

## การผลิตใยอาหารจากผลิตผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมเกษตร

### Production of fiber from agro-industrial by products

สุปรียา ศุขเกษม ศุภมาศ กลิ่นขจร จารุวรรณ รัตนสกุลธรรม

กลุ่มวิจัยและพัฒนาการแปรรูปผลิตผลเกษตร

สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

#### บทคัดย่อ

การผลิตใยอาหารบริโภคได้จากผลิตผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมเกษตร เพื่อเพิ่มมูลค่าและการใช้ประโยชน์ผลิตผลพลอยได้ และได้ผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ ได้ทำการศึกษาผลิตผลพลอยได้จำนวน 7 ชนิด คือ กากมะพร้าวจากการคั้นน้ำกะทิและสกัดน้ำมันแล้ว รำเมล็ดเดือย เปลือกเมล็ดเดือย เปลือกข้าวโพด ชังข้าวโพด เปลือกสับปะรด และแกนสับปะรด คัดเลือกผลิตผลพลอยได้ที่มีปริมาณเส้นใยสูงคือ กากมะพร้าว เปลือกเมล็ดเดือย เปลือกข้าวโพด และชังข้าวโพดที่มีปริมาณเส้นใย 34.99, 43.14, 22.03 และ 23.88% ตามลำดับ จากนั้นนำไปสกัดใยอาหารด้วยน้ำที่อุณหภูมิห้องและน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 95°C แล้วอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 50 °C กากมะพร้าวสกัดด้วยน้ำและน้ำร้อน เปลือกข้าวโพดที่สกัดด้วยน้ำและน้ำร้อนมีความสามารถในการอุ้มน้ำ 14.98, 17.61, 13.36 และ 15.46 กรัม/น้ำต่อกรัมใยอาหาร ตามลำดับ ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน 6.65, 6.40, 6.70 และ 4.78 กรัม/น้ำมันต่อกรัมใยอาหาร ตามลำดับ และมีปริมาณใยอาหารที่บริโภคได้ทั้งหมด 78.36, 79.68, 87.19 และ 85.51% ตามลำดับ หลังจากนั้นนำกากมะพร้าวที่สกัดด้วยน้ำและน้ำร้อน เปลือกข้าวโพดที่สกัดด้วยน้ำและน้ำร้อนมาสกัดแยกแป้งและโปรตีนด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลสปริมาณ 1% โดยน้ำหนัก และเอนไซม์โปรติเอส 0.1% โดยน้ำหนัก ใยอาหารที่ได้จากกากมะพร้าวที่สกัดด้วยน้ำและน้ำร้อน ใยอาหารที่ได้จากเปลือกข้าวโพดที่สกัดด้วยน้ำและน้ำร้อนมีปริมาณโปรตีนลดลง และมีปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้น คือ 38.59, 37.34, 34.17 และ 34.05% ตามลำดับ แต่มีความสามารถในการอุ้มน้ำลดลงคือ 8.96, 8.46, 6.58 และ 6.27 กรัม/น้ำต่อกรัมใยอาหาร ตามลำดับ และนำใยอาหารทั้ง 4 ชนิดมาสกัดด้วยเอทานอลอัตราส่วน 1:10 ปั่นผสมเป็นเวลา 2 นาที ใยอาหารที่ได้จากกากมะพร้าวที่สกัดด้วยน้ำและน้ำร้อน ใยอาหารที่ได้จากเปลือกข้าวโพดที่สกัดด้วยน้ำและน้ำร้อนมีความสามารถในการอุ้มน้ำ 11.43, 9.47, 6.79 และ 6.71 กรัม/น้ำต่อกรัมใยอาหาร แล้วนำใยอาหารที่ได้จากกากมะพร้าวที่สกัดด้วยน้ำและน้ำร้อนที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำสูงมาเติมในน้ำนมถั่วเหลืองและน้ำมั่งคุดในปริมาณ 0.3 และ 0.5% โดยน้ำหนัก ซึ่งผู้บริโภคยอมรับให้มีการเติมใยอาหารปริมาณ 0.3% โดยน้ำหนัก และยอมรับน้ำนมถั่วเหลืองที่มีการเติมใยอาหารที่ได้จากกากมะพร้าวที่สกัดด้วยน้ำมากที่สุด ที่มีปริมาณใยอาหารที่บริโภคได้ทั้งหมด 0.64%

#### คำนำ

ประเทศไทยมีการส่งออกผักและผลไม้แปรรูปปริมาณมาก ในปี 2555 มีการส่งออกผลไม้และผลิตภัณฑ์ปริมาณ 2.65 ล้านตัน มูลค่า 84,374 ล้านบาท จากการผลิตผักและผลไม้แปรรูปจะมีส่วนผลิตผลพลอยได้ที่บางส่วนถูกนำไปเป็นอาหารสัตว์ และบางส่วนถูกทิ้งเป็นขยะเพิ่มมากขึ้น ซึ่งผลิตผลพลอยได้บาง

ชนิดมีศักยภาพในการนำมาผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆ เพื่อเพิ่มมูลค่าก่อนถูกทิ้ง เช่น ผลิตภัณฑ์ใยอาหารที่มีใยอาหารที่บริโภคได้เป็นส่วนประกอบที่สำคัญ ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อเพิ่มปริมาณใยอาหารที่ร่างกายควรได้รับ ใยอาหารเป็นสารอาหารที่ได้จากพืช ซึ่งไม่ถูกย่อยโดยน้ำย่อยในร่างกายของคน ใยอาหารที่บริโภคได้มี 2 ชนิด คือ ใยอาหารบริโภคได้ละลายน้ำ(soluble dietary fiber) เช่น กัม มูซิเลส และใยอาหารบริโภคได้ไม่ละลายน้ำ (insoluble dietary fiber) เช่น เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส เพกตินและลิกนิน พืชที่จัดว่ามีเส้นใยอาหารสูงได้แก่ ถั่วเมล็ดแห้ง งา รำข้าว ใยอาหารบริโภคได้จะเป็นสารประกอบคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนที่ร่างกายไม่สามารถย่อยได้ แต่ถูกขับถ่ายออกมาได้ ช่วยในการควบคุมและป้องกันการทำให้ท้องผูก จึงมีส่วนช่วยระบบย่อยอาหาร ลดโอกาสการเกิดโรคท้องผูก โรคริดสีดวงทวารต่อต้านการเกิดมะเร็งบางชนิด โดยเฉพาะมะเร็งลำไส้ใหญ่ ช่วยควบคุมหรือลดระดับน้ำตาลในเลือด ช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด โดยเฉพาะ LDL-cholesterol โดยการจับกับน้ำดีที่จะก่อให้เกิดคอเลสเตอรอล และนำออกจากร่างกาย และการที่ใยอาหารบางชนิดเกิดเป็นเจลได้ก็อาจเป็นตัวช่วยจับสารพิษและขับถ่ายออก และยังช่วยในการควบคุมน้ำหนักและรักษาโรคอ้วนได้ เนื่องจากใยอาหารไม่ให้พลังงานแต่สามารถดูดซับน้ำและพองตัวได้ดี ทำให้รู้สึกอิ่มได้ ปัจจุบันนักวิชาการทางด้านโภชนาการแนะนำว่าควรบริโภคใยอาหารประมาณ 25-35 กรัม หากร่างกายได้รับปริมาณใยอาหารมากกว่า 50 กรัมต่อวัน จะทำให้ร่างกายดูดซึมสารอาหารได้น้อยลง

การวิจัยที่มีการนำผลผลิตพลอยได้จากอุตสาหกรรมเกษตรมาผลิตใยอาหาร เช่น Aoe *et. al.* (1993) ได้สกัดใยอาหารบริโภคได้ที่ละลายน้ำได้จากรำข้าวที่สกัดน้ำมันแล้วด้วยสารละลายต่างๆ คือ สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 2%(pH14) สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 2% (pH12) สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต เข้มข้น 2% (pH11) สารละลายกรดอะซิติก เข้มข้น 3% (pH3) และสารละลายกรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น 4% (pH0.5) พบว่าการสกัดใยอาหารบริโภคได้ที่ละลายน้ำได้ด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 2% ได้ใยอาหารที่มีสี องค์กรประกอบและผลผลิตดี Larrauri *et. al.* (1996) ได้ศึกษาวิจัยการทำผงที่มีใยอาหารสูงจากเปลือกส้มและมะนาว พบว่าได้ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณใยอาหารที่บริโภคได้ 61-69% และเป็นใยอาหารที่ละลายน้ำได้ 19-22% Prakongpan *et. al.* (2002) ได้ศึกษาการสกัดและประยุกต์ใช้ใยอาหารและเซลลูโลสจากแกนสับปะรด โดยนำแกนสับปะรดมาหั่นและบดผสมกับน้ำอุณหภูมิ 40°C หลายๆ ครั้ง แล้วบีบน้ำออก นำกากที่ได้ไปสกัดใยอาหารที่บริโภคได้ด้วยเอทานอลเข้มข้น 95% อัตราส่วน 1:5 น้ำหนักต่อปริมาตร แล้วกวนเป็นครั้งคราวตลอดคืน หลังจากนั้นนำไปกรองด้วยการบีบอัดสกัดซ้ำ 2 ครั้ง ผึ่งให้แห้ง 6 ชั่วโมง พบว่าได้ใยอาหารที่มีปริมาณใยอาหารที่บริโภคได้ 99.7% ของน้ำหนักแห้ง และได้นำมาใช้ในผลิตภัณฑ์โดนัทเค้ก เค้ก และเบอร์เกอร์เนื้อ เมื่อทดสอบประสาทสัมผัสคะแนนการยอมรับอยู่ในเกณฑ์ดี พืชารภรณ์ (2550) ได้สกัดใยอาหารจากเปลือกกล้วยน้ำว่า โดยนำเปลือกกล้วยน้ำว่ามาล้างให้สะอาด แล้วเตรียมวัตถุดิบ 4 วิธี คือ การบดแห้ง การบดเปียก การบดเปียกและล้างน้ำอุณหภูมิห้อง และการบดเปียกและล้างน้ำร้อนอุณหภูมิ 95°C แล้วกำจัดน้ำมันด้วยเอกเซน แบ่งด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส และเอนไซม์กลูโคอะไมเลส และโปรตีนด้วยเอนไซม์นิวเทรส กรองแยกกากและอบแห้งที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง พบว่าได้ใยอาหารที่มีปริมาณใยอาหารที่บริโภคได้ทั้งหมด 83.00, 87.77, 89.21 และ 89.35% ใยอาหารที่เตรียมด้วยวิธีการบดเปียกและล้างน้ำร้อน มีปริมาณใยอาหารบริโภคได้ที่ไม่ละลายน้ำ และใยอาหารบริโภคได้ทั้งหมดสูงที่สุด วิธีการบดเปียกและล้างน้ำจะได้ใยอาหารที่มีความสามารถในการอุ้ม

น้ำและน้ำมันสูงสุดคือ 10.52 กรัมของน้ำต่อกรัมของโยอาหาร และ 5.77 กรัมของน้ำมันต่อกรัมของโยอาหาร Rangavarao *et. al.* (2008) ได้นำมะพร้าวมาบีบน้ำมันด้วยเครื่องบีบแบบสกรู แล้วนำมาล้างน้ำที่อุณหภูมิห้อง ล้างด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 90°C ล้างด้วยน้ำต้ม และใช้เครื่องทำอาหารความดัน 10 นาที พบว่าการล้างด้วยน้ำต้มและการใช้เครื่องทำอาหารความดันจะสามารถลดน้ำมันได้ดีกว่า การลดน้ำมันและการลดขนาดจะเพิ่มคุณสมบัติในการคูดน้ำ กากมะพร้าวจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำ การพองตัวสูงเมื่อเปรียบเทียบกับโยอาหารอื่นๆ Singthong *et. al.* (2011) ได้ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพและการใช้ประโยชน์ของโยอาหารจากมะพร้าว โดยการนำกากมะพร้าวที่คั้นกะทิแล้วมาลวกน้ำร้อนเพื่อกำจัดจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อน แล้วทำแห้งเพื่อลดความชื้น แล้วนำกากมาผสมกับเฮกเซนอัตราส่วน 1:5 เป็นเวลา 9 ชั่วโมง นำไปอบที่อุณหภูมิ 55°C นาน 3 ชั่วโมง พบว่าโยอาหารที่ได้มีความชื้น 4.87% เถ้า 1.11% โปรตีน 7.17% น้ำมัน 11.91% และปริมาณโยอาหาร 63.02% มีความสามารถในการอุ้มน้ำ 7.77 กรัมของน้ำต่อกรัมโยอาหาร และความสามารถในการพองตัว 11.79 กรัมของน้ำต่อกรัมของโยอาหาร แล้วนำไปเติมในเค้กเนยที่ปริมาณ 0, 5, 10 และ 15% เค้กเนยจะมีความแข็งมากขึ้นเมื่อเติม โยอาหารเพิ่มขึ้นปริมาณที่มีการยอมรับสูงสุด คือ ปริมาณ 5% จะเห็นว่ามี การนำผลิตผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมเกษตรมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตโยอาหารที่นำมาใช้ในผลิตภัณฑ์หลายอย่าง ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องศึกษาการผลิตโยอาหารบริโภคได้จากผลิตผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมเกษตร เพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตผลพลอยได้และการใช้ประโยชน์ และทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพมาเสริมในผลิตภัณฑ์อาหารต่อไป

## วิธีดำเนินการ

### อุปกรณ์

1. ผลิตผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมเกษตร คือ กากมะพร้าวจากโรงงานผลิตกะทิ รำเมล็ดเดียว เปลือกเมล็ดเดียว เปลือกข้าวโพด ชังข้าวโพด เปลือกสับปะรด และแกนสับปะรด
2. เครื่องหาปริมาณน้ำมัน Soxtec System ของ TECATOR Model HT 6
3. เครื่องวิเคราะห์โปรตีนเครื่องหาปริมาณโปรตีน ของ Gerhardt ประกอบด้วย
  - ชุดย่อย Model KB 20
  - ชุดกลั่น Model Vapodest
4. เครื่องหาปริมาณเส้นใย VELP Scientifica Model FIWE
5. เครื่องหาปริมาณน้ำอิสระ (Aw)
6. เครื่องวัดสี
7. ตู้อบไฟฟ้า (oven) MEMMERT Model U 40
8. เตาเผา Stuart Scientific
9. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ MEMMERT
10. เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด
11. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide)
12. สารตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ (petroleum ether, bp 40-60°C)

13. กรดซัลฟูริก (sulfuric acid)
14. กรดไฮโดรคลอริก
15. เอทานอล
16. เครื่องแก้วและอุปกรณ์วิทยาศาสตร์อื่น ๆ

## วิธีการ

### 1. การวิเคราะห์หึ่งค์ประกอบทางเคมีของงผลิตผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมเกษตร

นำตัวอย่างผลิตผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมเกษตร คือ กากมะพร้าวจากโรงงานผลิตกะทิสำเร็จรูปมาสกัดน้ำมันด้วยเฮกเซนโดยใช้ชุดสกัดไขมันเป็นเวลา 8 ชั่วโมง แล้วอบแห้งไล่เฮกเซนในตู้อบที่อุณหภูมิ 50°C จนแห้ง รำเมล็ดเดียว เปลือกเมล็ดเดียวจากการนำเดียวมากระเทาะเปลือกแล้วใส่ในห้องปฏิบัติการ เปลือกข้าวโพด ซึ่งข้าวโพดจากการนำข้าวโพดหวานมาปอกเปลือกและเอาเมล็ดออก เปลือกสับปรด และแกนสับปรดจากร้านขายผลไม้มาวิเคราะห์ปริมาณความชื้น น้ำมัน โปรตีน และเส้นใย

- วิเคราะห์หาปริมาณความชื้น

ตั้งอุณหภูมิตู้อบที่  $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$  อบด้วยอุณหภูมิเป็นเวลาย 1 ชั่วโมง แล้วนำออกมาตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนอย่างละเอียด 0.0001 g และชั่งตัวอย่างที่เตรียมไว้ อย่างละเอียดใส่ถ้วยอลูมิเนียม 10 g นำไปอบในตู้อบ อบจนกระทั่งได้น้ำหนักคงที่ แล้วนำออกมาใส่โถดูดความชื้นตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ชั่งน้ำหนัก นำไปคำนวณตามสูตร

$$\text{ความชื้น (\%)} = \frac{(W_1 - W_2)}{W} \times 100$$

W = น้ำหนักตัวอย่าง

W<sub>1</sub> = น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบและน้ำหนักถ้วยอลูมิเนียม

W<sub>2</sub> = น้ำหนักตัวอย่างหลังอบและน้ำหนักถ้วยอลูมิเนียม

- วิเคราะห์หาปริมาณน้ำมันด้วยเครื่อง Soxtec System

ชั่งตัวอย่างอย่างละเอียด 3 กรัมใส่ในกระตาศกรอง แล้วพับให้มิดชิดใส่ลงในทิมเบิล (thimble) ต่อทิมเบิลเข้าเครื่อง เทสารทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ 45 มิลลิลิตรใส่ลงในถ้วยอลูมิเนียมที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว หลังจากนั้นนำถ้วยอลูมิเนียมไปวางบนแผ่นให้ความร้อนของเครื่อง ปรับตำแหน่งให้ตัวอย่างแช่ลงในตัวทำละลายเป็นเวลา 40 นาที แล้วปรับตำแหน่งให้ตัวอย่างยกขึ้นมาให้ตัวทำละลายที่ควบแน่นแล้วชะผ่านตัวอย่างลงในถ้วยเป็นเวลา 40 นาที หลังจากนั้นระเหยตัวทำละลาย แล้วจึงนำถ้วยอลูมิเนียมออกจากเครื่องมาอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลาย 1 ชั่วโมง นำออกมาใส่โถแก้วดูดความชื้นจนเย็น แล้วนำไปชั่งปริมาณน้ำมันที่ได้

- วิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนด้วยเครื่อง Gerhardt System

ชั่งตัวอย่างอย่างละเอียด 0.6 กรัมใส่ในหลอดย่อย เติมสารเร่ง จำนวน 2 เม็ดและกรดซัลฟูริกเข้มข้น 10 มิลลิลิตรเขย่าเบา นำไปย่อยบนเครื่องย่อยจนได้สารละลายใส แล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็น นำไปต่อกับเครื่องกลั่น แล้วนำขวดแก้วซึ่งบรรจุกรดบอริกเข้มข้น 4% ที่มีสารละลาย bromocresol green และ methyl red เป็นอินดิเคเตอร์ปริมาณ 25 มิลลิลิตรมารองรับส่วนที่กลั่นได้ เครื่องจะเติม น้ำกลั่นและ

สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 40% ลงในหลอดย่อยที่เตรียมไว้ในเครื่องกลั่นโดยอัตโนมัติ แล้วเปิด steam เพื่อกลั่นตัวอย่าง เมื่อกลั่นเสร็จปิด steam ถอดหลอดย่อยออก และนำขวดแก้วที่รองรับส่วนที่กลั่นได้มาไตเตรตกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐานเข้มข้น 0.1 N จนได้สารละลายสีชมพู บันทึกปริมาณของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐานที่ใช้ นำไปคำนวณตามสูตร

$$\text{ปริมาณไนโตรเจน (\%)} = \frac{14.01 \times (A - B) \times N}{W \times 10}$$

A = ปริมาณของกรดที่ใช้ในการไตเตรตกับตัวอย่าง

B = ปริมาณของกรดที่ใช้ในการไตเตรตกับ blank

N = ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก

W = น้ำหนักของตัวอย่างเป็นกรัม

$$\text{ปริมาณโปรตีน (\%)} = \text{ปริมาณไนโตรเจน} \times 6.25$$

- วิเคราะห์หาปริมาณเส้นใย (crude fiber) ด้วยเครื่อง FIWE

บดตัวอย่างที่สกัดน้ำมันออกแล้วซึ่งใส่ในถ้วยแก้ว (glass crucible) อย่างละเอียด 0.5-0.6 กรัม เติมสารช่วยกรอง 0.5 กรัม นำไปต่อเข้าเครื่อง แล้วเติมสารละลายกรดซัลฟริกเข้มข้น 1.25% ที่ทำให้ร้อนก่อนแล้วปริมาณ 150 มิลลิลิตร เติม n-octanol จำนวน 3-5 หยด หลังจากส่วนผสมเดือดต้มต่อไปอีก 30 นาที เปิดส่วนสุญญากาศ (vacuum) เพื่อดูดสารละลายออก ล้างด้วยน้ำกลั่นร้อน ๆ ปริมาณ 30 มิลลิลิตร 3 ครั้ง แต่แต่ละครั้งเปิดส่วนความดัน (pressure) เพื่อดันให้อากาศผ่านฐานของถ้วยแก้ว ทำให้ส่วนผสมในถ้วยคลุกเคล้ากันดี หลังจากนั้นปล่อยน้ำกลั่นที่ล้างครั้งสุดท้ายออก เติมสารละลายโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1.25% ที่ทำให้ร้อนไว้ก่อนแล้วปริมาณ 150 มิลลิลิตร เติม n-octanol จำนวน 3-5 หยด หลังจากส่วนผสมเดือดต้มต่อไปอีก 30 นาที ระบายสารละลายโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ออก แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นร้อน ทำซ้ำ 3 ครั้ง ล้างด้วยน้ำกลั่นเย็นอีก 1 ครั้ง แล้วล้างด้วยอะซิโตนปริมาณ 25 มิลลิลิตร 3 ครั้ง เปิดส่วนให้ความร้อนเข้าทุกครั้ง หลังจากนั้นนำถ้วยแก้วออกจากเครื่องเข้าตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105°C นาน 1 ชั่วโมง เมื่อนำออกมาซึ่งจะได้ค่าน้ำหนักของเส้นใยรวมกับเถ้า (น้ำหนักตัวอย่างก่อนเผา) นำไปหาปริมาณเถ้าโดยเผาในเตาเผาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 500°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนักจะได้น้ำหนักเถ้า (น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา) แล้วจึงนำค่าน้ำหนักทั้งหมดมาคำนวณหาปริมาณของเส้นใย

$$\text{ปริมาณเส้นใย (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนเผา} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

2. การสกัดใยอาหารด้วยน้ำและน้ำร้อน

คัดเลือกวัตถุดิบที่มีปริมาณเส้นใยสูง จำนวน 4 ชนิด มาศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัด แยก ใยอาหารด้วยการบดผสมกับน้ำ กรองแยกกาก แล้วล้างด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 2 ระดับ คือ อุณหภูมิห้อง

และอุณหภูมิ 95°C จำนวน 3 ครั้ง กรองแยกกาก นำไปอบด้วยตู้อบที่อุณหภูมิ 50°C จนแห้ง นำไปวิเคราะห์

- ปริมาณความชื้น น้ำมัน โปรตีน และเส้นใย

-

- ความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) ดัดแปลงจากวิธีของ พัชรภรณ์ (2550) ชั่งตัวอย่าง 0.5 กรัมใส่หลอดเครื่องหมุนเหวี่ยง (centrifuge) เติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 1 ชั่วโมง เหวี่ยงแยกด้วยความเร็ว 3,000 rpm เป็นเวลา 20 นาที รินส่วนใสทิ้ง ชั่งน้ำหนักตัวอย่างเปียก นำตัวอย่างไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

$$\text{ความสามารถในการอุ้มน้ำ (กรัม น้ำต่อกรัม ตัวอย่าง)} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างเปียก} - \text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง})}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง}}$$

- ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน (oil holding capacity) ตามวิธีของ พัชรภรณ์ (2550)

ชั่งตัวอย่าง 0.5 กรัมใส่หลอดเครื่องหมุนเหวี่ยง (centrifuge) เติมน้ำมันพืช 10 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 1 นาที เหวี่ยงแยกด้วยความเร็ว 3,000 rpm เป็นเวลา 30 นาที รินส่วนใสทิ้ง ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่ดูดน้ำมันไว้

$$\text{ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน (กรัม น้ำมันต่อกรัม ตัวอย่าง)} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างที่ดูดน้ำมันไว้} - \text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง})}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง}}$$

- ปริมาณน้ำอิสระ ด้วยเครื่องหาปริมาณน้ำอิสระ

- ค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี

คัดเลือกโยอาอาหารที่มีคุณสมบัติความสามารถในการอุ้มน้ำสูง จำนวน 4 ชนิดมาวิเคราะห์ปริมาณโยอาอาหารบริโภคได้ทั้งหมด (total dietary fiber, TDF) ด้วยวิธี In house method TE-CH-076 based on AOAC 985.29 (2012) โดยบริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด 50 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ

### 3. การสกัดแยกด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลสและโปรติเอส

นำโยอาอาหารที่ได้จากข้อ 2 มาสกัดแบ่งด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส โดยชั่งตัวอย่าง 20 กรัม เติมน้ำ 400 กรัมเติมเอนไซม์อัลฟาอะไมเลสปริมาณ 1% โดยน้ำหนัก กวนให้เข้ากัน แล้วให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90-95°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ล้างโยอาอาหารด้วยน้ำ 3 ครั้ง กรองแยกโยอาอาหาร แล้วนำมาเติมน้ำให้มีน้ำหนักเท่าก่อนเติมเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส แล้วสกัดโปรตีนด้วยเอนไซม์โปรติเอสปริมาณ 0.1% โดยน้ำหนัก กวนให้เข้ากันและให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 45-50°C นาน 2 ชั่วโมง ล้างโยอาอาหารด้วยน้ำ 3 ครั้ง กรองแยกโยอาอาหาร นำไปอบด้วยตู้อบที่อุณหภูมิ 50°C จนแห้ง นำโยอาอาหารที่ได้ไปวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำมัน ปริมาณโปรตีน ปริมาณเถ้า ความสามารถในการอุ้มน้ำ ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน ปริมาณน้ำอิสระ และค่าสี

#### 4. การสกัดแยกใยอาหารด้วยเอทานอล

นำใยอาหารที่ได้จากข้อ 3 มาปั่นผสมกับเอทานอลที่อัตราส่วน 1:10 ด้วยเครื่องปั่น เป็นเวลา 2 นาที แล้วกรองแยกใยอาหาร นำไปอบที่อุณหภูมิ 50°C จนแห้ง นำไปวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำมัน ปริมาณโปรตีน ปริมาณเถ้า ปริมาณใยอาหารบริโภคนได้ทั้งหมด ความสามารถในการอุ้มน้ำ ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน ปริมาณน้ำอิสระ และค่าสี

#### 5. การนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม

เตรียมผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม 2 ชนิด คือ น้้ามังคุดจากสูตรของศุภมาศ (2553) และน้้านมถั่วเหลืองดัดแปลงจากสูตรของสุปรียา (2549) คัดเลือกใยอาหารที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำสูงจำนวน 2 ชนิด มาเติมในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มปริมาณ 0.3 และ 0.5% โดยน้ำหนัก นำไปทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ใช้ผู้ทดสอบชิม จำนวน 10 คน ให้คะแนนแบบ 9-point hedonic scale กำหนดให้ 1 เป็นคะแนนที่ไม่ชอบมากที่สุด จนถึง 9 เป็นคะแนนที่ชอบมากที่สุด

การเตรียมน้้ามังคุดเติมใยอาหาร

ชั่งน้ำ 837.5 กรัม ตั้งน้ำให้ร้อนจากนั้นเติมน้ำตาลทราย 160 กรัมและกรดซิตริก 2.5 กรัม คนต่อเนื่องจนละลาย เติมน้้ามังคุด 1,000 กรัม และใยอาหารปริมาณ 0.3 และ 0.5% โดยน้ำหนัก และให้ความร้อนจนถึง 85 °C นาน 3 นาที เพื่อฆ่าเชื้อ บรรจุขณะร้อนในขวดพลาสติกที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนที่ 85°C พร้อมปิดฝาขวด หล่อน้ำให้เย็น จากนั้นจึงเก็บรักษาในตู้เย็น

การเตรียมน้้านมถั่วเหลืองเติมใยอาหาร

ชั่งถั่วเหลือง 100 กรัม ล้างด้วยน้ำสะอาด 2-3 ครั้ง แช่น้ำอุ่นที่อุณหภูมิ 60-80°C นาน 3 ชั่วโมง แล้วนำถั่วเหลืองมาล้างเอาเปลือกออก หลังจากนั้นนำไปปั่นกับน้ำเดือดที่มีอุณหภูมิ 80-90°C ปริมาณ 1 ลิตร ด้วยเครื่องปั่น 2-3 ครั้ง เป็นเวลา 5 นาที แล้วกรองด้วยผ้าขาวบาง นำน้้านมถั่วเหลืองไปต้มพอเดือด เติมน้ำตาลที่ปริมาณ 9% โดยน้ำหนัก และใยอาหารปริมาณ 0.3 และ 0.5% โดยน้ำหนัก แล้วตั้งไฟให้เดือด 5 นาที เพื่อฆ่าเชื้อ บรรจุขณะร้อนในขวดพลาสติกที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนที่ 85°C พร้อมปิดฝาขวด หล่อน้ำให้เย็น จากนั้นจึงเก็บรักษาในตู้เย็น

แล้วเลือกผลิตภัณฑ์และสูตรที่ผู้บริโภคยอมรับสูงสุดไปวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำมัน ปริมาณโปรตีน ปริมาณเถ้าและปริมาณใยอาหารบริโภคนได้ทั้งหมด

#### เวลาและสถานที่

เวลา ตุลาคม 2553 – กันยายน 2556

สถานที่ ห้องปฏิบัติการกลุ่มวิจัยและพัฒนาการแปรรูปผลิตภัณฑ์เกษตร

สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตภัณฑ์เกษตร

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

### 1. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมเกษตร

จากการนำตัวอย่างผลิตผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมเกษตร คือ กากมะพร้าวอบแห้งจากโรงงานผลิตกะทิสำเร็จรูป รำเมล็ดเดียว เปลือกเมล็ดเดียว เปลือกข้าวโพด ชังข้าวโพด เปลือกสับปะรด และแกนสับปะรดมาวิเคราะห์ปริมาณความชื้น น้ำมัน โปรตีน และเส้นใย แสดงผลดังตารางที่ 1 พบว่า เปลือกเมล็ดเดียวมีปริมาณเส้นใยสูงที่สุดเท่ากับ 43.14% รองลงมาคือ คือ กากมะพร้าว ชังข้าวโพด และเปลือกข้าวโพด มีปริมาณเส้นใย 34.99, 23.88 และ 22.03% ตามลำดับ รำเมล็ดเดียวมีปริมาณน้ำมันและโปรตีนสูงที่สุด ส่วนแกนสับปะรดมีปริมาณน้ำมันและโปรตีนน้อยที่สุด

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางเคมีของผลิตผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมเกษตร

	ปริมาณความชื้น (%)	ปริมาณน้ำมัน (%)	ปริมาณโปรตีน (%)	ปริมาณเส้นใย (%)
กากมะพร้าวอบแห้ง	4.46	8.05	3.37	34.99
รำเมล็ดเดียว	1.88	17.72	13.09	3.08
เปลือกเมล็ดเดียว	2.66	3.28	5.28	43.14
เปลือกข้าวโพด	6.40	0.48	3.44	22.03
ชังข้าวโพด	9.60	1.76	4.63	23.88
เปลือกสับปะรด	9.30	0.28	3.57	11.06
แกนสับปะรด	8.37	0.08	2.40	4.99

คัดเลือกวัตถุดิบที่มีปริมาณเส้นใยสูง คือ เปลือกเมล็ดเดียว กากมะพร้าว เปลือกข้าวโพด และชังข้าวโพด ไปทดลองสกัดแยกใยอาหารต่อไป

### 2. การสกัดใยอาหารด้วยน้ำและน้ำร้อน

นำตัวอย่างที่เลือกไว้จากข้อ 1 มาบดผสมกับน้ำ แล้วล้างด้วยน้ำที่อุณหภูมิห้องและน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 95°C อบให้แห้ง แล้วนำไปวิเคราะห์ปริมาณความชื้น น้ำมัน โปรตีน เส้นใย ความสามารถในการอุ้มน้ำ ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน และปริมาณน้ำอิสระ แสดงผลดังตารางที่ 2 พบว่า ใยอาหารจากเปลือกเมล็ดเดียวที่สกัดด้วยน้ำที่อุณหภูมิห้องและน้ำร้อนมีปริมาณเส้นใยมากที่สุด แต่มีความสามารถในการอุ้มน้ำเท่ากับ 4.56 และ 4.86 กรัมต่อกรัมใยอาหาร และความสามารถในการอุ้มน้ำมันเท่ากับ 2.95 และ 2.68 กรัมต่อกรัมใยอาหาร ซึ่งเป็นค่าที่น้อยที่สุด ในขณะที่ใยอาหารจากกากมะพร้าวที่สกัดด้วยน้ำร้อน เปลือกข้าวโพดที่สกัดด้วยน้ำร้อน กากมะพร้าวที่สกัดด้วยน้ำและเปลือกข้าวโพดที่สกัดด้วยน้ำ มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ เท่ากับ 17.61, 15.46, 14.98 และ 13.36 กรัมต่อกรัมใยอาหาร ตามลำดับ ส่วนความสามารถในการอุ้มน้ำมันนั้น ใยอาหารที่ได้จากเปลือกข้าวโพดสกัดด้วยน้ำ กากมะพร้าวสกัดด้วยน้ำ และ



กากมะพร้าวสกัดด้วยน้ำร้อนมีค่าใกล้เคียงกันเท่ากับ 6.70, 6.65 และ 6.40 กรัมไขมันต่อกรัมใยอาหาร และ รองลงมาคือซังข้าวโพดสกัดด้วยน้ำมีค่าเท่ากับ 5.53 กรัมไขมันต่อกรัมใยอาหาร

ตารางที่ 2 คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพใยอาหารชนิดต่างๆที่สกัดด้วยน้ำและน้ำร้อน

	ปริมาณ ความชื้น (%)	ปริมาณ น้ำมัน (%)	ปริมาณ โปรตีน (%)	ปริมาณ เส้นใย (%)	WHC (กรัมน้ำ/กรัมใย อาหาร)	OHC (กรัมไขมัน/ กรัมใยอาหาร)	ปริมาณน้ำ อิสระ
เปลือกเมล็ดเดียวสกัดด้วยน้ำ	10.43	2.06	3.76	41.59	4.86	2.68	0.66
เปลือกเมล็ดเดียวสกัดด้วยน้ำร้อน	11.10	2.02	3.86	42.24	4.56	2.95	0.67
กากมะพร้าวสกัดด้วยน้ำ	6.43	5.99	2.70	31.59	14.98	6.65	0.58
กากมะพร้าวสกัดด้วยน้ำร้อน	6.42	6.68	2.78	32.09	17.61	6.40	0.60
ซังข้าวโพดสกัดด้วยน้ำ	5.20	3.73	3.85	34.66	12.00	5.53	0.63
ซังข้าวโพดสกัดด้วยน้ำร้อน	5.04	3.66	2.69	35.01	9.33	4.93	0.62
เปลือกข้าวโพดสกัดด้วยน้ำ	5.56	0.71	3.93	32.91	13.36	6.70	0.53
เปลือกข้าวโพดสกัดด้วยน้ำร้อน	5.98	0.73	3.96	32.40	15.46	4.78	0.53

หมายเหตุ WHC = ความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity)

OHC = ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน (oil holding capacity)

เมื่อเปรียบเทียบใยอาหารจากกากมะพร้าวสกัดน้ำและน้ำร้อนกับใยอาหารจากงานวิจัยของ Singthong et.al. (2011) ที่ได้นำกากมะพร้าวมาสกัดน้ำมันด้วยการแช่ในเฮกเซนอัตราส่วน 1:5 เป็นเวลา 9 ชั่วโมง ซึ่งมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำเท่ากับ 8.31 กรัมไขมันต่อกรัมใยอาหาร พบว่ามีค่าสูงกว่า อาจเนื่องจากการล้างด้วยน้ำอาจทำให้องค์ประกอบของน้ำตาล โปรตีนสูญเสียไป (พัชรภรณ์, 2550) จากนั้นคัดเลือกใยอาหารที่มีความสามารถอุ้มน้ำสูง เนื่องจากคุณสมบัติในด้านการอุ้มน้ำของใยอาหาร หมายถึงความสามารถในการเก็บกักน้ำในโครงสร้างของใยอาหาร หากใยอาหารมีความสามารถในการจับน้ำได้ดีจะสามารถเพิ่มมวลของอุจจาระ ลดอัตราการดูดซึมสารอาหารในลำไส้เล็กและเพิ่มความหนืดให้กับผลิตภัณฑ์ได้ (Figuerola et. al., 2005) และผลิตภัณฑ์อาหารส่วนใหญ่มีส่วนผสมของน้ำมากกว่าน้ำมัน จึงเลือกใยอาหารจากกากมะพร้าวสกัดด้วยน้ำและน้ำร้อน เปลือกข้าวโพดสกัดด้วยน้ำและน้ำร้อนไปวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารบริโภคได้ทั้งหมด ดังแสดงในตารางที่ 3 จะเห็นว่าใยอาหารจากเปลือกข้าวโพดมีปริมาณใยอาหารบริโภคได้ทั้งหมดสูงกว่าใยอาหารจากกากมะพร้าว

ตารางที่ 3 ปริมาณใยอาหารที่บริโภคได้ทั้งหมดในใยอาหารที่ผลิตได้

	ปริมาณใยอาหารที่บริโภคได้ทั้งหมด (%)
กากมะพร้าวสกัดด้วยน้ำ	78.30
กากมะพร้าวสกัดด้วยน้ำร้อน	79.68
เปลือกข้าวโพดสกัดด้วยน้ำ	87.19
เปลือกข้าวโพดสกัดด้วยน้ำร้อน	85.51

### 3. การสกัดแยกด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลสและโปรติเอส

เมื่อนำกากมะพร้าวสกัดด้วยน้ำและน้ำร้อน เปลือกข้าวโพดสกัดด้วยน้ำและน้ำร้อนมาสกัดแบ่ง และโปรตีนออกเพื่อให้โยอาหารที่ได้มีความบริสุทธิ์มากขึ้น แล้วนำไปวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำมัน ปริมาณโปรตีน ปริมาณใยอาหารบริโภคได้ทั้งหมด ความสามารถในการอุ้มน้ำ ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน ปริมาณน้ำอิสระ และค่าสี แสดงผลดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของโยอาหารที่ชนิดต่างๆที่สกัดด้วยเอนไซม์

	ปริมาณ ความชื้น (%)	ปริมาณ น้ำมัน (%)	ปริมาณ โปรตีน (%)	ปริมาณ เถ้า (%)	ปริมาณ เส้นใย (%)	WHC (กรัม/น้ำ/กรัม โยอาหาร)	OHC (กรัม/น้ำมัน/ กรัมโยอาหาร)	ปริมาณ น้ำอิสระ	ค่าสี		
									L	a	b
กากมะพร้าวอบแห้งสกัดด้วยน้ำ	5.69	7.17	2.64	0.29	38.59	8.96	5.56	0.40	81.31	0.98	4.98
กากมะพร้าวอบแห้งสกัดด้วยน้ำร้อน	5.09	9.41	2.65	0.27	37.34	8.46	5.90	0.37	81.30	1.00	4.09
เปลือกข้าวโพดสกัดด้วยน้ำ	5.60	0.69	3.17	1.34	34.17	6.58	4.19	0.34	66.90	3.63	16.58
เปลือกข้าวโพดสกัดด้วยน้ำร้อน	5.52	0.63	3.11	1.10	34.05	6.27	3.16	0.34	67.02	3.47	16.54

หมายเหตุ WHC = ความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity)

OHC = ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน (oil holding capacity)

โยอาหารจากกากมะพร้าวจะมีลักษณะเป็นผงสีขาว ไม่มีกลิ่นจะมีค่า L ที่แสดงถึงความสว่างสูงกว่าโยอาหารจากเปลือกข้าวโพดที่มีสีเหลืองทอง ที่มีค่า a ที่แสดงระดับของสีเขียวจนถึงแดงและค่า b ที่แสดงระดับสีเหลืองจนถึงสีน้ำเงินสูงกว่า โยอาหารที่ได้ทั้ง 4 ชนิดมีปริมาณโปรตีนลดลงเล็กน้อย แสดงว่าสามารถกำจัดโปรตีนได้เพียงเล็กน้อย อาจเนื่องจากชนิดของเอนไซม์ สภาวะและระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดไม่เหมาะสมกับโปรตีนที่มีในตัวอย่าง โยอาหารที่ได้มีค่าความชื้นและปริมาณน้ำอิสระใกล้เคียงกัน ซึ่งค่าปริมาณน้ำอิสระไม่เกิน 0.6 ซึ่งอยู่ในระดับที่เชื้อจุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญได้ ดังนั้นโยอาหารที่ได้สามารถเก็บรักษาได้เป็นระยะเวลานานโดยไม่เกิดการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์

โยอาหารจากกากมะพร้าวสกัดด้วยน้ำและน้ำร้อน และเปลือกข้าวโพดสกัดด้วยน้ำและน้ำร้อนเมื่อสกัดด้วยเอนไซม์จะมีปริมาณเส้นใยสูงขึ้น แต่มีความสามารถในการอุ้มน้ำและน้ำมันลดลง

### 4. การสกัดแยกโยอาหารด้วยเอทานอล

นำโยอาหารจากกากมะพร้าวสกัดด้วยน้ำและน้ำร้อน และเปลือกข้าวโพดสกัดด้วยน้ำและน้ำร้อน มาสกัดด้วยเอทานอลแล้ววิเคราะห์ปริมาณความชื้น น้ำมัน โปรตีน เถ้า เส้นใย ปริมาณใยอาหารบริโภคได้ทั้งหมด ความสามารถในการอุ้มน้ำ ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน ปริมาณน้ำอิสระ และค่าสี ดังแสดงผลในตารางที่ 5 จะเห็นว่าโยอาหารจากกากมะพร้าวสกัดด้วยน้ำและน้ำร้อนและโยอาหารจากเปลือกข้าวโพดสกัดด้วยน้ำและน้ำร้อนมีปริมาณน้ำมัน โปรตีนและปริมาณเส้นใยลดลงเล็กน้อย มีปริมาณเถ้าไม่แตกต่างกัน มีปริมาณใยอาหารบริโภคได้ทั้งหมดลดลงจากเมื่อสกัดด้วยน้ำและน้ำร้อน แต่มีความสามารถในการอุ้มน้ำสูงขึ้น และโยอาหารจากกากมะพร้าวยังคงมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำสูงกว่าโยอาหารจากเปลือกข้าวโพด รวมทั้งมีค่าความสว่างสูงขึ้นในทุกตัวอย่าง

ตารางที่ 5 องค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของใยอาหารที่ชนิดต่างๆที่สกัดด้วยเอทานอล

	ปริมาณ ความชื้น (%)	ปริมาณ น้ำมัน (%)	ปริมาณ โปรตีน (%)	ปริมาณ เถ้า (%)	ปริมาณ เส้นใย (%)	TDF (%)	WHC (กรัมของ น้ำ/กรัม ของใย อาหาร)	OHC (กรัมของ น้ำมัน/กรัม ของใย อาหาร)	ปริมาณ น้ำอิสระ	ค่าสี		
										L	a	b
กากมะพร้าวอบแห้งสกัดด้วยน้ำ	6.43	6.66	2.94	0.30	36.51	74.63	11.43	5.74	0.42	84.37	0.98	5.17
กากมะพร้าวอบแห้งสกัดด้วยน้ำร้อน	6.42	8.98	3.00	0.40	35.55	73.88	9.47	6.10	0.41	83.57	0.90	4.82
เปลือกข้าวโพดสกัดด้วยน้ำ	5.59	0.56	3.11	1.31	33.61	79.31	6.79	4.54	0.31	69.31	3.22	15.74
เปลือกข้าวโพดสกัดด้วยน้ำร้อน	6.01	0.52	3.39	1.37	33.99	79.45	6.71	4.25	0.36	69.15	3.00	15.76

หมายเหตุ TDF = ปริมาณใยอาหารบริโภคได้ทั้งหมด (total dietary fiber)

WHC = ความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity)

OHC = ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน (oil holding capacity)

จึงได้คัดเลือกใยอาหารจากกากมะพร้าวไปทดลองใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มต่อไป

#### 5. การนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม

นำใยอาหารจากกากมะพร้าวสกัดด้วยน้ำและน้ำร้อนมาเติมในน้ำนมถั่วเหลืองและน้ำมั่งคุด จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส ดังแสดงผลในตารางที่ 6 เมื่อพิจารณาการยอมรับการเติมใยอาหารในน้ำนมถั่วเหลืองและน้ำมั่งคุด จะเห็นว่าผู้บริโภคยอมรับให้มีการเติมใยอาหารไม่เกิน 0.3%

#### ตารางที่ 6 การทดสอบทางประสาทสัมผัส น้ำนมถั่วเหลืองและน้ำมั่งคุดเติมใยอาหาร

	น้ำนมถั่วเหลือง				น้ำมั่งคุด			
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4
ลักษณะปรากฏ	6.70	7.10	5.70	6.50	6.40	6.60	6.40	6.60
สี	7.20	7.40	6.40	6.50	7.00	6.90	6.90	6.60
รสชาติ	7.40	7.10	5.80	6.50	6.70	6.90	6.90	7.00
เนื้อสัมผัส	6.80	6.60	6.30	6.90	5.00	4.80	5.30	5.70
ความชอบรวม	6.80	6.60	6.10	6.30	5.20	5.50	6.00	5.00

หมายเหตุ สูตร 1 เติมใยอาหารจากกากมะพร้าวสกัดด้วยน้ำปริมาณ 0.3%

สูตร 2 เติมใยอาหารจากกากมะพร้าวสกัดด้วยน้ำปริมาณ 0.5%

สูตร 3 เติมใยอาหารจากกากมะพร้าวสกัดด้วยน้ำร้อนปริมาณ 0.3%

สูตร 4 เติมใยอาหารจากกากมะพร้าวสกัดด้วยน้ำร้อนปริมาณ 0.5%

และน้ำนมถั่วเหลืองสูตรที่มีการเติมใยอาหารจากกากมะพร้าวสกัดด้วยน้ำปริมาณ 0.3% ผู้บริโภคยอมรับสูงที่สุด อาจเนื่องจากผู้บริโภคนิยมบริโภคน้ำนมถั่วเหลืองที่มีการเติมธัญพืชอยู่แล้ว จึงให้การยอมรับมากกว่าน้ำมั่งคุด จึงได้นำน้ำนมถั่วเหลืองเติมใยอาหารสูตรนี้ไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี แสดงผลในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมใยอาหารจากกากมะพร้าว

	น้ำมันถั่วเหลือง เติมใยอาหาร	น้ำมันถั่วเหลือง ไม่เติมใยอาหาร
ปริมาณความชื้น (%)	86.20	85.84
ปริมาณน้ำมัน (%)	1.69	1.47
ปริมาณโปรตีน (%)	3.01	2.92
ปริมาณเถ้า (%)	0.36	0.28
ปริมาณใยอาหารบริโภคนได้ทั้งหมด (%)	0.64	0.26

จะเห็นว่าน้ำมันถั่วเหลืองมีปริมาณใยอาหารบริโภคนได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้น ดังนั้นกากมะพร้าวที่เป็นผลผลิตพลอยได้จากอุตสาหกรรมการผลิตกะทิสำเร็จรูปสามารถนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตใยอาหารที่นำมาใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มได้ และผู้บริโภคให้การยอมรับ รวมทั้งยังเป็นผลิตภัณฑ์เสริมสุขภาพให้กับผู้บริโภคอีกด้วย

#### สรุปผลการทดลองและคำแนะนำ

การผลิตใยอาหารจากผลผลิตพลอยได้จากอุตสาหกรรม ได้ทำการคัดเลือกวัตถุดิบที่มีปริมาณเส้นใยสูง คือ กากมะพร้าวที่ได้จากการคั้นกะทิและสกัดน้ำมันแล้ว เปลือกเมล็ดเตี๋ย เปลือกข้าวโพดและซังข้าวโพดที่มีปริมาณเส้นใย 34.99, 43.14, 22.03 และ 23.88% ตามลำดับ มาทำการสกัดด้วยน้ำอุณหภูมิห้องและน้ำร้อนอุณหภูมิ 95°C พบว่ากากมะพร้าวสกัดด้วยน้ำและน้ำร้อน เปลือกข้าวโพดสกัดด้วยน้ำและน้ำร้อนมีความสามารถในการอุ้มน้ำสูง จึงได้นำมากำจัดแบ่งด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลสปริมาณ 1% โดยน้ำหนักและโปรตีนด้วยเอนไซม์โปรติเอส 0.1% โดยน้ำหนัก แล้วล้างด้วยเอทานอลอัตราส่วน 1:10 ปั่นผสม 2 นาที กากมะพร้าวที่สกัดด้วยน้ำและน้ำร้อนจะมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำสูง คือ 11.43 และ 9.47 กรัม/น้ำต่อกรัมใยอาหาร และมีปริมาณใยอาหารที่บริโภคนได้ทั้งหมด 73.88 และ 74.63% จึงได้นำมาทดลองเติมในน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันงาคุด ซึ่งผู้บริโภคยอมรับให้มีการเติมใยอาหารจากกากมะพร้าวสกัดด้วยน้ำปริมาณ 0.3% โดยน้ำหนักในน้ำมันถั่วเหลืองสูงที่สุด และมีปริมาณใยอาหารบริโภคนได้ทั้งหมด 0.64%

จะเห็นว่าผลผลิตพลอยได้จากอุตสาหกรรมเกษตรหลายชนิดมีศักยภาพในการนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตใยอาหาร จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในการนำผลผลิตพลอยได้ชนิดอื่นๆมาใช้ประโยชน์ต่อไป

#### คำขอบคุณ

ขอขอบคุณนางสาวบุณฑริก พันธุ์น้อยและนางกนกนวล เจนเกษการณที่ให้ความช่วยเหลือในการเตรียมตัวอย่างและช่วยวิเคราะห์ตัวอย่างในการทำวิจัยนี้

### เอกสารอ้างอิง

- พัชรภรณ์ วชิรศิริ. 2550. การสกัดใยอาหารจากเปลือกกล้วยน้ำว้า. การศึกษาค้นคว้าอิสระ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 54 หน้า.
- ศุภมาศ กลิ่นขจร, นารีรัตน์ สุนทรธรรม และ พัจณา สุภาสุรย์. 2553. การวิจัยและพัฒนาแป้งคุดเพื่อสุขภาพ. หน้า 307-320. ใน รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็มประจำปี 2552. สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร. 377 หน้า.
- สุปรียา สุขเกษม, อรวรรณ หวังดีธรรม, สุวณี กิตติลาภานนท์, วรณิภา โจน์นราวัตร์, พัจณา สุภาสุรย์, อังคณา คณีกุล และ จารุวรรณ รัตนสกุลธรรม. 2549. พัฒนาการผลิตน้ำนมถั่วเหลืองโปรตีนสูงผสมน้ำผลไม้. หน้า 481-494. ใน รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็มปี 2548. สำนักพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. 717 หน้า.
- Aoe, S., T. Oda, K. Tatsumi, M. Yamauchi and Y. Ayano. 1993. Extraction of soluble dietary fibers from defatted rice bran. *Cereal Chem.* 70(4) : 423-425.
- Figuerola, F., M. L. Hurtado, A. M. Estevez, I. Chiffelle and F. Asenjo. 2005. Fibre concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment. *Food Chemistry* 91: 395-401.
- Larrauri, J. A., P. Ruperez, L. Bravo and F. Saura-Calixto. 1996. High dietary fiber powers from orange and lime peels: associated polyphenols and antioxidant capacity. *Food Research International*, 29 (8) : 757-762.
- Ng, S. P., C. P. Tan, O. M. Lai, K. Long and N. Mirhosseini. 2010. Extraction and characterization of dietary fiber from coconut residue. *J. Food Agriculture and Environment*. 8(2) : 172-177.
- Prakongpan, T., A. Nittihamyong and P. Luangpituksa. 2002. Extraction and application of dietary fiber and cellulose from pineapple cores. *J. Food Science* 67(4) : 1308-1313.
- Raghavarao, K. S. M. S., S. N. Raghavendra and N. K. Rastogi. 2008. Potential of coconut dietary fiber. *Indian Coconut Journal*. October 2008. 2-7.
- Singthong, J., S. Yaowaparn and S. Teankaew. 2011. Physicochemical properties and utilization of dietary fiber from coconut residue. *in The 12th ASEAN Food Conference 2011 16-18 June, 2011. BITEC Bangna, Bangkok, Thailand.*