

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

1. จากการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีเพื่อทำการคัดเลือกเปลือกชั้นในของส้มโอทั้ง 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ทองดี พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง และพันธุ์ขาวใหญ่ มีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการนำมาทำโยเกิร์ตอาหารผง การทดลองขั้นต่อไปทำการคัดเลือกเปลือกส้มโอจากเปลือกส้มโอชั้นในพันธุ์ขาวน้ำผึ้งเนื่องจากมีปริมาณลิโมนินและนารินจินน้อยกว่าเปลือกส้มโอพันธุ์ทองดีและพันธุ์ขาวใหญ่ มีโยเกิร์ตอาหารเริ่มต้นมากกว่า

อีกเหตุผลในการเลือกเปลือกส้มโอขาวน้ำผึ้ง คือ สีของโยเกิร์ตอาหารผงจะเป็นข้อจำกัดในการใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ เพื่อไม่ให้ผลิตภัณฑ์นั้นเกิดการเบี่ยงเบนสีจากผลิตภัณฑ์นั้นๆ และอาจจะมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นโยเกิร์ตอาหารผงที่ดีที่สุดควรจะนำมาใส่ผลิตภัณฑ์ควรเป็นสีที่อ่อน หรือสีขาวนวล

2. จากการศึกษาผลของการใช้สารละลาย CaCO_3 , NaCl และ pH 7-9 ต่อการลดความขมลิโมนิน พบว่า สารละลาย pH 7-9 สามารถลดความขมลิโมนินได้ดีกว่า การใช้ สารละลาย NaCl และใกล้เคียงกับการใช้สารละลาย CaCO_3 คือสามารถลดได้ถึงร้อยละ 17.51-28.17 เนื่องจากภายใต้สภาวะที่เป็นกรดต่ำกว่า 6.5 จะเป็นตัวเร่งกิจกรรมของเอนไซม์ Limonin D-ring lactone hydrolase จากสารตั้งต้น ลิโมนโนเอท เอริงแลคโตน (Limononote A-ring Lactone, ไม่ขม) เป็นลิโมนิน (Limonin, ขม) เกิดจากการปิดโครงสร้างวงแหวนของ Limononote A-ring Lactone ได้ การปรับ pH ให้สูงกว่า 6.5 จะช่วยยับยั้งหรือลดการกระตุ้นของเอนไซม์ Limonin D-ring lactone hydrolase ได้ (Maier et al. 1977) จึงทำให้เกิดลิโมนินได้น้อยลง ซึ่งจากผลการทดลองที่ใช้การปรับ pH ผลปรากฏว่า ยิ่งปรับ pH เข้าใกล้ต่างกันมาก คือ pH 7, pH 8 และ pH 9 การเกิดลิโมนินน้อยลง ทำให้ปริมาณลิโมนินที่เกิดขึ้นมีเพียง 182.06 (ppm, DW) ซึ่งน้อยกว่า pH 8 และ pH 7 คือมีปริมาณลิโมนิน 196.76 และ 209.08 (ppm, DW) ตามลำดับ ซึ่งการใช้ pH 8 และ pH 7 เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

3. จากการศึกษาผลของการใช้สารละลาย CaCO_3 , NaCl และ สารละลาย pH 7-9 ต่อการลดความขมนารินจิน พบว่า การใช้สารละลายที่ pH 7-9 สามารถลดปริมาณนารินจินที่มากที่สุดคือ (ลดลงร้อยละ 92.92-93.64) รองลงมาคือ ใช้สารละลาย CaCO_3 (ลดลงร้อยละ 81.58-91.35) และ สารละลาย NaCl (ลดลงร้อยละ 84.45-88.75) ตามลำดับ การใช้สารละลายที่ pH 7-9 เข้าใกล้ต่างกันมาก ทำให้ลดปริมาณนารินจินได้มาก เนื่องจากนารินจินเป็นสารฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) มีคุณสมบัติที่ละลายได้ดีในสารละลายที่เป็นกลาง และจะละลายได้อย่างสมบูรณ์ในสารละลายต่าง ดังนั้นการปรับ pH 7-9 ด้วย 0.1 นอร์มอล NaOH หรือการใช้สารละลาย CaCO_3 ร้อยละ 1-5 จะทำให้เกิดการไฮโดรไลซ์นารินจินที่อยู่ในเปลือกส้มโอเปลี่ยนโครงสร้างเป็นสารให้ความหวาน (Sweet

dihydrochalcone) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Yoon et al. (1997) กล่าวว่า สารฟลาโวนอยด์จะไม่ละลายในตัวทำละลายที่มี pH ต่ำกว่า 6.5 และจะละลายอย่างสมบูรณ์ในสารละลายที่มีสถานะเป็นด่าง ดังนั้นการปรับสภาวะละลายให้มีคุณสมบัติเป็นด่าง และร่วมกับการใช้ระยะเวลาในการลดความขม 24 ชั่วโมง ทำให้เกิดการไฮโดรไลซ์ได้อย่างสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ทำให้ปริมาณนารินจินมีปริมาณน้อยลง

4. ผลจากการทำแห้ง คือการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง -40 องศาเซลเซียส นาน 14 ชั่วโมง การใช้อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง, อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 4.30 ชั่วโมง และ 70 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง พบว่า คุณสมบัติทางด้านกายภาพ เคมี และเชิงหน้าที่ที่เหมาะสมแก่การนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่อไปคือการอบแห้งเปลือกส้มโอโดยใช้ความเย็นแบบแช่เยือกแข็ง และ การใช้ความร้อน 70 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง โดยใยอาหารเปลือกส้มโอที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีค่าความสว่าง L เท่ากับ 80.13 มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 4.75 ความชื้นร้อยละ 6.12 ค่า a_w 0.46 ปริมาณไขมันต่ำร้อยละ 0.43 ปริมาณใยอาหารทั้งในรูป Crude fiber 88.50 และ Total dietary fiber สูง ร้อยละ 76.14 ปริมาณเส้นใยที่ไม่ละลายน้ำสูงคือ ร้อยละ 38.18 ปริมาณเส้นใยที่ละลายน้ำสูงคือร้อยละ 37.96 สารให้ความขมลิโมนิน 182.70 ppm และนารินจิน 1434.26 ppm มีความเป็นสารต้านอนุมูลสูงคือมีสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด 0.23 mg gallic acid/g dry และค่า DPPH 83.37 μ M มีความสามารถในการอุ้มน้ำ 17.48 (กรัมน้ำต่อน้ำหนักแห้ง) และความสามารถในการอุ้มน้ำมัน 7.46 (กรัมน้ำต่อน้ำหนักแห้ง) โดยใยอาหารเปลือกส้มโอที่ผ่านการทำแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง มีค่าความสว่าง L เท่ากับ 78.08 มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 4.43. ความชื้นร้อยละ 5.38 ค่า a_w 0.37 ปริมาณไขมันต่ำร้อยละ 0.45 ปริมาณใยอาหารทั้งในรูป Crude fiber 81.59 และ Total dietary fiber สูง ร้อยละ 83.16 ปริมาณเส้นใยที่ไม่ละลายน้ำสูงคือร้อยละ 44.82 ปริมาณเส้นใยที่ละลายน้ำสูงคือร้อยละ 38.34 สารให้ความขมลิโมนิน 208.25 ppm และนารินจิน 1120.92 ppm มีความเป็นสารต้านอนุมูลสูงคือมีสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด 0.46 mg gallic acid/g dry และค่า DPPH 87.56 μ M มีความสามารถในการอุ้มน้ำ 13.66 (กรัมน้ำต่อน้ำหนักแห้ง) และความสามารถในการอุ้มน้ำมัน 4.22 (กรัมน้ำต่อน้ำหนักแห้ง)

อภิปรายผล

จากการวิจัยเรื่อง การผลิตใยอาหารผงจากเปลือกชั้นในของส้มโอที่ผ่านการลดความขม และศึกษาคุณสมบัติทางด้านกายภาพและเชิงหน้าที่ ซึ่งสามารถสรุปขั้นตอนหลักในการผลิตเส้นใยอาหารจากเปลือกชั้นในของส้มโอ 5 ขั้นตอนหลักๆ คือ 1. การลดขนาด (Size reduction) 2. การลดความขม (Reducing bitterness) 3. การล้าง (Washing) 4. การทำแห้ง (Drying) และ 5. การบดแห้ง (Dry milling) ซึ่งแต่ละขั้นตอนมีความสำคัญดังนี้

1. การลดขนาด (Size reduction)

การลดขนาด เป็นขั้นตอนในการผลิตที่มีความสำคัญเพื่อให้มีขนาดที่เหมาะสม ซึ่งการลดขนาดสามารถใช้ได้ทั้งบด หรือหั่น แต่ในการทดลองครั้งนี้ใช้วิธีการหั่นออกเป็นลูกเต๋า 1x1x1 เซนติเมตร ซึ่งในขั้นตอนนี้จะมีผลต่อกระบวนการผลิตในขั้นอื่นๆ ต่อไป หากวัตถุดิบที่ถูกลดขนาดมีขนาดเล็กเกินไป จะทำให้เปลือกส้มโอดูดซับน้ำไว้มากในขั้นตอน การลดความขม การล้าง จึงใช้ระยะเวลาทำให้นานขึ้น และได้ผลผลิตปริมาณต่ำ นอกจากนี้ยังสูญเสียองค์ประกอบที่ต้องการ เช่น เส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ แต่ถ้าวัตถุดิบมีขนาดใหญ่เกินไปทำให้มีพื้นที่ขนาดใหญ่ จะทำให้ไม่สะดวกในการกำจัดองค์ประกอบที่ไม่ต้องการ เช่น น้ำตาลอิสระในขั้นตอนการล้างได้ ซึ่ง Larrauri (1997) ศึกษาการเตรียมเส้นใยอาหารจากเปลือกส้ม พบว่า เส้นใยอาหารผงที่ได้จากการลดขนาดเปลือกส้ม คือ 5 มิลลิเมตร ทำให้ได้เส้นใยอาหารผงมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำกว่าเส้นใยอาหารผงที่ได้จากการบดเปลือกขนาดใหญ่กว่า คือ 15 มิลลิเมตร เนื่องจากการสูญเสียองค์ประกอบของเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้มากกว่า ซึ่งธนิกานต์ สันต์สวัสดิ์ (2549) ได้ทำการศึกษาผลของขนาดการหั่นชิ้นกากส้มเขียวหวาน เช่นกัน โดยมีขนาดการหั่นเป็น 5, 10, 15 และ 20 มิลลิเมตร พบว่า เมื่อขนาดการหั่นเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ความสามารถในการอุ้มน้ำและปริมาณเส้นใยอาหารเพิ่มขึ้นด้วย โดยทั่วไปขนาดในการลดขนาดวัตถุดิบนั้นจะอยู่ในช่วง 0.6-2.0 เซนติเมตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตที่ใช้และชนิดของวัตถุดิบ และขนาดที่มีการนิยมใช้ในเปลือกส้มโอ ซึ่งเปลือกส้มโอมีความหนาของเปลือกชั้นในประมาณ 1.45-2.28 เซนติเมตร (Pichaiyongvongdee & Haruenkit 2009a) ซึ่งมีงานวิจัยในการผลิตใยอาหารจากผลไม้ตระกูลส้ม นิยมลดขนาดให้ลงเหลือ 1x1x1 ลูกบาศก์เซนติเมตร (สุชาดา นกเถื่อน, 2554; นิธิมา อรรถวานิช และ ปราณี อานเปรี๊ญ, 2546; กนกวรรณ โชติเชย และ นภาพรณ ศรีสุใจ, 2547 และ บงกชรัตน์ เนาวกุล, 2553)

2. การลดความขม (Reducing bitterness)

เปลือกชั้นในของส้มโอมีสารให้ความขม (Bitterness) ที่เป็นปัญหาสำคัญในการผลิตผลิตภัณฑ์อยู่ 2 ชนิดหลักๆ คือ ชนิดที่ 1 คือ กลุ่มลิโมนอยด์ (Limonoids) ลิโมนอยด์มีหลายชนิด แต่ชนิดที่สำคัญคือ ลิโมนิน (Limonin) ซึ่งเป็นสารที่ให้ความขมมาก เนื่องจากเป็นสารที่มีความเข้มข้นต่ำก็สามารถให้ความขมแล้ว คือมีปริมาณเพียง 6 มิลลิกรัมต่อลิตร (Wilson & Crutchfield, 1968) ชนิดที่ 2 กลุ่มฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) เป็นสารประกอบกลุ่มพอลิฟีนอล โดยฟลาโวนอยด์ที่สำคัญ คือ นารินจิน (Naringin) และเฮสเพอริดิน (Hesperidin) นารินจินพบมากในเปลือกชั้นในเมื่อวิเคราะห์จากส้มโอในประเทศไทย (Pichaiyongvongdee & Haruenkit, 2009) ระดับการรับรสขมของนารินจิน ผู้บริโภคจะสามารถรับรสขมได้ก็ต่อเมื่อมีปริมาณนารินจินประมาณ 700 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมขึ้นไป (อรพิน ชัยประสพ, 2534) เปลือกส้มโอที่นำมาผลิตเป็นใยอาหารผงเป็นส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งซึ่งมีความขมลิโมนิน 253.46 ppm และนารินจิน 17927 ppm ความขมที่เกิดจากสารทั้ง 2 ชนิดนี้ ทำให้เส้นใยอาหารผงที่ผลิตได้มีรสขม ดังนั้นการผลิตเส้นใยอาหารผงจากเปลือกส้มโอจึงจำเป็นต้องกำจัดหรือลดสารให้รสขมเหล่านี้ให้เหลือน้อยที่สุดก่อนนำไปเสริมในผลิตภัณฑ์อาหาร

การทดลองครั้งนี้มีการลดความขมโดยใช้สาร 3 ชนิด คือ การใช้ NaCl, CaCO₃, และ pH ซึ่งผลการทดลองพบว่า การลดความขมโดยปรับน้ำกลั่นให้มี pH 7 สามารถลดความขมได้ดี

ในขณะที่เมื่อนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านกลิ่น เนื้อสัมผัส และความชื้น พบว่า การแช่เปลือกส้มโอที่ pH 7 เมื่อทำการล้างน้ำออก มีความชื้นน้อยที่สุด กลิ่นได้รับการยอมรับมากที่สุด และลักษณะเนื้อสัมผัสไม่มีความแตกต่างจากการใช้ CaCO_3 แต่การใช้ NaCl จะมีกลิ่นที่ออกเปรี้ยวเล็กน้อย และมีเมือกสีขาว เนื้อสัมผัสไม่ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบคือมีคะแนน 1.2-1.97 เนื่องจากมีลักษณะและ ติดเป็นก้อนไม่เป็นชิ้น ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า เส้นใยอาหารที่ลดความชื้นด้วยด้วยสารเคมีทั้ง 3 ชนิด การปรับน้ำ pH 7 จะลดความชื้นได้มากที่สุด เนื้อสัมผัสและกลิ่นได้รับการยอมรับไม่แตกต่างจากการใช้ CaCO_3 ในขณะที่การใช้ NaCl และน้ำกลั่น เปลือกส้มโอจะมีลักษณะแฉะ เกาะตัวกันแน่นเป็นก้อนและบีบน้ำออกได้ยาก กลิ่นออกเปรี้ยวแตกต่างจากกลิ่นธรรมชาติของเปลือกส้มโอ ดังนั้นการทดลองครั้งนี้จึงเลือกวิธีการปรับ pH 7 ลดความชื้นมากที่สุดเนื่องจากปลอดภัยจากสารเคมี และค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด ถึงแม้ว่า NaCl , CaCO_3 หรือ เอทานอล จะสามารถลดความชื้นได้ก็ตาม แต่ก็ค่าใช้จ่ายสูงกว่า นอกจากนี้ กุหลาบ สิทธิสวนจิกร และคณะ (2555) กล่าวว่า การแช่กากส้มนานๆ ทำให้มีการสูญเสียคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ รังควัตถุ กรดแอสคอร์บิก และสารประกอบฟีนอลิก เป็นต้น

3. การล้าง (Washing)

การล้าง คือ การกำจัดองค์ประกอบที่ไม่ใช่อื่นๆได้แก่ ไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และรังควัตถุ เป็นต้น ออกจากวัตถุดิบให้เหลือแต่เส้นใยอาหาร ซึ่งการกำจัดไขมันนิยมทำโดยการกลั่นด้วยไอน้ำและการสกัดด้วยตัวทำละลายอีเทอร์และแอลกอฮอล์ เนื่องจากเปลือกส้มโอมีข้อดีคือปริมาณไขมันน้อยเพียงร้อยละ 0.43 จึงไม่จำเป็นต้องกำจัดไขมันด้วยละลายอีเทอร์และแอลกอฮอล์ ส่วนการกำจัดรังควัตถุที่เป็นสารสีนิยมใช้แอลกอฮอล์หรือล้างด้วยน้ำ เปลือกส้มโอที่นำมาผลิตเป็นใยอาหารผงเป็นส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งซึ่งเปลือกชั้นในมีสีชาวมีค่า $L=75.93-78.08$, $a^*=0.25-1.31$ และ $b^*=3.08-5.36$ จึงไม่จำเป็นต้องกำจัดสีด้วยแอลกอฮอล์เช่นกัน เพียงแค่ล้างด้วยน้ำเปล่าสามารถลดปริมาณ ไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และรังควัตถุ ได้

4. การทำแห้ง (Drying)

การแปรรูปเปลือกส้มโอผง การทำแห้งเปลือกส้มโอเป็นขั้นตอนที่เสียค่าใช้จ่ายสูงในการแปรรูปเส้นใยอาหารผงให้มีความชื้นเหลือน้อยกว่าร้อยละ 10 ซึ่งในผลิตภัณฑ์ส่วนมากจะไม่สามารถลดความชื้นจนมีค่าเท่ากับศูนย์ได้ แต่จะมีความชื้นจำนวนหนึ่งแฝงอยู่ (Hygroscopic materials) (กัญจน์พัชร อุบลศิลป์, 2553) ซึ่งประโยชน์การทำแห้งจะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาเส้นใยอาหารโดยไม่ต้องเติมสารเคมีกันเสีย นอกจากนั้นยังช่วยลดขนาดของบรรจุภัณฑ์และต้นทุนขนส่งอีกด้วย (Larrauri,1999) โดยทั่วไปในการทำแห้งคือ การกำจัดน้ำ (drying) ออก การทำแห้งเปลือกส้มโอในการทดลองนี้เปรียบเทียบใช้ 2 วิธี คือการทำแห้งแบบใช้ความเย็นที่เรียกว่า การทำแห้งแบบเยือกแข็งที่ -40 องศาเซลเซียส นาน 14 ชั่วโมง หลักการคือดึงเอาโมเลกุลของน้ำออกจากอาหารโดยอาศัยการระเหิดของน้ำแข็งกลายเป็นไอ ซึ่งเปลือกส้มโอต้องผ่านการแช่แข็งที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ให้อยู่ในสภาพเยือกแข็งก่อน Fellows (2000) กล่าวว่า การระเหิดของน้ำจะเกิดขึ้นเนื่องจากความดันและอุณหภูมิในการทำแห้งต่ำกว่าจุดวิกฤตของก๊าซของเหลวและของแข็ง การทำแห้งวิธีนี้

สามารถรักษา สี รส และกลิ่นของอาหารเหมือนเดิม คงคุณค่าทางโภชนาการไว้ได้ เนื่องจากเป็นกระบวนการที่ไม่ใช้ความร้อน แต่มีข้อเสียคือ ใช้เวลานานถึง 14 ชั่วโมงเพื่อให้เหลือความชื้นน้อยกว่า 10 และค่าใช้จ่ายสูง

อีกวิธีหนึ่งในการทำแห้งคือการใช้ความร้อน ข้อดีคือ ใช้เวลาสั้น ค่าใช้จ่ายถูก แต่ความร้อนทำให้คุณภาพของเส้นใยอาหารถูกทำลายได้และยังทำให้ความสามารถในการละลายเปลี่ยนแปลงไป ด้วย Larrauri (1997) ได้ศึกษาผลของการทำแห้งเปลือกส้มในตู้อบแห้งแบบชั้น (Cabinet dryer) พบอิทธิพลร่วมของปริมาณเปลือกส้มต่ออัตรา และอุณหภูมิในการทำแห้งต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของเส้นใยอาหาร โดยตัวอย่างที่มีอัตราการทำแห้งสูงกว่าจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำกว่า ซึ่งอาจเป็นผลมาจาก Partial Degradation ขององค์ประกอบของเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำบางชนิด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chantaro et al. (2008) พบว่า ความสามารถในการกักเก็บน้ำของเส้นใยอาหารจะลดลงเมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิสูงเช่นเดียวกัน ซึ่งผลจากการทดลองการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำสูงที่สุด คือ 17.48 กรัมน้ำต่อกรัมตัวอย่างแห้ง รองลงมาการทำแห้งที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส คือ 16.16, 14.13 และ 13.66 กรัมน้ำต่อกรัมตัวอย่างแห้ง

วันเพ็ญ แสงทองพินิจ (2551) ได้ทำการผลิตเส้นใยจากเปลือกส้มโอ อบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาต่างกันคือ 40 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง, 50 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง, และ 60 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง พบว่าการใช้อุณหภูมิต่ำแต่ระยะเวลานาน คือที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง จะมีสีคล้ำที่สุด กรณีนงานวิจัยของ นิธิมา อรรถวานิช และ ปราณี อานเป็รื่อง (2546) ได้ใช้อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ในการอบเปลือกส้มเขียวหวาน พบว่าที่อุณหภูมิต่ำคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์ถูกทำลายน้อยกว่าอุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียส ค่าผลผลิตได้น้อยกว่า ส่วนค่าความสามารถการอุ้มน้ำทั้ง 3 อุณหภูมิไม่แตกต่างกัน อภิรักษ์ เพียงมงคล (2549) ได้ใช้อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นานถึง 24 ชั่วโมง โดยที่ค่าสี L ของเปลือกส้มโอยังมีค่าความสว่างอยู่ในระดับสูงถึง 96.66 จากการทดลองครั้งนี้ การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง มีสีความสว่าง L เท่ากับ 80.13 การใช้ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 4.30 ชม. และ 70 องศาเซลเซียส นาน 2 ชม. ให้ค่าสี L เท่ากับ 78.12 และ 78.08 ให้ค่าสี L สูงกว่า การใช้อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 5.30 ชม. คือค่า สี L เท่ากับ 75.93

5. การบดแห้ง (Dry milling)

เพื่อลดขนาดของเส้นใยอาหารให้เหมาะสมกับการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารและเป็นการเพิ่มพื้นที่ในการดูดซับน้ำหรือน้ำมัน ส่งผลต่อการสัมผัสของอาหารที่ต้องการเพิ่มใยอาหาร โดยทั่วไปเส้นใยอาหารผงทางการค้านิยมบดให้มีขนาดอนุภาคระหว่าง 0.15-0.43 มิลลิเมตร (Larrauri, 1999) Raghavendra et al. (2006) ศึกษาผลของการลดขนาดอนุภาคโดยการบดที่มีผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำ กักเก็บน้ำ พองตัว และดูดซับน้ำมันของเส้นใยอาหารจากกากมะพร้าว พบว่า การลดขนาดอนุภาคจาก 1,127 ไมโครเมตร เป็น 550 ไมโครเมตร ส่งผลให้ความสามารถในการอุ้มน้ำ กักเก็บน้ำ พองตัวและดูดซับน้ำมันของเส้นใยอาหารจากกากมะพร้าวเพิ่มขึ้น แต่เมื่อลดขนาดอนุภาคลงอีกจนถึง 390 ไมโครเมตร จะส่งผลให้สมบัติเหล่านี้ลดลง ประภาพรรณ เพียรชอบ

(2551) พบว่าขนาดของอนุภาคมีผลต่อคุณภาพเส้นใยจากโคนหน่อไม้ฝรั่งต่างกันคือ ถ้าเส้นใยมีขนาดอนุภาค 20 เมช จะมีความสามารถในการพองตัวและความสามารถในการดูดซับน้ำมันมากที่สุด ในขณะที่เส้นใยมีขนาดอนุภาค 40 เมชมีความสามารถในการอุ้มน้ำและความสามารถในการกักเก็บน้ำสูงที่สุด ดังนั้นในการที่จะใส่ลงในผลิตภัณฑ์ความเลือกขนาดอนุภาคที่เหมาะสมต่อความสามารถต่างๆ ศุภวัฒน์ นามคำ (2554) ได้ทำการเปรียบเทียบขนาดอนุภาคของเปลือกส้มโอผงทั้ง 3 ขนาดในผลิตภัณฑ์ขอม่วงต่อการยอมรับของผู้เชี่ยวชาญ พบว่าผู้เชี่ยวชาญยอมรับผลิตภัณฑ์ขอม่วงที่เสริมด้วยเส้นใยที่ขนาดเล็กลงกว่า 100 เมช เนื่องจากอนุภาคใกล้เคียงกับแป้งจึงทำให้ดูกลมกลืนเมื่อผสมรวมกัน เนื้อสัมผัสจึงเรียบเนียนไม่สามารถมองเห็นเส้นใยผงในตัวผลิตภัณฑ์ขอม่วง ผลการทดลองครั้งนี้จึงเลือกการบดละเอียดที่มีขนาด 100 เมช เช่นกัน

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. นำมาใช้ในการประกอบการเรียนการสอนในสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร เพื่อให้นักศึกษาได้นำข้อมูลต่างๆของงานวิจัยดังกล่าวไปต่อยอดในการทำงานวิจัยต่อไป
2. แนะนำข้อมูลนี้แก่อำจารย์และเจ้าหน้าที่ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการผลิตเบเกอรี่ เพื่อนำไปใช้ในการต่อยอดและพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าเพิ่มมากขึ้น
3. แนะนำแก่เกษตรกรที่เพาะปลูกส้มโอเพื่อเป็นการส่งเสริมการใช้เปลือกส้มโอซึ่งเป็นเศษวัสดุเหลือทิ้งทางธรรมชาตินำมาเป็นแหล่งผลิตเปลือกส้มโอผง ซึ่งได้กระบวนกรเพิ่มมูลค่าของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร และอุตสาหกรรมเกษตร

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาอายุการเก็บรักษาให้นานกว่า 3 เดือน และศึกษาถึงอุณหภูมิในการเก็บที่แตกต่างกันต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางด้านกายภาพ เคมี และเชิงหน้าที่
2. วิจัยครั้งต่อไปควรมีการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อื่นๆ ต่อไป เช่น นำไปทดแทนหรือเสริมในผลิตภัณฑ์เบอ์เกอร์ คุกกี้ ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม ผลิตภัณฑ์นมและไอศกรีมและผลิตภัณฑ์อื่นๆ
3. แนะนำผู้ประกอบการ ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารอื่นๆ เช่น ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ เครื่องดื่ม ลูกอม