างและตัดแต่งส่วนที่มีตำหนิออกโดยไม่ต้องปอกเปลือก จากนั้นผ่าครึ่งผลฝรั่งนำส่วนเมล็ดบริเวณตรงกลางผลออก ส่วนเนื้อที่เหลือถูกตัดให้เป็นชิ้นเล็กเพื่อเข้าเครื่องสกัดน้ำ จะได้ส่วนน้ำฝรั่งและส่วนกากฝรั่งเพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

2.2 การบ่มด้วยเอนไซม์ โดยวิธีดัดแปลงจาก Brasil และคณะ (1996)

2.2.1 เตรียมสารเคมีที่ใช้ดังนี้

- สารละลายซเตรตบัฟเฟอร์ พีเอช 4.0 (Gomori, 1955)

A: สารละลาย citric acid 0.1 โมลาร์ โดยชั่ง citric acid 21.01 ก. ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร

B: สารละลาย sodium citrate ( $C_6H_5O_7Na_3 \cdot 2H_2O$ ) 0.1 โมลาร์ โดยชั่ง sodium citrate 29.41 ก. ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร

จากนั้นนำสารละลาย A 33 มล. ผสมกับสารละลาย B 17 มล. ปรับปริมาตรให้ได้ 100 มล.

- สารละลายเอนไซม์เพกตินเนส โดยนำเอนไซม์เพกตินเนสจากขวดปริมาตร 5, 10 และ 15 มล. จากนั้นปรับปริมาตรด้วยสารละลายซเตรตบัฟเฟอร์ พีเอช 4.0 ในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มล.

2.2.2 ชั่งส่วนน้ำและส่วนกากฝรั่งที่ได้จากข้อ 2.1 เท่ากับ 40 และ 100 ก. ตามลำดับ ผสมในบีกเกอร์ขนาด 250 มล. จำนวน 16 ใบ เติมสารละลายเอนไซม์เพกตินเอสที่เตรียมได้ความเข้มข้นละ 1.4 มล. ลงในบีกเกอร์ ทำให้ได้สารละลายเอนไซม์เพกตินเอสความเข้มข้นสุดท้ายร้อยละ 0.05, 0.10 และ 0.15 (v/v) ผสมและบ่มในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 45°C เป็นระยะเวลา 1.5 2.0 และ 2.5 ชม. (ยกเว้นชุดควบคุมที่มีความเข้มข้นเอนไซม์ร้อยละ 0 (v/v) และเวลาในการบ่ม 0 ชม.) ทำการกวนทุก ๆ 30 นาที หลังจากบ่มครบตามเวลาที่กำหนด ตัวอย่างจะถูกให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90°C นาน 2 นาที (กวนตลอดเวลา) เพื่อยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เพกตินเอส กรองให้ใสด้วยถุงผ้าป่าน 2 ชั้น คำนวณหาร้อยละของผลผลิตน้ำฝรั่งที่ได้จากสูตรดังนี้

$$\text{ร้อยละของผลผลิตน้ำฝรั่งที่ได้} = \frac{\text{น้ำหนักของน้ำฝรั่งที่ได้} \times 100}{\text{น้ำหนักส่วนของน้ำและกากฝรั่ง}}$$

2.2.3 วิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเคมีและกายภาพของน้ำฝรั่งที่สกัดได้ ซึ่งได้แก่ ค่าพีเอช ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดด้วย hand refractometer และค่าสีรายงานผลเป็น  $L^* a^*$  และ  $b^*$

2.2.4 วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) และจัดชุดการทดลองแบบแฟกทอเรียล 4x4 รวมเป็น 16 ชุดการทดลอง ทำการทดลองจำนวน 2 ซ้ำ พิจารณาเลือกสถานะที่เหมาะสมที่สุดจากชุดการทดลองที่ให้ร้อยละของผลผลิตน้ำฝรั่งสูงสุด

### 2.3 การปรับปรุงรสชาติของน้ำฝรั่ง

คัดเลือกชุดการทดลองที่เหมาะสมที่สุดจากข้อ 2.2 นำน้ำฝรั่งที่ได้ปรับปรุงรสชาติโดยให้อัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่อปริมาณกรดทั้งหมดเป็น 24, 28, 32, 35 และ 40 ดังแสดงในตารางที่ 2-2 ฆ่าเชื้อ ณ จุดร้อนช้าที่สุดที่อุณหภูมิ 85°C นาน 5 นาที (Lewis and Heppell, 2000; USFDA, 2001) ทำให้เย็นทันที เก็บที่อุณหภูมิ 4°C ก่อนทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

### 2.4 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ประเมินความชอบของน้ำฝรั่งทั้ง 5 สูตร ดังกล่าวข้างต้นโดยใช้สเกลแบบ 9 ระดับคะแนน (Larmond, 1977) ใช้ผู้ทดสอบชิม (ไม่ได้รับการฝึกฝน) ซึ่งเป็นนักศึกษาจำนวน 30 คน โดยมีคุณลักษณะในการพิจารณาซึ่งประกอบด้วยคุณลักษณะด้าน สี ความขุ่น กลิ่น รสชาติ และการยอมรับโดยรวม วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block (RCBD) คัดเลือกชุดการทดลองที่เหมาะสมที่ให้คะแนนความชอบในคุณลักษณะการยอมรับโดยรวมสูงที่สุดเพื่อนำมาใช้ในขั้นต่อไป

**ตารางที่ 2-2** อัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่อปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกของน้ำฝรั่งชนิด 100 %

Total soluble solids to total acidity as citric acid of 100% guava juice

Fomula	Total soluble solids (°Brix)	Total acidity (as % citric acid)	°Brix-acid ratio
1	12.0	0.5	24
2	14.0	0.5	28
3	16.0	0.5	32
4	14.0	0.4	35
5	16.0	0.4	40

### 3. การผลิตน้ำฝรั่งพร้อมดื่มเติมใยอาหารในรูปเพกติน

#### 3.1 การเตรียมน้ำฝรั่งพร้อมดื่มเติมเพกติน

นำน้ำฝรั่งสูตรที่ได้รับการคัดเลือกจากข้อ 2.4 เติมเพกตินที่ได้จากการสกัดจากข้อ 1.2 ในปริมาณร้อยละ 0.00, 0.25, 0.50 และ 0.75 โดยน้ำหนัก นำเพกติน น้ำตาลซูโครสและกรดซิตริกผสมให้เข้ากัน จากนั้นให้ความร้อนแก่น้ำฝรั่งจนถึงอุณหภูมิประมาณ 60°C เติมส่วนผสมทั้งหมดลงไป กวนให้เข้ากัน เติมส่วนผสมอาหารร้อยละ 0.02 (v/w) ให้ความร้อนต่อจนถึงอุณหภูมิประมาณ 80-85°C บรรจุขณะร้อนทันทีในขวดแก้ว ปิดฝา ทำการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์แบบพาสเจอร์ไรซ์ ณ จุดร้อนซ้าที่สุก (85°C นาน 5 นาที) โดยใช้เครื่องฆ่าเชื้อแบบ steam water spray automated batch ทำให้เย็นทันที

#### 3.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำฝรั่งเติมเพกติน

นำน้ำฝรั่งเติมเพกตินที่ปริมาณเพกตินต่าง ๆ จากข้อ 3.1 วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพต่าง ๆ ดังนี้

- ค่าพีเอช
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด
- ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก (A.O.A.C., 2000)
- ค่าสีรายงานผลเป็น  $L^*$ ,  $a^*$  และ  $b^*$

- ความขุ่น (turbidity) รายงานผลเป็น % transmittance ที่ 650 นาโนเมตร (ดัดแปลงจาก Farnworth *et al.*, 2001)

- ความหนืด (viscosity) (ดัดแปลงจาก Chopda and Barrett, 2001)

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลองจำนวน 2 ซ้ำ

### 3.3 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ประเมินความชอบของน้ำฝรั่งเติมเพกตินปริมาณต่าง ๆ โดยใช้สเกลแบบ 9 ระดับคะแนน ผู้ทดสอบชิมเป็นนักศึกษา (ไม่ได้รับการฝึกฝน) จำนวน 30 คน โดยมีคุณลักษณะในการพิจารณาซึ่งประกอบด้วยคุณลักษณะด้าน สี ความขุ่น กลิ่น รสชาติ mouthfeel และการยอมรับโดยรวม วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block (RCBD) กัดเลือกชุดการทดลองที่เหมาะสมที่ให้คะแนนความชอบในคุณลักษณะการยอมรับโดยรวมสูงที่สุดเพื่อนำมาใช้ในขั้นตอนต่อไป

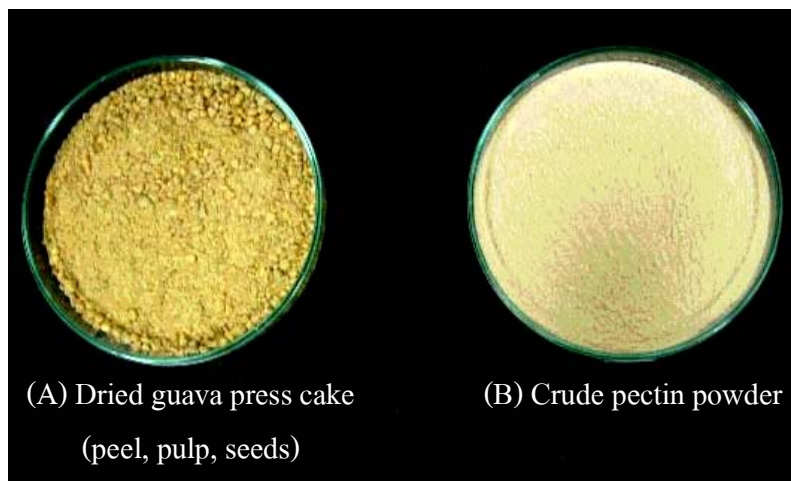
### 4. การวิเคราะห์ทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์สถิติ SPSS เวอร์ชัน 10.0

## 4. ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

### 4.1 การสกัดและคุณสมบัติของเพกติน (crude pectin)

ภาพที่ 2-4 แสดงกากฝรั่งอบแห้งและเพกตินผง จากกระบวนการสกัดเพกตินได้ร้อยละการผลิตเพกตินเป็น  $30.50 \pm 0.34$  โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่ง Mohamed และ Hasan (1995) ทำการสกัดเพกตินจากเปลือกมะนาวด้วยสารละลาย SHMP และตกตะกอนเพกตินด้วยเอทานอลสภาพกรด ให้ร้อยละผลผลิตเพกติน 32.9 โดยน้ำหนักแห้ง นอกจากนี้ Iglesias และ Lozano (2004) ทำการสกัดเพกตินจากส่วนหัวของดอกทานตะวัน (ไม่มีเมล็ด) โดยใช้สารละลาย SHMP และตกตะกอนเพกตินด้วยเอทานอลสภาพกรด ซึ่งให้ร้อยละผลผลิตเพกติน 7.4 โดยน้ำหนักแห้ง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความแตกต่างของวัตถุดิบที่ใช้ในการสกัด



ภาพที่ 2-4 (A) กากฝรั่งอบแห้ง และ (B) เพกตินผงจากกากฝรั่งอบแห้ง

Schematic description of (A) dried guava press cake and (B) crude pectin powder produced from dried guava press cake

คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของเพกตินดังแสดงในตารางที่ 2-3 จากผลการทดลองพบว่า เพกตินมีปริมาณความชื้น โปรตีน ใย และใยอาหารที่ละลายน้ำ ร้อยละ  $4.71 \pm 0.18$ ,  $0.34 \pm 0.21$ ,  $0.68 \pm 0.00$  และ  $20.70 \pm 0.16$  โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ สำหรับค่าสี การวัดค่าสีในระบบ Hunter ค่า  $L^*$  จะเป็นค่าความสว่าง เมื่อ  $L^*$  มีค่าเท่ากับ 0 และ 100 จะเป็นสีดำและสีขาวตามลำดับ ส่วนค่า  $a^*$  มีค่าเป็นบวกจะเป็นสีแดง และค่าเป็นลบจะเป็นสีเขียว ในขณะที่ค่า  $b^*$  มีค่าเป็นบวกจะเป็นสีเหลือง และค่าเป็นลบจะเป็นสีน้ำเงิน (Lario *et al.*, 2004) ค่า  $L^*$ ,  $a^*$  และ  $b^*$  ของเพกตินเท่ากับ  $81.17 \pm 0.04$ ,  $4.76 \pm 0.04$  และ  $15.43 \pm 0.07$  ตามลำดับ ซึ่งค่า  $L^*$  ของเพกตินที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับเพกตินทางการค้าซึ่งจากการทดลองของ พัชรีย์ พัฒนากุล และคณะ (2548) ที่รายงานว่เพกตินทางการค้ามีค่า  $L$  เท่ากับ 80.57 ในขณะที่เพกตินที่ได้จากการสกัดจากเปลือกฝรั่งโดยใช้กรดไฮโดรคลอริกมีค่า  $L$  เท่ากับ 52.19

ค่า bulk density ของเพกตินที่สกัดได้เท่ากับ  $0.96 \pm 0.05$  ก./มล. ซึ่ง Prakongpan และคณะ (2002) ทำการสกัดใยอาหารจากแกนสับปะรดโดยใช้แอลกอฮอล์ร้อยละ 95 พบว่า ใยอาหารที่ได้มีค่า bulk density 0.15-0.17 ก./มล. ทั้งนี้ค่า bulk density ของใยอาหารขึ้นอยู่กับขนาดและรูปร่างของใยอาหารแต่ละชนิด ส่วนความสามารถในการอุ้มน้ำเป็นค่าที่แสดงถึงความสามารถของใยอาหารในการดูดซับน้ำเข้าไปในโครงสร้าง ถ้ามีค่าสูงแสดงว่าใยอาหารสามารถจับกับน้ำได้ดี



คือ มีลักษณะเป็น hygroscopic กับน้ำ จากผลการทดลองพบว่า เพกตินที่สกัดได้มีค่า WHC  $0.90 \pm 0.01$  ก.น้ำ/ก.ตัวอย่างแห้ง Lario และคณะ (2004) กล่าวว่า ค่า WHC ขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตใยอาหาร โครงสร้างทางเคมี และกายภาพของใยอาหารในแต่ละชนิด และยังสัมพันธ์กับปริมาณใยอาหารละลายน้ำอีกด้วย เนื่องจากพืชตระกูลส้มมีปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำสูง การบดใยอาหารในขั้นตอนการผลิตจะส่งผลต่อโครงสร้างทางกายภาพ

คุณสมบัติการอุ้มน้ำไว้ในโครงสร้างสัมพันธ์กับปริมาตรความจุของอุจจาระ (bulk density) โดยใยอาหารที่มีค่า WHC สูง มีผลให้กากอาหารอุ้มน้ำได้มาก กากอาหารมีปริมาตรความจุเพิ่มขึ้น กระตุ้นการเคลื่อนไหวของลำไส้ ทำให้กากอาหารนิ่มลง กากอาหารเคลื่อนที่ได้สะดวกในระหว่างการขับถ่าย (Bourquin *et al.*, 1996; Goni and Martín-Carrón, 1998; ไพโรจน์ หลวงพิทักษ์ และเบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์, 2538) นอกจากนี้ ค่า WHC ของใยอาหารจากผลไม้ จะถูกใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารเพื่อลดปริมาณแคลอรี และใช้ปรับปรุงความหนืดและเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ (Grigemo and Martín-Belloso, 1999)

### ตารางที่ 2-3 คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของเพกติน

Chemical and physical properties of crude pectin powder

Chemical properties	Values**	Physical properties	Values**
Moisture	4.71±0.18	<i>L</i> *	81.17±0.21
Protein	0.34±0.21	<i>a</i> *	4.76±0.04
Ash	0.68±0.00	<i>b</i> *	15.43±0.07
SDF	20.70±0.16	WHC (g.water/g.dry sample)	0.90±0.01
pH	3.06±0.02	Bulk density (g/ml <sup>3</sup> )	0.96±0.05

\*\* Determination was made in three measurements

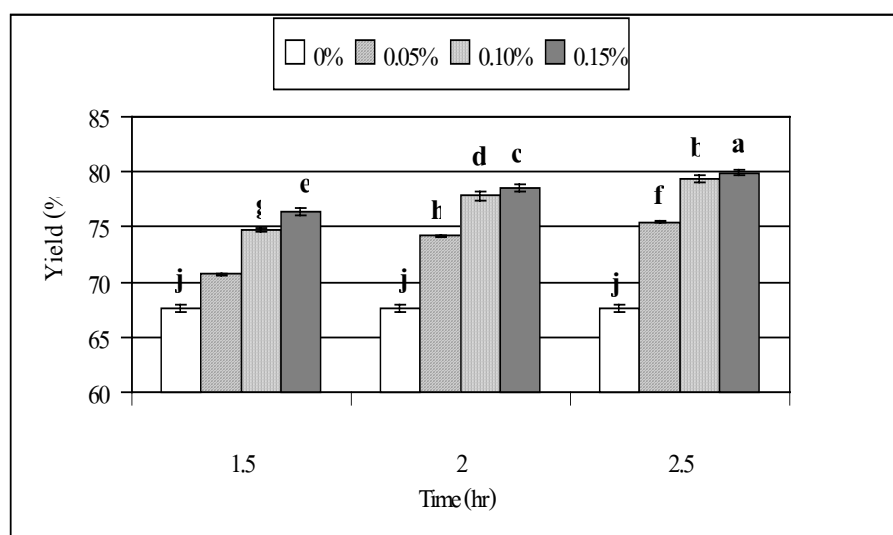
## 4.2 การผลิตน้ำฝรั่งด้วยเอนไซม์

### 4.2.1 การใช้เอนไซม์เพื่อการสกัดน้ำฝรั่ง

ผลของการใช้เอนไซม์ที่ความเข้มข้นและเวลาในการบ่มที่แตกต่างกันดังแสดงในภาพที่ 2-4 ถึง 2-9 (ตารางภาคผนวกที่ ฅ) และจากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ ง-2

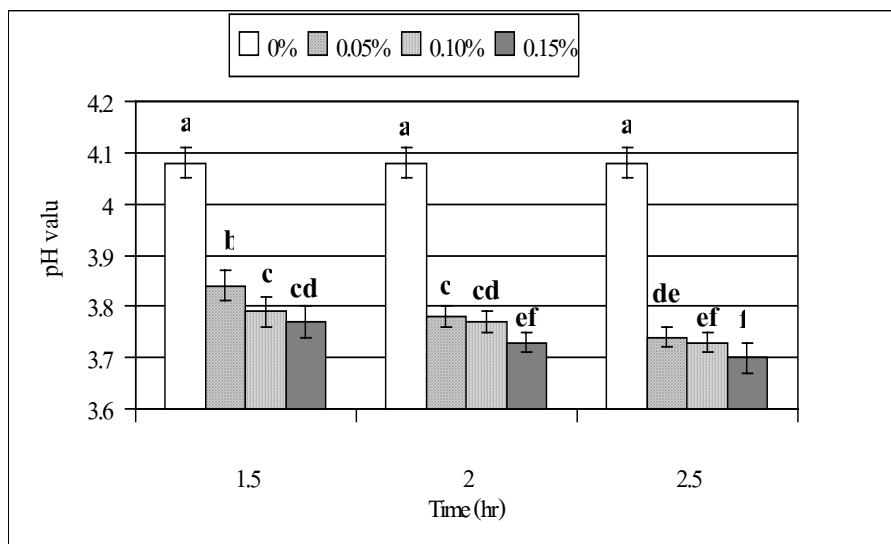
และ ง-3) พบว่าเมื่อความเข้มข้นของเอนไซม์และเวลาในการบ่มเพิ่มขึ้น จะทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดค่อย ๆ เพิ่มขึ้นในขณะที่พีเอช จะมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ ) ตามลำดับ ซึ่งผลการทดลองที่ได้ใกล้เคียงกับ Imungi และคณะ (1980), Askar และคณะ (1992), Brasil และคณะ (1995) และ Chopda และ Barrett (2001) เอนไซม์เพคตินเนสจะย่อยโมเลกุลเพคติน เกิดการปลดปล่อยกรดคาร์บอกซิลิกและกรดกาแล็กทอโรนิกในระหว่างการบ่มทำให้กากฝรั่งมีความเป็นกรดมากขึ้น (El-Zoghbi *et al.*, 1992)

ร้อยละของผลผลิตน้ำฝรั่งที่ได้มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของเอนไซม์และเวลาในการบ่มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ , ตารางภาคผนวกที่ ง-1) Chopda และ Barrett (2001) รายงานว่า เอนไซม์เพคตินเนสจะไฮโดรไลซ์เพคตินทำให้ความหนืดของเนื้อผลไม้ (pulp) ลดลง ผลผลิตน้ำผลไม้ที่ได้จึงเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการบ่มด้วยเอนไซม์ยังมีผลต่อผลผลิตที่ได้ของน้ำผลไม้ชนิดขุ่นอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ ) อีกด้วย ร้อยละของผลผลิตน้ำฝรั่งมีค่ามากที่สุดเมื่อใช้ความเข้มข้นของเอนไซม์และเวลาในการบ่มที่ร้อยละ 0.15 และ 2.50 ชม. อย่างมีนัยสำคัญ แต่อย่างไรก็ตามที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.10 และเวลาเท่ากัน พบว่า ให้ประสิทธิภาพสูงทั้งร้อยละของผลผลิตน้ำฝรั่งที่ได้และความคุ้มค่าในการใช้เอนไซม์ ดังนั้นจึงเลือกความเข้มข้นของเอนไซม์และเวลาในการบ่มที่ร้อยละ 0.10 และ 2.50 ชม. เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการสกัดน้ำฝรั่งด้วยเอนไซม์เพคตินเนส



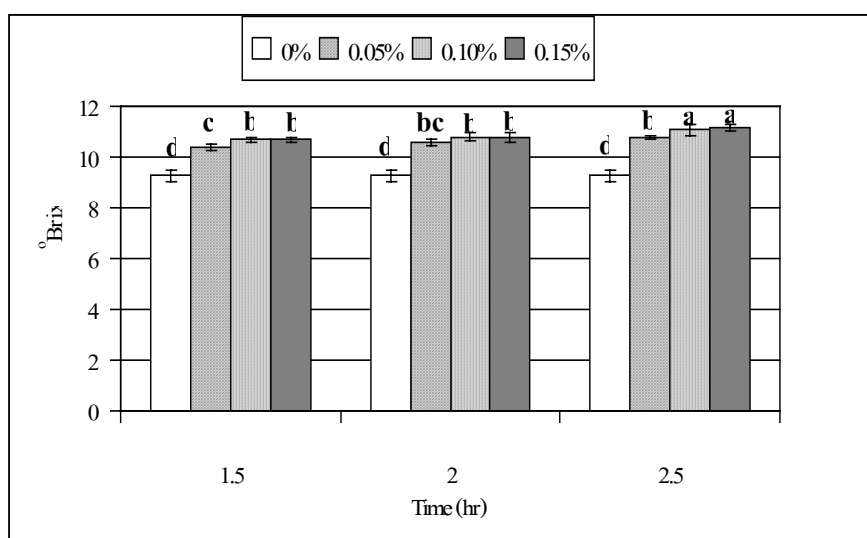
ภาพที่ 2-5 ร้อยละของผลผลิตน้ำฝรั่งที่ความเข้มข้นเอนไซม์และเวลาในการบ่มต่าง ๆ

Yield (%) of guava juice at various enzyme concentrations and incubation times



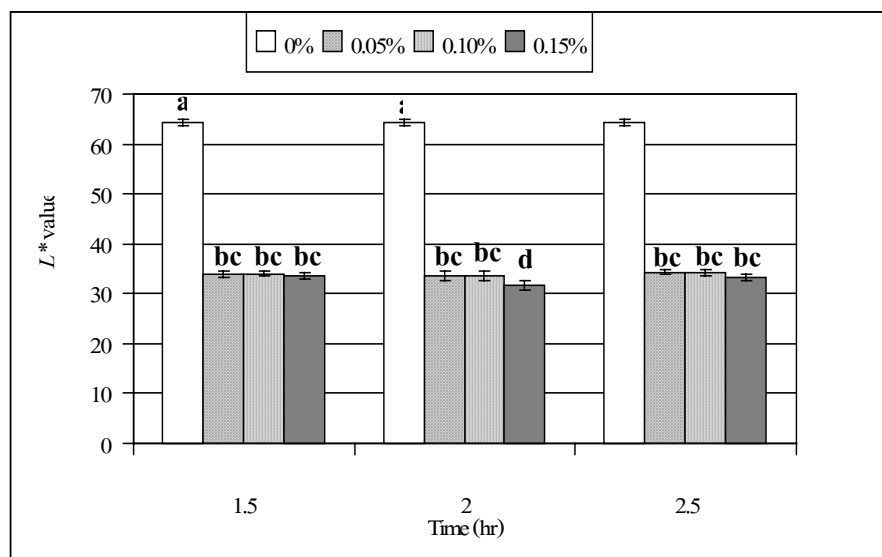
ภาพที่ 2-6 ค่าพีเอชของน้ำฝรั่งที่ความเข้มข้นเอนไซม์และเวลาในการบ่มต่าง ๆ

pH value of guava juice at various enzyme concentrations and incubation times



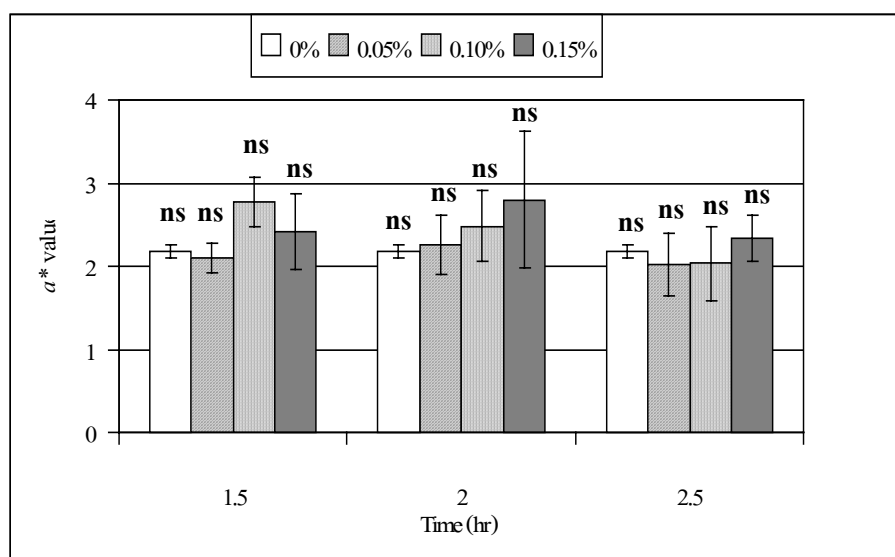
ภาพที่ 2-7 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°บริกซ์) ของน้ำฝรั่งที่ความเข้มข้นเอนไซม์และเวลาในการบ่มต่าง ๆ

Total soluble solids ( $^{\circ}$ Brix) of guava juice at various enzyme concentrations and incubation times



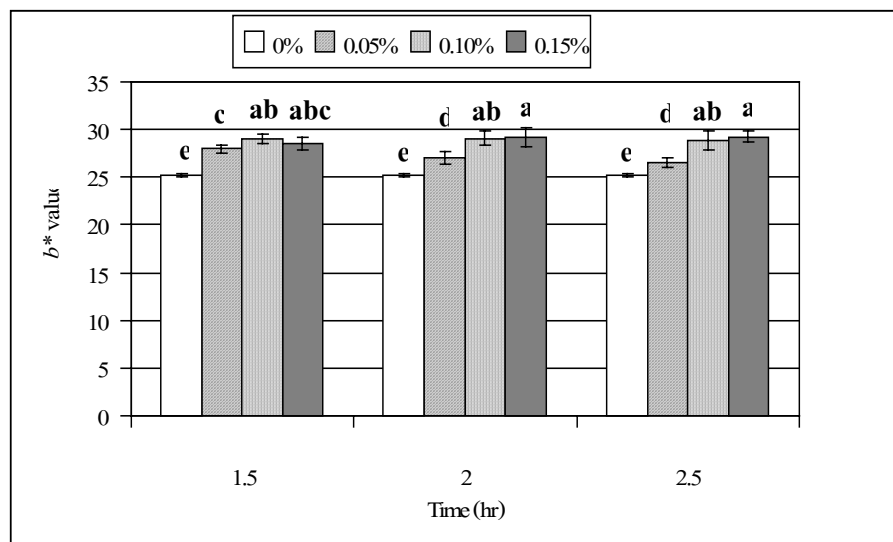
ภาพที่ 2-8 ค่า  $L^*$  ของน้ำฝรั่งที่ความเข้มข้นเอนไซม์และเวลาในการบ่มต่าง ๆ

$L^*$  value of guava juice at various enzyme concentrations and incubation times



ภาพที่ 2-9 ค่า  $a^*$  ของน้ำฝรั่งที่ความเข้มข้นเอนไซม์และเวลาในการบ่มต่าง ๆ

$a^*$  value of guava juice at various enzyme concentrations and incubation times



ภาพที่ 2-10 ค่า  $b^*$  ของน้ำฝรั่งที่ความเข้มข้นเอนไซม์และเวลาในการบ่มต่าง ๆ

$b^*$  value of guava juice at various enzyme concentrations and incubation times

#### 4.2.2 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

จากผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 2-4 และจากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ ง-7 ถึง ง-11) พบว่าคะแนนด้านสีระหว่างอัตราส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่อกรดทั้งหมดที่ 24, 32, 35 และที่ 28, 40 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ ) คะแนนด้านความชุ่มที่อัตราส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่อกรดทั้งหมดที่ 24, 28, 32 และ 35 ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $P > 0.05$ ) อัตราส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ 40 มีคะแนนสูงที่สุดในขณะที่อัตราส่วนที่ 24 มีคะแนนต่ำที่สุดในคุณลักษณะด้านกลิ่น รสชาติ และการยอมรับโดยรวม น้ำฝรั่งทางการค้าที่ผลิตขึ้นจะใช้อัตราส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่อปริมาณกรดทั้งหมดเพื่อควบคุมและปรับปรุงคุณภาพของน้ำฝรั่งซึ่งเป็นคุณลักษณะที่สำคัญของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติหรือการยอมรับของผู้บริโภค (Fellers, 1991) ในส่วนเปลือกฝรั่งในระยะไม่สุกและส่วนเนื้อฝรั่งมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดร้อยละ 8-10 เนื่องจากค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสูงและค่าความเป็นกรดที่ต่ำ ทำให้อัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่อปริมาณกรดทั้งหมดมีช่วงกว้างตั้งแต่ 5-53 (Kwee

and Chong, 1990) นอกจากนั้นน้ำฝรั่งทางการค้ามีอัตราส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่อปริมาณกรดทั้งหมดอยู่ในช่วง 37-45 การศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าน้ำฝรั่งที่อัตราส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่อปริมาณกรดเป็น 40 มีคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ ) ดังนั้นจึงเลือกอัตราส่วนดังกล่าวเพื่อใช้ในการผลิตน้ำฝรั่งต่อไป

### 4.3 การผลิตน้ำฝรั่งเติมใยอาหาร

#### 4.3.1 คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำฝรั่งเติมใยอาหารในรูปเพกติน

ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 2-5 จากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ ง-12) พบว่า ปริมาณเพกตินมีผลต่อค่าพีเอช ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ ) ปริมาณเพกตินที่เพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่าใกล้เคียงกัน โดยอยู่ในช่วง 15.27-15.80 °บริกซ์ ซึ่งเมื่อเติมปริมาณเพกตินร้อยละ 0.25, 0.50 และ 0.75 มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P > 0.05$ ) เช่นเดียวกับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเมื่อเติมปริมาณเพกตินร้อยละ 0 และ 0.25 ส่วนค่าพีเอชมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณเพกตินเพิ่มขึ้น โดยอยู่ในช่วงพีเอชเท่ากับ 4.14-4.30 ในขณะที่ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ ) เมื่อปริมาณเพกตินเพิ่มขึ้น อาจเนื่องจากว่าเพกตินที่สกัดได้เมื่อนำมาละลายในน้ำกลั่นอัตราส่วนร้อยละ 10 (w/v) สารละลายเพกตินที่ได้มีค่าพีเอชเท่ากับ 3.06 จึงส่งผลให้น้ำฝรั่งเมื่อเติมเพกตินในปริมาณมากขึ้น ค่าพีเอชมีแนวโน้มต่ำลงและปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกเพิ่มขึ้น

ส่วนค่า  $L^*$  และ  $b^*$  มีค่าลดลงเมื่อความเข้มข้นของเพกตินเพิ่มขึ้น ( $P < 0.05$ ) ซึ่งค่า  $L^*$ ,  $a^*$  และ  $b^*$  แสดงถึงความสว่าง สีแดงแสดงถึงสีเขียว และสีเหลืองแสดงถึงสีน้ำเงินตามลำดับ ความขุ่น (% transmittance) แสดงถึงการมีสารแขวนลอยที่ยังเหลืออยู่ในน้ำฝรั่งซึ่งทำให้เกิดความขุ่นขึ้น ความเข้มข้นของเพกตินที่เพิ่มขึ้นทำให้ร้อยละของความขุ่นลดลงในขณะที่ความหนืดกลับมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ ) และยังสัมพันธ์กับค่าพีเอช ที่ลดลงเล็กน้อยด้วย ทั้งนี้เนื่องจากเพกตินประกอบด้วยกรดคาร์บอกซิลิกซึ่งมีค่า  $pK_a$  ประมาณ 3.5 อัตราส่วนของกรดที่สลายตัว (dissociated acid) ต่อกรดที่ไม่สลายตัว (nondissociated acid) จะลดลงจากค่าพีเอชที่ต่ำลง ทำให้ส่วนที่ชอบน้ำ (hydrophilic) ในโมเลกุลเพกตินมีจำนวนน้อยลง แนวโน้มในการเกิดเจลจึงเพิ่มขึ้น จึงเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้น้ำฝรั่งมีความหนืดเพิ่มขึ้นไปด้วย (Wang *et al.*, 2002)

ตารางที่ 2-4 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำฝรั่งที่อัตราส่วนต่าง ๆ ของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่อปริมาณกรดทั้งหมด  
Sensory evaluation of guava juice with different °Brix to acid ratio

Formula	Total soluble solids (°Brix)	Total acidity (% as citric acid)	°Brix to acid ratio	Means scores of sensory evaluation / sensory attributes				
				Color	Turbidity	Odor	Flavor	Overall acceptability
1	12	0.5	24	7.03±0.85 <sup>b</sup>	6.57±0.90 <sup>b</sup>	6.37±1.00 <sup>c</sup>	5.93±1.23 <sup>d</sup>	6.13±1.01 <sup>c</sup>
2	14	0.5	28	7.27±0.83 <sup>a</sup>	6.53±1.04 <sup>b</sup>	6.57±0.97 <sup>bc</sup>	6.43±0.97 <sup>c</sup>	6.63±0.96 <sup>b</sup>
3	16	0.5	32	7.07±1.01 <sup>b</sup>	6.63±1.16 <sup>b</sup>	6.67±0.84 <sup>b</sup>	7.07±0.87 <sup>ab</sup>	6.80±0.85 <sup>b</sup>
4	14	0.4	36	7.10±0.76 <sup>b</sup>	6.63±0.93 <sup>b</sup>	6.50±0.68 <sup>bc</sup>	6.93±0.91 <sup>b</sup>	6.80±0.92 <sup>b</sup>
5	16	0.4	40	7.30±0.79 <sup>a</sup>	6.87±0.82 <sup>a</sup>	6.80±0.71 <sup>a</sup>	7.17±1.05 <sup>a</sup>	7.30±0.65 <sup>a</sup>

Means ± standard deviation in each column with the same letters are not significantly different (P<0.05)

ตารางที่ 2-5 คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำฝรั่งเติมใยอาหาร  
Chemical and physical properties of fortified guava juice

Pectin (% w/w)	Chemical and physical properties							
	pH	Total soluble solids (°Brix)	Total acidity (% as citric acid)	<i>L</i> *	<i>a</i> *	<i>b</i> *	%Transmittance at 650 nm.	Viscosity (cps.)
0	4.30±0.06 <sup>a</sup>	15.80±0.37 <sup>a</sup>	0.40±0.01 <sup>d</sup>	24.15±1.08 <sup>c</sup>	0.47±0.29 <sup>b</sup>	34.17±0.59 <sup>b</sup>	24.33±1.01 <sup>a</sup>	14.68±0.36 <sup>d</sup>
0.25	4.23±0.03 <sup>b</sup>	15.50±0.15 <sup>ab</sup>	0.47±0.01 <sup>c</sup>	26.34±0.32 <sup>a</sup>	0.18±0.03 <sup>c</sup>	35.82±0.21 <sup>a</sup>	22.65±0.74 <sup>b</sup>	17.48±0.32 <sup>c</sup>
0.50	4.20±0.05 <sup>bc</sup>	15.30±0.16 <sup>b</sup>	0.56±0.01 <sup>b</sup>	25.69±1.07 <sup>ab</sup>	0.74±0.09 <sup>a</sup>	35.52 ±0.52 <sup>a</sup>	22.82±0.48 <sup>b</sup>	21.90±0.77 <sup>b</sup>
0.75	4.14±0.04 <sup>c</sup>	15.30±0.55 <sup>b</sup>	0.63±0.02 <sup>a</sup>	25.04±0.79 <sup>bc</sup>	0.77±0.14 <sup>a</sup>	35.44±0.53 <sup>a</sup>	19.44±0.51 <sup>c</sup>	25.32±1.37 <sup>a</sup>

Means ± standard deviation in each column with the same letters are not significantly different (P<0.05)



#### 4.3.2 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำฝรั่งเติมน้ำผลไม้ปริมาณเพกตินร้อยละ 0.00, 0.25, 0.50 และ 0.75 โดยใช้ 9-point hedonic scale ดังแสดงตารางที่ 2-6 คุณภาพทางประสาทสัมผัสประกอบด้วยคุณลักษณะด้านสี ความขุ่น กลิ่น รสชาติ mouthfeel และการยอมรับโดยรวมซึ่งถูกประเมินโดยผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน จากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ ง-13 ถึง ง-18) พบว่าเมื่อปริมาณเพกตินที่เติมลงไปเพิ่มมากขึ้น คะแนนความชอบที่ได้รับเกือบทุกคุณลักษณะลดลงยกเว้นคุณลักษณะด้านรสชาติและ mouthfeel อย่างไรก็ตามค่าคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากคุณลักษณะรสชาติ mouthfeel และการยอมรับโดยรวมระหว่างปริมาณเพกตินร้อยละ 0.00 กับ 0.25 และ 0.50 กับ 0.75 ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $P>0.05$ ) ดังนั้นปริมาณเพกตินร้อยละ 0.25 ถูกเลือกเพื่อทำการผลิตน้ำฝรั่งเติมน้ำผลไม้ต่อไป จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าน้ำฝรั่งที่เติมเพกตินในปริมาณร้อยละ 0.25 กับชุดควบคุมมีคะแนนไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $P>0.05$ ) ในคุณลักษณะด้านสี รสชาติ mouthfeel และการยอมรับโดยรวม ในขณะที่คะแนนด้านความขุ่นและกลิ่นน้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ( $P<0.05$ ) จากผลการทดลองนี้จึงชี้ให้เห็นว่ากลิ่นของเพกตินมีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิมซึ่งมีผลต่อการยอมรับของผลิตภัณฑ์น้ำฝรั่งในการนำเพกตินนี้มาประยุกต์ใช้ต่อไป ควรจะมีการศึกษาถึงการกำจัดกลิ่นของเพกตินต่อไป



ภาพที่ 2-11 (A) น้ำฝรั่งไม่เติมเพกติน และ (B) น้ำฝรั่งเติมเพกตินร้อยละ 0.25

Schematic description of (A) guava juice without crude pectin fortification and (B) guava juice fortified with crude pectin 0.25%

ตารางที่ 2-6 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำฝรั่งเติมใยอาหาร

Sensory evaluation of fortified guava juice

Treatment	Pectin (% w/w)	Mean scores of sensory evaluation / sensory attributes					Overall acceptability
		Color	Turbidity	Odor	Flavor	Mouthfeel	
1	0	7.47±0.51 <sup>a</sup>	7.13±0.57 <sup>a</sup>	7.07±0.78 <sup>a</sup>	7.27±0.78 <sup>a</sup>	7.13±0.68 <sup>a</sup>	7.27±0.74 <sup>a</sup>
2	0.25	7.40±0.68 <sup>a</sup>	6.90±0.71 <sup>b</sup>	6.27±0.74 <sup>b</sup>	7.33±0.66 <sup>a</sup>	7.17±0.53 <sup>a</sup>	7.23±0.57 <sup>a</sup>
3	0.50	7.30±0.65 <sup>a</sup>	6.90±0.66 <sup>b</sup>	6.03±0.81 <sup>c</sup>	6.63±0.56 <sup>b</sup>	6.90±0.61 <sup>b</sup>	6.67±0.48 <sup>b</sup>
4	0.75	6.80±0.76 <sup>b</sup>	6.80±0.66 <sup>b</sup>	5.67±1.09 <sup>d</sup>	6.77±0.86 <sup>b</sup>	6.80±0.71 <sup>b</sup>	6.53±0.68 <sup>b</sup>

Means ± standard deviation in each column with the same letters are not significantly different (P<0.05)

## 5. สรุป

การสกัดเพกตินจากกากฝรั่งทางการค้าให้ร้อยละของผลผลิตเพกตินเป็น  $30.50 \pm 0.34$  โดยน้ำหนักแห้ง เพกตินประกอบด้วยใยอาหารละลายน้ำร้อยละ  $20.70 \pm 0.16$  โดยน้ำหนักแห้ง มีค่า  $L^*$  (ความสว่าง)  $81.17 \pm 0.21$  สภาพที่เหมาะสมในการสกัดน้ำฝรั่งด้วยเอนไซม์เพกตินเนส คือ ที่ความเข้มข้นของเอนไซม์ร้อยละ 0.10 (v/v) เวลาในการบ่ม 2.5 ชม. ที่อุณหภูมิ  $45^{\circ}\text{C}$  ซึ่งให้ร้อยละของผลผลิตน้ำฝรั่ง  $79.40 \pm 0.30$  น้ำฝรั่งที่อัตราส่วนระหว่างของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่อปริมาณกรดทั้งหมดเท่ากับ 40 และมีเพกตินปริมาณร้อยละ 0.25 (w/w) ทำการฆ่าเชื้อแบบพาสเจอร์ไรซ์ โดยกำหนดอุณหภูมิ ณ จุดร้อนซ่าสุดของน้ำฝรั่งบรรจุขวดแก้วเท่ากับ  $85^{\circ}\text{C}$  นาน 5 นาที ให้ค่าคะแนนเฉลี่ยของการประเมินทางประสาทสัมผัสซึ่งพิจารณาคูณลักษณะด้าน สี รสชาติ mouthfeel และการยอมรับโดยรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P > 0.05$ ) กับน้ำฝรั่งที่ไม่เติมเพกตินยกเว้นคุณลักษณะด้านความขุ่นและกลิ่น แสดงให้เห็นว่ากลิ่นของเพกตินอาจมีผลในการประยุกต์ใช้เพกตินในผลิตภัณฑ์น้ำฝรั่ง งานวิจัยนี้จึงเสนอว่าเพกตินที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำฝรั่งทางการค้าควรจะมีขั้นตอนการกำจัดกลิ่น

## เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2542. รายงานความต้องการวัตถุดิบของโรงงานอุตสาหกรรม. ฝ่ายอุตสาหกรรมเกษตร กองส่งเสริมธุรกิจเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร. 405.

กรมศุลกากร. 2548. สถิติการนำเข้า-ส่งออก (ออนไลน์). สืบค้นจาก: <http://www.customs.go.th>  
(6 กุมภาพันธ์ 2548)

นัยทัศน์ ภูศรีณย์. 2521. การสกัดเปกตินจากผลไม้บางชนิด. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิธิมา อรรถวานิช และปราณี อ่านเปรื่อง. 2546. โยอาหารผงจากเปลือกส้มเขียวหวานและการประยุกต์. ว. อาหาร. 33: 45-55.

ปราณี อ่านเปรื่อง. 2543. เอนไซม์ทางอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 3. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

พัชรี ศาสตรา. 2542. การพัฒนาสูตรขนมอบเสริมโยอาหาร โดยใช้กากฝรั่งและเมล็ดฝรั่ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยมหิดล.

พัชรีย์ พัฒนากุล, สุกเวท มานิช, นิภาพร จรุงล้ำเลิศ, ศศิประภา แสงฉาย, สุกัญญา เชียงจาง และ หงส์ ลีลาสุภกร. 2548. สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการสกัดเพกตินจากเปลือกฝรั่ง. อาหาร. 35: 63-71.

ไพโรจน์ หลวงพิทักษ์ และเบญจวรรณ ธรรมชนาภีรักษ์. 2538. เส้นโยอาหารกับคุณภาพชีวิต. ว. คุณภาพเพื่อชีวิต. 2: 63-67.

วารภรณ์ ชัยโอภาส. 2538. การสกัดเพกตินในผลไม้. ว. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 10: 45-48.

สันทนา อมรชัย. 2537. โยอาหาร. กรมวิทยาศาสตร์บริการ. 42: 7-33.

สุกัญญา โคมล. 2542. การผลิตน้ำส้มเขียวหวานเติมใยอาหาร. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหา  
บัณฑิต. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

A.O.A.C. 2000. Official Methods of Analytical of the Association of Official Chemists  
International. 17<sup>th</sup> ed. The Association of Official Chemists International. Gaithersburg.

Askar, A., El-Samahy, S.K. and ABD El-Salem, N.A. 1992. Production of instant guava drink  
powder. Confructa-Studien. 30: 154-161.

Brasil, I.M., Maia, G.A. and Figueiredo, R.W. 1995. Physical-chemical changes during extraction  
and clarification of guava juice. Food Chem. 54: 383-386.

Bourquin, L.D., Titgemeyer, E.C. and Fahey, Jr.G.C. 1996. Fermentation of various dietary fiber  
sources by human fecal bacteria. Nutr. Res. 16: 1119-1131.

Chen, H., Rubenthaler, G.L., Leung, H.K. and Baranowski, J.D. 1988. Chemical, physical and  
baking properties of apple fiber compared with and oat bran. Cereal Chem. 65: 244-  
247.

Chopda, C.A. and Barrett, D.M. 2001. Optimization of guava juice and powder production. J.  
Food Process. Pres. 25: 411-417.

El-Zoghbi, M., El-Shamei, Z. and Habiba, R. 1992. Effect of enzyme application on some  
properties of guava puree. Fruit Process. 2: 106-108.

Fellers, P.J. 1991. The relationship between the ratio of degree Brix to percent acid and sensory  
flavor in grapefruit juice. Food Technol. 6: 68-75.

- Franworth, E.R., Lagace, M., Couture, R., Yaylayan, V. and Stewart, B. 2001. Thermal processing, storage conditions, and the composition and physical properties of orange juice. *Food Res Int.* 34: 25-30.
- Gomori, G. 1955. Preparation of Buffers for Use in Enzyme Studies. *In Methods in Enzymology*. Vol. I. (Colowick, S.P. and Kaplan, N.O., eds.). p. 138-146. Academic Press. New York.
- Goni, I. and Martín-Carrón, N. 1998. In vitro fermentation and hydration properties of commercial dietary fiber-rich supplements. *Nutr. Res.* 18: 1077-1089.
- Grethlein, H. 1991. Dietary fiber and a process for their production. U.S. Patent. 4,997,665. Mar. 5, 1991.
- Grigelmo-Miguel, N. and Martín-Belloso, O. 1999. Comparison of dietary fiber from by-products of processing fruits and greens and from cereals. *Lebensm. Wiss. Technol.* 32: 503-508.
- Grigelmo-Miguel, N., Gorinstein, S. and Martín-Belloso, O. 1999. Characterisation of peach dietary fibre concentrate as a food ingredient. *Food Chem.* 65: 175-181.
- Harbers, L.H. 1994. Ash Analysis. *In Introduction to The Chemical Analysis of foods.* (Nielsen, S.S., ed.). p. 113-123. Jones and Bartlett Publishers, Inc. Boston.
- Hodgson, A.S., Chan, Jr.H.T., Cavaletto, C.G. and Perera, C.O. 1990. Physical-chemical characteristics of partially clarified guava juice and concentrate. *J. Food Sci.* 55: 1757-1761.
- Hoersten, K.P., Bolles, A.D. and Dougan, D.G. 1991. Soluble dietary fiber fortify beverage. U.S. Patent. 4,988,530. Jan. 29, 1991.

- Iglesias, M.T. and Lozano, J.E. 2004. Extraction and characterization of sunflower pectin. *J. Food Eng.* 62: 215-223.
- Imungi, J.K., Scheffeldt, P. and Saint-Hilaire, P. 1980. Physico-chemical changes during extraction of clear guava juice. *Lebensm. Wiss. Technol.* 13: 248-251.
- Kashyap, D.R., Vohra, P.K., Chopra, S. and Tewari, R. 2001. Application of pectinase in the commercial sector: a review. *Bioresource Technol.* 77: 215-227.
- Kwee, L.T. and Chong, K.K. 1990. *Guava in Malaysia: Production, pests and diseases*. 1<sup>st</sup> Ed. Tropical Press SDN.BHD. Kuala Lumpur.
- Lario, Y., Sendra, E., Garcia-Perez, J., Functes, C., Sayas-Barbera, E., Fernandez-Lopez, J. and Perez-Alvarez, J.A. 2004. Preparation of high dietary fiber powder from lemon juice by-product. *Innov Food Sci Emerg.* 5: 113-117.
- Larmond, E. 1977. *Laboratory Methods for Sensory Evaluation of Food*. Research Branch, Canada Department of Agriculture, Publication 1637, Food Research Institute, Ottawa, Ont.
- Larrauri, J.A., Rupérez, P., Borroto, B. and Saura-Calixto, F. 1996. Mango peels as a new tropical fibre: preparation and characterization. *Lebensm. Wiss. Technol.* 29: 729-733.
- Lewis, M. and Heppell, N. 2000. Pasteurization. *In Continuous Thermal processing of Foods: Pasteurization and UHT Sterilization*. p. 193-235. Aspen. Maryland.
- Mill, S.H. and Tarr, R.E. 1992. Fruit juice plus citrus fiber. U.S.Patent. 5,1180,774. Apr. 28. 1992.

- Mohamed, S. and Hasan, Z. 1995. Extraction and characterization of pectin from various tropical agrowastes. *Asean Food J.* 10: 43-50.
- Págan, J., Ibarz, A., Llorca, M., Pagan, A. and Barbosa-Canovas, G.V. 2001. Extraction and characterization of pectin from stored peach pomace. *Food Res Int.* 34: 605-612.
- Prakongpan, T., Nitithamyong, A. and Luangpituksa, P. 2002. Extraction and application of dietary fiber and cellulose from pineapple cores. *J. Food Sci.* 67: 1308-1313.
- Redgwell, R., Trovato, V., Merinat, S., Curti, D., Hediger, S. and Manez, A. 2003. Dietary fiber in cocoa shell: characterization of component polysaccharides. *Food Chem.* 81: 103-112.
- Shi, X.Q., Chang, K.C., Schwarz, J.G., Wiesenborn, D.P. and Shin, M.C. 1996. Optimization pectin extraction from sunflower heads by alkaline washing. *Bioresource Technol.* 58: 291-297.
- Urlaub, R. 2002. Enzymes in Fruits and Vegetable Juice Extraction. *In Enzyme in Food Technology.* (Whitehurst, R.J. and Law, B.A., eds.). p. 144-182. Academic Press. Florida.
- USFDA. 2001. Introduction of pathogens after pasteurization and specialized cooking processes (Online). Available <http://www.cfsan.fda.gov/~comm/haccp4r.html> (2006. February 20)
- Wang, Q., Pagán, J. and Shi, J. 2002. Pectin From Fruits. *In Functional Foods: Biochemical and Processing Aspects.* 1<sup>st</sup> ed. (Shi, J., Mazza, G. and Maguer, M.L., eds.). p. 263-309. CRC Press LLC. New York.