สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
บทที่ 1 บทนำ	**1**
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	4
1.3 ขอบเขต	4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	**6**
2.1 การออกแบบทางวิศวกรรม	6
2.2 กระบวนการทอด (Frying)	7
2.3 ทฤษฎีการทอดขนมโดนัทยีสต์	10
2.4 ส่วนผสมแป้งโดนัทยีสต์	11
2.5 อุปกรณ์ PLC (Programmable logic controller)	12
2.6 ภาษาที่ใช้ในการเขียน PLC (ภาษาในการเขียนโปรแกรม ตามมาตรฐาน IEC 1131-3	14
2.7 องค์ประกอบของโปรแกรม FBD (Function block diagram)	15
2.8 สแตนเลส (Stainless steels)	15
2.9 หม้อแปลงไฟฟ้า	17
2.10 แมกเนติกคอนแทกเตอร์ (Magnetic contactor)	18
2.11 มอเตอร์ (Motor)	20
2.12 ทฤษฎีเกี่ยวกับฮีตเตอร์ (Heater)	21
2.13 ทฤษฎีเกี่ยวกับเทอร์โมคัปเปิ้ล (Thermocouple)	23
2.14 สรุป	24
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	**25**
3.1 แผนการดำเนินงาน	25
3.2 ขั้นตอนการออกแบบและสร้างเครื่องทอดขนมโดนัทควบคุมการทำงานด้วยอุปกรณ์ PLC	26
3.3 อุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องจักร PLC	38

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์	39
4.1 วิธีการทดลอง	40
4.2 ผลการทดลอง	53
4.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง	53
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	**54**
5.1 สรุป	54
5.2 อภิปรายผล	55
5.3 ข้อเสนอแนะ	56
บรรณานุกรม	57
ภาคผนวก ก	59
ภาคผนวก ข	66
ภาคผนวก ค	73
ภาคผนวก ง	79

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	กลุ่มการใช้งานคุณสมบัติของสแตนเลส (Stainless steel)	16
3.1	แผนการดำเนินโครงการ	25
4.1	ทดลองหาเวลาที่เหมาะสมที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส	40
4.2	ทดลองหาเวลาทอดที่เหมาะสมที่อุณหภูมิ 165 องศา	41
4.3	ทดลองหาเวลาทอดที่เหมาะสมที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส	42
4.4	ทดลองหาเวลาทอดที่เหมาะสมที่อุณหภูมิ 175 องศาเซลเซียส	43
4.5	ทดลองหาเวลาทอดที่เหมาะสมที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส	44
4.6	ทดสอบที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ตั้งเวลาทอดที่ 24 วินาที	47
4.7	ทดสอบที่อุณหภูมิ 165 องศาเซลเซียส ตั้งเวลาทอดที่ 22 วินาที	48
4.8	ทดสอบที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส ตั้งเวลาทอดที่ 20 วินาที	49
4.9	ทดสอบที่อุณหภูมิ 175 องศาเซลเซียส ตั้งเวลาทอดที่ 18 วินาที	50
4.10	ทดสอบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส ตั้งเวลาทอดที่ 16 วินาที	51
4.11	ผลการบันทึกเวลากระบวนการทำงานแบบเดิมโดยใช้คนทอดขนมโดนัท	52

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	แสดงกระบวนการทอดแบบเดิมที่ใช้คนทำงาน	2
1.2	แสดงกระบวนการหยอดแป้งแบบเดิมที่ใช้คนทำงาน	2
1.3	แสดงกระบวนการตักขนมขึ้นจากหม้อทอดแบบเดิมที่ใช้	3
1.4	อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับทอดขนมโดนัทตามท้องตลาดใน	3
1.5	แสดงขนาดของขนมโดนัทที่บิดเบี้ยวจากการทอดที่อุณหภูมิไม่	4
2.1	การถ่ายโอนความร้อนและมวลสารในการทอดแบบน้ำมันตื้นและการทอดแบบน้ำมันท่วม	8
2.2	ระบบการทอดอย่างต่อเนื่องในน้ำมันท่วม	9
2.3	การเรียงตัวแบบต่างๆของสายพานในเครื่องทอด (ก) อาหารไม่ลอยตัว เช่น ชิ้นปลาบด (ข) ผลิตภัณฑ์ชุบแป้งขนมปัง (ค) อาหารที่แห้งที่มีความหนาแน่นต่ำ เช่น ขนมขบเคี้ยว (ง) อาหารประเภทผสม เช่น ถั่ว	9
2.4	ลักษณะโครงสร้างภายในของ PLC ซึ่งประกอบด้วย 5 ส่วนหลัก	12
2.5	แสดงอุปกรณ์อินพุต (Input devices)	13
2.6	แสดงอุปกรณ์เอาต์พุต (Output devices	14
2.7	แสดงหม้อแปลงแบบต่างๆ	18
2.8	แมกเนติกคอนแทกเตอร์	18
2.9	ภาพลักษณะโครงสร้างภายในของ แมคเนติกส์คอนแทคเตอร์	19
2.10	ลักษณะของขดลวดฮีตเตอร์ (Heater)	22
2.11	ขดลวดฮีตเตอร์แบบจุ่ม(Immersion Heater	22
2.12	อุปกรณ์เทอร์โมคัปเปิ้ล (Thermocouple)	24
3.1	อุปกรณ์ที่ใช้ในการทอดแบบเดิมโดยใช้แรงงานคน	26
3.2	เครื่องที่สร้างขึ้นใหม่จากเหล็กและ สแตนเลส เกรด 304	26
3.3	ส่วนประกอบของเครื่องที่สัมผัสกับอาหารสร้างด้วยสแตนเลส เกรด 304	27
3.4	หม้อทอดที่สร้างจากสแตนเลส 304	28
3.5	ใบพัดกลับด้านและใบพัดตักโดนัทที่ติดตั้งในถัง	29
3.6	ใบพัดตักที่สร้างจากสแตนเลส 304	29
3.7	ใบพัดกลับด้านขนมที่สร้างจากสแตนเลส 304	30
3.8	กระบอกหยอดแป้งโดนัท	30
3.9	ฮีตเตอร์แบบจุ่ม (Immersion heater)	32

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.10	แสดงการทดสอบการรั่วของไฟฟ้าระหว่างติดตั้งฮีตเตอร์	32
3.11	พูเลย์ที่สร้างขึ้นมีระยะช่วงชัก 30 มิลลิเมตร	33
3.12	ชุดหัวหยอดแป้งที่สร้างขึ้นใหม่มีมอเตอร์เป็นต้นกำลังขับ	34
3.13	อุปกรณ์วัดแรงดึงใช้วัดแรงในการหยอดแป้งขนมโดนัท	34
3.14	มอเตอร์ใช้สำหรับกระบอกหยอดแป้ง	36
3.15	มอเตอร์ที่ใช้กับชุดใบพัดกลับด้านและตักขนมโดนัท	37
4.1	การผ่าดูความสุกของเนื้อแป้งด้านใน	45
4.2	การผ่าดูความสุกของเนื้อแป้งด้านใน	45
4.3	การทอดที่อุณหภูมิ160 และ 180 องศาเซลเซียส	46
4.4	การทอดที่อุณหภูมิต่างกัน	46
4.5	แป้งจะเริ่มฟูและสุกทั่วชิ้นเมื่ออุณหภูมิและเวลาทอดสัมพันธ์กัน	46