ผลของความเร็วและระยะเวลาในการบดเปียกต่อสมบัติของเส้นใยอาหารผงจากเปลือกในส้มโอ

Effects of speed and time of wet milling on properties of dietary fiber powder from pomelo's albedo

Bongkochrat Naowakul, Tri Indrarini Wirjantoro* and Aphirak Phianmongkhol*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของความเร็ว (16,820 18,220 และ 20,220 รอบต่อนาที) และระยะเวลา (1, 3 และ 5 นาที) ในการบดเปียกต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของเส้นใยอาหารผงที่เตรียมจากเปลือกในส้มโอ จากผลการศึกษาพบว่า ความเร็วในการบดเปียกเปลือกในส้มโอมีอิทธิพลต่อสมบัติของเส้นใยอาหารผงที่เตรียมจากเปลือกในส้มโอมากกว่าระยะเวลาในการบดเปียก การเพิ่มความเร็วทำให้ค่า L^* ความสามารถในการอุ้มน้ำมันวอเตอร์แอคทิวิตี และปริมาณเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำมีค่าเพิ่มขึ้น แต่ทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำ ปริมาณเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำลดลง การเพิ่มระยะเวลาในการบดเปียกทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำมันเพิ่มขึ้น แต่มีความสามารถในการอุ้มน้ำลดลง การบดเปียกด้วยความเร็วระดับสูง เป็นเวลา 1 นาที ทำให้ได้เส้นใยอาหารผงที่มีสมบัติทางกายภาพและเคมีที่ดีคือ มีค่า L^* เท่ากับ 97.29 ปริมาณผลผลิตที่ได้เท่ากับร้อยละ11.40 วอเตอร์แอคทิวิตีเท่ากับ 0.207 ปริมาณความชื้นเท่ากับร้อยละ 7.84 โดยน้ำหนักเปียก ความเป็นกรด-เบสเท่ากับ 5.10 ความสามารถในการอุ้มน้ำเท่ากับ 14.50 กรัมน้ำต่อกรัมตัวอย่างแห้ง ความสามารถในการอุ้มน้ำมันเท่ากับ 2.38 กรัมน้ำมันต่อกรัมตัวอย่างแห้ง ปริมาณเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ เส้นใยอาหารที่ละลายน้ำและเส้นใยอาหารทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 44.57, 35.45 และ 80.02 โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ดังนั้นสภาวะในการบดเปียกด้วยความเร็ว 20,220 รอบ เป็นเวลา 1 นาที จึงเหมาะสมสำหรับนำไปใช้ร่วมกับขั้นตอนอื่นๆ ในการผลิตเส้นใยอาหารผงต่อไป

คำสำคัญ: การบดเปียก, เปลือกในส้มโอ, เส้นใยอาหารผง, ความสามารถในการอุ้มน้ำ, ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน

Abstract

The aim of this research was to study effects of speed (16,820 18,220 and 20,220 rpm) and time (1, 3 and 5 min) of wet milling on physical and chemical properties of dietary fiber powder prepared from pomelo's albedo. It was found that the milling speed had more effect on the powder properties than the milling time. Increasing of milling speed caused an increasing in L^* value, oil holding capacity, water activity and insoluble dietary fiber content but reduced water dietary fiber powder including, L^* value of 97.29, yield of 11.40 %, water activity of 0.207, moisture content of 7.84 % on the wet weigh basis, pH level of 5.10, water holding capacity of 14.50 g water/g dry matter, oil holding capacity of 2.38 g oil/g dry matter, insoluble dietary fiber, holding capacity and soluble dietary fiber content. The prolonged milling time caused an increasing in oil holding capacity, but decreased water holding capacity. Wet milling of pomelo's albedo at

Division of Food Science and Technology, Faculty of Agro-Industry, Chiang Mai University, Chiang Mai 50100, Thailand

*Corresponding author. Tel/Fax: +66 5394 8247 E-mail: tri@chiangmai.ac.th, aphirak@chiangmai.ac.th

© 2013 Agro-Industry, Chiang Mai University

high speed for 1 min resulted in acceptable physical and chemical properties of soluble dietary fiber and total dietary fiber content of 44.57, 35.45 and 80.02 % on the dry weigh basis, respectively. Thus, wet milling at 20,220 rpm for 1 min was an appropriate condition to be used with other steps in production of dietary fiber powder.

Keywords: wet milling, pomelo's albedo, dietary fiber powder, water holding capacity, oil holding capacity

1. บทนำ

ส้มโอ (*Citrus grandis* Linn. หรือ *Citrus maxima* Merr.) เป็นผลไม้ตระกูลส้มที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย สามารถปลูกและเจริญเติบโตได้ดีในทุกภูมิภาค ให้ผลผลิตได้ตลอดทั้งปี เนื่องจากเป็นผลไม้ที่มีรสชาติดีจึงเป็นที่นิยมของผู้บริโภคทั้งในและต่างประเทศ ทำให้ส้มโอเป็นผลไม้ส่งออกที่สำคัญชนิดหนึ่ง (สมคิด, 2548) โดยมีมูลค่าการส่งออกในปี พ.ศ. 2552 เท่ากับ 100 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553) การบริโภคส้มโอจะบริโภคเฉพาะเนื้อ ขณะที่เปลือกซึ่งเป็นส่วนที่ไม่นิยมบริโภคและมีปริมาณค่อนข้างมากจะถูกทิ้งไป อย่างไรก็ตามเปลือกในส้มโอเป็นแหล่งของเส้นใยอาหาร เนื่องจากมีรายงานการวิจัย พบว่ามีเส้นใยอาหารทั้งหมดสูงถึงร้อยละ 87.99 โดยเป็น เส้นใยอาหารที่ละลายน้ำและเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำร้อยละ 31.06 และ 56.93 โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำและอุ้มน้ำมันสูงคือ 18.37 กรัมน้ำต่อกรัมตัวอย่าง และ 2.02 กรัมน้ำมันต่อกรัมตัวอย่าง ตามลำดับ (อภิรักษ์, 2549) ดังนั้นเปลือกในส้มโอจึงเป็นวัตถุดิบที่มีศักยภาพสูงในการนำมาผลิตเป็นเส้นใยอาหารผง

หลักการพื้นฐานในการผลิตเส้นใยอาหาร คือ การกำจัดเอาส่วนประกอบอื่นๆ ได้แก่ รงควัตถุ ไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และสารที่มีโมเลกุลขนาดเล็กที่ละลายน้ำ ออกจากวัตถุดิบให้เหลือแต่ส่วนที่เป็นเส้นใยอาหาร (Larrauri, 1999; ธนิกานต์, 2549) การผลิตเส้นใยอาหารผงโดยทั่วไปมีขั้นตอนหลัก 4 ขั้นตอน คือ การบดเปียก (wet milling) การล้าง (washing) การทำแห้ง (drying) และการบดแห้ง (dry milling) โดยเฉพาะการบดเปียกถือเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญ เนื่องจากจะส่งผลต่อการผลิตในขั้นตอนถัดไป หากวัตถุดิบที่บดได้มีขนาดอนุภาคเล็กเกินไป จะทำให้วัตถุดิบดูดซับน้ำไว้มากในขั้นตอนการล้าง จึงใช้ระยะเวลาในการทำแห้งนานขึ้นและได้ผลผลิตปริมาณต่ำ นอกจากนี้ยังสูญเสียองค์ประกอบที่ต้องการ เช่น เส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ หากวัตถุดิบที่บดได้มีขนาดอนุภาคใหญ่เกินไป จะทำให้การ กำจัดส่วนประกอบที่ไม่ต้องการ เช่น น้ำตาลอิสระ ในขั้นตอนการล้างทำได้ยากขึ้น (Larrauri, 1999; พัชราภรณ์, 2550) Larrauri et al. (1996) รายงานว่า การบดเปียกเปลือกมะม่วงให้มีขนาด 15 มิลลิเมตร จะให้ผลผลิตเส้นใยอาหารสูงและสูญเสียเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำและเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำน้อยกว่าเปลือกมะม่วงที่ผ่านการบดเปียกขนาด 8 มิลลิเมตร นอกจากนี้ Larrauri (1997) รายงานว่า เส้นใยอาหารผงที่ได้จากการบดเปียกเปลือกส้มขนาด 5 มิลลิเมตร ทำให้ได้เส้นใยอาหารผงที่มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำกว่าเส้นใยอาหารผงที่ได้จากการบดเปียกขนาด 15 มิลลิเมตร ทั้งนี้เนื่องจากสูญเสียส่วนประกอบของเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำมากกว่า จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าการบดเปียกมีผลต่อสมบัติของเส้นใยอาหารผง ได้แก่ ความสามารถในการอุ้มน้ำ ปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมด ปริมาณเส้นใยอาหารทั้งที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำ เป็นต้น ประกอบกับการศึกษาเกี่ยวกับผลของการ

© 2013 Agro-Industry, Chiang Mai University

บดเปียกซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญในการผลิตเส้นใยอาหารผงยังมีข้อมูลจำกัด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาผลของความเร็วและระยะเวลาในการบดเปียกต่อสมบัติของเส้นใยอาหารผงที่ได้ โดยศึกษาความเร็วในการบดเปียก 3 ระดับ คือ 16,820 18,220 และ 20,220 รอบต่อนาที และศึกษาระยะเวลาในการบดเปียก 3 ระดับ คือ 1, 3 และ 5 นาที เพื่อหาสภาวะที่ใช้ในการบดเปียกที่เหมาะสมในการผลิตเส้นใยอาหารผงที่มีคุณภาพดี และเหมาะสำหรับนำไปใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่างๆ เช่น ผลิตภัณฑ์นม ผลิตภัณฑ์ขนมอบ และผลิตภัณฑ์เนื้อ เป็นต้น

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 วัตถุดิบและการเตรียมวัตถุดิบ

ในการศึกษาใช้ส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่ อายุการเก็บเกี่ยว 8 เดือน ซื้อจากตลาดต้นพะยอม จังหวัดเชียงใหม่ โดยนำผลส้มโอสดมาล้างให้สะอาด และปอกเอาเฉพาะเปลือก จากนั้นใช้มีดลอกเปลือกในให้แยกออกจากเปลือกนอก เลือกเอาเฉพาะส่วนที่เป็นสีขาวมาตัดให้มีขนาด 1 × 1 × 1 เซนติเมตร นำไปลดความขมโดยการสกัดด้วยน้ำในอัตราส่วน 1:30 (เปลือก: น้ำ) แล้วปรับค่าระดับความเป็นกรด-เบสให้เป็น 7 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.01 M สกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที นำเปลือกในส้มโอที่ได้ไปผลิตเป็นเส้นใยอาหารผง

2.2 ขั้นตอนการผลิตเส้นใยอาหารผง

วางแผนการทดลองแบบ 3 × 3 Factorial in Completely Randomized Design โดยศึกษาความเร็วในการบดเปียก 3 ระดับ คือ ระดับต่ำ (16,820 รอบต่อนาที) ระดับกลาง (18,220 รอบต่อนาที) และระดับสูง (20,220 รอบต่อนาที) และศึกษาระยะเวลาในการบดเปียก 3 ระดับ คือ 1, 3 และ 5 นาที การผลิตเส้นใยอาหารผงดัดแปลงจากวิธีการของธนิกานต์ (2549) โดยนำเปลือกในส้มโอที่ผ่านการลดความขมมาผสมกับน้ำในอัตราส่วน 1:3 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร นำไปบดเปียกที่ความเร็วและระยะเวลาตามแผนการทดลองด้วยเครื่องปั่นผสมอาหาร (HR 2061, Philips, Indonesia) จากนั้นนำไปต้มที่อุณหภูมิ 98 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อกำจัดน้ำตาล และในระหว่างการต้มให้คนเป็นครั้งคราว เสร็จแล้วบีบเอาน้ำออก จากนั้นนำเปลือกในส้มโอไปแช่ในสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 ในอัตราส่วน 1:3 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เพื่อกำจัดสารให้สีและไขมัน เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 28±3 องศาเซลเซียส โดยทำซ้ำ 2 ครั้ง จากนั้นกรองผ่านถุงผ้าไนล่อน แล้วบีบเอาสารละลายเอทานอล ออก นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อแห้งนำไปบดให้ละเอียด เก็บเส้นใยอาหารผงที่ได้ในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ แล้วปิดผนึกภายใต้สภาวะสุญญากาศ

2.3 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

ค่า L^* ในระบบ Hunter ด้วยเครื่องวัดสี Chromameter (Minolta รุ่น CR-300, Japan) โดยใช้ตัวอย่างเส้นใยอาหารผงจากเปลือกในส้มโอ 3 กรัม บรรจุในถ้วยพลาสติก เกลี่ยผิวหน้าตัวอย่างให้เรียบ ใช้หัววัดสีวางทาบลงบนตัวอย่างในแนวตั้งฉากและอ่านค่า

© 2013 Agro-Industry, Chiang Mai University

ค่าปริมาณผลผลิตที่ได้ (yield) โดยคำนวณจากน้ำหนักเส้นใยอาหารผงที่ได้ต่อน้ำหนักเปลือกในส้มโอสดที่ใช้

ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ โดยวิธีการปั่นเหวี่ยง (ดัดแปลงจาก Ang, 1991) นำตัวอย่างเส้นใยอาหารผง 1 กรัม บรรจุในหลอดปั่นเหวี่ยง เติมน้ำกลั่นลงไป 20 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 20 นาที นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที รินเอาน้ำออก แล้วชั่งน้ำหนักตะกอนที่เหลือ คำนวณค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ จากสูตร $(W_2–W_1)/ W_1$ เมื่อ W_1 = น้ำหนักของเส้นใยอาหารผงจากเปลือกในส้มโอ (กรัม) และ W_2 = น้ำหนักตะกอนหลังปั่นเหวี่ยง (กรัม)

ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมัน โดยวิธีการปั่นเหวี่ยง (ดัดแปลงจาก Ang, 1991) วิธีวิเคราะห์และการคำนวณทำเช่นเดียวกับค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ ยกเว้นเติมน้ำมันปาล์ม 15 มิลลิลิตร แทนการเติมน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร

2.4 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

ปริมาณความชื้น บรรจุตัวอย่างเส้นใยอาหารผง 5 กรัม ในกระป๋องอลูมิเนียมที่มีฝาปิด นำไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง คำนวณปริมาณความชื้นตามวิธี AOAC (2000)

ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี บรรจุตัวอย่างเส้นใยอาหารผง 2 กรัม ในซลับพลาสติก แล้ววัดค่าด้วยเครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (Aqua Lab: model series 3, Decagon Device Inc., USA)

ค่าความเป็นกรด-ด่าง นำตัวอย่างเส้นใยอาหารผง 1 กรัม ผสมกับน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 28 ± 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที วัดค่าระดับความเป็นกรด-เบสด้วยเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (OAKTON, Japan)

ปริมาณเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (ดัดแปลงจาก AOAC, 2000: Method 991.42) โดยใช้ตัวอย่างเส้นใยอาหารผง 0.5 กรัม และลดปริมาณเอนไซม์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ 0.5 เท่า เส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ (AOAC, 2000: Method 993.19) และเส้นใยอาหารทั้งหมดซึ่งได้จากผลรวมของเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำและละลายน้ำ

2.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ค่า L^* ปริมาณผลผลิตที่ได้ ความสามารถในการอุ้มน้ำและอุ้มน้ำมัน ปริมาณความชื้น วอเตอร์แอคทิวิตี ระดับความเป็นกรด-เบส ปริมาณเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ เส้นใยอาหารที่ละลายน้ำและเส้นใยอาหารทั้งหมดที่ได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ นำข้อมูลที่วิเคราะห์ได้มาหาค่าเฉลี่ย และทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

© 2013 Agro-Industry, Chiang Mai University

3. ผลและวิจารณ์

3.1 ผลของความเร็วและระยะเวลาในการบดเปียกต่อสมบัติทางกายภาพของเส้นใยอาหารผงจากเปลือกในส้มโอ

3.1.1 L^*

เส้นใยอาหารผงที่ได้มีลักษณะเป็นผงละเอียดสีขาว มีกลิ่นส้มเล็กน้อย โดยมีค่า L^* เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 96.94-97.50 ซึ่งมีค่ามากกว่าเส้นใยอาหารผงจากเปลือกในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งที่มีค่าเท่ากับ 96.41 (อภิรักษ์, 2549) โดยเฉพาะเส้นใยอาหารผงที่ผ่านการบดเปียกที่ความเร็วระดับสูง เป็นเวลา 3 นาที ที่มีค่า L^* สูงสุด คือ 97.50 ความเร็วและระยะเวลามีอิทธิพลร่วมต่อค่า L^* ของเส้นใยอาหารผงจากเปลือกในส้มโอ โดยการเพิ่มความเร็วและระยะเวลาในการบดเปียกจะทำให้ค่า L^* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แสดงว่า เส้นใยอาหารผงจากเปลือกในส้มโอมีความสว่างมากขึ้น แต่ที่ความเร็วระดับสูง เป็นเวลา 5 นาที เส้นใยอาหารผงที่ได้มีค่า L^* ต่ำกว่าที่ระยะเวลาในการบดเปียก 1 และ 3 นาที (Table 1) เนื่องจากการใช้ความเร็วสูงเป็นเวลานาน ทำให้เส้นใยอาหารผงมีอนุภาคขนาดเล็กและมีพื้นที่ผิวเพิ่มขึ้น เมื่อนำไปอบแห้ง ความร้อนที่ใช้จะทำให้เส้นใยอาหารผงมีสีคล้ำมากยิ่งขึ้น และเมื่อพิจารณาผลของความเร็วในการบดเปียก พบว่า ความเร็วระดับสูงให้ค่า L^* สูงสุด คือ 97.28 ขณะที่ความเร็วระดับกลางและระดับต่ำมีผลต่อค่า L^* ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 97.08 และ 97.03 ตามลำดับ ส่วนระยะเวลาในการบดเปียก พบว่า ไม่มีผลต่อค่า L^* ($p>0.05$) (Table 1)

3.1.2 ปริมาณผลผลิตที่ได้

ความเร็วและระยะเวลาในการบดเปียกไม่มีผลต่อปริมาณผลผลิตที่ได้ ($p>0.05$) โดยปริมาณผลผลิตที่ได้มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่างร้อยละ10.62-11.09 (Table 1) ซึ่งค่าที่ได้มากกว่าปริมาณผลผลิตที่ได้จากกากส้มเขียวหวาน กากส้มสายน้ำผึ้ง กากส้มสีทอง และเปลือกในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 7.53, 7.73, 8.51 และ 9.99 ตามลำดับ (อภิรักษ์, 2549) ทั้งนี้เนื่องจากส้มโอที่ใช้เป็นคนละสายพันธุ์ จึงส่งผลต่อปริมาณผลผลิตเส้นใยอาหารผงที่ผลิตได้แตกต่างกัน

3.1.3 ความสามารถในการอุ้มน้ำ

ความเร็วและระยะเวลาในการบดเปียกมีอิทธิพลร่วมต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของเส้นใยอาหารผงจากเปลือกในส้มโอไปในทิศทางเดียวกัน โดยการเพิ่มความเร็วและระยะเวลาจะทำให้ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเส้นใยอาหารผงจากเปลือกในส้มโอมีแนวโน้มลดลง ที่ความเร็วระดับกลาง เป็นเวลา 1 นาที ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมีค่าสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) คือ 15.69 กรัมน้ำต่อกรัมตัวอย่างแห้ง รองลงมา คือ ความเร็วระดับกลาง เป็นเวลา 3 นาที และความเร็วระดับต่ำ เป็นเวลา 3 และ1 นาที ซึ่งมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 15.28, 15.19 และ15.09 กรัมน้ำต่อกรัมตัวอย่างแห้งตามลำดับ ส่วนความเร็วระดับสูง เป็นเวลา 5 นาที ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมีค่าต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) คือ13.65 กรัมน้ำต่อกรัมตัวอย่างแห้ง (Table 1) เนื่องจากเส้นใยอาหารผงจากเปลือกในส้มโอที่ผ่านการบดเปียกด้วยความเร็วสูงเป็นเวลานาน ทำให้อนุภาคมีขนาดเล็ก

© 2013 Agro-Industry, Chiang Mai University

จึงสูญเสียส่วนประกอบของเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำในขั้นตอนการล้างได้มากกว่า ส่งผลให้เส้นใยอาหารผงจากเปลือกในส้มโอมีความสามารถในการอุ้มน้ำลดลง

Table 1. Effects of speed and time on L^* value, yield, water holding capacity (WHC) and oil holding capacity (OHC) of dietary fiber powder prepared from pomelo's albedo.

Factor	Physical properties			
	L^* value	Yield ^{ns} (%)	WHC (g water/g dry matter)	OHC (g oil/ g dry matter)
Interaction speed x time (min)				
Low x 1	97.02 ± 0.17 ^{ab}	10.71 ± 0.37	15.09 ± 0.19 ^{b}	2.09 ± 0.06 ^{e}
Low x 3	97.03 ± 0.19 ^{ab}	10.66 ± 0.91	15.19 ± 0.15 ^{b}	2.21 ± 0.12 ^{d}
Low x 5	97.03 ± 0.44 ^{ab}	10.62 ± 0.93	14.37 ± 0.32 ^{cd}	2.32 ± 0.04 ^{c}
Medium x 1	96.94 ± 0.30 ^{b}	11.09 ± 0.84	15.69 ± 0.35 ^{a}	2.34 ± 0.06 ^{bc}
Medium x 3	97.07 ± 0.18 ^{ab}	10.97 ± 0.78	15.28 ± 0.25 ^{b}	2.36 ± 0.07 ^{bc}
Medium x 5	97.23 ± 0.26 ^{a}	11.08 ± 0.28	14.06 ± 0.05 ^{d}	2.42 ± 0.08 ^{b}
High x 1	97.29 ± 0.19 ^{ab}	11.04 ± 0.63	14.53 ± 0.34 ^{c}	2.38 ± 0.05 ^{bc}
High x 3	97.50 ± 0.31 ^{a}	10.84 ± 0.76	14.34 ± 0.31 ^{cd}	2.39 ± 0.08 ^{bc}
High x 5	97.04 ± 0.17 ^{bc}	10.92 ± 0.38	13.65 ± 0.21 ^{e}	2.51 ± 0.08 ^{a}
Speed				
Low	97.03 ± 0.28 ^{b}	10.66 ± 0.68	14.88 ± 0.44 ^{a}	2.20 ± 0.12 ^{c}
Medium	97.08 ± 0.27 ^{b}	11.05 ± 0.59	15.01 ± 0.75 ^{a}	2.37 ± 0.08 ^{b}
High	97.28 ± 0.29 ^{a}	10.93 ± 0.54	14.17 ± 0.48 ^{b}	2.43 ± 0.09 ^{a}
Time (min)				
1	97.08 ± 0.27 ^{ns}	10.95 ± 0.59	15.10 ± 0.56 ^{a}	2.27 ± 0.14 ^{c}
3	97.20 ± 0.31 ^{ns}	10.82 ± 0.72	14.94 ± 0.50 ^{a}	2.32 ± 0.12 ^{b}
5	97.10 ± 0.32 ^{ns}	10.88 ± 0.56	14.03 ± 0.37 ^{b}	2.42 ± 0.11 ^{a}

Note :- Each value shown in the table was an average of 3 triplicates ± standard deviation

- a-e were means within a column with different letters which were significantly different ($p \leq 0.05$)
- ns was not significantly different ($P > 0.05$)

© 2013 Agro-Industry, Chiang Mai University

นอกจากนี้ในขั้นตอนการบดอาจส่งผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของเส้นใยอาหารผง โดยทำให้มีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดอนุภาค (Elleuch et al., 2011) ซึ่งการบดจะทำให้เส้นใยอาหารผงมีขนาดอนุภาคเล็กลง มีพื้นที่ผิวและปริมาณรูพรุนเพิ่มขึ้น ทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำเพิ่มขึ้น แต่ถ้าขนาดอนุภาคเล็กเกินไป อาจเกิดความเสียหายกับโครงสร้างที่เป็น matrix ทำให้เกิดการยุบตัวของรูพรุน ส่งผลให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของเส้นใยอาหารลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Cadden (1987) ที่พบว่า การลดขนาดอนุภาคมีผลต่อโครงสร้างทางกายภาพของเส้นใยอาหารแต่ละชนิดแตกต่างกัน โดยการลดขนาดอนุภาคของรำข้าวสาลี ทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำลดลง แต่การลดขนาดอนุภาคของข้าวโอ๊ต และ microcrystalline cellulose ซึ่งไม่มีโครงสร้างเป็น matrix ทำให้มีพื้นที่ผิวเพิ่มขึ้น จึงมีความสามารถในการอุ้มน้ำเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับ Raghavendra et al. (2006) ซึ่งพบว่า การลดขนาดอนุภาคของเส้นใยอาหารจากมะพร้าวจาก 1,127 ไมโครเมตร เป็น 550 ไมโครเมตร จะทำให้สมบัติในการจับกับน้ำเพิ่มขึ้น แต่ถ้าลดขนาดอนุภาคให้เล็กลงกว่านี้ จะทำให้สมบัติในการจับกับน้ำลดลง จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า เส้นใยอาหารผงจากเปลือกในส้มโอมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำสูงกว่า เส้นใยอาหารผงที่ผลิตจากเปลือกส้มเขียวหวาน กากส้มเขียวหวาน แครอท แกนสับปะรด มะพร้าว และแอปเปิ้ล ซึ่งมีค่าเท่ากับ 11.96, 13.36, 13.46, 12.16, 7.11 และ 8.39 กรัมน้ำต่อกรัมตัวอย่าง ตามลำดับ (นิธิมา, 2546; อภิรักษ์, 2549; นพรัตน์ และสุทธินีย์, 2551; Prakongpan et al., 2002; Raghavendra et al., 2006; Sudha et al., 2007) ดังนั้นเส้นใยอาหารผงจากเปลือกในส้มโอ จึงมีความเหมาะสมสำหรับนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารที่เป็นอิมัลชั่น (emulsion) เพื่อลดการแยกตัวของน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ และช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสให้กับผลิตภัณฑ์อาหาร โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์อาหารที่ต้องการความชุ่มชื้น เช่น ผลิตภัณฑ์แยม เป็นต้น (อภิรักษ์, 2549; Grigelmo-Miguel and Martin-Belloso, 2000)

3.1.4 ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน

ความเร็วและระยะเวลาในการบดเปียกมีอิทธิพลร่วมต่อความสามารถในการอุ้มน้ำมันไปในทิศทางเดียวกัน โดยการเพิ่มความเร็วและระยะเวลา จะทำให้ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมันของเส้นใยอาหารผงจากเปลือกในส้มโอมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ที่ความเร็วระดับสูง เป็นเวลา 5 นาที ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมันมีค่าสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) คือ 2.51 กรัมน้ำมันต่อกรัมตัวอย่างแห้ง ส่วนความเร็วระดับต่ำ เป็นเวลา 1 นาที ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมันมีค่าต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) คือ 2.09 กรัมน้ำมันต่อกรัมตัวอย่างแห้ง (Table 1) เนื่องจากการบดเปียกเปลือกในส้มโอที่ความเร็วสูงเป็นเวลานาน ทำให้ได้เส้นใยอาหารที่มีขนาดอนุภาคเล็ก มีพื้นที่ผิวและปริมาณรูพรุนเพิ่มขึ้น ทั้งยังเกิดการจัดเรียงตัวที่ดีของอนุภาคของเส้นใยอาหาร ส่งผลให้ความสามารถในการอุ้มน้ำมันของเส้นใยอาหารเพิ่มขึ้น (พัชราภรณ์, 2550; Larrauri, 1999) จากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่าเส้นใยอาหารผงจากเปลือกในส้มโอมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมันสูงกว่าเส้นใยอาหารที่ผลิตจากเปลือกส้มเขียวหวาน กากส้มเขียวหวาน กากส้มสายน้ำผึ้ง กากส้มสีทอง เปลือกในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง มะม่วง และแครอท ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.67, 2.01, 1.77, 1.80, 2.02 และ 1.92 กรัมน้ำมันต่อกรัมตัวอย่างแห้ง ตามลำดับ (นิธิมา, 2546; อภิรักษ์, 2549; Chau et al., 2007)

© 2013 Agro-Industry, Chiang Mai University

ดังนั้นเส้นใยอาหารผงจากเปลือกในส้มโอ จึงมีความเหมาะสมสำหรับนำไปใช้เป็นส่วนผสมเพื่อเพิ่มความคงตัว (stabilizer) ในผลิตภัณฑ์อาหารที่มีไขมันสูง และผลิตภัณฑ์อาหารที่เป็นอิมัลชั่น เช่น ผลิตภัณฑ์ขนมอบ ผลิตภัณฑ์นม และผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอิมัลชัน เป็นต้น (นพรัตน์ และสุทธินีย์, 2551; ปิยะรัชช์ และคณะ, 2553; Kuntz, 1994; Garcia et al., 2002; Fernández-Ginés et al., 2004)

3.2 ผลของความเร็วและระยะเวลาในการบดเปียกต่อสมบัติทางเคมีของเส้นใยอาหารผงจากเปลือกในส้มโอ

ผลของกระบวนการบดเปียกต่อสมบัติทางเคมีของเส้นใยอาหารผง ได้แก่ ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (a_w) ปริมาณความชื้น (moisture content) และค่าระดับความเป็นกรด-เบส (pH) แสดงดัง Table 2 ส่วนผลที่มีต่อปริมาณเส้นใยอาหาร (dietary fiber) แสดงดัง Table 3

3.2.1 วอเตอร์แอคทิวิตี

ค่าวอเตอร์แอคทิวิตีของอาหารเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลอย่างมากต่อคุณภาพและการเน่าเสียของผลิตภัณฑ์อาหาร เพราะความชื้นในผลิตภัณฑ์อาหาร และค่าวอเตอร์แอคทิวิตีจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาทางเคมีหรือมีการเจริญของจุลินทรีย์ ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารเน่าเสีย (นิธิยา, 2549) จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า เส้นใยอาหารผงจากเปลือกในส้มโอมีค่าวอเตอร์แอคทิวิตีเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.185-0.214 (Table 2) การที่มีค่าวอเตอร์แอคทิวิตีต่ำจะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารให้นานขึ้น เนื่องจากสามารถลดหรือยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาเคมีและการเจริญของจุลินทรีย์ โดยจุลินทรีย์ทุกชนิดจะหยุดการเจริญเมื่อผลิตภัณฑ์อาหารมีค่าวอเตอร์แอคทิวิตีเท่ากับหรือต่ำกว่า 0.6 (นิธิยา, 2549)

3.2.2 ปริมาณความชื้น

ความเร็วและระยะเวลาในการบดเปียกไม่มีผลต่อปริมาณความชื้นของเส้นใยอาหารผงที่ได้ ($p>0.05$) โดยปริมาณความชื้นมีค่าเฉลี่ยระหว่างร้อยละ 7.61-8.26 (Table 2) ซึ่งค่าที่ได้สูงกว่าปริมาณความชื้นของเส้นใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวาน กากส้มสายน้ำผึ้ง กากส้มสีทอง และเปลือกในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 5.20, 5.22, 5.67 และ 5.63 ตามลำดับ (อภิรักษ์, 2549) อย่างไรก็ตามปริมาณความชื้นของเส้นใยอาหารผงจากการศึกษาครั้งนี้ยังอยู่ในเกณฑ์ปริมาณความชื้นของเส้นใยอาหารผงที่ผลิตในทางการค้า คือ ปริมาณความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 9 (Larrauri, 1999) ซึ่งน่าจะช่วยลดการเจริญของจุลินทรีย์ลง และทำให้เส้นใยอาหารผงที่ผลิตได้มีอายุการเก็บรักษานานขึ้น

3.2.3 ความเป็นกรด-เบส

จาก Table 2 พบว่า ความเร็วและระยะเวลาในการบดเปียก ไม่มีผลต่อค่าระดับความเป็นกรด-เบสของเส้นใยอาหารผง ($p>0.05$) โดยมีค่าระดับความเป็นกรด-เบสเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 5.08-5.10 แสดงว่า เส้นใยอาหารผงจากเปลือกในส้มโอมีสมบัติค่อนมาทางกรด ดังนั้นการนำเส้นใยอาหารผงจากเปลือกใน ส้มโอไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร จึงอาจส่งผลกระทบต่อค่าระดับความเป็นกรด-เบสของ

© 2013 Agro-Industry, Chiang Mai University

ผลิตภัณฑ์อาหารที่เสริมเส้นใยอาหารผงจากเปลือกในส้มโอ อย่างไรก็ตามค่าระดับความเป็นกรด-เบสของเส้นใยอาหารผง จากการศึกษาครั้งนี้มีค่าสูงกว่าเส้นใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวาน และเปลือกในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ร้อยละ 4.85 และ 5.07 ตามลำดับ แต่มีค่าต่ำกว่าเส้นใยอาหารผงจากกากส้มสายน้ำผึ้ง และกากส้มสีทอง ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 5.41 และ 5.34 ตามลำดับ (อภิรักษ์, 2549)

Table 2 Effects of speed and time on a_w moisture content (MC) and pH level of dietary fiber powder prepared from pomelo's albedo

Factor	Chemical properties		
	a_w	MC^{ns} (% wet weigh basis)	pH^{ns}
Interaction			
speed x time (min)			
Low x 1	0.207 ± 0.01^{ab}	7.61 ± 0.05	5.08 ± 0.02
Low x 3	0.178 ± 0.02^{c}	7.73 ± 0.23	5.10 ± 0.04
Low x 5	0.185 ± 0.01^{c}	8.02 ± 0.21	5.11 ± 0.03
Medium x 1	0.200 ± 0.01^{b}	7.81 ± 0.03	5.10 ± 0.04
Medium x 3	0.185 ± 0.01^{c}	7.92 ± 0.05	5.08 ± 0.03
Medium x 5	0.214 ± 0.02^{a}	8.26 ± 0.14	5.08 ± 0.02
High x 1	0.207 ± 0.00^{ab}	7.84 ± 0.08	5.10 ± 0.02
High x 3	0.208 ± 0.01^{ab}	7.72 ± 0.01	5.08 ± 0.02
High x 5	0.204 ± 0.00^{ab}	8.09 ± 0.20	5.11 ± 0.02
Speed			
Low	0.190 ± 0.02^{c}	7.79 ± 0.24	5.10 ± 0.03
Medium	0.199 ± 0.02^{b}	8.00 ± 0.22	5.09 ± 0.03
High	0.206 ± 0.01^{a}	7.88 ± 0.19	5.09 ± 0.03
Time (min)			
1	0.204 ± 0.01^{a}	7.75 ± 0.12	5.09 ± 0.03
3	0.190 ± 0.02^{b}	7.79 ± 0.15	5.09 ± 0.03
5	0.201 ± 0.02^{a}	8.12 ± 0.19	5.10 ± 0.03

Note: - Each value shown in the table was an average of 3 triplicates ± standard deviation

- a-c were means within a column with different letters which were significantly different ($p \leq 0.05$)

- ns was not significantly different ($P > 0.05$)

© 2013 Agro-Industry, Chiang Mai University

3.2.4 ปริมาณเส้นใยอาหาร

จาก Table 3 พบว่าความเร็วและระยะเวลาในการบดเปียกไม่มีอิทธิพลร่วมต่อปริมาณเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำและเส้นใยอาหารทั้งหมด แต่มีอิทธิพลร่วมต่อปริมาณเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ โดยระยะเวลาในการบดเปียก ไม่มีผลต่อปริมาณเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ เส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ และเส้นใยอาหารทั้งหมด ($p>0.05$) ขณะที่ความเร็วในการบดเปียกมีผลต่อปริมาณเส้นใยอาหารแตกต่างกัน การเพิ่มความเร็วไม่มีผลต่อปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมด ($p>0.05$) แต่การเพิ่มความเร็วจะทำให้เส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่จะทำให้ปริมาณเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำมีแนวโน้มลดลง ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากการบดเปียกด้วยความเร็วสูง ทำให้เส้นใยอาหารผงมีขนาดอนุภาคเล็กมาก ส่งผลให้สูญเสียองค์ประกอบของเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำมากขึ้น ทำให้เส้นใยอาหารผงจากเปลือกในส้มโอที่ผลิตได้มีปริมาณเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการงานวิจัยของพัชราภรณ์ (2550) ที่พบว่า การบดเปียกและล้างด้วยน้ำอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส จะทำให้เส้นใยอาหารที่ละลายน้ำเสียสภาพ หรือถูกชะล้างออกไปมากกว่าปกติ จึงทำให้สูญเสียเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำมากกว่าการบดเปียกและล้างด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง จากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่าเส้นใยอาหารผงจากเปลือกในส้มโอมีปริมาณเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำอยู่ในช่วงร้อยละ 42.80-44.57 เส้นใยอาหารที่ละลายน้ำอยู่ในช่วงร้อยละ 33.92-35.87 และ เส้นใยอาหารทั้งหมดอยู่ในช่วงร้อยละ 78.08-80.03 โดยความเร็วในการบดเปียกระดับสูง เป็นเวลา 5 และ 1 นาที จะทำให้ปริมาณเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ เส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ และเส้นใยอาหารทั้งหมด ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) นอกจากนี้ พบว่าเส้นใยอาหารผงจากเปลือกในส้มโอมีปริมาณเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำและเส้นใยอาหารทั้งหมดสูงกว่าเส้นใยอาหารที่ได้จากเปลือกส้ม แอปเปิ้ล (Espachs-Barroso et al., 2005; Sudha et al., 2007) เนื่องจากเส้นใยอาหารผงจากเปลือกในส้มโอมีปริมาณเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำสูง จึงมีความเหมาะสมสำหรับนำไปใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อาหารที่มีลักษณะเหลว เช่น เครื่องดื่ม และไอศกรีม เป็นต้น (ทิพยา, 2542; นพรัตน์ และสุทธินีย์, 2551)

3.3 สภาวะที่เหมาะสมในการบดเปียกเพื่อการผลิตเส้นใยอาหารผงจากเปลือกในส้มโอ

เมื่อศึกษาผลของความเร็วและระยะเวลาในการบดเปียกต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของเส้นใยอาหารผงจากเปลือกในส้มโอ จากนั้นทำการคัดเลือกสภาวะที่ใช้ในการบดเปียกที่ให้สมบัติด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์เส้นใยอาหารผงที่ดีที่สุด เพื่อให้ได้เส้นใยอาหารผงที่มีคุณภาพดี และเหมาะสำหรับนำไปใช้เสริมในผลิตภัณฑ์อาหารได้ผลแสดงดัง Table 4 เนื่องจากความเร็วระดับสูงในการบดเปียกให้ความถี่ของคุณภาพเส้นใยอาหารผงที่ดีที่สุดในด้านต่างๆ สูงกว่าความเร็วระดับต่ำและระดับกลาง โดยมีความถี่ 6 ครั้ง เช่นเดียวกับระยะเวลาในการบดเปียก เป็นเวลา 1 นาที ที่ให้ความถี่ของคุณภาพเส้นใยอาหารผงที่ดีที่สุดในด้านต่างๆ สูงกว่าระยะเวลานาน 3 และ 5 นาที โดยมีความถี่ 5 ครั้ง ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมในการบดเปียกเปลือกในส้มโอ คือ ความเร็วระดับสูง เป็นเวลา 1 นาที เนื่องจากทำให้ได้เส้นใยอาหารผงที่มีคุณภาพโดยรวมด้านต่างๆ ที่ดี (Table 4)

© 2013 Agro-Industry, Chiang Mai University

Table 3. Effects of speed and time on insoluble dietary fiber (IDF) soluble dietary fiber (SDF) and total dietary fiber (TDF) content of dietary fiber powder prepared from pomelo's albedo.

Factor	Chemical properties		
	IDF (% dry weight basis)	SDF (% dry weight basis)	TDF (% dry weight basis)
Interaction speed x time (min)			
Low x 1	43.24 ± 0.32 ^{bcd}	35.80 ± 0.88 ^{a}	79.04 ± 0.66 ^{ab}
Low x 3	42.80 ± 0.36 ^{d}	35.86 ± 0.62 ^{a}	78.66 ± 0.77 ^{ab}
Low x 5	44.04 ± 0.68 ^{abc}	34.72 ± 0.78 ^{bc}	78.77 ± 1.39 ^{ab}
Medium x 1	42.96 ± 0.44 ^{cd}	35.72 ± 0.45 ^{ab}	78.67 ± 0.57 ^{ab}
Medium x 3	43.54 ± 0.38 ^{abcd}	35.87 ± 0.15 ^{a}	79.42 ± 0.49 ^{ab}
Medium x 5	43.71 ± 0.32 ^{abcd}	35.32 ± 0.18 ^{ab}	79.03 ± 0.47 ^{ab}
High x 1	44.57 ± 0.40 ^{a}	35.45 ± 0.22 ^{ab}	80.02 ± 0.58 ^{a}
High x 3	44.16 ± 1.09 ^{abc}	33.92 ± 0.47 ^{c}	78.08 ± 1.55 ^{b}
High x 5	44.27 ± 1.09 ^{ab}	35.76 ± 0.59 ^{a}	80.03 ± 1.13 ^{a}
Speed			ns
Low	43.36 ± 0.68 ^{b}	35.46 ± 0.87 ^{ab}	78.82 ± 0.88
Medium	43.40 ± 0.47 ^{b}	35.64 ± 0.35 ^{a}	79.04 ± 0.55
High	44.33 ± 0.82 ^{a}	35.04 ± 0.94 ^{b}	79.38 ± 1.40
Time ^{ns} (min)			
1	43.59 ± 0.82	35.66 ± 0.53	79.25 ± 0.80
3	43.50 ± 0.84	35.22 ± 1.05	78.81 ± 1.07
5	44.01 ± 0.70	35.27 ± 0.67	79.28 ± 1.09

Note : - Each value shown in the table was an average of 3 triplicates ± standard deviation

- a-d were means within a column with different letters which were significantly different ($p \leq 0.05$)

- ns was not significantly different ($P > 0.05$)

© 2013 Agro-Industry, Chiang Mai University

Table 4. Properties of dietary fiber prepared from pomelo's albedo between optimal conditions and selected condition.

Properties of dietary fiber prepared from pomelo's albedo	Factor		value	Value at high speed for 1 min
	Speed	Time (min)		
L^* value	High	3	97.50	97.29
Yield (%)	Medium	1	11.09	11.04
Water holding capacity (g water/g dry matter)	Medium	1	15.69	14.50
Oil holding capacity (g oil/g dry matter)	High	5	2.51	2.38
Water activity	Low	3	0.178	0.207
Moisture content (% wet weight basis)	Low	1	7.61	7.84
pH level	High	5	5.11	5.10
	Low	5	5.11	
Insoluble dietary fiber (% dry weight basis)	High	1	44.57	44.57
Soluble dietary fiber (% dry weight basis)	Medium	3	35.87	35.45
	Low	3	35.86	
Total dietary fiber (% dry weight basis)	High	5	80.03	80.02
	High	1	80.02	

4. สรุป

ความเร็วและระยะเวลาในการบดเปียกมีผลต่อสมบัติทั้งทางกายภาพและทางเคมีของเส้นใยอาหารผงที่สกัดได้จากเปลือกในส้มโอ โดยสภาวะที่เหมาะสมในการบดเปียก คือ ความเร็ว 20,220 รอบ เป็นเวลา 1 นาที โดยเส้นใยอาหารผงที่ได้มีค่า L^* เท่ากับ 97.29 ความสามารถในการอุ้มน้ำเท่ากับ 14.50 กรัมน้ำต่อกรัมตัวอย่างแห้ง ความสามารถในการอุ้มน้ำมันเท่ากับ 2.38 กรัมน้ำมันต่อกรัมตัวอย่างแห้ง ปริมาณเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำเท่ากับร้อยละ 44.57 ปริมาณเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำเท่ากับร้อยละ 35.45 และปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 80.02 โดยน้ำหนักแห้ง ดังนั้นสภาวะดังกล่าวจึงมีความเหมาะสมสำหรับนำไปประยุกต์ใช้ร่วมกับขั้นตอนการล้าง การอบแห้ง และการบดแห้ง ในการผลิตเส้นใยอาหารผง

© 2013 Agro-Industry, Chiang Mai University

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่เอื้อเฟื้อทุนสนับสนุนในการทำวิจัย และขอขอบคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งเป็นสถานที่ทำการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ทิพยา ธีระชาติแพทย์. 2542. การใช้ประโยชน์กล้วยหอมผงในไอศกรีมและเครื่องดื่มที่มีเวย์เป็นส่วนผสม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธนิกานต์ สันต์สวัสดิ์. 2549. การผลิตเส้นใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวาน.วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นิธิมา อรรถวานิช. 2546. ใยอาหารผงจากเปลือกส้มเขียวหวานและการประยุกต์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2549. เคมีอาหาร. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

นพรัตน์ ราชจินดา และสุทธินีย์ อิรนพไพบูลย์. 2551. การศึกษาผลของชนิดและปริมาณของเส้นใยอาหารผงที่มีต่อคุณภาพของไอศกรีมนมสดเสริมเส้นใยอาหารผง. ปัญหาพิเศษ, ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ปิยะรัชช์ กุลเมธี, อภิญญา จันทรวัฒน, หทัยชนก ศรีประไพ และภัทรพร เศรษฐโชดึก. 2553. การใช้ประโยชน์จากกากถั่วเหลืองทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมปัง. วิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 20: 97-105.

พัชราภรณ์ วชิรศิริ. 2550. การสกัดใยอาหารจากเปลือกกล้วยน้ำว้า. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมคิด เทียมรัศมี. 2548. การปลูกส้มโอ (หน้า 7-24). สำนักพิมพ์อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2553. ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตรปี 2552 [ออนไลน์]. URL (http://www.oae.go.th/download/download_journal/fundamation-2552.pdf) (วันที่ค้นข้อมูล: 7 สิงหาคม 2553).

อภิรักษ์ เพียรมงคล. 2549. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์เรื่องการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตเส้นใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวาน กากส้มสายน้ำผึ้ง กากส้มสีทอง และเปลือกในส้มโอ. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Ang, J.F. 1991. Water retention capacity and viscosity effect of powdered cellulose. Journal of Food Science. 56(6): 1682-1684.

© 2013 Agro-Industry, Chiang Mai University

AOAC. 2000. Official method of analysis of AOAC international: The Association of Official Analytical Chemists, 17th. Washington D.C.

Cadden, A.M. 1987. Comparative effect of particle size reduction on physical structure and water binding properties of several plant fibers. Journal of Food Science. 52(6): 1595-1599.

Chau, C.F., Wang, Y.T., and Wen, Y.L. 2007. Different micronization method significantly improve the functionality of carrot insoluble fibre. Food Chemistry. 100: 1402-1408.

Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C., and Attia, H. 2011. Dietary fibre and fibre-rich by-product of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial application: A review. Food Chemistry. 124(2): 411-421.

Espachs-Barroso, A., Soliva-Fortuny, R.C., and Martin-Belloso, O. 2005. A natural clouding agent from orange peels obtained using polygalacturonase and cellulose. Food Chemistry. 92: 55-61.

Fernández-Ginés, J.M., Fernández-López, J., Sayas-Barberá, E., Sendra, E., and Pérez-Alvarez, J.A. 2004. Lemon albedo as a new source of dietary fiber: Application to bologna sausages. Meat Science. 67: 7-13.

Garcia, M.L., Dominguez, R., Galvez, M.D., Casas, C., and Selgas, M.D. 2002. Utilization of cereal and fruit fibres in low fat dry fermented sausages. Meat Science. 60: 227-236.

Grigelmo-Miguel, N., and Martin-Belloso, O. 2000. The quality of peach jams stabilized with peach dietary fiber. European Food Research and Technological. 221: 336-341.

Kuntz, L.A. 1994. Fiber from frusation to functionality. Food Product Design. 2: 91-108.

Larrauri, J.A. 1997. Preparation of new types of dietary fibres from tropical fruit byproducts: properties and uses in dietetic foods. PhD thesis, Universidad Politecnica de Madrid, Spain.

Larrauri, J.A. 1999. New approaches in the preparation of high dietary fibre powder from fruit by-products. Trends in Food Science and Technology. 10: 3-8.

Larrauri, J.A., Rupérez, P., Borroto, B., and Saura Calixto, F. 1996. Mango peels as a new tropical fiber: Preparation and characterization. Lebensmittel-Wissenschaft Food Science and Technology. 29: 729-733.

Prakongpan, T., Nitithamyong, A., and Luangpituksa, P. 2002. Extraction and application of dietary fiber and cellulose from pineapple cores. Journal of Food Science. 67: 1308-1313.

Raghavendra, S.N., Ramachandra Swamy, S.N., Rastogi, N.K., Raghavarao, K.S.M.S., Kumar, S., and Tharanathan, R.N. 2006. Grinding characteristics and hydration properties of coconut residue: A source of dietary fiber. Journal of Food Engineering. 72: 281–286.

© 2013 Agro-Industry, Chiang Mai University

Sudha, M.L., Baskaran, V., and Leelavathi, K. 2007. Apple pomace as a source of dietary fiber and polyphenols and its effect on the rheological characteristics and cake making. Food Chemistry. 104: 686–692.

© 2013 Agro-Industry, Chiang Mai University