

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ.....	(1)
สารบัญตาราง.....	(2)
สารบัญภาพ.....	(7)
คำนำ.....	1
วัตถุประสงค์.....	3
การตรวจเอกสาร.....	4
สตาร์ชมันสำปะหลัง.....	4
แซนแทนกัม.....	17
การแช่เยือกแข็ง.....	23
อุปกรณ์และวิธีการ.....	30
อุปกรณ์.....	30
วิธีการ.....	32
ผลและการวิจารณ์.....	40
สรุป.....	81
เอกสารและสิ่งอ้างอิง.....	84
ภาคผนวก.....	95
ภาคผนวก ก.....	96
ภาคผนวก ข.....	106
ภาคผนวก ค.....	109
ภาคผนวก ง.....	114

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 องค์ประกอบของสตาร์ชมันสำปะหลัง.....	40
2 ค่าร้อยละการแยกของน้ำหลังการคั้นรูปจากการแช่เยือกแข็งในรอบการแช่-เยือกแข็งและทำละลายที่ 1-5 ของเจลดสตาร์ชมันสำปะหลังผสมไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่าง ๆ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.25.....	44
3 ค่าร้อยละการแยกของน้ำหลังการคั้นรูปจากการแช่เยือกแข็งในรอบการแช่-เยือกแข็งและทำละลายที่ 1-5 ของเจลดสตาร์ชมันสำปะหลังผสมไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่าง ๆ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.50.....	46
4 ค่าร้อยละการแยกของน้ำหลังการคั้นรูปจากการแช่เยือกแข็งในรอบการแช่-เยือกแข็งและทำละลายที่ 1-5 ของเจลดสตาร์ชมันสำปะหลังผสมแซนแทนกัมที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.10, 0.25 และ 0.50.....	47
5 ค่าความหนืดสูงสุด ความหนืดต่ำสุด ความหนืดลดลง ความหนืดสุดท้าย เซตแบคและอุณหภูมิที่เริ่มเกิดความหนืดของเจลดสตาร์ชมันสำปะหลังผสมแซนแทนกัม (XG) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.00, 0.25 และ 0.50.....	48
6 ค่าร้อยละการแยกของน้ำของเจลดสตาร์ชมันสำปะหลังผสมแซนแทนกัมความเข้มข้นร้อยละ 0.00, 0.25 และ 0.50 ด้วยอัตราการแช่เยือกแข็งแบบช้า แบบปานกลาง และแบบเร็วเมื่อเก็บรักษาที่ -18 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 0, 3, 10, 17, 31 และ 91 วัน.....	52
7 ค่าร้อยละการแยกของน้ำของเจลดสตาร์ชมันสำปะหลังผสมแซนแทนกัมความเข้มข้นร้อยละ 0.00, 0.25 และ 0.50 ด้วยอัตราการแช่เยือกแข็งแบบช้า แบบปานกลาง และแบบเร็วเมื่อเก็บรักษาที่ -12 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 0, 3, 10, 17, 31 และ 91 วัน.....	56
8 ค่าร้อยละการแยกของน้ำหลังการคั้นรูปจากการแช่เยือกแข็งในรอบการแช่-เยือกแข็งและทำละลายที่ 1-7 ของเจลดสตาร์ชมันสำปะหลังผสมแซนแทนกัม (XG) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.00, 0.25 และ 0.50 ด้วยอัตราการแช่เยือกแข็งแบบช้า แบบปานกลาง และแบบเร็ว.....	59

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
9	ผลต่างของค่าความสว่าง ($L^*-L_0^*$) ของเจลสตาร์ชมันสำปะหลังผสมแซนแทน- กัม (XG) ความเข้มข้นร้อยละ 0.00, 0.25 และ 0.50 ก่อนและหลังการแช่เยือก- แข็งด้วยอัตราการแช่เยือกแข็งแบบช้า แบบปานกลาง และแบบเร็วเมื่อเก็บรักษา ที่ -18 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 0, 7, 31 และ 91 วัน.....	64
10	ผลต่างของค่าความสว่าง ($L^*-L_0^*$) ของเจลสตาร์ชมันสำปะหลังผสมแซนแทน- กัม (XG) ความเข้มข้นร้อยละ 0.00, 0.25 และ 0.50 ก่อนและหลังการแช่เยือก- แข็งด้วยอัตราการแช่เยือกแข็งแบบช้า แบบปานกลาง และแบบเร็วเมื่อเก็บรักษา ที่ -12 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 0, 7, 31 และ 91 วัน.....	68
11	ค่าแรงต้านการกดสูงสุดของเจลสตาร์ชผสมแซนแทนกัมที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.00, 0.25 และ 0.50 ก่อนการแช่เยือกแข็ง.....	69
12	ค่าแรงต้านการกดสูงสุด (นิวตัน) ของเจลสตาร์ชมันสำปะหลังผสมแซนแทน- กัมความเข้มข้นร้อยละ 0.00, 0.25 และ 0.50 ก่อนและหลังการแช่เยือกแข็งด้วย อัตราการแช่เยือกแข็งแบบช้า แบบปานกลาง และแบบเร็วที่ระยะเวลา 0 วัน.....	72
13	ค่าแรงต้านการกดสูงสุดของเจลสตาร์ชมันสำปะหลังผสมแซนแทนกัมความ เข้มข้นร้อยละ 0.00, 0.25 และ 0.50 ด้วยอัตราการแช่เยือกแข็งแบบช้า แบบ ปานกลาง และแบบเร็วเมื่อเก็บรักษาที่ -18 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 0, 3, 10, 17, 31 และ 91 วัน.....	75
14	ค่าแรงต้านการกดสูงสุดของเจลสตาร์ชมันสำปะหลังผสมแซนแทนกัมความ เข้มข้นร้อยละ 0.00, 0.25 และ 0.50 ด้วยอัตราการแช่เยือกแข็งแบบช้า แบบ ปานกลาง และแบบเร็วเมื่อเก็บรักษาที่ -12 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 0, 3, 10, 17, 31 และ 91 วัน.....	77
15	ผลต่างของค่าแรงต้านการกดสูงสุดของเจลสตาร์ชผสมแซนแทนกัมที่ความ เข้มข้นร้อยละ 0.00, 0.25 และ 0.50 ก่อนและหลังการคืนรูปจากการแช่เยือก- แข็งด้วยอัตราการแช่เยือกแข็งแบบช้า แบบปานกลาง และแบบเร็วเมื่อเก็บรักษา ที่ -18 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 91 วัน.....	79

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
ค1 ค่าร้อยละการแยกของน้ำ (% syneresis) ของเจลสตาร์ชมันสำปะหลังผสมแซนแทนกัมที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.00, 0.25 และ 0.50 ด้วยอัตราการแข่งขันแบบช้า แบบปานกลาง และแบบเร็วเมื่อเก็บรักษาที่ -12 และ -18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 91 วัน.....	111
ค2 ผลต่างของค่าความสว่าง ($L^*-L_0^*$) ของเจลสตาร์ชมันสำปะหลังผสมแซนแทนกัมที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.00, 0.25 และ 0.50 ด้วยอัตราการแข่งขันแบบช้า แบบปานกลาง และแบบเร็วเมื่อเก็บรักษาที่ -12 และ -18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 91 วัน.....	112
ค3 ค่าแรงต้านการกดสูงสุด (นิวตัน) ของเจลสตาร์ชมันสำปะหลังผสมแซนแทนกัมที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.00, 0.25 และ 0.50 ด้วยอัตราการแข่งขันแบบช้า แบบปานกลาง และแบบเร็วเมื่อเก็บรักษาที่ -12 และ -18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 91 วัน.....	113
ง1 ความแปรปรวน (ANOVA) จากการวิเคราะห์ทางสถิติของสมบัติด้านความหนืดของเจลสตาร์ชมันสำปะหลังผสมแซนแทนกัมที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.00, 0.25 และ 0.50.....	115
ง2 ความแปรปรวน (ANOVA) จากการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าร้อยละการแยกของน้ำของเจลสตาร์ชมันสำปะหลังผสมแซนแทนกัมที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.00, 0.25 และ 0.50 ด้วยอัตราการแข่งขันแบบต่าง ๆ เมื่อเก็บรักษาที่ -18 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 0, 3, 10, 17, 31 และ 91 วัน.....	116
ง3 ความแปรปรวน (ANOVA) จากการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าร้อยละการแยกของน้ำของเจลสตาร์ชมันสำปะหลังผสมแซนแทนกัมที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.00, 0.25 และ 0.50 ด้วยอัตราการแข่งขันแบบต่าง ๆ.....	118

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
ง4 ความแปรปรวน (ANOVA) จากการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าร้อยละการแยกของน้ำของเจลสตาร์ชมันสำปะหลังผสมแซนแทนกัมที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.00, 0.25 และ 0.50 ด้วยอัตราการใช้เชื้อแข็งแบบซ้ำ แบบปานกลาง และแบบเร็วเมื่อเก็บรักษาที่ -12 และ -18 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 91 วัน.....	119
ง5 ความแปรปรวน (ANOVA) จากการวิเคราะห์ทางสถิติของผลต่างของค่าความสว่างของสีของเจลสตาร์ชมันสำปะหลังผสมแซนแทนกัมที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.00, 0.25 และ 0.50 ด้วยอัตราการใช้เชื้อแข็งแบบต่าง ๆ เมื่อเก็บรักษาที่ -18 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 0, 3, 10, 17, 31 และ 91 วัน.....	121
ง6 ความแปรปรวน (ANOVA) จากการวิเคราะห์ทางสถิติของผลต่างของค่าความสว่างของสีของเจลสตาร์ชมันสำปะหลังผสมแซนแทนกัมที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.00, 0.25 และ 0.50 ด้วยอัตราการใช้เชื้อแข็งแบบต่าง ๆ เมื่อเก็บรักษาที่ -12 และ -18 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 0, 3, 10, 17, 31 และ 91 วัน.....	123
ง7 ความแปรปรวน (ANOVA) จากการวิเคราะห์ทางสถิติของผลต่างของค่าความสว่างของสีของเจลสตาร์ชมันสำปะหลังผสมแซนแทนกัมที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.00, 0.25 และ 0.50 ด้วยอัตราการใช้เชื้อแข็งแบบต่าง ๆ เมื่อเก็บรักษาที่ -12 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 0, 3, 10, 17, 31 และ 91 วัน.....	124
ง8 ความแปรปรวน (ANOVA) จากการวิเคราะห์ทางสถิติของผลต่างของค่าความสว่างของสีของเจลสตาร์ชมันสำปะหลังผสมแซนแทนกัมที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.00, 0.25 และ 0.50 ด้วยอัตราการใช้เชื้อแข็งแบบต่าง ๆ เมื่อเก็บรักษาที่ -12 และ -18 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 91 วัน.....	126
ง9 ความแปรปรวน (ANOVA) จากการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าแรงด้านการกดสูงสุดและค่าความสว่างของสี (L*) ของเจลสตาร์ชมันสำปะหลังผสมแซนแทนกัมที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.00, 0.25 และ 0.50 ก่อนการใช้เชื้อแข็ง.....	128

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
ง10 ความแปรปรวน (ANOVA) จากการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าแรงด้านการกด สูงสุดของเจลสตาร์ชมันสำปะหลังผสมแซนแทนกัมที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.00, 0.25 และ 0.50 ก่อนและหลังการแช่เยือกแข็งด้วยตัวอัดรายการแช่เยือก- แข็งแบบต่าง ๆ ที่ระยะเวลา 0 วัน.....	129
ง11 ความแปรปรวน (ANOVA) จากการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าแรงด้านการกด สูงสุดของเจลสตาร์ชมันสำปะหลังผสมแซนแทนกัมที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.00, 0.25 และ 0.50 ด้วยตัวอัดรายการแช่เยือกแข็งแบบต่าง ๆ ที่เก็บรักษาที่ -18 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 0, 3, 10, 17, 31 และ 91 วัน.....	130
ง12 ความแปรปรวน (ANOVA) จากการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าแรงด้านการกด สูงสุดของเจลสตาร์ชมันสำปะหลังผสมแซนแทนกัมที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.00, 0.25 และ 0.50 ด้วยตัวอัดรายการแช่เยือกแข็งแบบต่าง ๆ เมื่อเก็บรักษาที่ -12 และ -18 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 0, 3, 10, 17, 31 และ 91 วัน.....	132
ง13 ความแปรปรวน (ANOVA) จากการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าแรงด้านการกด สูงสุดของเจลสตาร์ชมันสำปะหลังผสมแซนแทนกัมที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.00, 0.25 และ 0.50 ด้วยตัวอัดรายการแช่เยือกแข็งแบบต่าง ๆ เมื่อเก็บรักษาที่ -12 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 0, 3, 10, 17, 31 และ 91 วัน.....	133
ง14 ความแปรปรวน (ANOVA) จากการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าแรงด้านการกด สูงสุดของเจลสตาร์ชมันสำปะหลังผสมแซนแทนกัมที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.00, 0.25 และ 0.50 ด้วยตัวอัดรายการแช่เยือกแข็งแบบช้า แบบปานกลาง และ แบบเร็วเมื่อเก็บรักษาที่ -12 และ -18 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 91 วัน.....	136
ง15 ความแปรปรวน (ANOVA) จากการวิเคราะห์ทางสถิติของผลต่างของค่า แรงด้านการกดสูงสุดของเจลสตาร์ชมันสำปะหลังผสมแซนแทนกัมที่ความ เข้มข้นร้อยละ 0.00, 0.25 และ 0.50 ก่อนและหลังการคืนรูปจากการแช่เยือก- แข็งด้วยเครื่องไมโครเวฟ.....	138

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 รูปแบบการจัดเรียงโครงสร้างภายใน cluster (cluster model) ของแอมิโลเพกทิน..	6
2 แบบจำลองการจัดเรียงโครงสร้างแอมิโลสและแอมิโลเพกทินในเม็ดสตาร์ช.....	6
3 รูปกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดและอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง (pasting profile).....	11
4 โครงสร้างของเจลดสตาร์ช.....	13
5 โครงสร้างของเจลดสตาร์ชในระบบที่มีความเข้มข้นของสตาร์ชต่างกัน.....	13
6 โครงสร้างของแซนแทนกัม.....	18
7 การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของแซนแทนกัม.....	18
8 การจัดเรียงโมเลกุลแซนแทนกัมในสภาวะที่มีการให้แรงเฉือน.....	19
9 โครงสร้างการเกิดเจลผสมแบบที่ 1.....	20
10 โครงสร้างการเกิดเจลผสมแบบที่ 2.....	21
11 แผนภาพแสดงขั้นตอนการแช่เยือกแข็ง.....	24
12 แผนภาพสภาวะการเปลี่ยนแปลงในระบบแช่เยือกแข็ง.....	25
13 รูปร่างและลักษณะของเม็ดสตาร์ชมันสำปะหลังที่กำลังขยาย 400 เท่า.....	41
14 ค่าแฟกเตอร์การพองตัวของสตาร์ชมันสำปะหลังที่อุณหภูมิต่าง ๆ.....	42
15 เจลดสตาร์ชมันสำปะหลังก่อนการแช่เยือกแข็ง.....	62
16 เจลดสตาร์ชมันสำปะหลังหลังการคืนรูปจากการแช่เยือกแข็งที่ 30 °ซ เป็นเวลา 2 ชั่วโมงของเจลที่ใช้อัตราการแช่เยือกแข็งแบบช้าเมื่อเก็บรักษาที่ -18 °ซ เป็นเวลา 91 วัน.....	63
17 เจลดสตาร์ชมันสำปะหลังหลังการคืนรูปจากการแช่เยือกแข็งที่ 30 °ซ เป็นเวลา 2 ชั่วโมงของเจลที่ใช้อัตราการแช่เยือกแข็งแบบปานกลางเมื่อเก็บรักษาที่ -18 °ซ เป็นเวลา 91 วัน.....	63
18 เจลดสตาร์ชมันสำปะหลังหลังการคืนรูปจากการแช่เยือกแข็งที่ 30 °ซ เป็นเวลา 2 ชั่วโมงของเจลที่ใช้อัตราการแช่เยือกแข็งแบบเร็วเมื่อเก็บรักษาที่ -18 °ซ เป็นเวลา 91 วัน.....	63

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
ก1 ปริมาณแอมิโลสและค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐาน.....	100
ข1 แผนภาพการแช่เยือกแข็งของเจลสตาร์ชมันสำปะหลังผสมแซนแทนกัมที่ความเข้มข้น 0.00, 0.25 และ 0.50 ด้วยอัตราการแช่เยือกแข็งแบบช้า (0.05 องศาเซลเซียสต่อนาที).....	107
ข2 แผนภาพการแช่เยือกแข็งของเจลสตาร์ชมันสำปะหลังผสมแซนแทนกัมที่ความเข้มข้น 0.00, 0.25 และ 0.50 ด้วยอัตราการแช่เยือกแข็งแบบช้า (0.06 องศาเซลเซียสต่อนาที).....	107
ข3 แผนภาพการแช่เยือกแข็งของเจลสตาร์ชมันสำปะหลังผสมแซนแทนกัมที่ความเข้มข้น 0.00, 0.25 และ 0.50 ด้วยอัตราการแช่เยือกแข็งแบบปานกลาง (0.89 องศาเซลเซียสต่อนาที).....	108
ข4 แผนภาพการแช่เยือกแข็งของเจลสตาร์ชมันสำปะหลังผสมแซนแทนกัมที่ความเข้มข้น 0.00, 0.25 และ 0.50 ด้วยอัตราการแช่เยือกแข็งแบบเร็ว (2.31 องศาเซลเซียสต่อนาที).....	108
ค1 กราฟการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์ความหนืดแบบรวดเร็วของแป้งมันสำปะหลังที่ผสมแซนแทนกัมความเข้มข้นร้อยละ 0.00, 0.25 และ 0.50.....	110