

## การออกแบบและสร้างระบบตรวจสอบผลิตภัณฑ์นม ยู.เอช.ที.บรรจุกล่องแบบอัตโนมัติ

### Design and Fabrication of the Automatic System for Monitoring the Abnormal U.H.T. Milk Packed in Brick - Type Packages

จรัสพงศ์ เจริญเมธานนท์<sup>1\*</sup>, สุวรรณ หอมหวล<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม, 73140

\*Corresponding author: Tel: +66-8-6274-8728, Fax: +66-34-355310, E-mail: [charatphong\\_che@ku.th](mailto:charatphong_che@ku.th)

#### บทคัดย่อ

การพัฒนาาระบบจับวางอัตโนมัติสำหรับทำงานร่วมกับเครื่องตรวจสอบความผิดปกติของนม ยู.เอช.ที. บรรจุกล่อง ประกอบด้วยระบบที่สำคัญ 3 ส่วน คือ 1) ระบบกลไกบอลสกรูและนิวเมติกส์ 2) ระบบไฟฟ้า 3) โปรแกรมพีแอลซีสำหรับกำหนดลำดับการทำงานของกลไกเคลื่อนย้ายกล่องนม โดยที่แอลซีทำหน้าที่ 2 ส่วนคือ 1. ควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ที่เป็นต้นกำลังให้กับบอลสกรูในการเคลื่อนย้ายชุดแขนจับกล่องนมและกลไกจับกล่องนมไปยังตำแหน่งเป้าหมาย 2. ควบคุมระบบนิวเมติกส์สำหรับการทำงานของกลไกจับกล่องนมเพื่อจับและวางบนสายพานหรือบนเครื่องตรวจสอบความผิดปกติของนมยูเอชที ผลการทดลองระบบอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้นพบว่า ที่ความดันลม 0.35 MPa มีความเหมาะสมกับการทำงานมากที่สุด เนื่องจากสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องและไม่สร้างความเสียหายให้กับกล่องนม โดยใช้ความเร็วรอบเซอร์โวมอเตอร์ที่ 100,000 pps เป็นความเร็วรอบสูงสุดที่ PLC รุ่น FPG-C32T สามารถสั่งการทำงานได้ ทำให้ทั้งระบบสามารถจับวางกล่องนมได้ที่อัตรา 300 กล่องต่อชั่วโมง

คำสำคัญ: พีแอลซี, เซอร์โวมอเตอร์, ระบบจับวางอัตโนมัติ, การตรวจสอบความผิดปกติ

#### Abstract

The development of pick and place automatic system for the UHT milk tester comprised of three main parts: 1. Ball screw mechanism and pneumatic system 2. Electrical system 3. Program was controlled by PLC to specify the sequence operation of the mechanism for moving the milk box. The PLC controlling was working on 2 parts: First, to control the servo motor that used to drive the ball screws attached with grippers for handling milk carton in target position. Second, to control the pneumatic system in which the gripper mechanism was operated for gripping and placing the milk box on the belt or the UHT milk tester. The results of the developed automatic system found that, at the air pressure about 0.35 MPa was suitable for the grippers to continuously operate without damage to the milk boxes. And, with the speed of servo motors about 100,000 pps given the maximum speed for the PLC series FPG-C32T can be controlled for saving the time operation. The rate capacity of the developed system can be handle was 300 boxes per hour.

Keywords: PLC, Servo motor, Pick and Place automatic system, Detection of abnormal milk

#### 1. บทนำ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมเกษตรมีการเจริญเติบโตและมีการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยี อุปกรณ์ เครื่องจักรต่างๆ เพื่อให้รองรับกับการขยายตัวทางเศรษฐกิจ เพื่อที่จะทำให้ลดต้นทุนการผลิตและประหยัดเวลาในการทำงานลงได้ ฉะนั้นจำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วย และเทคโนโลยี Programmable Logic Control (PLC) ก็เป็นทางเลือกที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ซึ่งจะทำให้ลดการใช้แรงงานคนในการลำเลียงกล่องนมให้น้อยลงเพื่อที่จะกระจายแรงงานไปทำงานอื่นที่มีความ

จำเป็นต้องใช้แรงงานด้านทรัพยากรมนุษย์ เพราะในปัจจุบันสามารถใช้ PLC ควบคุมระบบในการลำเลียงจากสายพาน และควบคุมแขนจับ (Gripper) ในการทำงานแทนมนุษย์ เพื่อที่จะลดการใช้ทรัพยากรมนุษย์ และสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องรวดเร็ว และ แม่นยำ

ระบบจับวางอัตโนมัติสำหรับเครื่องตรวจสอบความผิดปกติของนมยูเอชที เป็นการศึกษาระบบการลำเลียงกล่องนมที่จะนำไปตรวจสอบความผิดปกติของนมยูเอชที ด้วยระบบควบคุมแบบ

อัตโนมัติ โดยใช้ PLC ในการควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ เพราะเซอร์โวมอเตอร์เป็นมอเตอร์ที่สามารถควบคุมการทำงานที่มีความเร็วและความแม่นยำของตำแหน่งสูง จึงได้นำเซอร์โวมอเตอร์มาใช้ในการเคลื่อนย้ายตำแหน่งของแขนจับกล่องนม เพื่อเคลื่อนที่ไปยังเครื่องที่ใช้ในการตรวจสอบความผิดปกติของนมยูเอชที และยังใช้ PLC ในการควบคุมการทำงานเปิดและปิดของโซลินอยด์วาล์วในการจ่ายลมในระบบนิวแมติก เพื่อควบคุมการทำงานของแขนจับกล่องนมทั้งในแนวแกน X (จับกล่องนม), Y (เคลื่อนที่ขึ้นและลง), เครื่องคัดแยกกล่องนม และเครื่องจัดตำแหน่งกล่องนมให้สามารถทำงานได้ตามที่ต้องการ และ PLC จะรับค่าพีคิตจากเซ็นเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เพื่อรับคำสั่งต่างๆ เป็นอินพุตและประมวลผลสั่งการเป็นเอาต์พุตให้กับกลไกต่างๆ

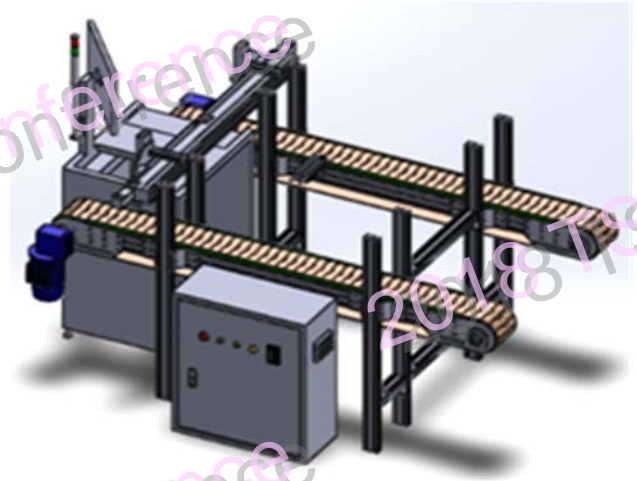


Figure 1 Conveying system in operation with U.H.T. milk tester

## 2 อุปกรณ์และวิธีการ

จากงานวิจัยการออกแบบอุปกรณ์ควบคุมและประมวลผลสัญญาณการสั่งที่ใช้ PLC ในการวิเคราะห์ผลผลิตภัณฑ์ (สุวรรณ และ จีระศักดิ์, 2548, จีระศักดิ์, 2548, สุวรรณ และ คณະ, 2549, ธนัญชัย, 2550, สุวรรณ, 2550, ณัฐดนัย และ สุวรรณ, 2550, สุวรรณ และ คณະ, 2552) แทนระบบแบบเดิมที่เป็น Computerized controlling system เพื่อให้เครื่องมีขนาดเล็กและลดความซับซ้อนทั้งการทำงานและการควบคุมโดยที่ยังสามารถตั้งค่ามาตรฐานที่แบ่งแยกระหว่างผลิตภัณฑ์ที่เสียหรือมีแนวโน้มเสียกับผลิตภัณฑ์ปกติได้ ในงานวิจัยนี้จึงได้นำงานวิจัยดังกล่าว มาทำงานร่วมกับระบบจับวางอัตโนมัติแบบใหม่ที่ควบคุมโดย PLC ในการสร้างระบบจับวางอัตโนมัติ เพื่อประสิทธิภาพในการทำงานและลดต้นทุนในการสร้างระบบจับวางอัตโนมัติ สำหรับควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ ที่สามารถควบคุมการทำงานที่มีความเร็วและความแม่นยำของตำแหน่งสูง จึงได้นำเซอร์โวมอเตอร์มาใช้ในการเคลื่อนย้ายตำแหน่งของแขนจับกล่องนม เพื่อเคลื่อนที่ไปยังชุดตรวจสอบความผิดปกติของนมยูเอชที นอกจากนี้ยังใช้ PLC ในการควบคุมการทำงานเปิดและปิดของโซลินอยด์วาล์วในการจ่ายลมในระบบนิวแมติก เพื่อควบคุมการทำงานของแขนจับกล่องนมทั้งในแนวแกน X (จับกล่องนม), Y (เคลื่อนที่ขึ้นและลง) บนชุดตรวจสอบ โดยสามารถจัดตำแหน่งกล่องนมให้สามารถทำงานได้ตามที่ต้องการ และ PLC จะรับค่าพีคิตจากเซ็นเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เพื่อรับคำสั่งต่างๆ เป็นอินพุตและประมวลผลสั่งการเป็นเอาต์พุตให้กับกลไกต่างๆ รวมถึงการทำงานของ conveyor สามารถแสดงแนวคิดของต้นแบบดัง Figure 1

การทำงานของระบบเกิดขึ้นเมื่อกองกล่องนมถูกวางลงบนสายพาน สายพานจะทำการลำเลียงกล่องนมไปยังแขนจับตัวที่หนึ่งเพื่อจับยกกล่องนมไปวางยังเครื่องตรวจสอบคุณภาพนม ระบบจะรอการทำงานของเครื่องตรวจสอบคุณภาพเสร็จสิ้น ประมาณ 3 วินาทีและจะส่งผลในการตรวจสอบคุณภาพไปยัง PLC จากนั้นแขนจับตัวที่สองจะทำการจับยกกล่องนมไปวางลงบนสายพานที่อยู่คู่ขนานกับสายพานอันแรกที่รับกล่องนมเข้าสู่ระบบ โดยการทำงานของแขนจับทั้งสองจะทำงานคู่ขนานกันตลอด และเมื่อกองกล่องนมถูกวางลงบนสายพานที่สอง ระบบที่ได้รับสัญญาณจากเครื่องตรวจสอบคุณภาพ จะแบ่งออกเป็นสองกรณี กรณีแรกนมที่มีคุณภาพดีระบบจะปล่อยให้สายพานทำการลำเลียงต่อไป ในกรณีที่สองกรณีนมเสีย ระบบจะทำการกำจัดกล่องนมที่เสียโดยการใช้เครื่องกำจัดกล่องนมที่ถูกติดตั้งอยู่กับสายพานที่สอง จะยึดออกมาผลิตภัณฑ์กล่องนมที่เสียออกจากกระบวนสายพาน ลำดับการทำงานแสดงดัง Figure 2

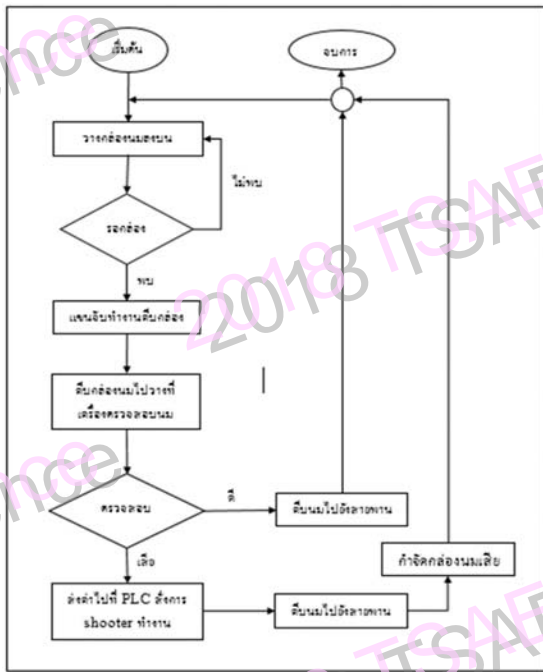


Figure 2 Operation diagram of Pick-and-Place automatic system for U.H.T. milk tester

ลำดับขั้นตอนการทำงานของระบบ

1. แขนจับเคลื่อนที่มายังตำแหน่งพร้อมทำงาน จากนั้นนำนมกล่องวางบนสายพานลำเลียง (Figure 3)



Figure 3 The first step of sequential operation of the grippers

2. แขนจับเคลื่อนที่ลงมาจับกล่องนมที่สายพานลำเลียง (Figure 4)

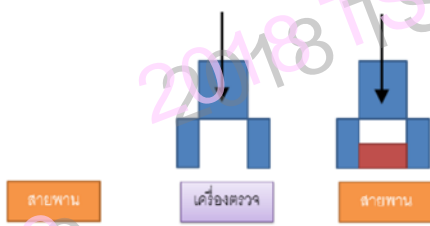


Figure 4 The second step of sequential operation of the grippers

3. แขนจับเคลื่อนที่ที่จับกล่องนมจากสายพานลาเลียงมายังเครื่องตรวจสอบนม (Figure 5)

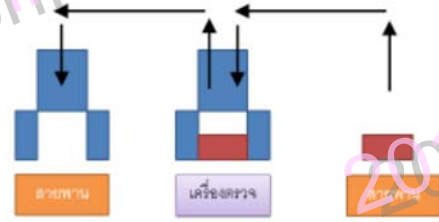


Figure 5 The third step of sequential operation of the grippers

4. แขนจับเคลื่อนที่กลับไปจับกล่องนมที่สายพานลาเลียงขาเข้า และกรีปเปอร์อีกตัวเคลื่อนที่มายังกล่องนมที่เครื่องตรวจสอบนม (Figure 6)

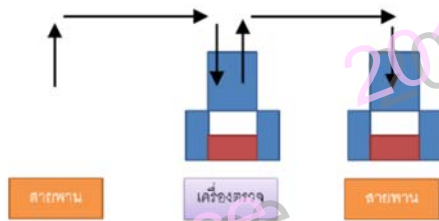


Figure 6 The fourth step of sequential operation of the grippers

5. แขนจับเคลื่อนที่มายังกล่องนมจากเครื่องตรวจสอบนมไปวางที่สายพานลาเลียงขาออก (Figure 7)

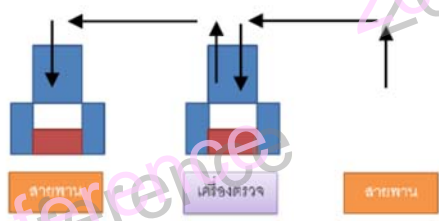


Figure 7 The fifth step of sequential operation of the grippers

6. หลังจากที่แขนจับวางกล่องนมที่สายพานลาเลียงขาออก กรณีสัญญาณจากเครื่องตรวจสอบนมเป็นนมดีสายพานจะลำเลียงต่อไป แต่ถ้าเป็นกรณีนมเสียอุปกรณ์คัดแยกนม (Shooter) จะผลักกล่องนมออกจากสายพานลำเลียง (Figure 8)

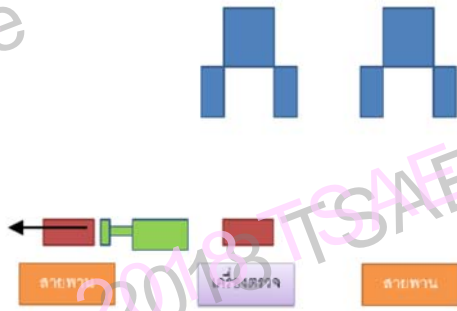


Figure 8 The sixth step of sequential operation of the grippers

สำหรับการทดลอง ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 รูปแบบ คือ 1.) ใช้ความเร็วสูงสุดของเซอร์โวมอเตอร์ที่ 100,000 pps และใช้ความดันลมที่ 0.15,0.2,0.25...0.5 MPa ตามลำดับ ดูความเร็วและวิเคราะห์ความเสียหายของนมกล่อง และอัตราการจับที่ผิดพลาด 2.) เลือกความดันลมที่สามารถจับกล่องนมได้โดยเกิดความเสียหายน้อยที่สุดและทำงานได้เร็วที่สุดมา 1 ค่า และปรับความเร็วเซอร์โวมอเตอร์ไปที่ 50,000,60,000...100,000 pps ตามลำดับ โดยตัวอย่างที่จะใช้เก็บค่าทดสอบจะเป็นนมกล่องขนาด 200 ml. จำนวนทั้งหมด 30 กล่อง

### 3 ผลและวิจารณ์

1.) ใช้ความเร็วสูงสุดของเซอร์โวมอเตอร์ที่ 100,000 pps และใช้ความดันลมที่ 0.15, 0.2, 0.25...0.5 MPa ตามลำดับ ผลการทดลองที่ได้แสดงดัง Figure 9

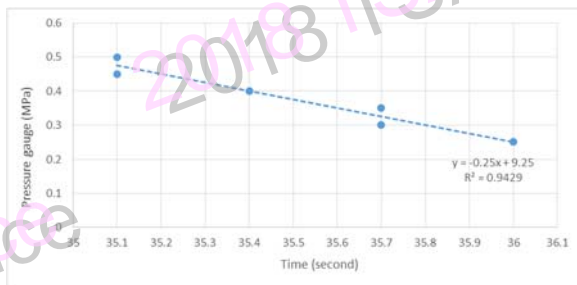


Figure 9 Relationship between air pressures of pneumatic system (MPa) with respect to used time (s) for thirty 200 ml milk boxes.

จากผลการทดลองที่ได้ ทำให้ทราบได้ว่า การปรับความดันลมให้ระบบนิวเมติกส์ มีผลต่อความเร็วในการทำงานของระบบจับวางอัตโนมัติจริง โดยมีลักษณะแปรผกผันกัน ยิ่งความดันมากขึ้น เวลาที่ใช้จะน้อยลงตาม แต่ถึงกระนั้นความเร็วที่มากที่สุดก็อาจไม่ใช่การทำงานที่มีประสิทธิภาพที่สุดเสมอไป เพราะความดันที่สูงทำให้การจับมีแนวโน้มรุนแรงขึ้น อาจทำให้กล่องนมเสียหายเล็กน้อย จนถึงอาจทำให้กล่องนมเสียหายจนถึงขั้นจับกล่องนมไม่ได้เลย ดังนั้นจึงมีการทดลองเพิ่มขึ้นมาโดยใช้ตัวอย่างทั้งหมด

10 ตัวอย่าง เพื่อวิเคราะห์อัตราและระดับความเสียหายของกล่องนมที่ความดันต่างๆ เพื่อหาความดันที่เหมาะสมที่สุดที่จับกล่องนมได้เร็วที่สุดโดยกล่องไม่เกิดความเสียหาย โดยใช้ความเร็วของเซอร์โวมอเตอร์ที่ 100,000 pps ซึ่งเป็นความเร็วสูงสุด ผลที่ได้แสดงตาม Figure 10

ความดันลม (MPa)	เวลา (นาที:วินาที)	เวลา (วินาที)	การทดสอบการจับกล่องนม (กล่องที่)											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0.15	-	-	○	✘	✘	○	✘	✘	✘	✘	✘	✘	✘	✘
0.20	-	-	○	✘	○	✘	○	✘	✘	✘	✘	✘	○	○
0.25	-	-	○	○	○	✘	○	✘	○	○	○	○	○	○
0.30	-	-	○	○	○	○	✘	○	○	○	○	○	○	○
0.35	1:59	119	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
0.40	1:58	118	○	△	○	△	○	○	△	○	○	○	○	○
0.45	1:57	117	△	△	○	○	○	△	△	△	△	△	△	△
0.50	1:57	117	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△

○ = สามารถจับกล่องนมได้ปกติ  
 △ = สามารถจับกล่องนมได้แต่กล่องนมเกิดความเสียหาย  
 ✘ = ไม่สามารถจับกล่องนมได้

Figure 10 Test results showing the effect of variation in air pressure of the gripper on the damage on the milk box.

จากการทดสอบปรับ ความดันลมเพื่อใช้ในการจับกล่องนม โดยใช้ความเร็ว เซอร์โวมอเตอร์คงที่ ที่ 100,000 pps พบว่า ความดันลมที่ 0.35 MPa เป็นความดันที่เหมาะสมที่สุดที่ควรนำไปใช้ในการจับกล่องนม เพราะสามารถจับกล่องนมได้จนสิ้นสุดการทำงาน และไม่ทำให้กล่องนมเกิดความเสียหายหรือชำรุดใดๆ

2.) เลือกความดันลมที่สามารถจับกล่องนมได้โดยเกิดความเสียหายน้อยที่สุดและทำงานได้เร็วที่สุดมา 1 ค่า และปรับความเร็วเซอร์โวมอเตอร์ไปที่ 50,000,60,000...100,000 pps ตามลำดับ

จากผลการทดลองตาม Figure 10 ทำให้เราทราบว่า 0.35 MPa เป็นความดันที่เหมาะสมที่สุดที่ควรนำไปใช้ในการจับกล่องนม เพราะสามารถจับกล่องนมได้จนสิ้นสุดการทำงาน และไม่ทำให้กล่องนมเกิดความเสียหายหรือชำรุดใดๆ ดังนั้นการทดลองที่ 2 นั้นจะใช้ความดันสำหรับระบบนิวเมติกส์คงที่ที่ 0.35 MPa และปรับความเร็วเซอร์โวมอเตอร์ไปที่ 50,000,60,000...100,000 pps ตามลำดับ ผลการทดลองที่ได้แสดงดัง Figure 11

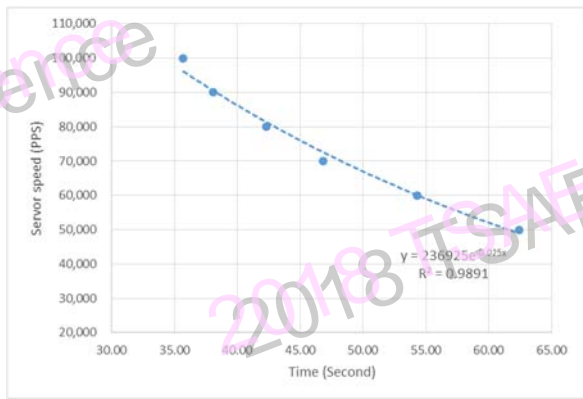


Figure 11 Relationship between servo motor speed (pps) with respect to used time (s) for thirty 200 ml milk boxes.

จากผลการทดลองที่ได้ ทำให้ทราบว่า การปรับความเร็วของเซอร์โวมอเตอร์ มีผลต่อความเร็วในการทำงานของระบบจับวางอัตโนมัติจริง โดยมีลักษณะแปรผกผันกัน ยิ่งความเร็วของเซอร์โวมอเตอร์มากขึ้น เวลาที่ใช้จะน้อยลงตาม เพราะชุดกลไกของแขนจับกล่องนมสามารถเคลื่อนที่ไปยังจุดที่กำหนดได้เร็วมากขึ้น โดยจากการทดลองนี้ทำให้ทราบเพิ่มเติมว่าความเร็วของเซอร์โวมอเตอร์ไม่มีผลต่อการเสียหายของกล่อง แต่มีผลต่อประสิทธิภาพในการจับกล่องหากใช้ความดันของระบบนิวเมติกส์ที่น้อยเกินไปไม่สมดุลกับความเร็วของเซอร์โวมอเตอร์ อาจจะทำให้กล่องนมหลุดจากกลไกแขนจับได้ โดยความเร็วของเซอร์โวมอเตอร์และความดันของระบบนิวเมติกส์ที่สามารถทำงานร่วมกันได้จะแปรผกผันกัน คือความเร็วของเซอร์โวมอเตอร์และความดันของระบบนิวเมติกส์ที่สัมพันธ์กันจะต้องเพิ่มขึ้นตามกัน จึงเพิ่มการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์กันดังกล่าว โดยใช้ความเร็วเซอร์โวมอเตอร์ที่ 80,000 90,000 และ 100,000 pps ตามลำดับ และใช้ความดันลมของระบบนิวเมติกส์ของชุดกลไกแขนจับกล่องนมที่ 0.2 0.25 0.3 และ 0.35 MPa ตามลำดับ ดังผลการทดลองตาม Figure 12

ความเร็วเซอร์โวมอเตอร์ (pps)	ความดันลม (MPa)	การทดสอบการจับกล่องนม (กล่องที่ 1-10) O = จับได้, X = จับไม่ได้/หลุดระหว่างทาง									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
80,000	0.2	O	X	O	X	O	O	O	O	O	O
	0.25	O	O	O	X	O	O	O	O	O	
	0.3	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
	0.35	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
90,000	0.2	O	O	X	X	O	O	O	O	X	
	0.25	O	O	O	O	X	O	X	O	O	
	0.3	O	O	O	O	O	O	O	O	X	
	0.35	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
100,000	0.2	O	X	O	X	O	X	X	X	X	
	0.25	O	O	X	X	O	X	O	O	O	
	0.3	O	O	O	O	X	O	O	O	O	
	0.35	O	O	O	O	O	O	O	O	O	

Figure 12 Efficiency test result of picking 10 milk boxes at various speeds of servo motor and pressures of the pneumatic system.

#### 4 สรุป

ระบบจับวางอัตโนมัติสำหรับเครื่องตรวจสอบความผิดปกติ นม ยู.เอช.ที.บรรจุกล่อง เป็นการพัฒนาระบบการลำเลียงกล่องนมเพื่อนำไปตรวจสอบความผิดปกติของนม ยู.เอช.ที. ภายในกล่องด้วยระบบควบคุมแบบอัตโนมัติ โดยใช้ PLC ในการควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ เพราะเซอร์โวมอเตอร์เป็นมอเตอร์ที่สามารถควบคุมการทำงานที่มีความเร็วสูงและมีความแม่นยำของตำแหน่งสูง จึงได้นำเซอร์โวมอเตอร์มาใช้ในการเคลื่อนย้ายตำแหน่งของแขนจับกล่องนม เพื่อเคลื่อนที่ไปยังเครื่องที่ใช้ในการตรวจสอบความผิดปกติของนมยูเอชที และยังใช้ PLC ในการควบคุมการทำงานเปิดและปิดของโซลินอยด์วาล์วในการจ่ายลมในระบบนิวเมติก เพื่อควบคุมการทำงานของแขนจับกล่องนมทั้งในแนวแกน X(จับกล่องนม), Y(เคลื่อนที่ขึ้นและลง), เครื่องคัดแยกกล่องนม และเครื่องจัดตำแหน่งกล่องนมให้สามารถทำงานได้ตามที่ต้องการ และ PLC จะรับค่าพิกัดจากเซ็นเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เพื่อรับคำสั่งต่างๆ เป็นอินพุตและประมวลผลสั่งการเป็นเอาต์พุตให้กับกลไกต่างๆทำงานตามที่ได้ออกแบบลำดับการทำงานไว้

จากการทดลองพบว่า การใช้ความดันลมที่ 0.35 MPa เป็นความดันที่เหมาะสมที่สุดที่จะสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่ทำให้กล่องนมเกิดความเสียหายชำรุดหรือผิดรูปร่าง และพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของเซอร์โวมอเตอร์ และระยะเวลาการทำงานของระบบมีความสัมพันธ์แปรผกผันซึ่งกัน โดยที่เมื่อทำการเพิ่มความเร็วรอบของเซอร์โวมอเตอร์จะทำให้เวลาการทำงานของระบบลดลง และพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนกล่องทดสอบและเวลา เป็นกราฟเส้นตรง ซึ่งจะแสดงถึงความต่อเนื่องของการทำงานที่มีอัตราการเพิ่มขึ้นอย่างคงที่ เมื่อความเร็วรอบเซอร์โวมอเตอร์เท่ากัน ซึ่ง PLC รุ่น FPG-C32T ที่สั่งการทำงานเซอร์โวมอเตอร์ที่ความเร็วสูงสุดที่ 100,000 pps การใช้ความดันลมที่ 0.35 MPa จะทำให้ระบบสามารถจับวางกล่องนมได้ที่อัตรา 11.7 วินาทีต่อกล่องหรือ 300 กล่องต่อชั่วโมง

#### 5 เอกสารอ้างอิง

- จรัสศักดิ์ ลีสมนบูรณวงศ์. 2548. การพัฒนาเทคนิคแบบไม่ทำลายสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของนม ยู.เอช.ที. บรรจุกล่อง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ณัฐดนัย ตัฒฑวิรุฬห์ และ สุวรรณ หอมหวล. 2552. การประยุกต์โปรแกรมแลบวิวสำหรับการตรวจสอบความผิดปกติของนม ยู.เอช.ที.บรรจุกล่องแบบไม่ทำลาย. วิทยาสารกำแพงแสน, 7(3). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ธัญชัช พันธุ์พิชญ์เสถียร. 2550. เครื่องตรวจสอบความผิดปกติของนม ยู.เอช.ที. บรรจุกล่องโดยไม่ทำลาย แบบรายงานผลโดยตรง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุวรรณ หอมหวล และ จีระศักดิ์ ลีสมบูรณ์วงศ์. 2548. การพัฒนาเทคนิคตรวจสอบความผิดปกติของนม ยู.เอช.ที. แบบไม่ทำลาย, น.186-187. การประชุมวิชาการ ครั้งที่ 6. สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

สุวรรณ หอมหวล, ญัฐดนัย ตัณฑวิรุฬห์, สวัสดิ์ ภูมิสวัสดิ์, วัชมา โพธิ์ทอง และ เอนก ไกรรอด. 2549. คู่มือเครื่องตรวจความผิดปกติของนมยู.เอช.ที. หรือผลิตภัณฑ์อาหารเหลวบรรจุกล่องแบบไม่ทำลาย. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุวรรณ หอมหวล, ญัฐดนัย ตัณฑวิรุฬห์ และ เอนก ไกรรอด. 2552. คู่มือ เครื่องตรวจความผิดปกติของนม ยู.เอช.ที. หรือผลิตภัณฑ์อาหารเหลวบรรจุกล่องแบบไม่ทำลาย. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุวรรณ หอมหวล, 2550. เครื่องตรวจความผิดปกติของนมยู.เอช.ที. หรือผลิตภัณฑ์อาหารเหลวบรรจุกล่องแบบไม่ทำลาย. สิทธิบัตรไทย เลขที่ 40587.

วัชรพงษ์ วิเศษสิงห์ และ ภาสวัฒน์ ศุภเศรษฐ์สิริ. 2557. ระบบจับวางอัตโนมัติสำหรับเครื่องตรวจสอบความผิดปกติของนมยู.เอช.ที. โครงการวิศวกรรมเครื่องกล, วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.