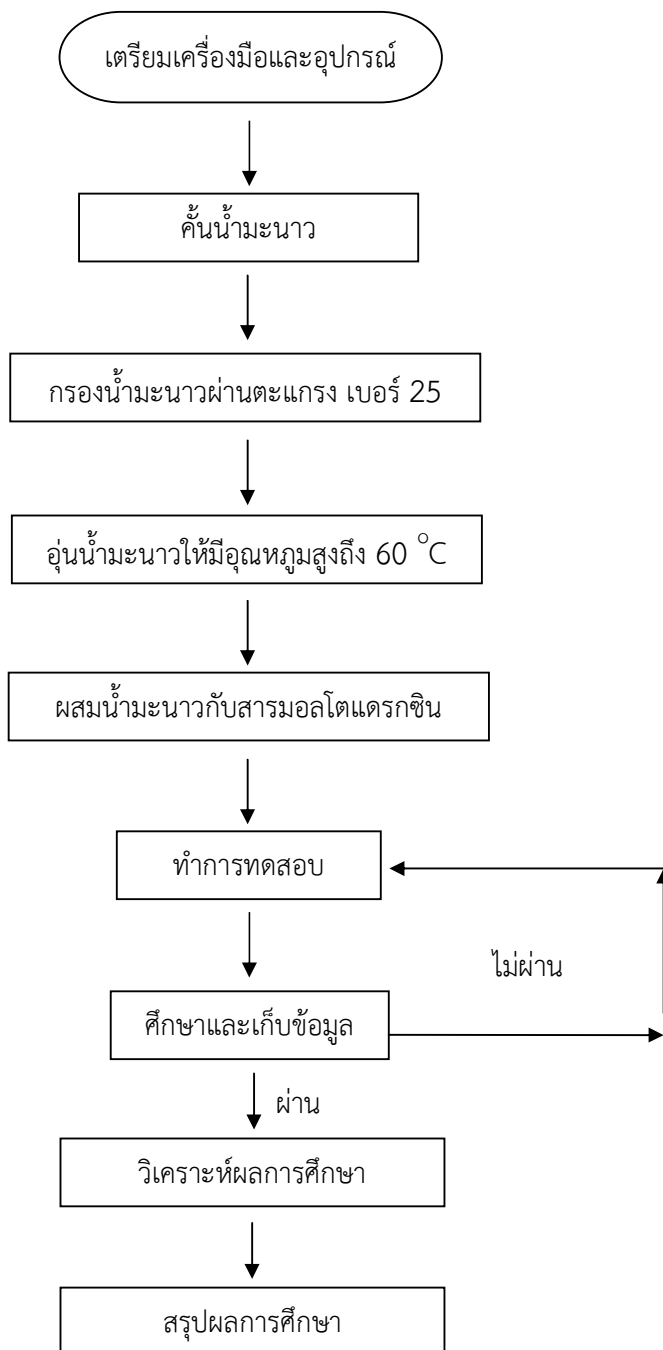
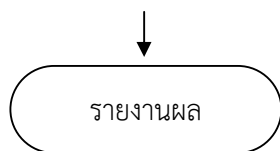


บทที่ 4
ผลการศึกษา

4.1 การเตรียมการทดสอบ





ภาพที่ 4.1 Flow Chart แสดงขั้นตอนการทดสอบ

จาก Flow Chart แสดงขั้นตอนการทดสอบ ดังแสดงในภาพที่ 4.1 เป็นขั้นตอนที่คณะผู้วิจัยได้ทำการทดสอบกับเครื่องอบแห้งน้ำมะนาวด้วยวิธีพ่นฝอย ที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์ที่สำคัญได้แก่มะนาวสดและสารมอลโตเดกซทริน ซึ่งสารมอลโตเดกซทรินจะเป็นตัวช่วยในการเพิ่มผงมะนาวที่ได้จากการอบแห้งด้วยวิธีพ่นฝอย และจะช่วยให้มีการกระจายตัวของน้ำมะนาวในกระบวนการอบแห้งดังกล่าว ส่วนมะนาวที่ใช้ในการทดสอบนี้ จะต้องนำไปล้างผิวของมะนาวให้สะอาดก่อนทำการคั้นเอาน้ำมะนาวสด ซึ่งในขั้นตอนนี้จะพบว่าทั้งเนื้อเยื่อของมะนาวและเมล็ดของมะนาวบางส่วนผสมกัน จึงต้องนำน้ำมะนาวที่ได้จากการคั้น นำไปกรองผ่านตะแกรงกรองเบอร์ 25 เพื่อทำการคัดแยกส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อและเมล็ดของมะนาวออกจากน้ำมะนาว



ภาพที่ 4.2 มะนาวที่ใช้ในการทดสอบ

ในการศึกษาและการทดสอบในครั้งนี้ จะทำการผสมสารมอลโตเดกซทรินในอัตรา 15 เปอร์เซ็นต์ 20 เปอร์เซ็นต์ และ 25 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ตามลำดับ โดยปรับความเร็วของลมร้อนโดยปรับที่ชุดควบคุมความเร็วลมร้อนสูงสุดซึ่งทำให้มีความเร็วของลมร้อนที่ท่อทางออก 7.5 เมตร/วินาที และปรับความดันของหัวฉีดสูงสุดที่ 2.5 บาร์ เพื่อให้สามารถพ่นฝอยในอัตราสูงสุด โดยใช้น้ำมะนาวที่ผสมสารมอลโตเดกซทรินแล้วครั้งละ 500 กรัม(g) ซึ่งใช้ระยะเวลา 13 นาที ในการทดสอบแต่ละครั้ง



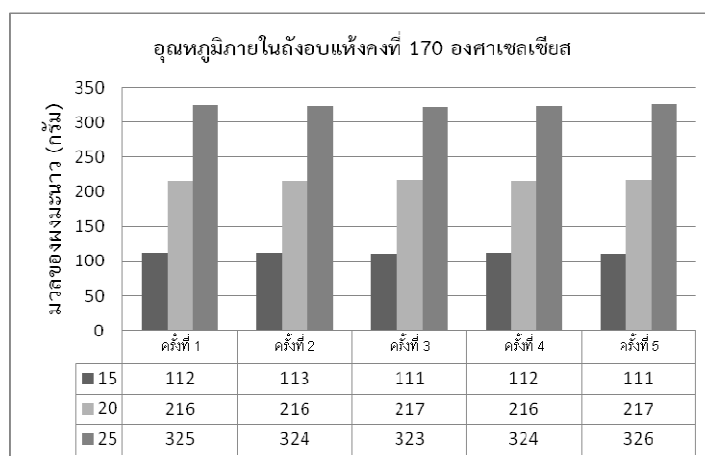
ภาพที่ 4.3 สารมอลโตเดกซทริน

4.2 ผลการทดสอบ

จากการทดสอบมีผลดังนี้

ตารางที่ 4.1 ผลของอุณหภูมิและส่วนผสมของสารมอลโตเดกซทรินที่มีผลต่อการอบแห้ง โดยการควบคุมอุณหภูมิภายในถังอบแห้งให้มีค่าคงที่ 170 องศาเซลเซียส

การทดสอบ	สารมอลโตเดกซทริน (%)	น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ที่ได้ (กรัม)	ลักษณะของสี	ลักษณะของมะนาวผง
ครั้งที่ 1	15	112	ขาว	มีความชื้นและมีการรวมตัว
	20	216	ขาว	มีความชื้นมาก(เปียก)
	25	325	ขาว-ใส	มีความชื้นมาก(เปียก)
ครั้งที่ 2	15	113	ขาว	มีความชื้นและมีการรวมตัว
	20	216	ขาว	มีความชื้นมาก(เปียก)
	25	324	ขาว-ใส	มีความชื้นมาก(เปียก)
ครั้งที่ 3	15	111	ขาว	มีความชื้นและมีการรวมตัว
	20	217	ขาว	มีความชื้นมาก(เปียก)
	25	323	ขาว-ใส	มีความชื้นมาก(เปียก)
ครั้งที่ 4	15	112	ขาว	มีความชื้นและมีการรวมตัว
	20	216	ขาว	มีความชื้นมาก(เปียก)
	25	324	ขาว-ใส	มีความชื้นมาก(เปียก)
ครั้งที่ 5	15	111	ขาว	มีความชื้นและมีการรวม
	20	217	ขาว	มีความชื้นมาก(เปียก)
	25	326	ขาว-ใส	มีความชื้นมาก(เปียก)

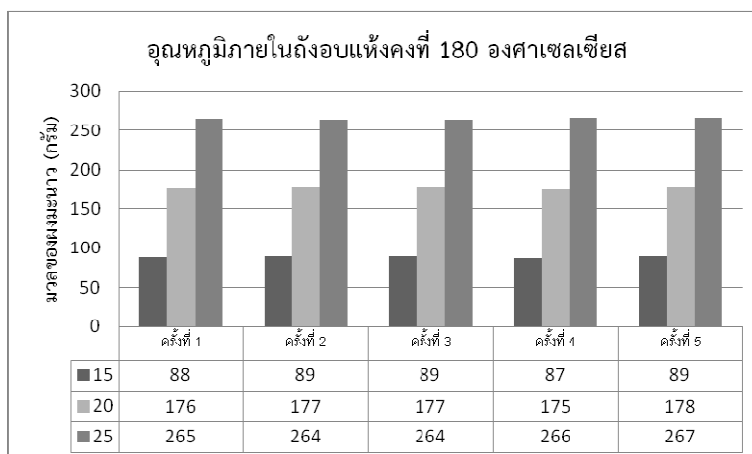


ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการทดสอบเมื่อควบคุมอุณหภูมิภายในถังอบแห้งให้มี
ค่าคงที่ 170 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.2 ผลของอุณหภูมิและส่วนผสมของสารมอลโตเดกซ์ตรินที่มีผลต่อการอบแห้ง โดยการ
ควบคุมอุณหภูมิภายในถังอบแห้งให้มีค่าคงที่ 180 องศาเซลเซียส

การทดสอบ	สารมอลโต เดกซ์ตรินซ์ (%)	น้ำหนักของ ผลิตภัณฑ์ที่ ได้ (กรัม)	ลักษณะของสี	ลักษณะของมะนาวผง
ครั้งที่ 1	15	88	ขาว	เป็นผงฝุ่นแป้ง
	20	176	ขาว	มีความชื้นและมีการรวมตัว
	25	265	ขาว	มีความชื้นมาก(เปียก)
ครั้งที่ 2	15	89	ขาว	เป็นผงฝุ่นแป้ง
	20	177	ขาว	มีความชื้นและมีการรวมตัว
	25	264	ขาว	มีความชื้นมาก(เปียก)
ครั้งที่ 3	15	89	ขาว	เป็นผงฝุ่นแป้ง
	20	177	ขาว	มีความชื้นและมีการรวมตัว
	25	264	ขาว	มีความชื้นมาก(เปียก)
ครั้งที่ 4	15	87	ขาว	เป็นผงฝุ่นแป้ง
	20	175	ขาว	มีความชื้นและมีการรวมตัว
	25	266	ขาว	มีความชื้นมาก(เปียก)
ครั้งที่ 5	15	89	ขาว	เป็นผงฝุ่นแป้ง

	20	178	ขาว	มีความชื้นและมีการรวมตัว
	25	267	ขาว	มีความชื้นมาก(เปียก)

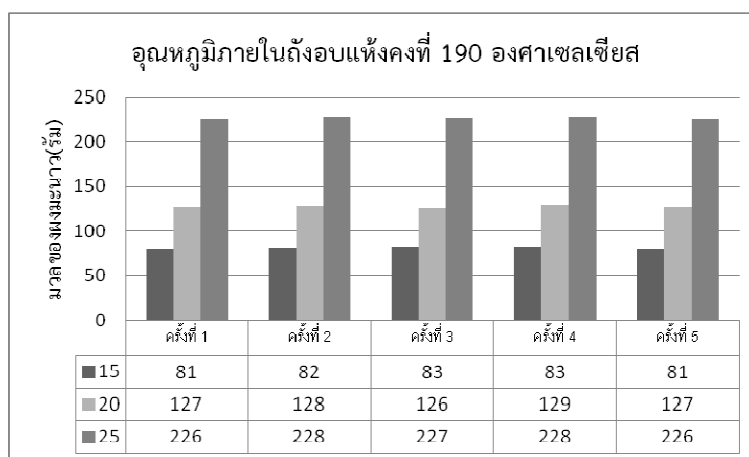


ภาพที่ 4.5 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการทดสอบเมื่อควบคุมอุณหภูมิภายในถังอบแห้งให้มีค่าคงที่ 180 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.3 ผลของอุณหภูมิและส่วนผสมของสารมอลโตเดกซ์ตรินที่มีผลต่อการอบแห้ง โดยการควบคุมอุณหภูมิภายในถังอบแห้งให้มีค่าคงที่ 190 องศาเซลเซียส

การทดสอบ	สารมอลโตเดกซ์ตริน (%)	น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ที่ได้ (กรัม)	ลักษณะของสี	ลักษณะของมะนาวผง
ครั้งที่ 1	15	81	ขาว-น้ำตาล	เป็นผงฝุ่นแป้ง
	20	127	ขาว	เป็นผงฝุ่นแป้ง
	25	226	ขาว	มีความชื้นและมีการรวมตัว
ครั้งที่ 2	15	82	ขาว-น้ำตาล	เป็นผงฝุ่นแป้ง
	20	128	ขาว	เป็นผงฝุ่นแป้ง
	25	228	ขาว	มีความชื้นและมีการรวมตัว
ครั้งที่ 3	15	83	ขาว-น้ำตาล	เป็นผงฝุ่นแป้ง
	20	126	ขาว	เป็นผงฝุ่นแป้ง
	25	227	ขาว	มีความชื้นและมีการรวมตัว
ครั้งที่ 4	15	83	ขาว-น้ำตาล	เป็นผงฝุ่นแป้ง

ครั้งที่ 5	20	129	ขาว	เป็นผงฝุ่นแป้ง
	25	228	ขาว	มีความชื้นและมีการรวมตัว
	15	81	ขาว-น้ำตาล	เป็นผงฝุ่นแป้ง
	20	127	ขาว	เป็นผงฝุ่นแป้ง
	25	226	ขาว	มีความชื้นและมีการรวมตัว

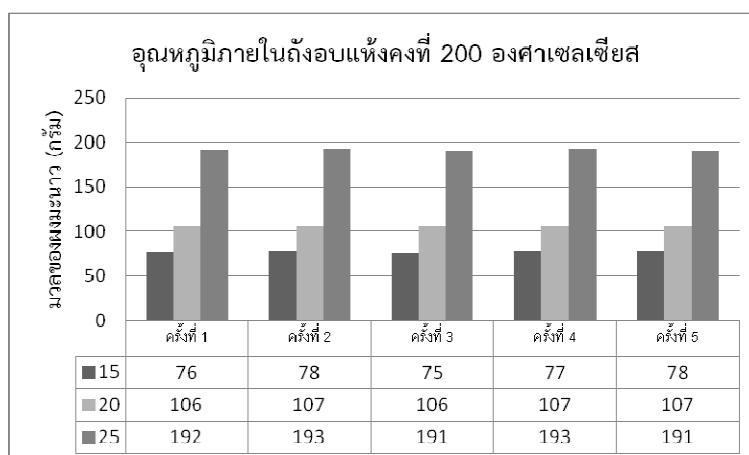


ภาพที่ 4.6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการทดสอบเมื่อควบคุมอุณหภูมิภายในถังอบแห้งให้มีค่าคงที่ 190 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.4 ผลของอุณหภูมิและส่วนผสมของสารมอลโตเดกซ์ตรินที่มีผลต่อการอบแห้ง โดยการควบคุมอุณหภูมิภายในถังอบแห้งให้มีค่าคงที่ 200 องศาเซลเซียส

การทดสอบ	สารมอลโตเดกซ์ตริน (%)	น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ที่ได้ (กรัม)	ลักษณะของสี	ลักษณะของมะนาวผง
ครั้งที่ 1	15	76	น้ำตาล	เป็นผงฝุ่นแป้ง
	20	106	ขาว-น้ำตาล	เป็นผงฝุ่นแป้ง
	25	192	ขาว	มีความชื้นและมีการรวมตัว
ครั้งที่ 2	15	78	น้ำตาล	เป็นผงฝุ่นแป้ง
	20	107	ขาว-น้ำตาล	เป็นผงฝุ่นแป้ง
	25	193	ขาว	มีความชื้นและมีการรวมตัว

ครั้งที่ 3	15	75	น้ำตาล	เป็นผงฝุ่นแป้ง
	20	106	ขาว-น้ำตาล	เป็นผงฝุ่นแป้ง
	25	191	ขาว	มีความชื้นและมีการรวมตัว
ครั้งที่ 4	15	77	น้ำตาล	เป็นผงฝุ่นแป้ง
	20	107	ขาว-น้ำตาล	เป็นผงฝุ่นแป้ง
	25	193	ขาว	มีความชื้นและมีการรวมตัว
ครั้งที่ 5	15	78	น้ำตาล	เป็นผงฝุ่นแป้ง
	20	107	ขาว-น้ำตาล	เป็นผงฝุ่นแป้ง
	25	191	ขาว	มีความชื้นและมีการรวมตัว



ภาพที่ 4.7 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการทดสอบเมื่อควบคุมอุณหภูมิภายในถังอบแห้งให้มีค่าคงที่ 200 องศาเซลเซียส

4.3 สรุปผลการทดสอบ

ตารางที่ 4.5 สรุปผลการทดสอบเมื่อควบคุมอุณหภูมิภายในถังอบแห้งให้มีค่าคงที่ 170 องศาเซลเซียส

มอลโตเดกซ์ตริน	มวลเฉลี่ยของผงมะนาว	มวลของผงเทียบกับน้ำมะนาว	สีของผงมะนาว	ลักษณะของมะนาวผง
15 %	111.8 g.	22.36 %	ขาว	มีความชื้นและมีการรวมตัว
20 %	216.4 g.	43.28 %	ขาว	มีความชื้นมาก(เปียก)

25 %	324.4 g.	64.88 %	ขาว-ใส	มีความชื้นมาก(เปียก)
------	----------	---------	--------	----------------------

จากตารางที่ 4.5 เมื่อทำการควบคุมอุณหภูมิภายในถังอบแห้งให้มีค่าคงที่ 170 องศาเซลเซียส โดยปรับอัตราส่วนผสมของสารมอลโตเดกซ์ทรินกับน้ำมะนาวสดเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ครึ่งละ 500 กรัม พบว่า

1. เมื่อเพิ่มปริมาณสารมอลโตเดกซ์ทรินลงในน้ำมะนาวมากขึ้น จะมีผลให้ปริมาณของผงมะนาวที่ได้จากการอบแห้งมีปริมาณมากขึ้น

2. เมื่อเพิ่มปริมาณสารมอลโตเดกซ์ทรินลงในน้ำมะนาว ที่ 15 เปอร์เซ็นต์ และ 20 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก จะพบว่าผงมะนาวจะมีสีขาว แต่ยังมีความชื้นและยังมีการรวมตัวกันเป็นก้อนของผงมะนาวที่ได้จากการอบแห้ง ซึ่งลักษณะของผงมะนาวที่ได้จากการอบแห้งดังกล่าวยังไม่ได้คุณภาพตามที่ต้องการ

3. เมื่อเพิ่มปริมาณสารมอลโตเดกซ์ทรินลงในน้ำมะนาว ที่ 25 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก จะพบว่าผงมะนาวจะมีสีขาว-ใส แต่มีความชื้นค่อนข้างมากถึงเปียก ซึ่งลักษณะของผงมะนาวที่ได้จากการอบแห้งดังกล่าวยังไม่ได้คุณภาพตามที่ต้องการ

ตารางที่ 4.6 สรุปผลการทดสอบเมื่อควบคุมอุณหภูมิภายในถังอบแห้งให้มีค่าคงที่ 180 องศาเซลเซียส

มอลโตเดกซ์ทริน	มวลเฉลี่ยของผงมะนาว	มวลของผงเทียบกับน้ำมะนาว	สีของผงมะนาว	ลักษณะของมะนาวผง
15 %	88.4 g.	17.36 %	ขาว	เป็นผงฝุ่นแป้ง
20 %	176.6 g.	35.32 %	ขาว	มีความชื้นและมีการรวมตัว
25 %	265.2 g.	53.04 %	ขาว	มีความชื้นมาก(เปียก)

จากตารางที่ 4.6 เมื่อทำการควบคุมอุณหภูมิภายในถังอบแห้งให้มีค่าคงที่ 180 องศาเซลเซียส โดยปรับอัตราส่วนผสมของสารมอลโตเดกซ์ทรินกับน้ำมะนาวสดเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ครึ่งละ 500 กรัม พบว่า

1. เมื่อเพิ่มปริมาณสารมอลโตเดกซ์ทรินลงในน้ำมะนาวมากขึ้น จะมีผลให้ปริมาณของผงมะนาวที่ได้จากการอบแห้งมีปริมาณมากขึ้น

2. เมื่อเพิ่มปริมาณสารมอลโตเดกซ์ทรินลงในน้ำมะนาว ที่ 20 เปอร์เซ็นต์ และ 25 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก จะพบว่าผงมะนาวจะมีสีขาว แต่ยังมีความชื้นและยังมีการรวมตัวกันเป็นก้อนของผงมะนาวที่ได้จากการอบแห้ง ซึ่งลักษณะของผงมะนาวที่ได้จากการอบแห้งดังกล่าวยังไม่ได้คุณภาพตามที่ต้องการ

3. เมื่อเพิ่มปริมาณสารมอลโตเดกซ์ทรินลงในน้ำมะนาว ที่ 15 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก จะพบว่า ผงมะนาวจะมีสีขาว และลักษณะของผงมะนาวเป็นแป้งฝุ่น ซึ่งลักษณะของผงมะนาวที่ได้จากการอบแห้งมีสีและลักษณะตามที่ต้องการ

ตารางที่ 4.7 สรุปผลการทดสอบเมื่อควบคุมอุณหภูมิภายในถังอบแห้งให้มีค่าคงที่ 190 องศาเซลเซียส

มอลโตเดกซ์ทริน	มวลเฉลี่ยของ ผงมะนาว	มวลของผง เทียบกับน้ำ มะนาว	สีของผง มะนาว	ลักษณะของผงมะนาว
15 %	82.0 g.	16.4 %	ขาว-น้ำตาล	เป็นผงฝุ่นแป้ง
20 %	127.4 g.	25.48 %	ขาว	เป็นผงฝุ่นแป้ง
25 %	227 g.	45.4 %	ขาว	มีความชื้นและมีการรวมตัว

จากตารางที่ 4.7 เมื่อทำการควบคุมอุณหภูมิภายในถังอบแห้งให้มีค่าคงที่ 190 องศาเซลเซียส โดยปรับอัตราส่วนผสมของสารมอลโตเดกซ์ทรินกับน้ำมะนาวสดเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ครั้งละ 500 กรัม พบว่า

1. เมื่อเพิ่มปริมาณสารมอลโตเดกซ์ทรินลงในน้ำมะนาวมากขึ้น จะมีผลให้ปริมาณของผงมะนาวที่ได้จากการอบแห้งมีปริมาณมากขึ้น
2. เมื่อเพิ่มปริมาณสารมอลโตเดกซ์ทรินลงในน้ำมะนาว ที่ 15 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก จะมีลักษณะเป็นผงตามลักษณะที่ต้องการ แต่พบว่าผงมะนาวจะมีสีขาว-น้ำตาล ซึ่งลักษณะของผงมะนาวที่ได้จากการอบแห้งดังกล่าวยังไม่ได้คุณภาพตามที่ต้องการ
3. เมื่อเพิ่มปริมาณสารมอลโตเดกซ์ทรินลงในน้ำมะนาว ที่ 20 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก จะพบว่า ผงมะนาวจะมีสีขาว และลักษณะของผงมะนาวเป็นแป้งฝุ่น ซึ่งลักษณะของผงมะนาวที่ได้จากการอบแห้งมีสีและลักษณะตามที่ต้องการ
4. เมื่อเพิ่มปริมาณสารมอลโตเดกซ์ทรินลงในน้ำมะนาว ที่ 25 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก จะพบว่า ผงมะนาวจะมีสีขาว แต่ยังมีความชื้นและยังมีการรวมตัวกันเป็นก้อนของผงมะนาวที่ได้จากการอบแห้ง ซึ่งลักษณะของผงมะนาวที่ได้จากการอบแห้งดังกล่าวยังไม่ได้คุณภาพตามที่ต้องการ

ตารางที่ 4.8 สรุปผลการทดสอบเมื่อควบคุมอุณหภูมิภายในถังอบแห้งให้มีค่าคงที่ 200 องศาเซลเซียส

มอลโตเดกซ์ตริน	มวลเฉลี่ยของ ผงมะนาว	มวลของผง เทียบกับน้ำ มะนาว	สีของผง มะนาว	ลักษณะของมะนาวผง
15 %	76.8 g.	15.36 %	น้ำตาล	เป็นผงฝุ่นแป้ง
20 %	106.6 g.	21.32 %	ขาว-น้ำตาล	เป็นผงฝุ่นแป้ง
25 %	192.0 g.	38.4 %	ขาว	มีความชื้นและมีการรวมตัว

จากตารางที่ 4.8 เมื่อทำการควบคุมอุณหภูมิภายในถังอบแห้งให้มีค่าคงที่ 200 องศาเซลเซียส โดยปรับอัตราส่วนผสมของสารมอลโตเดกซ์ตรินกับน้ำมะนาวสดเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ครึ่งละ 500 กรัม พบว่า

1. เมื่อเพิ่มปริมาณสารมอลโตเดกซ์ตรินลงในน้ำมะนาวมากขึ้น จะมีผลให้ปริมาณของผงมะนาวที่ได้จากการอบแห้งมีปริมาณมากขึ้น
2. เมื่อเพิ่มปริมาณสารมอลโตเดกซ์ตรินลงในน้ำมะนาว ที่ 15 เปอร์เซ็นต์ และ 20 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก จะพบว่าลักษณะของผงมะนาวเป็นแป้งฝุ่น แต่เมื่อพิจารณาจากสีของผงมะนาว พบว่ามีสี ขาว-น้ำตาล ซึ่งลักษณะของผงมะนาวที่ได้จากการอบแห้งดังกล่าวยังไม่ได้คุณภาพตามที่ต้องการ
3. เมื่อเพิ่มปริมาณสารมอลโตเดกซ์ตรินลงในน้ำมะนาว ที่ 25 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก จะพบว่า ผงมะนาวจะมีสีขาว แต่มีความชื้นค่อนข้างมากถึงเปียก ซึ่งลักษณะของผงมะนาวที่ได้จากการอบแห้ง ดังกล่าวยังไม่ได้คุณภาพตามที่ต้องการ



ภาพที่ 4.8 ผงมะนาวที่ได้จากการอบแห้งด้วยวิธีพ่นฝอย

จากตารางสรุปผลการทดลองที่ 4.5, 4.6, 4.7 และ 4.8 สรุปได้ว่าผงมะนาวที่มีสีและลักษณะของผงมะนาวตามที่ต้องการเกิดขึ้นภายใต้การควบคุมสภาวะการทดสอบใน 2 ลักษณะ คือ เมื่อควบคุมอุณหภูมิภายในถังอบแห้งให้มีสภาวะคงที่ 180°C และผสมสารมอลโตเดกซ์ทรินลงในน้ำมะนาว 15 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อควบคุมอุณหภูมิภายในถังอบแห้งให้มีสภาวะคงที่ 190°C และผสมสารมอลโตเดกซ์ทรินลงในน้ำมะนาว 20 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อพิจารณาจากมวลของผงมะนาวที่ได้จากการอบแห้งภายใต้การควบคุมสภาวะการทดสอบทั้ง 2 สภาวะดังกล่าว จะพบว่าการควบคุมอุณหภูมิภายในถังอบแห้งให้มีสภาวะคงที่ 190°C และผสมสารมอลโตเดกซ์ทรินลงในน้ำมะนาว 20 เปอร์เซ็นต์ จะมีมวลของผงมะนาวที่ได้จากการอบแห้งมีปริมาณมากกว่า ดังแสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 การทดสอบที่ได้ลักษณะของผงมะนาวและสีของผงมะนาวที่เหมาะสม

มอลโตเดกซ์ทริน	มวลเฉลี่ยของผงมะนาว	มวลของผงเทียบกับน้ำมะนาว	สีของผงมะนาว	ลักษณะของมะนาวผง
15 % ที่ 180°C	88.4 g.	17.36 %	ขาว	เป็นผงฝุ่นแป้ง
20 % ที่ 190°C	127.4 g.	25.48 %	ขาว	เป็นผงฝุ่นแป้ง