

<b>สารบัญ</b>		<b>หน้า</b>
กิตติกรรมประกาศ		ค
บทคัดย่อภาษาไทย		ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ฉ
สารบัญ		ช
สารบัญตาราง		ฉ
สารบัญภาพ		ฐ
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>		<b>1</b>
1.1 ที่มาและความสำคัญของการวิจัย		1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย		2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ		3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย		3
<b>บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</b>		<b>4</b>
2.1 ลักษณะทั่วไปและความสำคัญของแก้วมังกร		4
2.2 ออสโมติกดีไฮเดรชัน (osmotic dehydration)		6
2.2.1 ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชัน		7
2.2.2 ข้อดีของการทำออสโมติกดีไฮเดรชัน		7
2.2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชัน		8
2.3 การถ่ายเทมวล (Mass transfer)		11
2.4 การทำแห้ง		16
2.4.1 กลไกการทำแห้ง		17
2.4.2 อัตราการทำแห้ง		18
2.4.3 การถ่ายเทความร้อนและมวล		19
2.4.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการทำแห้ง		21
2.4.5 ผลของการทำแห้งต่ออาหาร		22
2.4.6 อิทธิพลของค่ากิจกรรมของน้ำ		24
2.4.7 จุลินทรีย์		25

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.5 การเก็บรักษา	26
2.5.1 การบรรจุภายใต้บรรยากาศ	28
2.5.2 ชนิดของบรรจุภัณฑ์	29
2.6 ระบบการวัดสี	29
2.7 ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร	33
<b>บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการดำเนินการวิจัย</b>	<b>36</b>
3.1 วัตถุประสงค์ สารเคมี เครื่องมือ และอุปกรณ์	36
3.2 อุปกรณ์ในการศึกษาการแช่แข็งแก้วมังกรและการถ่ายเทมวล	37
3.3 การเตรียมวัตถุดิบและสารละลายในการทดลอง	37
3.4 ศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายออสโมติก อุณหภูมิ และเวลา ต่อการลดความชื้นของแก้วมังกร	38
3.5 ศึกษาการหาค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำและของแข็งที่ละลายได้	38
3.6 การทดสอบด้านประสาทสัมผัส	39
3.7 ศึกษาอายุการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ต่างชนิด และสภาวะอุณหภูมิต่างกัน	39
<b>บทที่ 4 ผลและการวิจารณ์ผลการทดลอง</b>	<b>40</b>
4.1 ศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายออสโมติก อุณหภูมิ และเวลา ต่อการลดความชื้นของแก้วมังกร	40
4.1.1 ปริมาณความชื้นระหว่างกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชัน	41
4.1.2 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดระหว่างกระบวนการ ออสโมติกดีไฮเดรชัน	44
4.1.3 ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยวัดแรงกดทับ (compression) และแรงเฉือน (shear) ของชิ้นแก้วมังกรระหว่างกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชัน	48
4.1.4 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดทับและแรงเฉือนกับปริมาณความชื้น	51
4.1.5 ค่ากิจกรรมของน้ำระหว่างกระบวนการออสโมติก	54

**สารบัญ (ต่อ)**

	หน้า
4.2 ศึกษาการแพร่ของน้ำและของแข็งที่ละลายได้	56
4.2.1 ผลของความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลซูโครสต่อการถ่ายเทมวล ในแก๊วมังกรระหว่างกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชัน	56
4.2.2 ความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำหนักที่ลดลงของแก๊วมังกร ขณะแช่ในสารละลายออสโมติกกับเวลา	60
4.2.3 ความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลซูโครส และอุณหภูมิกับสัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำ และสัมประสิทธิ์การแพร่ของของแข็งที่ละลายได้	63
4.3 การทดสอบด้านประสาทสัมผัส	66
4.3.1 ผลของอุณหภูมิ ระยะเวลาในการแช่ และความเข้มข้น ต่อการยอมรับลักษณะปรากฏโดยรวม	66
4.3.2 ผลของอุณหภูมิ ระยะเวลาในการแช่ และความเข้มข้น ต่อการยอมรับกลิ่นและรสชาติโดยรวม	67
4.3.3 ผลของอุณหภูมิ ระยะเวลาในการแช่ และความเข้มข้น ต่อการยอมรับโดยรวม	67
4.4 สีของแก๊วมังกรที่ผ่านกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชันและทำแห้งด้วยลมร้อน	71
4.5 ศึกษาอายุการเก็บรักษาในสภาพการบรรจุที่ต่างกัน และสภาวะอุณหภูมิต่างกัน	79
4.5.1 การเปลี่ยนแปลงของค่า $L^*$ , $C^*$ และ $h$ ระหว่างการเก็บรักษา	79
4.5.2 การเปลี่ยนแปลงของค่ากิจกรรมของน้ำระหว่างการเก็บรักษา	82
4.5.3 การเปลี่ยนแปลงของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดระหว่างการเก็บรักษา	84
<b>บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ</b>	<b>88</b>
5.1 สรุปผลการทดลอง	88
5.2 ข้อเสนอแนะ	89
<b>เอกสารอ้างอิง</b>	<b>90</b>

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก	96
ภาคผนวก ก การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของของแข็ง และค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำ	97
ภาคผนวก ข ตารางค่า $\ln E$ กับเวลา และภาพกราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่าง $\ln E$ กับเวลาสำหรับสัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำ	101
ภาคผนวก ค ตารางค่า $\ln E$ กับเวลา และภาพกราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่าง $\ln E$ กับเวลาสำหรับสัมประสิทธิ์การแพร่ของของแข็ง	114
ภาคผนวก ง การหาพารามิเตอร์โดยใช้สมการ Arrhenius	127
ภาคผนวก จ ตัวอย่างแบบทดสอบการประเมินทางประสาทสัมผัส	130
ภาคผนวก ฉ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	132
ประวัติผู้เขียน	136

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ส่วนประกอบทางเคมีของผลแก้วมังกรสายพันธุ์ <i>Hylocerrus undatus</i>	5
4.1 ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำ	63
4.2 สัมประสิทธิ์การแพร่ของของแข็ง	63
4.3 ค่าพลังงานกระตุ้น	65
ก 1 การคำนวณค่า $\ln E$ ของชิ้นแก้วมังกรที่ผ่านกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชัน ความเข้มข้นสารละลายน้ำตาลซูโครส 55 กรัม ต่อปริมาณน้ำ 100 กรัม ที่อุณหภูมิของสารละลาย 40 องศาเซลเซียส เวลาในการแช่ 5 ชั่วโมง (ครั้งที่ 1)	99
ข 1 ค่า $\ln E$ ของชิ้นแก้วมังกรที่ผ่านกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชัน ความเข้มข้นสารละลายน้ำตาลซูโครส 55 กรัม ต่อปริมาณน้ำ 100 กรัม ที่อุณหภูมิของสารละลาย 30 องศาเซลเซียส เวลาในการแช่ 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 1 และ 2	102
ข 2 ค่า $\ln E$ ของชิ้นแก้วมังกรที่ผ่านกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชัน ความเข้มข้นสารละลายน้ำตาลซูโครส 55 กรัม ต่อปริมาณน้ำ 100 กรัม ที่อุณหภูมิสารละลาย 40 องศาเซลเซียส เวลาในการแช่ 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 1 และ 2	104
ข 3 ค่า $\ln E$ ของชิ้นแก้วมังกรที่ผ่านกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชัน ความเข้มข้นสารละลายน้ำตาลซูโครส 55 กรัม ต่อปริมาณน้ำ 100 กรัม ที่อุณหภูมิสารละลาย 50 องศาเซลเซียส เวลาในการแช่ 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 1 และ 2	106
ข 4 ค่า $\ln E$ ของชิ้นแก้วมังกรที่ผ่านกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชัน ความเข้มข้นสารละลายน้ำตาลซูโครส 65 กรัม ต่อปริมาณน้ำ 100 กรัม ที่อุณหภูมิสารละลาย 30 องศาเซลเซียส เวลาในการแช่ 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 1 และ 2	108
ข 5 ค่า $\ln E$ ของชิ้นแก้วมังกรที่ผ่านกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชัน ความเข้มข้นสารละลายน้ำตาลซูโครส 65 กรัม ต่อปริมาณน้ำ 100 กรัม ที่อุณหภูมิสารละลาย 40 องศาเซลเซียส เวลาในการแช่ 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 1 และ 2	110
ข 6 ค่า $\ln E$ ของชิ้นแก้วมังกรที่ผ่านกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชัน ความเข้มข้นสารละลายน้ำตาลซูโครส 65 กรัม ต่อปริมาณน้ำ 100 กรัม ที่อุณหภูมิสารละลาย 50 องศาเซลเซียส เวลาในการแช่ 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 1 และ 2	112

### สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ค 1 ค่า $\ln E$ ของชิ้นแก้วมังกกรที่ผ่านกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชัน ความเข้มข้นสารละลายน้ำตาลซูโครส 55 กรัม ต่อปริมาณน้ำ 100 กรัม ที่อุณหภูมิสารละลาย 30 องศาเซลเซียส เวลาในการแช่ 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 1 และ 2	115
ค 2 ค่า $\ln E$ ของชิ้นแก้วมังกกรที่ผ่านกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชัน ความเข้มข้นสารละลายน้ำตาลซูโครส 55 กรัม ต่อปริมาณน้ำ 100 กรัม ที่อุณหภูมิสารละลาย 40 องศาเซลเซียส เวลาในการแช่ 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 1 และ 2	117
ค 3 ค่า $\ln E$ ของชิ้นแก้วมังกกรที่ผ่านกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชัน ความเข้มข้นสารละลายน้ำตาลซูโครส 55 กรัม ต่อปริมาณน้ำ 100 กรัม ที่อุณหภูมิสารละลาย 50 องศาเซลเซียส เวลาในการแช่ 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 1 และ 2	119
ค 4 ค่า $\ln E$ ของชิ้นแก้วมังกกรที่ผ่านกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชัน ความเข้มข้นสารละลายน้ำตาลซูโครส 65 กรัม ต่อปริมาณน้ำ 100 กรัม ที่อุณหภูมิสารละลาย 30 องศาเซลเซียส เวลาในการแช่ 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 1 และ 2	121
ค 5 ค่า $\ln E$ ของชิ้นแก้วมังกกรที่ผ่านกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชัน ความเข้มข้นสารละลายน้ำตาลซูโครส 65 กรัม ต่อปริมาณน้ำ 100 กรัม ที่อุณหภูมิสารละลาย 40 องศาเซลเซียส เวลาในการแช่ 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 1 และ 2	123
ค 6 ค่า $\ln E$ ของชิ้นแก้วมังกกรที่ผ่านกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชัน ความเข้มข้นสารละลายน้ำตาลซูโครส 65 กรัม ต่อปริมาณน้ำ 100 กรัม ที่อุณหภูมิสารละลาย 50 องศาเซลเซียส เวลาในการแช่ 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 1 และ 2	125

## สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
2.1 (a) ลักษณะลำต้นของแก้วมังกร (b) ลักษณะผลแก้วมังกรผ่าครึ่ง	5
2.2 การถ่ายเทมวลสารระหว่างภายในเซลล์และสารละลายภายนอก	6
2.3 รูปร่างสี่เหลี่ยมผืนผ้า ความหนา 2a และความกว้าง 2b	12
2.4 รูปร่างสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด $2a \times 2b \times 2c$	13
2.5 รูปร่างทรงลูกบาศก์	13
2.6 รูปร่างทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 2a	14
2.7 รูปร่างทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 2a ยาว 2c	14
2.8 รูปร่างทรงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 2a	15
2.9 การเคลื่อนที่ด้วยแรงคาพิลารี	17
2.10 การเคลื่อนที่ด้วยการแพร่ผ่านเซลล์อาหาร	18
2.11 กราฟอัตราการแห้ง	18
2.12 sorption isotherms	25
2.13 แผนภาพสีในระบบ Munsell	30
2.14 CIE Lab ( $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ )	31
2.15 สี ในระบบ Hunter lab	33
2.16 ลักษณะของกราฟ TPA (Texture Profile Analysis)	34
3.1 แสดงอุปกรณ์ในการทดลองเพื่อศึกษาการถ่ายเทมวล	37
4.1 แก้วมังกรขนาด $4 \times 4 \times 1$ เซนติเมตร	40
4.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นในชิ้นแก้วมังกรระหว่างการแช่ในสารละลายออสโมติกที่ความเข้มข้น 55 กรัม (a) และ 65 กรัม (b) ต่อปริมาณน้ำ 100 กรัม อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง	42
4.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในชิ้นแก้วมังกรระหว่างการแช่ในสารละลายออสโมติกที่ความเข้มข้น 55 กรัม (a) และ 65 กรัม (b) ต่อปริมาณน้ำ 100 กรัม อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง	45

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
4.4 การเปลี่ยนแปลงค่าแรงกดทับของขึ้นแก้มังกระหว่างการแช่ ในสารละลายออสโมติกที่ความเข้มข้น 55 กรัม (a) และ 65 กรัม (b) ต่อปริมาณน้ำ 100 กรัม อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง	48
4.5 การเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือนของขึ้นแก้มังกระหว่างการแช่ ในสารละลายออสโมติกที่ความเข้มข้น 55 กรัม (a) และ 65 กรัม (b) ต่อปริมาณน้ำ 100 กรัม อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง	49
4.6 a) แก้วมังกรสด b) แก้วมังกรผ่านการแช่ในสารละลายน้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 55 กรัม อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที	50
4.7 การเปลี่ยนแปลงค่าแรงกดทับของขึ้นแก้มังกระหว่างการแช่ ในสารละลายออสโมติกที่ความเข้มข้น 55 กรัม (a) และ 65 กรัม (b) ต่อปริมาณน้ำ 100 กรัม อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส กับการเปลี่ยนแปลง ปริมาณความชื้น	52
4.8 การเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือนของขึ้นแก้มังกระหว่างการแช่ ในสารละลายออสโมติกที่ความเข้มข้น 55 กรัม (a) และ 65 กรัม (b) อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส กับการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น	53
4.9 การเปลี่ยนแปลงค่า water activity ในขึ้นแก้มังกระหว่างการแช่ ในสารละลายออสโมติกที่ความเข้มข้น 55 กรัม (a) และ 65 กรัม (b) อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง	55
4.10 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของของแข็งที่เพิ่มขึ้นในขึ้นแก้มังกร ระหว่างการแช่ในสารละลายออสโมติกที่ความเข้มข้น 55 กรัม (a) และ 65 กรัม (b) อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง	58
4.11 การเปลี่ยนแปลงการสูญเสียน้ำในขึ้นแก้มังกระหว่างการแช่ ในสารละลายออสโมติกที่ความเข้มข้น 55 กรัม (a) และ 65 กรัม (b) อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง	59



**สารบัญภาพ (ต่อ)**

ภาพ	หน้า
4.12 การสูญเสียน้ำหนักของชิ้นแก้วมังกรระหว่างการแช่ในสารละลายออสโมติก ที่ความเข้มข้น 55 กรัม (a) และ 65 กรัม (b) อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง	62
4.13 คะแนนการยอมรับของลักษณะปรากฏภายนอกโดยรวมของแก้วมังกร ที่ผ่านการแช่ด้วยสารละลายออสโมติกความเข้มข้น 55 กรัม และ 65 กรัม ต่อปริมาณน้ำ 100 กรัม ที่อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง (a) และ 5 ชั่วโมง (b)	68
4.14 คะแนนการยอมรับของกลิ่น รสชาติโดยรวมของแก้วมังกร ที่ผ่านการแช่ด้วยสารละลายออสโมติกความเข้มข้น 55 กรัม และ 65 กรัม ต่อปริมาณน้ำ 100 กรัม ที่อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง (a) และ 5 ชั่วโมง (b)	69
4.15 คะแนนการยอมรับของกลิ่น รสชาติโดยรวมของแก้วมังกร ที่ผ่านการแช่ด้วยสารละลายออสโมติกความเข้มข้น 55 กรัม และ 65 กรัม ต่อปริมาณน้ำ 100 กรัม ที่อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง (a) และ 5 ชั่วโมง (b)	70
4.16 แก้วมังกรที่ผ่านกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชันและทำแห้งด้วยลมร้อน	71
4.17 ค่า $L^*$ ของแก้วมังกรที่ผ่านการแช่ด้วยสารละลายออสโมติกความเข้มข้น 55 กรัม และ 65 กรัม ต่อปริมาณน้ำ 100 กรัม ที่อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง (a) และ 5 ชั่วโมง (b) แล้วนำไปทำแห้งด้วยลมร้อน	72
4.18 ค่า $a^*$ ของแก้วมังกรที่ผ่านการแช่ด้วยสารละลายออสโมติกความเข้มข้น 55 กรัม และ 65 กรัม ต่อปริมาณน้ำ 100 กรัม ที่อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง (a) และ 5 ชั่วโมง (b) แล้วนำไปทำแห้งด้วยลมร้อน	73
4.19 ค่า $b^*$ ของแก้วมังกรที่ผ่านการแช่ด้วยสารละลายออสโมติกความเข้มข้น 55 กรัม และ 65 กรัม ต่อปริมาณน้ำ 100 กรัม ที่อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง (a) และ 5 ชั่วโมง (b) แล้วนำไปทำแห้งด้วยลมร้อน	74

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
4.20 ตำแหน่งสีของแก้วมังกรหลังผ่านกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชันแล้วทำแห้งด้วยลมร้อน	76
4.21 ค่า C* ของแก้วมังกรที่ผ่านการแช่ด้วยสารละลายออสโมติกความเข้มข้น 55 กรัม และ 65 กรัม ต่อปริมาณน้ำ 100 กรัม ที่อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง (a) และ 5 ชั่วโมง (b) แล้วนำไปทำแห้งด้วยลมร้อน	77
4.22 ค่า h° ของแก้วมังกรที่ผ่านการแช่ด้วยสารละลายออสโมติกความเข้มข้น 55 กรัม และ 65 กรัม ต่อปริมาณน้ำ 100 กรัม ที่อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง (a) และ 5 ชั่วโมง (b) แล้วนำไปทำแห้งด้วยลมร้อน	78
4.23 การเปลี่ยนแปลงค่า L* ระหว่างการเก็บรักษา	80
4.24 การเปลี่ยนแปลงค่า C* ระหว่างการเก็บรักษา	81
4.25 การเปลี่ยนแปลงค่า h° ระหว่างการเก็บรักษา	82
4.26 การเปลี่ยนแปลงค่ากิจกรรมของน้ำระหว่างการเก็บรักษา	83
4.27 การเปลี่ยนแปลงของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ระหว่างการเก็บรักษา	85
ก 1 รูปร่างของแก้วมังกรที่ใช้ในการทดลอง	100
ข 1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า $\ln(m - m_c)/(m_0 - m_c)$ กับเวลาของชิ้นแก้วมังกรที่ผ่านกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชัน ความเข้มข้นสารละลายน้ำตาลซูโครส 55 กรัม ที่อุณหภูมิสารละลาย 30 องศาเซลเซียส เวลาในการแช่ 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 1 (a) และ ครั้งที่ 2 (b) ตามลำดับ	103
ข 2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า $\ln(m - m_c)/(m_0 - m_c)$ กับเวลาของชิ้นแก้วมังกรที่ผ่านกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชัน ความเข้มข้นสารละลายน้ำตาลซูโครส 55 กรัม ที่อุณหภูมิสารละลาย 40 องศาเซลเซียส เวลาในการแช่ 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 1 (a) และ ครั้งที่ 2 (b) ตามลำดับ	105

### สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
<p>ข 3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า <math>\ln(m - m_c)/(m_0 - m_c)</math> กับเวลา ของชิ้นแก้วมังกรที่ผ่านกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชัน ความเข้มข้นสารละลายน้ำตาลซูโครส 55 กรัม ที่อุณหภูมิสารละลาย 50 องศาเซลเซียส เวลาในการแช่ 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 1 (a) และ ครั้งที่ 2 (b) ตามลำดับ</p>	107
<p>ข 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า <math>\ln(m - m_c)/(m_0 - m_c)</math> กับเวลา ของชิ้นแก้วมังกรที่ผ่านกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชัน ความเข้มข้นสารละลายน้ำตาลซูโครส 65 กรัม ที่อุณหภูมิสารละลาย 30 องศาเซลเซียส เวลาในการแช่ 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 1 (a) และ ครั้งที่ 2 (b) ตามลำดับ</p>	109
<p>ข 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า <math>\ln(m - m_c)/(m_0 - m_c)</math> กับเวลา ของชิ้นแก้วมังกรที่ผ่านกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชัน ความเข้มข้นสารละลายน้ำตาลซูโครส 65 กรัม ที่อุณหภูมิสารละลาย 40 องศาเซลเซียส เวลาในการแช่ 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 1 (a) และ ครั้งที่ 2 (b) ตามลำดับ</p>	111
<p>ข 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า <math>\ln(m - m_c)/(m_0 - m_c)</math> กับเวลา ของชิ้นแก้วมังกรที่ผ่านกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชัน ความเข้มข้นสารละลายน้ำตาลซูโครส 65 กรัม ที่อุณหภูมิสารละลาย 50 องศาเซลเซียส เวลาในการแช่ 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 1 (a) และ ครั้งที่ 2 (b) ตามลำดับ</p>	113
<p>ค 1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า <math>\ln(m - m_c)/(m_0 - m_c)</math> กับเวลา ของชิ้นแก้วมังกรที่ผ่านกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชัน ความเข้มข้นสารละลายน้ำตาลซูโครส 55 กรัม ที่อุณหภูมิสารละลาย 30 องศาเซลเซียส เวลาในการแช่ 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 1 (a) และ ครั้งที่ 2 (b) ตามลำดับ</p>	116

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
<p>ค 2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า <math>\ln(m - m_c)/(m_0 - m_c)</math> กับเวลา ของชิ้นแก้วมังกรที่ผ่านกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชัน ความเข้มข้นสารละลายน้ำตาลซูโครส 55 กรัม ที่อุณหภูมิสารละลาย 40 องศาเซลเซียส เวลาในการแช่ 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 1 (a) และ ครั้งที่ 2 (b) ตามลำดับ</p>	118
<p>ค 3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า <math>\ln(m - m_c)/(m_0 - m_c)</math> กับเวลา ของชิ้นแก้วมังกรที่ผ่านกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชัน ความเข้มข้นสารละลายน้ำตาลซูโครส 55 กรัม ที่อุณหภูมิสารละลาย 50 องศาเซลเซียส เวลาในการแช่ 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 1 (a) และ ครั้งที่ 2 (b) ตามลำดับ</p>	120
<p>ค 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า <math>\ln(m - m_c)/(m_0 - m_c)</math> กับเวลา ของชิ้นแก้วมังกรที่ผ่านกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชัน ความเข้มข้นสารละลายน้ำตาลซูโครส 65 กรัม ที่อุณหภูมิสารละลาย 30 องศาเซลเซียส เวลาในการแช่ 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 1 (a) และ ครั้งที่ 2 (b) ตามลำดับ</p>	122
<p>ค 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า <math>\ln(m - m_c)/(m_0 - m_c)</math> กับเวลา ของชิ้นแก้วมังกรที่ผ่านกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชัน ความเข้มข้นสารละลายน้ำตาลซูโครส 65 กรัม ที่อุณหภูมิสารละลาย 40 องศาเซลเซียส เวลาในการแช่ 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 1 (a) และ ครั้งที่ 2 (b) ตามลำดับ</p>	124
<p>ค 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า <math>\ln(m - m_c)/(m_0 - m_c)</math> กับเวลา ของชิ้นแก้วมังกรที่ผ่านกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชัน ความเข้มข้นสารละลายน้ำตาลซูโครส 65 กรัม ที่อุณหภูมิสารละลาย 50 องศาเซลเซียส เวลาในการแช่ 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 1 (a) และ ครั้งที่ 2 (b) ตามลำดับ</p>	126

**สารบัญภาพ (ต่อ)**

ภาพ	หน้า
ง 1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า $\log D$ กับ $1/T$ ของชิ้นแก้วมังกร ที่ผ่านกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชัน ที่ความเข้มข้นสารละลายน้ำตาลซูโครส 55 กรัม ต่อปริมาณน้ำ 100 กรัม	128
ฉ 1 เครื่องควบคุมอุณหภูมิ	133
ฉ 2 ตู้อบลมร้อนแบบถาด	133
ฉ 3 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส	134
ฉ 4 เครื่องวัดสี	134
ฉ 5 เครื่องบรรจุ	135
ฉ 6 เครื่องผสมแก๊สก่อนบรรจุ	135