



**Research Title:** Peel Strength Testing Equipment for Food Packages

**Researcher:** 1) Navaphattra Nunak

Department of Food Engineering, Faculty of Engineering

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

2) Taweepol Suesut

Department of Instrumentation and Control Engineering,

Faculty of Engineering

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

### ABSTRACT

โครงการวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาอุปกรณ์ทดสอบความต้านทานการยึดติดของบรรจุภัณฑ์อาหาร โดยทั่วไปการทดสอบความต้านทานแรงของผลิตภัณฑ์ใช้วิธีการกดหรือการดึงด้วยเครื่องทดสอบมาตรฐาน เครื่องมือทดสอบนี้ออกแบบให้มีย่านการทดสอบที่กว้าง มีความละเอียดสูง และมีราคาแพง ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ทดสอบความต้านทานแรง เพื่อใช้กับผลิตภัณฑ์ตามต้องการ เช่น การทดสอบเนื้อสัมผัสของแมงกะพรุนด้วยแรงกด การทดสอบฝาปิดบรรจุภัณฑ์ของอาหารด้วยแรงดึง ผลการทดสอบที่ได้พบว่า อุปกรณ์ที่ได้ทำการพัฒนาขึ้น สามารถใช้งานได้จริง สอดคล้องกับผลที่ได้จากเครื่องมือมาตรฐานในห้องปฏิบัติการ

This research proposes the development of peel strength testing equipment for food packages. Generally, the force resistance of product can be analyzed with compression or tension test using standard testing equipment that is designed for a wide range of use with high accuracy and quite expensive. Therefore, this research aims to design and develop the low cost strength testing equipment for the specific application such as strength testing of dried-jelly fish and peel strength testing of food packages, etc. The obtained experimental results were in agreement with the results from standard testing equipment using in the laboratory.

**Keywords:** Peel strength testing equipment, Food packages

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ นายณรงค์เดช เพ็ชรโต นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม  
หลักสูตรวิศวกรรมการวัดคุม สำหรับการให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการวิจัย และ “การวิจัยครั้งนี้  
ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่งทุน  
งบประมาณเงินรายได้ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2557 สำหรับการจัดสรร  
ทุนอุดหนุนการวิจัย”

นงภัทรา หนูนาค  
ทวิพล ชื่อสัตย์

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูปภาพ	VII
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	<b>1</b>
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
<b>บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</b>	<b>4</b>
2.1 การตรวจคุณภาพการติดตั้งของบรรจุภัณฑ์	4
2.2 เครื่องมือวิเคราะห์เนื้อสัมผัสและวิธีการทดสอบ	4
2.3 สเตรนเกจและโพลดเซลล์	9
2.4 วงจรขยายสัญญาณแบบเครื่องมือวัด	11
2.5 ชุดควบคุมการเคลื่อนที่	12
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	13
<b>บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย</b>	<b>14</b>
3.1 กล่าวนำ	14
3.2 การออกแบบ	14
3.3 การสอบเทียบ	28
3.4 การทดสอบการทำงานของอุปกรณ์	30
<b>บทที่ 4 ผลการทดสอบ</b>	<b>34</b>
4.1 การสอบเทียบกับตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน	34
4.2 การหาค่าความถูกต้องแม่นยำของอุปกรณ์ทดสอบ	35
4.3 การทดสอบความต้านทานแรงกดด้วยวิธีการเจาะทะลุ	36
4.4 การทดสอบความต้านทานแรงดึง	42

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการทดสอบและข้อเสนอแนะ	49
5.1 สรุปผลการวิจัย	49
5.2 ข้อเสนอแนะ	49
เอกสารอ้างอิง	
ประวัติผู้วิจัย	

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 ส่วนประกอบของอุปกรณ์ทดสอบที่สร้างขึ้น	14
3.2 ค่าที่ใช้ในการกำหนดความละเอียดในการเคลื่อนที่ของมอเตอร์	19
4.1 ผลการสอบเทียบ	34
4.2 ผลการหาค่าสหสัมพันธ์	35
4.3 ค่าความถูกต้องแม่นยำของอุปกรณ์ทดสอบที่สร้างขึ้น	36
4.4 ค่าที่ได้จากเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัสและจากอุปกรณ์ทดสอบที่สร้างขึ้น	39
4.5 ผลการหาค่าสหสัมพันธ์	47

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 ตัวอย่างบรรจุภัณฑ์ที่ซีลปิดด้วยอลูมิเนียมฟอยล์	2
2.1 ก) การทดสอบทางประสาทสัมผัส และ ข) การทดสอบด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส	4
2.2 เครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA.XT plus	5
2.3 เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (ก) แรงกด (ข) แรงเฉือน (ค) แรงดึง	6
2.4 การทดสอบแรงดึง (ก) การดึงแนวตั้งฉาก (ข) การดึงลอก (ค) การดึงแนวระนาบ	7
2.5 การทดสอบด้วยวิธีดึงในมุมที่ต่างกัน	8
2.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับเวลาที่ได้จากการทดสอบแบบการดึงของพิชซ่า	8
2.7 ลักษณะรูปร่างของสเตรนเกจในแบบต่าง ๆ กัน	9
2.8 โหลดเซลล์แบบสเตรนเกจ	10
2.9 วงจรวิทสโตนบริดจ์	11
2.10 วงจรขยายแบบเครื่องมือวัด	12
2.11 Ball screw	13
2.12 ผลการทดสอบด้วยวิธีการดึง	13
3.1 ส่วนประกอบของอุปกรณ์ทดสอบที่สร้างขึ้น	15
3.2 โหลดเซลล์ที่นำมาใช้งาน	16
3.3 วงจรขยายสัญญาณแบบเครื่องมือวัดโดยใช้ IC เบอร์ AD624	16
3.4 วงจรภายในของ Instrument amplifier AD624	17
3.5 ส่วนประกอบของ Servo motor Reliance Cool Muscle	17
3.6 รูปแสดงตำแหน่งของการเชื่อมต่อไฟฟ้ากระแสตรง 24 โวลต์	17
3.7 การเสียบ Jumper เพื่อเลือกการติดต่อสื่อสารแบบ RS-232	18
3.8 แสดงการเตรียม Servo motor ให้พร้อมใช้งาน	18
3.9 การเตรียม Servo motor ให้พร้อมใช้งาน	18
3.10 วงจรจ่ายไฟฟ้า	20
3.11 วงจรวัดแรงดันไฟฟ้า	20
3.12 ผังการต่อของ USB-6009 OEM	21
3.13 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและระยะห่างระหว่างร่องของ Ball screw	21
3.14 หัววัดทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 มิลลิเมตร	22
3.15 หัววัดเพื่อทดสอบแบบดึง	22
3.16 ผังการทำงานของโปรแกรมควบคุม	24

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.17 Front panel ของโปรแกรม Labview ที่ใช้ในการควบคุม	25
3.18 Block diagram ที่กำหนดในการเชื่อมต่อผ่านทาง RS-232	25
3.19 Block diagram ที่รับค่าและส่งต่อไปยังชุดควบคุม Servo motor	26
3.20 Block diagram ที่รับข้อมูลและส่งค่าไปที่ชุดขับ Servo motor	26
3.21 Block diagram ในการรับค่าจากวงจรขยายสัญญาณและการแสดงผลกราฟ	27
3.22 Block diagram ในการเก็บผลกราฟ	27
3.23 ต้มน้ำหนักมาตรฐาน	28
3.24 การสอบเทียบโดยใช้ต้มน้ำหนัก	29
3.25 ตัวอย่างร่มแมงกะพรุนที่ระดับความเค็มต่าง ๆ	30
3.26 ตัวอย่างเยลลี่ที่ใช้ทดสอบ	31
3.27 ตัวอย่างเยลลี่สติ๊กที่ใช้ทดสอบ	31
3.28 การทดสอบแบบเจาะ	31
3.29 ถ้วยโยเกิร์ตปิดฝาด้วยฟอยล์	32
3.30 การทดสอบแบบเจาะ	32
4.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Max Force ที่ได้จากเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัสกับเครื่องทดสอบเนื้อสัมผัสที่สร้างขึ้น	35
4.2 กราฟแสดงการเจาะแมงกะพรุนที่ระดับความเค็ม 27.40 / 100g NaCl ซ้ำ 5 ครั้ง	36
4.3 กราฟแสดงการเจาะแมงกะพรุนที่ระดับความเค็ม 22.13 / 100g NaCl ซ้ำ 5 ครั้ง	37
4.4 กราฟแสดงการเจาะแมงกะพรุนที่ระดับความเค็ม 21.63 / 100g NaCl ซ้ำ 5 ครั้ง	37
4.5 กราฟแสดงการเจาะแมงกะพรุนที่ระดับความเค็ม 18.73 / 100g NaCl ซ้ำ 5 ครั้ง	37
4.6 กราฟแสดงการเจาะแมงกะพรุนที่ระดับความเค็ม 3.53 / 100g NaCl ซ้ำ 5 ครั้ง	38
4.7 กราฟแสดงการเจาะแมงกะพรุนที่ระดับความเค็ม 2.20 / 100g NaCl ซ้ำ 5 ครั้ง	38
4.8 กราฟแสดงการเจาะแมงกะพรุนที่ระดับความเค็ม 0.8 / 100g NaCl ซ้ำ 5 ครั้ง	38
4.9 กราฟแสดงการเจาะแมงกะพรุนที่ระดับความเค็ม 0.73 / 100g NaCl ซ้ำ 5 ครั้ง	39
4.10 ผลการทดสอบของเยลลี่ชิ้นที่ 1	40
4.11 ผลการทดสอบของเยลลี่ชิ้นที่ 2	40
4.12 ผลการทดสอบของเยลลี่ชิ้นที่ 3	41
4.13 ผลการทดสอบของเยลลี่ชิ้นที่ 4	41
4.14 ผลการทดสอบของเยลลี่ชิ้นที่ 5	41

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.15 ผลการทดสอบของตัวอย่างแผงวงจรแบบยึดหยุนชั้นที่ 1	42
4.16 ผลการทดสอบของตัวอย่างแผงวงจรแบบยึดหยุนชั้นที่ 2	42
4.17 ผลการทดสอบของตัวอย่างแผงวงจรแบบยึดหยุนชั้นที่ 3	43
4.18 ผลการทดสอบของตัวอย่างแผงวงจรแบบยึดหยุนชั้นที่ 4	43
4.19 ผลการทดสอบของตัวอย่างแผงวงจรแบบยึดหยุนชั้นที่ 5	43
4.20 เครื่องมือวิเคราะห์ Damper testing machine	44
4.21 ผลการทดสอบของตัวอย่างแผงวงจรแบบยึดหยุนชั้นที่ 6	44
4.22 ผลการทดสอบของตัวอย่างแผงวงจรแบบยึดหยุนชั้นที่ 7	45
4.23 ผลการทดสอบของตัวอย่างแผงวงจรแบบยึดหยุนชั้นที่ 8	45
4.24 ผลการทดสอบของตัวอย่างแผงวงจรแบบยึดหยุนชั้นที่ 9	46
4.25 ผลการทดสอบของตัวอย่างแผงวงจรแบบยึดหยุนชั้นที่ 10	46
4.26 ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องที่สร้างขึ้นกับเครื่องในห้องปฏิบัติการ	47
4.27 ผลการทดสอบของตัวอย่างช่องบรรจุยา	48