

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญตาราง	ฎ
สารบัญรูป	ฏ
สารบัญตารางภาคผนวก	ฐ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของการศึกษา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	3
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.4 ขอบเขตการศึกษา	3
บทที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 น้ำผึ้ง (honey)	5
2.1.1 ส่วนประกอบทางเคมีและปริมาณสารอาหารในน้ำผึ้ง	5
2.1.2 ปัญหาการตกผลึกของน้ำผึ้ง	8
2.1.3 ผลึกกัมมันต์จากน้ำผึ้ง	9
2.2 การแปรรูปอาหารผง	11
2.2.1 การอบแห้งแบบพ่นฝอย (spray drying)	11
2.2.2 ข้อดีข้อเสียของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย	13
2.3 ปัญหาระหว่างการอบแห้งแบบพ่นฝอย	14
2.3.1 การอบแห้งอาหารที่มีน้ำตาลสูง	14
2.3.1.1 ลักษณะทางกายภาพของน้ำตาลและผลต่อการอบแห้ง	15
2.3.1.2 Glass transition	15
2.3.1.3 ผลของอุณหภูมิ glass transition และพฤติกรรมการเหนียว	16
ต่อกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอย	

	หน้า
2.4 สมบัติสำคัญของอาหารผง	19
2.4.1 ค่าวอเตอร์แอกทีวิตี	19
2.4.2 Moisture Sorption Isotherm	20
2.4.3 ความสามารถในการไหล	24
2.4.4 ความสามารถในการละลาย	26
2.4.5 ความหนาแน่น	27
2.4.5.1 ความหนาแน่นของอนุภาค	27
2.4.5.2 ความหนาแน่นของผง	28
2.5 สารลดความเหนียว	29
2.5.1 มอลโทเดกซ์ทริน	30
2.6.2 โพรตีนนม	32
2.5.3 สตาร์ชและสตาร์ชดัดแปร	34
บทที่ 3 อุปกรณ์ สารเคมีและวิธีการทดลอง	36
3.1 อุปกรณ์	36
3.2 สารเคมี	36
3.3 วิธีการทดลอง	37
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	41
4.1 การเตรียมตัวอย่างน้ำผึ้งผงด้วยวิธีอบแห้งแบบพ่นฝอย	41
4.2 สมบัติทางเคมีของน้ำผึ้ง	42
4.3 สมบัติทางกายภาพของน้ำผึ้งผง	45
4.4 การยอมรับทางประสาทสัมผัส	55
4.5 ประสิทธิภาพการอบแห้งและปริมาณผลผลิต	59
4.6 ลักษณะ Sorption isotherm	62
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา	64
5.1 สรุปผลการทดลอง	64
5.2 ข้อเสนอแนะ	65

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	66
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก การคำนวณ	74
ภาคผนวก ข ตารางผลการวิเคราะห์ทางสถิติ	80
ภาคผนวก ค แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส	93
ประวัติผู้เขียน	95



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ส่วนประกอบและสมบัติทางเคมีของน้ำผึ้ง	7
2.2 การจัดเกรดของน้ำผึ้งตามปริมาณของแข็งและความชื้น	7
2.3 ค่า T_g ของคาร์โบไฮเดรตชนิดต่างๆ	31
4.1 ค่า a_w ของน้ำผึ้งจากการอบแห้งแบบพ่นฝอย ที่ใช้สารลดความเหนียวชนิดต่างๆ	44
4.2 ค่า L^* ของตัวอย่างน้ำผึ้งผงที่ผสมสารลดความเหนียวทั้ง 4 ชนิด	47
4.3 ค่า C^* ของตัวอย่างน้ำผึ้งผงที่ผสมสารลดความเหนียวทั้ง 4 ชนิด	48
4.4 ค่า h^o ของตัวอย่างน้ำผึ้งผงที่ผสมสารลดความเหนียวทั้ง 4 ชนิด	49
4.5 ความหนาแน่นรวมของตัวอย่างน้ำผึ้งผง	53
4.6 ความหนาแน่นของอนุภาคตัวอย่างน้ำผึ้งผง	54
4.7 คะแนนความชอบด้านสี	55
4.8 คะแนนความชอบด้านกลิ่น	56
4.9 คะแนนความชอบด้านรสหวาน	57
4.10 คะแนนความชอบด้านความเป็นเนื้อเดียว	58
4.11 คะแนนความชอบโดยรวม	58
4.12 ค่า Overall thermal efficiency ในการผลิตน้ำผึ้งผง	60
4.13 ค่า Evaporative efficiency ในการผลิตน้ำผึ้งผง	60
4.14 ค่าปริมาณผลผลิต (%yield) ในการผลิตน้ำผึ้งผง	61

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของ amorphous glass จาก rubbery จนกระทั่งเกิดเป็นผลึก	16
2.2 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของหยดอนุภาคระหว่างกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอย	18
2.3 ลักษณะ desorption และ adsorption isotherms ของอาหาร	22
2.4 Adsorption isotherms ของสารประเภท hygroscopic product และ nonhygroscopic product	22
2.5 อัตราเร็วของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในอาหารและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ผันแปรตามค่า a_w ที่อุณหภูมิ 20°C	23
2.6 การวัด Static angle of repose	25
2.7 การวัด Dynamic angle of repose	26
2.8 พงที่ประกอบด้วย open และ close pores	27
2.9 การวิเคราะห์ความหนาแน่นของอนุภาค โดยวิธี liquid pycnometry	28
2.10 การวิเคราะห์ความหนาแน่นของผงด้วย Hokusawa powder tester	29
4.1 การเหนียวของน้ำผึ้งที่ผ่านการอบแห้งด้วยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอย	41
4.2 ปริมาณความชื้นของตัวอย่างน้ำผึ้งที่ผสมสารลดความเหนียว 4 ชนิด	43
4.3 อุณหภูมิ glass transition ของตัวอย่างน้ำผึ้งที่ปริมาณความชื้นต่างๆ	46
4.4 ความสามารถในการละลายของน้ำผึ้งที่ผสมสารลดความเหนียวทั้ง 4 ชนิด	50
4.5 แสดงความสามารถในการไหลของตัวอย่างน้ำผึ้งที่ผสมสารลดความเหนียว 4 ชนิด	52
4.6 ลักษณะ sorption isotherm ของน้ำผึ้งผสมมอลโทเดกซ์ทรินและนมผง	63
4.7 ประเภทของ adsorption isotherm ของอาหาร	63

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางที่	หน้า
ข-1 ค่าความชื้น	81
ข-2 ค่า T_g	81
ข-3 ค่าความสามารถในการละลาย	82
ข-4 ค่าความสามารถในการไหล	82
ข-5 ค่าความชื้นและ a_w ของน้ำผึ้งผสมนมผงและมอลโทเดกซ์ทริน	83
ข-6 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความชื้นของตัวอย่างน้ำผึ้งผสมนมผง ที่ระดับปริมาณสาร 50, 55 และ 60%	83
ข-7 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความชื้นของตัวอย่างน้ำผึ้งผสมมอลโทเดกซ์ทริน ที่ระดับปริมาณสาร 50, 55 และ 60%	83
ข-8 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความชื้นของตัวอย่างน้ำผึ้งผสมสตาร์ชมันสำปะหลัง ที่ระดับปริมาณสาร 50, 55 และ 60%	84
ข-9 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความชื้นของตัวอย่างน้ำผึ้งผสมสตาร์ชมันสำปะหลังคัดแปร ที่ระดับปริมาณสาร 50, 55 และ 60%	84
ข-10 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความชื้นของตัวอย่างน้ำผึ้งที่ผสมสารลดความเหนียว ทั้ง 4 ชนิดที่ระดับปริมาณสาร 50%	84
ข-11 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความชื้นของตัวอย่างน้ำผึ้งที่ผสมสารลดความเหนียว ทั้ง 4 ชนิดที่ระดับปริมาณสาร 55%	85
ข-12 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความชื้นของตัวอย่างน้ำผึ้งที่ผสมสารลดความเหนียว ทั้ง 4 ชนิดที่ระดับปริมาณสาร 60%	85
ข-13 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย T_g ของตัวอย่างน้ำผึ้งผสมนมผง ที่ระดับปริมาณสาร 50, 55 และ 60%	85
ข-14 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย T_g ของตัวอย่างน้ำผึ้งผสมมอลโทเดกซ์ทริน ที่ระดับปริมาณสาร 50, 55 และ 60%	86
ข-15 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย T_g ของตัวอย่างน้ำผึ้งผสมสตาร์ชมันสำปะหลัง ที่ระดับปริมาณสาร 50, 55 และ 60%	86

	หน้า
ข-16 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย T_g ของตัวอย่างน้ำผึ้งผสมสตาร์ชมันสำปะหลังคัดแปร ที่ระดับปริมาณสาร 50, 55 และ 60%	86
ข-17 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย T_g ของตัวอย่างน้ำผึ้งที่ผสมสารลดความเหนียว ทั้ง 4 ชนิดที่ระดับปริมาณสาร 50%	87
ข-18 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย T_g ของตัวอย่างน้ำผึ้งที่ผสมสารลดความเหนียว ทั้ง 4 ชนิดที่ระดับปริมาณสาร 55%	87
ข-19 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย T_g ของตัวอย่างน้ำผึ้งที่ผสมสารลดความเหนียว ทั้ง 4 ชนิดที่ระดับปริมาณสาร 60%	87
ข-20 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถในการละลายของตัวอย่างน้ำผึ้งผสมนมผง ที่ระดับปริมาณสาร 50, 55 และ 60%	88
ข-21 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถในการละลายของตัวอย่างน้ำผึ้ง ผสมมอลโทเดกซ์ทรินที่ระดับปริมาณสาร 50, 55 และ 60%	88
ข-22 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถในการละลายของตัวอย่างน้ำผึ้ง ผสมสตาร์ชมันสำปะหลังที่ระดับปริมาณสาร 50, 55 และ 60%	88
ข-23 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถในการละลายของตัวอย่างน้ำผึ้ง ผสมสตาร์ชมันสำปะหลังคัดแปรที่ระดับปริมาณสาร 50, 55 และ 60%	89
ข-24 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถในการละลายของตัวอย่างน้ำผึ้ง ที่ผสมสารลดความเหนียวทั้ง 4 ชนิดที่ระดับปริมาณสาร 50%	89
ข-25 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถในการละลายของตัวอย่างน้ำผึ้ง ที่ผสมสารลดความเหนียวทั้ง 4 ชนิดที่ระดับปริมาณสาร 55%	89
ข-26 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถในการละลายของตัวอย่างน้ำผึ้ง ที่ผสมสารลดความเหนียวทั้ง 4 ชนิดที่ระดับปริมาณสาร 60%	90
ข-27 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถในการไหลของตัวอย่างน้ำผึ้ง ผสมนมผงที่ระดับปริมาณสาร 50, 55 และ 60%	90
ข-28 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถในการไหลของตัวอย่างน้ำผึ้ง ผสมมอลโทเดกซ์ทรินที่ระดับปริมาณสาร 50, 55 และ 60%	90
ข-29 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถในการไหลของตัวอย่างน้ำผึ้ง ผสมสตาร์ชมันสำปะหลังที่ระดับปริมาณสาร 50, 55 และ 60%	91

	หน้า
ข-30 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถในการไหลของตัวอย่างน้ำผึ้งผสมสตาร์ชมันสำปะหลังตัดแปรที่ระดับปริมาตร 50, 55 และ 60%	91
ข-31 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถในการไหลของตัวอย่างน้ำผึ้งที่ผสมสารลดความเหนียวทั้ง 4 ชนิดที่ระดับปริมาตร 50%	91
ข-32 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถในการไหลของตัวอย่างน้ำผึ้งที่ผสมสารลดความเหนียวทั้ง 4 ชนิดที่ระดับปริมาตร 55%	92
ข-33 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถในการไหลของตัวอย่างน้ำผึ้งที่ผสมสารลดความเหนียวทั้ง 4 ชนิดที่ระดับปริมาตร 60%	92