สารบาญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบาญตาราง	ช
สารบาญภาพ	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 เอกสารและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	34
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	42
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	71
เอกสารอ้างอิง	73
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก รูปภาพ	76
ภาคผนวก ข วิธีวิเคราะห์ทางกายภาพและทางเคมี	79
ภาคผนวก ค แรงในการทดสอบและการหาแบบจำลองที่เหมาะสม	85
ภาคผนวก ง ผลการวิเคราะห์มะม่วงกวน 5 สายพันธุ์	91
ภาคผนวก จ รายงานข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยา	99
ประวัติผู้เขียน	103

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ลักษณะทางกายภาพของมะม่วงแก้ว ตลับนาก พิมเสนมัน ฟ้าลั่น และแรด	6
2.2	คุณค่าทางอาหารของมะม่วงดิบและมะม่วงสุกจากส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม	7
4.1	ค่าสี L a และ b ของมะม่วงสุก 5 สายพันธุ์	42
4.2	ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของมะม่วงสุก 5 สายพันธุ์	43
4.3	แสดงค่าสี L a b ของมะม่วงกวน 5 สายพันธุ์ที่มีเพกตินร้อยละ 1 2 3 โดยน้ำหนัก และชุดควบคุม	45
4.4	แสดงค่าการวิเคราะห์ทางเคมีของมะม่วงกวนทั้ง 5 สายพันธุ์ที่มีเพกตินร้อยละ 1 2 3 โดยน้ำหนัก และชุดควบคุม	47
4.5	แสดงค่าตัวแปรต่างๆ ในแบบจำลอง 6 องค์ประกอบของมะม่วงแก้วกวนที่มีปริมาณเพกตินร้อยละ 1 2 3 โดยน้ำหนัก และชุดควบคุม	56
4.6	ความสัมพันธ์ของปริมาณเพกตินและค่าตัวแปรทางวิสโคอิลาสติกของมะม่วงแก้วกวน	57
4.7	แสดงค่าตัวแปรต่างๆ ในแบบจำลอง 6 องค์ประกอบของมะม่วงตลับนากกวนที่มีปริมาณเพกตินร้อยละ 1 2 3 โดยน้ำหนัก และชุดควบคุม	59
4.8	ความสัมพันธ์ของปริมาณเพกตินและค่าตัวแปรทางวิสโคอิลาสติกมะม่วงตลับนากกวน	60
4.9	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเพกตินกับค่าอิลาสติกโมดูลัส (E_0) และค่าการเปลี่ยนรูปอย่างถาวร (J_{PD}) ของมะม่วงกวนทั้ง 5 สายพันธุ์	64
4.10	แสดงค่าตัวแปรทางวิสโคอิลาสติกของเจลเพกติน	66
4.11	ความสัมพันธ์ของปริมาณเพกตินและค่าตัวแปรทางวิสโคอิลาสติกเจลเพกติน	66
4.12	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้น (MC) กับค่าตัวแปรทางวิสโคอิลาสติก	68

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ **หน้า**

ง.1	แสดงค่าตัวแปรต่างๆ ในแบบจำลอง 6 องค์ประกอบของมะม่วงพิมเสนมันกวนที่มีปริมาณเพกตินร้อยละ 1 2 3 โดยน้ำหนัก และชุดควบคุม	94
ง.2	ความสัมพันธ์ของปริมาณเพกตินและค่าตัวแปรทางวิสโคอิลาสติกมะม่วงพิมเสนมันกวน	95
ง.3	แสดงค่าตัวแปรต่างๆ ในแบบจำลอง 6 องค์ประกอบของมะม่วงฟ้าลั่นกวนที่มีปริมาณเพกตินร้อยละ 1 2 3 โดยน้ำหนัก และชุดควบคุม	96
ง.4	ความสัมพันธ์ของปริมาณเพกตินและค่าตัวแปรทางวิสโคอิลาสติกมะม่วงฟ้าลั่นกวน	96
ง.5	แสดงค่าตัวแปรต่างๆ ในแบบจำลอง 6 องค์ประกอบของมะม่วงแรดกวนที่มีปริมาณเพกตินร้อยละ 1 2 3 โดยน้ำหนัก และชุดควบคุม	97
ง.6	ความสัมพันธ์ของปริมาณเพกตินและค่าตัวแปรทางวิสโคอิลาสติกมะม่วงแรดกวน	98

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	แสดงลักษณะเจลที่เป็นร่างแหซึ่งบริเวณที่เกิดการจับกันคือจังก์ชันโซน	11
2.2	โครงสร้างของจังก์ชันโซนในเจลของเพกตินชนิด HM	13
2.3	โมดูลัสของแรงต่างๆ ที่กระทำกับตัวอย่าง	15
2.4	กราฟ creep และการคืนรูป (recovery)	18
2.5	แบบจำลองแมกซ์เวลล์ (Maxwell model)	19
2.6	ผลการตอบสนองของแบบจำลองแมกซ์เวลล์เมื่อให้ความเค้นคงที่	20
2.7	แสดงปรากฏการณ์ creep และการคืนรูป (recovery) ของแบบจำลองแมกซ์เวลล์	20
2.8	แบบจำลองเคลวิน - โวค (Kelvin – Voigt model)	21
2.9	ผลการตอบสนองของแบบจำลองเคลวินเมื่อให้ความเค้นคงที่	22
2.10	แสดงปรากฏการณ์ creep และการคืนรูป (recovery) ของแบบจำลองเคลวิน	23
2.11	แบบจำลอง 4 องค์ประกอบ (Four element Burger model)	23
2.12	กราฟ creep ที่แสดงองค์ประกอบของแบบจำลอง 4 องค์ประกอบซึ่งอธิบายพฤติกรรมการไหลและการยืดหยุ่น	24
2.13	กราฟ creep compliance และการคืนรูป (recovery) ของแบบจำลอง 4 องค์ประกอบ	25
2.14	แบบจำลอง 6 องค์ประกอบ (Six - element model)	26
2.15	ผลการตอบสนอง creep ซึ่งแสดงความสัมพันธ์กับองค์ประกอบของแบบจำลอง 6 องค์ประกอบ	27
2.16	แบบจำลอง 3 องค์ประกอบสำหรับโค	29
2.17	กราฟ creep-compliance ที่มีส่วนต่างๆ แตกต่างกัน	32
3.1	กระบวนการเตรียมผลิตภัณฑ์มะม่วงกวน	37

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ **หน้า**

4.1	ลักษณะกราฟ creep ของมะม่วงกวน	50
4.2	การเปรียบเทียบกราฟ creep จากการทดลองและแบบจำลอง 6 องค์ประกอบ	51
4.3	กราฟ creep ของตัวอย่างมะม่วงกวนที่แสดงความสัมพันธ์กับองค์ประกอบของแบบจำลอง 6 องค์ประกอบ	52
4.4	กราฟแสดงการคืนรูปของมะม่วงกวน	54
4.5	กราฟผลการตอบสนอง creep compliance ของมะม่วงแก้วกวนที่มีปริมาณเพกตินร้อยละ 1 2 3 โดยน้ำหนักและชุดควบคุม	55
4.6	กราฟผลการตอบสนอง creep compliance ของมะม่วงตลับนากกวนที่มีปริมาณเพกตินร้อยละ 1 2 3 โดยน้ำหนักและชุดควบคุม	59
4.7	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเพกตินกับค่าโมดูลัสอิลาสติก (E_0)	62
4.8	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเพกตินกับค่าการเปลี่ยนรูปอย่างถาวร (J_{PD})	63
4.9	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโมดูลัสอิลาสติก (E_0) และค่าการเปลี่ยนรูปอย่างถาวร (J_{PD})	65
4.10	ผลการทดสอบ Creep ของเจลเพกติน	65
ก.1	เนื้อมะม่วงที่ปั่นของมะม่วงแก้ว ตลับนาก พิมเสนมัน ฟ้าลั่น และแรด	77
ก.2	เพกตินชนิด rapid set ที่ใช้ในการทดลอง	77
ก.3	พิมพ์ที่ใช้ในการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์มะม่วงกวน	78
ก.4	ผลิตภัณฑ์มะม่วงกวนที่ขึ้นรูปแล้ว	78
ค.1	กราฟแสดงแรงที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความเครียดของมะม่วงกวน	86
ค.2	กราฟแสดงจุดตัด y_1 และการหาค่า J_0	87
ค.3	กราฟแสดงจุดตัด y_2 และการหาค่า J_1	87
ค.4	การเปรียบเทียบกราฟ creep จากการทดลองและแบบจำลองแมกซ์เวลล์	88
ค.5	การเปรียบเทียบกราฟ creep จากการทดลองและแบบจำลองเคลวิน	89
ค.6	การเปรียบเทียบกราฟ creep จากการทดลองและแบบจำลอง 4 องค์ประกอบ	89
ค.7	กราฟแสดงการหาค่าของ J_0 J_1 และ J_2	90
ง.1	กราฟแสดงพฤติกรรม creep ของมะม่วงแก้วกวนชุดควบคุม เติมเพกตินร้อยละ 1 2 และ 3 โดยน้ำหนัก	92
ง.2	กราฟแสดงพฤติกรรม creep ของมะม่วงตลับนากกวนชุดควบคุม เติมเพกตินร้อยละ 1 2 และ 3 โดยน้ำหนัก	93

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ **หน้า**

ง.3 กราฟแสดงพฤติกรรม creep ของมะม่วงพิมเสนมันกวนชุดควบคุม เติมเพกติน ร้อยละ 1 2 และ 3 โดยน้ำหนัก 94

ง.4 กราฟแสดงพฤติกรรม creep ของมะม่วงฟ้าลั่นกวนชุดควบคุม เติมเพกติน ร้อยละ 1 2 และ 3 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ 95

ง.5 กราฟแสดงพฤติกรรม creep ของมะม่วงแรดกวนชุดควบคุม เติมเพกตินร้อยละ 1 2 และ 3 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ 97

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved