

กระบวนการแปรรูปด้วยเอนไซม์และการทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้ง
แบบพ่นฝอยของไซรัปขนุนชนิดผง

Enzymatic Processing and Spray Drying of Jackfruit

(*Artocarpus heterophyllus* Lamk.) Syrup Powder

สมฤดี ไทพานิชย์*

Somruedee Thaiphanit*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้เอนไซม์เพกตินเนสในกระบวนการผลิตไซรัปขนุน และผลของการทำแห้งแบบพ่นฝอยของไซรัปขนุนชนิดผงจากเนื้อขนุนสุกพันธุ์ทองประเสริฐ (*Artocarpus heterophyllus* Lamk.) ตัวแปรในการศึกษา คือ ปริมาณเอนไซม์เพกตินเนส (Pectinex® Ultra SP-L) ร้อยละ 0.06, 0.08 และ 0.1 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก ระยะเวลาในการบ่ม 0, 10, 20, 30, 60, 90, 120, 150 และ 180 นาที อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 130, 140 และ 150 องศาเซลเซียส และความเข้มข้นของมอลโตเดกซ์ตริน (DE10) ร้อยละ 34, 36 และ 38 ผลการวิจัยพบว่าภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตไซรัปขนุนชนิดผง ณ ภาวะที่ศึกษา คือ การใช้เอนไซม์เพกตินเนสความเข้มข้นร้อยละ 0.06 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก บ่มนาน 30 นาที ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส โดยมีการกวนผสมด้วยความเร็ว 100 รอบต่อนาที และนำไซรัปขนุนที่ได้ไปทำแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 150 องศาเซลเซียส โดยใช้ความเข้มข้นของมอลโตเดกซ์ตริน (DE10) ร้อยละ 38 ผลผลิตกัณฑ์ไซรัปขนุนผงที่ได้มีสมบัติในการละลายดี การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสหลังจากละลายไซรัปขนุนผงโดยใช้อัตราส่วนน้ำต่อไซรัปขนุนผงเท่ากับ 1 : 0.65 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก พบว่ามีคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง มีสีเหลืองแบบสีของน้ำขนุน และมีกลิ่นของน้ำตาลไหม้เล็กน้อย

คำสำคัญ: เอนไซม์; เพกตินเนส; การทำแห้ง; เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย; ไซรัป; ขนุน

ABSTRACT

The objectives of the present research were to study the effects of pectinase enzyme and spray-dried method on production of Jackfruit syrup powder. The jackfruit syrup was obtained from jackfruit flesh; varieties "Thongprasert" (*Artocarpus heterophyllus* Lamk.). The variables in this study were the pectinase enzyme (Pectinex® Ultra SP-L) concentrations; 0.06, 0.08 and 0.1% (v/w), incubation period; 0, 10, 20, 30, 60, 90, 120, 150 and 180 minutes, hot air inlet temperature; 130, 140 and 150°C and concentration of maltodextrin (DE10); 34, 36 and 38% (v/w). The results showed that the recommended conditions for production of jackfruit syrup were 0.06% (v/w) pectinase enzyme, incubation period 30 minutes at 40°C with mixing at 100 rpm. The jackfruit syrup that consisted of 38% (v/w) maltodextrin (DE10) was spray dried using an inlet temperature at 150°C resulting good solubility of the powder. Sensory evaluation of the powder after reconstituted by adding water in the ratio of water : power as 1 : 0.65 v/w, gave moderate rating in overall acceptability, yellowish jackfruit syrup with slightly caramel flavor.

Keywords: Enzymes; Pectinases; Drying; Spray-dryer; Jackfruit; Syrup

Thaiphanit@gmail.com

*อาจารย์ประจำ, ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

*Lecturer, Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University

บทนำ

ขนุนเป็นไม้ผลยืนต้นขนาดใหญ่ มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Artocarpus heterophyllus* Lamk. อยู่ในวงศ์ Moraceae เป็นผลไม้พื้นเมืองของประเทศอินเดีย และประเทศในเขตร้อน [1] สามารถเจริญเติบโตได้ในทุกสภาพพื้นที่ของประเทศไทย มีความทนแล้งได้ดี [2] เนื้อขนุนมีรสหวานเป็นที่นิยมกันทั่วไป พันธุ์ขนุนที่นิยมปลูก คือ พันธุ์ทองสุกใจ จำปากรอบ พันธุ์ทองประเสริฐ เจริญทอง และพันธุ์เหลืองพิชัย เป็นต้น ผลขนุนที่แก่ขนาดเก็บได้ สังเกตได้จากตาหนามที่เจริญขยายห่าง และผิวของผลเป็นสีเหลืองมากขึ้น หรืออาจใช้มีดกรีดที่ขั้วผล ถ้าผลแก่จะมียางไหลออกมาน้อยและมีลักษณะขุ่นเหนียว หรือใช้การนับอายุของผล ตั้งแต่ดอกเริ่มผสมติดจนผลแก่ประมาณ 120-160 วัน

ไซรัปขนุน เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำน้ำขนุน มาทำให้เข้มข้น มีลักษณะเป็นน้ำตาลเหลว มีกลิ่นรสของขนุน สามารถเก็บรักษาไว้ได้นานเนื่องจากมีความเข้มข้นของน้ำตาลสูง โดยในขั้นตอนของการสกัดเอาน้ำออกจากเนื้อขนุนซึ่งในเนื้อขนุนจะมีเพกตินที่เชื่อมยึดเซลล์ต่างๆของเนื้อเยื่อไว้ จึงทำให้เนื้อขนุนมีเนื้อสัมผัสที่แน่น ดังนั้นการใช้เอนไซม์เพกตินเนส ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงสารประกอบเพกตินที่ผนังเซลล์พืช มีผลทำให้สารประกอบเพกตินมีขนาดโมเลกุลสั้นลง ส่งผลให้เนื้อสัมผัสที่แน่นมีความอ่อนตัว ช่วยเพิ่มปริมาณน้ำผลไม้ที่สกัดได้ และยังช่วยให้ผลไม้ หรือน้ำผลไม้ที่ได้มีสีของเนื้อผลไม้ชนิดนั้นๆ เข้มมากขึ้น [3,4] เกิดการปล่อยสารต่างๆ เช่น รงควัตถุ และสารให้กลิ่นรสภายในเนื้อเยื่อพืชออกมาได้มากกว่าการใช้วิธีบีบอัดทางกายภาพ [5,6] ปัจจุบันได้มีการนำไซรัปขนุนไปใช้เป็นสารให้ความหวาน สารให้กลิ่น รส หรือใช้ตกแต่งหน้าผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น ขนมหวาน ไอศกรีม ผลิตภัณฑ์ขนมอบ และผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม เป็นต้น การผลิตไซรัปขนุนให้เป็นผลิตภัณฑ์ผง จะช่วยให้สามารถขนส่งผลิตภัณฑ์ได้สะดวก และเก็บได้นานขึ้น ซึ่งวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอยเป็นวิธีหนึ่งที่ยอมรับใน

Thaiphanit@gmail.com

*อาจารย์ประจำ, ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

*Lecturer, Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University

การผลิตอาหารแห้งผง เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการทำแห้งสูง อัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนดี การปนเปื้อนน้อยเนื่องจากเป็นระบบปิด และระยะเวลาในการทำแห้งสั้นมาก ก่อให้เกิดการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ และสารให้กลิ่นรสต่ำ รวมทั้งยังสามารถผลิตในระบบต่อเนื่องได้ดีด้วย ในกระบวนการผลิตจะใช้สารมอลโตเด็คซ์ตริน ที่มีคุณสมบัติเป็น drying aid ชนิดหนึ่ง นิยมใช้กันมาก เนื่องจากมีราคาไม่แพง มีความสามารถในการละลายสูง มีคุณสมบัติในการเพิ่มปริมาณของแข็งเริ่มต้นในตัวอย่างอาหาร ซึ่งช่วยให้การทำแห้งเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว และสมบูรณ์ [7,8] ช่วยป้องกัน หรือช่วยลดการสูญเสียของสารให้กลิ่นรสต่างๆ ของอาหารในระหว่างกระบวนการทำแห้ง และช่วยป้องกันผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งมีสาเหตุมาจากความร้อน แสง และความชื้น [9] รวมถึง สี ปริมาณแคโรทีนอยด์ และฤทธิ์การต้านออกซิเดชัน [10,11]

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. วัตถุดิบ

ขนุนสุกพันธุ์ทองประเสริฐ อายุของผลตั้งแต่ดอกเริ่มผสมติดจนผลแก่ประมาณ 120-160 วัน จากร้านทรัพย์สมบูรณ์ ตลาดมหานาค กรุงเทพมหานคร ปมที่อุณหภูมิ $32 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ความชื้น ร้อยละ 70-75 เป็นเวลา 1-2 วัน เพื่อให้ได้ผลขนุนที่มีความสุกถึงระดับที่ต้องการ คือ เนื้อขนุนที่มีของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง $20-23^{\circ}\text{Brix}$

2. วิเคราะห์ลักษณะทางเคมีกายภาพของเนื้อขนุนสุก

วิเคราะห์ลักษณะทางเคมีกายภาพของเนื้อขนุนสุก ดังนี้ สี ใช้การวัดในระบบ $L^* a^* b^*$ ด้วยเครื่องวัดสี (Hunter lab รุ่น Color Flex, U.S.A.) โดยใช้แหล่งกำเนิดแสง D_{65} ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (total soluble solid) ด้วยเครื่อง Hand Refractometer (Atago รุ่น M range 0-33%, Japan) ในหน่วย $^{\circ}\text{Brix}$ ค่า pH

โดยเครื่อง pH meter (Eutech รุ่น CyberScan pH510) แครโททีนอยด์ทั้งหมดด้วยวิธี spectrophotometry ตามวิธีของ Gross (1991); Talcott และ Howard (1999) [12,13] กรดทั้งหมดตามวิธีของ AOAC. (2000) [14] วิเคราะห์คุณค่าทางอาหารโดยประมาณ (proximate analysis) ของความชื้น โปรตีน ไขมัน เส้นใย เถ้า และคาร์โบไฮเดรต ตามวิธีของ AOAC. (2000) [14]

3. ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการแปรรูปไซรัปขนุน โดยเอนไซม์เพคตินเอสทางการค้า (Pectinex® Ultra SP-L)

3.1 สัตส่วนเอนไซม์เพคตินเอส ต่อเนื้อขนุนตีปั่น ที่เลือกใช้ในการทำปฏิกิริยา โดยแปรสัดส่วนเอนไซม์ต่อเนื้อขนุนตีปั่นเป็น 3 ระดับ คือ ร้อยละ 0.06, 0.08 และ 0.10 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก บ่มที่อุณหภูมิ 40°C

3.2 ศึกษาเวลาที่สั้นที่สุดในการทำปฏิกิริยาของเอนไซม์เพคตินเอส ที่เกิดการย่อยสลายสูงที่สุด โดยแปรระยะเวลาในการบ่มเป็น 9 ระดับ คือ 0, 10, 20, 30, 60, 90, 120, 150 และ 180 นาที

3.3 การผลิตไซรัปขนุน

1) นำเนื้อขนุนมาให้ความร้อนเพื่อยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลด้วยไอน้ำเดือด ที่ความดันบรรยากาศ นาน 10 นาที ทำให้เย็นอย่างรวดเร็ว บดลดขนาดชิ้นเนื้อขนุน โดยเครื่องปั่นผสม

2) แปรรูปด้วยเอนไซม์เพคตินเอส แบบกะ (batch) ควบคุมอุณหภูมิ $40 \pm 2^{\circ}\text{C}$ และมีการกวนผสมด้วยความเร็ว 100 รอบต่อนาที โดยแปรความเข้มข้นของเอนไซม์ และเวลาในการบ่ม นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 8,000 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 4°C นาน 10 นาที กรองของเหลวผ่านกระดาษกรองเบอร์ 4

3) ติดตามการทำงานของเอนไซม์ เพื่อหาภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตไซรัปขนุน โดยประเมินจากปริมาตรไซรัปขนุนที่ได้

4) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD)

Thaiphanit@gmail.com

*อาจารย์ประจำ, ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

*Lecturer, Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University

4. ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบพ่นฝอยของไซรัปขนุนผง

4.1 การหาอัตราส่วนของไซรัปขนุนต่อมอลโตเด็กซ์ตริน (DE10) และอุณหภูมิลมร้อน โดยแปรสัดส่วนของไซรัปขนุนต่อมอลโตเด็กซ์ตริน เป็น 3 ระดับ คือ ร้อยละ 66:34, 64:36 และ 62:38 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก อุณหภูมิของอากาศขาเข้า 3 ระดับ คือ 130, 140 และ 150°C

4.2 การทำแห้งแบบพ่นฝอยของไซรัปขนุนผง

1) นำไซรัปขนุนมากรองผ่านกระดาษกรองผสมอัตราส่วนของไซรัปขนุนต่อมอลโตเด็กซ์ตรินเป็น 3 ระดับ และกำหนดอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าเป็น 3 ระดับ ที่อัตราการป้อน 7 บาร์ อัตราลม 2 บาร์

2) ติดตามผลจากการทำแห้งแบบพ่นฝอยของไซรัปขนุน เพื่อหาภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบพ่นฝอยของไซรัปขนุน โดยประเมินจากความสามารถในการละลายน้ำที่อุณหภูมิ 4, 30 และ 70°C (โดยใช้อัตราส่วนน้ำต่อไซรัปขนุนผงเท่ากับ 1 : 0.65 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก ตามวิธีของ ฐนิตา (2550) [15] และปริมาณความชื้น ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD)

3) ประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสของไซรัปขนุนที่อุณหภูมิ 4°C (โดยใช้อัตราส่วนน้ำต่อไซรัปขนุนผงเท่ากับ 1 : 0.65 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก) โดยวิธี 9-point Hedonic Scale (คะแนนเท่ากับ 9 หมายถึงความชอบมากที่สุด และคะแนนเท่ากับ 1 หมายถึงความไม่ชอบมากที่สุด) ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ทดลอง 2 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD)

5. วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูล เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range test ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95


ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ลักษณะทางเคมีกายภาพของเนื้อขนุนสุก

ลักษณะทางเคมีกายภาพของเนื้อขนุนพันธุ์ทองประเสริฐที่ใช้ในการแปรรูปไซรัปขนุน แสดงโดย Table 1 และ 2 ผลที่ได้พบว่า เนื้อขนุนมีความชื้นร้อยละ 72.49 คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 22.80 ส่วนองค์ประกอบอื่นๆ

(โปรตีน ไขมัน เส้นใย และเถ้า) มีปริมาณเล็กน้อย มีปริมาณกรดทั้งหมด ร้อยละ 0.31 และ pH 5.77 ทั้งนี้ ปริมาณกรดทั้งหมดของเนื้อขนุน คำนวณในรูปของกรดซิตริก เนื่องจากกรดซิตริกเป็นกรดอินทรีย์ที่ไม่ระเหยหลักในเนื้อขนุนสุก [16]

Table 1 The color of jackfruit flesh

Jackfruit flesh	Color value		
	L*	a*	b*
	35.73 ± 0.69	2.66 ± 0.55	25.24 ± 0.33

Remark: Data are expressed as means ± SD (n = 3).

Table 2 Physicochemical properties of jackfruit flesh

Physicochemical properties	Values
Moisture (%)	72.49 ± 0.26
Protein (%)	2.71 ± 0.01
Lipid (%)	1.92 ± 0.90
Ash (%)	0.03 ± 0.00
Crude fiber (%)	0.05 ± 0.02
Carbohydrate (%)	22.80 ± 0.29
Total soluble solid (°Brix)	21 ± 1
Total carotenoid content (µg carotenoid/g)	20.32 ± 0.55
Total acid (%)	0.31 ± 0.01
pH	5.77 ± 0.02

Remark: Data are expressed as means ± SD (n = 3).

2. ภาวะที่เหมาะสมในการแปรรูปไซรัปขนุนโดย เอนไซม์เพกตินเนส (Pectinex Ultra SP-L®)

Pectinex Ultra SP-L® เป็นเอนไซม์ทางการค้าที่ใช้ในงานวิจัยนี้ เติร์มจาก *Aspergillus aculeatus* ซึ่งประกอบด้วยเอนไซม์พอลิกลาแลกทูโรเนส เพกทินไลเอส เพกทินเอสเทอเรส เป็นหลัก และมีเฮมิเซลลูเลส เซลลูเลส โปรติเอส และแอมิเลส ปริมาณเล็กน้อย เพื่อ

Thaiphanit@gmail.com

*อาจารย์ประจำ, ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

*Lecturer, Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University

ช่วยเสริมการย่อยสลายโมเลกุลต่างๆที่บริเวณผนังเซลล์ของเนื้อเยื่อผลไม้ มีลักษณะเป็นของเหลวสีน้ำตาลเข้ม และมีกลิ่นหมักเล็กน้อย มี pH ประมาณ 4.5 สามารถละลายน้ำได้ดี มีแอกติวิตี 10,500 PGU/ml

2.1 สัดส่วนปริมาณเอนไซม์เพกตินเอสต่อเนื้อ ขนุนตีป่นที่เลือกใช้ในการทำปฏิกิริยา

จากการทดลองแปรสัดส่วนปริมาณเอนไซม์ต่อเนื้อขนุนตีป่น เพื่อหาสัดส่วนปริมาณเอนไซม์ต่อเนื้อขนุนตีป่นที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาจากปริมาณร้อยละไซรัปขนุนที่สกัดได้ ผลที่ได้แสดงดัง Table 3

Table 3 Effect of pectinase treatment on the juice yield from Jackfruit mash

Pectinases concentration % (v/w)	Jackfruit juice yield (%)
0.00	8.12 ± 1.02 ^b
0.06	51.36 ± 3.59 ^a
0.08	52.42 ± 4.26 ^a
0.10	53.50 ± 4.27 ^a

Remark: Data are expressed as means ± SD (n = 3).

Means followed by the same letter are not significantly different according to Duncan's test (P > 0.05).

ผลการทดลองพบว่าการใช้เอนไซม์เพกตินเอสในกระบวนการผลิตไซรัปขนุน เมื่อเพิ่มสัดส่วนของเอนไซม์เพกตินเอสต่อเนื้อขนุนตีป่นสูงขึ้น ทำให้ได้ไซรัปขนุนปริมาณมากขึ้น แต่เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่าเมื่อเพิ่มสัดส่วนของเอนไซม์เพกตินเอสต่อเนื้อขนุนตีป่นมากกว่าร้อยละ 0.06 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก ปริมาตรไซรัปขนุนที่ได้มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) ดังนั้นจึงเลือกใช้เอนไซม์เพกตินเอสความเข้มข้นร้อยละ 0.06 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก ในการศึกษาขั้นต่อไป

2.2 ระยะเวลาสั้นที่สุดในการทำปฏิกิริยาของ เอนไซม์ที่ทำให้เกิดการย่อยสลายสูงสุด

จากการทดลองแปรระยะเวลาในการย่อยสลายเพื่อหาระยะเวลาที่สั้นที่สุดในการทำปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่ทำให้เกิดการย่อยสลายสูงสุด โดยติดตามปริมาณไซรัปขนุนที่สกัดได้ เมื่อกำหนดสัดส่วนเอนไซม์

เพกตินเอสต่อเนื้อขนุนตีป่นร้อยละ 0.06 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก ผลที่ได้แสดงดัง Table 4

Table 4 Effect of incubation time on the juice yield from Jackfruit mash

incubation time (min)	Jackfruit juice yield (%)
0	8.20 ± 0.43 ^d
10	23.58 ± 0.62 ^c
20	32.43 ± 0.12 ^b
30	43.29 ± 3.61 ^a
60	45.53 ± 4.83 ^a
90	47.27 ± 5.00 ^a
120	48.17 ± 5.39 ^a
150	48.43 ± 5.87 ^a
180	49.20 ± 4.84 ^a

Remark: Data are expressed as means ± SD (n = 3).

Means followed by the same letter are not significantly different according to Duncan's test (P > 0.05).

จาก Table 4 พบว่าปริมาตรของไซรัปขนุนที่สกัดได้เพิ่มมากขึ้น เมื่อระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น และเมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่าระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาของเอนไซม์นานกว่า 30 นาที ทำให้ร้อยละของไซรัปขนุนที่สกัดได้เพิ่มขึ้นในปริมาตรที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p>0.05)

ผลที่ได้จากการแปรรูปไซรัปขนุนโดยเอนไซม์เพกตินเอส เกี่ยวข้องกับการเร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงสารประกอบเพกตินที่ผนังเซลล์พืช โดยเอนไซม์ที่ใช้มีผลทำให้สารประกอบเพกตินมีขนาดโมเลกุลสั้นลง เนื้อสัมผัสที่แน่นมีความอ่อนตัว จึงช่วยเพิ่มปริมาณน้ำผลไม้ที่สกัดได้ [4,5]

3. ภาวะที่เลือกใช้ในการทำแห้งแบบพ่นฝอยของ ไซรัปขนุนผง

จากการแปรสัดส่วนของไซรัปขนุนต่อปริมาณมอลโตเด็คซ์ทรีน (DE10) และอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า

เพื่อหาภาวะที่เลือกใช้ในการทำแห้งแบบพ่นฝอยของ และความสามารถในการละลายน้ำ ผลที่ได้แสดงโดย
ไซรัปขนุนผง โดยประเมินจากสมบัติทางเคมีกายภาพ Table 5

Table 5 Moisture content of the spray-dried powders and Solubility of the spray-dried powders in water

Inlet air temperature (°C)	Jackfruit juice:maltodextrin ratio (v/w)	Moisture content (%)	time solubility (sec)		
			Water temperature (°C)		
			4	30	70
130	66 : 34	2.56±0.10 ^a	78.67 ± 1.53 ^a	81.67 ± 1.53 ^a	65.00 ± 1.00 ^a
	64 : 36	2.41±0.14 ^a	73.67 ± 1.53 ^{bc}	73.33 ± 1.53 ^b	52.33 ± 2.08 ^c
	62 : 38	2.27±0.00 ^b	61.33 ± 1.53 ^f	65.67 ± 0.58 ^{cd}	49.67 ± 1.53 ^{de}
140	66 : 34	2.25±0.05 ^b	74.67 ± 0.58 ^b	80.33 ± 1.53 ^a	55.33 ± 0.58 ^{bc}
	64 : 36	2.19±0.08 ^{bc}	66.67 ± 1.53 ^d	67.33 ± 1.15 ^c	50.00 ± 2.00 ^{de}
	62 : 38	2.14±0.10 ^c	60.67 ± 1.15 ^f	62.00 ± 1.73 ^e	48.33 ± 0.58 ^e
150	66 : 34	2.15±0.06 ^c	72.33 ± 0.58 ^c	79.67 ± 1.53 ^a	51.33 ± 1.53 ^{cd}
	64 : 36	2.12±0.05 ^c	64.33 ± 1.15 ^e	64.67 ± 1.53 ^d	45.33 ± 1.15 ^f
	62 : 38	2.06±0.10 ^d	60.33 ± 1.53 ^f	61.33 ± 1.15 ^e	44.33 ± 1.15 ^f

Remark: Data are expressed as means ± SD (n = 3).

Means with same letter in each column are not significantly different according to Duncan's test (P > 0.05).

ผลประเมินความสามารถในการละลายน้ำของ
ไซรัปขนุนผงที่อุณหภูมิ 4, 30 และ 70°C พบว่าเมื่อ
ปริมาณมอลโตเด็คซ์ตริน และอุณหภูมิร้อนชาเข้า
เพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้นของไซรัปขนุนผงลดลง ในขณะที่
ใช้เวลาในการละลายลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
ทางสถิติ (p<0.05) ซึ่งแสดงว่าไซรัปขนุนผงสามารถ
ละลายในน้ำได้ง่ายขึ้น เมื่อทำแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้
ปริมาณมอลโตเด็คซ์ตริน และอุณหภูมิร้อนชาเข้า
เพิ่มขึ้น ณ ภาวะที่ศึกษา ผลที่ได้เกี่ยวข้องกับการเกาะ
ตัวกันของอนุภาค โดยผงของแข็งที่มีความชื้นสูงขึ้น มี
แนวโน้มการเกาะตัวกันของอนุภาคสูงขึ้นด้วย การ
ละลายจึงต้องใช้เวลามากขึ้น [11,17]

ไซรัปขนุนผงที่ได้สามารถละลายได้ดีในน้ำร้อน
(อุณหภูมิ 70°C) และสามารถละลายได้ในน้ำเย็น
(อุณหภูมิ 4°C) และน้ำอุณหภูมิห้อง (อุณหภูมิ 30°C)
ดังนั้นจึงเลือกภาวะที่ใช้ในการทำแห้งแบบพ่นฝอยที่

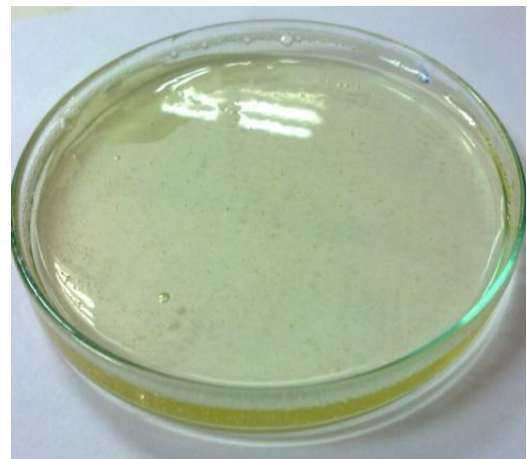
อุณหภูมิร้อนชาเข้า 150°C โดยใช้สัดส่วนของไซรัป
ขนุนต่อปริมาณมอลโตเด็คซ์ตริน 62:38 โดยปริมาตรต่อ
น้ำหนัก เนื่องจากใช้เวลาในการละลายสั้นที่สุดอย่างมี
นัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ที่ทุกอุณหภูมิในการ
ละลาย ณ ภาวะที่ศึกษา ไซรัปขนุนผง และไซรัปขนุนที่
ได้ แสดงโดย Figure 1 และ 2 ตามลำดับ โดยเมื่อ
ละลายไซรัปขนุนผงในน้ำด้วยอัตราส่วนน้ำต่อขนุนผง
เท่ากับ 1 : 0.65 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก พบว่าไซรัป
ขนุนที่ได้มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 45°Brix
มีความชื้นเป็นองค์ประกอบหลัก คิดเป็นร้อยละ 57.37
รองลงมา คือ คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 38.12 ส่วน
องค์ประกอบอื่นๆ (โปรตีน ไขมัน และเถ้า) มีปริมาณ
เล็กน้อย มีปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด 1.46 µg
carotenoid/g มีปริมาณกรดทั้งหมด ร้อยละ 0.34 และมี
ค่า pH 5.45 แสดงโดย Table 6

Table 6 Physicochemical properties of the spray-dried powders

Physicochemical properties	Values
Moisture (%)	57.37 ± 0.06
Protein (%)	1.69 ± 0.11
Lipid (%)	2.46 ± 0.10
Ash (%)	0.36 ± 0.03
Crude fiber (%)	0.00 ± 0.00
Carbohydrate (%)	38.12 ± 0.10
Total soluble solid (°Brix)	45 ± 1
Total carotenoid content (µg carotenoid/g)	1.46 ± 0.27
Total acid (%)	0.34 ± 0.01
pH	5.45 ± 0.03

Remark: Data are expressed as means ± SD (n = 3).

จากการประเมินคุณภาพ และการยอมรับทางด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบ โดยรวมโดยวิธี 9-point Hedonic Scale พบว่าไซรัปขนุนผงที่ผลิตได้ มีความชอบโดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง มีสีเหลืองตามสีของน้ำขนุน มีกลิ่นน้ำตาลไหม้เล็กน้อย โดยเป็นผลมาจากอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการผลิต ซึ่งเมื่อมีการใช้อุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดการสร้างกลิ่นซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลโดยไม่ใช้เอนไซม์

**Figure 1** Jackfruit syrup powder**Figure 2** Jackfruit syrup

สรุปผล

กระบวนการแปรรูปด้วยเอนไซม์ และการทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยภาวะที่เหมาะสมที่สุด ณ ภาวะที่ศึกษา คือการเตรียมไซรัปขนุนด้วยเอนไซม์เพกตินเนส (Pectinex® Ultra SP-L) โดยใช้เอนไซม์ความเข้มข้นร้อยละ 0.06 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก บ่มนาน 30 นาที ที่อุณหภูมิ 40°C โดยมีการกวนผสมด้วยความเร็ว 100 รอบต่อนาที จากเนื้อขนุนสุกพันธุ์ทองประเสริฐ ที่มีของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

อยู่ในช่วง 20-23^oBrix และนำไซรัปซุนนัที่ได้ไปทำแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิร้อนชาเข้าที่ 150^oC ที่อัตราการป้อน 7 บาร์ อัตราลม 2 บาร์ โดยใช้ความเข้มข้นของมอลโตเดกซ์ทริน (DE10) ร้อยละ 38 ผลิตภัณฑ์ไซรัปซุนนัที่ได้มีสมบัติในการละลายที่ดี ผู้ทดสอบมีความชอบโดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง

เอกสารอ้างอิง

- [1] พาณิชย์ ยศปัญญา. (2536). ซุนนั: ยักษ์ใหญ่แห่งวงการไม้ผล. กรุงเทพมหานคร: พืชเกษตรอินทรีย์.
- [2] กรมส่งเสริมการเกษตร, สารสนเทศส่งเสริมการเกษตร. (2554). สถิติย้อนหลัง 5 ปี: การปลูกพืช. ค้นเมื่อ 22 พฤษภาคม 2554 จาก <http://www.agriinfo.doae.go.th/>.
- [3] สมฤดี ไทพานิชย์. (2551). คุณรู้หรือไม่เอนไซม์มีประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมผลไม้หรือไม่อย่างไร. วารสารเทคโนโลยีการอาหาร. มหาวิทยาลัยสยาม. 4 (1): 1-3.
- [4] Abbès, F., Bouaziz, M.A., Blecker, C., Masmoudi, M., Attia, H. and Besbes, S. (2011). Date syrup: Effect of hydrolytic enzymes (pectinase/cellulase) on physicochemical characteristics, sensory and functional properties. LWT-Food Science and Technology. 44: 1827-1834.
- [5] ปราณี อานเป็รื่อง. (2547). เอนไซม์ทางอาหาร (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [6] Zhang, H., Woodams, E.E., and Hang, Y.D. (2011). Influence of pectinase treatment on fruit spirits from apple mash, juice and pomace. Process Biochemistry. 46: 1909 - 1913.
- [7] Goula, A.M. and Adamopoulos, K. G. (2005). Stability of lycopene during spray drying of tomato pulp. LWT-Food Science and Technology. 38: 479 – 487.
- [8] Goula A.M. and Adamopoulos, K.G. (2010). A new technique for spray drying orange juice concentrate. Innovative Food Science & Emerging Technologies. 11: 342-351.
- [9] กัลยาณี โสมนัส. (2540). การผลิตกล้วยหอมผงโดยการทำให้แห้งแบบพ่นฝอยและแบบพ่นฝอย. วิทยานิพนธ์. ปริญญาโท สาขาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [10] Kha, T. C., Nguyen, M. H., and Roach, P. D. (2010). Effects of spray drying conditions on the physicochemical and antioxidant properties of the Gac (*Momordica cochinchinensis*) fruit aril powder. Journal of Food Engineering. 98: 385-392.
- [11] Solval, K.M., Sundararajan, S., Alfaro, L. and Sathivel, S. (2012). Development of cantaloupe (*Cucumis melo*) juice powders using spray drying technology. LWT-Food Science and Technology. 46: 287-293.
- [12] Gross, J. (1991). Pigments in Vegetables: Chlorophylls and Carotenoids. New York: Van Nostrand Reinhold.
- [13] Talcott, S.T. and Howard, L.R. (1999). Phenolic autooxidation is responsible for color degradation in processed carrot puree. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 47: 2109–2115.
- [14] AOAC. (2000). Official Method of Analysis of AOAC. International. (17th ed.). Virginia: The Association of Official Chemists.

- [15] ฐนิตา แสนภักดี. (2550). การหาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งน้ำสับประรดด้วยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอย. วิทยานิพนธ์. ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [16] Selvaraj, Y. and Pal, D. K. (1989). Biochemical Changes during the ripening of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* L.). Journal of Food Science and Technology. 26(6): 304-307.
- [17] Masters, K. (1991). Spray drying handbook. United Kingdom: Longman Scientific and Technical.