

ผลของกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอยต่อคุณภาพของน้ำหม่อนผสมน้ำผึ้งชนิดผง
Effects of Spray Drying Process on Quality of Mulberry-Honey Mixed Powder

ไพไลรัก อินธิปัญญา^{1/}

Pilairuk Intipunya^{1/}

ธนกิจ ถาหมี^{2/}

Tanakij Thamee^{2/}

ABSTRACT

Mulberry-honey mixed juice is not easy for spray drying because it is rich in sugar and organic acids. These low molecular weight components cause stickiness problem during drying. The aims of this research were to study the feasibility of drying mulberry-honey mixed juice using a spray dryer, effects of maltodextrin addition and drying temperature on the quality of the mixed juice powder. Powder's quality changes during storage were also investigated. The experiment was conducted at Faculty of Agro-Industry, Chiang Mai University during April to September 2013. Spray drying of the mixed juice was conducted at three levels of solids in the mixed juice:maltodextrin ratio (1.0:1.1, 1.0:1.2 and 1.0:1.3) and three drying air temperatures (150, 160 and 170 °C) using a complete randomized design. It was found that by increasing the amount of maltodextrin, production yield increased. Moisture content and a_w decreased, whereas moisture absorption increased. The suitable ratio of solids in mixed juice : maltodextrin was 1.0:1.3. Increased of drying air temperature expanded production yield but decreased moisture content and a_w . Increasing drying air temperature also affected water absorption, solubility and dispersibility of the powder. Drying at 170 °C gave the highest yield of 24.92±0.57% and moisture content of 2.85±0.09%. Reconstituted mulberry-honey mixed juice contained insignificantly lower total phenolic compound, total sugar and radical

^{1/} คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200

^{1/} Faculty of Agro-industry, Chiang Mai University} Muang District, Chiang Mai 52000

^{2/} ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติฯ แพร่ อ.เด่นชัย จ.แพร่ 54110

^{2/} Queen Sirikit Sericulture Center (Phrae) Denchai District Phrae 54110

scavenging ability ($p>0.05$). Sensory acceptance scores for all attributes were not significantly different when compared between the reconstituted and freshly mixed samples. The sensory scores for the reconstituted sample ranged between “like” to “moderately like”. The quality of mulberry-honey mixed powder, vacuum packed in laminated aluminum bag stored at room temperature (28 ± 3 °C) and 4 °C were insignificant ($p>0.05$) and safe from microorganisms after 12 weeks storage.

Key-words: maltodextrin, drying temperature, mulberry-honey mixed juice, spray drying

บทคัดย่อ

น้ำหม่อนผสมน้ำผึ้งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนประกอบของน้ำตาล และกรดอินทรีย์ซึ่งยากต่อการอบแห้ง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการอบแห้งน้ำหม่อนผสมน้ำผึ้งด้วยวิธีพ่นฝอย โดยศึกษาอัตราส่วนของมอลโตเดกซ์ตริน อุณหภูมิชาเข้า ต่อคุณภาพของน้ำหม่อนผสมน้ำผึ้งผง และการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษา ทำการทดลองที่คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ระหว่างเดือนเมษายน - กันยายน พ.ศ.2556 ศึกษาอัตราส่วนของแข็งในน้ำหม่อนผสมน้ำผึ้ง

กับมอลโตเดกซ์ตริน 3 ระดับคือ 1.0:1.1, 1.0:1.2 และ 1.0:1.3 การใช้อุณหภูมิลมร้อนชาเข้า 3 ระดับคือ 150, 160 และ 170 °ซ วางแผนการทดลองสุ่มแบบสมบูรณ์ (CRD) พบว่าอัตราส่วนของแข็งในน้ำหม่อนผสม:มอลโตเดกซ์ตรินที่เหมาะสม คือ 1.0:1.3 การเพิ่มอุณหภูมิลมร้อนชาเข้าสำหรับการอบแห้งทำให้ปริมาณผลผลิตสูงขึ้น และตัวอย่างผงมีปริมาณความชื้นและค่า a_w ต่ำลง การเพิ่มอุณหภูมิจึงมีผลต่อความสามารถการดูดความชื้น ความสามารถในการละลาย และการกระจายตัวของผลิตภัณฑ์ การอบแห้งที่ 170 °ซ ได้ปริมาณผลผลิตมากที่สุด คือ 24.92 ± 0.57 % โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความชื้นร้อยละ 2.85 ± 0.09 % และเมื่อนำผลิตภัณฑ์ไปทดสอบการคืนรูปพบว่าน้ำหม่อนผงคืนรูปจะมีปริมาณของสารประกอบฟีนอล ปริมาณน้ำตาลและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) และมีคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสทุกด้านที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเทียบกับน้ำหม่อนผสมน้ำผึ้งที่ไม่ผ่านการอบแห้ง ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับน้ำผลหม่อนผสมน้ำผึ้งผงคืนรูปที่ระดับ “ชอบ” ถึง “ชอบปานกลาง” การเก็บรักษาตัวอย่างผงในถุงอะลูมิเนียมแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิห้อง (28 ± 3 °ซ.) และ 4 °ซ. พบว่า คุณภาพของตัวอย่างผงเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย และจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ไม่เกินค่าตามมาตรฐานกำหนด เมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิห้อง

คำหลัก: มอลโตเดกซ์ทริน อุณหภูมิการอบแห้ง น้ำหมอนผสมน้ำผึ้ง การทำแห้งแบบพ่นฝอย

คำนำ

ผลหมอน (mulberry) เป็นผลไม้ที่เพาะปลูกได้ง่ายเจริญเติบโตได้ดีตั้งแต่บริเวณเขตอบอุ่นถึงเขตร้อน ผลหมอนอ่อนมีสีเขียว และเปลี่ยนเป็นสีชาวมชมพู เมื่อเริ่มสุกมากขึ้นเป็นผลแก่ (สีแดงทั้งผล) ผลห่าม (สีม่วงแดง) และผลสุก (สีม่วงดำทั้งผล) มีรสหวานอมเปรี้ยวถึงหวานมาก เมื่อสุกเต็มที่ผลหมอนแก่จัดมีคุณค่าทางโภชนาการ ดังนี้ โปรตีน 11.8 % คาร์โบไฮเดรต 61.9 % และน้ำตาล 11.2 % (อำนาจ และวิโรจน์, 2548 และ วสันต์, 2546) ผลหมอนมีคุณประโยชน์ที่โดดเด่นเนื่องจากองค์ประกอบของสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญได้แก่ สารประกอบฟีนอล (phenolic compound) (Duthie *et al.*, 2000) สารเคอร์ซีติน (quercetin) (Manach, 2005) และแอนโทไซยานิน (anthocyanins) (Lazee *et al.*, 2004) น้ำหมอนสกัดผสมน้ำผึ้งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้ทำการปรับปรุงรสชาติให้เหมาะกับผู้บริโภค เพื่อให้ผู้บริโภคได้รับประโยชน์จากน้ำผึ้งอีกทางหนึ่ง การนำผลิตภัณฑ์น้ำหมอนสกัดผสมน้ำผึ้งมาดำเนินการต่อยอดพัฒนารูปแบบเป็นอาหารผงเพื่อให้เกิดความสะดวกในการบริโภค การขนส่ง และมีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนานขึ้น ซึ่งวิธีการที่เป็นที่นิยมในอุตสาหกรรมการทำอบแห้ง คือ การอบแห้งแบบพ่นฝอย (spray drying)

การอบแห้งแบบพ่นฝอยจะทำให้น้ำถูก

ดึงออกจากตัวถูกละลายอย่างรวดเร็ว จนทำให้ผลิตภัณฑ์เริ่มเปลี่ยนเป็นสารละลายเข้มข้น และเปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์ผง น้ำหมอนสกัดผสมน้ำผึ้งเป็นผลิตภัณฑ์มีน้ำตาลอยู่สูง เมื่อทำการอบแห้งแบบพ่นฝอยจะเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและเริ่มแสดงพฤติกรรมการเกาะติดเมื่ออุณหภูมิที่ผิวสูงกว่าอุณหภูมิ Glass Transition Temperature (T_g) ของผลิตภัณฑ์ประมาณ 10°C และเมื่อมีผลต่างของอุณหภูมิสูงขึ้นถึง 20°C น้ำหมอนสกัดผสมน้ำผึ้งจะเหนียวเกาะติดกับผนังเครื่อง โดยอุณหภูมิ T_g เป็นอุณหภูมิที่วัสดุที่มีโครงสร้างแบบอสัณฐานเริ่มเปลี่ยนสถานะจาก Glassy ไปเป็น Rubbery โมเลกุลของวัสดุเริ่มมีการเคลื่อนที่หรือไหลได้คล้ายของเหลว อุณหภูมิ T_g ของวัสดุที่มีมวลโมเลกุลมากจะมีค่าสูง และง่ายต่อการทำให้แห้งเป็นผงได้ ดังนั้นการเติมสารลดความเหนียวเพื่อช่วยอบแห้งซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลสูงเพื่อเพิ่มอุณหภูมิ T_g จึงมีความจำเป็นในกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิสูง สารลดความเหนียว เช่น มอลโตเดกซ์ทริน มีมวลโมเลกุลมากและสามารถเพิ่มให้อุณหภูมิ T_g ของผลิตภัณฑ์ จึงลดปัญหาการเกาะติดและทำให้ได้ผลผลิตมากขึ้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาระดับการใช้มอลโตเดกซ์ทรินที่เป็นสารลดความเหนียว และระดับของอุณหภูมิตอบแห้งขาเข้า ต่อคุณภาพของน้ำหมอนผสมน้ำผึ้งผง คุณภาพของตัวอย่างผงคินรูป และศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาของน้ำหมอนผสมน้ำผึ้งผง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการแปรรูปน้ำหมอนผสมน้ำผึ้งในรูปของผลิตภัณฑ์ผง และหาสภาวะที่

เหมาะสมในการอบแห้งต่อไป นอกจากนี้ยังเป็นแนวทางในการพัฒนาสู่การผลิตในภาคอุตสาหกรรม

อุปกรณ์และวิธีการ

1. วิธีการเตรียมน้ำผลไม้ผสมน้ำผึ้ง

น้ำผลไม้ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ใช้หมอนสายพันธุ์เชียงใหม่ จากศูนย์หมอนไหมเฉลิมพระเกียรติฯ แพร่ โดยเตรียมน้ำผลไม้ผสม 2 ชนิดคือ น้ำผลไม้ผสมห่าม 45.5 % และน้ำผลไม้ผสมสุกจัด 39.5 % ผสมกับน้ำผึ้ง 15 % ทำการต้มให้ความร้อนที่ 100 °ซ. เป็นเวลา 3 นาที (ธนกิจ และพิไลรัก, 2555)

2. ศึกษาระดับของปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินที่เหมาะสม

นำน้ำผลไม้ผสมน้ำผึ้งที่เตรียมได้จากข้อ 1 มาผสมกับปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินโดยใช้อัตราส่วนของของแข็ง 3 ระดับ คือ อัตราส่วนของของแข็งในน้ำหมอน : มอลโตเดกซ์ตริน 1.0:1.0, 1.0:1.2, 1.0:1.3 โดยควบคุมให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดหลังจากการเติมมอลโตเดกซ์ตรินแล้วให้อยู่ที่ระดับร้อยละ 30 ในทุกตัวอย่างก่อนนำไปอบแห้งแบบพ่นฝอย ควบคุมอุณหภูมิของตัวอย่างเหลวที่ 50 °ซ. ใช้อุณหภูมิมอบแห้งเข้า 170±2 °ซ. นำผลิตภัณฑ์ผงที่ได้บรรจุในถุงพลาสติกปิดสนิทและเก็บในโถดูดความชื้นที่อุณหภูมิห้องจนกว่าจะนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป ออกแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ อัตราส่วนการผสมละ 3 ซ้ำ วิเคราะห์คุณภาพของตัวอย่างโดยหาค่าวอเตอร์ แอคทีวิตี (a_w)

และปริมาณความชื้น (AOAC, 2000) ค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสี ค่าการดูดความชื้น (Landrock and Proctor, 1951) ความสามารถในการละลาย และค่าการกระจายตัว (AL-Kahtani and Hassan, 1990) เปรียบเทียบผลการทดลองและหาสัดส่วนของมอลโตเดกซ์ตรินที่เหมาะสม เพื่อนำไปใช้ในการศึกษาขั้นตอนต่อไป

3. ศึกษาอุณหภูมิการอบแห้งที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มผงโดยวิธีการพ่นฝอย

นำน้ำผลไม้ผสมที่เติมมอลโตเดกซ์ตรินตามสัดส่วนที่เหมาะสมจากขั้นตอนที่ 2 ไปอบแห้งโดยใช้ระดับอุณหภูมิมอบแห้งเข้า 3 ระดับคือ 150 160 และ 170 °ซ. ออกแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ทดลองการอบแห้งที่สภาวะละ 3 ซ้ำ วิเคราะห์คุณภาพของตัวอย่างดังขั้นตอนที่ 2 เปรียบเทียบผลการทดลองและหาอุณหภูมิการอบแห้งที่เหมาะสม

4. ศึกษาคุณภาพของน้ำหมอนผสมน้ำผึ้งคินรูป

นำตัวอย่างผงน้ำหมอนผสมน้ำผึ้งที่ผลิตในสภาวะที่เหมาะสมในขั้นตอนที่ 2 และ 3 มาคินรูป โดยการละลายน้ำในปริมาณเท่ากับน้ำที่ระเหยไประหว่างการทำแห้ง และตัวอย่างน้ำหมอนผสมน้ำผึ้งที่ไม่ผ่านการอบแห้งไปวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และทางเคมีเพื่อเปรียบเทียบคุณภาพระหว่างตัวอย่างก่อนการอบแห้งและหลังการอบแห้งแบบคินรูป

วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และทางเคมีของน้ำหมอนผสมน้ำผึ้งคินรูป และน้ำหมอน

ผสมน้ำผึ้งก่อนการอบแห้งดังนี้ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ความหนืด ปริมาณกรดทั้งหมด คุณภาพด้านสี ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และน้ำตาลทั้งหมด ปริมาณแอนโทไซยานิน ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (AOAC, 2005) ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด (Waterman and Mole, 1994) ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา (ADAC, 2005)

นำตัวอย่างไปทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scale (ไพโรจน์, 2545) โดยใช้ผู้ทดสอบชิม 100 คน ให้ผู้ทดสอบชิมตัวอย่าง และให้คะแนนความชอบทางด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม คะแนนความชอบ 1 หมายถึง “ไม่ชอบมากที่สุด” คะแนน 5 หมายถึง “อยู่ระหว่างชอบและไม่ชอบ” คะแนน 9 หมายถึง “ชอบมากที่สุด” หาค่าเฉลี่ยของคะแนนความชอบในแต่ละด้าน

5. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษา

บรรจุตัวอย่างผงน้ำหม่อนผสมน้ำผึ้งในซองอะลูมิเนียมชนิดลามิเนต ภายใต้สภาวะสุญญากาศ ซองละ 20 ก. เรียงใส่ถาดในแนวตั้งแล้วนำไปเก็บรักษาไว้ในตู้เย็นที่ $4\pm 3^{\circ}\text{C}$. และเก็บในห้องทดลองที่อุณหภูมิ $28\pm 3^{\circ}\text{C}$. สุ่มตัวอย่างครั้งละ 3 ซอง ทุกๆ 2 สัปดาห์เป็นเวลา 3 เดือน เพื่อวิเคราะห์ค่า a_w ความชื้น ค่าสี การดูดความชื้น ความสามารถในการละลาย (AOAC, 2005) ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา

(AOAC, 2005)

ผลการทดลอง

1. ปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มผงหม่อนผสมน้ำผึ้ง

ผลการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำหม่อนผสมน้ำผึ้งผง โดยใช้อัตราส่วนของมอลโตเดกซ์ตรินในระดับต่างๆ พบว่า ปริมาณผลผลิตที่ได้อยู่ระหว่างร้อยละ 3.07–24.67 (Table 1) ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของมอลโตเดกซ์ตริน เมื่อเพิ่มปริมาณของมอลโตเดกซ์ตรินทำให้ปริมาณของผลผลิตเพิ่มขึ้นด้วย และพบว่า การเพิ่มปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินยังทำให้ค่า a_w มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) เนื่องจากเมื่อมีการเติมสารลดความเหนียวในปริมาณที่เพิ่มขึ้นจะทำให้โครงสร้างของสารละลายสามารถจับกับอนุภาคของสารลดความเหนียวได้มากขึ้น เกิดเป็นรูพรุนภายในโครงสร้างได้มากกว่า น้ำระเหยได้ง่าย จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่า a_w ต่ำลง (Rahman, 1995) ค่า a_w ยังแปรผันตามปริมาณความชื้นด้วย หากมีค่าความชื้นสูง ค่า a_w ก็จะสูงตาม ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของสุนทรีย์ (2546) ที่พบว่าปริมาณผลผลิตของการทำแห้งแบบพ่นฝอยน้ำใบเตยผงมีปริมาณสูงขึ้นหากมีการใช้มอลโตเดกซ์ตรินในปริมาณที่สูงขึ้น และการใช้ปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินที่สูงขึ้นทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นต่ำลงเนื่องจากมอลโตเดกซ์ตรินเป็นสารที่ช่วยในกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอย และช่วยลดคุณสมบัติการดูดความชื้นเข้าหาตัวผลิตภัณฑ์ (Cai and Cork,

2000) ผลผลิตภัณฑ์ที่มีค่า a_w ในช่วง 0.2-0.3 ทำให้ปฏิกิริยาออกซิเดชันเกิดขึ้นได้น้อยมาก และเป็นช่วงที่จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญได้ จึงสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้เป็นระยะเวลาที่ยาวนานขึ้นได้ (Fellows, 2000)

จากการวัดค่าสีของผลิตภัณฑ์ พบว่าการเพิ่มปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินทำให้มีค่าความสว่าง (L) เพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลกับค่าสีแดง (a^*) และน้ำเงิน (b^*) โดยการใช้มอลโตเดกซ์ตรินในปริมาณที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความสว่างเพิ่มได้ เพราะว่ามีมอลโตเดกซ์ตรินมีลักษณะเป็นผงสีขาว (กล้าณรงค์และเกื้อกูล, 2546) แต่หากละลายในน้ำจะไม่มีสี ผลที่ได้สอดคล้องกับการทดลองของ ภัทธราและคณะ (2546) ที่พบว่าการใช้มอลโตเดกซ์ตรินในระดับที่สูงขึ้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์น้ำมะนาวผงมีค่าความสว่างเพิ่มขึ้น

ความสามารถในการละลายของผงหม่อนวิเคราะห์โดยการวัดระยะเวลาที่ผงละลายทั้งหมดที่อุณหภูมิ 85 °C. อยู่ในช่วง 1.18-1.33 นาที ซึ่งพบว่าระดับของมอลโตเดกซ์ตรินไม่มีผลต่อความสามารถในการละลาย ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Grabowski *et al.* (2006) ที่ผลิตผงข้าวโพดหวาน โดยพบว่าการเพิ่มปริมาณของมอลโตเดกซ์ตรินไม่มีผลต่อความสามารถในการละลาย Phoungchandang and Sertwasana (2010) ศึกษาการผลิตขิงผง พบว่าการเพิ่มระดับของมอลโตเดกซ์ตริน ทำให้ร้อยละของการละลายเพิ่มขึ้น และผลิตภัณฑ์จะมีความชื้นต่ำลง

Cano-Chauca *et al.* (2005) พบว่าการใช้มอลโตเดกซ์ตรินในผลิตภัณฑ์ น้ำผลไม้ผง จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความสามารถในการละลายที่สูงมากกว่าร้อยละ 90

ค่าการดูดความชื้น (hygroscopicity) ของตัวอย่างน้ำหม่อนผงอยู่ในช่วง 0.368–0.541 กรัม/กรัม น้ำหนักแห้ง การเพิ่มปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินทำให้ความสามารถในการดูดความชื้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Grabowski *et al.* (2006) ที่พบว่าค่าการดูดความชื้นกลับจะแปรผกผันกับปริมาณความชื้นเริ่มต้น ดังนั้นมอลโตเดกซ์ตรินจึงเป็นที่นิยมใช้ในการทำแห้งแบบพ่นฝอย เพราะว่ามีสมบัติที่ดีด้านการละลายและการกระจายตัวในน้ำได้ดี (Goula *et al.* 2004) ช่วยลดการดูดความชื้นกลับทำให้อาหารผงไม่เกาะติดกัน นอกจากนั้นยังเป็นสารช่วยเพิ่มปริมาณผลผลิตโดยไม่มีผลกระทบต่อรสชาติของผลิตภัณฑ์หลังการคั่วรูป

ดังนั้น จากการศึกษาในขั้นตอนนี้จึงคัดเลือกสัดส่วนของแข็งในน้ำหม่อนผสมน้ำผึ้งต่อปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินที่เหมาะสม คือ 1.0:1.3 เนื่องจากได้ปริมาณผลผลิตสูงที่สุด คือ 24.67 % ตัวอย่างมีปริมาณความชื้นต่ำคือมีค่าเท่ากับ 2.85 % และค่า a_w 0.22 % ซึ่งจะทำให้สามารถเก็บรักษาได้นาน นอกจากนั้นตัวอย่างผงยังมีค่าการกระจายตัวสูง (0.05) มีความสามารถในการละลายและการดูดความชื้นกลับในช่วงที่ยอมรับได้

2. อุณหภูมิที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มพองหมอนผสมน้ำผึ้ง

ผลของการเพิ่มระดับอุณหภูมิอบแห้งขาเข้าในกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอย พบว่าการเพิ่มอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่สูงขึ้นทำให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น และยังทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่า a_w และค่าความชื้นต่ำลงได้ มีผลทำให้ค่าสีด้านความสว่างเพิ่มขึ้น (Table 2) การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิการอบแห้งมีผลกระทบต่อคุณภาพของตัวอย่างพองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนความสามารถในการละลาย และค่าการกระจายตัวไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ การเพิ่มอุณหภูมิลมร้อนขาเข้ามีผลทำให้ปริมาณความชื้นและค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ลดลงเนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้น้ำระเหยออกไปจากผลิตภัณฑ์ได้เร็วขึ้น (Cai and Corke, 2000; Germano et al. 2009) เนื่องจากตัวอย่างพองที่ผลิตได้โดยใช้อุณหภูมิลมร้อนในการอบแห้งที่ 170 °ซ. มีปริมาณผลผลิตที่สูงที่สุด คือ 24.92 % มีปริมาณความชื้น และค่า a_w ต่ำที่สุด 2.85 % 0.22 % ซึ่งคุณภาพทั้งสองอย่างนี้จะสามารถช่วยให้เก็บรักษาได้นาน และมีสมบัติทางการละลายที่ดี ทำให้เหมาะสมในการนำไปละลายน้ำเพื่อคืนรูปได้ดีจึงคัดเลือกให้เป็นสภาวะการอบแห้งที่เหมาะสมสำหรับการผลิตน้ำหมอนผสมน้ำผึ้งโดยวิธีพ่นฝอย

3. คุณภาพของน้ำหมอนผสมน้ำผึ้งคืนรูป

ผลการวิเคราะห์คุณภาพของตัวอย่างน้ำหมอนผสมน้ำผึ้งก่อนการทำแห้ง เปรียบเทียบ

กับตัวอย่างน้ำหมอนผสมน้ำผึ้งพองหลังการคืนรูป Table 3 พบว่า น้ำพองหมอนสกัดผสมน้ำผึ้งมีความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 3.82 ± 0.01 ซึ่งจัดเป็นอาหารที่มีลักษณะเป็นกรด (acid food) โดยมีความคุณภาพทางจุลินทรีย์เป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนสำหรับน้ำลูกหมอน (มพช 851-2548) (สมอ., 2548) ซึ่งมาตรฐานกำหนดให้ผลิตภัณฑ์มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1×10^4 cfu/ml ต้องไม่พบ *Staphylococcus aureus* ในตัวอย่าง 1 มล. ยีสต์และรา ต้องไม่เกิน 100 cfu/ml ตัวอย่างผลิตภัณฑ์มีคุณภาพทางเคมีและกายภาพ ดังนี้ ความสามารถด้านอนุมูลอิสระ 88.07 ± 2.15 % มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด 1.391 ± 0.035 g/l ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ 1.287 ± 0.052 g/l ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด 361.34 ± 6.65 g/ml ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก 544.68 ± 2.33 g/ml ค่าความเป็นกรด 11.20 ± 0.70 % (w/w) ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 26.30 ± 0.06 °Brix และค่าความหนืด 2.58 ± 0.00 cP

จากการนำตัวอย่างน้ำหมอนผสมน้ำผึ้งพองไปทดสอบคุณภาพในการคืนรูปโดย โดยใช้อัตราส่วนน้ำ 10 มล./ตัวอย่างพอง 3.5 ก. และวิเคราะห์คุณภาพ พบว่า ตัวอย่างพองที่คืนรูปแล้วมีคุณภาพด้านจุลินทรีย์ตามมาตรฐาน มพช 851-2548 และมีความคุณภาพทางกายภาพดังนี้ ค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.07 ± 0.05 ความหนืด 2.58 cP มีของแข็งที่ละลายได้ 29.70 °Brix ค่ากรดทั้งหมด 11.57 % ปริมาณแอนโทไซยานิน 356.40 ± 2.83 g/ml ปริมาณสารประกอบฟีนอล 182.59 ± 11.30 µg/ml

Table 1. Quality of mulberry-honey mixed powder with added maltodextrin

Solids in mixed juice: maltodextrin ratio	Yield (%)	a_w	Moisture content (%)			Colour			Hygroscopicity ($\text{g H}_2\text{O/g dry solid}$)	Solubility at 85°C (min)	Dispersibility (OD 690 nm)
			L*	a*	b*	L*	a*	b*			
1.0:1.0	3.07±0.56 ^c	0.239±0.005 ^b	3.46±0.30 ^b	47.94±0.50 ^c	16.50±0.47 ^a	2.48±0.08 ^a	0.368±0.007 ^a	1.33±0.10 ^a	0.045±0.001 ^a		
1.0:1.2	15.88±1.38 ^b	0.235±0.005 ^b	3.34±0.16 ^b	49.14±0.54 ^b	16.78±0.14 ^a	2.37±0.03 ^a	0.484±0.019 ^b	1.18±0.10 ^a	0.047±0.004 ^a		
1.0:1.3	24.67±0.38 ^a	0.224±0.005 ^a	2.85±0.09 ^a	51.41±0.47 ^a	16.29±0.65 ^a	2.36±0.14 ^a	0.541±0.039 ^c	1.18±0.13 ^a	0.050±0.009 ^a		
t-test	**	**	**	**	NS	NS	**	NS	NS		

Mean of 3 replicates ± standard deviation

Means in the same column followed by common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

NS = not statistically significant difference

** = highly significant difference

Table 2. Quality of mulberry-honey mixed powder dried at different inlet air temperature

Inlet air temperature (°C)	Yield (%)	a_w	Moisture content (%)			Colour			Hygroscopicity ($\text{g H}_2\text{O/g dry solid}$)	Solubility at 85°C (min)	Dispersibility (OD 690 nm)
			L*	a*	b*	L*	a*	b*			
150	3.07±0.60 ^c	0.365±0.157 ^b	3.73±0.26 ^c	50.83±0.15 ^a	17.50±0.13 ^a	3.43±0.11 ^a	0.3595±0.060 ^a	1.22±0.20 ^a	0.076±0.009 ^a		
160	7.73±0.53 ^b	0.327±0.110 ^b	3.32±0.14 ^b	50.74±0.28 ^a	16.99±0.57 ^b	2.75±0.12 ^b	0.3619±0.061 ^a	1.21±0.12 ^a	0.072±0.017 ^a		
170	24.92±0.57 ^a	0.220±0.006 ^a	2.85±0.09 ^a	51.21±0.47 ^a	16.63±0.09 ^c	2.40±0.18 ^a	0.3683±0.075 ^a	1.20±0.13 ^a	0.050±0.009 ^a		
t-test	**	**	**	NS	**	**	NS	NS	NS		

Mean of 3 replicates ± standard deviation

Means in the same column followed by common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

NS = not statistically significant difference

** = highly significant difference

Table 3. Quality of reconstituted mulberry-honey mixed juice and fresh mulberry-honey mixed juice

Quality	Result		t-test
	Fresh	Reconstituted	
	Mulberry-honey mixed juice	mulberry-honey mixed juice	
Color L*	17.23 ± 0.27 ^a	15.35 ± 0.15 ^b	**
a*	2.53 ± 0.08 ^a	0.93 ± 0.19 ^b	**
b*	0.52 ± 0.19 ^a	1.72 ± 0.12 ^b	**
pH	3.82 ± 0.01 ^a	4.07 ± 0.05 ^b	**
Viscosity (cP)	2.58 ± 0.00 ^a	2.58 ± 0.00 ^a	NS
Total solid (TSS, °Brix)	26.30 ± 0.06 ^a	29.70 ± 0.09 ^a	NS
Total acid (TA, %w/w)	11.20 ± 0.70 ^a	11.57 ± 0.31 ^b	**
Anthocyanin (g/ml)	361.34 ± 6.65 ^a	356.40 ± 2.83 ^a	NS
Total phenolic compound (µg/ml)	544.68 ± 2.33 ^a	182.59 ± 11.30 ^b	**
Total sugar(g/l)	1.391 ± 0.035 ^a	1.78 ± 0.13 ^b	**
Reducing sugar (g/l)	1.287 ± 0.052 ^a	1.00 ± 0.10 ^b	**
Radical scavenging ability (%)	88.07 ± 2.15 ^a	58.07 ± 2.51 ^b	**
Total plate count (cfu/ml)	<10 ^a	<10 ^a	NS
Yeasts and moulds (cfu/ml)	<10 ^a	<10 ^a	NS
<i>Staphylococcus aureus</i> (MPN)	<3 ^a	<3 ^a	NS
<i>Escherichia coli</i> (MPN)	<3 ^a	<3 ^a	NS

Mean of 3 replicates standard deviation

NS= not statistically significant difference, ** = Highly statistic significant difference

Means in the same row followed by common letter are not significantly different at the 5% level by t-test

มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด 1.78±0.13 g/l น้ำตาลรีดิวซ์ 1.00±0.10 g/l และมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระร้อยละ 58.07±2.51 (Table 3)

เมื่อเทียบกับน้ำหมอนผสมน้ำผึ้งก่อนการทำแห้งพบว่า ตัวอย่างคั้นรูปแล้วมีค่า L* และ a* ลดลง ส่วนค่าสี b* มีค่าสูงขึ้น ลักษณะน้ำ

หมอนคั้นรูปนี้มีความชุ่มกว่าเดิมเล็กน้อย มีสีเข้มขึ้น และมีความเป็นสีม่วงเพิ่มขึ้น ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำหมอนคั้นรูปสูงกว่าของน้ำหมอนผสมสด ทั้งนี้เนื่องจากมีส่วนผสมของมอลโตเดกซ์ตรินเพิ่มเข้ามา จึงทำให้ค่าความเป็นกรดลดลง มีค่าความหนืด และปริมาณกรดทั้งหมดใกล้

Table 4. Sensory scores for fresh and reconstituted mulberry-honey mixed juice samples

Quality	Fresh	Reconstituted	t-test
	mulberry-honey mixed juice	mulberry-honey mixed juice	
Color	7.16 ± 1.19 ^a	7.09 ± 0.98 ^a	NS
Mulberry odor	6.65 ± 1.39 ^a	6.51 ± 1.29 ^a	NS
Taste	7.14 ± 1.45 ^a	6.78 ± 0.99 ^a	NS
Overall	7.12 ± 1.45 ^a	6.91 ± 0.88 ^a	NS

Mean of scores from 100 panelists ± standard deviation

NS= not statistically significant difference

Means in the same row followed by common letter are not significantly different at the 5% level by t-test

เคียงกัน แต่น้ำหอมผสมคินรูปนั้นมีปริมาณแอนโทไซยานินสารประกอบฟีนอล ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระลดลง เมื่อเทียบกับตัวอย่างน้ำหอมผสมน้ำผึ้งที่ไม่ผ่านการอบแห้ง สาเหตุเนื่องมาจากการถูกทำลายด้วยความร้อนในระหว่างการทำแห้งแบบพ่นฝอย

ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของน้ำหอมผสมน้ำผึ้งคินรูปแสดงใน Table 4 คะแนนการยอมรับโดยรวม และคะแนนการยอมรับด้านสี กลิ่น และรสชาติ ของน้ำหอมผสมคินรูปนั้นมีค่าต่ำกว่าตัวอย่างที่ผสมสดเพียงเล็กน้อย แต่คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสทุกด้านนั้นไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างตัวอย่างที่ผ่านการคินรูปและตัวอย่างที่ผสมสด โดยคะแนนความชอบอยู่ในระดับ 6.51-7.16 หมายถึงผู้ทดสอบชิมมีความชอบต่อตัวอย่างในระดับ “ชอบ” ถึง “ชอบปานกลาง”

ดังนั้น ผลิตภัณฑ์น้ำหอมผสมน้ำผึ้งชนิดผงจึงเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มที่ได้รับการยอมรับของผู้ทดสอบชิมใกล้เคียงกับน้ำหอมผสมน้ำผึ้งแบบผสมสด

4. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษา

จากการวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพของตัวอย่างผงในระหว่างการเก็บรักษา 12 สัปดาห์ที่ อุณหภูมิ 4±3 °ซ. พบว่า ตัวอย่างผงมีค่า a_w อยู่ระหว่าง 0.201–0.254 ซึ่งมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเก็บไว้นานขึ้น มีค่าความชื้นระหว่าง 2.15-3.16 % การดูดความชื้นที่ 0.2764–0.3708 กรัม/น้ำต่อกรัม/น้ำหนักแห้ง และความสามารถในการละลายอยู่ระหว่าง 1.10–2.0 นาที ส่วนตัวอย่างที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28±3 °ซ.) พบว่า มีค่า a_w อยู่ระหว่าง 0.208-0.283 ความชื้น 2.48-2.94 %

Table 5. Quality of mulberry-honey mixed powder during storage

Temperature	Week	a_w	%MC	Colour			Hygroscopicity (g H ₂ O/g _{dry solid})	Solubility (85±5 °C) (min)	
				L*	a*	b*			
4±3 °C	0	0.215±0.001	2.74±0.09	53.69±0.19	16.23±0.08	2.50±0.03	0.3424±0.018	1.30±0.10	
	2	0.215±0.001	2.15±0.13	54.50±0.25	19.23±0.05	3.50±0.08	0.2424±0.060	2.00±0.13	
	4	0.216±0.001	2.56±0.25	59.78±0.20	19.45±0.06	2.18±0.06	0.3632±0.080	1.45±0.13	
	6	0.217±0.000	2.42±0.19	53.65±0.19	19.89±0.08	3.18±0.10	0.2764±0.077	1.35±0.15	
	8	0.201±0.001	2.20±0.06	54.40±0.23	19.27±0.03	3.30±0.08	0.3708±0.060	1.15±0.16	
	10	0.269±0.001	3.16±0.15	56.75±0.15	19.14±0.05	2.63±0.07	0.2971±0.092	1.15±0.13	
	12	0.254±0.000	2.48±0.18	57.77±0.22	19.02±0.28	2.98±0.12	0.3264±0.064	1.10±0.20	
	28±3 °C	0	0.215±0.001	2.74±0.11	53.69±0.19	16.23±0.09	2.50±0.08	0.3424±0.050	1.30±0.16
		2	0.208±0.001	2.57±0.15	56.03±0.24	18.37±0.14	2.70±0.06	0.4302±0.068	1.20±0.10
		4	0.225±0.000	2.60±0.09	55.46±0.25	18.85±0.08	2.30±0.07	0.4290±0.066	1.15±0.18
		6	0.234±0.001	2.94±0.18	54.60±0.20	19.42±0.16	2.69±0.15	0.3424±0.046	1.30±0.13
		8	0.239±0.001	2.74±0.15	54.37±0.19	19.40±0.09	3.23±0.16	0.3108±0.060	1.30±0.15
10		0.248±0.000	2.83±0.19	56.76±0.27	18.25±0.07	3.25±0.06	0.2736±0.040	1.10±0.12	
12		0.283±0.000	2.30±0.30	56.89±0.19	19.20±0.11	3.30±0.23	0.2200±0.065	1.15±0.25	

Mean of 3 samples ± standard deviation

* = Colour value L* = lightness (100 = light, 0 = dark)

a* = + red, - green

b* = + yellow, - blue

Table 6. Microbiological quality of mulberry-honey mixed powder during storage (week)

Temperature (°C)	Week	Total plate count* (cfu/g)	Yeasts and moulds* (cfu/g)
4±3°C	0	<10	<10
	2	<10	<10
	4	<10	<10
	6	<10	<10
	8	<10	<10
	10	<10	<10
	12	<10	<10
28±3°C	0	<10	<10
	2	100	<10
	4	160	<10
	6	190	<10
	8	130	<10
	10	130	<10
	12	90	<10

*Thai Community Product Standard (TCPS 706-2547)

Total plate count < 1000 cfu/g yeast and moulds <10 cfu/g

ความสามารถในการดูดความชื้น 0.2200-0.4302 กรัม/น้ำต่อกรัม/น้ำหนักแห้ง และความสามารถในการละลายอยู่ระหว่าง 1.10-1.30 นาที ตัวอย่างผงที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และที่ 4 °ซ. เป็นเวลา 12 สัปดาห์ มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีและกายภาพเพียงเล็กน้อย (Table 5)

จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และจำนวนยีสต์และราของตัวอย่างผงในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์ ที่ 2 สภาวะการเก็บรักษาอยู่ในเกณฑ์กำหนดของมาตรฐาน (Table 6) โดยเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

ของขามะนาวผงสำเร็จรูป (มพข. 706-2547) ซึ่งกำหนดให้มีจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1,000 cfu/g และจำนวนยีสต์ และราต้องน้อยกว่า 10 cfu/g ทั้งนี้เนื่องจากผลิตภัณฑ์น้ำพลห่มอนผสมน้ำผึ้ง มีค่า a_w ต่ำกว่า 0.6 จึงสามารถยับยั้งหรือชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ในระหว่างการเก็บรักษาทั้งที่อุณหภูมิห้อง และที่อุณหภูมิห้องได้ ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับผลการวิจัยของประศาสตร์และคณะ (2546) ที่ศึกษาการผลิตมะนาวผง และเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 เดือน พบว่า คุณภาพของผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์เริ่มต้นการเก็บรักษา

สรุปผลการทดลอง

1. การใช้ปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินเป็นสารลดความเหนียวในอัตราส่วน ของแข็งในน้ำหม่อนผสมน้ำผึ้ง:มอลโตเดกซ์ตริน เท่ากับ 1.0:1.3 ทำให้ได้ปริมาณผลผลิตสูงที่สุดคือ ร้อยละ 24.67 ± 0.38 การเพิ่มปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินทำให้ได้ปริมาณผลผลิตที่สูงขึ้น และผลผลิตที่ได้จะมีแนวโน้มของค่าความชื้น และมีค่า a_w ที่ต่ำ แต่ทำให้ค่าการดูดความชื้นของผลิตภัณฑ์สูงขึ้นได้

2. การให้อุณหภูมิอบแห้งเข้าที่ระดับ 170°C ทำให้ได้ปริมาณผลผลิตสูงที่สุด คือร้อยละ 24.9 ± 20.57 ผลผลิตที่ได้มีแนวโน้มของค่าความชื้น และมีค่า a_w ที่ต่ำลง การเพิ่มอุณหภูมิมีผลต่อความสามารถการดูดความชื้น ความสามารถในการละลาย และการกระจายตัวของผลิตภัณฑ์

3. ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับน้ำหม่อนผสมน้ำผึ้งผงคั้นรูปที่ระดับ “ชอบถึงชอบปานกลาง” ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณแอนโทไซยานิน และสารประกอบฟีนอลลดลง แต่ไม่แตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างน้ำหม่อนผสมน้ำผึ้งสด

4. ผลิตภัณฑ์ผงในบรรจุภัณฑ์สุญญากาศเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์คุณภาพของตัวอย่างเกิดการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $4 \pm 3^{\circ}\text{C}$ ปริมาณจุลินทรีย์ < 10 (cfu/g) การเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ถึงแม้จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นแต่ยังมีค่าอยู่ในเกณฑ์ของมาตรฐาน มพช 706-2547

เอกสารอ้างอิง

- กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ. 2546. *เทคโนโลยีแปง*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 115 หน้า.
- ธนกิจ ถามี่ และ พิไลรัก อินธิปัญญา. 2555. การพัฒนาสูตรเครื่องดื่มน้ำหม่อนสกัดผสมน้ำผึ้ง. *ว. วิชาการเกษตร*. 30: 274-289.
- สมอ. 2547. *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนมมะนาวผงสำเร็จรูป มพช.706-2547*. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ. 5 หน้า.
- สมอ. 2548. *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำหม่อน มพช.851-2548*. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ. 5 หน้า.
- ประศาสตร์ พุตระกูล วรณี มาวิมล และ วิลาวลัย บุญย์ศุภา. 2546. การพัฒนากรรมวิธีการผลิตมะนาวผงและการทดสอบคุณภาพระหว่างการเก็บรักษา หน้า 218-229. ใน : *งานประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 3-7 กุมภาพันธ์ 2546. กรุงเทพฯ.
- ไพโรจน์ วิริยจारी. 2545. *การประเมินทางประสาทสัมผัส (Sensory Evaluation)*. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่. 412 หน้า.
- วสันต์ นุ้ยภิรมย์. 2546. *หม่อนรับประทานผลและการแปรรูป*. สถาบันวิจัยหม่อนไหม

- กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 78 หน้า.
- สุนทรีย์ วราอุบล. 2546. ผลของมอลโตเดกซ์ทรินและอนุกรมอากาศร้อนเข้าต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์น้ำใบเตยที่ทำแห้งแบบพ่นกระจาย. *ว. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*. 11: 32-41.
- ภัทวรา ปฐมรังษิยังกุล, อิศรพงษ์ พงษ์ศิริกุล และสุรินทร์พร ศรีไพโรสนธ์. 2546. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ เรื่อง การศึกษาความเป็นไปได้ของการทำมะนาวผงโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่. 46 หน้า.
- อำนาจ คำตื้อ และ วิโรจน์ แก้วเรือง. 2548. ผลหม่อนจากบ้านนาสู่สากล. *กสิกร*. กรมวิชาการเกษตร. 78 : 44-50.
- Al-Kahtani, H.A. and B.H., Hassan, 1990. Spray drying of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) extract. *J. Food Science*. 55 : 1073–1076.
- AOAC. 2005. *Official Methods of the Associated of Official Analytical Chemists*. 18th eD., Washington D.C. The Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1074 p.
- Cai, Y.Z. and H., Cork. 2000. Production and properties of spray dried *Amaranthus* betacyanin pigments. *J Food Sci*. 65 : 1248-1252.
- Cano-Chauca, M., P.C., Stringheta and J. Cal-Vidal. 2005. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. *J. Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 6 : 420-428.
- Duthie, G.G., Duthie, S.J. and Kyle, J. 2000. Plant polyphenols in cancer and heart disease: implications as nutritional antioxidants. *J Nutritio*. 13 : 79-106.
- Fellows, P.J. 2000. *Food Processing Technology*. Cambridge, England: Woodhead. 650 page.
- Grabowski, J.A., V.D., Truong, and C.R., Daubert. 2006. Spray-drying of amylase hydrolyzed sweet potato puree and physicochemical properties of powder. *J. Food Sci*. 71 : 209-217.
- Goula, A.M, K.G., Adamopoulos, and N.A. Kazakis. 2004. Influence of spray drying condition on tomato Powder properties. *J. Drying Technology: An International*. 22 : 1129-1151.
- Germano, E.G.M., G.M.C., Mayra, C.R.S., Arthur Edy, S.B., Maria, and M.C.A., Henriette. 2009. Physical properties

- of spray dried acerolapomace extract as affected by temperature and drying aids. *J. Food Sci and Tech.* 42 : 641-645.
- Landrock A. and B., Proctor. 1951. Measuring humidity equilibriums. *J. Modern Packaging.* 25: 123-186.
- Lazee, M.C., M., Savio, R., Pizzala, O., Cazzalini, P., Perucca, A.I., Scovassi, L.A., Stivala, and L. Bianchi, 2004. Anthocyanins induce cell cycle perturbations and apoptosis in different human cell lines. *J. Carcinogenesis.* 25 : 1427-1433.
- Manach, C., A., Mazur, and A. Scalbert, 2005. Polyphenols and prevention of cardiovascular disease. *J. Current Opinion in Lipido* 16 : 77-84.
- Phoungchandang, S. and A. Sertwasana. 2010. Spray drying of ginger juice and physicochemical properties of ginger powders. *J. Science Asia.* 36 : 40-45.
- Rahman, S. 1995. *Food Properties Handbook.* CRC Press, Inc. New York, USA. 862 p.
- Sarochwikasit, S. and C., Tangduangdee, 2011. Effect of drying temperature and drying aids on qualities of spray dried pineapple juice, *J. KMUTT Research and Development.* 34 : 203-215.
- Water, P. G. and S., Mole, 1994. *Analysis of phenolic plant metabolites (Ecological Methods and Concepts).* Blackwell Scientific Publications, Oxford, Great Britain. 238 p.