

## ผลของอุณหภูมิการอบแห้งและสารช่วยอบแห้งต่อคุณภาพของน้ำสับประรดผง โดยวิธีอบแห้งแบบพ่นฝอย

สโรบล สโรชวิสิทธิ์<sup>1</sup> และ ชัยรัตน์ ตั้งดวงดี<sup>2\*</sup>

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

### บทคัดย่อ

น้ำสับประรดมีส่วนประกอบของน้ำตาลและกรดอินทรีย์ซึ่งยากต่อการอบแห้ง งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการอบแห้งน้ำสับประรดด้วยเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย และศึกษาผลของอุณหภูมิลมร้อนและปริมาณมอลโตเด็กซ์ทริน (DE10) ซึ่งใช้เป็นสารช่วยอบแห้ง ต่อคุณภาพของสับประรดผงและน้ำสับประรดคั้นรูปที่ความเข้มข้น 12.8°บrix ออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล แปรอุณหภูมิลมร้อนที่ 130 150 และ 170°ซ และปริมาณมอลโตเด็กซ์ทรินที่ร้อยละ 37 40 และ 43 ของน้ำหนักแห้ง ทำการทดลอง 2 ซ้ำ จากการทดลองพบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความชื้นร้อยละ 2.04-3.64 มาตรฐานแห้ง และความสามารถในละลายมากกว่าร้อยละ 90 การเพิ่มอุณหภูมิลมร้อนทำให้ได้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตลดลงและอุณหภูมิที่สูงเกินไป (170°ซ) ทำให้ปริมาณสารฟีนอลิกลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) ดังนั้น หากพิจารณาเปอร์เซ็นต์ผลผลิตและปริมาณของสารฟีนอลิกเป็นเกณฑ์ สภาวะอบแห้งที่เหมาะสมคือ อุณหภูมิลมร้อนควรอยู่ในช่วง 130-150°ซ และปริมาณมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 37-40 มาตรฐานแห้ง

**คำสำคัญ** : การอบแห้งแบบพ่นฝอย / น้ำสับประรดผง / มอลโตเด็กซ์ทริน / สมบัติทางเคมี-กายภาพ / สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

\* Corresponding author : chairath.tan@kmutt.ac.th

<sup>1</sup> นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์

<sup>2</sup> ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์

## Effect of Drying Temperature and Drying Aids on Qualities of Spray Dried Pineapple Juice

Sarobol Sarochwikasit<sup>1</sup> and Chairath Tangduangdee<sup>2\*</sup>

King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bang Mod, Thung Khru, Bangkok 10140

### Abstract

Pineapple juice is not easy to dry because it is rich in sugars and organic acids. The aims of this research are to study the feasibility of drying pineapple juice using a spray dryer, and to study the effects of hot air temperature and maltodextrin (DE10) on the qualities of pineapple powder and reconstituted pineapple juice at 12.8°Brix concentration. A full factorial experiment with three air temperatures (130, 150 and 170°C) and three maltodextrin concentrations (37, 40 and 43% d.b.) was carried out in duplicate. From the experiments, the moisture content of the powder was 2.04-3.64% (d.b.), and solubility higher than 90%. An increase in air temperature significantly resulted in lower percentage of yield recovery. Too high temperature (170°C) significantly destroyed phenol compounds in the product ( $p \leq 0.05$ ). On the basis of yields and phenol retention, the suitable drying condition was the drying temperature in the range of 130-150°C and using 37-40% (d.b.) maltodextrin.

**Keywords :** Spray Drying / Pineapple Juice Powder / Maltodextrin / Physico-chemical Properties / Total Phenolic Compounds

---

\* Corresponding author : chairath.tan@kmutt.ac.th

<sup>1</sup> Graduate Student, Food Engineering Department, Faculty of Engineering.

<sup>2</sup> Assistant Professor, Food Engineering Department, Faculty of Engineering.

## 1. บทนำ

สับปะรดมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Ananas comosus* วงศ์ *Bromeliaceae* ในประเทศไทย สับปะรดนับว่าเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ มีปริมาณการผลิตเป็นอันดับหนึ่งของโลก รองลงมาคือ ฟิลิปปินส์ และจีน ตามลำดับ โดยทั่วไป สับปะรดสดจะมีน้ำเป็นองค์ประกอบถึงร้อยละ 80-85 น้ำตาลร้อยละ 12-15 กรดร้อยละ 0.6 โปรตีนร้อยละ 0.4 ใยร้อยละ 0.5 ไขมันร้อยละ 0.1 ส่วนที่เหลือเป็นเส้นใยและวิตามิน (ส่วนใหญ่เป็นวิตามินเอและซี) [1] น้ำตาลส่วนใหญ่เป็นน้ำตาลอย่างง่าย เช่น ซูโครส กลูโคส และฟรุคโทส ซึ่งน้ำตาลซูโครสมีมากถึง 2 ใน 3 ส่วนของน้ำตาลทั้งหมด ที่เหลือจะเป็นน้ำตาลรีดิวัลส์ ซึ่งประกอบด้วยกลูโคสและฟรุคโทส [2] ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 3.3-3.7 กรดส่วนใหญ่เป็นกรดซิตริกและกรดมาลิก นอกจากนี้ ยังมีกรดแอสคอบิกประมาณ 22.5-33.5 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง [3] ในขณะที่มีสารประกอบฟีนอลค่อนข้างสูง (~355-361 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม) เมื่อเทียบกับผักผลไม้อื่นๆ สารประกอบฟีนอลิกในอาหารและเภสัชโภชนภัณฑ์ (Nutraceuticals) เป็นอนุพันธ์ของฟีนีลอะลานีน (Phenylalanine) และไทโรซีน (Tyrosine) [4, 5] เกิดจากเมตาบอลิซึมที่ทุติยภูมิในพืช ประกอบด้วยหมู่ aromatic ring ที่ก่อพันธะกับหมู่ไฮดรอกซิลอย่างน้อย 1 หมู่ และอนุพันธ์ของฟีนอล

การอบแห้งอาหารที่มีปริมาณน้ำตาลมากจะทำได้ยาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาหารที่มีมวลโมเลกุลต่ำหลายชนิดผสมกัน เช่น น้ำตาลซูโครส มอลโทส กลูโคส และฟรุคโทส การดึงเอาน้ำออกอย่างรวดเร็วทำให้ของแข็งที่อยู่ในอาหารมีโครงสร้างแบบอสัณฐาน (Amorphous) โดยสมบูรณ์ หรืออาจมีบางส่วนที่เกิดการตกผลึก (Microcrystalline region) ผลิตภัณฑ์ที่มีโครงสร้างแบบอสัณฐานจะอยู่ในสถานะที่ไม่เสถียรและดูดซับความชื้นกลับได้ง่าย (High hygroscopicity) ขณะอบแห้งแบบพ่นฝอย อาหารจะถูกทำให้เป็นหยดขนาดเล็ก เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 20-150 ไมครอน กระจายไปทั่วเครื่องอบแห้งในส่วนที่มีพื้นที่มากที่สุด เพื่อป้องกันการรวมตัวกันของหยดอาหาร เมื่อน้ำถูกระเหยออกตัวถูกละลายจะเข้มข้นมากขึ้น จน

เริ่มเปลี่ยนเป็นน้ำเชื่อม (syrup) และเปลี่ยนไปเป็นผงในที่สุด อาหารผงที่ได้ไม่ควรเกาะติดกันขณะผ่านเข้าไปในส่วนท่อและอุปกรณ์แยกผลิตภัณฑ์กับอากาศร้อน แม้ว่าจะมีปริมาณอนุภาคต่อปริมาตรสูงก็ตาม แต่หากอาหารนั้นมือน้ำตาลอยู่สูง แม้ความชื้นจะต่ำแต่อาจอยู่ในสภาพที่เป็นน้ำเชื่อม ผิวของอนุภาคอาจมีลักษณะเป็นพลาสติก เพราะอุณหภูมิสูง ดังนั้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้อาจเป็นผงที่เกาะติด (sticky powder) หรืออาจเป็นอาหารผงที่ไม่เกาะติด (free-flowing powder) ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำตาลและอุณหภูมิ การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของอาหารผงจะเริ่มแสดงพฤติกรรมเกาะติดเมื่ออุณหภูมิที่ผิวสูงกว่า Glass Transition Temperature ( $T_g$ ) ของผลิตภัณฑ์ประมาณ  $10^{\circ}\text{C}$  และเมื่อผลต่างของอุณหภูมิสูงถึง  $20^{\circ}\text{C}$  อาหารจะเหนียวเกาะติดกับผนังเครื่อง อุณหภูมิ  $T_g$  เป็นอุณหภูมิที่วัสดุที่มีโครงสร้างแบบอสัณฐานเริ่มเปลี่ยนสถานะจาก Glassy ไปเป็น Rubbery โมเลกุลของวัสดุเริ่มมีการเคลื่อนที่หรือไหลได้คล้ายของเหลว สำหรับอาหารซึ่งเป็นของผสม อุณหภูมิ  $T_g$  อาจประมาณได้จากสมการของ Couchman และ Karasz อ้างใน [6]

$$T_g = \frac{w_1 \Delta C_{p1} T_{g1} + w_2 \Delta C_{p2} T_{g2} + w_3 \Delta C_{p3} T_{g3}}{w_1 \Delta C_{p1} + w_2 \Delta C_{p2} + w_3 \Delta C_{p3}} \quad (1)$$

เมื่อ  $T_{gi}$  คือ อุณหภูมิ Glass transition (K) ขององค์ประกอบ  $i$ ,  $w_i$  คือ สัดส่วนโดยมวลขององค์ประกอบ  $i$  และ  $\Delta C_{pi}$  ค่าความร้อนจำเพาะที่เปลี่ยนไประหว่าง Glassy กับ Rubbery states ขององค์ประกอบ  $i$

จากการสำรวจเอกสาร [7, 8] น้ำสับปะรด  $12.8^{\circ}\text{Brix}$  มีน้ำตาลซูโครสร้อยละ 6.04 กลูโคสร้อยละ 2.01 และฟรุคโทสร้อยละ 1.98 นอกจากนั้นยังมีกรดอินทรีย์ต่างๆ ได้แก่ กรดซิตริกร้อยละ 0.67 มาลิกร้อยละ 0.19 และไอโซซิตริกร้อยละ 0.012 เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด แบ่งเป็นน้ำตาลร้อยละ 78.36 และกรดร้อยละ 7.05 (TSS) โดยเทียบสัดส่วนโดยน้ำหนักของน้ำตาลและน้ำเมื่อผลิตภัณฑ์ผงที่มีความชื้นร้อยละ 5 (d.b.) แสดงในตารางที่ 1 ค่าอุณหภูมิ  $T_g$  โดยประมาณของผลิตภัณฑ์สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\begin{aligned} T_g &= \frac{(0.538 \times 67 \times 600) + (0.179 \times 36 \times 630) + (0.176 \times 16 \times 750) + (0.048 \times (-135) \times 1940)}{(0.538 \times 600) + (0.179 \times 630) + (0.176 \times 750) + (0.048 \times 1940)} \\ &= 23.2^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

**ตารางที่ 1** องค์ประกอบ ค่าอุณหภูมิ  $T_g$  และค่าความจุความร้อนที่เปลี่ยนแปลง

องค์ประกอบ	% ของแข็งที่ 12.8°Brix*	สัดส่วนโดย น้ำหนักของ ของแข็ง	สัดส่วนโดย น้ำหนักที่ความชื้น 4.76%(w.b.)	$T_g$ (°C) (Mid point)**	$\Delta C_p$ (J/kg °C)**
Sucrose	6.04	0.564	0.538	67	600
Glucose	2.01	0.188	0.179	36	630
Fructose	1.98	0.185	0.176	16	750
Citric acid	0.67	0.063	0.060	-	-
Water	-	-	0.048	-135	1940

\* Low และคณะ [7]. \*\*Collares และคณะ [8]

จากการทดลองเบื้องต้น โดยใช้อุณหภูมิลมร้อนในช่วง 130-170°ซ อุณหภูมิแวดล้อม 30-32°ซ และความชื้นสัมพัทธ์อากาศแวดล้อมร้อยละ 65-82 อุณหภูมิลมร้อนต่ำสุดที่เป็นไปได้ตามข้อมูลไซโครเมตริก (อุณหภูมิกระเปาะเปียก) คือ 42-46°ซ ซึ่งสูงกว่าค่าประมาณของอุณหภูมิ  $T_g$  ของสับปะรดผง ดังนั้น การเติมสารช่วยอบแห้งซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลสูงเพื่อเพิ่มอุณหภูมิ  $T_g$  จึงมีความจำเป็น ทั้งนี้เนื่องจากสารช่วยอบแห้งเหล่านี้มีอุณหภูมิ  $T_g$  สูง ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้มอลโตเด็คซ์ตริน (DE10) ซึ่งมีอุณหภูมิ  $T_g$  160°ซ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการอบแห้งน้ำสับปะรด โดยการศึกษาผลของอุณหภูมิลมร้อนและปริมาณมอลโตเด็คซ์ตรินต่อคุณภาพสับปะรดผงและน้ำสับปะรดคินรูป ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นแนวทางในการแปรรูปน้ำสับปะรดในรูปของผลิตภัณฑ์ผงและการหาสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งต่อไป

## 2. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

### 2.1 การหาอัตราส่วนมวลของอากาศต่อของเหลว (Air to liquid mass ratio)

เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 ซม. สูง 62 ซม. มุมกรวย 60 องศา (Mobile minor™ 2000 model E, GEA Niro A/S; Denmark) ให้ความร้อนกับอากาศด้วยเครื่องให้ความร้อนไฟฟ้า อากาศร้อนไหลขนานไปกับทิศทางไหลของกระแสอาหารที่มีลักษณะเป็นละอองฝอย จากการใช้หัวฉีดแบบของไหลสองกระแส (Two-fluid nozzle) ดังนั้น อัตราส่วนระหว่างมวลอากาศที่ทำให้เกิดละออง

ฝอยและมวลอาหารที่ป้อน (A/F ratio) จะถูกควบคุมให้คงที่ตลอดการทดลอง

การทดลองเบื้องต้นเพื่อหา A/F ratio กำหนดอุณหภูมิลมร้อน 150°ซ และ F/M ratio 59/41 เพื่อให้ได้ความเข้มข้นของแข็งทั้งหมดร้อยละ 35 [9] ปรับอัตราการป้อนอาหารด้วยปั๊ม (Peristaltic pump) ที่ความเร็วรอบ 6 และ 7 รอบต่อนาที คิดเป็น 0.88 และ 0.97 กก./ชม. ส่วนอัตราการไหลของอากาศปรับโดยความดันที่ 1, 2 และ 3 บาร์ ค่ามวลอัตราการไหลจากกราฟมาตรฐานของเครื่องได้เป็น 4.3 7.2 และ 10.1 กก./ชม. ผลจากการทดลองพบว่า ที่อัตราการไหลของอาหารเหลว 0.88 กก./ชม. และอัตราการไหลของอากาศอัด 7.2 กก./ชม. ให้เปอร์เซ็นต์ผลได้ (Yields) สูงสุดและได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นร้อยละ 2.53 (d.b.) ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานอุตสาหกรรม (< ร้อยละ 7 d.b.) ดังนั้น อัตราส่วนของมวลอากาศต่อมวลของเหลวคือ 8.18:1

### 2.2 การเตรียมน้ำสับปะรด

น้ำสับปะรดที่ใช้ในงานวิจัยนี้เตรียมจากน้ำสับปะรดเข้มข้น 63.5°บริกซ์ จากบริษัทอาหารสยาม จำกัด จังหวัดชลบุรี เก็บไว้ที่อุณหภูมิ -18°ซ ก่อนใช้งานนำมาละลายที่อุณหภูมิห้อง (32°ซ) และกรอง ก่อนเติมมอลโตเด็คซ์ตริน (DE10) ผสมให้เข้ากัน โดยควบคุมปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ร้อยละ 35 ให้ได้อัตราส่วนของแข็งจากน้ำสับปะรดต่อมอลโตเด็คซ์ตริน (F/M ratio) ที่ระดับต่างๆ คือ 57/43 60/40 และ 63/37

### 2.3 การออกแบบการทดลอง

ออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัยๆ ละ 3 ระดับ ทำการทดลอง 2 ซ้ำ (2x3x2) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วยโปรแกรม Minitab (release 14) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 2 การออกแบบการทดลอง

F/M ratio	อุณหภูมิผลร้อนชาเข้า (°C)		
	130	150	170
57/43	Y <sub>111</sub> , Y <sub>112</sub>	Y <sub>121</sub> , Y <sub>122</sub>	Y <sub>131</sub> , Y <sub>132</sub>
60/40	Y <sub>211</sub> , Y <sub>212</sub>	Y <sub>221</sub> , Y <sub>222</sub>	Y <sub>231</sub> , Y <sub>232</sub>
63/37	Y <sub>311</sub> , Y <sub>312</sub>	Y <sub>321</sub> , Y <sub>322</sub>	Y <sub>331</sub> , Y <sub>332</sub>

เมื่อ Y คือ คุณภาพของสับประรดผงและน้ำสับประรดคั้นรูป

### 2.4 การวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์

#### 2.4.1 คุณภาพผลิตภัณฑ์ผง

**ความชื้น** ซึ่งตัวอย่างอาหารผง 2 ก. ใส่ในกระป๋องอะลูมิเนียมสำหรับหาความชื้น และนำไปอบในตู้อบสุญญากาศ ที่ 70°ซ 50 มม.ปรอท เป็นเวลา 24 ชม. หรือจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ หาน้ำหนักที่หายไป คำนวณความชื้นในหน่วยน้ำหนักแห้ง [10]

**ความหนาแน่นโดยรวม (Bulk density)** ซึ่งตัวอย่างอาหารผง 2 ก. ใส่ในกระบอกตวงขนาด 50 มล. หาปริมาตรนำไปหารด้วยน้ำหนัก [11]

**ความหนาแน่นบรรจุ (Packed density)** คำนวณจากน้ำหนักของอาหารหารด้วยปริมาตรที่ได้จากการยก

$$\% \text{ Solubility} = \frac{[(w_3 - w_1) \times (W + a)] / (w_2 - w_1)}{w_4} \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ  $a$  คือ น้ำหนักของตัวอย่างอาหารผงที่ใช้ (ก.)  $W$  คือ น้ำหนักของน้ำที่ใช้ละลายตัวอย่าง (ก.)  $w_1$  คือ น้ำหนักเริ่มต้นของถ้วยอะลูมิเนียม (ก.)  $w_2$  คือ น้ำหนักของถ้วยอะลูมิเนียม + สารละลายตัวอย่างก่อนอบแห้ง (ก.)  $w_3$  คือ น้ำหนักของถ้วยอะลูมิเนียม + สารละลายตัวอย่างหลังอบแห้ง (ก.) และ  $w_4$  คือ น้ำหนักของของแข็งทั้งหมดในอาหารผง (ก.)

กระบอกตวงสูงจากพื้น 10 ซม. เคาะลงบนพื้น 100 ครั้ง **ความสามารถในการดูดความชื้นกลับ (Hygroscopicity)** ซึ่งน้ำหนักตัวอย่างประมาณ 5 ก. ร้อนผ่านตะแกรง 500 ไมครอน ลงใน Petri dish ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 ซม. เพื่อให้พื้นที่ผิวของตัวอย่างมีโอกาสสัมผัสกับอากาศชื้นได้มาก นำจานใส่ตัวอย่างวางในโถแก้วที่มีสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์อิ่มตัวบรรจุอยู่ ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 76 ± 3 อุณหภูมิ 28 ± 1°ซ ซึ่งน้ำหนักทุก 15 นาที จนกว่าอาหารจะเข้าสู่สภาวะสมดุลกับสารละลายเกลือ ค่าความสามารถในการดูดความชื้นกลับ คำนวณจากปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้นที่เวลา 120 นาทีต่อน้ำหนักแห้งของตัวอย่าง [12, 13]

**ความสามารถในการละลาย (Solubility)** เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิต่อความสามารถในการละลาย ซึ่งน้ำหนักอาหารผง 1 ก. ละลายในน้ำกลั่น 100 มล. ที่อุณหภูมิน้ำกลั่น 4 และ 30°ซ กวนด้วยแท่งกวนแม่เหล็ก (ขนาด 0.9x7.1 ซม.) นาน 5 นาที ที่ความเร็วรอบ 800 รอบต่อนาที ด้วยเครื่องกวน SCHOTT (M13, Germany) นำสารละลายที่ได้ไปเหวี่ยงแยกนาน 5 นาที ที่ความเร็วรอบ 30,000xg (Hitachi, CR21, Japan) ควบคุมอุณหภูมิตามที่กำหนด แยกสารละลายส่วนใส 10 มล. เทใส่ในถ้วยอะลูมิเนียม นำไปอบระเหยน้ำส่วนเกินออกทันทีด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70°ซ นาน 1.5 ชม. จากนั้นนำไปหาปริมาณของแข็งโดยอบในตู้อบสุญญากาศ 24 ชม. (Gallen Kamp, UK) เปรอร์เซ็นต์การละลายคำนวณได้จากสมการ (2) [14]

#### 2.4.2 คุณภาพน้ำสับประรดคั้นรูป

**การเปลี่ยนแปลงค่าสีโดยรวม** วัดค่าสีของน้ำสับประรดที่ความเข้มข้น 12.8°บริกซ์ ด้วยเครื่องวัดสี (JUKI model JP 710, Japan) ในรูปของ  $L$ ,  $a$  และ  $b$  เปรียบเทียบกับน้ำสับประรดเจือจางที่เข้มข้นเท่ากัน คำนวณค่าสีที่เปลี่ยนไปโดยรวมได้จากสมการที่ (3) [15]

$$\Delta E = \sqrt{(L_0 - L_p)^2 + (a_0 - a_p)^2 + (b_0 - b_p)^2} \quad (3)$$

เมื่อ  $L_0$ ,  $a_0$  และ  $b_0$  คือ ค่าสีของน้ำสับประรดก่อนอบแห้ง และ  $L_p$ ,  $a_p$  และ  $b_p$  คือ ค่าสีของน้ำสับประรดคินรูป

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกโดยใช้วิธีของ Singleton และ Rossi [16] โดยใช้สาร Folin-Ciocalteu ซึ่งตัวอย่างสับประรดผง 5 ก. ใส่ในหลอดทดลอง ละลายด้วยน้ำกลั่น 10 มล. นำไปเหวี่ยงแยกที่ความเร็ว 2,000xg ที่อุณหภูมิ 4°C นาน 5 นาที จากนั้นเจือจาง 2 เท่า แบ่งสารละลาย 40 ไมโครลิตร ใส่ในแต่ละหลอดทดลอง เติมน้ำกลั่น 3.16 มล. และเติมสาร Folin-Ciocalteu 200 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน ทิ้งไว้ 30 วินาที ถึง 8 นาที จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต เขย่าให้เข้ากัน ก่อนเก็บ

ไว้ที่อุณหภูมิ 40°C นาน ½ ชม. นำไปวัดปริมาณสารประกอบฟีนอลด้วยสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-2101PC, SHIMADZU, Japan) ที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร เทียบกับสารละลาย Gallic acid ผลของการวัดจะอยู่ในรูปของมิลลิกรัมของ Gallic acid ต่อกรัมน้ำหนักแห้งผลิตภัณฑ์

#### 4. ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

ตามมาตรฐานน้ำสับประรดที่ผลิตจากน้ำสับประรดเข้มข้นแบบไม่หวาน (Unsweetened pineapple juice) ของสหรัฐอเมริกา ต้องมีความเข้มข้นขั้นต่ำ 12.8°บริกซ์ งานวิจัยนี้จึงเจือจางน้ำสับประรดให้มีความเข้มข้น 12.8°บริกซ์ เพื่อใช้เปรียบเทียบกับน้ำสับประรดคินรูป ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี-กายภาพของน้ำสับประรดเจือจางแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สมบัติทางเคมี-กายภาพของน้ำสับประรดเจือจางที่ความเข้มข้น 12.8°บริกซ์

Total soluble solid (°Brix)	12.8
Total solid (%)	12.94±0.01
pH	3.74±0.02
Total acid based on citric acid (%)	0.53±0.01
Total phenol (mg/g dry solid of gallic acid equivalent)	441.27±20.27
<b>Color parameters</b>	
<i>L</i> (lightness-darkness)	30.44±0.59
<i>a</i> (redness-greenness)	1.40±0.23
<i>b</i> (blueness-yellowness)	17.26±0.58

#### 4.1 ผลของความเข้มข้นของมอลโตเด็กซ์ทรินและอุณหภูมิผลมร่อนต่อคุณภาพสับประรดผง

ตารางที่ 4 แสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพของสับประรดผงที่ได้จากสภาวะอบแห้งต่างๆ พบว่า ปริมาณผลผลิตที่ได้มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 22.28-54.95 ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของมอลโตเด็กซ์ทรินและอุณหภูมิผลมร่อนรูปที่ 1 แสดงผลของอุณหภูมิต่อปริมาณผลผลิตที่ได้ พบว่าการเพิ่มอุณหภูมิมิผลทำให้ได้ผลผลิตลดลง ซึ่งตรงข้ามกับการเพิ่มปริมาณมอลโตเด็กซ์ทริน สภาวะอบแห้งที่ 130/43 จะให้ผลผลิตสูงสุดที่ร้อยละ 54.95 ผลการ

วิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ตัวแปรทั้งสองไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน ( $p>0.05$ ) อุณหภูมิและปริมาณมอลโตเด็กซ์ทรินต่างมีผลต่อเปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ได้อย่างมีนัยสำคัญ ( $p\leq 0.05$ )

การเพิ่มอุณหภูมิมร่อนแม้จะช่วยเพิ่มอัตราการระเหย แต่กลับทำให้ผลิตภัณฑ์เกาะติดกับผนังของเครื่องอบแห้งมากขึ้น เนื่องจากการเปลี่ยนสถานะของอาหารพวงที่มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบมากไปอยู่ในสถานะ rubbery state ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิมร่อนขาออก (หรืออุณหภูมิจากอนุภาคอาหาร) กับอุณหภูมิต่ำ  $T_g$  ยิ่งสูงมากเท่าใดก็จะส่งเสริมให้เกิดการเกาะติดมากขึ้น [9, 17] ซึ่ง

ในงานวิจัยนี้ เครื่องอบแห้งไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิขาออกของลมร้อนได้

ความชื้นเฉลี่ยของน้ำสับปะรดผงจากทุกสภาวะการทดลองมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 2.04-3.64 (d.b.) เปรียบเทียบกับผลการทดลองของ Abadio และคณะ [18] ซึ่งได้ความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 1.83 (d.b.) เมื่อผสมน้ำสับปะรดกับมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 10-15 และอบแห้งที่ 190°ซ โดยใช้ความเร็วรอบของหัวเหวี่ยง (Atomizer) 20,000-35,000 รอบต่อนาที ซึ่งโดยทั่วไปน้ำผลไม้ผงจะมีความชื้นร้อยละ 2-3 (d.b.) โดยประมาณ [19]

จากรูปที่ 2 ความชื้นของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิและความเข้มข้นของมอลโตเด็กซ์ทรินสูงขึ้น แม้อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะช่วยลดความชื้นลง แต่กลับทำให้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ได้ต่ำ จากการทดสอบความแปรปรวนทางสถิติพบว่า อุณหภูมิลมร้อนและความเข้มข้นของมอลโตเด็กซ์ทรินมีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ( $p < 0.05$ ) การเปรียบเทียบเชิงพหุสามารถแบ่งได้เป็น 5 กลุ่ม ตามสัญลักษณ์ด้วยกำลังที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 4

การเพิ่มอุณหภูมิลมร้อนจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความหนาแน่นลดลง ในขณะที่การเพิ่มปริมาณมอลโตเด็กซ์ทรินมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ทั้งความหนาแน่นโดยรวมและความหนาแน่นบรรจุ ความหนาแน่นโดยรวมของสับปะรดผงมีค่าอยู่ระหว่าง 0.290-0.365 ก./มล. และเพิ่มขึ้นเป็น 0.46-0.56 ก./มล. สำหรับความหนาแน่นบรรจุ ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Abadio และคณะ [18] ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากอุณหภูมิลมร้อนที่

สูงขึ้นทำให้อุณหภูมิผลิตภัณฑ์มีขนาดใหญ่และมีความพรุนมากขึ้น ส่งผลให้ความหนาแน่นลดลง [20]

ค่าการดูดความชื้นกลับ (Hygroscopicity) มีค่าอยู่ในช่วง 0.129-0.179 กรัม น้ำตอกรัมน้ำหนักแห้ง เปรียบเทียบกับกาแฟผงสำเร็จรูปซึ่งมีค่าระหว่าง 0.09-0.10 โดยประมาณ [15] และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิลมร้อนและปริมาณมอลโตเด็กซ์ทรินสูงขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 3 ทั้งนี้ เนื่องจากค่าการดูดความชื้นกลับจะแปรผกผันกับปริมาณความชื้นเริ่มต้น [13] ตัวอย่างที่มีปริมาณมอลโตเด็กซ์ทรินสูงจะมีความชื้นเริ่มต้นต่ำ ดังนั้น เมื่อทิ้งให้ตัวอย่างสัมผัสกับอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงเป็นเวลานาน (120 นาที) ตัวอย่างที่มีความชื้นเริ่มต้นต่ำจะสามารถดูดความชื้นกลับได้มากกว่า

ความสามารถในการละลายของสับปะรดผงที่ 4 และ 30°ซ มีค่าในช่วงร้อยละ 93.73-97.31 และ 94.98-97.95 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน การเพิ่มอุณหภูมิลมร้อนมีแนวโน้มทำให้ความสามารถในการละลายดีขึ้น ในขณะที่ผลของมอลโตเด็กซ์ทรินไม่ชัดเจน อุณหภูมิลมร้อนที่สูงขึ้นอาจทำให้อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์พองตัวมีลักษณะกลวงภายใน ซึ่งพิจารณาได้จากค่าความหนาแน่นที่ลดลง ทำให้มีพื้นที่สัมผัสกับตัวทำละลายได้ดีขึ้น ดังนั้น ด้วยเวลาการละลายที่เท่ากันในทุกการทดลอง ตัวอย่างที่มีโครงสร้างเช่นนี้จึงมีค่าการละลายที่สูงขึ้นที่ระดับความเข้มข้นของมอลโตเด็กซ์ทรินเท่ากัน แต่อย่างไรก็ตาม จากการทดลองนี้ ความสามารถในการละลายในน้ำของทุกตัวอย่างมีค่ามากกว่าร้อยละ 90

ตารางที่ 4 ผลของอุณหภูมิผสมร่อนขาเข้าและปริมาณมอลต์เด็กซ์ทรินต่อสมบัติของลึบประรดผง

Inlet Air Temperature (°C)	Maltodextrin (%d.b)	%Recovery	Moisture (%d.b.)	Bulk density (g/ml)	Packed density (g/ml)	Hygroscopicity (g <sub>H<sub>2</sub>O</sub> /g dry solid)	Solubility at 4°C(%)	Solubility at 30°C(%)
130	37	40.78 ± 2.05 <sup>a</sup>	3.64 ± 0.20 <sup>a</sup>	0.32 ± 0.01 <sup>bcd</sup>	0.48 ± 0.02 <sup>b</sup>	0.129 ± 0.006 <sup>a</sup>	95.32 ± 0.94 <sup>bc</sup>	96.96 ± 0.32 <sup>d</sup>
	40	46.87 ± 1.74 <sup>b</sup>	3.32 ± 0.14 <sup>b</sup>	0.34 ± 0.01 <sup>de</sup>	0.53 ± 0.02 <sup>c</sup>	0.136 ± 0.008 <sup>ab</sup>	95.40 ± 1.11 <sup>bc</sup>	96.70 ± 0.31 <sup>cd</sup>
	43	54.95 ± 1.90 <sup>c</sup>	3.22 ± 0.16 <sup>c</sup>	0.36 ± 0.02 <sup>f</sup>	0.56 ± 0.00 <sup>d</sup>	0.150 ± 0.010 <sup>bcd</sup>	93.73 ± 0.32 <sup>a</sup>	95.80 ± 0.32 <sup>b</sup>
150	37	34.20 ± 0.61 <sup>d</sup>	3.08 ± 0.13 <sup>d</sup>	0.31 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.48 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.142 ± 0.006 <sup>abc</sup>	96.08 ± 0.85 <sup>bcd</sup>	96.82 ± 0.32 <sup>d</sup>
	40	42.27 ± 0.48 <sup>a</sup>	2.87 ± 0.10 <sup>a</sup>	0.33 ± 0.01 <sup>cde</sup>	0.52 ± 0.01 <sup>c</sup>	0.155 ± 0.009 <sup>cd</sup>	96.24 ± 0.93 <sup>cd</sup>	96.78 ± 0.43 <sup>d</sup>
	43	46.61 ± 0.92 <sup>b</sup>	2.07 ± 0.11 <sup>e</sup>	0.35 ± 0.01 <sup>ef</sup>	0.51 ± 0.01 <sup>c</sup>	0.166 ± 0.012 <sup>de</sup>	95.26 ± 0.68 <sup>bc</sup>	96.24 ± 0.38 <sup>bc</sup>
170	37	22.28 ± 0.14 <sup>e</sup>	2.92 ± 0.13 <sup>d</sup>	0.29 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.46 ± 0.02 <sup>ab</sup>	0.154 ± 0.008 <sup>cd</sup>	97.31 ± 0.45 <sup>e</sup>	97.59 ± 0.39 <sup>e</sup>
	40	28.25 ± 0.43 <sup>f</sup>	2.13 ± 0.04 <sup>e</sup>	0.29 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.46 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.161 ± 0.010 <sup>d</sup>	96.95 ± 0.56 <sup>de</sup>	97.11 ± 0.18 <sup>d</sup>
	43	37.45 ± 2.20 <sup>g</sup>	2.04 ± 0.04 <sup>e</sup>	0.32 ± 0.02 <sup>bc</sup>	0.51 ± 0.02 <sup>c</sup>	0.179 ± 0.002 <sup>e</sup>	95.16 ± 0.58 <sup>b</sup>	94.99 ± 0.33 <sup>a</sup>

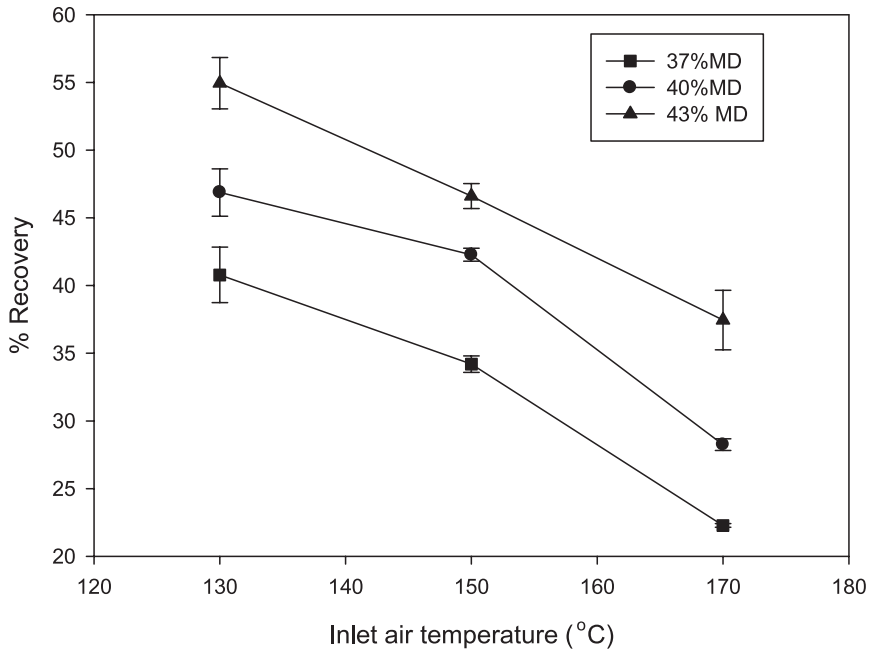
a,b,c,d,e,f ค่าเฉลี่ยที่ยกกำลังตัวอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ 5 ผลของอุณหภูมิผสมร่อนขาเข้าและปริมาณมอลต์เด็กซ์ทรินต่อคุณภาพของน้ำลึบประรดคั้นรูป

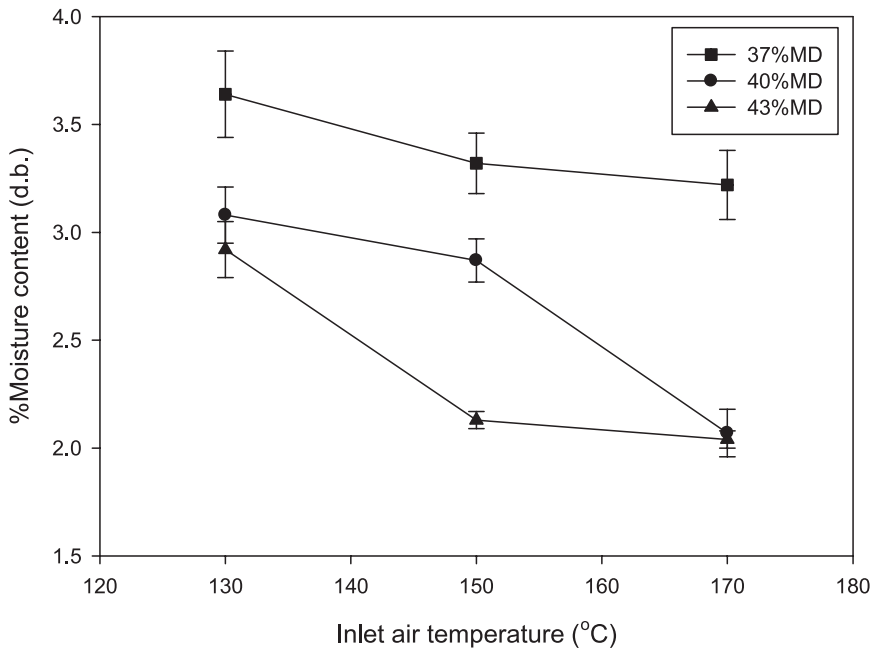
Inlet Air Temperature (°C)	Maltodextrin (%d.b)	Color Parameters			Total phenol retention (mg/g dry solids of gallic acid equivalent)
		L-value	a-value	b-value	
130	37	23.83 ± 0.10	-2.63 ± 0.13	4.16 ± 0.43	208.58 ± 4.43 <sup>a</sup>
	40	23.01 ± 0.37	-2.39 ± 0.10	2.50 ± 0.35	205.09 ± 6.40 <sup>a</sup>
	43	24.09 ± 0.40	-2.31 ± 0.27	3.99 ± 0.44	207.48 ± 3.72 <sup>a</sup>
150	37	22.65 ± 0.17	-2.59 ± 0.14	3.92 ± 0.20	221.86 ± 2.95 <sup>b</sup>
	40	22.38 ± 0.56	-2.23 ± 0.14	3.03 ± 0.37	225.92 ± 5.94 <sup>b</sup>
	43	22.49 ± 0.25	-2.31 ± 0.21	3.22 ± 0.42	222.16 ± 2.66 <sup>b</sup>
170	37	23.29 ± 0.21	-2.66 ± 0.09	3.98 ± 0.30	201.47 ± 4.47 <sup>a</sup>
	40	22.95 ± 0.62	-2.42 ± 0.05	3.55 ± 0.17	206.84 ± 4.84 <sup>a</sup>
	43	22.31 ± 0.37	-2.25 ± 0.15	3.17 ± 0.39	205.27 ± 3.50 <sup>a</sup>

a,b,c,d ค่าเฉลี่ยที่ยกกำลังตัวอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p \leq 0.05$ )





รูปที่ 1 ร้อยละของผลผลิตที่ได้ที่อุณหภูมิลมร้อนและระดับความเข้มข้นของมอลโตเด็กซ์ทรินต่างๆ

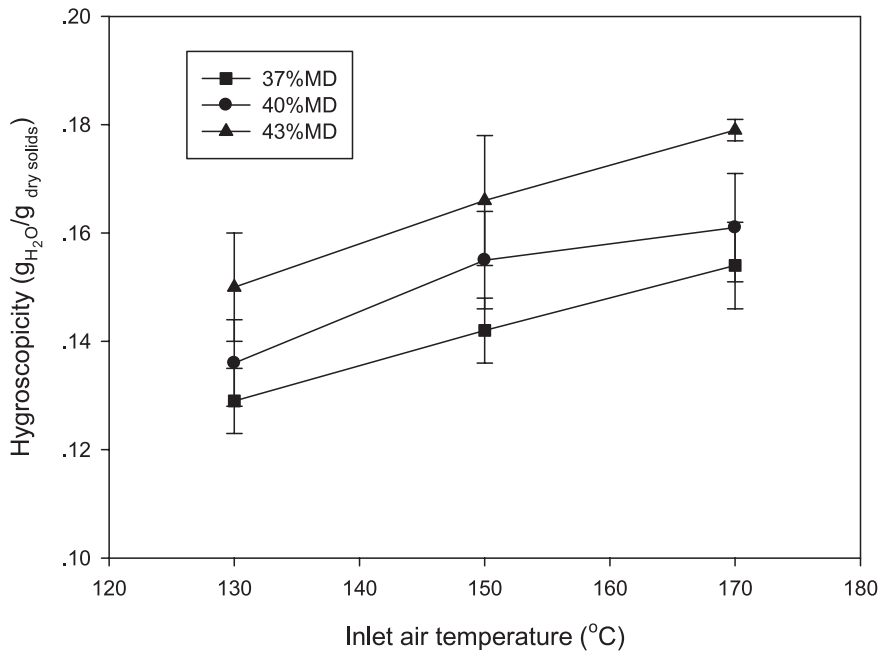


รูปที่ 2 ความชื้นของสับปะรดผงที่อุณหภูมิลมร้อนและระดับความเข้มข้นของมอลโตเด็กซ์ทรินต่างๆ

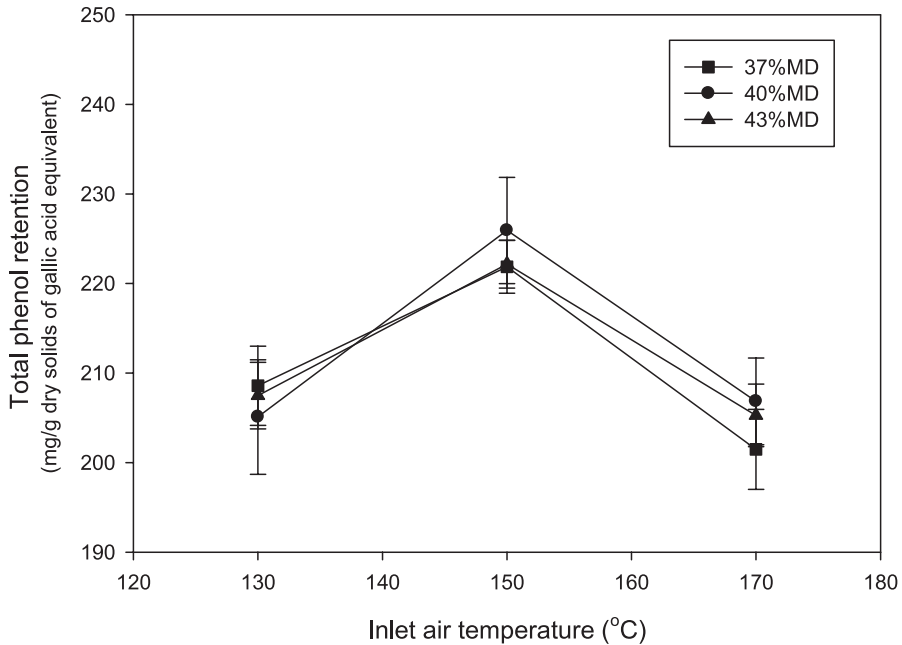
#### 4.2 ผลของความเข้มข้นของมอลโตเด็กซ์ทรินและอุณหภูมิร้อนต่อคุณภาพน้ำสับประดาคินรูป

ตารางที่ 5 แสดงค่าสีของน้ำสับประดาคินรูปที่ 12.8°บริกซ์ เมื่อเปรียบเทียบกับสีของน้ำสับประดะเจือจางที่ความเข้มข้นเท่ากัน (ตารางที่ 1) จะเห็นได้ว่าน้ำสับประดาคินรูปมีค่าความสว่าง ( $L$ ) และสีเหลือง ( $b$ ) ลดลง ในขณะที่

ที่ค่าสีแดง ( $a$ ) กลับเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ อาจเกิดจากการสลายตัวของเม็ดสีเหลืองจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน [21] และเนื่องจากน้ำสับประดะมีน้ำตาลและโปรตีนเป็นองค์ประกอบร้อยละ 0.4-0.6 [1] สีแดงที่เพิ่มขึ้นจึงอาจเกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) หรืออาจเกิดคาราเมลไลเซชัน (Caramelization) โดยเฉพาะที่อุณหภูมิสูง (>154°ซ) [22]



รูปที่ 3 ค่าการดูดความชื้นกลับของสับประดะผงที่อุณหภูมิร้อนและระดับความเข้มข้นของมอลโตเด็กซ์ทรินต่างๆ



รูปที่ 4 ปริมาณสารฟีนอลทั้งหมดในน้ำสับประดคินรูปที่อุณหภูมิผลร้อนและระดับความเข้มข้นของมอลโตเด็กซ์ทรินต่างๆ

เมื่อคำนวณค่าที่เปลี่ยนไปโดยรวม ( $\Delta E$ ) ตามสมการที่ (3) มีค่าระหว่าง 15.34-16.81 โดยที่สภาวะ 170/43 จะมีค่า  $\Delta E$  สูงสุด และสภาวะ 130/37 มีค่า  $\Delta E$  ต่ำสุด แนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิและปริมาณมอลโตเด็กซ์ทรินที่เพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าสีโดยรวมเกิดจากปฏิสัมพันธ์ของปัจจัยทั้งสองซึ่งมีผลตรงกันข้าม กล่าวคือ อุณหภูมิสูงทำให้สีมีการเปลี่ยนแปลงมากแต่อาจถูกเจือจางด้วยปริมาณมอลโตเด็กซ์ทริน (Dilution effect) เมื่อใช้ในปริมาณมากขึ้นทำให้ไม่เห็นความสัมพันธ์ที่ชัดเจน

ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด พบว่า ลดลงร้อยละ 48-54 จาก 441 มก./ก. gallic acid เป็น 201-225 มก./ก. gallic acid แสดงในตารางที่ 1 และ 5 ปริมาณสารฟีนอลิกที่คงอยู่ทั้งหมดสูงสุดได้จากสภาวะอบแห้ง 150/40 ดังรูปที่ 4 การเพิ่มขึ้นของสารฟีนอลิกในช่วง 130-150°C อาจเกิดจากการเกิดเปลือกแข็ง (crust) ของหอยดอาหารเหลว เนื่องจากการระเหยอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิ 150°C ทำให้สามารถรักษาสารอาหารไว้ภายในได้ดี แต่เมื่ออุณหภูมิสูงเกินไป (170°C) ซึ่งสูงเกินกว่าอุณหภูมิ Ballooning temperature อุณหภูมิของอาหารเกิดการ

แตก [23] ทำให้สารฟีนอลิกถูกทำลายเนื่องจากสัมผัสกับอุณหภูมิสูง อุณหภูมิ Ballooning temperature เป็นอุณหภูมิที่น้ำภายในอนุภาคเปลี่ยนสถานะเป็นไอ น้ำ ขึ้นกับความเข้มข้นของตัวถูกละลายและการเกิดชั้นของเปลือกหุ้มผิวอนุภาคของอาหาร ทำให้อนุภาคอาหารขยายตัวเนื่องจากความดันที่สูงขึ้น ผลจากการทดสอบความแปรปรวนทางสถิติพบว่า ปัจจัยทั้งสองไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน และอุณหภูมิผลร้อนมีผลต่อปริมาณสารฟีนอลิกอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) ในขณะที่ปริมาณมอลโตเด็กซ์ทรินมีผลต่อปริมาณสารฟีนอลิกอย่างไม่มีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ ) โดยที่อุณหภูมิผลร้อนที่ 150°C จะให้น้ำสับประดคินรูปที่มีสารฟีนอลิกสูงสุด

## 5. สรุปผลการทดลอง

การศึกษาผลของอุณหภูมิผลร้อนและปริมาณสารช่วยอบแห้ง โดยใช้มอลโตเด็กซ์ทริน (DE10) ต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์โดยแปรค่าอุณหภูมิที่ 130 150 และ 170°C และปริมาณสารช่วยอบแห้งร้อยละ 37 40 และ 43 โดยน้ำหนักแห้ง ออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล ทำการทดลอง 2 ซ้ำ ผลจากการทดลองพบว่า เปอร์เซ็นต์ผลผลิต

ที่ได้มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 22.28-54.95 ความชื้นร้อยละ 2.04-3.64 (d.b.) ผลการทดลองพบว่า เมื่ออุณหภูมิลมร้อนเพิ่มขึ้น แม้จะช่วยทำให้ความชื้นของผลิตภัณฑ์ลดลง แต่กลับส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ได้มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) ในขณะที่การเพิ่มปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน ช่วยเพิ่มเปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ได้และลดความชื้นของผลิตภัณฑ์ แต่กลับส่งผลให้ค่าการดูดความชื้นกลับสูงขึ้น เนื่องจากความชื้นเริ่มต้นต่ำ การเพิ่มอุณหภูมิลมร้อนยังทำให้ความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ลดลง ช่วยให้การละลายดีขึ้น ซึ่งให้ผลตรงข้ามกับการเพิ่มปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน

แต่อย่างไรก็ตาม อุณหภูมิลมร้อนที่สูง ( $170^{\circ}\text{C}$ ) และปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินที่มากเกินไป แม้จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นต่ำ แต่ก็ทำให้ได้ผลผลิตต่ำ น้ำลึบปะรดคั้นรูปมีการเปลี่ยนแปลงของสีมากและปริมาณสารฟีนอลิกถูกทำลายถึงร้อยละ 54 หากพิจารณาคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยรวม โดยใช้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตและปริมาณของสารฟีนอลิกเป็นเกณฑ์ อุณหภูมิลมร้อนที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง  $130-150^{\circ}\text{C}$  และปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินร้อยละ 37-40 มาตรฐานแห้ง ซึ่งจะให้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตร้อยละ 34-46 ปริมาณของสารฟีนอลิกทั้งหมด 205-225 มก./ก. gallic acid และปริมาณความชื้นร้อยละ 2.87-3.64 (d.b.)

## 6. เอกสารอ้างอิง

- Salvi, M.J. and Rajput, J.C., 1995, "Pineapple", In Handbook of Fruit Science and Technology: Production Composition, Storage, and Processing, Salunkhe, D.K. and Kadam, S.S. (Eds.), Macel Dekker, New York, pp. 171-182.
- Camara, M., Diez, C., and Torija, E., 1995, "Chemical Characterization of Pineapple Juices and Nectars, Principle Component Analysis", *Food Chemistry*, Vol. 54, No. 1, pp. 93-100.
- Achinewhu, S.C. and Hart, A.D., 1994, "Effect of Processing and Storage on the Ascorbic Acid (Vitamin C) Content of Some Pineapple Varieties Grown in River State of Nigeria", *Plant Foods for*

*Human Nutrition*, Vol. 46, pp. 335-337.

- Van Sumere, C.F., 1989, "Phenols and Phenolic Acids, in Methods in Plant Biochemistry", Volume 1, Plant Phenolics, Harborne, J.B., Ed., Academic Press, London, pp. 29-74.
- Shahidi, F., 2000, "Antioxidants in Food and Food Antioxidants", *Nahrung*, Vol. 44, pp. 158-163.
- Bhandari, B.R., Datta, N., and Howes, T., 1997a, "Problems Associated with Spray Drying of Sugar-rich Foods", *Drying Technology*, Vol. 15, No. 2, pp. 671-684.
- Low, N.H., Brause, A., and Wilhelmsen, E., 1994, "Normative Data for Commercial Pineapple Juice from Concentrated", *Journal of AOAC International*, Vol. 77, pp. 965-975.
- Collares, F.P., Finzer, J.R.D., and Kieckbusch, T.G., 2004, "Glass Transition Control of the Detachment of Food Pastes Dried over Glass Plates", *Journal of Food Engineering*, Vol. 61, pp. 261-267.
- Bhandari, B.R., Datta, N., Crooks, R., Howes, T., and Rigby, S., 1997b, "A Semi-Empirical Approach to Optimize the Quantity of Drying Aids Required to Spray Dry Sugar-rich Foods", *Drying Technology*, Vol. 15(10), pp. 2509-2525.
- AOAC, 1990, *Official Methods of Analysis, Association of Official Analytical Chemists*, Washington, DC., 13th Ed., pp. 211.
- Goula, A.M. and Adamopoulos, K.G., 2005b, "Spray Drying of Tomato Pulp in Dehumidified Air: II. The Effect on Powder Properties", *Journal of Food Engineering*, Vol. 66, pp. 35-42.
- Al-Kanhtani, H.A. and Hassan, B.H., 1990, "Spray Drying of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) Extract", *Journal of Food Science*, Vol. 55, pp. 1073-1076.
- Goula, A.M., Adamopoulos, K.G., and Kazakis, N.A., 2004, "Influence of Spray Drying Condition on Tomato Powder Properties", *Drying*

*Technology*, Vol. 22, No. 5, pp. 1129-1151.

14. Eastman, J.E. and Moore, C.O., 1995, "Cold Water Soluble Granular Starch for Gelled Food Composition", *U.S. Patent 4465702*.

15. Jaya, S. and Das, H., 2004, "Effect of Maltodextrin, Glycerol Monostearate and Tricalcium Phosphate on Vacuum Dried Mango Powder Properties", *Journal of Food Engineering*, Vol. 63, pp. 125-134.

16. Singleton, V.L. and Rossi, J.A., 1965, "Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents", *American Journal of Enology and Viticulture*, Vol. 16, pp. 144-158.

17. Truong, V., Bhandari, B.R., and Howes T., 2005a, "Optimization of Co-current Spray Drying Process of Sugar-rich Foods. Part I-Moisture and Glass Transition Temperature Profile During Drying", *Journal of Food Engineering*, Vol. 71, pp. 55-65.

18. Abadio, F.D.B., Domingues, A.M., Borges,

S.V., and Oliveira, V.M., 2004, "Physical Properties of Powdered Pineapple (*Ananas comosus*) Juice-effect of Maltodextrin Concentration and Atomization Speed", *Journal of Food Engineering*, Vol. 64, pp. 285-287.

19. Soponronnarit, S., 1994, *Grain Drying*, 6<sup>th</sup> ed, Bangkok, pp. 285-287. (In Thai)

20. Walton, D.E. and Mumford, C.J., 1999, "The Morphology of Spray Dried Particle-The Effect of Process Variable Upon the Morphology of Spray-dried Particles", *Transactions of the Institution of Chemical Engineers-London*, Vol. 77, pp. 442-460.

21. Collins, J.L., 1968, *The Pineapple*, Leonard Hill London.

22. enotes.com, 2011, "Caramelization", *Online Available: <http://www.enotes.com/food-encyclopedia/caramelization> [2011, April, 29]*

23. Ré, M.I., 1998, "Microencapsulation by Spray Drying", *Drying Technology*, Vol. 16(6), pp. 1195-1236.

