



ใบรับรองวิทยานิพนธ์  
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร)

ปริญญา

พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร

พัฒนาผลิตภัณฑ์

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดผงแบบห่อหุ้ม

Product Development of Encapsulation Palm Sugar Powder

นามผู้วิจัย นางสาวปิยาภรณ์ คำภานนท์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

( รองศาสตราจารย์สมบัติ ขอทวีวัฒนา, วท.ม. )

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิษุฒิда จันทราพรชัย, Ph.D. )

หัวหน้าภาควิชา

( รองศาสตราจารย์อนุวัตร แจ่มชัด, Ph.D. )

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

( รองศาสตราจารย์กัญญา ธีระกุล, D.Agr. )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. ....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดผงแบบห่อหุ้ม

Product Development of Encapsulation Palm Sugar Powder

โดย

นางสาวปิยาภรณ์ คำภานนท์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร)

พ.ศ. 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปิยาภรณ์ คำภานนท์ 2557: การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดผงแบบห่อหุ้ม ปริญญาวิทยาศาสตร  
มหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร) สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชา  
พัฒนาผลิตภัณฑ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์สมบัติ ขอทวีวัฒนา, วท.ม.  
96 หน้า

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อ 1) ศึกษาสถานะที่เหมาะสมของการผลิตน้ำตาลโตนดผงโดยการทำแห้ง  
แบบพ่นฝอย 2) ศึกษาชนิดและปริมาณของสารห่อหุ้มที่เหมาะสมในการห่อหุ้มน้ำตาลโตนด การศึกษาสถานะที่  
เหมาะสมของการผลิตน้ำตาลโตนดผงโดยการทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยศึกษาอุณหภูมิในการทำแห้ง (130, 150  
และ 170 °C) และปริมาณของสารตัวพา (ร้อยละ 10, 15 และ 20) ซึ่งสารตัวพาที่ใช้คือ มอลโทเดกซ์ทริน DE10  
พบว่า เมื่อเติมมอลโทเดกซ์ทริน DE10 ปริมาณร้อยละ 20 และทำแห้งแบบพ่นฝอย ที่อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 150  
°C น้ำตาลโตนดผงมีค่าคุณภาพดังนี้ ค่าความสว่าง (L\*) ค่าสีเขียว (-a\*) และค่าสีน้ำเงิน (-b\*) เท่ากับ 73.80,  
-2.34 และ -2.66 ตามลำดับ ค่า  $a_w$  เท่ากับ 0.29 ปริมาณความชื้นร้อยละ 2.72 ความสามารถในการละลาย 1.48  
นาที่ ความหนาแน่นปรากฏ 2.56 มิลลิลิตร/กรัม และปริมาณผลผลิตร้อยละ 24.46 ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบ  
คุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรสโดยรวม รสหวาน และความชอบโดยรวม เท่ากับ 6.2 5.9 5.8 และ 5.6  
ตามลำดับ และคะแนนความรู้สึกของรสหวานอยู่ในเกณฑ์พอดี จากนั้นนำไปศึกษาชนิดและปริมาณของสารห่อหุ้มที่  
เหมาะสมในการห่อหุ้มน้ำตาลโตนด โดยศึกษาชนิดของสารห่อหุ้ม (มอลโทเดกซ์ทริน DE18 และกัมอะราบิก) และ  
ปริมาณของสารห่อหุ้ม (ร้อยละ 0.25, 0.50 และ 0.75 ต่อปริมาณน้ำหนักของมอลโทเดกซ์ทริน DE10) พบว่า สาร  
ห่อหุ้มมอลโทเดกซ์ทริน DE18 ปริมาณร้อยละ 0.50 เมื่อทำการห่อหุ้มน้ำตาลโตนดผงมีค่าคุณภาพดังนี้ ค่าความ  
สว่าง ค่าสีเขียว และค่าสีน้ำเงิน เท่ากับ 68.86, -1.82 และ -2.39 ตามลำดับ ค่า  $a_w$  เท่ากับ 0.23 ปริมาณความชื้น  
ร้อยละ 2.23 ความสามารถในการละลาย 2.07 นาที่ ความหนาแน่นปรากฏ 2.56 มิลลิลิตร/กรัม และปริมาณ  
ผลผลิตร้อยละ 40.14 ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรสโดยรวม รสหวาน และ  
ความชอบโดยรวม 6.8 6.0 6.2 และ 6.3 ตามลำดับ และคะแนนความรู้สึกของรสหวานอยู่ในเกณฑ์พอดี ค่าคุณภาพ  
ของน้ำตาลโตนดผงที่พัฒนาได้ คือ ความหนาแน่นปรากฏ เท่ากับ 3.32 มิลลิลิตร/กรัม, ค่าความสามารถในการ  
ละลาย เท่ากับ 2.25 นาที่, ค่า  $a_w$  เท่ากับ 0.23, ปริมาณความชื้น ร้อยละ 2.23, ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ไม่เกิน  
 $1 \times 10^3$  โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม, ปริมาณยีสต์ และรา น้อยกว่า 10 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม, ค่าความเป็นกรด  
- ต่าง เท่ากับ 6.02, ค่าความสว่าง เท่ากับ 70.50, ค่าสีเขียว เท่ากับ -2.16, ค่าสีน้ำเงิน เท่ากับ -0.35 และจากนั้น  
นำไปหาอัตราส่วนในการละลายของน้ำตาลโตนดผงกับน้ำเปล่า พบว่า อัตราส่วนที่ผู้บริโภคชอบมากที่สุด คือ  
น้ำตาลโตนดผง : น้ำ เท่ากับ 1:5 จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค พบว่าผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำตาล  
โตนดผง ร้อยละ 68 และผู้บริโภคร้อยละ 83 มีความสนใจที่จะซื้อผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดผง ในราคา 10 บาทต่อ  
ซอง (20 กรัม)

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Piyaporn Kamparnon 2014: Product Development of Encapsulation Palm Sugar Powder. Master of Science (Agro-Industrial Product Development), Major Field: Agro-Industrial Product Development, Department of Product Development. Thesis Advisor: Associate Professor Sombat Khotavivatana, M.Sc. 96 pages.

The objectives of this research were 1) studied the suitable condition to produce palm sugar powder by spray dryer, 2) studied optimal type and concentration of wall material for encapsulating palm sugar powder. The suitable condition of palm sugar powder production was investigated with variables inlet air temperature (130, 150 and 170 °C) and Maltodextrin DE10 concentration (10, 15 and 20%). The results showed that Maltodextrin DE10 at 20% concentration and inlet air temperature of 150 °C gave palm sugar powder with quality values of; lightness (L\*), greenness (-a\*), and blueness (-b\*) of 73.80, -2.34, and -2.66, respectively,  $a_w$  of 2.72, 0.29% moisture content, solubility of 1.48 minutes, bulk density of 2.56 mL/g., 24.46% yield and liking score of appearance, overall flavor, sweetness and overall liking of 6.2 5.9 5.8 and 5.6 points respectively and sweetness was just about right. Then type and concentration of wall material suitable to encapsulate palm sugar powder was studied, the variables including types of wall material (Maltodextrin DE18 and Gum Arabic) and concentration of wall material (0.25, 0.50 and 0.75% of the weight of Maltodextrin DE10). The results showed that encapsulation with Maltodextrin DE18 at 0.50% concentration gave palm sugar powder with color values L\*,a\*,b\* of 68.86, -1.82, and -2.39, respectively,  $a_w$  of 0.23, 2.23% moisture content, solubility of 2.07 minutes, bulk density of 2.56 mL/g., 40.14% yield, and liking score of appearance, overall flavor, sweetness and overall liking were 6.8 6.0 6.2 and 6.3, respectively, and sweetness was just about right. The qualities of the developed palm sugar powder were bulk density of 3.32 mL/g., solubility of 2.25 minutes,  $a_w$  of 0.23, 2.23% moisture content, total microbial count was less than  $1 \times 10^3$  CFU/g, yeast and mold was less than 10 CFU/g, pH of 6.02, lightness of 70.50, greenness of -2.16 and blueness of -0.35. Later, the ratio of palm sugar powder:water was studied. The ratio of palm sugar powder:water of 5:1 was the ratio that consumer liked the most. Consumer acceptance test showed that consumer 68% accepted palm sugar powder, and 83% of them were interested in buying palm sugar powder at 10 baht per 1 pack (20 g).

\_\_\_\_\_  
Student's signature

\_\_\_\_\_  
Thesis Advisor's signature

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จเรียบร้อยได้ด้วยดี เพราะได้รับความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายฝ่าย ที่ยินดีให้คำปรึกษา ให้คำแนะนำ รวมถึงอำนวยความสะดวกในการดำเนินงานเป็นอย่างดี

ข้าพเจ้า ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์สมบัติ ขอทวีวัฒนา ประธานกรรมการที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์หลักและ ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิชฐิตา จันทราพรชัย กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้คำแนะนำในระหว่างการทำวิจัยมาโดยตลอด ตลอดจนตรวจสอบและแก้ไขเพื่อให้ วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่กรุณาให้คำแนะนำ และแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้การอุปการะและสนับสนุนกำลังทรัพย์ และกำลังใจที่ ดีมาโดยตลอด ตลอดจนเพื่อนๆ พี่น้อง ในภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ทุกคน และเจ้าหน้าที่ประจำ ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ ที่ได้ให้คำแนะนำและการช่วยเหลือ ตลอดจนการเอื้ออำนวยความสะดวก ด้วยดี

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอขอบคุณงามความดีของวิทยานิพนธ์เล่มนี้ให้แก่ครูบาอาจารย์ที่ประสิทธิ์ ประสาทวิชาความรู้ ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน หากเกิดการผิดพลาดประการใดอันเกิดจากตัว ข้าพเจ้า ข้าพเจ้าขอน้อมรับแต่เพียงผู้เดียว และขออภัยมา ณ ที่นี้

ปิยาภรณ์ คำภานนท์

มิถุนายน 2557

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	38
อุปกรณ์	38
วิธีการ	40
ผลและวิจารณ์	49
สรุปและข้อเสนอแนะ	74
สรุป	74
ข้อเสนอแนะ	75
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	76
ภาคผนวก	82
ภาคผนวก ก แบบสอบถามผู้บริโภคและแบบประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	83
ภาคผนวก ข วิธีการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์	89
ภาคผนวก ค การคำนวณต้นทุนการผลิตรวมของผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดผง	91
ภาคผนวก ง เกณฑ์การพิจารณาน้ำตาลโตนดผง	94
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	96

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การใช้มอลโทเดกซ์ทรินในอาหารประเภทต่างๆ	24
2	ค่าการละลายของมอลโทเดกซ์ทรินในน้ำอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส	25
3	เทคนิคการห่อหุ้มที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร	27
4	ลักษณะของวัสดุห่อหุ้มที่นิยมใช้	30
5	ข้อดีและข้อเสียของเทคนิคการทำแห้งแบบพ่นฝอย	33
6	ค่าคุณภาพทางเคมีและกายภาพของน้ำตาลโตนดก่อนทำแห้ง	49
7	ค่าคุณภาพของน้ำตาลโตนดผงที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยที่สภาวะต่างๆ	51
8	ค่าคุณภาพของสารละลายจากน้ำตาลโตนดผงที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยที่สภาวะต่างๆ	54
9	คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำตาลโตนดผงที่เติมมอลโทเดกซ์- ทริน DE10 ปริมาณร้อยละ 20 ที่อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าแตกต่างกัน	56
10	ความถี่ร้อยละของคำตอบระดับความพอดี 3 ระดับของความหวานของน้ำตาลโตนด ผงที่เติมมอลโทเดกซ์ทริน DE10 ปริมาณร้อยละ 20 ที่อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าแตกต่าง กัน	57
11	ค่าคุณภาพของตาลโตนดผงที่ผ่านกระบวนการห่อหุ้มโดยใช้สารห่อหุ้มมอลโทเดกซ์- ทริน DE18 และกัมอะราบิก ที่ปริมาณต่างๆ	58
12	ค่าคุณภาพของสารละลายจากตาลโตนดผงที่ผ่านกระบวนการห่อหุ้มโดยใช้สารห่อหุ้ม มอลโทเดกซ์ทริน DE18 และกัมอะราบิก ที่ปริมาณต่างๆ	60
13	คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำตาลโตนดผงที่ใช้สารห่อหุ้ม มอลโทเดกซ์ทริน DE18 ปริมาณร้อยละ 0.50 และสารห่อหุ้มกัมอะราบิก ปริมาณร้อย ละ 0.75	62
14	ความถี่ร้อยละของคำตอบระดับความพอดี 3 ระดับ ของความหวานของน้ำตาลโตนด ผงที่ใช้สารห่อหุ้มมอลโทเดกซ์ทริน DE18 ปริมาณร้อยละ 0.50	63

### สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
15	ค่าคุณภาพของน้ำตาลโตนดผง	64
16	ค่าคุณภาพของสารละลายจากน้ำตาลโตนดผง	65
17	คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของอัตราส่วนในการละลายของผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนด	66
18	คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนด	67
19	ลักษณะทางประชากรศาสตร์ของกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมาย	69
20	พฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดผง	70
21	การยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดผง	72
22	ความชอบต่อผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดผง	72
23	การตัดสินใจซื้อของผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดผง	73
24	ราคาวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำตาลโตนดผง 100 กรัม โดยการทำแห้งแบบพ่นฝอย	92

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 ต้นตาลโตนด	5
2 น้ำตาลโตนดหรือน้ำตาลสด	9
3 ต้นตาลโตนดตัวเมีย	11
4 ไม้คอบตาลสำหรับต้นตาลโตนดตัวเมีย	11
5 งวงตาลจากต้นตาลโตนดตัวผู้	12
6 ไม้คอบตาลสำหรับต้นตาลโตนดตัวผู้	13
7 เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray dryer)	15
8 หัวฉีด (Atomizer)	19
9 โครงสร้างโมเลกุลบางส่วนของกัมอะราบิก	31
10 โครงสร้างทางเคมีของมอลโทเดกซ์ทรีน	32
11 ผงน้ำตาลโตนดที่มีปริมาณมอลโทเดกซ์ทรีน DE10 (10, 15 และ 20%) และอุณหภูมิ ลมร้อนขาเข้า (130, 150 และ 170 °C)	50
12 น้ำตาลโตนดผงที่ผ่านกระบวนการห่อหุ้มโดยใช้มอลโทเดกซ์ทรีน DE18 และกัมอะรา บิก (GA) เป็นสารห่อหุ้มที่ปริมาณต่างๆ (0.25, 0.50 และ 0.75%)	61

## การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดผงแบบห่อหุ้ม

### Product Development of Encapsulation Palm Sugar Powder

#### คำนำ

น้ำตาลโตนดหรือน้ำตาลสด เป็นน้ำหวานที่ได้จากช่อของต้นตาลโตนด มีกลิ่นรสหอมหวาน เฉพาะตัวตามธรรมชาติ คนไทยนิยมบริโภคเป็นเครื่องดื่ม มีคุณค่าทางโภชนาการเป็นแหล่งพลังงาน ช่วยลดความกระหาย และให้ความชุ่มชื้นคอได้เป็นอย่างดี โดยมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ร้อยละ 11.53 โปรตีน ร้อยละ 0.048 กรดทั้งหมด ร้อยละ 0.23 และเถ้า ร้อยละ 0.2 (สำนักงานเกษตร จังหวัดสงขลา, 2542) น้ำตาลโตนดได้จากช่อดอกส่วนที่เรียกว่า “วงตาล” จากต้นตาลตัวผู้และ “ปลีตาล” จากต้นตาลตัวเมีย น้ำหวานที่กรองได้มานั้นจะเรียกว่า น้ำตาลใสหรือน้ำตาลสด ช่วงเวลาเก็บเกี่ยวน้ำตาลโตนดอยู่ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมีนาคม โดยจะทำการเก็บเกี่ยวได้วันละ 2 ครั้ง คือ ช่วงเช้ามีดและช่วงเย็น โดยเฉลี่ยแล้วต้นตาลตัวเมียจะให้ผลผลิตน้ำตาลโตนดวันละ 4 ถึง 5 ลิตร ต่อต้น ส่วนต้นตาลตัวผู้หนึ่งต้นจะให้ผลผลิตน้ำตาลโตนดวันละ 3 ลิตรต่อต้น ส่วนใหญ่เกษตรกรจะเก็บเกี่ยวจากต้นตาลตัวผู้ จะปล่อยให้ปลีตาลจากต้นตาลตัวเมียออกเป็นผล การร่อนน้ำตาลโตนดจะใช้กระบอกไม้ไผ่ที่ผ่านการรมควันมาร่อนน้ำตาลโตนดที่ได้จากวงตาล โดยเอากระบอกไม้ไผ่ที่ร่อนนั้นใส่ไม้พยอม ตัดเป็นชิ้นเล็กๆ ขนาด 3 ถึง 5 กรัม ซึ่งจะช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เพื่อชะลอการเสื่อมเสียของน้ำตาลโตนด

ปัญหาสำคัญของน้ำตาลโตนด คือ น้ำตาลโตนดจะเสื่อมเสียง่ายภายในหนึ่งวัน ดังนั้นจึงมีการแปรรูปน้ำตาลโตนดเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาของน้ำตาลโตนด เช่น น้ำตาลสดสเตอร์ไลส์ น้ำตาลป๊อป น้ำตาลปึก เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีข้อเสียคือ เปลือกเนื้อที่ในการเก็บรักษาและไม่สะดวกในการขนส่งเนื่องจากผลิตภัณฑ์นั้นมีน้ำหนักมาก นอกจากนั้นน้ำตาลปึกยังมีกลิ่นรสเฉพาะตัวซึ่งเปลี่ยนไปจากกลิ่นรสเดิมของน้ำตาลโตนด (สุธรรมมา, 2547) และยังมีผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากน้ำตาลโตนดในแบบชาวบ้าน คือ น้ำตาลผง แต่เป็นน้ำตาลโตนดเข้มข้นผสมกับน้ำตาลทรายขาว โดยนำมาเคี้ยวจนงวดและใช้ไม้ยัดจนแห้ง แล้วนำมาร่อนตะแกรงจะได้น้ำตาลโตนดผง และในงานวิจัยได้มีการนำน้ำตาลโตนดมาทำเป็นผงโดยใช้เทคนิคการทำแห้งแบบพ่นฝอย ข้อดีของเทคนิคนี้ คือ ได้ผลิตภัณฑ์ที่ไม่เปลืองเนื้อที่ในการเก็บรักษา และการขนส่งสะดวก น้ำหนักเบา ส่วนข้อเสียนั้น คือ จะไม่ได้น้ำตาลโตนดแท้ ซึ่งทำให้ไม่มีกลิ่นรสของน้ำตาลโตนดเหมือนน้ำตาลโตนดสด

ดังนั้นโครงการวิจัยนี้ จึงมีจุดมุ่งหมายที่จะศึกษากระบวนการผลิตน้ำตาลโตนดผงโดยวิธีการ  
ห่อหุ้ม และอบแห้งโดยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Dryer) ซึ่งจะใช้สารห่อหุ้มที่เหมาะสมใน  
การห่อหุ้ม โดยจะใช้สารห่อหุ้มชนิดคาร์โบไฮเดรตในการห่อหุ้ม และศึกษาอิทธิพลของสารห่อหุ้มใน  
วิธีการห่อหุ้ม ของน้ำตาลโตนด ต่อลักษณะทางกายภาพ เคมี และการทดสอบทางประสาทสัมผัสของ  
น้ำตาลโตนดผง



## วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการผลิตน้ำตาลโตนดผงโดยการทำแห้งแบบพ่นฝอย
2. เพื่อศึกษาชนิดและปริมาณของสารห่อหุ้มที่เหมาะสมที่ใช้ในการห่อหุ้ม
3. เพื่อศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดผงที่ผ่านการห่อหุ้ม
4. เพื่อทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อน้ำตาลโตนดผงที่ผ่านการห่อหุ้ม



## การตรวจเอกสาร

### 1. น้ำตาลโตนด

#### 1.1 ลักษณะทั่วไปและถิ่นกำเนิด

ต้นตาลโตนด มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Borassus flabellifer* L. เป็นพืชในตระกูลปาล์ม (Palm) มีชื่อสามัญภาษาอังกฤษว่า Palmyra Palm หรือ Lontar หรือ Fan Palm เป็นน้ำหวานที่ได้จากช่อดอกของต้นตาลโตนดมีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปแอฟริกาตะวันออก ต่อมาได้แพร่พันธุ์เข้าไปในอินเดีย ศรีลังกา และกลุ่มประเทศในแถบเอเชีย ปัจจุบันมีมากในแถบทวีปเอเชีย อินเดีย ศรีลังกา พม่า กัมพูชา มาเลเซีย อินโดนีเซีย และไทย สำหรับประเทศไทยพบมากในพื้นที่เขตภาคกลางในแถบจังหวัดเพชรบุรี สุพรรณบุรี นครปฐม และภาคใต้แถบจังหวัดสงขลา เป็นต้น ในประเทศไทยมีชื่อหลายชื่อคือในภาคกลางเรียกว่า “ต้นตาลโตนด” หรือเรียกสั้นๆ ว่า “ต้นตาล” ภาคใต้เรียกว่า “ตาลโตนด” หรือ “ต้นโหนด” ชาวจังหวัดยะลาหรือปัตตานีเรียกว่า “ปอเกาะตา”

ตาลโตนดเป็นพืชตระกูลปาล์มใบพัดชนิดหนึ่ง ชอบอากาศร้อน ชอบขึ้นในดินทรายหรือดินปนทราย เช่น ตามทุ่งนาตาลโตนดก็เจริญงอกงามดีในที่ดินทรายน้ำกร่อยขึ้นถึง ก็จะยิ่งโตเร็วและมีน้ำหวานจัด นอกจากนี้ยังชอบขึ้นในที่ไม่มีพืชปกคลุม เป็นพืชที่เจริญเติบโตได้ดีในสภาพค่อนข้างแห้งแล้งไม่ชอบดินกรดแต่ก็เจริญเติบโตในที่ชุ่มชื้นได้

#### 1.2 ลักษณะทางสรีรวิทยาและนิเวศวิทยาของตาลโตนด

ลำต้นตาลโตนดเป็นพืชลำต้นเดี่ยว (Single Stem) เป็นพืชที่มีลำต้นจากพื้นดินเพียงต้นเดียวไม่มีหน่อ ลำต้นมีขนาดใหญ่มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2 ½ ฟุต ลำต้นตรงกลมผิวดำเก๋ริยมเป็นเส้นแข็งเหนียว ไม่หักง่ายเนื้อแข็งอยู่ภายนอกแล้วค่อย ๆ อ่อนเข้าสู่ภายในลำต้นเป็นพันธุ์ไม้ที่เจริญภายในส่วนที่อกเติบโตอยู่ภายในลำต้น

ตาลโตนดเป็นพันธุ์ปาล์มที่มีลักษณะลำต้นสูงชะลูดลำต้นมีความสูงโดยปกติ 18 - 25 เมตร (บางต้นอาจสูงถึง 30 เมตร) ลำต้นตรงหรือโค้งเล็กน้อย โคนต้นอวบใหญ่วัดโดยรอบได้ประมาณ 1 เมตร เมื่อวัดที่ความสูงจากพื้นดินตั้งแต่ความสูงประมาณ 4 เมตร ลำต้นจะเริ่มเรียวยาง

และวัดโดยรอบได้ประมาณ 40 เซนติเมตร ที่ระยะความสูงประมาณ 10 เมตร นับจากพื้นดินลำต้นจะเริ่มขยายออกใหม่จนวัดได้โดยรอบได้ประมาณ 50 เซนติเมตร และขนาดนี้ไปจนถึงยอด เปลือกลำต้นขรุขระและมีสีซี้ถ้าเป็นวงซ้อน ๆ กัน ลำต้นจะมีใบที่บริเวณเกือบถึงยอด



ภาพที่ 1 ต้นตาลโตขนาด

ที่มา: สำนักงานเกษตรจังหวัดเพชรบุรี (2545)

ใบลักษณะใบตาลโตขนาดว่ามีลักษณะยาวใหญ่ เป็นรูปพัด (Flobellate หรือ Fan Leaf หรือ Palmate Leaf) ใบจะมีใบย่อย เรียกว่า Segment ซึ่งจะแตกออกจากจุดๆ เดียวกันที่ปลายก้านใบ ตามขอบทางจะมีหนามที่สีดำติดอยู่

ยอดตาลประกอบด้วย ใบตาลประมาณ 25 – 40 ใบ ซึ่งขึ้นอยู่กับอายุตาล ใบมีสีเขียวเข้มเป็นรูปวงกลม รัศมีประมาณ 4 เมตร ถ้าตาลต้นโตไม่ได้ใช้ใบเป็นประโยชน์ปล่อยให้ทิ้งไว้จนกระทั่งใบแก่มีสีน้ำตาลอ่อน และจะห้อยแนบลำต้น คลุมบริเวณคอตาลเป็นรัศมีครึ่งวงกลม ความกว้างของใบวัดได้ 50 – 70 เซนติเมตร ใบแต่ละใบอายุไม่เกิน 3 ปี ตาลโตขนาดต้นหนึ่งๆ สามารถให้ใบตาลได้ 12 – 15 ใบ ต่อปี ส่วนที่เป็นทางตาลบางที่อาจยาวถึง 2 เมตร ทางตาลนี้จะหนาโค้งตามความยาวมีหนามแหลมรอบทั้งสองด้าน ลักษณะเป็นพื้นเลื่อยขนาดไม่สม่ำเสมอ ต้นตาลโตขนาดจะผลิตใบได้ 1 ใบ ใช้เวลาประมาณ 2 เดือน

รากตาลสามารถหาอาหารได้มาก รากเป็นเส้นใยกลมยาว เป็นกระจุกคล้ายมะพร้าวแต่หยั่งลึกลงไปใต้ดินและไม่แผ่ไปตามผิวดินเหมือนรากมะพร้าว ฉะนั้นจึงไม่รบกวนต้นข้าว เมื่อปลูกลงบนคันนา รากของตาลโตนดสามารถหยั่งลงไปใต้ดินได้ลึกมาก จึงยึดกับดินได้ดี โอกาสที่จะโคนล้มหรือถอนรากเป็นไปได้น้อย จึงปลูกเพื่อเป็นหลักในการแบ่งเขตของคันนาหรือเพื่อเสริมความแข็งแรงให้กับดินในบริเวณทำการท่อน้ำเข้านา

ดอกตาลโตนดเป็นพืชที่ต้นตัวผู้กับต้นตัวเมียแยกกัน ช่อดอกของต้นตัวผู้แตกแขนงออกเป็น 2 – 4 งวงต่อกันช่อยาววงละประมาณ 30 – 40 เซนติเมตร ในแต่ละวงจะมีดอกเล็กๆ ต้นตัวผู้หนึ่งต้น จะมีช่อดอก 3 – 9 ช่อ ส่วนตัวเมียจะออกช่อดอก มีประมาณ 10 ช่อขนาดเล็กและชุ่มหวานกว่าช่อดอกจากต้นตัวผู้ ทั้งต้นตัวผู้และต้นตัวเมียจะทยอยออกช่อดอก แม้จะมีจำนวนน้อยแต่ก็สามารถเก็บร่อน้ำตาลได้ตลอดปี

ผลตาลโตนดจะให้ดอกให้ผลหลายครั้งจนกว่าจะแก่ตายไป ผลอ่อนมีสีเขียวติดอยู่บนทะลายคล้ายมะพร้าว ผลแก่จัดมีสีน้ำตาลเข้มหรือสีดำเป็นมัน ผลโตขนาดเท่าผลส้มโอภายในเป็นเส้นละเอียดเมื่อสุกจะเป็นสีเหลืองแก่ เนื้อประกอบด้วยแป้งและน้ำตาล ทะลายหนึ่งมีประมาณ 10 – 15 ผล ผลหนึ่งจะมีเมล็ด 1 – 4 เมล็ด อยู่ภายใน จะมีลักษณะแบนๆ ยาวประมาณ 3 นิ้ว กว้าง 2 นิ้ว และหนาประมาณ 1/2 นิ้ว

1.3 ส่วนประกอบของผลแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

1.3.1. Exocarp เป็นเปลือกชั้นนอก

1.3.2. Mesocarp เป็นส่วนประกอบของเส้นใยสด

1.3.3. Endocarp เป็นเปลือกหรือกะลาแข็งหุ้มเมล็ดไว้

ตาลโตนดสืบพันธุ์จากเมล็ดอย่างเดียวทำได้โดยนำเมล็ดแก่ที่ตกอยู่ตามโคนต้นมาฝังดิน ลึกประมาณ 10 เซนติเมตรหลังจากนั้น 2 – 3 เดือนก็จะเริ่มงอกในปีแรก การเจริญเติบโตของตาลโตนดจะเป็นไปอย่างช้า ๆ โดยเฉลี่ยแล้วปีหนึ่งจะมีใบใหม่เพิ่มขึ้นเพียง 1 ใบเท่านั้น เมื่อตาลโตนดอายุ 5 – 6 ปี ลำต้นจะสูงเพียง 1 เมตร หลังจากระยะนี้จะเป็นลำต้นยึดตัวสูงขึ้นปีละ 1 เมตร หลังจากระยะนี้จะเป็นลำต้นยึดตัวจะสูงขึ้นปีละ 30 เซนติเมตร ดังนั้นตาลโตนดอายุ 10 – 15 ปี จะสูงเพียง 4 – 5 เมตร ถือว่าเป็นระยะเริ่มให้ดอก ผลนักวิจัยเชื่อว่าตาลโตนดให้ผลครั้งแรก

อายุ 15 – 20 ปี แต่ชาวบ้านเชื่อว่าตาลโตนดจะให้ผลครั้งแรก เมื่ออายุ 15 ปี บางที่ลดลงมาเหลือ 12 ปี ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความอุดมสมบูรณ์ของดิน

การงอกเชื้อหุ้มเมล็ดหรือหน่อ (Opocolon) จะเจริญข้างล่างขณะที่ใบแรกของผลจะงอกออกมา จากนั้นส่วนที่สะสมอาหารภายในเมล็ดก็จะถูกย่อยเป็นคาร์โบไฮเดรตอย่างง่าย โดยส่วนที่สะสมอาหารของใบเลี้ยงและคาร์โบไฮเดรตก็จะถูกนำไปสร้าง Plunule และรากแขนงให้เจริญเติบโตขึ้น

แมนโนเซลลูโลส (Mannocellulose) ของส่วนที่สะสมอาหารภายในเมล็ด มาจากการเปลี่ยนรูปของน้ำตาลกลูโคสโดยอาศัยน้ำตาลแมนโนสเข้าช่วยแต่การทดลองนี้ได้กระทำระหว่างที่วิทยาการเกี่ยวกับแอนไซม์ไม่เจริญก้าวหน้า จึงควรกระทำการยืนยันผลอีกครั้งหนึ่ง โดยใช้เทคนิคสมัยใหม่

กีย์ (2527) รายงานว่า มีการใช้ลำต้นไปทำเครื่องใช้ เครื่องเรือน การก่อสร้าง เชื้อเพลิง แป้งสาकु กาว และใช้ทำที่เกาะของหอยนางรม รากใช้เป็นยาขับปัสสาวะ และตาลขโมย ทางตาลใช้เป็นเส้นใยทำเชือก เครื่องจักสานและใช้ทำรั้วคอกสัตว์เชื้อเพลิง ใบตาลใช้ทำเครื่องพัด จักสาน ใช้เป็นปุ๋ยพืชสด หรือเผาเป็นถ่านใช้ในแปลงนาเนื่องจากมีธาตุโพแทสเซียมสูงช่อดอกใช้ผลิตน้ำหวานนำมาทำเป็นน้ำผึ้ง น้ำตาลปึก น้ำตาลแว่น เครื่องดื่ม น้ำส้มสายชู ผลอ่อนใช้ทำอาหารควา ผลแก่ใช้บริโภคสด เชื่อมบรรจุกระป๋อง ผลแก่ส่วนเนื้อ (Mesocarp) มีสีเหลืองสดนำมาคั้นเอาเส้นใยออก มีกลิ่นหอมใช้ปรุงขนมหวาน เมล็ดใช้เฉพาะจาวตาลหรือใช้เป็นอาหารสัตว์ ตากแห้งทำเชื้อเพลิง และเมื่อตาลโตนดมีอายุ 12 – 15 ปี สามารถเริ่มร่อนน้ำหวานมาทำน้ำตาลโตนดอาจเริ่มปาดตาลเมื่อมีดอกเป็นปีแรก แต่จะได้น้ำหวานในปริมาณน้อยปริมาณความหวานอยู่ระหว่าง ร้อยละ 9 – 16.5 ตาลต้นหนึ่งร่อนน้ำหวานได้ติดต่อกันนาน 22 เดือน เป็นอย่างน้อย และร่อนน้ำหวานได้ทุกปีติดต่อกัน 3 – 4 ช่วงอายุคนหรือประมาณ 80 ปี

ปัจจุบันยังไม่มีผู้ใดทราบสาเหตุการตายของตาลโตนด และกล่าวสนับสนุนว่าตาลโตนดตายเนื่องจากลำต้นของมันเองอย่างไรก็ตามยังไม่ทราบลักษณะทางสรีรวิทยาของตาลโตนดที่เข้าสู่ระยะแก่ หรือเสื่อมสลายนั้นเป็นอย่างไร

#### 1.4 พันธุ์ตาลโตนด

พันธุ์ตาลโตนด (สำนักงานเกษตรจังหวัดเพชรบุรี, 2545) ที่นิยมปลูกมี 3 พันธุ์ด้วยกันคือ

1.4.1 ตาลพันธุ์หม้อ เป็นตาลที่มีลำต้นแข็งแรงถ้าดูจากลำต้นภายนอกไม่สามารถแยกได้ว่าเป็นตาลพันธุ์อะไร นอกจากต้นนั้นจะให้ผลแล้ว ตาลหม้อเป็นตาลที่ให้ผลใหญ่ผิวดำเป็นมันเรียบแทบจะไม่มีสีอื่นปน เวลาผลแก่มีรอยขีดตามแนวยาวของผลเปลือกหนาในผลจะมี 2 - 4 เมล็ด ใน 1 ทะลายจะมีประมาณ 10 - 20 ผล ส่วนใหญ่จะให้ผลเมื่ออายุ 10 ขึ้นไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของดิน

1.4.2 ตาลพันธุ์ไข่ ลำต้นแข็งแรงลูกมีขนาดเล็กสีค่อนข้างเหลืองแบ่งออกเป็น 2 ชนิดด้วยกัน ไข่เล็ก ผลค่อนข้างเล็กใน 1 ทะลายจะมีผล 20 - 30 ผล เนื่องจากผลเล็ก จึงทำให้เต้ามีขนาดเล็กตามไปด้วย จะให้ผลเมื่ออายุ 10 ปีขึ้นไป และไข่ใหญ่ ผลมีขนาดใหญ่กว่าไข่เล็ก สีค่อนข้างเหลืองใน 1 ทะลายจะมีผล 10 - 20 ผล เต้ามีขนาดใหญ่กว่าไข่เล็ก 1 ผล จะมี 2 - 3 เต้า จะให้ผลเมื่ออายุ 10 ปีขึ้นไป

1.4.3 ตาลพันธุ์ลูกผสม ลำต้นตรงใหญ่แข็งแรง ลูกค่อนข้างใหญ่เกือบเท่าตาลพันธุ์หม้อ สีดำผสมน้ำตาล (เหลืองดำ) ในผลจะมี 2 - 3 เต้า ให้ผลประมาณ 15 - 20 ผลต่อทะลายเป็นตาลที่มีจำนวนมากที่สุดในจังหวัดเพชรบุรี ส่วนใหญ่จะให้ผลเมื่ออายุ 15 ปีขึ้นไป

#### 1.5 น้ำตาลโตนดหรือน้ำตาลสด

น้ำตาลโตนด หรือน้ำตาลสด (Palm Sugar) มีกลิ่นรสที่หอมหวานเฉพาะตัวตามธรรมชาติ คนไทยนิยมบริโภคเป็นเครื่องดื่ม น้ำตาลโตนดหรือน้ำตาลสด ได้จาก “ งวงตาล ” ซึ่งได้จากต้นตาลตัวผู้ และ “ ปลีตาล ” ซึ่งได้จากต้นตาลตัวเมีย ต้นตาลตัวผู้และต้นตาลตัวเมียจะให้น้ำหวานได้ทั้งคู่ โดยมีวิธีการเก็บเกี่ยวคล้ายกัน แต่จะต่างกันเฉพาะไม้ที่ใช้ในการนวดวงตาลและปลีตาล ซึ่งต้นตาลตัวผู้จะใช้ไม้ขนาดที่แบนกว่าต้นตาลตัวเมีย โดยไม้ที่ใช้เรียกว่า “ ไม้คาบตาล ” และน้ำหวานที่รองได้จากวงตาลและปลีตาล เรียกว่า น้ำตาลโตนดหรือน้ำตาลสด นั้นเอง



ภาพที่ 2 น้ำตาลโตนดหรือน้ำตาลสด

ที่มา: สำนักงานเกษตรจังหวัดเพชรบุรี (2545)

น้ำตาลโตนดหรือน้ำตาลสด (Palm Sugar) นอกจากจะเป็นเครื่องดื่ม ยังมีคุณค่าทางโภชนาการและยังเป็นแหล่งพลังงาน ยังช่วยลดความกระหายและให้ความชุ่มชื้นคอได้เป็นอย่างดี ซึ่งมีส่วนประกอบทางอาหารที่สำคัญ คือ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดร้อยละ 11.53 โปรตีนร้อยละ 0.048 กรดทั้งหมดร้อยละ 0.23 และเถ้าร้อยละ 0.2 เป็นต้น (สำนักงานเกษตรจังหวัดสงขลา, 2542)

ผลการศึกษากองกี๋ (2527) พบว่า น้ำตาลโตนดหรือน้ำตาลสด มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 16 องศาบริกซ์ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ประมาณร้อยละ 16.8 น้ำตาลรีตีวซึ่งร้อยละ 1.8 และน้ำตาลซูโครสร้อยละ 15.0 นอกจากนี้ยังมีองค์ประกอบดังนี้ ความถ่วงจำเพาะที่ 29 องศาเซลเซียส ประมาณ 1.058 – 1.077 ปริมาณของแข็งทั้งหมด ประมาณ 15.0 – 19.7 กรัม / 100 มิลลิลิตร เถ้า ประมาณ 0.11 – 0.41 กรัม / 100 มิลลิลิตร โปรตีน ( $N \times 6.25$ ) ประมาณ 0.23 – 0.32 กรัม / 100 มิลลิลิตร

น้ำตาลโตนดหรือน้ำตาลสด (Palm Sugar) ทำการเก็บเกี่ยวโดยใช้ไม้คานตาล (ต้นตัวผู้) ปีบวงตาลเบาๆ วันละครึ่ง ทำติดต่อกัน 3 – 4 วัน หักปลายวงทิ้งประมาณ 1 นิ้ว ใส่กระบอกล้างน้ำทิ้งไว้ประมาณ 3 คืน เช้าวันที่ 4 ให้เทน้ำในกระบอกลอก แล้วทิ้งไว้อีก 1 คืน แล้วทำการปาดน้ำตาลโดยทำในตอนเช้า ถ้ามีน้ำไหลซึมออกมาไม่หยุด แสดงว่าได้น้ำตาลโตนดหรือน้ำตาลสดจากวงตาลแล้ว และรองรับน้ำหวานที่หยดจากวงตาลด้วยกระบอกล้อมไม้ไผ่ ซึ่งในกระบอกล้อมไม้ไผ่นั้นต้องผ่าน

การรมควันเพื่อฆ่าเชื้อ แล้วนำมากรองน้ำหวานที่วงตาล โดยในกระบอกไม้ไผ่ที่รอนั้นจะใส่ไม้พยอม (*Shorea Floribunda*) หรือไม้เคี่ยม (*Cylylelobium Lanceolatum*) ที่ตัดออกเป็นชิ้นๆ ขนาด 3 – 5 กรัม ซึ่งจะช่วยป้องกันและยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เพื่อชะลอการเสื่อมเสียของน้ำตาล โตนด ขณะที่แขวนกระบอกไม้ไผ่กรองรับน้ำตาลโตนดที่ไหลซึมออกมาจากวงตาล ส่วนใหญ่เกษตรกร จะทำการเก็บน้ำตาลโตนดจากต้นตาลตัวผู้ ไม่นิยมเก็บน้ำหวานจากต้นตัวเมีย ส่วนใหญ่จะปล่อยให้ ต้นตาลตัวเมียออกจั่นติดผลเพื่อเก็บผลตาลเป็นทะเลายมากกว่า

ช่วงการเก็บเกี่ยวน้ำตาลโตนดหรือน้ำตาลสด อยู่ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ ถึงปลายเดือน พฤษภาคม ประมาณ 120 วัน โดยจะเก็บวันละ 2 ครั้ง คือ ในช่วงเช้ามืดและช่วงบ่าย หลังจากเดือน พฤษภาคมเกษตรกรจะหยุดทำการเก็บเกี่ยว เนื่องจากเป็นช่วงหน้าฝน มีฝนตกชุก พะอง (ไม้ที่ใช้ปั่น ต้นตาลโตนด ซึ่งทำจากไม้ไผ่ทั้งลำต้นแล้วตัดไม้ให้เป็นชิ้น สามารถใช้เหยียบขึ้นไปได้) ที่ใช้ขึ้นต้น ตาลโตนดจะสิ้นและเป็นอันตรายต่อเกษตรกร และยังเป็นช่วงที่ต้นตาลโตนดให้ผลผลิตน้อยลง ซึ่งโดย เฉลี่ยต้นตาลโตนดตัวเมีย 1 ต้น จะให้น้ำตาลโตนดหรือน้ำตาลสดวันละ 4 – 5 ลิตรต่อต้น ส่วนต้น ตาลโตนดตัวผู้ 1 ต้น จะให้น้ำตาลโตนดหรือน้ำตาลสดวันละ 3 ลิตรต่อต้น

#### 1.5.1 ต้นตาลโตนดตัวเมีย

วิธีการเก็บน้ำตาลโตนดจากต้นตาลโตนดตัวเมียมีวิธีเก็บโดยใช้ไม้คาบตาลที่มี ลักษณะไม้กลม 2 ท่อน ยาวประมาณท่อนละ 1.50 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลางของไม้คาบตาล ประมาณ 1½ - 2 นิ้ว ส่วนปลายจะเรียวเล็กกว่าเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 นิ้ว ส่วนโคนของไม้ คาบตาลจะผูกติดกันด้วยเชือก นำมาคาบนวดระหว่างลูกตาลอ่อนๆ นวดกลับไปมา 2 - 3 ครั้ง นวด วันละ 1 ครั้ง เช้าหรือเย็น ประมาณ 3 - 4 วัน จึงปาดปลายทะเลายดูว่ามีน้ำตาลออกมาแล้วหรือ ยัง ถ้ามีน้ำตาลออกมาแสดงว่านวดพอแล้วแต่ถ้าน้ำตาลยังไม่ออกมาต้องนวดต่อไป ตาลโตนดตัวเมีย มีการทำตาลอยู่ 2 วิธี วิธีที่ 1 เรียกว่าทำเขี้ยว วิธีนี้ไม่ต้องนำน้ำใส่กระบอกแช่สามารถปาดปล่อย น้ำทิ้งไว้ 2 วัน จึงนำกระบอกรองตาลรองเพื่อรองรับน้ำตาล ส่วนวิธีที่ 2 เมื่อนวดเสร็จจะต้องนำ น้ำที่ชุ่มใส่กระบอกแช่ไว้อีก 2 วัน แล้วจึงถอดกระบอกแช่และทำแบบเดียวกันกับวิธีที่ 1



ภาพที่ 3 ต้นตาลโดนดตัวเมีย

ที่มา: สำนักงานเกษตรจังหวัดเพชรบุรี (2545)



ภาพที่ 4 ไม้คาบตาลสำหรับต้นตาลโดนดตัวเมีย

ที่มา: สำนักงานเกษตรจังหวัดเพชรบุรี (2545)

### 1.5.2 ต้นตาลโตนดตัวผู้

วิธีการเก็บน้ำตาลโตนดจากต้นตาลโตนดตัวผู้มียังวิธีการเก็บคล้ายกับต้นตาลโตนดตัวเมีย โดยเลือกปลีหรือวงตาลที่มีระยะอยู่ใกล้ กันพอที่สามารถมัดรวมกันรองตาลง่ายและสะดวก ใช้มีอูรูดปลีตาลถ้ามีความเหนียว ทำให้รู้ว่าปลีตาลนั้นเมื่อนวดแล้วน้ำตาลจะออกมาก ไม้คาบตัวผู้จะมีลักษณะแบน 2 ท่อนปลายเรียว ส่วนโคนจะมีความกว้างประมาณ 3 นิ้ว ส่วนปลายประมาณ 1 ½ - 2 นิ้ว มัดรวมกันคล้ายไม้คาบตัวเมียวาวประมาณ 1 เมตร การนวดต้องนวดเบาๆ ก่อนเช่นกันจากโคนปลีไปหาปลายปลี ประมาณ 2 ครั้ง นวดวันละ 1 ครั้ง เข้าหรือเย็น ส่วนมากต้นตาลตัวผู้จะนวด 4 - 5 ครั้ง นวดได้ 3 ครั้งหยุดเว้นการนวด 1 ครั้ง และวันที่ 4 - 5 ก็ทำการนวดต่อจนครบ จากนั้นใช้ผิวทางตาลหรือก้านใบตาลมามัดปลีตาลรวบเป็นอันเดียวกัน ทิ้งไว้ 1 คืนจึงทำการแช่เหมือนต้นตาลตัวเมีย เมื่อเตรียมการเรียบร้อยขึ้นไปปาดตาลวันละ 2 ครั้ง เย็นนำกระบอกลงไปรอง เข้าต้องนำกระบอกลงมาเคียวและต้องปาดตาลทุกเช้าเย็น



ภาพที่ 5 วงตาลจากต้นตาลโตนดตัวผู้

ที่มา: สำนักงานเกษตรจังหวัดเพชรบุรี (2545)



ภาพที่ 6 ไม้คานตาลสำหรับต้นตาลโตนดตัวผู้

ที่มา: สำนักงานเกษตรจังหวัดเพชรบุรี (2545)

น้ำตาลโตนดหรือน้ำตาลสด ส่วนใหญ่จะมีปัญหาที่สำคัญ คือ จะเสื่อมเสียง่ายภายในวันเดียว ดังนั้นจึงได้มีการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาของน้ำตาลโตนด ผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจากน้ำตาลโตนด ได้แก่ น้ำตาลสดพร้อมดื่ม น้ำตาลสดสเตอริไลส์ และผลิตภัณฑ์น้ำตาลเข้มข้นที่ได้จากน้ำตาลโตนด ได้แก่ น้ำผึ้ง น้ำตาลปี๊บ น้ำตาลปึก น้ำตาลหวาน และน้ำตาลผง เป็นต้น แต่ผลิตภัณฑ์บางผลิตภัณฑ์จะมีการผสมส่วนผสมลงไป เช่น น้ำตาลทราย ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์นั้นไม่ใช่ น้ำตาลสดแท้ และความหวานที่ได้ก็จะเปลี่ยนไปจากเดิม ส่วนบรรจุภัณฑ์ที่ใช้กับบางผลิตภัณฑ์จากน้ำตาลโตนด เช่น น้ำตาลสดพร้อมดื่ม น้ำตาลปึก เป็นต้น ต้องใช้บรรจุภัณฑ์ขนาดใหญ่ ทำให้เปลืองพื้นที่ในการเก็บรักษา ไม่สะดวกต่อการขนส่งเนื่องจากมีน้ำหนักมาก นอกจากนี้ น้ำตาลปึกจะมีกลิ่นรสเฉพาะตัวซึ่งเปลี่ยนไปจากกลิ่นรสเดิมของน้ำตาลสด ส่วนน้ำตาลผง (น้ำตาลโตนดผงหรือน้ำตาลสดผง) ชาวบ้านจะมีวิธีการทำโดยจะต้มน้ำตาลสดจนเดือดแล้วผสมน้ำตาลทรายขาวลงไป และเคี่ยวจนงวดได้ที่และใช้ไม้ยี่จนแห้ง แล้วนำมาร่อนบดกับตะแกรงให้เป็นผงร่อนออกมาจนได้เป็นน้ำตาลผง (สำนักงานเกษตรจังหวัดสงขลา, 2542)

ดังนั้นแนวทางที่จะแก้ปัญหานั้น คือ การทำน้ำตาลโตนดหรือน้ำตาลสด ให้อยู่ในรูปของผง ซึ่งเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดหรือน้ำตาลสดให้ยังคงเป็นน้ำตาลสดแท้ ยังคงรสชาติหรือกลิ่นเฉพาะของน้ำตาลโตนดหรือน้ำตาลสด และมีขนาดของบรรจุภัณฑ์ที่สะดวกต่อการนำไปใช้ สามารถยืดอายุการเก็บรักษาของน้ำตาลโตนดหรือน้ำตาลสด ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ซึ่งเป็นการเพิ่มทางเลือกให้กับผู้บริโภค และยังเป็น การเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากตาลโตนดอีกด้วย น้ำตาลโตนดชนิดผงมีข้อดี คือ เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นต่ำ น้ำหนักเบา สามารถขนส่งสะดวก การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นั้นทำได้ง่าย สามารถบริโภคเป็นน้ำตาลโตนดหรือน้ำตาลสดพร้อมดื่มได้ทันทีแค่นำผงมาชงละลายกับน้ำเปล่า และอาจจะใช้เป็นสารให้ความหวานแทนน้ำตาลทรายขาวได้อีกด้วย

โดยวิธีการอบแห้งที่ทำให้อาหารเหลวมีลักษณะกลายเป็นผงที่นิยมกันในปัจจุบัน คือ วิธีการอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Dryer) ซึ่งมีข้อดี คือ เวลาที่ใช้ในการอบแห้งสั้น จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ออกมามีคุณภาพใกล้เคียงกับของที่ยังมีสภาพที่สด ส่วนผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่พร้อมจะบรรจุได้ทันที สามารถผลิตอาหารได้ต่อเนื่องและมีปริมาณมาก ใช้แรงงานต่ำ แต่น้ำตาลโตนดหรือน้ำตาลสดมีคุณสมบัติที่ดูดความชื้น (Hygroscopic) เมื่อนำมาทำเป็นผง จึงจับตัวเป็นก้อนได้ง่าย ดังนั้นการเติมสารช่วยในการอบแห้ง (Drying Aid Agent) เพื่อป้องกันการดูดความชื้นจึงเป็นสิ่งจำเป็น โดยสารช่วยอบแห้งที่ควรใช้นั้น ควรทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ยังคงเป็นอาหารจากธรรมชาติให้ได้มากที่สุด (สุธรรมมา, 2547)

## 2. การทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Drying)

การทำแห้งแบบพ่นฝอย เป็นวิธีการทำแห้งที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายกับผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด เช่น นม กาแฟ ครีมเทียม ไข่ และโปรตีนจากเวย์เคซีน เป็นต้น (Master, 1991 ; Canovas and Mercada, 1996) การทำแห้งแบบพ่นฝอยเป็นกระบวนการที่ใช้ความร้อนสูงแต่ใช้ระยะเวลาในการทำสั้น คือการทำให้น้ำระเหยออกจากอาหารอย่างรวดเร็ว จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะสม่ำเสมอ และปริมาณความชื้นที่เหลืออยู่น้อย (สมบัติ, 2529) การทำแห้งแบบพ่นฝอยเป็นหน่วยปฏิบัติการ (Unit Operation) ที่ของเหลวถูกฉีดให้เป็นละอองฝอยผ่านเข้าไปยังกระแสดของลมร้อน จนกระทั่งได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นผง (Powder) ทั้งนี้ลมร้อนที่ใช้โดยทั่วไปมักเป็นอากาศร้อนตามปกติ อาจมีบางที่ใช้ก๊าซเฉื่อย (Inert Gas) เช่น ก๊าซไนโตรเจน ส่วนของเหลวที่ฉีกเข้าไปอาจอยู่ในรูปของสารละลาย (Solution) อิมัลชัน (Emulsion) หรือสารแขวนลอย (Suspension) ก็ได้ ผงที่ได้จากการทำแห้งแบบพ่นฝอยอาจมีขนาดผงละเอียด (10 – 50 ไมโครเมตร) หรือขนาดใหญ่ (2 – 3 มิลลิเมตร) ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ที่ใช้ และสภาวะในการทำแห้ง (Gharallaoui *et al.*, 2007)



ภาพที่ 7 เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray dryer)

ที่มา: S.F. Engineering WORKS Incorporated (2008)

การทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Dryer) เป็นกระบวนการทำแห้งที่ใช้ความร้อนสูงแต่ใช้ระยะเวลาสั้นในการแปลงของเหลวซึ่งอาจเป็นสารละลาย หรือของเหลวข้น ให้เป็นผงแห้งในขั้นตอนเดียว โดยอาศัยหลักการพื้นฐาน คือ อาหารเหลวจะถูกฉีกให้เป็นละอองฝอย และสัมผัสกับลมร้อนที่ไหลเข้ามา ทำให้เกิดการระเหยน้ำอย่างรวดเร็ว เนื่องจากละอองฝอยมีพื้นผิวมากหลังจากนั้นจะได้ผงตกลงมา และผงนี้จะถูกแยกออกจากลมร้อน เพื่อนำไปบรรจุต่อไป Kareem and Brennan (1975) ได้กล่าวว่าผลิตภัณฑ์ในรูปผง เป็นการทำให้ผลิตภัณฑ์มีความเข้มข้น มีความสะดวกในการใช้งาน สามารถเก็บรักษาได้โดยไม่ต้องใช้ความเย็น นอกจากนี้ยังสะดวกต่อการขนส่ง และสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานถ้าเก็บในบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม

การทำแห้งแบบพ่นฝอยมีข้อดี คือ วงจรการอบแห้งจะเร็ว เวลาที่ผลิตภัณฑ์อยู่ในห้องอบแห้งสั้น อาจเป็นเวลา 3 - 10 นาที จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ออกมามีคุณภาพใกล้เคียงกับสภาพสดมาก และผลิตภัณฑ์สุดท้ายพร้อมที่จะบรรจุทันทีขณะที่ออกจากเครื่องอบแห้ง สามารถใช้อุณหภูมิค่อนข้างสูงที่จุดเข้าห้องอบแห้ง โดยมีก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลิตภัณฑ์ Pointing *et al.* (1973) กล่าวว่า

กระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอย ประกอบด้วย หลักการทำงานดังนี้ คือ วัตถุดิบในรูปของเหลวจะถูกพ่น หรือทำให้มีอนุภาคเล็กๆ เข้าไปในกระแสของลมร้อน หรืออากาศที่มีปริมาณความชื้นต่ำ จากนั้นอนุภาคเล็กๆ จะตกลงมาด้านล่างด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก ผ่านกระแสของลมร้อนลงมา และแห้งสนิทเมื่อตกลงมาถึงด้านล่างพอดี ก่อนจะถูกแยกเก็บในรูปของผงละเอียด

## 2.1 การฉีดเป็นละอองฝอย

ของเหลวที่เป็นละอองฝอยมีลักษณะเป็นหยดขนาดเล็ก (Droplet) สามารถทำได้ด้วยการใช้ความดันหรือแรงเหวี่ยงหัวฉีด (Atomizer) ที่ใช้กันอยู่ ได้แก่ หัวฉีดแบบใช้แรงลม (Pneumatic Atomizer) หัวฉีดความดัน (Pressured Atomizer) งานหมุนเหวี่ยง (Spinning Disk configuration) รวมถึง หัวฉีดแบบคู่ (Two Fluid Nozzle) และหัวฉีดแบบใช้คลื่นเสียง (Sonic Nozzle) จุดประสงค์ของขั้นตอนนี้เพื่อสร้างพื้นที่ผิวในการแลกเปลี่ยนความร้อนให้สูงที่สุด ระหว่างลมร้อนที่แห้งกับของเหลว เพื่อให้เกิดอัตราการแลกเปลี่ยนมวลและความร้อนที่เหมาะสม ปัจจัยที่นำมาใช้ในการเลือกหัวฉีดขึ้นกับลักษณะ และความชื้นหนีของวัตถุดิบ รวมถึงลักษณะของผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ต้องการ โดยหากมีการใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้นก็จะได้ลักษณะผงที่ละเอียดมากขึ้น ในกรณีที่ใช้พลังงานเท่ากันขนาดของผงจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราการป้อนสูงมากขึ้น อย่างไรก็ตาม พบว่า ขนาดของผงจะใหญ่ขึ้นเมื่อความชื้นหนี และความตึงผิวของของเหลวนั้นสูงขึ้น (Gharallaoui *et al.*, 2007)

## 2.2 การสัมผัสกันระหว่างหยดของเหลวกับลมร้อน

การสัมผัสกันระหว่างหยดของของเหลวกับลมร้อนที่เกิดขึ้นในระหว่างการฉีดให้เป็นละอองฝอยในช่วงแรกของการทำแห้ง เมื่อพิจารณาการติดตั้งหัวฉีดและจุดปล่อยลมร้อน สามารถแบ่งลักษณะการทำแห้งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ แบบทิศทางเดียวกัน (Co – Current – Flow) และแบบสวนทิศทาง (Counter Current Flow) ในกระบวนการแบบทิศทางเดียวกัน ของเหลวจะถูกฉีดให้เป็นละอองฝอยลงมาในทิศทางเดียวกันกับกระแสของลมร้อนที่อุณหภูมิ 150 – 220 องศาเซลเซียส โดยการระเหยแห้งจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง และผงที่ได้มีอุณหภูมิอยู่ในระดับปานกลางประมาณ 50 – 80 องศาเซลเซียส ซึ่งจำกัดการเสื่อมเสียอันเนื่องมาจากความร้อนได้ ในขณะที่การทำแห้งแบบสวนทิศทางของเหลวจะถูกฉีดให้เป็นละอองฝอยในทิศทางตรงกันข้ามกับกระแสของลมร้อน และผงที่ได้ก็จะสัมผัสกับอุณหภูมิที่สูง จึงเป็นข้อจำกัดของกระบวนการนี้สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ไวต่อความร้อน อย่างไรก็ตาม ข้อดีของการทำแห้งแบบสวนทิศทางก็คือ ประหยัดและคุ้มค่ามากกว่าในแง่ของการใช้พลังงาน (Gharallaoui *et al.*, 2007)

## 2.3 การระเหยแห้งของหยดของเหลว

ในช่วงเวลาที่หยดของของเหลวสัมผัสกับลมร้อน ความสมดุลระหว่างอุณหภูมิและแรงดันไอถูกสร้างขึ้นระหว่างส่วนของของเหลวและส่วนของก๊าซ ดังนั้น การถ่ายเทความร้อนจะถูกถ่ายเทออกจากลมร้อนไปสู่ตัวผลิตภัณฑ์ที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน ในขณะที่การถ่ายเทน้ำจะเกิดขึ้นในทิศทางตรงข้ามเนื่องจากแรงดันไอที่แตกต่างกัน ในระหว่างการทำแห้งเมื่อของเหลวสัมผัสกับลมร้อน การถ่ายเทความร้อนเกิดขึ้นส่งผลให้ทั้งหมดของของเหลวมีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นจนกระทั่งถึงจุดคงที่ จากนั้นการระเหยน้ำจากหยดของของเหลวก็เกิดขึ้นในสภาวะที่อุณหภูมิคงที่ โดยอัตราการแพร่ของน้ำบริเวณแกนกลางสู่บริเวณผิวนั้นมักพิจารณาว่าคงที่ และมีค่าเท่ากับอัตราการระเหยของน้ำบริเวณผิว โดยเมื่อปริมาณน้ำในหยดของของเหลวถึงจุดวิกฤตก็จะเกิดการสร้างเปลือกแข็ง (Dry Crust) ขึ้นบริเวณผิว และอัตราการทำแห้งก็จะลดลงอย่างรวดเร็ว โดยการทำแห้งทางทฤษฎีนั้นจะสิ้นสุดเมื่ออุณหภูมิของหยดของของเหลวนั้นเท่ากับอุณหภูมิของอากาศ (Gharallaoui *et al.*, 2007) ทั้งนี้ระยะเวลาในขั้นตอนต่างๆ ดังกล่าวนั้นจะไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับลักษณะของวัตถุดิบ รวมถึงอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า (Inlet Temperature) พบว่า ถ้าอุณหภูมิลมร้อนขาเข้ายิ่งสูง การสร้างเปลือกแข็งก็จะเกิดขึ้นเร็วเพราะอัตราการระเหยน้ำที่เร็ว อีกทั้งอัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรของของเหลวที่ผ่านการทำให้เป็นละอองฝอยนั้นมีมาก การทำแห้งหยดของของเหลวดังกล่าวในลมร้อนจึงเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงแรกที่อากาศร้อนเพิ่มอุณหภูมิให้กับหยดของของเหลว ซึ่งทำให้เกิดการระเหยของเหลวจากบริเวณผิวหน้าและการหดตัวของหยดของของเหลว เกิดการเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วของน้ำบริเวณผิวในอัตราที่คงที่กับอัตราการระเหยแห้ง โดยการทำแห้งแบบพ่นฝอยนี้สามารถใช้ได้กับผลิตภัณฑ์ที่ไม่สามารถใช้การทำแห้งแบบดั้งเดิมที่ช้าได้ เนื่องจากการเสื่อมคุณภาพที่เกิดขึ้น โดยทั่วไปแล้วระยะเวลาในการทำแห้งของการทำแห้งแบบพ่นฝอยอยู่ที่ 5 – 100 วินาที อย่างไรก็ตามในระบบที่ได้รับการออกแบบมาอย่างดีระยะเวลาในการทำแห้งอาจลดลงเหลือ 15 – 30 วินาที (Gharallaoui *et al.*, 2007)

## 2.4 เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยสามารถจำแนกได้ 4 แบบ (รุ่งนภา, 2535) คือ

2.4.1 เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยชนิดกระแสสวนทางกัน (Counter – Current Spray Dryer) โดยของเหลวจะถูกพ่นออกจากด้านบนของหอทำแห้งและตกลงมา ในขณะที่อากาศร้อนเข้าสู่เครื่องจากด้านล่างของหอทำแห้ง และเคลื่อนเข้าสู่ด้านบนผ่านหยดของเหลว ทำให้เกิดถ่ายเทความร้อนและการระเหยของน้ำจากตัวอย่างอาหาร ผลิตภัณฑ์แห้งที่ได้จะออกจากทางด้านล่างของหอทำแห้ง

2.4.2 เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยชนิดผสมอากาศร้อนเข้ากับอาหาร (Co - Current Spray Dryer) จะเป็นการผสมอากาศร้อนเข้ากับอากาศเหลวที่ถูกทำให้แตกเป็นหยดเล็กๆ หลักจากผ่านเครื่อง Atomizer หลังจากนั้นหยดของของเหลวกับอากาศร้อนจะเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกัน ขณะที่กระบวนการทำแห้งดำเนินต่อไป ผลิตภัณฑ์ผงที่ได้และอากาศร้อนจะออกจากหอทำแห้งที่ล่าง

2.4.3 เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยชนิดอัตราการไหลผสม (Mix Flow Spray Dryer) ตัวอย่างอาหารที่ต้องการทำแห้งจะเข้าสู่เครื่อง หัวฉีดแรงดัน (Atomizer) ที่อยู่ใกล้กับศูนย์กลางของหอทำแห้ง อากาศร้อนจะเข้าจากทางด้านบนแล้วเคลื่อนที่ลงมาด้านล่าง ซึ่งจะแลกเปลี่ยนความร้อนกับตัวอย่างที่จะเคลื่อนที่ขึ้นด้านบนยังช่องอากาศออก

2.4.4 เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยชนิดอัตราการไหลขนาน (Parallel Flow Spray Dryer) จะคล้ายเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยชนิดผสมอากาศร้อนเข้ากับอาหาร แต่การไหลของตัวอย่างอาหารและอากาศจะเป็นเส้นตรงค่อนข้างสม่ำเสมอ และใช้ความเร็วลมสูงทำให้อุณหภูมิของอากาศที่เข้าสู่

## 2.5 ส่วนประกอบของเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย มีดังนี้

2.5.1 หอทำแห้ง (Drying Chamber) โดยทั่วไปจะเป็นหอกลมหน้ากว้าง ส่วนปลายเป็นรูปกรวย ซึ่งเอียงมุม 60 องศาับระนาบ

2.5.2 หัวฉีด (Atomizer หรือ Nozzle) เป็นส่วนที่สำคัญที่สุดของการทำแห้งแบบพ่นฝอยเนื่องจากเป็นส่วนที่ทำให้ของเหลวแตกตัวเป็นหยดเล็กๆ จำนวนมาก ทำให้พื้นที่ผิวที่จะสัมผัสกับอากาศเพิ่มมากขึ้น การถ่ายเทความร้อนจึงเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วภายในระยะเวลาสั้นๆ นอกจากนี้ยังเป็นตัวควบคุมอัตราการไหลของอาหารไปยังเครื่องทำแห้ง โดยหัวฉีดจะต้องส่งของเหลวไปยังกระแสอากาศร้อนในลักษณะค่อนข้างสม่ำเสมอ



ภาพที่ 8 หัวฉีด (Atomizer)

ที่มา: S.F. Engineering WORKS Incorporated (2008)

หัวฉีดแบ่งเป็น 3 ประเภท (รุ่งนภา, 2535) คือ

ก) หัวฉีดความดัน (Pressure Nozzle) จะใช้ความดันสูง (400 – 10,000 ปอนด์ / นิ้ว<sup>2</sup>) อัดของเหลวผ่านช่องเปิดเล็กๆ (Orifice) ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 0.10 – 0.15 เซนติเมตร ให้เป็นหยดเล็กๆ ช่องเปิดเล็กๆ จะทำด้วยโลหะผสมที่แข็งแรง และสามารถทนความร้อนได้สูง

ข) หัวฉีด ทุ – ฟลูอิด นอซเซิล (Two – Fluid Nozzle) เป็นหัวฉีดที่มีอัตราการทำแห้งต่ำ ประกอบด้วยทางเข้าของอากาศร้อน และทางเข้าของของเหลว ใช้ความดันประมาณ 50 – 60 ปอนด์ / นิ้ว<sup>2</sup> ระบบนี้เป็นการใช้กระแสอากาศความเร็วสูง เพื่อให้กระทบกับกระแสของอาหารเหลวความเร็วต่ำ ทำให้อาหารเหลวแตกออกเป็นหยดของเหลวขนาดเล็ก

ค) หัวฉีดแบบจานหมุน (Centrifuge Disk Atomizer หรือ Rotary Atomizer) เป็นหัวฉีดฝอยที่มีลักษณะคล้ายจาน หมุนด้วยความเร็ว 6,000 – 20,000 รอบต่อนาที และใช้ความดันไม่สูงมาก การทำให้อาหารเหลวเป็นหยดเล็กๆ เกิดจากการที่ของเหลวถูกทำให้เป็นแผ่นบางๆ และมีความเร่งสูงขึ้นเรื่อยๆ จากแรงหนีศูนย์กลาง จนทำให้เหรียญหลุดออกจากจานหมุนเป็นหยดเล็กๆ

การทำแห้งแบบพ่นฝอยเป็นวิธีการที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์เริ่มต้นที่มีความชื้นสูง หรือผลิตภัณฑ์ที่ไม่ทนต่อความร้อน ลักษณะของการทำแห้งแบบพ่นกระจายจะใช้วงจรการทำแห้งอย่างรวดเร็วเวลาที่ผลิตภัณฑ์อยู่ในหอทำแห้งค่อนข้างสั้น และผลิตภัณฑ์สุดท้ายพร้อมที่บรรจุได้ทันที (Al – Kahtani and Bakri, 1990) อย่างไรก็ตามในการทำแห้งแบบพ่นกระจายจะต้องควบคุมคุณสมบัติของเหลวที่ป้อนเข้าเครื่อง ได้แก่ ความหนืด แรงตึงผิว ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เริ่มต้น และองค์ประกอบทางเคมีอื่นๆ รวมทั้งต้องควบคุมส่วนของหัวฉีด ซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญที่สุด และต้องเข้าใจถึงลักษณะการไหลของอาหารและตัวแลกเปลี่ยนความร้อน รวมทั้งอัตราการถ่ายเทความร้อนด้วย (Karel *et al.*, 1975)

## 2.6 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอย

### 2.6.1 สมบัติของตัวอย่างที่ป้อนเข้าเครื่อง (Feed Properties)

การเพิ่มปริมาณของแข็งเริ่มต้นหรือการลดอุณหภูมิของตัวอย่างอาหารก่อนเข้าเครื่อง จะส่งผลให้ความหนืดของตัวอย่างเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ผงที่ได้มีขนาดใหญ่ขึ้นและมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น

### 2.6.2 อัตราการป้อนตัวอย่างเข้าเครื่อง (Feed Rate)

การเพิ่มอัตราตัวอย่างเข้าเครื่องจะมีผลให้ผลิตภัณฑ์ผงที่ได้มีขนาดอนุภาคใหญ่ขึ้น และมีลักษณะหยาบขึ้น

### 2.6.3 ประเภทของหัวฉีดที่ใช้

หัวฉีดที่ใช้มีผลต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์ผงที่ได้ โดยถ้าใช้หัวฉีดแบบ Rotary Atomizer จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดอนุภาคเล็กกว่าและละเอียดกว่าหัวฉีดแบบ Pressure Nozzle

#### 2.6.4 อัตราการไหลของอากาศ (Air Flow)

อัตราการไหลของอากาศร้อนภายในหอทำแห้ง มีผลต่อระยะเวลาที่ผลิตภัณฑ์อยู่ในหอทำแห้ง ถ้าตัวอย่างอยู่ในหอทำแห้งนาน น้ำในตัวอย่างจะระเหยออกได้มากขึ้น ในขณะที่การลดความเร็วของอากาศบริเวณทางออกจากเครื่องจะช่วยให้ Product Recovery เพิ่มขึ้น

#### 2.6.5 อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า (Inlet Air Temperature)

การเพิ่มอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า จะมีผลให้อัตราการระเหยของน้ำจากตัวอย่างเพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์ผงที่ได้จึงมีความชื้นและมีความหนาแน่นต่ำลง และอนุภาคมีความเป็นรูพรุนเพิ่มขึ้น แต่อาจมีผลให้เกิดการสูญเสียของสารให้กลิ่นรสในตัวอย่างเพิ่มขึ้น

#### 2.6.6 อุณหภูมิลมร้อนขาออก (Outlet Air Temperature)

เมื่อควบคุมให้อัตราการไหลของอากาศและอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าคงที่ การเพิ่มอุณหภูมิลมร้อนขาออก จะมีผลให้ผลิตภัณฑ์ผงที่ได้มีปริมาณความชื้นต่ำ โดยทั่วไปมักใช้อุณหภูมิอากาศร้อนขาออกในระดับต่ำร่วมกับอุปกรณ์เสริมคือ Fluidbed ในกรณีที่ต้องการให้ผลิตภัณฑ์ผงที่ได้มีปริมาณความชื้นสูง เพื่อให้เกิดการเกาะกันเป็นก้อนของผลิตภัณฑ์ หรือที่เรียกว่า “Agglomeration” ซึ่งจะมีผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้สามารถละลายได้ทันที (Instant Powder) (Masters, 1979)

### 2.7 ปัญหาการทำแห้งแบบพ่นฝอย

ปัญหาส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นในการทำแห้งแบบพ่นฝอย คือ การติดแน่นของผลิตภัณฑ์ผงที่ผนังหอทำแห้ง (Chamber) ซึ่งจะทำให้การกระจายตัวของอนุภาคเกิดขึ้นได้ไม่ดีเท่าที่ควร ทำให้อัตราการทำแห้งลดลง Edward and Harman (1991) รายงานอาหารเหลวโดยทั่วไปนอกจากจะประกอบด้วยของแข็งที่สามารถทำให้แห้งแบบพ่นฝอยได้และยังมีอนุภาคที่มีลักษณะเหนียวเยิ้มเมื่อถูกความร้อนหรือที่เรียกว่า Thermoplastic โดยเฉพาะน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบสำคัญที่พบโดยทั่วไปในน้ำผลไม้ และผลิตภัณฑ์มะเขือเทศต่างๆ ซึ่งมักจะเกิดการเหนียวจับตัวเป็นก้อน และการเกาะติดแน่นที่ผนังของหอทำแห้ง เมื่อถึงจุด Sticky Point คือ อุณหภูมิแรกที่ผลิตภัณฑ์ผงเริ่มเหนียวและเกาะที่ผนังของหอทำแห้ง ส่งผลให้การกระจายตัวของหยดของเหลวในหอทำแห้งลดลง ซึ่งปัญหาดังกล่าวสามารถ

แก้ไขได้โดย เพิ่มความสูงของหอทำแห้ง และใช้ลมร้อนขาเข้าที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้งทั่วไป เช่น การทำแห้งผลิตภัณฑ์น้ำมะเขือเทศที่มีลักษณะเหนียวและชื้น จะใช้หอทำแห้งที่มีความสูง 250 ฟุต และใช้อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 52 องศาเซลเซียส ลมร้อนเข้าที่ใช้ถูกทำให้ปราศจากความชื้นโดยให้อากาศไหลผ่านซิลิกา เจล (Silica Gel) ก่อนเข้าสู่หอทำแห้ง (Edward and Harman, 1991; Bhandari *et al.*, 1997) หรือการเติมสารช่วยในการทำแห้ง (Drying Aid) เช่น น้ำตาลที่มีค่าสมมูลย์เดกซ์โทรส (Dextrose Equivalent) ต่ำๆ เช่น มอลโทเดกซ์-ทริน หรือกลูโคสไซรัป ลงในอาหารหลวก่อนทำแห้ง

นอกจากนี้การทำแห้งแบบพ่นฝอยยังต้องการเทคนิคที่ช่วยป้องกันการสูญเสียหรือการเปลี่ยนแปลงของสารให้กลิ่นรสในอาหาร อันเนื่องมาจากการใช้อุณหภูมิในการทำแห้งวิธีการที่ใช้ได้แก่ การเพิ่มอัตราเร็วในการป้อนตัวอย่าง เพื่อให้สัมผัสกับอากาศร้อนเป็นไปอย่างรวดเร็ว การเพิ่มความหนืดและความเข้มข้นของวัตถุดิบก่อนเข้าเครื่อง เนื่องจากเมื่อมีความเข้มข้นสูงจะทำให้เกิดการระเหยและการสูญเสียเพียงบางส่วน การปรับอุณหภูมิอากาศร้อนเข้าให้อยู่ในช่วง 160 – 210 องศาเซลเซียส ถ้าใช้อุณหภูมิสูงกว่านี้จะทำให้เกิดการระเหยของสารให้กลิ่นรสสูงขึ้น การเติมสารตัวพาช่วยในการทำแห้งเพื่อช่วยกักเก็บสารให้กลิ่นรส เพิ่มปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของตัวอย่างอาหารทำให้การทำแห้งเกิดได้ดีขึ้น ลดการไหม้และการเกาะติดผนังหอทำแห้งของตัวอย่าง และช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีการละลายที่ดีขึ้น (Sara and Gray, 1988)

## 2.8 สารช่วยในการทำแห้ง (Drying Aid)

สารช่วยในการทำแห้งเป็นสารที่ช่วยให้การทำแห้งเป็นไปได้อย่างสมบูรณ์มากขึ้น ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นตัวขนส่งและองค์ประกอบบางอย่างในอาหาร ซึ่งระเหยง่ายหรือถูกทำลายได้ง่ายด้วยความร้อน เช่น สารให้กลิ่นรสต่างๆ รงควัตถุ วิตามิน หรือสารอาหารต่างๆ โดยสารช่วยในการทำแห้งจะทำหน้าที่ดักจับหรือกักเก็บสารเหล่านี้ไว้แทน ทำให้ถูกทำลายด้วยความร้อนหรือระเหยได้น้อยลง และเมื่อนำผลิตภัณฑ์นั้นไปคืนรูปโดยการละลายน้ำ สีหรือกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์จะถูกปลดปล่อยออกมา ทำให้สีและกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์หลังการคืนรูปมีคุณภาพคล้ายวัตถุดิบสดก่อนการทำแห้ง นอกจากนี้สารช่วยในการทำแห้งยังทำหน้าที่เพิ่มปริมาณของแข็งให้กับอาหารก่อนเข้าเครื่องทำแห้งเพื่อประหยัดเวลาในการทำแห้ง เช่น น้ำผลไม้ที่มีปริมาณของแข็งเริ่มต้นต่ำ และของแข็งเหล่านั้นส่วนใหญ่ คือ น้ำตาล ซึ่งอาจไม่สามารถทำให้แห้งได้เลยถ้าไม่มีการเติมสารช่วยในการทำแห้งหรือหากทำแห้งจนเป็นผงแล้ว น้ำตาลเหล่านี้จะมีความเข้มข้นสูงมากและดูดความชื้น กลับได้รวดเร็ว เหนียวติดภาชนะ แต่ถ้าเติมสารช่วยในการทำแห้งลงไปในตัวอย่างก่อนการทำแห้ง สารช่วยในการทำแห้งจะทำ

หน้าที่เจือจางปริมาณน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ผงให้มีความเข้มข้น อีกทั้งยังช่วยลดการจับตัวเป็นก้อนของผลิตภัณฑ์ระหว่างการรักษา (กลัยาณี, 2540)

#### ก) มอลโทเดกซ์ทริน (Maltodextrin)

มอลโทเดกซ์ทริน เป็นสารช่วยในการทำแห้งชนิดหนึ่งที่มีนิยมนำใช้กันมาก มีสูตรทางเคมีคือ  $[(C_2H_{12}O_5) - H_2O]$  จัดเป็นสารประกอบคาร์โบไฮเดรต ซึ่งประกอบด้วย D - Glucose เชื่อมต่อกันด้วยพันธะอัลฟา - 4 และมีค่าสมมูลย์เดกซ์โทรส (Dextrose Equivalent : DE) ต่ำกว่า 20 มักอยู่ในรูปผงแห้งมากกว่าที่จะเป็นสารละลาย มีปริมาณความชื้นประมาณร้อยละ 3 - 5 ลักษณะเป็นผงร่วนสีขาว มีความหนาแน่นในช่วง 32 - 36 ปอนด์ต่อตารางฟุต มีความหวานเล็กน้อยหรืออาจไม่หวานเลยขึ้นอยู่กับค่า DE มอลโทเดกซ์ทริน เตรียมได้จากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) ของแป้งข้าวโพด (Corn Starch) โดยใช้กรด หรือเอนไซม์ หรือทั้งสองชนิด (กล้าณรงค์ และจันทน์, 2539) นอกจากนี้ยังอาจเตรียมได้จาก แป้งข้าวเจ้า แป้งมันฝรั่ง หรือแป้งมันสำปะหลัง มอลโทเดกซ์ทรินที่เตรียมได้จากแป้งต่างชนิดกัน อาจมีคุณสมบัติเชิงหน้าที่แตกต่างกันบ้างเล็กน้อย เนื่องจากสัดส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพคตินที่แตกต่างกันของแป้งแต่ละชนิด แต่สิ่งที่แตกต่างกันอย่างมากคือ กลิ่นรสของมอลโทเดกซ์ทริน (Kuntz, 1997) ตัวอย่างการใช้มอลโทเดกซ์ทรินในอาหารประเภทต่างๆ ดังตารางที่ 1

### ตารางที่ 1 การใช้มอลโทเดกซ์ทรินในอาหารประเภทต่างๆ

ผลิตภัณฑ์	สมมุลย์ เดกซ์โทรส (DE)	เหตุผลในการเลือกใช้
เครื่องดื่มผง	1 5 10 และ 15	ไม่จับตัวเป็นก้อน กระจายตัวและละลายน้ำได้ดี ให้เนื้อสัมผัส ช่วยให้อายุการเก็บรักษาอยู่
อาหารเด็กอ่อน	15	กระจายตัวและละลายในน้ำง่ายและรวดเร็ว
ซูปและซอส	5 10 และ 15	ให้เนื้อสัมผัสไม่จับตัวเป็นก้อน กระจายตัวใน ไขมัน
สารตัวกลางพากลินรส	1 5 10 และ 15	ช่วยเพิ่มปริมาณ เป็นสารหล่อลื่น
สารช่วยทำแห้งแบบพ่นฝอย	10	กระจายตัวและละลายน้ำได้ดี กระจายตัวใน ไขมัน
ผลไม้และน้ำเชื่อม	10	ดูความชื้นจากอากาศได้ต่ำ มีคุณสมบัติเทไหล ได้ (Free flowing) ไม่มีกลิ่นรส

ที่มา: รุ่งนภา (2539)

ปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติเชิงหน้าที่ต่างๆ (Functional Properties) ของมอลโทเดกซ์ทริน คือ ค่าสมมุลย์เดกซ์โทรส ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึง จำนวนโมโนแซคคาไรด์ในโมเลกุล (Degree of Polymerization) ค่าสมมุลย์เดกซ์โทรสที่สูง หมายถึง จำนวนหน่วยของโมโนแซคคาไรด์ และโพลีเมอร์สายสั้นสูง (Short Chain Polymer) โดยที่น้ำตาลกลูโคสหรือเดกซ์โทรส จัดว่ามีค่าสมมุลย์เดกซ์โทรส เท่ากับ 100 ส่วนแบ่งมีค่าสมมุลย์เดกซ์โทรส ประมาณ 0 ดังนั้นมอลโทเดกซ์ทรินที่มีค่า DE สูง จะมีคุณสมบัติคล้ายน้ำตาลหรือ Corn Syrup Solids (Kuntz, 1997)

ที่นิยมผลิตจะมีค่า DE อยู่ในช่วง 5 – 19 มอลโทเดกซ์ทรินอาจอยู่ในรูปสารละลาย เข้มข้นหรือรูปผงสีขาว ไม่มีกลิ่น ไม่มีรสหวาน หรือหวานเล็กน้อย จัดเป็นสารที่ไม่มีอันตรายต่อร่างกาย (รุ่งนภา, 2539) ค่าความชื้นตั้งแต่ร้อยละ 3.0 – 5.0 ค่าความหนาแน่นอยู่ในช่วง 32 – 36 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ค่าความเป็นกรดต่างอยู่ในช่วง 4.0 – 5.5 มีการแบ่งชนิดตามค่าสมมุลย์เดกซ์โทรส หรือค่า DE ซึ่งเป็นค่าร้อยละโดยน้ำหนักของน้ำตาลกลูโคสที่มีอยู่ในตัวอย่าง เมื่อใช้วิธีการตรวจวัดโดยวิธีตกชั้น มอลโทเดกซ์ทรินที่มีค่า DE ต่ำ จะมีค่าดูความชื้นต่ำและค่าการละลายจะ

น้อยลง แต่การใช้มอลโทเดกซ์ทรินที่มีค่า DE สูง จะมีค่าการดูดความชื้นสูงขึ้น และค่าการละลายเพิ่มขึ้น แต่บางครั้งอาจทำให้สารสีที่ถูกเติมเกิดความขุ่นได้ และมีผลทำให้ความหนืดลดลง (Walance, 1973; สมบัติ, 2529)

## ตารางที่ 2 ค่าการละลายของมอลโทเดกซ์ทรินในน้ำอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

ค่าสมมูลย์เดกซ์โทรส (DE)	ค่าการละลายโดยประมาณ (ร้อยละ)
9 – 12	40
13 – 17	60
17 – 20	80

ที่มา: ดัดแปลงจาก Junk and Pancoast (1980)

คุณสมบัติของมอลโทเดกซ์ทรินที่นำมาพิจารณาในการใช้ร่วมกับผลิตภัณฑ์อาหาร อธิบายโดย Risch and Reineccius (1998) มีดังนี้

- ก) ทำให้มีกลิ่นชั้นเกิดความคงตัวสำหรับการทำสารห่อหุ้มน้ำมันหอมระเหย
- ข) มีคุณสมบัติเป็นฟิล์มในกรณีเป็นสารห่อหุ้มกลีนาส สารที่เลือกใช้จะทำหน้าที่เป็นฟิล์มหรือโฟมหรือเป็นเยื่อเลือกผ่านที่ล้อมรอบสารให้กลีนาส โดยคุณสมบัติเหล่านี้จะทำหน้าที่ในการปกป้องกลีนาสได้
- ค) มอลโทเดกซ์ทรินเป็นสารที่ไม่ดูดความชื้น ช่วยลดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะผงแห้ง โดยความชื้นสัมพัทธ์ได้
- ง) การเติมมอลโทเดกซ์ทรินจะทำให้ความหนืดของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ทำให้สัดส่วนของน้ำในผลิตภัณฑ์ลดลง การเปลี่ยนแปลงทางเคมีช้าลง
- จ) การปลดปล่อยกลีนาส มอลโทเดกซ์ทรินละลายได้ในน้ำเย็น ไม่หวานไม่มีกลิ่น เมื่อใช้เป็นสารห่อหุ้มกลีนาสจะสามารถปลดปล่อยกลีนาสของผลิตภัณฑ์ได้ดี

ฉ) มอลโทเดกซ์ทรินมีความสามารถในการละลายสูง มีคุณสมบัติช่วยเพิ่มปริมาณของแข็งเริ่มต้นในตัวอย่างอาหาร

ช) มอลโทเดกซ์ทรินยังมีคุณสมบัติในการให้ลักษณะความเป็นเนื้อ (Body) แก่ผลิตภัณฑ์เป็นตัวช่วยเพิ่มความหนาแน่น (Bulking Agent) และช่วยยับยั้งการเกิดผลึกของน้ำตาล

ซ) ราคาถูกและหาซื้อได้ง่าย มอลโทเดกซ์ทรินมีราคาต่ำกว่าสารที่ใช้เป็นส่วนประกอบหลายๆ ตัวและยังสามารถใช้ร่วมกับสารอื่นได้

### 3. การห่อหุ้ม (Encapsulation)

การห่อหุ้ม (Encapsulation) คือ กระบวนการที่อนุภาค หรือหยดขนาดเล็กถูกล้อมรอบด้วยการห่อหุ้ม (Coat) หรือเก็บไว้ภายใน (Embed) ในโครงสร้างที่เป็นเนื้อเดียวกัน หรือไม่เป็นเนื้อเดียวกัน เพื่อให้ได้อนุภาคที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ประโยชน์ ทั้งนี้วัตถุดิบที่ถูกห่อหุ้ม หรือที่เรียกว่า Core นั้น อาจเป็นวัตถุดิบชนิดเดียว หรือมีส่วนประกอบหลากหลายก็ได้ ซึ่งส่วนใหญ่มักเป็นกลิ่น หรือสารที่ไม่ละลายน้ำ แต่สารที่ละลายน้ำรวมถึงเชื้อจุลินทรีย์ ก็สามารถนำมาห่อหุ้มได้ ส่วนสารที่ใช้ห่อหุ้มหรือสารห่อหุ้ม (Wall / Coat Material) ก็อาจจะมีลักษณะเป็นชั้นเดียวหรือหลายชั้น โดยอาจใช้เป็นวัตถุดิบชนิดเดียวหรือวัตถุดิบหลายๆ ชนิดผสมกันก็ได้ (Gharallaoui *et al.*, 2007)

#### 3.1 เหตุผลในการประยุกต์ใช้เทคนิคการห่อหุ้มในอุตสาหกรรมอาหาร

- 3.1.1. เพื่อลดปฏิกิริยาของวัตถุดิบที่ถูกห่อหุ้ม (Core) จากปัจจัยต่างๆ ในสิ่งแวดล้อม
- 3.1.2. เพื่อให้เกิดการจัดการที่ง่ายขึ้น
- 3.1.3. เพื่อควบคุมอัตราการปลดปล่อยของวัตถุดิบที่ถูกห่อหุ้ม
- 3.1.4. เพื่อปกป้องกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ของวัตถุดิบที่ถูกห่อหุ้ม
- 3.1.5. เพื่อลดความเข้มข้นของวัตถุดิบที่ถูกห่อหุ้ม ในกรณีที่ต้องนำไปใช้ในปริมาณที่น้อย

### 3.2 เทคนิคในการห่อหุ้ม

เทคนิคในการห่อหุ้ม (Encapsulation Techniques) ทำได้หลายวิธี โดยเทคนิคที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในระดับอุตสาหกรรม ได้แก่ เทคนิคการทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Drying) ส่วนเทคนิคการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze Drying) เทคนิคการดูดซับ (Adsorption) ก็เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายเช่นกัน ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เทคนิคการห่อหุ้มที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร

เทคนิคการห่อหุ้ม	ลักษณะที่ได้	อุตสาหกรรมที่ใช้
Coacervation	Paste/ Powder/ Capsule	Chewing gum, toothpaste, baked food Confectionery, milk powder, instant
Spray drying	Powder	dessert, food flavors, instant beverages
Fluid bed drying	Powder/ granule	Prepared dishes, confectionery
Spray cooling/ chilling	Powder	Prepared dishes, ices
Extrusion	Powder/ granule	Instant beverage, confectionery, teas
Molecular inclusion	Powder	Confectionery, instant drinks, extruded snack

ที่มา: ดัดแปลงจาก Madene *et.al.*, (2006)

### 3.3 การห่อหุ้มด้วยเทคนิคการทำแห้งแบบพ่นฝอย

การประยุกต์ใช้เทคนิคการทำแห้งแบบพ่นฝอย ในการห่อหุ้มสารด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย เกี่ยวข้องกับขั้นตอนต่างๆ ได้แก่ ขั้นตอนการเตรียมของเหลวสารละลาย หรืออิมัลชัน ขั้นตอนการผสมให้เข้ากัน ขั้นตอนการฉีดให้เป็นละอองฝอย และสุดท้ายขั้นตอนการระเหยแห้ง (Gharallaoui *et al.*, 2007) ในขั้นตอนแรกของการเตรียมอิมัลชัน ซึ่งต้องการได้อิมัลชันที่มีขนาดเล็ก และมีความคงตัวของสาร Core ภายในสารละลายของวัสดุห่อหุ้ม (Wall Material) ทั้งนี้สาร Core มักเป็นสารที่มีสมบัติที่ไม่ชอบน้ำ ซึ่งต้องทำละลายอยู่ในสารละลายที่ไม่เข้ากัน โดยอาจจะมี

หรือไม่มีการเติมสารอิมัลซิไฟเออร์ก็ได้ ขึ้นอยู่กับสมบัติของวัสดุห่อหุ้มนั้นๆ ทั้งนี้ขนาดของอิมัลชันโดยทั่วไปอยู่ที่ 1 – 100 ไมโครเมตร โดยก่อนการทำแห้งแบบพ่นฝอยอิมัลชันดังกล่าวต้องมีความคงตัวที่ดีในระยะเวลาหนึ่ง ควรมีขนาดเล็กและความขุ่นหนืดที่ไม่สูงมากนัก ทั้งนี้พบว่า ความขุ่นหนืดและขนาดของอิมัลชันส่งผลต่อการห่อหุ้มอย่างมาก โดยความขุ่นหนืดที่สูงจะส่งผลกระทบต่อขั้นตอนการฉีดให้เป็นละอองฝอยทำให้เกิดขนาดหยดที่ใหญ่ ซึ่งส่งผลเสียต่ออัตราการทำแห้ง

### 3.4 สารห่อหุ้ม (Wall material)

สารห่อหุ้มส่งผลต่อประสิทธิภาพในการห่อหุ้ม รวมถึงความคงตัวของสารที่ถูกห่อหุ้มในระหว่างการเก็บรักษา ทั้งนี้สารห่อหุ้มที่นิยมใช้ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต เช่น สตาร์ช มอลโทเด็กซ์ทริน อย่างไรก็ตาม สารห่อหุ้มดังกล่าวมักขาดคุณสมบัติในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ ซึ่งอาจต้องทำการดัดแปรทางเคมีเพื่อเพิ่มสมบัติดังกล่าว ในขณะที่โพรตีนมีสมบัติดังกล่าว จึงถูกนำมาใช้เป็นสารห่อหุ้มเช่นเดียวกัน เช่น เวย์โพรตีน โซเดียมเคซีนต เป็นต้น (Madene *et al.*, 2006)

#### 3.4.1 ประเภทของสารห่อหุ้ม

##### 3.4.1.1 คาร์โบไฮเดรต

คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) ถูกนำมาใช้อย่างมากในการห่อหุ้มสารด้วยเทคนิคการทำแห้งแบบพ่นฝอย เช่น สตาร์ช มอลโทเด็กซ์ทริน คอร์นไซรัป และกัมอะคาเซีย เป็นต้น ทั้งนี้เพราะวัตถุดิบกลุ่มนี้มีความหลากหลาย ราคาถูก และใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมอาหารทั่วไป นอกเหนือจากนั้นแล้ววัตถุดิบกลุ่มดังกล่าวยังมีความขุ่นหนืดต่ำที่ระดับความเข้มข้นสูง มีความสามารถในการละลายดีซึ่งเป็นสมบัติที่ต้องการของวัสดุห่อหุ้ม สตาร์ช และผลิตภัณฑ์ที่ได้จากสตาร์ช เช่น มอลโทเด็กซ์ทริน บีตาไซโคลเด็กซ์ทริน ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีในการนำมาใช้ห่อหุ้มสารให้กลิ่น (Aroma Compound) (Madene *et al.*, 2006)

##### 3.4.1.2 สตาร์ช

สตาร์ช (Starch) และผลิตภัณฑ์ที่ได้จากสตาร์ช (สตาร์ชดัดแปร มอลโทเด็กซ์ทริน บีตาไซโคลเด็กซ์ทริน) เป็นที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อรักษาสารที่ระเหยได้โดยสามารถเป็นวัสดุเคลือบในการห่อหุ้มสารให้กลิ่น ใช้เป็นสารทดแทนไขมัน (Fat

Replacer) และทำให้มีกลิ่นคั่งตัว ได้มีการศึกษาเพื่อเพิ่มเติมจำนวนรูพรุนบนเม็ดสตาร์ชเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการคงตัวของกลิ่นทั้งนี้ พบว่า เม็ดสตาร์ชบางชนิดโดยธรรมชาติแล้วจะมีรูพรุนบริเวณผิวประมาณ 1 – 3 ไมโครเมตร การกักเก็บกลิ่นโดยสตาร์ชนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทด้วยกัน ได้แก่ แบบที่สารให้กลิ่นนั้นถูกกักเก็บโดยสายโซ่ของโมเลกุลแอมิโลส ผ่านพันธะ Hydrophobic หรือที่เรียกว่า Inclusion Complex ในอีกแบบเกิดจากปฏิกิริยาบริเวณขั้ว (Polar) ซึ่งเกี่ยวกับพันธะไฮโดรเจนระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลของสตาร์ชและสารให้กลิ่น (Madene *et al.*, 2006)

#### 3.4.1.3 มอลโทเด็กซ์ทริน

มอลโทเด็กซ์ทริน (Maltodextrin) ผลิตได้จากการย่อยแป้ง หรือสตาร์ช ด้วยเอนไซม์หรือกรดซึ่งแบ่งตามค่าสมมูลเดกซ์โทรส (Dextrose Equivalent, DE) ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกว่าสตาร์ชดังกล่าวนั้นถูกย่อยไปมากน้อยเพียงใด มอลโทเด็กซ์ทรินมีสมบัติในการขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มที่ดี ทั้งนี้ มอลโทเด็กซ์ทรินนิยมใช้เป็นวัสดุห่อหุ้ม เนื่องจากให้ประสิทธิภาพที่ดีเมื่อเปรียบเทียบกับราคา เป็นสารที่มีกลิ่นรสอ่อน (Bland Flavor) ไม่มีสี ละลายน้ำได้ดี อีกทั้งมีความชื้นหนืดต่ำที่ระดับความเข้มข้นสูง (Saenz *et al.*, 2008) โดยมอลโทเด็กซ์ทรินที่มีค่าสมมูลเดกซ์โทรส หรือ DE สูงความชื้นหนืดต่ำ (Loksuwan, 2007) นอกจากนี้แล้ว ชนิดของมอลโทเด็กซ์ทรินยังมีให้เลือกอีกหลากหลาย แต่ก็มีข้อด้อยคือ การขาดสมบัติในการเป็นอิมัลซิฟายเออร์ และกักเก็บสารให้กลิ่นไม่ดีนัก (Madene *et al.*, 2006)

#### 3.4.1.4 กัม

กัม (Gum) เป็นสารเพิ่มความหนืด ไม่มีกลิ่นรส แต่ส่งผลต่อกลิ่นและรสชาติของอาหาร โดยทั่วไปแล้วสารกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์จะลดความหวาน เนื่องจากความชื้นหนืดที่เพิ่มมากขึ้นทำให้การแพร่ของรสหวานไปสู่ต่อมรับรสนั้นลดน้อยลง ทั้งนี้ กัมอะราบิกเป็นกัมที่นิยมใช้กันมากในการห่อหุ้มสารให้กลิ่น เนื่องจากละลายน้ำได้ดี มีสมบัติในการเป็นอิมัลซิฟายเออร์ ให้ความคงตัวที่ดีกับอิมัลชัน และกักเก็บสารให้กลิ่นได้ดี อย่างไรก็ตามข้อจำกัดของกัมอะราบิกก็คือ ราคาที่สูงและหาได้ยาก (Madene *et al.*, 2006; Loksuwan, 2007)

### 3.4.1.5 โปรตีน

โปรตีน (Protein) เช่น โซเดียมเคซิเนต เวย์โปรตีน และโปรตีนถั่วเหลือง มีสมบัติ Amphiphilic สามารถรวมตัวกันเอง (Self – Associate) และทำปฏิกิริยากับสารชนิดอื่นๆ ได้มากมาย มีขนาดโมเลกุลที่ใหญ่ และมีสายโซ่โมเลกุลที่มีความยืดหยุ่น นอกจากนั้นแล้วโปรตีนดังกล่าวยังมีสมบัติเชิงหน้าที่ (Functional Properties) ที่ดี เช่น ความสามารถในการละลาย ความข้นหนืด การเป็นอิมัลซิฟายเออร์ และการสร้างแผ่นฟิล์ม จึงสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุห่อหุ้มได้ (Madene *et al.*, 2006)

สารห่อหุ้มจะช่วยป้องกันสารที่ถูกกักเก็บ เช่น วิตามิน สารให้กลิ่นรส และน้ำมันหอมระเหย จากสภาวะแวดล้อมภายนอกและควบคุมการปลดปล่อยสารที่ถูกกักเก็บออกมาจากภายในขึ้นอยู่กับสมบัติของสารห่อหุ้ม สารที่นิยมใช้เป็นสารห่อหุ้ม แสดงในตารางที่ 4

**ตารางที่ 4** ลักษณะของวัสดุห่อหุ้มที่นิยมใช้

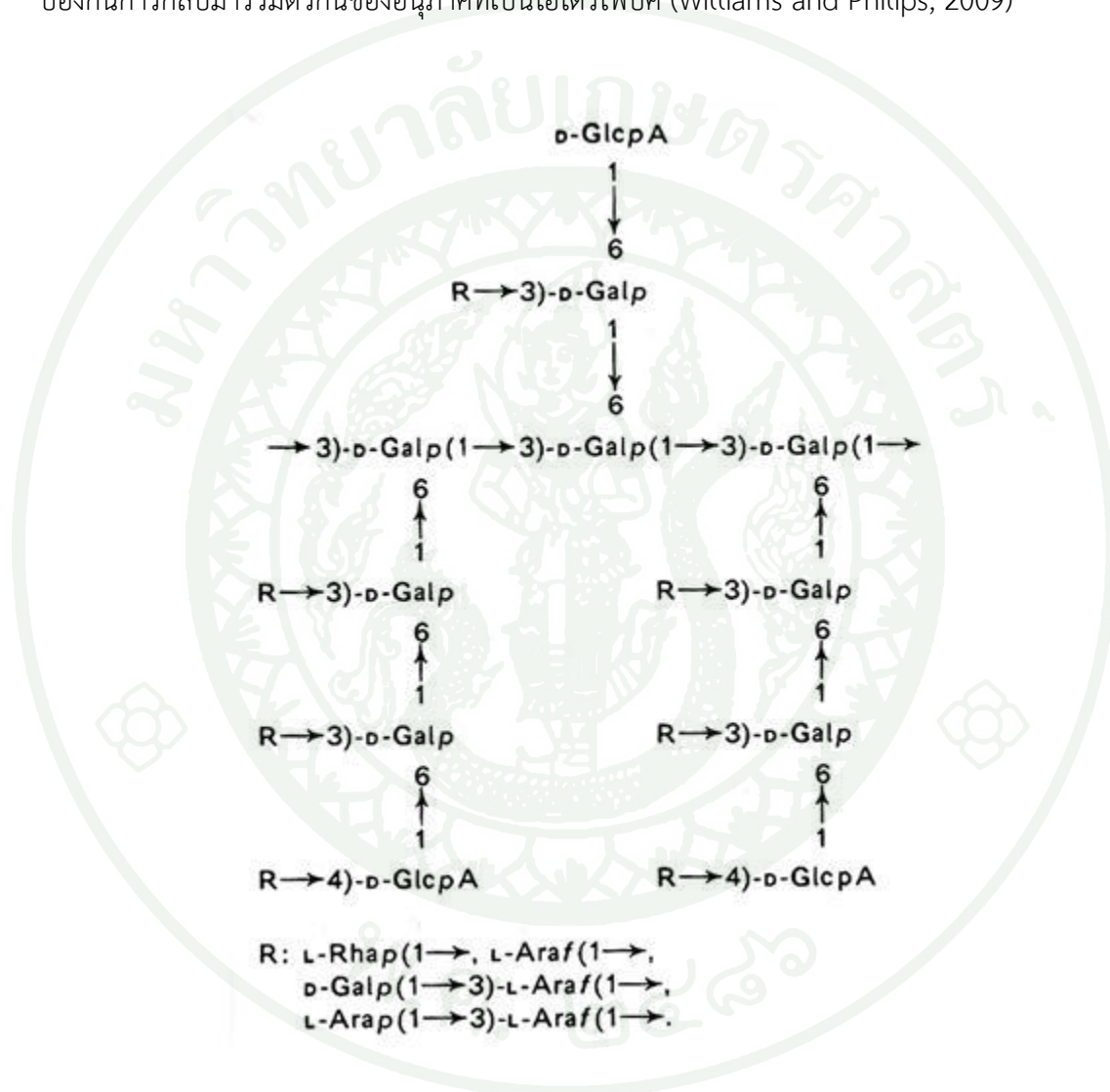
วัสดุห่อหุ้ม	สมบัติเด่น
มอลโทเดกซ์ทริน	การสร้างแผ่นฟิล์ม (film forming)
สตาร์ชดัดแปร	การเป็นอิมัลซิฟายเออร์
กัมอะราบิก	การสร้างแผ่นฟิล์ม เป็นอิมัลซิฟายเออร์
เซลลูโลสดัดแปร	การสร้างแผ่นฟิล์ม
เจลาติน	การสร้างแผ่นฟิล์ม เป็นอิมัลซิฟายเออร์
ไซโคลเดกซ์ทริน	การห่อหุ้ม เป็นอิมัลซิฟายเออร์
เลซิทิน	การเป็นอิมัลซิฟายเออร์
เวย์โปรตีน	การเป็นอิมัลซิฟายเออร์

ที่มา: ดัดแปลงจาก Madene *et.al.*, (2006)

### 3.4.2 กัมอะราบิก (Gum Arabic)

กัมอะราบิก เป็นไฮโดรคอลลอยด์ที่ได้จากต้นอะคาเซีย (Acacia) สามารถกระจายตัวในน้ำได้ดีถึงร้อยละ 50 มีสมบัติการเป็นอิมัลซิฟายเออร์ เนื่องจากส่วนอะราบิโนกาแลคแทน

(Arabinogalactan) และส่วนไกลโคโปรตีน (Glycoprotein) มีปริมาณโปรตีนมาก โดยโปรตีนทำหน้าที่เป็นตัวประสานระหว่างน้ำและน้ำมันเพราะโปรตีนประกอบไปด้วยส่วนที่เป็นไฮโดรโฟบิก (Hydrophobic) และไฮโดรฟิลิก (Hydrophilic) สามารถยึดเกาะได้ทั้งส่วนที่เป็นน้ำและน้ำมัน ส่วนอะราบินอกาแลคแทน ให้ความหนืดสูงแก่ผลิตภัณฑ์ทำให้การเคลื่อนที่ของอนุภาคช้าลง และป้องกันการกลับมารวมตัวกันของอนุภาคที่เป็นไฮโดรโฟบิก (Williams and Philips, 2009)

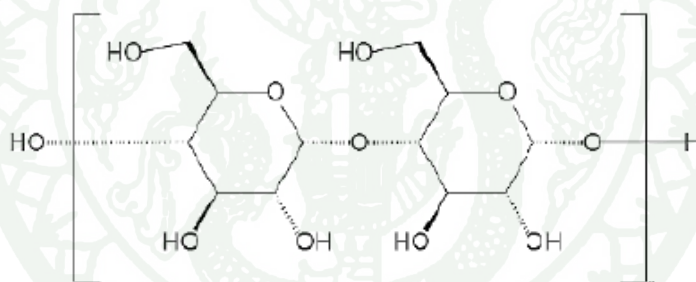


ภาพที่ 9 โครงสร้างโมเลกุลบางส่วนของกัมอะราบิก

ที่มา: Williams and Philips (2009)

### 3.4.3 มอลโทเดกซ์ทริน (Maltodextrin)

มอลโทเดกซ์ทรินเป็นสารประกอบคาร์โบไฮเดรต ซึ่งได้จากการไฮโดรไลซ์แป้งด้วยกรด หรือเอนไซม์ (Shahidi and Han, 1993) มีโครงสร้าง ดังภาพที่ 10 ซึ่งแบ่งตามค่าสมมูลย์เดกซ์โทรส (Dextrose equivalent, DE) ค่าสมมูลย์เดกซ์โทรสเป็นค่าที่บ่งบอกว่าสตาร์ชดังกล่าวนั้นถูกย่อยไปมากน้อยเพียงใด มอลโทเดกซ์ทรินมีสมบัติในการขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มที่ดี ทั้งนี้ มอลโทเดกซ์ทรินนิยมใช้เป็นวัสดุเคลือบเนื่องจากให้ประสิทธิภาพที่ดีเมื่อเปรียบเทียบกับราคา ไม่มีสี ละลายน้ำได้ดี อีกทั้งมีความชื้นที่ต่ำที่ระดับความเข้มข้นสูง นอกจากนี้เมื่อค่าสมมูลย์เดกซ์โทรสเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้การละลาย ความสามารถในการอุ้มน้ำ และความหวานเพิ่มขึ้น แต่ความหนืดของมอลโทเดกซ์ทรินจะลดลง มอลโทเดกซ์ทรินนิยมนำมาใช้ในการกระบวนการทอดหุ้มมาก เนื่องจากมอลโทเดกซ์ทรินช่วยป้องกันสารสำคัญที่อยู่ภายในไมโครแคปซูลจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ (Shahidi and Han, 1993) และเกิดฟิล์มได้



ภาพที่ 10 โครงสร้างทางเคมีของมอลโทเดกซ์ทริน

ที่มา: Carareto *et al.* (2010)

## 3.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการห่อหุ้มด้วยเทคนิคการทำแห้งแบบพ่นฝอย

### 3.5.1 สภาวะในการทำแห้ง

เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพในการห่อหุ้มที่ดี นอกจากวัสดุห่อหุ้มที่เหมาะสมแล้ว สภาวะในการทำแห้งที่ดีก็ต้องพิจารณาด้วยเช่นกัน ทั้งนี้ปัจจัยที่มีผลต่อการทำแห้งแบบพ่นฝอย ได้แก่ อุณหภูมิของวัตถุดิบที่เหมาะสม อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าและอุณหภูมิลมร้อนขาออก ในความเป็นจริง

พบว่า อุณหภูมิของวัตถุดิบนั้นมีผลต่อความข้นหนืดของอิมัลชัน ซึ่งส่งผลต่อความสม่ำเสมอในการปั่นฝอย เมื่ออุณหภูมิของวัตถุดิบสูงขึ้น ความข้นหนืดและขนาดของอิมัลชันลดลง แต่อุณหภูมิที่สูงขึ้นดังกล่าวก็ส่งผลต่อการระเหย และการเสื่อมคุณภาพของสารที่ไวต่อความร้อนได้ อัตราการป้อนวัตถุดิบเข้าสู่หัวฉีดก็ต้องปรับให้เหมาะสมเพื่อให้มั่นใจว่าได้ระดับการทำแห้งอย่างที่ต้องการนอกเหนือจากนั้น การปรับอุณหภูมิลมร้อนขาเข้ากับอัตราการไหลของวัตถุดิบก็สำคัญเช่นกัน โดยพบว่า อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าส่งผลโดยตรงต่ออัตราการทำแห้ง และปริมาณความชื้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ เมื่ออุณหภูมิลมร้อนขาเข้าต่ำ อัตราการระเหยก็จะต่ำ ส่งผลให้เกิดผงที่มีลักษณะผิวที่มีความหนาแน่นสูง (High Density Membrane) มีปริมาณความชื้นสูง มีลักษณะการไหลที่ไม่ดี และเกิดการจับรวมตัวกันเป็นก้อนได้ง่าย อย่างไรก็ตาม อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่สูงอาจก่อให้เกิดการระเหยแห้งที่รุนแรงเกินไป ส่งผลให้เกิดการแตกบริเวณผิว ซึ่งนำไปสู่การเสื่อมคุณภาพของสารที่ทำการห่อหุ้มไว้ (Gharallaoui *et al.*, 2007) การห่อหุ้มสารด้วยเทคนิคการทำแห้งแบบปั่นฝอยสามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้ด้วยการเพิ่มความเข้มข้นของวัสดุห่อหุ้ม (Gharallaoui *et al.*, 2007) ซึ่งส่งผลต่อการเกิดการสร้างเปลือกแข็งหุ้มบริเวณหยดของของเหลวที่ผ่านการทำแห้งแล้ว ข้อจำกัดของเทคนิคนี้ อยู่ที่ปริมาณของวัสดุห่อหุ้มที่จะนำมาใช้ ซึ่งต้องละลายน้ำได้ดี รวมถึงลักษณะของผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้ ซึ่งมีคุณลักษณะเป็นผงละเอียดที่อาจจะต้องนำไปผ่านกระบวนการอื่นๆ ต่อไป ทั้งนี้ข้อดีและข้อเสียของเทคนิคดังกล่าวสรุปไว้ ดังตารางที่ 5

**ตารางที่ 5** ข้อดีและข้อเสียของเทคนิคการทำแห้งแบบปั่นฝอย

ข้อดี	ข้อเสีย
- ค่าใช้จ่ายในการผลิตต่ำ	- ขนาดของผลิตภัณฑ์ไม่สม่ำเสมอ
- ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพดี	- ข้อจำกัดในการเลือกใช้วัสดุห่อหุ้ม
- ผลิตภัณฑ์ที่ได้ละลายน้ำได้ดี	- ต้องมีความหนืดต่ำที่ความเข้มข้นสูง
- ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความคงตัวที่ดี	- ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเป็นผงละเอียดมาก
- ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีขนาดเล็ก	ซึ่งอาจต้องนำไปผ่านกระบวนการอื่น ๆ ต่อ
	- ไม่เหมาะกับสารที่มีความไวต่อความร้อน

ที่มา: ดัดแปลงจาก Madene *et. al.* (2006)

#### 4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธนิตชัย (2552) ได้ศึกษาผลของการห่อหุ้มสารห่วยเกลียวทองด้วยมอลโทเด็กซ์ทรินต่อความคงตัวของสารซี - ไฟโคไซยานินและสมบัติการต้านออกซิเดชัน รวมทั้งศึกษาการห่อหุ้มสารสกัด - ไฟโคไซยานินด้วยเทคนิคมัลติเฟสอิมัลชันแบบน้ำในน้ำมันในน้ำ (Water - In - Oil - In - Water Emulsion, W / O / W) จากผลการทดลอง พบว่า อุณหภูมิผลึกน้ำแข็งของการทำแห้งแบบพ่นฝอยในช่วงอุณหภูมิ 160 - 220 องศาเซลเซียส ไม่มีผลต่อปริมาณของซี - ไฟโคไซยานิน และสมบัติการต้านออกซิเดชันของสารห่วยเกลียวทอง ( $p > 0.05$ ) อย่างไรก็ตามการใช้อุณหภูมิร้อนเข้าที่ 200 องศาเซลเซียส มีผลทำให้สูญเสียโปรตีนมากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ ( $p < 0.05$ ) และพบว่าการห่อหุ้มสารห่วยเกลียวทองด้วยมอลโทเด็กซ์ทรินช่วยเพิ่มความคงตัวให้กับสารซี - ไฟโคไซยานิน โดยทำให้ค่าคงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยา (k) การสลายตัวลดน้อยลง และค่าพลังงานกระตุ้นการเกิดปฏิกิริยา ( $E_a$ ) สูงขึ้น โดยการใช้มอลโทเด็กซ์ทริน DE20 สามารถรักษาสารซี - ไฟโคไซยานิน และสมบัติการต้านออกซิเดชันได้ดีกว่ามอลโทเด็กซ์ทริน DE10 นอกจากนี้ยังพบว่า การเพิ่มอัตราส่วนสารห่อหุ้มช่วยทำให้สามารถรักษาสารซี - ไฟโคไซยานินและสมบัติการต้านออกซิเดชันได้ดีขึ้น เมื่อห่อหุ้มสารสกัดซี - ไฟโคไซยานินด้วยเทคนิคมันตีเฟสอิมัลชันแบบน้ำในน้ำมันในน้ำ (Water - In - Oil - In - Water Emulsion, W / O / W) โดยใช้ Polyglycerol Ester Of Polyricinoleic Acid (PGPR) ร้อยละ 2 และสารละลายกัมอะราบิกร้อยละ 10 เป็นอิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier) พบว่า ระบบอิมัลชันดังกล่าวสามารถห่อหุ้มสารซี - ไฟโคไซยานินไว้ได้ทั้งหมด และมีความคงตัวของอิมัลชันต่อความร้อน (30 - 90 องศาเซลเซียส) การแช่เยือกแข็ง (3 รอบการแช่เยือกแข็งและทำละลาย) และความเป็นกรดเป็นด่าง (pH 4 - 8)

เบ็ญจรัก (2542) ศึกษากระบวนการและสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำอ้อยผงโดยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยศึกษาสารห่อหุ้มที่ช่วยในการผลิตน้ำอ้อยผง 2 ชนิด คือมอลโทเด็กซ์ทรินที่ความเข้มข้นร้อยละ 10, 15, 20 และ 25 (น้ำหนักต่อปริมาตร) และแมกนีเซียมสเตียเรตความเข้มข้นร้อยละ 10 สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตน้ำอ้อยผงด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย คือความดันลมออก 50 - 60 lb / in<sup>2</sup> อุณหภูมิผลึกน้ำแข็ง 120 องศาเซลเซียส โดยการเติมมอลโทเด็กซ์ทรินที่ร้อยละ 15 จะได้น้ำอ้อยผงที่ได้การยอมรับในด้านรสหวานและความชอบโดยรวม เมื่อนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ 5 - hedonic scale โดยนำน้ำอ้อยผงมาละลายน้ำในอัตราส่วน 1:5 และนำมาเปรียบเทียบกับน้ำอ้อยสดจะได้รับการยอมรับด้านรสหวาน แต่ความชอบในด้านสี กลิ่น และความชอบโดยรวมจะน้อยกว่าน้ำอ้อยสด

พงศ์พิเชฐ และสรณัฐ (2544) ได้ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการทำส้มผง ด้วยวิธีทำแห้งแบบพ่นฝอยโดยทำการทดลองหา อุณหภูมิห้องทำแห้งที่เหมาะสม และหาร้อยละผสมของสารมอลโทเด็กซ์ทรินที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ส้มผงออกมาคุณภาพดีที่สุด โดยแปรร้อยละของมอลโทเด็กซ์ทรินที่ร้อยละ 15, 20, 25 และ 35 โดยน้ำหนักตามลำดับ และแปรอุณหภูมิห้องทำแห้งที่ 140 และ 170 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งผลจากการทำการทดลองสรุปได้ว่า ที่อุณหภูมิห้องทำแห้งเท่ากับ 150 องศาเซลเซียส และร้อยละส่วนผสมของมอลโทเด็กซ์ทรินเท่ากับร้อยละ 25 โดยน้ำหนัก ให้คุณภาพผงออกมาดีที่สุด

พรรณจิราและคณะ (2545) ได้ศึกษากระบวนการผลิตน้ำผักผลไม้รวมผง โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย ในการทดลองใช้น้ำผักผลไม้รวมที่มีอัตราส่วนโดยปริมาตรระหว่างน้ำส้มน้ำแครอทและน้ำมะนาว เท่ากับ 49 : 34 : 17 และที่ระดับปริมาณของแข็งที่ละลายได้เท่ากับ 16 - 18 องศาบริกซ์เป็นวัตถุดิบเริ่มต้น จากผลการทดลองพบว่าเมื่อนำน้ำผักผลไม้รวมมาอบแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยศึกษาผลของอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่ระดับ 100, 110 และ 120 องศาเซลเซียส และปริมาณมอลโทเด็กซ์ทรินที่ระดับร้อยละ 13, 16 และ 19 โดยน้ำหนัก พบว่าการใช้อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 110 องศาเซลเซียส และปริมาณมอลโทเด็กซ์ทรินร้อยละ 16 โดยน้ำหนัก จะให้ผลิตภัณฑ์ผงที่มีคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสที่ดีที่สุด

ศุกฤตย์ (2538) ได้พัฒนากระบวนการผลิตน้ำบัวบกผง โดยศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยแปรอุณหภูมิเข้า (135 - 175 องศาเซลเซียส) ปริมาณสารไซโคลเด็กซ์ทริน (0.33 - 0.99) กรัมต่อน้ำบัวบกสด 100 มิลลิลิตร และอัตราการไหลของน้ำบัวบกสด (9.67 - 33.33 มิลลิลิตรต่อนาที) พบว่าภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำบัวบกผงจากน้ำบัวบกสดที่ไม่ปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) คือ อุณหภูมิลมเข้า 150 องศาเซลเซียส ปริมาณสารไซโคลเด็กซ์ทริน 0.665 กรัมต่อน้ำบัวบกสด 100 มิลลิลิตร และอัตราการไหลของน้ำบัวบกสด 12.77 มิลลิลิตรต่อนาที

สุธรรมมา (2547) ได้ศึกษาภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตน้ำตาลสดผงโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยชนิดหัวฉีดแบบจานหมุน โดยศึกษาอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่ 100, 110 และ 120 องศาเซลเซียส อัตราการป้อนที่ 9.6, 17.4 และ 25.2 มิลลิลิตร / นาที ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารป้อน 3 ระดับ คือ 40, 45 และ 50 องศาบริกซ์ ( $^{\circ}$ Brix) โดยใช้สารตัวพามอลโทเด็กซ์ทริน DE 10 พบว่าสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตน้ำตาลสดผงแบบพ่นฝอย คือ อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่ 110 องศาเซลเซียส อัตราการป้อน 17.4 มิลลิลิตร / นาที โดยปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในน้ำตาลสด คือ 40 : 60 ให้ผลิตภัณฑ์ผงที่มีคุณสมบัติทางกายภาพและทางด้านประสาทสัมผัสที่ดีที่สุด ผลการวิเคราะห์

คุณภาพของผลิตภัณฑ์ พบว่า มีปริมาณคาร์โบไฮเดรต ความชื้น โปรตีน ไขมัน และเยื่อใย ได้ ปริมาณร้อยละ 95.45, 1.89, 1.14, 0.87, 0.36 และ 0.29 โดยน้ำหนักตามลำดับ ซึ่งปริมาณความชื้น อยู่ในเกณฑ์ของผลิตภัณฑ์อาหารแห้ง และผลิตภัณฑ์ผงมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีปริมาณที่น้อยมาก

อาภากร (2551) ได้ศึกษาการกักเก็บน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรไทยเพื่อต่อต้านจุลินทรีย์ ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ พบว่า ไมโครแคปซูลของน้ำมันหอมระเหยกระชายสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ ทั้งหมดและควบคุมการเจริญ *L.monocytogenes* ในเนื้อไก่สดและในไส้กรอกคือคเทลไกได้ ตลอดอายุการเก็บ 5 วัน และพบว่า โครงสร้างของเบต้าไซโคลเด็กซ์ทรินก่อนการกักเก็บจะมีผิวเรียบ ส่วน โครงสร้างของไมโครแคปซูลของน้ำมันหอมระเหยกระชายมีผิวขรุขระ ซึ่งเกิดจากผลึกขนาดเล็ก จำนวนมากมาเกาะ

อลิษา และจินตนา (2556) ศึกษาผลของชนิดและความเข้มข้นของสารห่อหุ้มโดยการทำแห้ง แบบพ่นฝอยต่อสมบัติทางกายภาพของผงมะเมาะ โดยใช้สารห่อหุ้ม 3 ชนิด คือ มอลโทเด็กซ์ทริน กัม อาราบิก และสารผสมมอลโทเด็กซ์ทรินและกัมอาราบิก ผลจากการศึกษาพบว่า ชนิดและความเข้มข้น ของสารห่อหุ้มมีผลต่อปริมาณความชื้น การดูดความชื้น การละลาย และค่าสีอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยพบว่า ปริมาณความชื้นและการดูดความชื้นในผงมะเมาะมีค่าลดลง เมื่อความ เข้มข้นของสารห่อหุ้มเพิ่มขึ้น และความเป็นสีแดงของผงมะเมาะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสาร ห่อหุ้มลดลง สรุปผลการศึกษาวิจัยการห่อหุ้มโดยการทำแห้งแบบพ่นฝอยของน้ำมะเมาะ โดยใช้มอลโท เด็กซ์ทริน ความเข้มข้นร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก เป็นสารห่อหุ้มทำให้ผงมะเมาะมีปริมาณความชื้นและ การดูดความชื้นต่ำที่สุดและการละลายสูงที่สุด ซึ่งส่งผลให้ผงมะเมาะมีสมบัติทางกายภาพที่ดี มีความ คงตัวสูงและมีอายุการเก็บรักษานานขึ้น

Kha *et al.* (2010) พบว่า การเพิ่มความเข้มข้นของของสารห่อหุ้ม มีผลทำให้ผงเยื่อหุ้มเมล็ด พักข้าวมีความสว่างสูงขึ้น นอกจากนี้พบว่าผงเยื่อหุ้มเมล็ดพักข้าวมีค่า  $a^*/b^*$  สูงที่สุด เมื่อใช้มอลโท เด็กซ์ทริน ความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก

Tonon *et al.* (2008) พบว่า การใช้มอลโทเด็กซ์ทรินในการทำแห้งแบบพ่นฝอยของเนื้ออา ซาอี (Acai Pulp) มีผลทำให้การดูดความชื้นของผงอาซาอี (Acai Dried Powder) ลดลง และมี รายงานว่าการใช้มอลโทเด็กซ์ทรินในการทำแห้งเยื่อหุ้มเมล็ดพักข้าว (Gac Aril) และสับปะรด (Pine

Apple) มีผลทำให้ปริมาณความชื้นและการดูดความชื้นของผงเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว (Gac Aril Powder) และ ผงสับประรด (Pineapple Powder) ลดลง



## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

#### 1. วัตถุดิบ

- 1.1 น้ำตาลโตนด (Palm Sugar) จากหมู่บ้านน้ำตาลสด อำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา
- 1.2 มอลโทเด็กซ์ทริน DE10 (บริษัท แอบบรา, ประเทศไทย)
- 1.3 มอลโทเด็กซ์ทริน DE18 (บริษัท แอบบรา, ประเทศไทย)
- 1.4 กัมอาระบิก (บริษัท บรอนสัน แอนด์ จาคอบส์ อินเทอร์เน็ตเนชั่นแนล, ประเทศไทย)

#### 2. เครื่องมือและอุปกรณ์ในการผลิต

- 2.1 อุปกรณ์เครื่องแก้ว เช่น ปีกเกอร์ แท่งแก้วคน เป็นต้น
- 2.2 เครื่องชั่งน้ำหนักละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง รุ่น BS 224S (บริษัท Sartorius AG, ประเทศเยอรมนี)
- 2.3 เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Dryer) รุ่น NIRO – Gladsaxevej – 305 DK – 2860 Mobile Minor (บริษัท NIRO A/S จำกัด, ประเทศเดนมาร์ก)
- 2.4 เครื่องโฮโมจีไนซ์ชนิดความเร็วสูง รุ่น Ultra – Turrax T25 (บริษัท IKA, ประเทศเยอรมนี)
- 2.5 ถังอลูมิเนียมฟอยล์
- 2.6 เครื่องปิดผนึกถุงด้วยความร้อน

#### 3. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

- 3.1 เครื่องวัดสี (Spectrophotometer) รุ่น CM – 3500d (บริษัท Minolta, ประเทศญี่ปุ่น)

#### 4. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

- 4.1 อุปกรณ์เครื่องแก้ว เช่น บีกเกอร์ แท่งแก้วคน ขวดปรับปริมาตร ขวดรูปชมพู่ เป็นต้น
- 4.2 เครื่องชั่งน้ำหนักละเอียดชนิดนิยม 4 ตำแหน่ง รุ่น BS 224S (บริษัท Sartorius AG, ประเทศเยอรมนี)
- 4.3 เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Hand – Held Refractometer) รุ่น PR – 101 (บริษัท Atago, ประเทศญี่ปุ่น)
- 4.4 เครื่องวัดความเป็นกรด – ด่าง (Inolab pH meter) รุ่น 1 (บริษัท WTW, ประเทศเยอรมนี)
- 4.5 เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (Water activity) Aqualab รุ่น 3 TE (บริษัท Decagon Devices, ประเทศสหรัฐอเมริกา)
- 4.6 นาฬิกาจับเวลา
- 4.7 เครื่องกวนสาร Stirrer
- 4.8 แท่ง Magnetic

#### 5. เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์ค่าคุณภาพทางจุลินทรีย์

- 5.1 อุปกรณ์ในการตรวจสอบจุลินทรีย์ (A.O.A.C., 2000)
- 5.2 อุปกรณ์เครื่องแก้วทางจุลินทรีย์

#### 6. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

- 6.1 อุปกรณ์สำหรับการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส เช่น ปากกา แก้วน้ำ ถ้วยชิม ถาดสำหรับการนำเสนอตัวอย่าง กระดาษเช็ดปาก เป็นต้น
- 6.2 แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส
- 6.3 ห้องประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

#### 7. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการประมวลผลข้อมูล

- 7.1 โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS สำหรับระบบปฏิบัติการ Windows รุ่น 12.0
- 7.2 คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลสำหรับวิเคราะห์ข้อมูล ระบบปฏิบัติการ Windows รุ่น 7

## วิธีการ

### 1. การเตรียมน้ำตาลโตนดสำหรับนำไปผลิตน้ำตาลโตนดผง

น้ำตาลโตนดจากหมู่บ้านน้ำตาลสด อำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา รongรับน้ำตาลโตนดตอนกลางวันประมาณ 12 ชั่วโมง โดยใส่เปลือกไม้พะยอมขณะรongรับ เก็บน้ำตาลโตนดตอนเช้าเวลาประมาณ 6.00 – 8.00 น. เก็บเกี่ยวน้ำตาลโตนดระหว่างเดือน พฤศจิกายน 2555 ถึงเดือนมีนาคม 2557 น้ำตาลโตนดมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอยู่ในช่วงประมาณ 17 - 19 องศา บริกซ์ (°Brix) นำน้ำตาลโตนดที่ได้มาต้มจนเดือด (อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส) กรองเอาเศษผงออกด้วยผ้าขาวบาง 2 ครั้ง บรรจุใส่ขวด ขณะขนย้ายนำขวดที่บรรจุน้ำตาลโตนดใส่กล่องโฟมเพื่อไม่ให้อุณหภูมิลดลง จากนั้นนำมาวัดค่าคุณภาพเบื้องต้นดังนี้ (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ)

1.1 วัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Total soluble solid, TSS) ด้วยเครื่อง Hand Refractometer

1.2 วัดค่าความเป็นกรด - ด่าง ด้วยเครื่อง pH Meter ชั่งน้ำหนักน้ำตาลโตนดผง 10 กรัม ละลายในน้ำกลั่นและปริมาตรเท่ากับ 100 มิลลิลิตร วัดค่าด้วยเครื่อง pH meter ทำการทดลอง 3 ซ้ำ (ดัดแปลงจาก ขนิจฉากรณ์, 2553)

1.3 วัดค่าสี  $L^*$   $a^*$   $b^*$  ด้วยเครื่อง Spectrophotometer นำน้ำตาลโตนดบรรจุใส่ขวดเวทที่มีระยะทางแสงส่องผ่าน 10 มิลลิเมตร จากนั้นการวัดค่าสีด้วยเครื่อง Spectrophotometer รุ่น Minolta CM - 3500d ภายใต้แหล่งกำเนิดแสง  $D_{65}$  ผู้สังเกตการณ์มาตรฐาน 10 องศา ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

### 2. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำตาลโตนดชนิดผงโดยการทำแห้งแบบพ่นฝอย

เตรียมน้ำตาลโตนด 9 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 1,000 มิลลิลิตร ผสมน้ำตาลโตนดกับมอลโทเด็กซ์ทริน ละลายจนเป็นเนื้อเดียวกัน จัดการทดลองแบบแฟกทอเรียล  $3 \times 3$  ทำการทดลอง 2 ซ้ำ แปรปัจจัยมอลโทเด็กซ์ทริน DE10 3 ระดับ (ร้อยละ 10, 15 และ 20) และแปรปัจจัยอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 3 ระดับ (130, 150 และ 170 องศาเซลเซียส) รวมจำนวนสิ่งทดลองทั้งหมด 9 สิ่งทดลอง โดย

ควบคุมอุณหภูมิลมร้อนขาออกที่ 80 – 90 องศาเซลเซียส จะได้น้ำตาลโตนดผงที่สภาวะต่างๆ นำน้ำตาลโตนดผงที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพดังนี้

## 2.1 วิเคราะห์คุณภาพของน้ำตาลโตนดผง

ค่าความหนาแน่นปรากฏ โดยชั่งน้ำหนักน้ำตาลโตนดผง 20 กรัม ใส่กระบอกตวงขนาด 100 มิลลิลิตร จากนั้นกระแทกกระบอกตวง 10 ครั้งบนแผ่นรองกระแทก โดยยกกระบอกตวงให้สูงจากพื้น 15 เซนติเมตร ก่อนกระแทก อ่านค่าปริมาตรที่ขอบบนของตัวอย่าง คำนวณออกมาเป็น มิลลิลิตรต่อกรัม ทำการทดลอง 3 ซ้ำ (ดัดแปลงจาก มอก., 1142 – 2536)

ค่าความสามารถในการละลาย โดยชั่งน้ำหนักน้ำตาลโตนดผง 10 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 250 มิลลิลิตร กวนสารละลายโดยใช้เครื่องกวนสาร (Stirrer) ที่ระดับความเร็วระดับ 5 บันทึกเวลาที่ใช้ในการละลายจนสมบูรณ์ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ (ดัดแปลงจากวิธีของ Al – Kanhani and Hassan, 1990)

ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ (Water Activity:  $a_w$ ) วัดโดยใช้เครื่องยี่ห้อ Aqua Lab รุ่น 3 TE โดยนำน้ำตาลโตนดผงใส่ชนะพลาสติกปริมาณ 2/3 ของภาชนะเพื่อวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เมื่อตัวอย่างถึงสมดุลรอประมาณ 2 – 3 นาที จึงอ่านค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ ตัวอย่าง ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ปริมาณความชื้น ชั่งตัวอย่างประมาณ 2.000 กรัม ใส่ลงในถ้วยอะลูมิเนียมที่ทราบน้ำหนักแล้ว นำไปอบในตู้อบลมร้อนสุญญากาศที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส โดยเปิดฝาอะลูมิเนียมระหว่างอบตัวอย่าง อบตัวอย่างจนกว่าน้ำหนักตัวอย่างจะคงที่ จากนั้นนำตัวอย่างออกมาใส่เดสิคเคเตอร์ ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง บันทึกน้ำหนัก คำนวณปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

ปริมาณผลผลิต (ร้อยละ) นำน้ำตาลโตนดผงบรรจุใส่ถุงอะลูมิเนียมฟลอยด์ ชั่งน้ำหนัก และนำไปคำนวณโดยใช้สูตร

$$\text{ปริมาณผลผลิต (ร้อยละ)} = \frac{\text{ผลผลิตที่ได้}}{\text{น้ำหนักวัตถุดิบเริ่มต้น}} \times 100$$

## 2.2 วิเคราะห์คุณภาพของสารละลายจากน้ำตาลโตนดผง

ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) เช่นเดียวกับข้อ 1.2

ค่าสี  $L^*$   $a^*$   $b^*$  ด้วยเครื่อง Spectrophotometer โดยชั่งน้ำหนักน้ำตาลโตนดผง 10 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปรับปริมาตรเท่ากับ 100 มิลลิลิตร นำน้ำตาลโตนดผงที่ละลายแล้วบรรจุใส่หลอดแก้ว จากนั้นการวัดค่าสีด้วยเครื่อง Spectrophotometer รุ่น Minolta CM – 3500d ภายใต้แหล่งกำเนิดแสง  $D_{65}$  ผู้สังเกตการณ์มาตรฐาน 10 องศา ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

## 2.3 วิเคราะห์ผลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าคุณภาพต่างๆ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติใช้วิธี Duncan's New Multiple's Range Test (DMRT) เพื่อทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของค่าคุณภาพต่างๆ (อนุวัตร, 2549) โดยใช้โปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 12

คัดเลือกอัตราส่วนของมอลโทเดกซ์ทรีน DE10 และอุณหภูมิร้อนชาเข้าที่เหมาะสมในการผลิตน้ำตาลโตนดผง โดยเกณฑ์การพิจารณา (ภาคผนวก ง) ดังนี้

1. ค่าความหนาแน่นปรากฏ
2. ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (Water Activity:  $a_w$ )
3. ปริมาณความชื้น
4. ค่าความสามารถในการละลาย
5. ปริมาณผลผลิต (ร้อยละ)

นำน้ำตาลโตนดผงที่ผสมมอลโทเดกซ์ทรีน DE10 ปริมาณร้อยละ 20 ที่อุณหภูมิร้อนชาเข้าทั้ง 3 ตัวอย่าง (130, 150 และ 170 องศาเซลเซียส) มาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ทดสอบความชอบโดยใช้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 – Point Hedonic Scale) (1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด, 2 คือ ไม่ชอบมาก, 3 คือ ไม่ชอบปานกลาง, 4 คือ ไม่ชอบเล็กน้อย, 5 คือ บอไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ, 6 คือ ชอบเล็กน้อย, 7 คือ ชอบปานกลาง, 8 คือ ชอบมาก, 9 คือ ชอบมากที่สุด) ประเมินความชอบในคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรสโดยรวม รสหวาน และความชอบโดยรวม ร่วมกับการประเมินความพอดี (Just About Right, JAR) 3 ระดับ (1 คือ น้อยเกินไป, 2 คือ พอดี, 3 คือ มากเกินไป) ในคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านรสหวาน ทดสอบกับผู้ทดสอบระดับห้องปฏิบัติการจำนวน 50 คน จำนวน 2 ซ้ำ เตรียมตัวอย่างโดยละลายผงกับน้ำเปล่าในอัตราส่วน 1 : 5 โดยปริมาณของตัวอย่างน้ำตาลโตนดผงที่ละลายน้ำแล้วที่เสนอ 1 ตัวอย่าง (ปริมาณ 20 มิลลิลิตร) ทำการเสิร์ฟตัวอย่างครั้งละ 3 ตัวอย่าง โดยผู้ทดสอบจะต้องทดสอบตัวอย่างอย่างน้อย 1/3 ของตัวอย่าง แล้วกลืนปากด้วยน้ำเปล่าทุกครั้งก่อนทดสอบตัวอย่างถัดไป นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์ทางสถิติดังต่อไปนี้

#### 2.4.1 ข้อมูลจากการประเมินความชอบ

วิเคราะห์ข้อมูลและคะแนนความชอบมาคำนวณคะแนนความชอบเฉลี่ย (Average) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ในคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรสโดยรวม รสหวาน และความชอบโดยรวม

#### 2.4.2 ข้อมูลการประเมินความพอดี

วิเคราะห์ผลด้วยการนับจำนวนความถี่และคำนวณร้อยละของจำนวนคำตอบในแต่ละระดับความพอดี โดยถ้าหากมีจำนวนคำตอบในระดับความพอดีมากกว่า หรือเท่ากับเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70 นั่นคือคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสในด้านนั้นไม่ต้องปรับปรุงแล้ว ในกรณีที่จำนวนคำตอบน้อยกว่าร้อยละ 70 จะทำการรวมความถี่ของจำนวนคำตอบในระดับน้อยเกินไปและรวมความถี่ของจำนวนคำตอบในระดับที่มากเกินไปแล้วนำมาเปรียบเทียบความแตกต่างของจำนวนความถี่คำตอบระหว่างน้อยเกินไปกับมากเกินไปด้วยการวิเคราะห์ Binomial test โดยใช้วิธีเทียบจากตาราง Minimum number of correct response for difference and performance test using forced choice (Bi, 2006) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งจะทำให้ทราบทิศทางการปรับปรุงคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

### 3. การศึกษาชนิดและปริมาณของสารหอมใน การหอมน้ำตาลโตนดโดยกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอย

น้ำตาลโตนดที่ละลายกับมอลโทเด็กซ์ทรินแล้ว นำมาละลายกับสารหอม โหโมจิโนส์ที่ความเร็ว 15,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที โดยวางแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียล  $3 \times 2$  โดยแปรปัจจัยสารหอม 2 ชนิด (กัมอะราบิกและมอลโทเด็กซ์ทริน DE18) และแปรปัจจัยปริมาณของสารหอม 3 ระดับ (ร้อยละ 0.25, 0.50 และ 0.75 ของปริมาณมอลโทเด็กซ์ทริน DE10 ร้อยละ 20 ) รวมจำนวนสิ่งทดลองทั้งหมด 6 สิ่งทดลอง ทำการทดลอง 2 ซ้ำ ควบคุมอุณหภูมิหม้อน้ำเข้าที่ 150 องศาเซลเซียส อุณหภูมิหม้อน้ำออกประมาณ 80 – 90 องศาเซลเซียส จะได้น้ำตาลโตนดผงที่สภาวะต่างๆ นำน้ำตาลโตนดผงที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพดังนี้

3.1 วิเคราะห์คุณภาพของน้ำตาลโตนดผง เช่นเดียวกับข้อ 2.1

3.2 วิเคราะห์คุณภาพของสารละลายจากน้ำตาลโตนดผง เช่นเดียวกับข้อ 2.2

3.3 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าคุณภาพต่างๆ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติใช้วิธี Duncan's New Multiple's Range Test (DMRT) เพื่อทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของค่าคุณภาพต่างๆ (อนุวัตร, 2549) โดยใช้โปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 12

คัดเลือกชนิด และปริมาณของสารหอม ในการหอมน้ำตาลโตนดโดยกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยเกณฑ์การพิจารณา (ภาคผนวก ง) ดังนี้

1. ค่าความหนาแน่นปรากฏ
2. ค่าวอเตอร์แอกติวิตี (Water Activity:  $a_w$ )
3. ปริมาณความชื้น

4. ค่าความสามารถในการละลาย

5. ปริมาณผลผลิต (ร้อยละ)

### 3.4 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

น้ำตาลโตนดผงที่ผ่านการห่อหุ้มด้วยสารห่อหุ้มมอลโทเดกซ์ทริน DE18 ปริมาณร้อยละ 0.50 และสารห่อหุ้มกัมอะราบิก ปริมาณร้อยละ 0.75 นำมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ทดสอบความชอบโดยใช้คะแนนความชอบ 9 ระดับ ประเมินความชอบในคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรสโดยรวม รสหวาน และความชอบโดยรวม ร่วมกับการประเมินความพอดี (Just About Right, JAR) 3 ระดับ (1 คือ น้อยเกินไป, 2 คือ พอดี, 3 คือ มากเกินไป) ในคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านรสหวาน ทดสอบกับผู้ทดสอบระดับห้องปฏิบัติการจำนวน 50 คน จำนวน 2 ซ้ำ เตรียมตัวอย่างโดยละลายผงกับน้ำเปล่าในอัตราส่วน 1 : 5 เสิร์ฟตัวอย่างละ 20 มิลลิลิตร ครั้งละ 2 ตัวอย่าง โดยผู้ทดสอบจะต้องทดสอบตัวอย่างอย่างน้อย 1/3 ของตัวอย่าง แล้วกลั้วปากด้วยน้ำเปล่าทุกครั้งก่อนทดสอบตัวอย่างถัดไป นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์ทางสถิติดังต่อไปนี้

3.4.1 ข้อมูลจากการประเมินความชอบ เช่นเดียวกับข้อ 2.4.1

3.4.2 ข้อมูลการประเมินความพอดี เช่นเดียวกับข้อ 2.4.2

## 4. การศึกษาค่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้ายของผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดผง

นำน้ำตาลโตนดที่ได้จากการทดลองข้อที่ 3 มาวิเคราะห์คุณภาพของน้ำตาลโตนดผงและวิเคราะห์คุณภาพของสารละลายจากน้ำตาลโตนดผง ดังนี้

### 4.1 น้ำตาลโตนดผง

4.1.1 วิเคราะห์คุณภาพ เช่นเดียวกับข้อ 2.1

#### 4.1.2 วิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ (AOAC, 2000)

##### 4.1.2.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด

##### 4.1.2.2 จำนวนยีสต์และรา

#### 4.2 สารละลายจากน้ำตาลโตนดผง

##### 4.2.1 วิเคราะห์คุณภาพ เช่นเดียวกับข้อ 2.2

### 5. การศึกษาอัตราส่วนในการละลายน้ำตาลโตนดผง ในการเตรียมเครื่องดื่มน้ำตาลโตนด

#### 5.1 ศึกษาอัตราส่วนในการละลายน้ำตาลโตนดผงที่เหมาะสม ในการเตรียมเป็นเครื่องดื่มน้ำตาลโตนด

ศึกษาอัตราส่วนในการละลายน้ำตาลโตนดผงที่เหมาะสมในการเตรียมเป็นเครื่องดื่มน้ำตาลโตนด โดยแปรปัจจัยอัตราส่วนของ น้ำตาลโตนดผง ต่อ น้ำ 3 ระดับ คือ 1 : 5, 1 : 7.5 และ 1 : 10 ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธีการทดสอบความชอบโดยใช้คะแนนความชอบ 9 ระดับ ประเมินความชอบในคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรสโดยรวม รสหวาน ในคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านรสหวาน ทดสอบกับผู้ทดสอบระดับห้องปฏิบัติการจำนวน 50 คน จำนวน 2 ซ้ำ เตรียมตัวอย่างโดยละลายผงกับน้ำเปล่าในอัตราส่วน 1 : 5, 1 : 7.5 และ 1 : 10 เสิร์ฟตัวอย่างครั้งละ 3 ตัวอย่าง (ปริมาณ 20 มิลลิลิตร) โดยผู้ทดสอบจะต้องทดสอบตัวอย่างอย่างน้อย 1/3 ของตัวอย่าง แล้วกลืนปากด้วยน้ำเปล่าทุกครั้งก่อนทดสอบตัวอย่างถัดไป นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลองโดยวิธี DMRT (สุรพล, 2537) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เพื่อคัดเลือกอัตราส่วนในการละลายน้ำตาลโตนดผงที่เหมาะสมในการเตรียมเป็นเครื่องดื่มน้ำตาลโตนด

#### 5.2 ศึกษาแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดผง

จากการทดลองข้อ 5.1 นำอัตราส่วนในการละลายน้ำตาลโตนดผงที่เหมาะสม (1 : 5) ทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยทดสอบความชอบและความพอดีของผู้บริโภค

ทดสอบความชอบโดยใช้คะแนนความชอบ 9 ประเมินความชอบในคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรสโดยรวม รสหวาน และความชอบโดยรวม ร่วมกับการประเมินความพอดี 3 ระดับ ในคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านรสหวาน ทดสอบกับผู้ทดสอบระดับห้องปฏิบัติการ จำนวน 50 คน จำนวน 2 ซ้ำ เตรียมตัวอย่างโดยละลายผงกับน้ำเปล่าในอัตราส่วน 1 : 5 เสิร์ฟตัวอย่างครั้งละ 20 มิลลิลิตร โดยผู้ทดสอบจะต้องทดสอบตัวอย่างอย่างน้อย 1/3 ของตัวอย่าง นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์ทางสถิติดังต่อไปนี้

5.2.1 ข้อมูลจากการประเมินความชอบ เช่นเดียวกับข้อ 2.4.1

5.2.2 ข้อมูลการประเมินความพอดี เช่นเดียวกับข้อ 2.4.2

## 6. การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดชนิดผง

ทดสอบความชอบและการยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดผง ทดสอบกับผู้บริโภคเป้าหมายที่มีอายุระหว่าง 18 – 60 ปี จำนวน 100 คน ใช้วิธี Central Location Test - CLT ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยทดสอบความชอบโดยใช้คะแนนความชอบ 9 ระดับ ประเมินความชอบในคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรสโดยรวม รสหวาน และความชอบโดยรวม เตรียมตัวอย่างโดยละลายผงกับน้ำเปล่าในอัตราส่วน 1 : 5 โดยปริมาณของตัวอย่างน้ำตาลโตนดผงที่ละลายน้ำแล้วที่เสนอ 1 ตัวอย่าง (ปริมาณ 20 มิลลิลิตร) พร้อมประเมินการยอมรับและการตัดสินใจซื้อ เก็บข้อมูลด้วยแบบประเมินและแบบสอบถามดังแสดงในภาคผนวก ก

นำข้อมูลและคะแนนความชอบมาคำนวณค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและกำหนดระดับความชอบในแต่ละคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส วิเคราะห์ข้อมูลการยอมรับและการตัดสินใจซื้อด้วยการนับความถี่และคำนวณค่าร้อยละ

## 7. สถานที่ทำการวิจัย

อาคารอุตสาหกรรมเกษตร 1 ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

## 8. ระยะเวลาการทำการวิจัย

เดือนพฤศจิกายน 2555 ถึง เดือนมีนาคม 2557



## ผลและวิจารณ์

### 1. คุณภาพของน้ำตาลโตนดก่อนการทำแห้ง

นำน้ำตาลโตนดจากหมู่บ้านน้ำตาลสด อำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา รongรับน้ำตาลโตนดตอนกลางคืนประมาณ 12 ชั่วโมง โดยใส่เปลือกไม้พะยอมขณะรongรับ เก็บน้ำตาลโตนดตอนเช้าเวลาประมาณ 6.00 – 8.00 น. นำน้ำตาลโตนดที่ได้มาต้มจนเดือด (อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส) กรองเอาเศษผงออกด้วยผ้าขาวบาง 2 ครั้ง บรรจุใส่ขวด ขณะขนย้ายนำขวดที่บรรจุน้ำตาลโตนดใส่กล่องโฟมเพื่อไม่ให้อุณหภูมิลดลง จากนั้นนำมาวัดค่าคุณภาพเบื้องต้น (ตารางที่ 6) น้ำตาลโตนดไม่เติมมอลโทเดกซ์ทรินมีลักษณะสีเทาแกมน้ำตาลเข้ม มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ ร้อยละ 18 มีความเป็นกรดเล็กน้อย ( $\text{pH} = 6.62$ ) และค่าสีของน้ำตาลโตนด  $L^*$   $a^*$  และ  $b^*$  เท่ากับ 81.52 -2.52 และ -0.41 ตามลำดับ

ตารางที่ 6 ค่าคุณภาพทางเคมีและกายภาพของน้ำตาลโตนดก่อนทำแห้ง

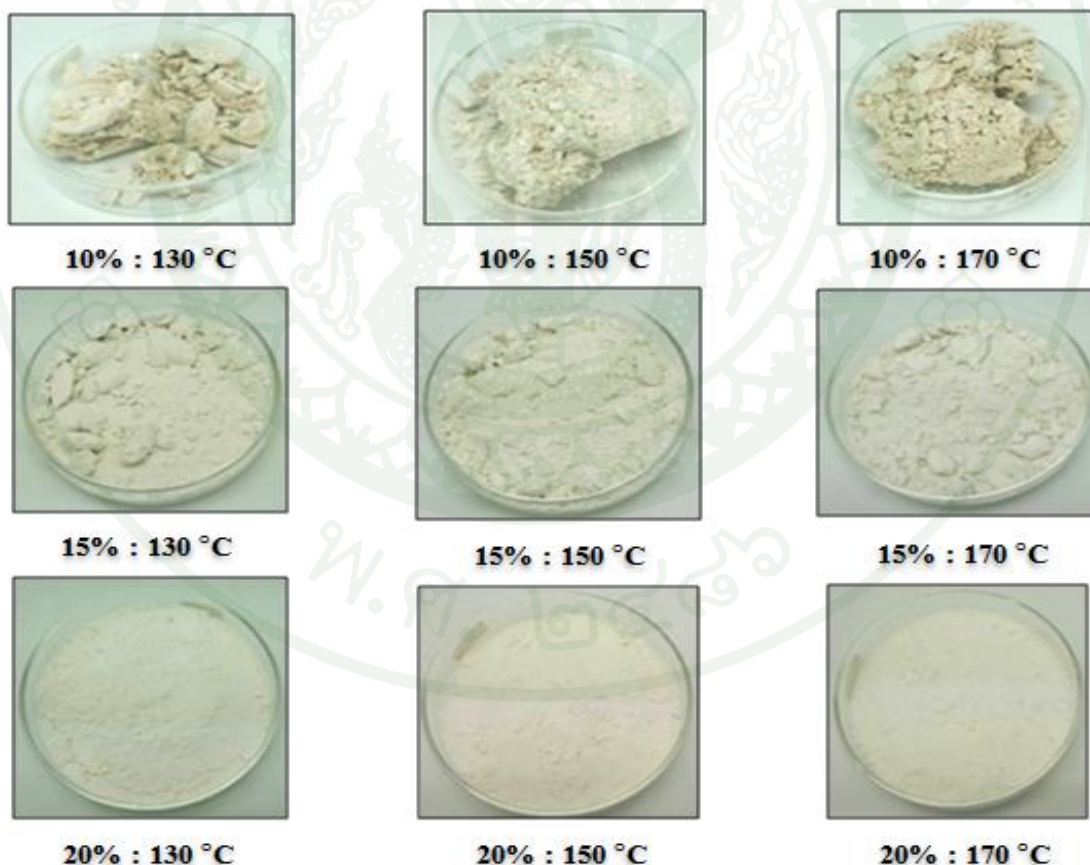
ค่าคุณภาพทางเคมีและกายภาพ	ปริมาณ
สี	สีเทาแกมน้ำตาลเข้ม
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ( $^{\circ}\text{Brix}$ )	$18 \pm 0.05$
pH	$6.62 \pm 0.08$
$L^*$	$81.52 \pm 0.01$
$a^*$	$-2.52 \pm 0.01$
$b^*$	$-0.41 \pm 0.01$

### 2. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำตาลโตนดผงโดยการทำแห้งแบบพ่นฝอย

นำน้ำตาลโตนดมาเติมมอลโทเดกซ์ทริน ซึ่งเป็นสารตัวพา มีหน้าที่เพิ่มปริมาณของแข็งให้กับน้ำตาลโตนดก่อนการทำแห้งแบบพ่นฝอย และช่วยลดการเกาะติดผนังภายในห้องทำแห้ง ซึ่งใช้มอลโทเดกซ์ทริน DE10 ใช้เป็นสารตัวพา โดยศึกษาอิทธิพลของปริมาณมอลโทเดกซ์ทริน 3 ระดับ (ร้อยละ 10 15 และ 20) และอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 3 ระดับ (130 150 และ 170 องศาเซลเซียส) ต่อค่า

คุณภาพทางเคมีและกายภาพ อุณหภูมิลมร้อนขาออกประมาณ 80 - 90 องศาเซลเซียส (สุธรรมมา, 2547) ใช้หัวฉีดความดัน (Pressure Nozzles) ทิศทางการเคลื่อนที่ของลมเป็นการเคลื่อนที่แบบผสม โดยลมร้อนถูกพ่นเข้าด้านข้างไปทางด้านบนของหอทำแห้ง ละอองของเหลวถูกพ่นออกทางด้านล่าง มีเครื่องดูดอากาศทางด้านล่าง ทำให้เกิดการผสมลมร้อนกับละอองของเหลวภายในห้องทำแห้ง จะได้น้ำตาลโตนดผงที่สภาวะต่างๆ นำน้ำตาลโตนดผงที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพดังนี้

น้ำตาลโตนดผงที่ผสมมอลโทเดกซ์ทริน DE10 ปริมาณร้อยละ 20 มีลักษณะที่เป็นผงละเอียด และมีสีน้ำตาลที่อ่อน ส่วนที่ปริมาณร้อยละ 10 และ 15 น้ำตาลโตนดผงยังคงเป็นก้อนติดกัน จากภาพที่ 11 จะเห็นว่าที่อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 170 องศาเซลเซียส ลักษณะของน้ำตาลโตนดผงจะมีสีน้ำตาลที่เข้มกว่าที่อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 10 และ 150 องศาเซลเซียส ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณมอลโทเดกซ์ทริน DE10 ที่ผสม และอุณหภูมิลมร้อนขาเข้านั้นมีผลต่อลักษณะของน้ำตาลโตนดผง



ภาพที่ 11 ผงน้ำตาลโตนดที่มีปริมาณมอลโทเดกซ์ทริน DE10 (10, 15 และ 20%) และ อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า (130, 150 และ 170 °C)

## 2.1 วิเคราะห์คุณภาพของน้ำตาลโตนดผง

ค่าคุณภาพของน้ำตาลโตนดผงในด้านความหนาแน่นปรากฏ ความสามารถในการละลาย ค่า  $a_w$  ปริมาณความชื้น และปริมาณผลผลิต แสดงดังตารางที่ 7

**ตารางที่ 7** ค่าคุณภาพของน้ำตาลโตนดผงที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยที่สภาวะต่างๆ

มอลโท เดกซ์ทริน DE10 (ร้อยละ)	อุณหภูมิร้อน ขาเข้า (องศาเซลเซียส)	ค่าความหนาแน่น ปรากฏ (มิลลิลิตร/กรัม)	ค่าความสามารถ ในการละลาย (นาทีก)	ค่า $a_w$	ความชื้น (ร้อยละ)	ผลผลิต (ร้อยละ)
10	130	$1.87 \pm 0.03^c$	$4.33 \pm 0.08^a$	$0.31 \pm 0.18^{ab}$	$4.12 \pm 0.05^a$	$4.59 \pm 0.65^g$
	150	$1.82 \pm 0.09^c$	$3.85 \pm 0.06^{ab}$	$0.29 \pm 0.17^c$	$3.93 \pm 0.04^b$	$6.34 \pm 1.10^{fg}$
	170	$1.83 \pm 0.04^c$	$3.30 \pm 0.01^{bc}$	$0.28 \pm 0.15^c$	$3.58 \pm 0.01^c$	$6.92 \pm 0.70^f$
15	130	$1.70 \pm 0.03^c$	$2.22 \pm 0.47^{cd}$	$0.31 \pm 0.18^a$	$2.78 \pm 0.02^d$	$16.04 \pm 0.18^d$
	150	$2.43 \pm 0.12^a$	$2.09 \pm 0.05^{cd}$	$0.26 \pm 0.15^d$	$2.71 \pm 0.03^e$	$19.09 \pm 1.21^c$
	170	$2.15 \pm 0.09^b$	$1.65 \pm 0.04^d$	$0.28 \pm 0.16^c$	$2.63 \pm 0.01^f$	$13.60 \pm 1.85^e$
20	130	$2.45 \pm 0.06^a$	$1.79 \pm 0.04^d$	$0.30 \pm 0.17^{abc}$	$2.78 \pm 0.02^d$	$29.37 \pm 1.25^a$
	150	$2.56 \pm 0.09^a$	$1.48 \pm 0.20^d$	$0.29 \pm 0.17^{bc}$	$2.72 \pm 0.01^e$	$24.46 \pm 1.55^b$
	170	$2.48 \pm 0.20^a$	$1.18 \pm 0.01^d$	$0.29 \pm 0.16^c$	$2.60 \pm 0.02^f$	$21.42 \pm 1.38^c$

หมายเหตุ <sup>a-i</sup> หมายถึง จำนวนค่าตอบที่มีอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ค่าความหนาแน่นปรากฏ (Bulk Density) ซึ่งเป็นค่าที่อธิบายถึงอัตราส่วนของของแข็งต่อปริมาตร ซึ่งถ้าค่า Bulk density สูงแสดงว่าผลิตภัณฑ์ที่มีความหนาแน่นรวมสูง ผลิตภัณฑ์จะมีรูพรุนน้อย ถ้ามีค่า Bulk density ต่ำแสดงว่าผลิตภัณฑ์ที่มีความหนาแน่นรวมต่ำ ผลิตภัณฑ์จะมีรูพรุนมาก อากาศที่อยู่ภายในผลิตภัณฑ์ผงมาก จากการทดลองเมื่อเพิ่มปริมาณมอลโทเดกซ์ทริน DE10 และ

อุณหภูมิร้อนสูงขึ้น พบว่า น้ำตาลโตนดผงมีแวนโน้มของค่าความหนาแน่นปรากฏเพิ่มขึ้น ซึ่งค่าความหนาแน่นปรากฏของน้ำตาลโตนดผงจะอยู่ในช่วง 1.70 – 2.56 มิลลิลิตรต่อกรัม เนื่องจากการเพิ่มปริมาณของมอลโทเดกซ์ทรินทำให้น้ำตาลโตนดมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณน้ำในอนุภาคน้อยลง จะทำให้อนุภาคมีปริมาณน้ำที่จะระเหยลดลง ทำให้การอบแห้งดีขึ้น ผลิตภัณฑ์สามารถอบแห้งได้อย่างรวดเร็วมากขึ้น ทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปร่างเกิดได้น้อยลง ส่งผลให้ตัวอย่างมีรูพรุน ค่าความหนาแน่นปรากฏจึงมีค่าลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุธรรมมา (2547) ใช้มอลโทเดกซ์ทริน DE10 ความเข้มข้นเริ่มของสารป้อน 45 และ 50 องศาบริกซ์ ในการทำแห้งน้ำตาลสด พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของสารป้อนสูงขึ้น ค่าความหนาแน่นปรากฏ มีแวนโน้มที่เพิ่มขึ้น ค่าความหนาแน่นปรากฏจาก 0.68 มิลลิลิตรต่อกรัม เป็น 0.70 มิลลิลิตรต่อกรัม ตามลำดับ

ค่าความสามารถในการละลาย (Solubility) จากผลการทดลองพบว่าปริมาณของมอลโทเดกซ์ทริน DE10 และอุณหภูมิร้อนขาเข้ามีอิทธิพลต่อความสามารถในการละลาย ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อเพิ่มปริมาณของมอลโทเดกซ์ทริน DE10 และอุณหภูมิร้อนขาเข้าในการผลิตน้ำตาลโตนดผงมีผลทำให้ค่าความสามารถในการละลายเพิ่มขึ้นจะทำให้ได้ผงที่มีลักษณะที่แห้งและมีความชื้นต่ำ และเมื่อนำมาละลายน้ำได้ดีและใช้เวลาในการละลายน้อย ซึ่งที่อุณหภูมิร้อนขาเข้า 170 องศาเซลเซียส มีค่าความสามารถในการละลายน้อยกว่า อุณหภูมิร้อนขาเข้า 150 และ 130 องศาเซลเซียส และมอลโทเดกซ์ทรินปริมาณร้อยละ 20 มีค่าความสามารถในการละลายดีกว่า ปริมาณมอลโทเดกซ์ทรินร้อยละ 10 และ 15 (ตารางที่ 7) ซึ่งสอดคล้องกับผลของ Athanasia *et. al.* (2004) เมื่ออุณหภูมิร้อนขาเข้าเพิ่มสูงขึ้น ความชื้นของผลิตภัณฑ์มีค่าต่ำในขณะที่มีรูพรุนสูงทำให้การละลายได้ดีขึ้น

อุณหภูมิร้อนขาเข้ามีอิทธิพลต่อค่า  $a_w$  ของน้ำตาลโตนดผงแตกต่างกันทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่ออุณหภูมิร้อนขาเข้าสูงขึ้น ส่งผลให้ค่า  $a_w$  ของน้ำตาลโตนดผงลดลง เนื่องจากกระบวนการทำแห้งแบบพ่นกระจายใช้ความร้อนสูง น้ำที่อยู่ในตัวอย่างถูกกำจัดออกอย่างรวดเร็ว การเพิ่มอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าเป็น 170 องศาเซลเซียส ไม่ทำให้ค่า  $a_w$  ของน้ำตาลโตนดผงลดลงไปกว่าค่า  $a_w$  ของน้ำตาลโตนดผงที่ได้จากการทำแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิร้อนขาเข้า 150 และ 130 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) ซึ่งค่า  $a_w$  ของน้ำตาลโตนดผงอยู่ระหว่าง 0.26 – 0.31 ซึ่งค่า  $a_w$  0.20 – 0.30 เป็นช่วงที่จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ (Fennema, 1996) และยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของผลิตภัณฑ์ชุมชนของน้ำเก็กฮวยผงขงดื่ม คือ ต้องมีค่า  $a_w$  ไม่เกิน 0.5 การเพิ่มอุณหภูมิลมร้อนก่อนเข้าการทำแห้งให้สูงกว่านี้จะไม่ส่งผลต่อค่า  $a_w$  ของผลิตภัณฑ์แล้ว ยังอาจส่งผลให้เกิดการสูญเสียสารให้กลิ่นรสเพิ่มขึ้นได้ (Master, 1979) สอดคล้องกับงานวิจัยของสุนทร (2545) ซึ่ง

ศึกษาการผลิตน้ำใบเตยผง พบว่าอุณหภูมิร้อนขาเข้า 150 และ 170 องศาเซลเซียส ไม่มีผลต่อค่า  $a_w$  อย่างมีนัยสำคัญ

การลดลงของปริมาณความชื้นเนื่องจากน้ำถูกกำจัดออกจากผลิตภัณฑ์ในระหว่างกระบวนการทำแห้ง เมื่ออุณหภูมิในการทำแห้งเพิ่มสูงขึ้น ทำให้ปริมาณความชื้น และค่า  $a_w$  ของผลิตภัณฑ์ลดลง (รุ่งนภา, 2535) สังเกตได้จากค่า  $a_w$  และปริมาณความชื้นของน้ำตาลโตนดผง มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน

ปริมาณความชื้น (Moisture content) จากตารางที่ 7 จะเห็นว่าน้ำตาลโตนดผงที่เติมมอลโทเดกซ์ทรีน DE10 ปริมาณที่เพิ่มขึ้น และเพิ่มอุณหภูมิร้อนขาเข้าสูงขึ้น พบว่าปริมาณของมอลโทเดกซ์ทรีนมีและอุณหภูมิร้อนขาเข้า มีผลต่อปริมาณความชื้น (ร้อยละ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เนื่องจากความชื้นของผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดผงมีแนวโน้มลดลง การทำแห้งน้ำตาลโตนดที่อุณหภูมิร้อนขาเข้า 170 องศาเซลเซียส มีปริมาณความชื้นต่ำสุด คือ ร้อยละ 3.58, 2.63 และ 2.60 ตามลำดับ และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) น้ำตาลโตนดผงที่ผ่านการทำแห้งที่อุณหภูมิร้อนขาเข้า 130 องศาเซลเซียส มีปริมาณความชื้นสูงสุด คือ ร้อยละ 4.12 ส่วนผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดผงที่ใช้มอลโทเดกซ์ทรีนในปริมาณร้อยละ 20 มีค่าความชื้นต่ำกว่าการใช้มอลโทเดกซ์ทรีนที่ปริมาณร้อยละ 10 และ 15 ตามลำดับ ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับ พรรณจิรา (2545) ซึ่งศึกษา กระบวนการผลิตน้ำผักผลไม้รวมผงโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยและไม่โครเวฟสุญญากาศ

ปริมาณของมอลโทเดกซ์ทรีนมีอิทธิพลต่อปริมาณผลผลิตของน้ำตาลโตนดผง จากการทดลอง พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณของมอลโทเดกซ์ทรีนสูงขึ้น ปริมาณผลผลิตของน้ำตาลโตนด มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับ สุนทรี (2546) ซึ่งศึกษาผลของมอลโทเดกซ์ทรีนที่เติมในน้ำใบเตยต่อปริมาณผลผลิตที่ได้ โดยพบว่าปริมาณมอลโทเดกซ์ทรีนที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจาก เมื่อเพิ่มปริมาณมอลโทเดกซ์ทรีนจะทำให้การห่อหุ้มอนุภาคต่างๆ ของสารที่ต้องการทำแห้งแบบพ่นฝอยทั่วถึงมากยิ่งขึ้น

## 2.2 วิเคราะห์คุณภาพของสารละลายน้ำตาลโตนดผง

คุณภาพของสารละลายน้ำตาลโตนดผงในด้านสี และความเป็นกรด - ด่าง (pH) แสดงดังตารางที่ 8

**ตารางที่ 8** ค่าคุณภาพของสารละลายน้ำตาลโตนดผงที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยที่  
สภาวะต่างๆ

มอลโทเดกซ์ทริน DE 10  (ร้อยละ)	อุณหภูมิ ร้อนขาเข้า  (องศาเซลเซียส)	ค่าสี			ค่า pH
		L*	a*	b*	
10	130	78.15 ± 0.02 <sup>a</sup>	-2.49 ± 0.02 <sup>h</sup>	-0.39 ± 0.04 <sup>c</sup>	5.39 ± 0.05 <sup>c</sup>
	150	77.44 ± 0.01 <sup>b</sup>	-2.12 ± 0.01 <sup>b</sup>	-0.87 ± 0.01 <sup>e</sup>	6.63 ± 0.22 <sup>a</sup>
	170	76.03 ± 0.02 <sup>c</sup>	-1.91 ± 0.01 <sup>a</sup>	1.60 ± 0.04 <sup>a</sup>	6.53 ± 0.27 <sup>b</sup>
15	130	78.23 ± 0.02 <sup>a</sup>	-2.46 ± 0.01 <sup>g</sup>	-0.69 ± 0.02 <sup>d</sup>	5.67 ± 0.36 <sup>c</sup>
	150	75.13 ± 0.01 <sup>d</sup>	-2.14 ± 0.01 <sup>c</sup>	-0.28 ± 0.01 <sup>b</sup>	6.67 ± 0.07 <sup>a</sup>
	170	74.22 ± 0.02 <sup>e</sup>	-2.18 ± 0.01 <sup>d</sup>	-1.42 ± 0.05 <sup>f</sup>	6.91 ± 0.02 <sup>a</sup>
20	130	72.66 ± 0.39 <sup>f</sup>	-2.42 ± 0.02 <sup>f</sup>	-3.38 ± 0.03 <sup>h</sup>	6.45 ± 0.28 <sup>ab</sup>
	150	73.80 ± 0.01 <sup>g</sup>	-2.34 ± 0.01 <sup>e</sup>	-2.66 ± 0.03 <sup>g</sup>	6.70 ± 0.01 <sup>a</sup>
	170	71.94 ± 0.02 <sup>h</sup>	-2.51 ± 0.02 <sup>h</sup>	-4.07 ± 0.01 <sup>i</sup>	6.76 ± 0.03 <sup>a</sup>

หมายเหตุ <sup>a-i</sup> หมายถึง จำนวนค่าตอบที่มีอักษรต่างกันในกลุ่มเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ค่าความสว่าง (L\*) ของผงน้ำตาลโตนดที่ผ่านการละลายน้ำที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จากการทดลองพบว่า ค่าความสว่าง (L\*) มีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น สำหรับน้ำตาลโตนดที่เติมมอลโทเดกซ์ทริน DE10 ในอัตราส่วนเดียวกัน เมื่ออุณหภูมิที่สูงขึ้นจะส่งผลต่อการเร่งเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลมากขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดผงมีค่าความสว่าง (L\*) ลดลง (สุธรรมมา, 2547) เมื่อใช้อุณหภูมิขาเข้าที่ 170 องศาเซลเซียส จะให้ค่าความสว่าง (L\*) ลดลงกว่า การใช้อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่ 150 และ 130 องศาเซลเซียส ส่วนปริมาณของมอลโทเดกซ์ทริน DE10 มีผลต่อค่าความสว่าง (L\*) ของน้ำตาลโตนดผง ซึ่งจากการทดลองจะเห็นว่าทุกสภาวะผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดผงเมื่อนำมา

ละลายน้ำแล้ว จะมีค่าความสว่าง ( $L^*$ ) อยู่ในช่วง 71.94 – 78.23 แสดงว่าตัวอย่างมีสีที่ค่อนข้างใส อาจเป็นผลเนื่องมาจากการเติมมอลโทเดกซ์ทริน DE10 ซึ่งเมื่ออบแห้งจะมีสีขาวแสดงดังภาพที่ 11

ค่าความเป็นสีแดงและสีเขียว ( $a^*$ ) จะเพิ่มสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิร้อนขาเข้าสูงขึ้น สัมพันธ์กับค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ของสีที่มีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิร้อนขาเข้าเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งค่าความเป็นสีเขียว ( $a^*$ ) อยู่ระหว่าง (-2.51) – (-1.91) และปริมาณของมอลโทเดกซ์ทรินมีอิทธิพลต่อค่าค่าความเป็นสีแดงและสีเขียว ( $a^*$ ) ของน้ำตาลโตนดผงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ทุกสภาวะการผลิตผลิตภัณฑ์จะมีค่า  $a^*$  อยู่ในช่วงลบ ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง (-2.52) - (-1.91) แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีสีออกไปทางสีเขียวซึ่งเป็นสีเริ่มต้นของน้ำตาลสดที่ใช้ทดลอง

ค่าความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงิน ( $b^*$ ) จะเพิ่มสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิร้อนขาเข้าสูงขึ้น สัมพันธ์กับค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ของสีที่มีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิร้อนขาเข้าเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งส่วนใหญ่จะมีค่าความเป็นสีน้ำเงิน ( $b^*$ ) ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง (-4.07) – (1.60) และปริมาณของมอลโทเดกซ์ทรินมีอิทธิพลต่อค่าความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงิน ( $b^*$ ) ของน้ำตาลโตนดผงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เกือบทุกสภาวะการผลิตผลิตภัณฑ์จะมีค่า  $b^*$  อยู่ในช่วงลบ ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง (-4.01) - (1.60) แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีสีออกไปทางสีน้ำเงิน ทั้งนี้เนื่องจากมอลโทเดกซ์ทริน DE10 มีความสามารถในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลได้เป็นอย่างดี ช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะสีเหลืองน้อยมาก

ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) พบว่าอุณหภูมิร้อนขาเข้ามีอิทธิพลต่อค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) ของน้ำตาลโตนดผงแตกต่างกันทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) จากการทดลองเมื่อเพิ่มอุณหภูมิร้อนขาเข้าและเพิ่มปริมาณมอลโทเดกซ์ทริน DE10 สูงขึ้น ส่งผลให้ค่า pH ของน้ำตาลโตนดผงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่งผลให้น้ำตาลโตนดมีความเป็นกรดเล็กน้อย

เมื่อพิจารณาอิทธิพลของมอลโทเดกซ์ทรินที่มีผลต่อคุณภาพของน้ำตาลโตนดผง (ตารางที่ 7 และ 8) พบว่า ที่ปริมาณมอลโทเดกซ์ทริน DE10 ที่ปริมาณร้อยละ 20 ให้ปริมาณผลผลิตร้อยละ ค่าความหนาแน่นปรากฏ ค่าความสามารถในการละลายมากที่สุด และให้ปริมาณความชื้น และค่า  $a_w$  น้อยที่สุด ดังนั้นจึงเลือกน้ำตาลโตนดผงที่เติมมอลโทเดกซ์ทรินปริมาณร้อยละ 20 อุณหภูมิร้อนขาเข้าที่ใช้ทั้ง 3 อุณหภูมิ (130, 150 และ 170 องศาเซลเซียส) มาทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส

จากตารางที่ 9 เมื่อพิจารณาผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 50 คน ด้วยวิธี 9 – point hedonic scale ในคุณลักษณะต่างๆ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่นรสโดยรวม รสหวาน และความชอบโดยรวม ร่วมกับการทดสอบความพอดี ในคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านรสหวาน ผลการทดสอบมีรายละเอียดดังนี้

**ตารางที่ 9** คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำตาลโตนดผงที่เติมมอลโทเดกซ์ทริน DE10 ปริมาณ ร้อยละ 20 ที่อุณหภูมิร้อนชาเข้าแตกต่างกัน

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	อุณหภูมิร้อนชาเข้า (°C)		
	130	150	170
ลักษณะปรากฏ <sup>ns</sup>	5.7 ± 1.82	6.2 ± 1.37	5.8 ± 1.40
กลิ่นรสโดยรวม	4.7 ± 1.68 <sup>b</sup>	5.9 ± 1.45 <sup>a</sup>	5.5 ± 1.62 <sup>a</sup>
ความหวาน <sup>ns</sup>	5.6 ± 1.60	5.8 ± 1.44	5.7 ± 1.87
ความชอบโดยรวม	4.8 ± 1.89 <sup>b</sup>	5.6 ± 1.60 <sup>a</sup>	5.0 ± 1.88 <sup>ab</sup>

**หมายเหตุ** <sup>a-b</sup> หมายถึง จำนวนคำตอบที่มีอักษรต่างกันแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

จากตารางที่ 9 เมื่อพิจารณาระดับความชอบของน้ำตาลโตนดที่ผสมมอลโทเดกซ์ทริน DE10 ปริมาณร้อยละ 20 ที่อุณหภูมิร้อนชาเข้า 150 องศาเซลเซียส ซึ่งจากข้อมูลทางสถิติ พบว่า อุณหภูมิร้อนชาเข้า 150 และ 170 องศาเซลเซียส ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) แต่เลือกอุณหภูมิร้อนชาเข้า 150 องศาเซลเซียส เพราะ ใช้พลังงานและค่าใช้จ่ายน้อยกว่า อุณหภูมิร้อนชาเข้า 170 องศาเซลเซียส และคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรสโดยรวม รสหวาน และความชอบโดยรวม มีความชอบในระดับชอบเล็กน้อย โดยมีคะแนนความชอบเฉลี่ยเท่ากับ 6.2, 5.9, 5.8 และ 5.6 ตามลำดับ ซึ่งผู้ทดสอบส่วนใหญ่ให้เหตุผลว่ากลิ่นรสของน้ำตาลโตนดนั้นมีกลิ่นไหม้ซึ่งกลิ่นไหม้นั้นเป็นกลิ่นดั้งเดิมของน้ำตาลโตนดสดที่มาจากกระบอกไม้ไผ่ที่ผ่านการรมควันเพื่อฆ่าเชื้อก่อนที่จะนำมากรองน้ำตาลโตนด

**ตารางที่ 10** ความถี่ร้อยละของค่าตอบระดับความพอดี 3 ระดับ ของความหวานของน้ำตาลโตนดผงที่เติมมอลโทเดกซ์ทริน DE10 ปริมาณ ร้อยละ 20 ที่อุณหภูมิความร้อนขาเข้า 150 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิร้อนขาเข้า (°C)		ระดับความพอดี		
		น้อยเกินไป	พอดี	มากเกินไป
150	(ความถี่)	10	37	3
	(ร้อยละ)	20.00	74.00	6.00

เมื่อพิจารณาร้อยละคะแนนความรู้สึก (JAR) ผลิตรสชาติน้ำตาลโตนดที่ผสมมอลโท-เดกซ์ทริน DE10 ปริมาณร้อยละ 20 ที่ใช้อุณหภูมิร้อนขาเข้าทั้ง 3 อุณหภูมิ ผู้บริโภครู้สึกถึงความหวานของน้ำตาลโตนดที่ผสมมอลโทเดกซ์ทริน DE10 ปริมาณร้อยละ 20 ที่ใช้อุณหภูมิร้อนขาเข้า 150 องศาเซลเซียสอยู่ในเกณฑ์พอดี (เกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70) จึงคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมต่อการทำแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้อุณหภูมิร้อนขาเข้า 150 องศาเซลเซียส มอลโทเดกซ์ทริน DE10 ปริมาณร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก น้ำไปเป็นสภาวะในการศึกษาชนิดและปริมาณของสารเคลือบในการห่อหุ้มน้ำตาลโตนดโดยกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอย ต่อไป

### 3. การศึกษาชนิดและปริมาณของสารห่อหุ้มในการห่อหุ้มน้ำตาลโตนดโดยกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอย

จากการทดลองการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำตาลโตนดผงโดยการทำแห้งแบบพ่นฝอย พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการแห้งแบบพ่นฝอยของการผลิตน้ำตาลโตนดผง คือ อุณหภูมิร้อนขาเข้า 150 องศาเซลเซียส มอลโทเดกซ์ทริน DE10 ปริมาณร้อยละ 20 นำตัวอย่างน้ำตาลโตนดผงที่ได้จากข้อ 2 มาศึกษาชนิดและปริมาณของสารห่อหุ้มในการห่อหุ้มน้ำตาลโตนดผง โดยกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอย สารห่อหุ้มที่ศึกษา คือ มอลโทเดกซ์ทริน DE18 และกัมอะราบิก ปริมาณที่ศึกษา คือ ร้อยละ 0.25, 0.50 และ 0.75 นำผงของตัวอย่างที่ได้มาทำการศึกษาค่าคุณภาพต่างๆ ได้แก่ สี ความสามารถในการละลาย ค่าความหนาแน่นปรากฏ ค่าความเป็นกรด - ต่าง ปริมาณความชื้น ค่า  $a_w$  ปริมาณผลผลิต และทดสอบทางประสาทสัมผัส

**ตารางที่ 11** ค่าคุณภาพของตาลโตนดผงที่ผ่านกระบวนการห่อหุ้มโดยใช้สารห่อหุ้มมอลโทเดกซ์ทริน DE18 และกัมอะราบิก ที่ปริมาณต่างๆ

ชนิดของสารเคลือบ	ปริมาณของสารเคลือบ (ร้อยละ)	ค่าความหนาแน่น	ค่า	ผลผลิต (ร้อยละ)	ค่า $a_w$	ความชื้น (ร้อยละ) <sup>ns</sup>
		ปรากฏ (มิลลิลิตร/กรัม)	ความสามารถในการละลาย (นาที่) <sup>ns</sup>			
มอลโทเดกซ์ทริน DE18	0.25	1.84 ±0.47 <sup>b</sup>	2.09 ±0.31	32.51 ±3.07 <sup>ab</sup>	0.24 ±0.11 <sup>c</sup>	2.29 ±0.10
	0.50	2.56 ±0.10 <sup>ab</sup>	2.07 ±0.28	40.14 ±4.41 <sup>a</sup>	0.23 ±0.01 <sup>c</sup>	2.23 ±0.02
	0.75	2.84 ±0.42 <sup>ab</sup>	2.28 ±0.24	34.16 ±2.13 <sup>ab</sup>	0.23 ±0.01 <sup>c</sup>	2.31 ±0.04
กัมอะราบิก	0.25	2.07 ±0.07 <sup>b</sup>	2.09 ±0.40	23.35 ±2.49 <sup>b</sup>	0.28 ±0.00 <sup>a</sup>	2.24 ±0.04
	0.50	3.37 ±0.44 <sup>a</sup>	2.32 ± 0.40	32.84 ±1.91 <sup>ab</sup>	0.29 ±0.01 <sup>a</sup>	2.22 ±0.01
	0.75	3.37 ±1.05 <sup>a</sup>	2.25 ± 0.33	38.48 ±2.21 <sup>ab</sup>	0.25 ±0.01 <sup>b</sup>	2.31 ±0.04

หมายเหตุ <sup>a-c</sup> หมายถึง จำนวนค่าตอบที่มีอักษรต่างกันในกลุ่มเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ค่าความหนาแน่นปรากฏ จากการทดลองเมื่อเพิ่มปริมาณของสารห่อหุ้มมอลโทเดกซ์ทริน DE18 และกัมอะราบิก สูงขึ้น พบว่า น้ำตาลโตนดผงมีแนวโน้มของค่าความหนาแน่นปรากฏ (Bulk density) เพิ่มขึ้น ซึ่งค่าความหนาแน่นปรากฏของน้ำตาลโตนดผงที่ใช้มอลโทเดกซ์ทริน DE18 เป็นสารห่อหุ้มจะอยู่ในช่วง 1.84 – 2.84 มิลลิลิตรต่อกรัม และน้ำตาลโตนดผงที่ใช้กัมอะราบิก เป็นสารห่อหุ้มจะอยู่ในช่วง 2.07 – 3.37 มิลลิลิตรต่อกรัม จากตารางที่ 11 พบว่า น้ำตาลโตนดที่ใช้มอลโทเดกซ์ทริน DE18 ที่ปริมาณร้อยละ 0.75 ค่าความหนาแน่นปรากฏมากที่สุด คือ 2.84 มิลลิลิตรต่อกรัม

ปริมาณผลผลิต (ร้อยละ) จากการทดลอง พบว่า ปริมาณผลผลิตของน้ำตาลโตนดผงที่ผ่านกระบวนการห่อหุ้มโดยใช้มอลโทเดกซ์ทริน DE18 ที่ปริมาณต่างๆ มีปริมาณผลผลิต มากกว่าการใช้กัมอะราบิกเป็นสารห่อหุ้ม โดยปริมาณผลผลิตของน้ำตาลโตนดผงที่ใช้มอลโทเดกซ์ทริน DE18 เป็นสารห่อหุ้มจะอยู่ในช่วงร้อยละ 32.51 – 40.14 และน้ำตาลโตนดผงที่ใช้กัมอะราบิก เป็นสารห่อหุ้มจะอยู่ในช่วงร้อยละ 23.35 – 38.48 จากตารางที่ 11 พบว่า น้ำตาลโตนดที่ใช้มอลโทเดกซ์ทริน DE18 ที่ปริมาณร้อยละ 0.50 มีปริมาณผลผลิตมากที่สุด คือ ร้อยละ 40.14 ถ้าพิจารณาราคาของมอลโทเดกซ์

ทริน DE18 และกัมอะราบิก พบว่า มอลโทเดกซ์ทริน DE 18 ราคา 52 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งมีราคาที่ถูกกว่า กัมอะราบิกซึ่งมี ราคา 200 บาท ต่อกิโลกรัม

ปริมาณความชื้นและค่า  $a_w$  จากการวิเคราะห์ความชื้นและค่า  $a_w$  ของน้ำตาลโตนดผงที่ผ่านกระบวนการห่อหุ้มพบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq .05$ ) โดยปริมาณของมอลโทเดกซ์ทริน DE18 และกัมอะราบิกมีผลต่อปริมาณความชื้นและค่า  $a_w$  โดยน้ำตาลโตนดผงที่ใช้มอลโทเดกซ์ทริน DE18 ที่ปริมาณต่างๆ มีปริมาณความชื้นร้อยละ 2.29, 2.23 และ 2.31 ตามลำดับ และค่า  $a_w$  เท่ากับ 0.24, 0.23 และ 0.23 ตามลำดับ ส่วนน้ำตาลโตนดผงที่ใช้กัมอะราบิกเป็นสารห่อหุ้มในการห่อหุ้มที่ปริมาณต่างๆ มีปริมาณความชื้นร้อยละ 2.24, 2.22 และ 2.31 ตามลำดับ และค่า  $a_w$  เท่ากับ 0.28, 0.29 และ 0.25 ตามลำดับ (ตารางที่ 11) ซึ่งผลิตภัณฑ์ประเภทผงจะมีความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 3 - 4 (Mujumdar, 1995) โดยกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยเป็นการทำให้ตัวอย่างแห้งด้วยการทำให้สารละลายแตกตัวเป็นละอองหรืออนุภาคเล็กๆ แล้วผ่านไปในห้องทำแห้ง (Chamber) ซึ่งมีอากาศร้อนไหลผ่าน ซึ่งจะเกิดการระเหยขึ้นที่ผิวของอนุภาคเล็กๆ อย่างรวดเร็ว ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังจากการทำแห้งแบบพ่นฝอยอยู่ในสภาพแห้ง ทั้งนี้การใช้อุณหภูมิร้อนขาออกต่ำ (70 - 115 องศาเซลเซียส) จะช่วยรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยลดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในด้านต่างๆ ได้ (Macrae *et al.*, 1993)

ความสามารถในการละลายเป็นเกณฑ์สำคัญที่ใช้ในการพิจารณาคุณภาพผลิตภัณฑ์ประเภทผง ซึ่งตัวอย่างที่สามารถละลายได้ดีจะต้องมีลักษณะดังนี้ คือ มีพื้นที่ในการดูดซับน้ำปริมาณมาก (Wettability) มีความสามารถในการจม (Sinkability) และมีความสามารถในการกระจายตัวที่ดี (Dispersability) (Chen and Patel, 2008)

ความสามารถในการละลายของน้ำตาลโตนดผงที่ผ่านกระบวนการห่อหุ้มโดยใช้สารห่อหุ้มมอลโทเดกซ์ทริน DE18 และกัมอะราบิก ที่ปริมาณต่างๆ มีความไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ในการทดลองนี้ได้นำน้ำตาลโตนดผงมาทดสอบความสามารถในการละลายดังตารางที่ 11 พบว่าตัวอย่างที่ได้จากการใช้สารห่อหุ้มมอลโทเดกซ์ทริน DE18 มีความสามารถในการละลาย อยู่ในช่วง 2.07 - 2.28 นาที แสดงว่าสารห่อหุ้มมอลโทเดกซ์ทริน DE18 ทำให้ตัวอย่างมีความสามารถในการละลายที่เร็วกว่าการใช้สารห่อหุ้มกัมอะราบิก โดยผงตัวอย่างที่ใช้สารห่อหุ้มกัมอะราบิก มีความสามารถในการละลาย อยู่ในช่วง 2.09 - 2.32 นาที ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kha *et al.* (2010) ที่ศึกษาผลของความเข้มข้นของมอลโทเดกซ์ทรินและอุณหภูมิในการทำแห้งต่อลักษณะเคมีกายภาพและสมบัติต้านออกซิเดชันของผงพริกขี้หนู โดยน้ำตาลโตนดที่ใช้มอลโทเดกซ์ทริน DE18 เป็น

สารห่อหุ้มที่ปริมาณร้อยละ 0.50 มีความสามารถในการละลายเร็วที่สุด โดยใช้เวลาในการละลาย ตัวอย่าง 2.07 นาที เนื่องจากมอลโทเดกซ์ทรีนมีคุณสมบัติในการดูดความชื้นต่ำ

ความสามารถในการละลายของผงที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยนั้นอาจจะมีผลมาจากส่วนประกอบของวัตถุดิบ ช่วงอุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้ง ตัวพาที่ใช้ในการทำแห้ง และลมที่ใช้ในการเป่าและอัตราการไหล (Hall, 1999) การทำแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่เหมาะสมจะทำให้มีความชื้นต่ำและมี Wet Surface อยู่รอบอนุภาคน้อย เมื่อนำไปละลายน้ำจึงละลายได้ดีกว่าผงที่มีความชื้นสูง ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วการทำแห้งแบบพ่นฝอยจะได้ผงที่มีลักษณะเป็นทรงกลม และมี Wet Surface อยู่โดยรอบ ซึ่งถ้าหากมี Wet Surface อยู่ในปริมาณมากจะทำให้น้ำในบริเวณดังกล่าวเกิดการเกาะติดกัน เป็นผลให้อนุภาคผงรวมกันเป็นก้อน เมื่อนำไปละลายน้ำอาจทำให้มีความสามารถในการละลายลดลง (Baker, 1997)

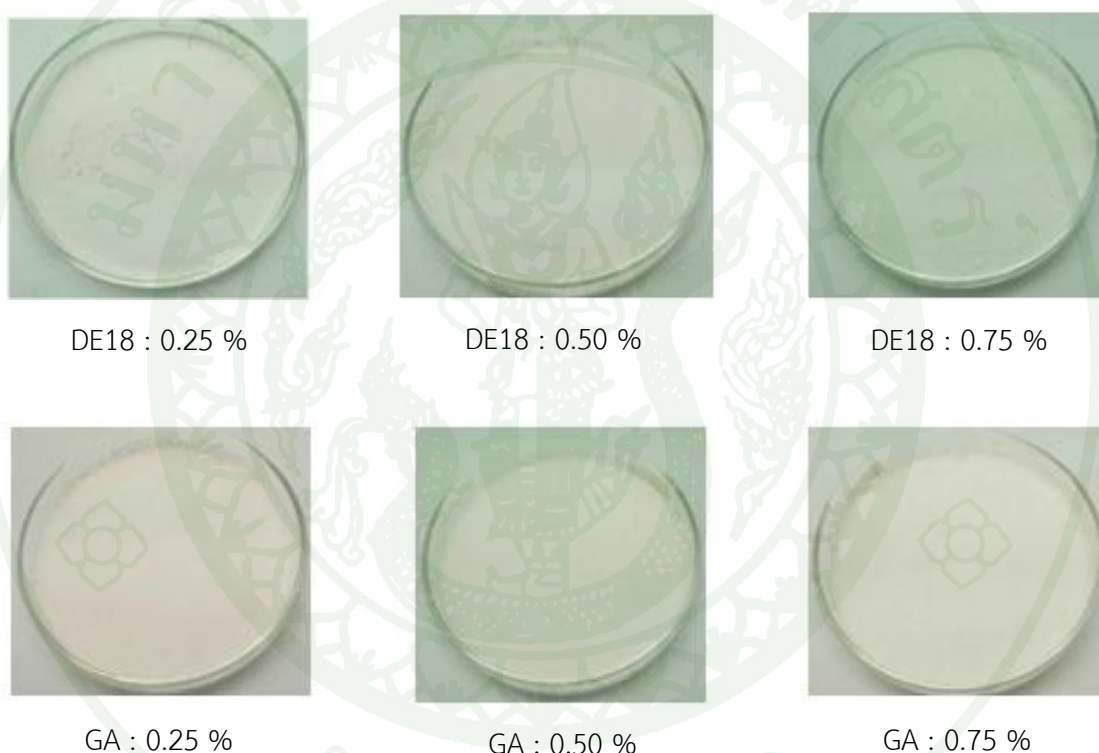
**ตารางที่ 12** ค่าคุณภาพของสารละลายน้ำตาลโตนดผงที่ผ่านกระบวนการห่อหุ้ม โดยใช้สารห่อหุ้มมอลโทเดกซ์ทรีน DE18 และกัมอะราบิก ที่ปริมาณต่างๆ

ชนิดของสารเคลือบ	ปริมาณของสารเคลือบ (ร้อยละ)	ค่าสี			ค่า pH
		L*	a*	b*	
มอลโทเดกซ์ทรีน DE18	0.25	69.25 ± 0.07 <sup>b</sup>	-1.85 ± 0.01 <sup>a</sup>	-1.65 ± 0.83 <sup>ab</sup>	5.62 ± 0.03 <sup>a</sup>
	0.50	68.68 ± 0.04 <sup>b</sup>	-1.82 ± 0.14 <sup>a</sup>	-2.39 ± 0.49 <sup>bc</sup>	5.50 ± 0.04 <sup>b</sup>
	0.75	67.19 ± 0.11 <sup>c</sup>	-1.99 ± 0.09 <sup>ab</sup>	-3.68 ± 0.62 <sup>c</sup>	5.46 ± 0.01 <sup>b</sup>
กัมอะราบิก	0.25	70.15 ± 0.77 <sup>a</sup>	-2.10 ± 0.22 <sup>b</sup>	-0.61 ± 1.44 <sup>a</sup>	5.59 ± 0.11 <sup>a</sup>
	0.50	70.45 ± 0.22 <sup>a</sup>	-2.16 ± 0.77 <sup>b</sup>	-0.32 ± 0.06 <sup>a</sup>	5.46 ± 0.01 <sup>b</sup>
	0.75	70.03 ± 0.23 <sup>a</sup>	-2.16 ± 0.07 <sup>b</sup>	-0.17 ± 0.73 <sup>a</sup>	5.44 ± 0.03 <sup>b</sup>

**หมายเหตุ** <sup>a-c</sup> หมายถึง จำนวนคำตอบที่มีอักษรต่างกันในกลุ่มเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

สี เป็นคุณภาพทางกายภาพค่าหนึ่งของตัวอย่างผงแห้ง ในการทดลองนี้ได้นำตัวอย่างมาวิเคราะห์ค่าสี L\* a\* b\* ซึ่งค่า L\* แสดงค่าความสว่าง a\* ค่าบวก (+) แสดงค่าสีแดง ค่าลบ (-) แสดง

ค่าสีเขียว และ  $b^*$  ค่าบวก (+) แสดงค่าสีเหลือง ค่าลบ (-) แสดงค่าสีน้ำเงิน ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 12 เมื่อพิจารณาผลของชนิดและปริมาณของสารทอหุ้มต่อค่าสีของน้ำตาลโตนดผงจากกระบวนการทอหุ้ม พบว่า ปริมาณของสารทอหุ้ม คือ มอลโทเดกซ์ทริน DE18 และกัมอะราบิก มีผลต่อค่าสีของตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยน้ำตาลโตนดที่ใช้กัมอะราบิกเป็นสารทอหุ้มที่ปริมาณต่างๆ ทำให้ตัวอย่างมีค่าความสว่าง ( $L^*$ ) และสีน้ำเงิน ( $b^*$ ) สูงกว่าตัวอย่างที่มอลโทเดกซ์ทริน DE18 เป็นสารทอหุ้มในทางกลับกัน พบว่า ค่าสีเขียว ( $a^*$ ) มีค่าน้อยกว่าซึ่งสามารถพิจารณาได้จากภาพถ่ายของตัวอย่างร่วมกัน (ภาพที่ 12)



ภาพที่ 12 น้ำตาลโตนดผงที่ผ่านกระบวนการทอหุ้มโดยใช้มอลโทเดกซ์ทริน DE18 และกัมอะราบิก (GA) เป็นสารทอหุ้มที่ปริมาณต่างๆ (0.25, 0.50 และ 0.75%)

ค่าความเป็นกรด - ต่าง (pH) พบว่าปริมาณของสารทอหุ้ม คือ มอลโทเดกซ์ทริน DE18 และกัมอะราบิก ที่ใช้การในทอหุ้มน้ำตาลโตนดมีอิทธิพลต่อค่าความเป็นกรด - ต่าง (pH) ของสารละลายน้ำตาลโตนดผงแตกต่างกันทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) จากการทดลองเมื่อเพิ่มปริมาณของมอลโทเดกซ์ทรินสูงขึ้น ส่งผลให้ค่า pH ของน้ำตาลโตนดผงมีแนวโน้มลดลง ซึ่งน้ำตาลโตนดมีความเป็นกรดเล็กน้อย

เมื่อพิจารณาชนิดและปริมาณของสารหอมหุ่มที่มีผลต่อคุณภาพของน้ำตาลโตนดผง (ตารางที่ 11 และ 12) พบว่า สารหอมหุ่มที่ใช้ในการหอมหุ่มน้ำตาลโตนดผง คือ มอลโทเดกซ์ทรีน DE18 ที่ปริมาณร้อยละ 0.50 ให้ปริมาณผลผลิตร้อยละ ความสามารถในการละลายมากที่สุด และปริมาณความชื้น ค่าวอเตอร์แอกติวิตีมีค่าน้อยที่สุด ส่วนสารหอมหุ่มกัมอะราบิก ที่ปริมาณร้อยละ 0.75 มีค่าความหนาแน่นปรากฏมากที่สุด และถ้าพิจารณาราคาของมอลโทเดกซ์ทรีน DE18 และกัมอะราบิก พบว่า มอลโทเดกซ์ทรีน DE18 ราคา 52 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งมีราคาที่ถูกกว่า กัมอะราบิก ราคา 200 บาท ต่อกิโลกรัม ดังนั้นจึงเลือกน้ำตาลโตนดผงที่ใช้สารหอมหุ่มมอลโทเดกซ์ทรีน DE18 ที่ปริมาณร้อยละ 0.50 และสารหอมหุ่มกัมอะราบิก ที่ปริมาณร้อยละ 0.75 มาทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส

เมื่อพิจารณาผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 50 คน ด้วยวิธี 9 – point hedonic scale ในคุณลักษณะต่างๆ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่นรสโดยรวม รสหวาน และความชอบโดยรวม ร่วมกับการทดสอบความพอดี ในคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้าน รสหวาน ผลการทดสอบมีรายละเอียดดังนี้

**ตารางที่ 13** คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำตาลโตนดผงที่ใช้สารหอมหุ่มมอลโทเดกซ์ทรีน DE18 ปริมาณ ร้อยละ 0.50 และสารหอมหุ่มกัมอะราบิก ปริมาณ ร้อยละ 0.75

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	คะแนนความชอบ	
	มอลโทเดกซ์ทรีน DE18 ร้อยละ 0.50	กัมอะราบิก ร้อยละ 0.75
ลักษณะปรากฏ <sup>ns</sup>	6.8 ± 0.89	6.7 ± 1.18
กลิ่นรสโดยรวม	6.0 ± 1.17 <sup>a</sup>	5.6 ± 1.33 <sup>b</sup>
รสหวาน <sup>ns</sup>	6.2 ± 1.33	6.1 ± 1.12
ความชอบโดยรวม	6.3 ± 1.21 <sup>a</sup>	5.7 ± 1.36 <sup>b</sup>

หมายเหตุ <sup>a-b</sup> หมายถึง จำนวนคำตอบที่มีอักษรต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

จากการศึกษาชนิดและปริมาณของสารหอมในการหอมน้ำตาลโตนดโดยกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอย ด้วยการแปรชนิดและปริมาณของสารหอม พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบคุณลักษณะด้านกลิ่นรสโดยรวม และความชอบโดยรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) แต่คุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ และรสหวาน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) โดยน้ำตาลโตนดที่ใช้สารหอมมอลโทเดกซ์ทริน DE18 ปริมาณร้อยละ 0.50 ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรสโดยรวม รสหวาน และความชอบโดยรวมสูงกว่าน้ำตาลโตนดที่ใช้สารหอมกัมอะราบิก ปริมาณร้อยละ 0.75

จากตารางที่ 13 เมื่อพิจารณาระดับความชอบของน้ำตาลโตนดที่ใช้มอลโทเดกซ์ทริน DE18 ปริมาณร้อยละ 0.50 เป็นสารหอม พบว่า ได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรสโดยรวม รสหวาน และความชอบโดยรวม ในระดับชอบเล็กน้อยถึงปานกลาง โดยมีคะแนนความชอบเฉลี่ยเท่ากับ 6.8, 6.0, 6.2 และ 6.3 ตามลำดับ ซึ่งผู้ทดสอบส่วนใหญ่ให้เหตุผลว่ากลิ่นรสน้ำตาลโตนดนั้นยังคงมีกลิ่นใหม่เหมือนเดิม ซึ่งกลิ่นใหม่นั้นเป็นกลิ่นดั้งเดิมของน้ำตาลโตนดสดที่มาจากกระบอกไม้ไผ่ที่ผ่านการรมควันเพื่อฆ่าเชื้อก่อนที่จะนำมาร่อนน้ำตาลโตนด

**ตารางที่ 14** ความถี่ร้อยละของคำตอบระดับความพอดี 3 ระดับ ของความหวานของน้ำตาลโตนดผงที่ใช้สารหอมมอลโทเดกซ์ทริน DE18 ปริมาณ ร้อยละ 0.50

ชนิดและปริมาณของสารเคลือบ		ระดับความพอดี		
		น้อยเกินไป	พอดี	มากเกินไป
มอลโทเดกซ์ทริน DE18	(ความถี่)	2	38	4
: ร้อยละ 0.50	(ร้อยละ)	4.00	76.00	6.00

เมื่อพิจารณาร้อยละคะแนนความรู้จัก (JAR) ผลผลิตน้ำตาลโตนดที่ใช้สารหอมมอลโทเดกซ์ทริน DE18 ปริมาณร้อยละ 0.50 ผู้บริโภครู้สึกว่าความหวานของน้ำตาลโตนดที่ใช้สารหอมมอลโทเดกซ์ทริน DE18 ปริมาณร้อยละ 0.50 อยู่ในเกณฑ์พอดี คือ ร้อยละ 76.00

พิจารณาปัจจัยโดยรวม จากการศึกษานี้และปริมาณของสารหอมในการหอมน้ำตาลโตนดโดยกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยจึงคัดเลือกชนิดและปริมาณของสารหอมที่ใช้ในการหอมน้ำตาลโตนด โดยพิจารณาจากค่าคุณภาพทางกายภาพ เคมี จากการละลายน้ำตาลโตนดผง

พบว่า ผู้บริโภคมีความชอบน้ำตาลโตนดที่ผ่านการห่อหุ้มโดยใช้สารห่อหุ้มมอลโทเดกซ์ทริน DE18 มากที่สุด ประกอบราคาที่ถูกกว่า จึงเลือกมอลโทเดกซ์ทริน DE18 เป็นสารห่อหุ้มในการผลิตน้ำตาลโตนดผงแบบห่อหุ้ม

โดยในการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดผงแบบห่อหุ้ม ใช้สภาวะในการผลิตดังนี้ อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 150 องศาเซลเซียส มอลโทเดกซ์ทริน DE10 ปริมาณร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก สารห่อหุ้มมอลโทเดกซ์ทริน DE18 ปริมาณร้อยละ 0.50 โดยน้ำหนัก เมื่อได้ผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดผงที่ผ่านกระบวนการห่อหุ้มแล้ว จากนั้นจะนำไปศึกษาค่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้ายของผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดผงต่อไป

#### 4. การศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้ายของผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดผง

จากการศึกษาชนิดและปริมาณของสารห่อหุ้มในการห่อหุ้มน้ำตาลโตนดโดยกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอย เมื่อได้น้ำตาลโตนดผงมาแล้วจึงได้ทำการศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้ายของผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดผง โดยทำการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำตาลโตนดผงและวิเคราะห์คุณภาพสารละลายจากน้ำตาลโตนด ดังนี้

##### ตารางที่ 15 ค่าคุณภาพของน้ำตาลโตนดผง

ค่าคุณภาพ	ปริมาณ
ความหนาแน่นปรากฏ (มิลลิลิตร/กรัม)	3.32±0.35
ความสามารถในการละลาย (นาทีก)	2.25±0.33
ค่า $a_w$	0.23±0.01
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	2.23±0.03
ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/กรัม)	< 10 (ค่าโดยประมาณ)
ปริมาณยีสต์ และรา (cfu/กรัม)	< 10 (ค่าโดยประมาณ)

จากตารางที่ 15 พบว่า การวัดค่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้าย ค่าคุณภาพของน้ำตาลโตนดผง มีค่าดังนี้ ความหนาแน่นปรากฏ เท่ากับ 3.32 มิลลิลิตรต่อกรัม, ค่าความสามารถในการละลาย เท่ากับ 2.25 นาทีก, ค่า  $a_w$  เท่ากับ 0.23, ปริมาณความชื้น ร้อยละ 2.23, ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ไม่

เกิน  $1 \times 10^3$  โคลโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม, ปริมาณยีสต์ และรา น้อยกว่า 10 โคลโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม (มผช. 265 – 2547) จึงถือว่าผลิตภัณฑ์นี้ปลอดภัยต่อการบริโภคนอกจากนี้ค่า  $a_w$  มีค่าต่ำกว่า 0.5 ซึ่งไม่เหมาะกับการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์

**ตารางที่ 16** ค่าคุณภาพของสารละลายจากน้ำตาลโตนดผง

ค่าคุณภาพ	ปริมาณ
ความเป็นกรด – ต่าง	6.02±0.03
L*	70.50±0.15
a*	-2.16±0.66
b*	-0.35±0.04

จากตารางที่ 16 พบว่า การวัดค่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้าย ค่าคุณภาพของสารละลายจากน้ำตาลโตนดผง มีค่าดังนี้ ค่าความเป็นกรด – ต่าง เท่ากับ 6.02 , ค่าความสว่าง (L\*) เท่ากับ 70.50, ค่าสีเขียว (a\*) เท่ากับ -2.16, ค่าสีน้ำเงิน (b\*) เท่ากับ -0.35

## 5. การศึกษาอัตราส่วนในการละลายน้ำตาลโตนดผงที่เหมาะสม ในการเตรียมเครื่องดื่มน้ำตาลโตนด

### 5.1 ศึกษาอัตราส่วนในการละลายผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดชนิดผง

จากน้ำตาลโตนดผงที่ได้จากการทดลองการศึกษานิตและปริมาณของสารทอหุ้มในการทอหุ้มน้ำตาลโตนดโดยกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอย ทำให้ได้ชนิดและปริมาณของสารทอหุ้มในการทอหุ้มน้ำตาลโตนด จากนั้นนำมาหาอัตราส่วนในการละลายต่อ โดยทดสอบความชอบของผู้บริโภคต่อน้ำตาลโตนดผงที่ละลายกับน้ำ ซึ่งจะใช้น้ำตาลโตนดผง 20 กรัม ต่อ น้ำ 3 อัตราส่วน คือ ที่ 1 : 5.0, 1 : 7.50 และ 1 : 10.0

**ตารางที่ 17** คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของอัตราส่วนในการละลายของผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดผง

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	คะแนนความชอบ		
	1 : 5.0	1 : 7.5	1 : 10
ลักษณะปรากฏ	7.00 ± 0.79 <sup>a</sup>	6.60 ± 0.97 <sup>b</sup>	6.57 ± 1.04 <sup>b</sup>
กลิ่นรสโดยรวม	6.23 ± 1.14 <sup>a</sup>	5.47 ± 1.20 <sup>b</sup>	5.27 ± 1.23 <sup>b</sup>
รสหวาน	6.30 ± 1.33 <sup>a</sup>	5.13 ± 1.38 <sup>b</sup>	4.87 ± 1.31 <sup>c</sup>
ความชอบโดยรวม	6.30 ± 1.29 <sup>a</sup>	5.27 ± 1.20 <sup>b</sup>	5.13 ± 1.33 <sup>b</sup>

หมายเหตุ <sup>a-c</sup> หมายถึง จำนวนคำตอบที่มีอักษรต่างกันในแต่ละแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

จากการศึกษาอัตราส่วนในการละลายน้ำตาลโตนดผงที่เหมาะสม ในการเตรียมเครื่องดื่มน้ำตาลโตนด พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรสโดยรวม รสหวาน และความชอบโดยรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยอัตราส่วนที่ผู้บริโภคมิคะแนนความชอบมากที่สุดคือ ที่อัตราส่วน น้ำตาลโตนดผง 1 ส่วน ต่อปริมาณน้ำเปล่า 5 ส่วน ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรสโดยรวม รสหวาน และความชอบโดยรวมสูงกว่าที่อัตราส่วน 1 : 7.50 และ 1 : 10.0

จากตารางที่ 17 เมื่อพิจารณาระดับความชอบของอัตราส่วนในการละลายน้ำตาลโตนดผงที่ พบว่า ได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรสโดยรวม รสหวาน และความชอบโดยรวม ในระดับชอบเล็กน้อยถึงปานกลาง โดยมีคะแนนความชอบเฉลี่ยเท่ากับ 7.0, 6.23, 6.30 และ 6.30 ตามลำดับ

จากการศึกษาอัตราส่วนในการละลายน้ำตาลโตนดผงที่เหมาะสม ในการเตรียมเครื่องดื่มน้ำตาลโตนดพบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรสโดยรวม รสหวาน และความชอบโดยรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ที่อัตราส่วนน้ำตาลโตนด 1 ส่วนต่อ น้ำเปล่า 5 ส่วน มีคะแนนความชอบของผู้บริโภคมากที่สุด คือ โดยมีคะแนน

ความชอบเฉลี่ยเท่ากับ 7.0, 6.23, 6.30 และ 6.30 ตามลำดับ คือที่อัตราส่วน น้ำตาลโตนดผง 1 ส่วน ปริมาณน้ำเปล่า 5 ส่วน

## 5.2 ศึกษาแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดผง

จากการทดลองการศึกษาอัตราส่วนในการละลายผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดผงทำให้ได้ อัตราส่วนในการละลายน้ำตาลโตนดผงที่เหมาะสมจากความชอบของผู้บริโภค จากนั้นนำมาศึกษา การทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยทดสอบความชอบและความพอดีของผู้บริโภคต่อน้ำตาลโตนดผงที่ ละลายกับน้ำ ซึ่งจะใช้น้ำตาลโตนดใน อัตราส่วน 1 : 5.0

### ตารางที่ 18 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนด

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	คะแนนความชอบ	ระดับความพอดี (ร้อยละ)		
		น้อยเกินไป	พอดี	มากเกินไป
ลักษณะปรากฏ	8.0 ± 0.89	-	-	-
กลิ่นรสโดยรวม	7.5 ± 1.17	-	-	-
รสหวาน	7.2 ± 1.33	7	43	0
		14.00	86.00	0.00
ความชอบโดยรวม	7.3 ± 1.21	-	-	-

จากตารางที่ 18 พบว่า คะแนนความชอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะ ปรากฏอยู่ในเกณฑ์ที่ชอบมาก และในส่วนของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรสโดยรวม รส หวาน และความชอบโดยรวม นั้นอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง ในส่วนระดับของความพอดี พบว่า คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านรสหวานมีคะแนนความพอดีร้อยละ 86.00 ซึ่งคะแนนความพอดีมี มากกว่าเกณฑ์ ( $\leq$  ร้อยละ 70) นั้นแสดงว่าผลิตภัณฑ์มีความพอดีแล้วและไม่ต้องปรับอีก

## 6. การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดผง

### 6.1 ลักษณะทางประชากรศาสตร์ของกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมาย

จากการสำรวจการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 100 คน โดยใช้แบบสอบถาม (ภาคผนวก ก) ผลการสำรวจ (ตารางที่ 19) พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามเป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 47 เพศชายคิดเป็นร้อยละ 53 และส่วนใหญ่มีอายุอยู่ในช่วง 41 – 50 ปี คิดเป็นร้อยละ 26 รองลงมามีอายุอยู่ในช่วง 21 – 30 ปี คิดเป็นร้อยละ 25 ผู้ตอบคำถามส่วนใหญ่มีระดับการศึกษาสูงสุดในระดับ มัธยมศึกษาตอนปลาย คิดเป็นร้อยละ 30 รองลงมาคือ ระดับปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 26 ผู้ตอบคำถาม ร้อยละ 34 มีอาชีพเป็นพนักงานเอกชน รองลงมามีอาชีพเป็นนักเรียน/นิสิต/นักศึกษา คิดเป็นร้อยละ 22 ส่วนใหญ่มีรายได้ต่อเดือน 10,001 – 15,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 28 รองลงมา มีรายได้ มากกว่า 30,000 บาทขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 20

**ตารางที่ 19** ลักษณะทางประชากรศาสตร์ของกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมาย

N = 100

ลักษณะทางประชากรศาสตร์	ร้อยละ
<b>เพศ</b>	
หญิง	47
ชาย	53
<b>อายุ</b>	
ต่ำกว่า 20 ปี	13
21 – 30 ปี	25
31 – 40 ปี	23
41 – 50 ปี	26
51 – 60 ปี	13
<b>ระดับการศึกษา</b>	
ต่ำกว่ามัธยมศึกษาตอนปลาย	22
มัธยมศึกษาตอนปลาย	30
ปริญญาตรี	26
ปริญญาโท	21
สูงกว่าปริญญาโท	1
<b>อาชีพ</b>	
นักเรียน/นิสิต/นักศึกษา	22
ข้าราชการ, รัฐวิสาหกิจ	16
พนักงานเอกชน	34
รับจ้างทั่วไป	17
ธุรกิจส่วนตัว	11
<b>รายได้ต่อเดือน</b>	
น้อยกว่าหรือเท่ากับ 5,000 บาท	11
5,001 – 10,000 บาท	17
10,001 – 15,000 บาท	28
15,001 – 20,000 บาท	15
20,001 – 25,000 บาท	15
25,001 – 30,000 บาท	14
มากกว่า 30,000 บาทขึ้นไป	20

## 6.2 ข้อมูลเชิงพฤติกรรม และทัศนคติของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดผง

จากการสำรวจพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดผง พบว่า มีผู้บริโภคเคยเลือกซื้อผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนด ร้อยละ 87 โดยรายละเอียดด้านความถี่ในการบริโภค, สถานที่ซื้อ, ลักษณะการซื้อต่อครั้ง, จำนวนเงินโดยเฉลี่ยที่จ่าย และเหตุผลในการเลือกซื้อ แสดงดังตารางที่ 20

ตารางที่ 20 พฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดผง

N = 100	
พฤติกรรมการบริโภค	ร้อยละ
ท่านเคยบริโภคผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดหรือไม่	
เคย	87
ไม่เคย	13
ความถี่ในการบริโภคต่อเดือน	
น้อยกว่า 1 ครั้ง	41
1 – 2 ครั้ง	36
3 – 4 ครั้ง	13
5 ครั้งขึ้นไป	10
สถานที่ซื้อผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนด (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)	
ร้านขายของฝาก	85
ร้านค้าสะดวกซื้อทั่วไป	28
ดิสเคานต์สโตร์	9
ห้างสรรพสินค้า	8
ซูเปอร์มาร์เก็ต	8
ลักษณะการซื้อต่อครั้ง (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)	
ซื้อเป็นถุง	83
ซื้อเป็นขวดพลาสติก	41
ซื้อเป็นแก้ว	25
ซื้อเป็นขวดแก้ว	15

## ตารางที่ 20 (ต่อ)

N = 100

พฤติกรรมผู้บริโภค	ร้อยละ
จำนวนเงินโดยเฉลี่ยที่ท่านจ่ายในการซื้อต่อครั้ง	
10 - 15 บาท	30
16 - 20 บาท	42
21 - 30 บาท	17
31 - 40 บาท	2
41 - 50 บาท	5
51 บาทขึ้นไป	4
เหตุผลในการเลือกซื้อ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)	
ดับกระหาย	75
เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่ในท้องถิ่นของฝาก	53
คุณค่าทางโภชนาการ	16
อาหารว่าง/ทานเล่น	15
มีรสอร่อย/หอมชื่นใจ	3
เป็นผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ	1

จากตารางที่ 20 พบว่า การเลือกซื้อผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดของผู้บริโภคเหตุผลอันดับที่ 1 คือ ดับกระหาย อันดับที่ 2 คือ เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่ในท้องถิ่นและเป็นของฝาก อันดับที่ 3 คือ คุณค่าทางโภชนาการ อันดับที่ 4 คือ อาหารว่าง/ทานเล่น อันดับที่ 5 คือ มีรสอร่อย/หอมชื่นใจ

## 6.3 ผลการทดสอบความชอบผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนด

จากการทดสอบผู้บริโภคต่อน้ำตาลโตนดด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 point scales Hedonic) (ตารางที่ 21) พบว่า ค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยในคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ อยู่ในระดับความชอบปานกลาง (7.30) สีของน้ำตาลโตนด อยู่ในระดับความชอบปานกลาง (7.35) กลิ่นรสน้ำตาลโตนด อยู่ในระดับความชอบปานกลาง (7.08) รสหวานของน้ำตาลโตนด อยู่ในระดับความชอบปานกลาง (7.12) และความชอบโดยรวมอยู่ในระดับความชอบปานกลาง (7.28)

### ตารางที่ 21 ความชอบต่อผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนด

N = 100

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ลักษณะปรากฏ	7.30 $\pm$ 1.00
สี	7.35 $\pm$ 0.95
กลิ่นรสโดยรวม	7.08 $\pm$ 0.94
รสหวาน	7.12 $\pm$ 1.10
ความชอบโดยรวม	7.28 $\pm$ 1.00

#### 6.4 ผลการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดผง

จากการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดผงของผู้บริโภค พบว่า ร้อยละ 83 ผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ และร้อยละ 17 ไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ ซึ่งการยอมรับผลิตภัณฑ์นี้มากกว่าเกณฑ์ ( $\geq$  ร้อยละ 80) จึงถือว่าผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดผงนี้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ซึ่งผู้ที่ไม่ยอมรับ ร้อยละ 17 นั้นเหตุผลส่วนใหญ่บอกว่า น้ำตาลโตนดนั้นมีความหวานที่น้อยเกินไป แสดงดังตารางที่ 22

### ตารางที่ 22 การยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดชนิดผง

N = 100

การยอมรับผลิตภัณฑ์	ร้อยละ
ยอมรับ	83
ไม่ยอมรับ	17

#### 6.5 ผลการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดผง

จากผลการทดสอบการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดผงในราคา 10 บาท/ซอง พบว่า ผู้บริโภคร้อยละ 68 มีความสนใจที่จะซื้อผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดชนิดผง ร้อยละ 21 ไม่แน่ใจ และร้อยละ 11 ไม่ซื้อ (ตารางที่ 23)

ตารางที่ 23 การตัดสินใจซื้อของผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดผง

N = 100

การตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์	ร้อยละ
ซื้อ	68
ไม่แน่ใจ	21
ไม่ซื้อ	11

จากตารางที่ 23 พบว่า ผู้บริโภคตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดผงโดยให้เหตุผลว่า ง่าย และสะดวกต่อการบริโภค อร่อย และรสชาติไม่หวานเกินไป สะดวกในการเก็บรักษา และสามารถเก็บรักษาได้นาน และ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ยังไม่มีใครผลิต สำหรับผู้บริโภคที่ไม่แน่ใจที่จะซื้อหรือไม่ซื้อผลิตภัณฑ์ ให้เหตุผลว่า รสหวานนั้นอ่อนไปควรมีความหวานเพิ่มกว่านี้ ผลิตภัณฑ์นั้นไม่ธรรมชาติ และสำหรับผู้บริโภคที่ตัดสินใจไม่ซื้อผลิตภัณฑ์ ให้เหตุผลว่า ผลิตภัณฑ์ควรมีความหวานมากกว่านี้ ผลิตภัณฑ์น่าจะมีประโยชน์มากกว่านี้ เช่น น้ำไปผสมอาหารได้ เป็นต้น

## สรุปและข้อเสนอแนะ

### สรุป

การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดชนิดผงแบบห่อหุ้ม (encapsulation) มีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้ คือ การเตรียมน้ำตาลโตนดสำหรับนำไปผลิตน้ำตาลโตนดผง ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำตาลโตนดผงโดยการทำให้แห้งแบบพ่นฝอย ศึกษาชนิดและปริมาณของสารห่อหุ้มในการห่อหุ้มน้ำตาลโตนดโดยกระบวนการทำให้แห้งแบบพ่นฝอย ศึกษาค่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้ายของน้ำตาลโตนดผง ศึกษาอัตราส่วนในการละลายน้ำตาลโตนดผง ในการเตรียมเครื่องตีมน้ำตาลโตนด และศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดผง สามารถสรุปได้ดังนี้

1. การเตรียมน้ำตาลโตนดสำหรับนำไปผลิตน้ำตาลโตนดผง พบว่า ค่าคุณภาพทางเคมีและกายภาพของน้ำตาลโตนดก่อนการทำให้แห้ง น้ำตาลโตนดไม่เติมมอลโทเดกซ์ทรินมีลักษณะสีเทาแกมน้ำตาลเข้ม มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ ร้อยละ 18 มีความเป็นกรดเล็กน้อย ( $\text{pH} = 6.62$ ) และค่าสีของน้ำตาลโตนด  $L^*$ ,  $a^*$  และ  $b^*$  เท่ากับ 81.52, -2.52 และ -0.41 ตามลำดับ

2. จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำตาลโตนดผงโดยการทำให้แห้งแบบพ่นฝอย พบว่า อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 150 องศาเซลเซียส เติมมอลโทเดกซ์ทริน DE10 ปริมาณร้อยละ 20 ผงน้ำตาลโตนดที่ได้มีปริมาณผลผลิตร้อยละ 24.46 ความหนาแน่นปรากฏ เท่ากับ 2.56 มิลลิลิตรต่อกรัม ความสามารถในการละลาย เท่ากับ 1.48 นาที ซึ่งลักษณะของผงน้ำตาลโตนดที่ได้นั้นมีลักษณะเป็นผงไม่ติดกันเป็นก้อน โดยคะแนนความชอบของผู้บริโภคอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อย และคะแนนความรู้สึกด้านรสหวานอยู่ในเกณฑ์ที่พอดี

3. จากการศึกษาชนิดและปริมาณของสารห่อหุ้มในการห่อหุ้มน้ำตาลโตนดโดยกระบวนการทำให้แห้งแบบพ่นฝอย พบว่า สารห่อหุ้มที่เหมาะสมในการห่อหุ้มน้ำตาลโตนด คือ มอลโทเดกซ์ทริน DE18 ปริมาณร้อยละ 0.75 ต่อน้ำหนักของมอลโทเดกซ์ทริน DE10 ที่ปริมาณ ร้อยละ 20 อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 150 องศาเซลเซียส ผงน้ำตาลโตนดที่ได้มีปริมาณผลผลิตร้อยละ 40.14  $a_w$  เท่ากับ 0.23 ความสามารถในการละลาย เท่ากับ 2.07 นาที ความหนาแน่นปรากฏ เท่ากับ 2.56 มิลลิลิตรต่อกรัม ปริมาณความชื้นร้อยละ 2.23 และคะแนนความชอบของผู้บริโภคอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อยถึงปานกลาง และคะแนนความรู้สึกด้านรสหวานอยู่ในเกณฑ์ที่พอดีร้อยละ 76.00

4. จากการศึกษาค่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้ายของน้ำตาลโตนดผง จากการศึกษาค่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้ายของผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดผง พบว่า ความหนาแน่นปรากฏ เท่ากับ 3.32 มิลลิลิตรต่อกรัม, ค่าความสามารถในการละลาย เท่ากับ 2.25 นาที, ค่าแอมเตอร์แอกติวิตี เท่ากับ 0.23, ปริมาณความชื้น ร้อยละ 2.23, ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ไม่เกิน  $1 \times 10^3$  โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม, ปริมาณยีสต์ และรา น้อยกว่า 10 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ค่าความเป็นกรด - ด่าง เท่ากับ 6.02 , ค่าความสว่าง (L\*) เท่ากับ 70.50, ค่าสีเขียว (a\*) เท่ากับ -2.16, ค่าสีน้ำเงิน (b\*) เท่ากับ -0.35

5. การศึกษาอัตราส่วนในการละลายน้ำตาลโตนดผง ในการเตรียมเครื่องดื่มน้ำตาลโตนด พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรสโดยรวม รสหวาน และความชอบโดยรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ที่อัตราส่วน น้ำตาลโตนดผง 1 ส่วนต่อ น้ำเปล่า 5 ส่วน มีคะแนนความชอบของผู้บริโภคมากที่สุด โดยคะแนนความชอบของผู้บริโภคอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อยถึงปานกลางเฉลี่ยเท่ากับ ส่วนร้อยละคะแนนความรู้สึกของน้ำตาลโตนดชนิดผงเมื่อนำมาละลายแล้วอยู่ในเกณฑ์ที่พอดี

6. ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดชนิดผง โดยทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดชนิดผง ทดสอบโดยใช้ผู้บริโภคจำนวน 100 คน พบว่า ผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดชนิดผง มีคะแนนความชอบเฉลี่ยในคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ อยู่ในระดับความชอบปานกลาง สีของน้ำตาลโตนด อยู่ในระดับความชอบปานกลาง กลิ่นรสน้ำตาลโตนด อยู่ในระดับความชอบปานกลาง รสหวานของน้ำตาลโตนด อยู่ในระดับความชอบปานกลาง และความชอบโดยรวมอยู่ในระดับความชอบปานกลาง ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดชนิดผงร้อยละ 83 และมีความสนใจที่จะซื้อผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดชนิดผงร้อยละ 68 ในราคา 10 บาทต่อซอง (20 กรัม)

#### ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาอัตราส่วนในการละลายของน้ำตาลโตนดผงต่อน้ำที่หลายๆ อัตราส่วนด้วยกัน ซึ่งอาจจะส่งผลให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสใกล้เคียงกับน้ำตาลโตนดสด

2. ควรมีการศึกษาอายุการเก็บของน้ำตาลโตนดชนิดผง และศึกษาคูณสมบัติด้านความคงตัว และการเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลโตนดผงที่เก็บรักษา

### เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กัลยาณี โสมนัส. 2540. การผลิตกล้วยหอมผงโดยการทำแห้งแบบโฟมและแบบพ่นฝอย. คณะ  
อุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- กล้าณรงค์ ศรีรอด และจันทน์ จิตต์รำพึง. 2539. พจนานุกรม Food Additives สำหรับนัก  
อุตสาหกรรมเกษตร. กรุงเทพฯ.
- กี๋ เทรบูลย์. 2527. ประเภทและกลไกการทำงานของระบบการผลิตทางการเกษตรของสหิงพระ  
ในปัจจุบัน. โครงการวิจัยระบบการผลิตทางการเกษตร. คณะทรัพยากรธรรมชาติ  
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.
- ขนิจฉากรณ์ เสรีสงแสง. 2553. การผลิตสีธรรมชาติจากใบข้าวอ่อนและการใช้ประโยชน์. คณะ  
อุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร.  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- ธนิชชัย ปรีชญากาวรกุล. 2552. การห่อหุ้มสารสกัดสำหรับเยลลี่วทองโดยใช้เทคนิคการทำแห้ง  
แบบพ่นฝอยและมัลติฟิลเอิมัลชัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เบ็ญจรัก วายุภาพ. 2542. การผลิตน้ำอ้อยผงโดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอย. อาหาร ปีที่ 29 (4) :  
283 -291.
- พงษ์พิเชฐ รุ่งทอง และสรณัสต์ บาดสุวรรณ. 2544. การทำส้มผงด้วยวิธีทำแห้งแบบพ่นฝอย.  
โครงการงานวิศวกรรมศาสตร์ปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์ และคณะ. 2545. กระบวนการผลิตน้ำผักผลไม้รวมผงโดยใช้เครื่องอบแห้ง  
แบบพ่นกระจายและไมโครเวฟสุญญากาศ. วารสารวิจัยและพัฒนา มจร. ปีที่ 25 (3) :  
257-277

รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2535. **วิศวกรรมอาหาร**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.  
พิมพ์ครั้งที่ 4.

ศุภฤตย์ ไทยอุดม. 2538. **การพัฒนากระบวนการผลิตน้ำบัวบก *Centella asiatica* (Linn.)  
Urban ผงสำเร็จรูป**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมบัติ ขอทวีวัฒนา . 2529. **กรรมวิธีการอบแห้ง**. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรม  
เกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น). 2548. **เทคโนโลยีอบแห้งในอุตสาหกรรมอาหาร**.  
กรุงเทพฯ.

สุธรรมมา พิสุทธิโสภณ. 2547. **ภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตน้ำตาลสดผงโดยใช้เครื่องอบแห้ง  
แบบพ่นฝอย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยนเรศวร.

สุนทรี วราอุบล. 2545. ผลของมอลโทเดกซ์ทรินและอุณหภูมิก๊าซร้อนเข้าสู่ต่อคุณภาพของ  
ผลิตภัณฑ์น้ำใบเตยที่ทำแห้งแบบพ่นกระจาย. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**. 11 (1)  
: 32 – 40

สุรพล อุติสสกุล. 2537. **สถิติการวางแผนการทดลอง**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานเกษตรจังหวัดเพชรบุรี. 2545. **ตาลเมืองเพชร**. สำนักงานเกษตรจังหวัดเพชรบุรี. เพชรบุรี.

สำนักงานเกษตรจังหวัดสงขลา. 2542. **ตาลโตนดสงขลา**. สำนักงานเกษตรจังหวัดสงขลา. สงขลา.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2549. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนสำหรับยาสไปรูไลนา  
แห้ง**. มอก. 1229-2549.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2531. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์**. มอก. 1142 – 2536

อนุวัตร แจ่มชัด. 2549. **สถิติสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์และการประยุกต์**. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อลิษา และจินตนา. 2556. **ผลของเอนแคปซูเลชันโดยการทำแห้งแบบพ่นฝอยต่อสมบัติทางกายภาพของผงมะเเฒ่า**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อาภากร สุภาพิพัฒน์. 2551. **การกักเก็บน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรไทยเพื่อต้านจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Al-Kahtani, H.A.and B.H. Hassan. 1990. Spray Drying of Roselle (Hibiscus. Sabdariffa L.) Extract. **J. Food Sci.** 55 : 1073-1076.

A.O.A.C. 2000. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis 17th Ed.** Gaithersburg, Maryland, USA.

Baker, C. G. J. 1997. **Industrial Drying of Foods**. Blackie Academic and Professional, U. K.

Barbosa – Canovas, G.V. and H. Vefa – Mercado. 1996. **Dehydration of Foods**. New York : Chapman & Hall.

Bhandari, B. R., A. Senoussi, E. D. Dumoulin and A. Lebert. 1993. Spray drying of concentrated fruits juices. **Drying Technology** 11 (5): 1081 – 1092.

Bi, J. 2006. **Sensory Discrimination Test and Measurements: Statistical Principles, Procedure, and Tables**. Blackwell Publishing, USA.

Carareto, N. D. D., E. S. Monteiro Filho, P. A. Pessôa Filho and A. J. A. Meirelles. 2010. Water activity of aqueous solutions of ethylene oxide-propylene oxide block copolymers and maltodextrins. **Braz. J. Chem. Eng.** 27(1): 173 – 181.

Chen, X. D. and K. C. Patel. 2008. Manufacturing better quality food powders from spray drying and subsequent treatments. **Drying Tech.** 26(11): 1313-1318.

Edward, M.C. and D.D. Harman. 1991. **Process Drying Practice.** New York: R.R. Donnelley & Sons Company.

Gharsallaoui, A., G. Roudaut, O. Chambin, A. Voilley and R. Saurel. 2007. Application of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: an overview. **Food Research International.** 40; 1107-1121.

Hall, K. 1999. The role of thermal stress fatigue in the breakdown of rock in cold regions. **Geomorphology.** 31: 47-63.

Jagannadha Rao , Madhusweta Das, S.K. Das., 2009. Changes in physical and thermo-physical properties of sugarcane palmyra-palm and date-palm juices at different concentration of sugar. **Science Direct Journal of Food Engineering.** 90: 559-566.

Junk, W.R. and H.M. Pancoast. 1980. **Handbook of Sugars for Processors Chemists and Technologists.** AVI Publishing Company Inc. Westport Connecticut. 327 p.

Kareem, M.I.A. and J.G. Brennan. 1975. A study of yhe reconstitution characteristics of spraydried *Hibiscus sabdariffa* (Karkaden). Sudan **Journal of Food Sci. And Technology.** 7 : 52-61.

Karel, M., O.R. Fennema and D.B. Lund. 1975. **Physical Principles of foods Preservation.** Marcel. Dekker. New York.

- Kha, T.C., M. H. Nguyen and P. D. Roach. 2010. Effects of spray drying conditions on the physicochemical and antioxidant properties of the Gac (*Momordica cochinchinensis*) fruit aril powder. **J. Food Eng.** 98: 385–392
- Kuntz, L.A. 1997. **Making the most of Maltodextrins.** Food Product Design 7(5): 89-140.
- Loksuwan, J. 2007. Characteristics of microencapsulated  $\beta$ -carotene formed by spray drying with modified tapioca starch, native tapioca starch and maltodextrin. **Food Hydrocolloids.** 21: 928-935.
- Macrae, R., R. K. Robinson and M. J. Sadler. 1993. **Encyclopaedia of Food Science, Food Technology and Nutrition.** Vol. 3. Academic Press Limited, London.
- Madene, A., M. Jacquot, J. Scher and S. Desobry. 2006. Flavor encapsulation and controlled release: a review. **International Journal of Food Science and Technology.** 41: 1-21.
- Master, K. 1979. **Spray drying Handbook.** Longman Scientific and Technical England.
- Pointing, J.D., W.L. Stanley and M.J. Copley. 1973. Fruit and vegetable juices pp. 508 – 562. In W.B. Van Arsdell and M.J. Copley eds. **Food Dehydration** Vol. 2. Products and Technology. AVI Publishing Company Inc. Westport Connecticut.
- Prakongpan, T., Nittithamyong, A. and Luangpituksa, P. 2002. **Extraction and application of dietary fiber and cellulose from pineapple core.** **Food chemistry and toxicology** 67(4): 1308-1313.
- Risch, S.J. and G.A. Reineccius. 1988. **Flavor Encapsulation.** American Chemical Society Washington, D.C.

- Saenz, C., S. Tapia, J. Chavez and P. Robert. 2008. Microencapsulation of spray drying of bioactive compounds from cactus pear (*Opuntia ficus-indica*). **Food Chemistry**. 114G (2): 616-622.
- Sara, J.R. and A.R.Gray. 1988. **Flavour Encapsulation**. American Chemical Society Symposium Series. Maple Press. New York.
- Sarochawitkasit, S., C. Tangduangdee and Devahastin. 2007. Spray Drying Pineapple Juice using Spray Dryer. **Agricultural Science Journal**. 36:131-134.
- S.F. Engineering WORKS Incorporated. 2008. **Spray dryer**. Available source: [http:// www.sf-engg.net](http://www.sf-engg.net) , September 24, 2551.
- Shahidi, F. and M. Naczk. 1951. **Phenolics in Food and Nutraceuticals**. CRC Press, Florida.
- \_\_\_\_\_ and X. Q. Han. 1993. Encapsulation of food ingredients. **Crit Rev Food Sci Nutr**. 33: 501-47.
- Tonon, RV., Brabet, C., and Hubinger, MD. 2008. Influence of process conditions on the physicochemical properties of acai (*Euterpe oleraceae* Mart.) powder produced by spray drying. **J. Food Eng.** 88(3): 411-418.
- Walance, B. 1973. **Food Dehydration**. Vol. 2. The AVI Publishing. USA.
- Williams, P. A. and Phillips, G. O. 2009. Gum Arabic, pp. 252-273. *In* G.O. Phillips and P.A. Williams, Eds. **Handbook of Hydrocolloids**, 2<sup>nd</sup> ed. Woodhead Publishing Ltd, Cambridge.





**แบบทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสและความพอดีผลิตภัณฑ์น้ำตาลสด**

ชื่อ..... วันที่.....

**คำแนะนำ** กรุณาทดสอบตัวอย่างที่ได้รับตามรหัสที่กำหนดให้ โดยทดสอบตัวอย่างไม่น้อยกว่า 1/3

ของตัวอย่าง แล้วให้คะแนนความชอบและคะแนนความพอดี

**สเกลความชอบ 1-9** 1= ไม่ชอบมากที่สุด 2=ไม่ชอบมาก 3=ไม่ชอบปานกลาง  
4=ไม่ชอบเล็กน้อย 5=บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ 6=ชอบเล็กน้อย  
7=ชอบปานกลาง 8=ชอบมาก 9=ชอบมากที่สุด

**สเกลความพอดี 1-3** 1=น้อยเกินไป 2=พอดี 3=มากเกินไป

คุณลักษณะ	รหัส		รหัส		รหัส	
	506		382		654	
	ความชอบ	ความพอดี	ความชอบ	ความพอดี	ความชอบ	ความพอดี
ลักษณะปรากฏ						
กลิ่นรสโดยรวม						
รสหวาน						
ความชอบโดยรวม						

ชื่อเสนอแนะ

.....

ชุดที่ 

**แบบสอบถาม**  
**การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค**

**เรียน** ท่านผู้ตอบแบบสอบถาม

**เรื่อง** การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดชนิดผง

**คำชี้แจง :** แบบสอบถามชุดนี้ เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับการทดสอบความชอบ และการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดชนิดผง เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์ของ นางสาวปิยาภรณ์ คำภานนท์ นิสิตปริญญาโท สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยมี รองศาสตราจารย์สมบัติ ขอทวีวัฒนา เป็นประธานกรรมการฯ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิษฐิตา จันทราพรชัย เป็นกรรมการร่วม จึงใคร่ขอความร่วมมือจากท่านในการทดสอบผลิตภัณฑ์ และตอบแบบสอบถามให้ครบถ้วนสมบูรณ์ เพื่อนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ในการศึกษาวิจัยต่อไป โดยแบบสอบถามจะแบ่งเป็น 3 ส่วน ดังนี้

- ส่วนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับการทดสอบความชอบและการยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดชนิดผง
- ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมกรบริโภคผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนด
- ส่วนที่ 3 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

กรุณาตอบแบบสอบถามนี้ทั้ง 3 ส่วน โดยข้อมูลที่ได้ทั้งหมดจะไม่มีผลกระทบต่อท่านทั้งสิ้น ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม

**คำอธิบาย :** ผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดผงพร้อมดื่ม ผลิตจากน้ำตาลโตนดสด ที่ผ่านกรรมวิธีเคลือบแคปซูล (Encapsulation) และทำแห้งให้เป็นผงด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray dry) การบริโภคเพียงฉีกซอง (ปริมาณน้ำตาลโตนดผง 20 กรัมต่อซอง) และละลายน้ำตาลโตนดผงด้วยน้ำเปล่าที่ปริมาตร 100 มิลลิลิตร อุณหภูมิน้ำเปล่าประมาณ 25 องศาเซลเซียส จากนั้นคนให้เข้ากันจะได้น้ำตาลโตนดผงพร้อมดื่มสามารถบริโภคได้ทันที หรือเพื่อรสชาติที่ดีขึ้นสามารถนำไปแช่เย็นหรือเติมน้ำแข็งก่อนบริโภค

ขอขอบพระคุณในความร่วมมือ  
ผู้ดำเนินการวิจัย

แบบสอบถามเรื่อง “การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดชนิดผง”

**คำชี้แจง** กรุณาใส่เครื่องหมายถูก (✓) ลงในช่อง  หน้าคำตอบที่ท่านเห็นว่าเหมาะสมและตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

**ส่วนที่ 1** ข้อมูลด้านการทดสอบความชอบและการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดชนิดผง

1. กรุณาทดสอบตัวอย่างโดยการสังเกต และทดสอบตัวอย่างผลิตภัณฑ์ไม่น้อยกว่า 1/3 ของตัวอย่าง จากนั้นให้คะแนนความชอบต่อคุณลักษณะในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสหวานและความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ ทำเครื่องหมาย ✓ ในช่อง  ให้ตรงกับความชอบของท่านมากที่สุด

										ส่วนของเจ้าหน้าที่
1 คุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A1 <input type="checkbox"/>
	ไม่ชอบมากที่สุด	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	บอกไม่ได้ว่าชอบ/ไม่ชอบ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบมากที่สุด	
2 คุณลักษณะด้านสีของน้ำตาลโตนด	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A2 <input type="checkbox"/>
	ไม่ชอบมากที่สุด	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	บอกไม่ได้ว่าชอบ/ไม่ชอบ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบมากที่สุด	
3 คุณลักษณะด้านกลิ่นรสโดยรวมของน้ำตาลโตนด	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A3 <input type="checkbox"/>
	ไม่ชอบมากที่สุด	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	บอกไม่ได้ว่าชอบ/ไม่ชอบ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบมากที่สุด	
4 คุณลักษณะด้านรสหวานของน้ำตาลโตนด	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A4 <input type="checkbox"/>
	ไม่ชอบมากที่สุด	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	บอกไม่ได้ว่าชอบ/ไม่ชอบ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบมากที่สุด	
5 ความชอบโดยรวม	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A5 <input type="checkbox"/>
	ไม่ชอบมากที่สุด	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	บอกไม่ได้ว่าชอบ/ไม่ชอบ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบมากที่สุด	

2. ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดชนิดผงหรือไม่

Accept

ยอมรับ เพราะ.....

ไม่ยอมรับ เพราะ.....

3. หากมีผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดชนิดผงจำหน่ายราคา 10 บาท/ซอง(น้ำหนักสุทธิ 20 กรัม)

Buy

ดังตัวอย่างที่แสดง ท่านมีความสนใจซื้อผลิตภัณฑ์นี้หรือไม่

ซื้อ

ไม่แน่ใจ

ไม่ซื้อ เพราะ.....

ข้อเสนอแนะ.....

## ส่วนที่ 2 ข้อมูลทางด้านพฤติกรรมผู้บริโภค

4. ท่านเคยบริโภคผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดหรือไม่

B1

เคย  ไม่เคย

5. ความถี่ในการบริโภคต่อเดือน

B2

< 1 ครั้ง  1-2 ครั้ง  3-4 ครั้ง  5 ครั้งขึ้นไป

6. สถานที่ซื้อผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนด (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

B3

ร้านค้าสะดวกซื้อทั่วไป เช่น เซเว่นอีเลฟเว่น, แฟมิลี่มาร์ท เป็นต้น

ซูเปอร์มาร์เก็ต เช่น ท็อปส์, โฮมเฟรชมาร์ท, ฟู้ดแลนด์ เป็นต้น

ห้างสรรพสินค้า เช่น เซ็นทรัล, เดอะมอลล์, โรบินสัน เป็นต้น

ดิสเคานต์สโตร์ เช่น เทสโก้โลตัส, บิ๊กซี เป็นต้น

ร้านขายของชำ ร้านขายของฝาก เป็นต้น

อื่นๆ โปรดระบุ.....

7. ลักษณะการซื้อต่อครั้ง (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

B4

ซื้อเป็นถุง  ซื้อเป็นขวดพลาสติก

ซื้อเป็นขวดแก้ว  ซื้อเป็นแก้ว

8. โดยเฉลี่ยจำนวนเงินที่ท่านจ่ายในการซื้อต่อครั้ง

B5

10 - 15 บาท  16 - 20 บาท  21 - 30 บาท

31 - 40 บาท  41- 50 บาท  51 บาทขึ้นไป

9.เหตุผลในการเลือกซื้อ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

B6

- คุณค่าทางโภชนาการ
- ดัชนีราคา
- เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่ในท้องถิ่น ของฝาก
- อาหารว่าง/ทานเล่น
- อื่นๆ โปรดระบุ.....

**ส่วนที่ 3 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม**

10.เพศ

Sex

- ชาย  หญิง

11.อายุ

Age

- ต่ำกว่า 20 ปี  21 - 30 ปี  31 - 40 ปี
- 41-50 ปี  51-60 ปี

12.ระดับการศึกษาสูงสุด

Edu

- ต่ำกว่ามัธยมปลาย  มัธยมศึกษาตอนปลาย  ปริญญาตรี
- ปริญญาโท  สูงกว่าปริญญาโท

13.อาชีพ

Occ

- นักเรียน / นิสิต / นักศึกษา  พนักงานบริษัทเอกชน
- รับจ้างทั่วไป  พนักงานรัฐวิสาหกิจ / ข้าราชการ
- ธุรกิจส่วนตัว  อื่นๆ โปรดระบุ.....

14.รายได้ต่อเดือน

Inc

- ต่ำกว่า 5,000 บาท  5,001 -10,000 บาท
- 10,001 - 15,000 บาท  15,001- 20,000 บาท
- 20,001 -25,000 บาท  25,001-30,000 บาท
- 30,001 บาทขึ้นไป

ขอขอบพระคุณในความร่วมมือ

ผู้ดำเนินการวิจัย



ภาคผนวก ข  
วิธีการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

### การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

นำตัวอย่างน้ำตาลโตนดผงมาเตรียมระดับความเข้มข้นของน้ำตาลโตนด 3 ระดับ จำนวน 2 ซ้ำ โดยวิธีปลอดเชื้อ (Aseptic technique) ซ้ำตัวอย่าง 11 กรัม ผสม 0.1 เปอร์เซ็นต์ peptone water 99 มิลลิลิตร ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องเขย่า เป็นเวลา 2 นาที จะได้สารละลาย dilution  $10^{-1}$  แล้วทำให้เจือจางให้ได้ dilution  $10^{-2}$  และ  $10^{-3}$  นำไปวิเคราะห์ดังนี้

#### วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count)

โดยปิเปตสารละลาย dilution  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$  และ  $10^{-3}$  มา 1 มิลลิลิตร ลงใน Sterile plate โดยปิเปต dilution ละ 2 plate แล้วจึง pour plate ด้วย plate count agar บ่มเชื้อ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นับ plate ที่มีจำนวนโคโลนีระหว่าง 30 – 300 โคโลนี คำนวณเป็นจำนวนโคโลนีต่อกรัมของตัวอย่าง

$$\text{จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด} = \text{จำนวนจุลินทรีย์ที่นับได้} \times \text{Factor of dilution}$$

#### วิเคราะห์ปริมาณยีสต์และรา

โดยปิเปตตัวอย่างที่เตรียมไว้ 0.1 มิลลิลิตร บนอาหารเลี้ยงเชื้อ rose – Bengal chloramphenical agar โดยใช้วิธี spread plate technique บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 3 – 5 วัน



**ภาคผนวก ค**

การคำนวณต้นทุนการผลิตรวมของผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดผง

### คำนวณต้นทุนราคาของน้ำตาลโตนดผงที่ผลิตได้

การคำนวณต้นทุนราคาของน้ำตาลโตนดผงที่ผลิตได้ใช้การคำนวณตามการคำนวณต้นทุนในการดำเนินงานในอุตสาหกรรมเกษตรของ จีรพรรณ และคณะ(2525) ดังสมการต่อไปนี้

ต้นทุนทั้งหมด = ต้นทุนค่าวัตถุดิบ + ต้นทุนแรงงาน + ค่าใช้จ่ายอื่นๆ โดยที่

ต้นทุนค่าวัตถุดิบ =  $0.52 \times$  ต้นทุนรวม

ต้นทุนค่าแรงงาน =  $0.32 \times$  ต้นทุนรวม

ต้นทุนอื่นๆ =  $0.62 \times$  ต้นทุนรวม

**ตารางที่ 24** ราคาวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำตาลโตนดผง 100 กรัม โดยการทำแห้งแบบพ่นฝอย

วัตถุดิบ	ราคา (บาทต่อ 100 กรัม)	ปริมาณที่ใช้ (กรัม)	ราคา (บาท)
น้ำตาลโตนด (ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 17 °Brix)	10	250	2.5
มอลโทเด็กซ์ทริน DE 10	3.6	25	0.9
มอลโทเด็กซ์ทริน DE 18	5.2	2.5	0.65
ต้นทุนวัตถุดิบ			4.05

ต้นทุนค่าวัตถุดิบ 4.05 บาท

ต้นทุนค่าวัตถุดิบ =  $0.52 \times$  ต้นทุนรวม

ต้นทุนรวม = ต้นทุนค่าวัตถุดิบ / 0.52

=  $4.05 / 0.52$

= 7.79 บาท

$$\begin{aligned}\text{ต้นทุนค่าแรงงาน} &= 0.32 \times \text{ต้นทุนรวม} \\ &= 0.32 \times 7.79 \\ &= 2.49 \text{ บาท}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ต้นทุนอื่นๆ} &= 0.16 \times \text{ต้นทุนรวม} \\ &= 0.16 \times 7.79 \\ &= 1.25 \text{ บาท}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ต้นทุนทั้งหมด} &= \text{ต้นทุนค่าวัตถุดิบ} + \text{ต้นทุนค่าแรงงาน} + \text{ค่าใช้จ่ายอื่นๆ} \\ &= 4.05 + 2.49 + 1.25 \\ &= 7.79 \text{ บาท}\end{aligned}$$

ดังนั้น ต้นทุนทั้งหมดในการผลิตน้ำตาลโตนดผง 100 กรัม โดยการอบแห้งแบบพ่นฝอย เท่ากับ 7.79 บาท

การคำนวณต้นทุนการผลิตโดยสมาคมผู้ผลิตอาหารสำเร็จรูป พบว่า โครงสร้างต้นทุนการผลิตผลไม้อบแห้งของประเทศไทย มีดังนี้ ค่าวัตถุดิบคิดเป็นร้อยละ 30 ค่าภาชนะบรรจุและหีบห่อซึ่งรวมค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรด้วยคิดเป็นร้อยละ 15 ค่าจ้างแรงงานรวมดอกเบี้ยและค่าใช้จ่ายทางการบริหารคิดเป็นร้อยละ 10 และค่าพลังงานคิดเป็นร้อยละ 45 ดังนั้น ต้นทุนการผลิตน้ำตาลโตนดผง 100 กรัม มีต้นทุนค่าวัตถุดิบ บาท จะมีต้นทุนรวมเท่ากับ  $(100 * 4.05) / 30$  เท่ากับ 13.5 บาท



น้ำตาลโตนดผง ที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอย มีเกณฑ์การพิจารณาดังนี้

1. ค่าความหนาแน่นปรากฏ ซึ่งเป็นค่าที่อธิบายถึงอัตราส่วนของของแข็งต่อปริมาตร ซึ่งถ้าค่าความหนาแน่นปรากฏ สูงแสดงว่าผลิตภัณฑ์มีความหนาแน่นรวมสูง ผลิตภัณฑ์จะมีรูพรุนน้อย ถ้ามีค่าความหนาแน่นปรากฏ ต่ำแสดงว่าผลิตภัณฑ์มีความหนาแน่นรวมต่ำ ผลิตภัณฑ์จะมีรูพรุนมาก อากาศที่อยู่ภายในผลิตภัณฑ์ผงจะมาก

2. ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ (Water Activity:  $A_w$ ) ต้องมีค่าอยู่ในช่วง 0.20 – 0.30 ซึ่งเป็นช่วงที่จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ (มผช., 756/2548)

3. ปริมาณความชื้น กำหนดผลิตภัณฑ์ประเภทผงจะมีความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 3-4 (Mujumdar, 1995)

4. ค่าความสามารถในการละลาย ถ้ามีค่าน้อย แสดงว่าใช้เวลาในการละลายผงน้อย แสดงว่าผลิตภัณฑ์ผงมีการดูดน้ำกลับเข้าโครงสร้างที่เป็นรูพรุนได้ดี ทำให้น้ำสามารถเข้าไปในช่องว่างได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ใช้เวลาในการละลายเร็ว

5. ปริมาณผลผลิต (ร้อยละ) ถ้ามีปริมาณผลผลิตมาก แสดงว่าผลิตภัณฑ์ผงที่ได้นั้นมีจำนวนมาก แต่ถ้าปริมาณผลิติน้อย ผลิตภัณฑ์ผงที่ได้มีน้อย

### ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวปิยาภรณ์ คำภานนท์
วัน เดือน ปีที่เกิด	30 กรกฎาคม 2530
สถานที่เกิด	ฉะเชิงเทรา
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วิศวกรรมแปรรูปอาหาร) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ. 2552
ผลงานทางวิชาการ	ปิยาภรณ์ คำภานนท์ และสมบัติ ขอทวิวัฒนา. 2556 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำตาลโตนดผงโดยการอบแห้งแบบพ่นฝอย รายงานการประชุมทางวิชาการอุตสาหกรรมเกษตร ครั้งที่ 2 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-