สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญ	ซ
สารบัญตาราง	ฎ
สารบัญภาพ	ณ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	4
บทที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 ปริมาณของเหลือจากกระบวนการผลิตอาหาร	5
2.2 โครงสร้างและองค์ประกอบภายในเม็ดแป้ง	10
2.3 คุณสมบัติที่สำคัญของแป้ง	13
2.4 ฟิล์มจากพอลิเมอร์ธรรมชาติ	16
2.5 วิธีการขึ้นรูปแผ่นฟิล์ม	18
2.6 ชนิดของฟิล์มที่ทำจากวัสดุธรรมชาติ	20
2.7 พลาสติไซเซอร์	21
2.8 การตรวจสอบสมบัติฟิล์ม	25
2.9 โพแทสเซียมซอร์เบท	27
2.10 ปริมาณความชื้น (moisture content) และค่าวอเทอร์แอคติวิตี้ (water activity)	28
2.11 ซอฟชันไอโซเทอม (sorption isotherm)	28
2.12 ซอฟชันไอโซเทอมของฟิล์มจากพอลิเมอร์ธรรมชาติ	32

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง	35
3.1 วัตถุดิบ	35
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์	35
3.3 สารเคมี	36
3.4 วิธีการวิจัย	38
บทที่ 4 ผลการทดลอง และวิจารณ์ผลการทดลอง	46
4.1 การวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีโดยประมาณของแป้งเหลือทิ้ง	46
4.2 ปริมาณของแป้งเหลือทิ้งที่เหมาะสมในการผลิตฟิล์มแป้ง	49
4.3 ชนิดและปริมาณพลาสติไซเซอร์ที่เหมาะสมในการผลิตฟิล์มแป้ง	54
4.4 การผสมกลีเซอรอลและซอร์บิทอลในการผลิตฟิล์มแป้ง	59
4.5 ซอฟชันไอโซเทอมของฟิล์มแป้ง	69
4.6 การเปลี่ยนแปลงของฟิล์มแป้งระหว่างการเก็บรักษา	78
4.7 การนำฟิล์มแป้งที่ผลิตได้มาประยุกต์ใช้โดยการนำมาห่อสตรอเบอรีสด และทำการศึกษาคุณภาพสตรอเบอรีที่เก็บรักษาด้วยฟิล์มแป้ง	82
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ	95
5.1 สรุปผลการทดลอง	95
5.2 ข้อเสนอแนะ	97
เอกสารอ้างอิง	98

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก	111
ภาคผนวก ก ตัวอย่างแป้งเหลือทิ้งและอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตฟิล์มแป้ง	112
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีและจุลินทรีย์ การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชั่นของแป้งเหลือทิ้ง และการตรวจสอบสมบัติทางความร้อน	115
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์สมบัติของฟิล์มแป้ง	122
ภาคผนวก ง การวิเคราะห์คุณภาพของสตรอเบอรี	128
ภาคผนวก จ การวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์	132
ภาคผนวก ฉ วิธีการเตรียมสารละลายเกลืออิ่มตัว และปริมาณความชื้น	134
ภาคผนวก ช ผลการเปลี่ยนแปลงสมบัติของฟิล์มแป้งระหว่างการเก็บรักษา	137
ประวัติผู้เขียน	145

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	องค์ประกอบของของเหลือจากอุตสาหกรรมอาหารประเภทต่างๆ	6
ตารางที่ 2.2	ปริมาณและขนาดโมเลกุลของอะมิโลส อะมิโลเพกทิน และอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนเซชันของแป้งชนิดต่างๆ	12
ตารางที่ 2.3	คุณสมบัติที่สำคัญของอะมิโลสและอะมิโลเพกทิน	13
ตารางที่ 2.4	พลาสติไซเซอร์ที่นิยมใช้สำหรับผลิตฟิล์มที่ทำจากวัสดุธรรมชาติ (โพลีแซคคาร์ไรด์ โปรตีน และไขมัน)	22
ตารางที่ 3.1	เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	35
ตารางที่ 3.2	สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	36
ตารางที่ 3.3	ปริมาณพลาสติไซเซอร์ (ร้อยละโดยน้ำหนักเทียบกับน้ำหนักแห้งของแป้ง) ที่ใช้ผลิตฟิล์ม	40
ตารางที่ 3.4	ปริมาณแป้งเหลือทิ้งร้อยละ 75 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และพลาสติไซ-เซอร์ร้อยละ 40 (โดยน้ำหนักเทียบกับน้ำหนักแห้งของแป้ง) และอัตราส่วนน้ำหนักของกลีเซอรอลต่อซอร์บิทอลที่ใช้ผลิตฟิล์ม	42
ตารางที่ 4.1	ส่วนประกอบทางเคมีของแป้งเหลือทิ้ง	46
ตารางที่ 4.2	ค่าสี (L^*, a^* และ b^*) ค่าความแตกต่างของสีทั้งหมด (ΔE^*) ของฟิล์มแป้งที่มีใช้ปริมาณแป้งเหลือทิ้งร้อยละ 75 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และมีการเติมกลีเซอรอลร้อยละ 30, 40 และ 50 โดยน้ำหนัก (เทียบกับน้ำหนักแห้งของแป้งเหลือทิ้ง)	56
ตารางที่ 4.3	คุณสมบัติของฟิล์มแป้งที่ใช้ปริมาณแป้งเหลือทิ้งร้อยละ 75 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และเติมกลีเซอรอลร้อยละ 30, 40 และ 50 โดยน้ำหนัก (เทียบกับน้ำหนักแห้งของแป้งเหลือทิ้ง)	58

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญตาราง (ต่อ)

		หน้า
ตารางที่ 4.4	ค่าความหนาของฟิล์มแป้งเมื่อผสมกลีเซอรอลและซอร์บิทอลและใช้ปริมาณแป้งเหลือทิ้งร้อยละ 75 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และเติมพลาสติไซเซอร์ปริมาณร้อยละ 40 และ 50 โดยน้ำหนัก (เทียบกับน้ำหนักแห้งของแป้งเหลือทิ้ง)	63
ตารางที่ 4.5	ค่าสี (L^*, a^* และ b^*) และค่าความแตกต่างของสีทั้งหมด (ΔE^*) ของฟิล์มเมื่อผสมกลีเซอรอลและซอร์บิทอลและใช้ปริมาณแป้งเหลือทิ้งร้อยละ 75 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และเติม พลาสติไซเซอร์ปริมาณร้อยละ 40 และ 50 โดยน้ำหนัก (เทียบกับน้ำหนักแห้งของแป้งเหลือทิ้ง)	64
ตารางที่ 4.6	ค่าการละลายน้ำของฟิล์มแป้งเมื่อผสมกลีเซอรอลและซอร์บิทอลและใช้ปริมาณแป้งเหลือทิ้งร้อยละ 75 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และเติมพลาสติไซเซอร์ปริมาณร้อยละ 40 และ 50 โดยน้ำหนัก (เทียบกับน้ำหนักแห้งของแป้งของแป้งเหลือทิ้ง)	65
ตารางที่ 4.7	ค่าความต้านทานแรงดึงและค่าการยืดตัว ณ จุดที่ขาดของฟิล์มแป้งเมื่อผสมกลีเซอรอลและซอร์บิทอลและใช้ปริมาณแป้งเหลือทิ้งร้อยละ 75 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และเติมพลาสติไซเซอร์ ปริมาณร้อยละ 40 และ 50 โดยน้ำหนัก (เทียบกับน้ำหนักแห้งของแป้งเหลือทิ้ง)	67
ตารางที่ 4.8	ค่าอัตราการซึมผ่านไอน้ำของฟิล์มแป้งเมื่อผสมกลีเซอรอลและซอร์บิทอลและใช้ปริมาณแป้งเหลือทิ้งร้อยละ 75 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และเติมพลาสติไซเซอร์ปริมาณร้อยละ 40 และ 50 โดยน้ำหนัก (เทียบกับน้ำหนักแห้งของแป้งเหลือทิ้ง)	68

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญตาราง (ต่อ)

		หน้า
ตารางที่ 4.9	ค่าคงที่ของสมการทางคณิตศาสตร์แบบต่างๆ ของฟิล์มแป้งที่ใช้ปริมาณแป้งเหลือทิ้งร้อยละ 75 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และเติมพลาสติไซเซอร์ปริมาณร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก (เทียบกับน้ำหนักแห้งของแป้งเหลือทิ้ง) และอัตราส่วนน้ำหนักของกลีเซอรอลต่อซอร์บิทอล 2:1 ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 25 และ 45 องศาเซลเซียส	72
ตารางที่ 4.10	ค่าคงที่ของสมการทางคณิตศาสตร์แบบต่างๆ ของฟิล์มแป้งที่ใช้ปริมาณแป้งเหลือทิ้งร้อยละ 75 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และเติมพลาสติไซเซอร์ปริมาณร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก (เทียบกับน้ำหนักแห้งของแป้งเหลือทิ้ง) และอัตราส่วนน้ำหนักของกลีเซอรอลต่อซอร์บิทอล 3:1 ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 25 และ 45 องศาเซลเซียส	74
ตารางที่ 4.11	ค่าคงที่ของสมการทางคณิตศาสตร์แบบต่างๆ ของฟิล์มแป้งที่ใช้ปริมาณแป้งเหลือทิ้งร้อยละ 75 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และเติมพลาสติไซเซอร์ปริมาณร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก (เทียบกับน้ำหนักแห้งของแป้งเหลือทิ้ง) และอัตราส่วนน้ำหนักของกลีเซอรอลต่อซอร์บิทอล 4:1 ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 25 และ 45 องศาเซลเซียส	76
ตารางที่ 4.12	ค่าสี)L^*, a^* และ b^*และ (ค่าความแตกต่างของสีทั้งหมด (ΔE^* (ของฟิล์มแป้งที่ใช้ปริมาณของแป้งเหลือทิ้งร้อยละ 75 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และเติมพลาสติไซเซอร์ปริมาณร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก (เทียบกับน้ำหนักแห้งของแป้งเหลือทิ้ง) และอัตราส่วนน้ำหนักของกลีเซอรอลต่อซอร์บิทอล 2:1 ที่ไม่เติมและเติมโพแทสเซียมซอร์เบท	86

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญตาราง (ต่อ)

		หน้า
ตารางที่ 4.13	คุณสมบัติของฟิล์มแป้งที่ใช้ปริมาณแป้งเหลือทิ้งร้อยละ 75 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และเติมพลาสติไซเซอร์ปริมาณร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก (เทียบกับน้ำหนักแห้งของแป้งเหลือทิ้ง) และอัตราส่วนน้ำหนักของกลีเซอรอลต่อซอร์บิทอล 2:1 ที่ไม่เติมและเติมโพแทสเซียมซอร์เบท	88
ตารางที่ 4.14	ค่าสี)L^*, a^* และ b^* (ของสตรอเบอรีสดที่เก็บรักษาด้วยการไม่ห่อฟิล์ม)controlการห่อ (ฟิล์มอัตราส่วนกลีเซอรอลต่อซอร์บิทอล 2:1) filmsและ (การห่อฟิล์มอัตราส่วนน้ำหนักของกลีเซอรอลต่อซอร์บิทอล 2:1 ที่มีการเติมโพแทสเซียมซอร์เบทร้อยละ 20 โดยน้ำหนักเทียบกับน้ำหนักของสารละลายฟิล์ม) films+ks(	90
ตารางที่ 4.15	ปริมาณสารประกอบฟีนอล ปริมาณสารต้านออกซิเดชัน ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ น้ำหนักที่สูญเสียไป ความแน่นเนื้อ จุลินทรีย์ทั้งหมดของสตรอเบอรีสดที่เก็บรักษาด้วยการไม่ห่อฟิล์ม (control) การห่อฟิล์มอัตราส่วนน้ำหนักกลีเซอรอลต่อซอร์บิทอล 2:1 (films) และการห่อฟิล์มอัตราส่วนน้ำหนักกลีเซอรอลต่อซอร์บิทอล 2:1 ที่เติมโพแทสเซียมซอร์เบท ร้อยละ 20 โดยน้ำหนักเทียบกับน้ำหนักของสารละลายฟิล์ม (films+ks)	92
ตารางที่ ค-1	น้ำหนักของฟิล์มที่เปลี่ยนแปลงที่ได้ทำการบันทึกน้ำหนักทุกๆ 1 ชั่วโมง เป็นเวลา 5 ชั่วโมง	125
ตารางที่ ฉ-1	ปริมาณเกลือและน้ำกลั่นที่ใช้ในการเตรียมสารละลายเกลืออิ่มตัวที่ 25±0.2 องศาเซลเซียส	134

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญตาราง (ต่อ)

		หน้า
ตารางที่ ฉ-2	ปริมาณความชื้นสำหรับหาลักษณะซอฟชันไอโซเทอมของฟิล์มที่อุณหภูมิต่างๆ ของฟิล์มที่ใช้อัตราส่วนกลีเซอรอลต่อซอร์บิทอล 2:1 (โดยน้ำหนักเทียบกับน้ำหนักแห้งของแป้ง)	135
ตารางที่ ฉ-3	ปริมาณความชื้นสำหรับหาลักษณะซอฟชันไอโซเทอมของฟิล์มที่อุณหภูมิต่างๆ ของฟิล์มที่ใช้อัตราส่วนกลีเซอรอลต่อซอร์บิทอล 3:1 (โดยน้ำหนักเทียบกับน้ำหนักแห้งของแป้ง)	135
ตารางที่ ฉ-4	ปริมาณความชื้นสำหรับหาลักษณะซอฟชันไอโซเทอมของฟิล์มที่อุณหภูมิต่างๆ ของฟิล์มที่ใช้อัตราส่วนกลีเซอรอลต่อซอร์บิทอล 4:1 (โดยน้ำหนักเทียบกับน้ำหนักแห้งของแป้ง)	136
ตารางที่ ช-1	การเปลี่ยนแปลงค่า L^* ระหว่างการเก็บรักษาของฟิล์มแป้ง	138
ตารางที่ ช-2	การเปลี่ยนแปลงค่า a^* ระหว่างการเก็บรักษาของฟิล์มแป้ง	139
ตารางที่ ช-3	การเปลี่ยนแปลงค่า b^* ระหว่างการเก็บรักษาของฟิล์มแป้ง	140
ตารางที่ ช-4	การเปลี่ยนแปลงค่าความแตกต่างของสีทั้งหมด (ΔE^*) ระหว่างการเก็บรักษาของฟิล์มแป้ง	141
ตารางที่ ช-5	การเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานแรงดึง (MPa) ระหว่างการเก็บรักษาของฟิล์มแป้ง	142
ตารางที่ ช-6	การเปลี่ยนแปลงค่าการยืดตัว ณ จุดที่ขาด (ร้อยละ) ระหว่างการเก็บรักษาของฟิล์มแป้ง	143
ตารางที่ ช-7	การเปลี่ยนแปลงค่าอัตราการซึมผ่านไอน้ำ ($g \cdot m^{-2} \cdot day^{-1}$) ระหว่างการเก็บรักษาของฟิล์มแป้ง	144

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญภาพ

		หน้า
ภาพที่ 2.1	กระบวนการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวกึ่งแห้งและสด	9
ภาพที่ 2.2	โครงสร้างของอะมิโลส	10
ภาพที่ 2.3	โครงสร้างอะมิโลเพกทิน	11
ภาพที่ 2.4	ปฏิกิริยาไฮโดรเจเนชันน้ำตาลกลูโคสให้เป็นซอร์บิทอล	24
ภาพที่ 2.5	สูตรโครงสร้างของกลีเซอรอล	24
ภาพที่ 2.6	กราฟซอฟชันไอโซเทอมที่ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในอาหารกับค่าวอเทอร์แอคติวิตี้	29
ภาพที่ 2.7	ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในอาหารกับค่าวอเทอร์แอคติวิตี้	30
ภาพที่ 2.8	ประเภทของกราฟซอฟชันไอโซเทอม	32
ภาพที่ 4.1	FTIR spectra ของแป้งข้าวและแป้งเหลือทิ้ง	48
ภาพที่ 4.2	ฟิล์มแป้งที่ได้จากแป้งปริมาณร้อยละ 45 (ก), ร้อยละ 50 (ข), ร้อยละ 55 (ค), ร้อยละ 60 (ง), ร้อยละ 65 (จ), ร้อยละ 70 (ฉ), ร้อยละ 75 (ช) และร้อยละ 80 (ซ) (น้ำหนักต่อปริมาตร) ตามลำดับ	49
ภาพที่ 4.3	ความหนาของฟิล์มแป้งที่แต่ละระดับของปริมาณแป้งเหลือทิ้งที่ใช้ผลิตฟิล์ม	50
ภาพที่ 4.4	ค่า L^* ของฟิล์มแป้งที่แต่ละระดับของปริมาณแป้งเหลือทิ้งที่ใช้ผลิตฟิล์ม	52
ภาพที่ 4.5	ค่า a^* ของฟิล์มแป้งที่แต่ละระดับของปริมาณแป้งเหลือทิ้งที่ใช้ผลิตฟิล์ม	52
ภาพที่ 4.6	ค่า b^* ของฟิล์มแป้งที่แต่ละระดับของปริมาณแป้งเหลือทิ้งที่ใช้ผลิตฟิล์ม	53
ภาพที่ 4.7	ค่าความแตกต่างของสีทั้งหมด (ΔE^*) ของฟิล์มแป้งที่แต่ละระดับของปริมาณแป้งเหลือทิ้งที่ใช้ผลิตฟิล์ม	53
ภาพที่ 4.8	ฟิล์มแป้งที่ใช้ปริมาณแป้งเหลือทิ้งร้อยละ 75 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และเติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 (ก), 20 (ข), 30 (ค), 40 (ง) และ 50 (จ) โดยน้ำหนัก (เทียบกับน้ำหนักแห้งของแป้งเหลือทิ้ง) ตามลำดับ และเติมซอร์บิทอลร้อยละ 10 (ฉ), 20 (ช), 30 (ซ), 40 (ฌ) และ 50 (ญ) โดยน้ำหนัก (เทียบกับน้ำหนักแห้งของแป้งเหลือทิ้ง) ตามลำดับ	55

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญภาพ (ต่อ)

		หน้า
ภาพที่ 4.9	ฟิล์มแป้งที่ใช้ปริมาณแป้งเหลือทิ้งร้อยละ 75 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และเติมพลาสติไซเซอร์ร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก (เทียบกับน้ำหนักแห้งของแป้งเหลือทิ้ง) โดยใช้อัตราส่วนน้ำหนักกลีเซอรอลต่อซอร์บิทอล 1:1 (ก), 2:1 (ข), 3:1 (ค) และ 4:1 (ง) ตามลำดับ	60
ภาพที่ 4.10	ฟิล์มแป้งที่ใช้ปริมาณแป้งเหลือทิ้งร้อยละ 75 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และเติมพลาสติไซเซอร์ร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก (เทียบกับน้ำหนักแห้งของแป้งเหลือทิ้ง) โดยใช้อัตราส่วนน้ำหนักกลีเซอรอลต่อซอร์บิทอล 1:1 (ก), 2:1 (ข), 3:1 (ค) และ 4:1 (ง) ตามลำดับ	61
ภาพที่ 4.11	ฟิล์มแป้งที่ใช้ปริมาณแป้งเหลือทิ้งร้อยละ 75 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และเติมพลาสติไซเซอร์ร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก (เทียบกับน้ำหนักแห้งของแป้งเหลือทิ้ง) โดยใช้อัตราส่วนน้ำหนักกลีเซอรอลต่อซอร์บิทอล 1:1 (ก), 2:1 (ข), 3:1 (ค) และ 4:1 (ง) ตามลำดับ	62
ภาพที่ 4.12	ปริมาณความชื้นสมดุลของฟิล์มแป้งที่ใช้ปริมาณแป้งเหลือทิ้งร้อยละ 75 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และเติมพลาสติไซเซอร์ปริมาณร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก (เทียบกับน้ำหนักแห้งของแป้งเหลือทิ้ง) และอัตราส่วนน้ำหนักกลีเซอรอลต่อซอร์บิทอล 2:1, 3:1 และ 4:1 ที่สภาวะอุณหภูมิ 5, 25 และ 45 องศาเซลเซียส และค่าวอเทอร์แอคติวิตี้ (a_w) 0.11, 0.23, 0.32, 0.44, 0.58, 0.75, 0.84 และ 0.90 ตามลำดับ	71
ภาพที่ 4.13	ค่า L^* ของฟิล์มแป้งที่ใช้ปริมาณแป้งเหลือทิ้งร้อยละ 75 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และเติมพลาสติไซเซอร์ปริมาณร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก (เทียบกับน้ำหนักแห้งของแป้งเหลือทิ้ง) และอัตราส่วนน้ำหนักของกลีเซอรอลต่อซอร์บิทอล 2:1, 3:1 และ 4:1 ที่สภาวะอุณหภูมิการเก็บรักษา 5, 25 และ 45 องศาเซลเซียส	79

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญภาพ (ต่อ)

		หน้า
ภาพที่ 4.14	ค่า a^* ของฟิล์มแป้งที่ใช้ปริมาณแป้งเหลือทิ้งร้อยละ 75 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และเติมพลาสติไซเซอร์ปริมาณร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก (เทียบกับน้ำหนักแห้งของแป้งเหลือทิ้ง) และอัตราส่วนน้ำหนักของกลีเซอรอลต่อซอร์บิทอล 2:1, 3:1 และ 4:1 ที่สภาวะอุณหภูมิการเก็บรักษา 5, 25 และ 45 องศาเซลเซียส	80
ภาพที่ 4.15	ค่า b^* ของฟิล์มแป้งที่ใช้ปริมาณแป้งเหลือทิ้งร้อยละ 75 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และเติมพลาสติไซเซอร์ ปริมาณร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก (เทียบกับน้ำหนักแห้งของแป้งเหลือทิ้ง) และอัตราส่วนน้ำหนักของกลีเซอรอลต่อซอร์บิทอล 2:1, 3:1 และ 4:1 ที่สภาวะอุณหภูมิการเก็บรักษา 5, 25 และ 45 องศาเซลเซียส	81
ภาพที่ 4.16	ค่าความแตกต่างของสีทั้งหมด (ΔE^*) ของฟิล์มแป้งที่ใช้ปริมาณของแป้งเหลือทิ้งร้อยละ 75 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และเติมพลาสติไซเซอร์ปริมาณร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก (เทียบกับน้ำหนักแห้งของแป้งเหลือทิ้ง) และอัตราส่วนน้ำหนักของกลีเซอ รอลต่อซอร์บิทอล 2:1, 3:1 และ 4:1 ที่สภาวะอุณหภูมิการเก็บรักษา 5, 25 และ 45 องศาเซลเซียส	81
ภาพที่ 4.17	ค่าอัตราการซึมผ่านไอน้ำ (water vapor transition rate, WVTR) ของฟิล์มแป้งที่ใช้ปริมาณแป้งเหลือทิ้งร้อยละ 75 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และเติมพลาสติไซเซอร์ ปริมาณร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก (เทียบกับน้ำหนักแห้งของแป้งเหลือทิ้ง) และอัตราส่วนน้ำหนักของกลีเซอรอลต่อซอร์บิทอล 2:1, 3:1 และ 4:1 ที่สภาวะอุณหภูมิการเก็บรักษา 5, 25 และ 45 องศาเซลเซียส	82

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญภาพ (ต่อ)

		หน้า
ภาพที่ 4.18	ค่าความต้านทานแรงดึง (tensile strength) ของฟิล์มแป้งที่ใช้ปริมาณแป้งเหลือทิ้งร้อยละ 75 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และเติมพลาสติไซเซอร์ปริมาณร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก (เทียบกับน้ำหนักแห้งของแป้งเหลือทิ้ง) และอัตราส่วนน้ำหนักของกลีเซอ รอลต่อซอร์บิทอล 2:1, 3:1 และ 4:1 ที่สภาวะอุณหภูมิการเก็บรักษา 5, 25 และ 45 องศาเซลเซียส	83
ภาพที่ 4.19	ค่าการยืดตัว ณ จุดที่ขาด (ร้อยละ) (elongation at break) ของฟิล์มแป้งที่ใช้ปริมาณแป้งเหลือทิ้งร้อยละ 75 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และเติมพลาสติไซเซอร์ปริมาณร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก (เทียบกับน้ำหนักแห้งของแป้งเหลือทิ้ง) และอัตราส่วนน้ำหนักของกลีเซอรอลต่อซอร์บิทอล 2:1, 3:1 และ 4:1 ที่สภาวะอุณหภูมิการเก็บรักษา 5, 25 และ 45 องศาเซลเซียส	84
ภาพที่ 4.20	การประยุกต์ใช้ฟิล์มจากแป้งเหลือทิ้งโดยการนำมาห่อสตรอเบอรีสด เพื่อศึกษาคุณภาพของสตรอเบอรีสดระหว่างการเก็บรักษาเมื่อห่อด้วยฟิล์มแป้งที่ผลิตได้ โดยเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90 เป็นระยะเวลา 9 วัน	89
ภาพที่ ก-1	ตัวอย่างแป้งเหลือทิ้งจากขั้นตอนการนึ่งในกระบวนการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว	112
ภาพที่ ก-2	ตัวอย่างน้ำแป้งที่เตรียมสำหรับทำฟิล์มแป้ง	112
ภาพที่ ก-3	การต้มน้ำแป้งสำหรับการทำฟิล์มแป้ง	113
ภาพที่ ก-4	กราฟ DSC แสดงอุณหภูมิการเกิดเจลาติไนซ์ของแป้งข้าว	114
ภาพที่ ก-5	กราฟ DSC ของแป้งเหลือทิ้ง	114
ภาพที่ ข-1	กราฟมาตรฐานระหว่างปริมาณอะมิโลส (กรัม/แป้งข้าว 100 กรัม) กับค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร	120

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญภาพ (ต่อ)

		หน้า
ภาพที่ ค-1	กราฟความสัมพันธ์ของน้ำหนักของฟิล์มที่เปลี่ยนแปลง (กรัม) ต่อเวลา (วัน, day)	125
ภาพที่ ง-1	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นสารละลายกรดแกลลิกมาตรฐาน	129
ภาพที่ ง-2	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นสารละลาย Torlox มาตรฐาน	130

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved