# การประยุกต์ใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC) สำหรับเครื่องตรวจสอบความผิดปกติของนม ยู.เอช.ที.บรรจุกล่อง

# Application of Programmable Logic Controller (PLC) for UHT Milk Tester

***จรัสพงศ์ เจษฎาเมธานนท์,[1] กิติพงษ์ เจาจารึก[1] และ สุวรรณ หอมหวล[1*]***

***Charatphong Chetsadamethanon,[1] Kitipong Jaojaruk[1] and Suwan Homhual[1*]***

**ABSTRACT**

The inspection of the finished UHT milk product in the final step before delivering them to consumer is very important. Thai can stop the spoilage of boxed milk it reaches the consumers. This increases their confidence. Currently,There are two monitoring type: a destructive method, cutting a sample of a UHT milk box to observe any abnormal occurrences inside and a non-destructive method, using a UHT milk tester which uses the free vibration concept by oscillating the liquid in a UHT milk box. And interpreting the vibration signal with computerization processing for abnormal milk detection. In separating the finished good UHT milk product from the ones that tend to be spoiled before the expiration date, by not opening the box, it can be done within only 2-3 seconds per box sample showing 100 percent occurary. This research is conducted by applying the programmable logic controller (PLC) to transform vibrational signals instead of using computerization processing to reduce the equipment size and cost. The results show that it can inspect the UHT boxed milk and the spoiled milk in not more than 3 second per box and performing at the same accuracy level. Therefore, it is possible to deverlop and fabricate the UHT milk tester with a more reasonable size and cost.

**Keywords:** programmable logic controller (PLC), free vibration, UHT milk tester

**บทคัดย่อ**

การตรวจสอบผลิตภัณฑ์นมกล่อง ยู.เอช.ที. ในขั้นตอนสุดท้ายก่อนส่งถึงมือผู้บริโภคมีความสำคัญมาก ทำให้สามารถระงับผลิตภัณฑ์นมกล่องที่เสียก่อนถึงมือผู้บริโภค เป็นการเพิ่มความเชื่อมั่นแก่ผู้บริโภคได้ ปัจจุบันการตรวจสอบมีสองรูปแบบ คือ การตรวจสอบแบบทำลาย คือตัดกล่องดูความผิดปกติ และการตรวจสอบแบบไม่ทำลาย โดยใช้เครื่องตรวจความผิดปกติของนม ยู. เอช. ที. บรรจุกล่อง ซึ่งใช้หลักการสั่นแบบเสรี ทำให้เกิดการเคลื่อนตัวของของเหลวภายในกล่อง แล้วใช้คอมพิวเตอร์ในการแปรผลสัญญาณการสั่นดังกล่าว ในการคัดแยกส่วนของผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีออกจากผลิตภัณฑ์ที่มีแนวโน้มว่าจะเสียก่อนวันหมดอายุจริงโดยไม่ต้องเปิดกล่อง สามารถตรวจสอบโดยใช้เวลา 2 -3 วินาทีต่อกล่อง มีความถูกต้องในการตรวจสอบ 100 % สำหรับงานวิจัยนี้เป็นการนำโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์มาใช้ในการแปรผลสัญญาณการสั่นแทนคอมพิวเตอร์

[1*]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

Department of Mechanical Engineering, Fulcalty of Engineering at Kamphaeng Sean, Kasetsart University, Kamphaeng Sean campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand.

[*]Corresponding author: Tel: 08-6274-8728, Fax.0-34-355310, E-mail address: charatphong.che@ku.th

ประมวณผล เพื่อลดขนาดและต้นทุนของเครื่อง ผลการทดลองเบื้องต้นพบว่าสามารถใช้แทนกันได้ สามารถแยกความแตกต่างระหว่างนมดีและนมเสียได้โดยความสามารถในการตรวจสอบใช้เวลาไม่เกิน 3 วินาทีต่อกล่อง และความถูกต้องในการตรวจอยู่ในระดับเดียวกัน ดังนั้นจึงเป็นไปได้ที่จะพัฒนาและสร้างเครื่องตรวจสอบความผิดปกติของนม ยู.เอช.ที.บรรจุกล่อง ให้มีขนาดและราคาเหมาะสมขึ้นได้

**คำสำคัญ:** โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ การสั่นสะเทือนแบบเสรี การตรวจสอบผลิตภัณฑ์นม ยู.เอช.ที บรรจุกล่อง

## คำนำ

นม ยู.เอช.ที. เป็นผลิตภัณฑ์ชนิดหนึ่งที่มีความต้องการบริโภคสูง ย่อมาจาก Ultra High Temperature (UHT) ผลิตโดยให้น้ำนมไหลอย่างต่อเนื่องผ่านส่วนของกระบวนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 135 – 150 °C แล้วคงอุณหภูมิไว้ ณ ช่วงเวลาสั้นๆ ทำให้คุณค่าทางอาหารของนมชนิดนี้เสียไปน้อย โดยได้ระดับการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ต้องการ (Burton, 1988; Harding, F. 1995) จากนั้นจึงเข้าสู่กระบวนการบรรจุแบบปลอดเชื้อ (Aseptic Packaging Process) โดยบรรจุในกล่องที่แสงและจุลินทรีย์จากภายนอกไม่สามารถแทรกเข้าไปได้ ทำให้นมชนิดนี้สามารถเก็บและรักษาได้นานที่สภาวะปกติคือมีอายุการเก็บได้นานถึง 6 เดือนโดยไม่ต้องแช่เย็น (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2552; Anonymous,1995) โดย ระบบบรรจุแบ่งเป็น 2 ระบบ คือ ระบบของ TetraPak และระบบ Combibloc ซึ่งจะแตกต่างกันในส่วนของกระดาษที่นำมาใช้ ในระบบ TetraPak กระดาษที่ใช้จะเป็นแผ่นม้วน แล้วนำไปขึ้นรูป แต่ในระบบ Combibloc กระดาษที่นำมาใช้จะขึ้นรูปเป็นทรงกระบอกมาแล้ว นอกจากนี้ยังมีความแตกต่างที่สำคัญอีก คือ ระบบการบรรจุแบบ TetraPak จะไม่มีช่องอากาศด้านบน แต่ระบบการบรรจุแบบ Combibloc จะมีช่องอากาศด้านบน (Anonymous, 2005a; ธนัญชัย, 2550) อย่างไรก็ตามแม้ว่าจะมีระบบควบคุมคุณภาพในระหว่างกระบวนการแต่ก็ยังไม่สามารถที่จะรับประกันได้ว่า ผลิตภัณฑ์นั้นจะไม่มีโอกาสติดเชื้อระหว่างกระบวนการผลิตตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงการบรรจุลงกล่อง โดยมีสาเหตุสำคัญที่พบคืออุณหภูมิที่ใช้ในการผลิตนั้นต่ำกว่าอุณหภูมิฆ่าเชื้อ, เครื่องฆ่าเชื้อไม่มีประสิทธิภาพ, และ ทำการบรรจุในสภาพที่ไม่ปลอดเชื้อ ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้เมื่อมีการผลิตต่อเนื่องเป็นจำนวนมาก (สุวรรณ และจีรศักดิ์, 2548) ดังนั้นการตรวจสอบคุณภาพขั้นตอนสุดท้ายก่อนที่จะนำผลิตภัณฑ์ออกจากโรงงานจึงมีความสำคัญเพื่อรับประกันได้ว่าผลิตภัณฑ์นมนั้นจะไม่เสียก่อนถึงผู้บริโภคหรือเสียก่อนวันหมดอายุที่ระบุไว้ที่กล่อง โดยความเสียหายที่เกิดขึ้นไม่รวมการเสียหายเมื่อผลิตภัณฑ์นมออกจากโรงงานไปแล้วอันเกิดจากการขนส่ง ทำให้การตรวจสอบแบบไม่ทำลายจึงมีความสำคัญในการคัดกรองนมกล่องที่มีแนวโน้มเสียทิ้งก่อนจำหน่าย เนื่องจากนมที่ผลิตในแต่ละช่วงเวลาไม่ได้ปนเปื้อนจุลินทรีย์ทุกกล่อง ทั้งนี้การปนเปื้อนในกระบวนการผลิตเป็นการปนเปื้อนเชื้อเพียงเล็กน้อยนมจึงไม่เสียทันทีแต่จะค่อยๆ ผิดปกติ ซึ่งอาการเหล่านี้ไม่มีทางทราบได้เลยเพราะนมอยู่ในกล่อง พร้อมกันนี้ยังมีการสุ่มตัวอย่างนมกล่องที่ผลิตแล้วต้องเก็บไว้ 7 วันก่อนจำหน่ายมาเพาะเชื้อ ถ้าตัวอย่างใดพบเชื้อเกินมาตรฐานก็นำนมจากลังนั้นมาตรวจและคัดนมกล่องที่เสียทิ้งไปเช่นเดียวกัน (สุวรรณ และคณะ, 2552) ซึ่งความผิดปกตินี้เนื่องมาจากการหลงเหลือของเอนไซม์โปรตีนเอส เอนไซม์ไลเปส และจุลินทรีย์ทำให้เกิดการตกตะกอนของโปรตีนแล้วจับตัวกันเป็นก้อนเรียกว่า Curd ทำให้มีรสชาติ กลิ่น และเนื้อสัมผัสเปลี่ยนไป (Harding, F. 1995; Anonymous, 2007) ปัจจุบันในอุตสาหกรรมนมและอาหารจะใช้เครื่องมือมีชื่อทางการค้าว่า Electester อาศัยการสั่นแบบบังคับแล้ว

ตรวจสอบความหน่วงจากพฤติกรรมการไหลของน้ำนมภายในกล่องที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากความหนืดของนมที่ตกตะกอน โดยนำสัญญาณการสั่นที่เป็นความถี่มาเปรียบเทียบนมดีและเสียต่อไป (Anonymous,2002) ต่อมา (จีรศักดิ์, 2548; สุวรรณ และคณะ, 2549) ได้พัฒนาเครื่องมือต้นแบบที่ใช้หลักการสั่นแบบอิสระและวิเคราะห์ดูการลดลงของแอมปิจูดการสั่นพบว่าสามารถแยกนมปกติและนมที่เสียออกจากกันได้ทั้งหมด โดยทำให้นมในกล่องเกิดการเคลื่อนที่เมื่อนมเป็น Curd จะเกิดการจับตัวทำให้เกิดการเคลื่อนที่ภายในกล่องเปลี่ยนไป โดยใช้ตัวรับสัญญาณที่ไม่มีผลกระทบต่อการสั่นสะเทือนหรือมีผลกระทบน้อยที่สุด จากนั้น (สุวรรณ และคณะ, 2549; สุวรรณ, 2550; ณัฐดนัย และสุวรรณ, 2552) ได้พัฒนาเครื่อง UHT Milk Tester ขึ้นโดยทำงานเป็นแบบรายงานผลโดยตรง (On – line) ทำให้ทราบผลคุณภาพของนม ยู.เอช.ที. ได้ง่ายและรวดเร็วยิ่งขึ้น ใช้การ์ด DAQ (data acquisition card) ที่มีประสิทธิภาพสูงร่วมกับโปรแกรม LabVIEW 7.0 มาใช้ในการรับและประมวลผลสัญญาณทำให้สะดวกและสามารถพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ที่เข้ากับความต้องการได้รวดเร็ว โดยเครื่องที่พัฒนาขึ้นนี้มีความเร็วในการตรวจได้อย่างถูกต้อง 2-3 วินาที/กล่อง อย่างไรก็ตามเพื่อลดขั้นตอนการเขียนโปรแกรมและลดต้นทุนการสร้างเครื่อง งานวิจัยและพัฒนานี้จึงนำโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC) มาประยุกต์ใช้ในการแปรผลสัญญาณและตรวจสอบแทนการควบคุมการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์(computerized function) ทำให้เครื่อง UHT Milk Tester มีขนาดและราคาเหมาะสม

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

1) เครื่องตรวจสอบความผิดปกติ เครื่อง UHT Milk Tester แสดงดัง Figure 1

**Figure 1** UHT Milk Tester

ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ที่สำคัญ คือ ชุดกำเนิดการสั่นแบบเสรี แสดงแบบลายเส้นดัง Figure 2 สำหรับทดสอบตัวอย่างนมกล่อง ยู.เอช.ที ที่ถูกขับด้วยมอเตอร์พร้อมชุดเกียร์ทด ไปหมุนขับชุดเฟืองลูกเบี้ยว ทำให้สปริงขดแบบแรงบิดที่อยู่บนเพลาเดียวกับ optical encoder และตัวอย่างนมกล่อง ยู.เอช.ที. เกิดการง้างตัวและปล่อยตัว ทำให้เกิดการสั่นแบบอิสระ โดยมีตัวหน่วงของระบบคือของเหลว (นมกล่อง ยู.เอช.ที) และสปริงขดแบบแรงบิดที่อยู่บนเพลาเดียวกัน จากนั้น optical encoder ยี่ห้อ Omron รุ่น E6B2-CWZ6C ความละเอียด 2000 pulse/revolution ที่อยู่บนเพลาเดียวกันจะทำการเก็บค่าการเคลื่อนที่ที่เกิดขึ้นจากการสั่นทั้งหมด และนำค่าที่วัดได้มาวิเคราะห์ในลำดับต่อไป

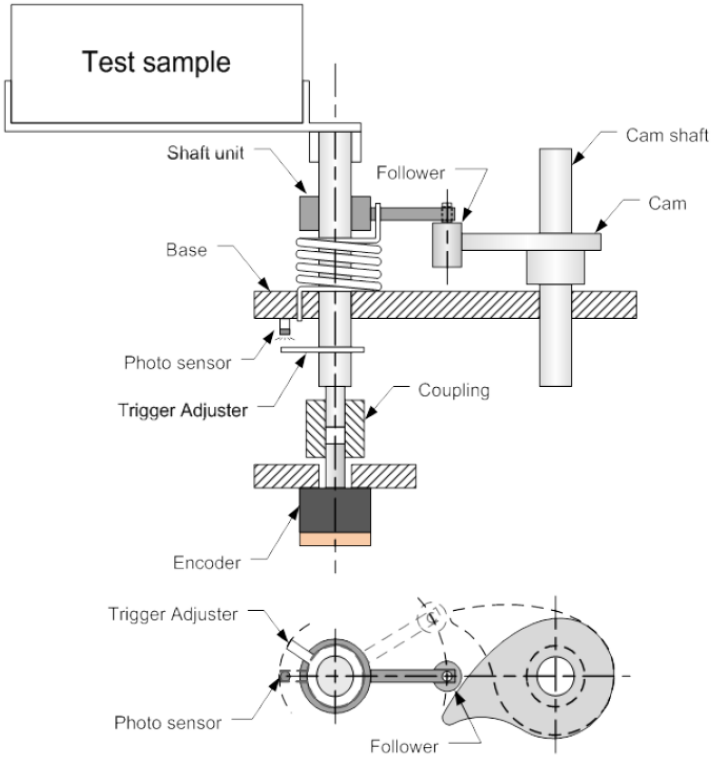


**Figure 2** Photo sensor and trigger adjuster arrangement for free vibration

ส่วนของจอแสดงผลและสั่งการ human interface (HMI) ได้เลือกใช้ยี่ห้อ KInco(Eview) รุ่น ET-070 และในส่วนของการประมวณผลที่นำมาใช้แทนระบบเดิมที่เป็นการ์ด DAQ (data acquisition card) ที่มีร่วมกับโปรแกรม LabVIEW 7.0 ได้เลือกใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC) ยี่ห้อ Mishubishi รุ่น FX3UC-16MT

โปรแกรม GX work 2 ใช้ในการเขียนชุดคำสั่งให้กับโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC) ยี่ห้อ Mishubishi รุ่น FX3UC-16MT สำหรับการประมวลผลค่าที่อ่านได้จาก optical encoder และโปรแกรม Kinco HMI สำหรับการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งานบน human interface (HMI) ยี่ห้อ KInco(Eview) รุ่น ET-070

5) นม ยู.เอช.ที. บรรจุกล่อง ขนาด 200 ml. รสจืด และรสช็อคโกแลต และแท่งไม้ที่ถูกสร้างขึ้นให้มีขนาดเท่ากับกล่องนม 200 ml. ที่ใช้ทดสอบสำหรับเปรียบเทียบการอ่านผล

**วิธีการ**

ใช้เซนเซอร์แสง (Photoeletric sensor) สำหรับตรวจจับการวางกล่องนมเพื่อเริ่มต้นทดสอบ และมีการสั่งการผ่านจอแสดงผลและสั่งการ human interface (HMI) จากนั้นโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC) จะอ่านค่าที่ได้จาก optical encoder ที่มี ความละเอียดของมุมที่วัดได้ (rotation angle resolution) ในการทดลองนี้เลือกใช้ขนาด 2000 pulse/revolution มีค่าเท่ากับ 0.18 องศาต่อ pulse ตามสมการ (1)

$$\text{Rotation angle resolution} = \frac{360}{\text{Encoder pulse per revolution}} \quad (1)$$

นำมาแสดงผลที่ HMI โดยใช้โปรแกรม GX work 2 เขียนชุดคำสั่งให้กับโปรแกรมเมเบิลโลจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC) สำหรับการวิเคราะห์ค่าที่อ่านได้และประมวลผล แสดงผังการทำงานดัง Figure 3 โปรแกรม Kinco HMI สำหรับการออกแบบส่วนผู้ใช้งานบน HMI ได้ออกแบบส่วนการแสดงผลไว้ดัง Figure 4

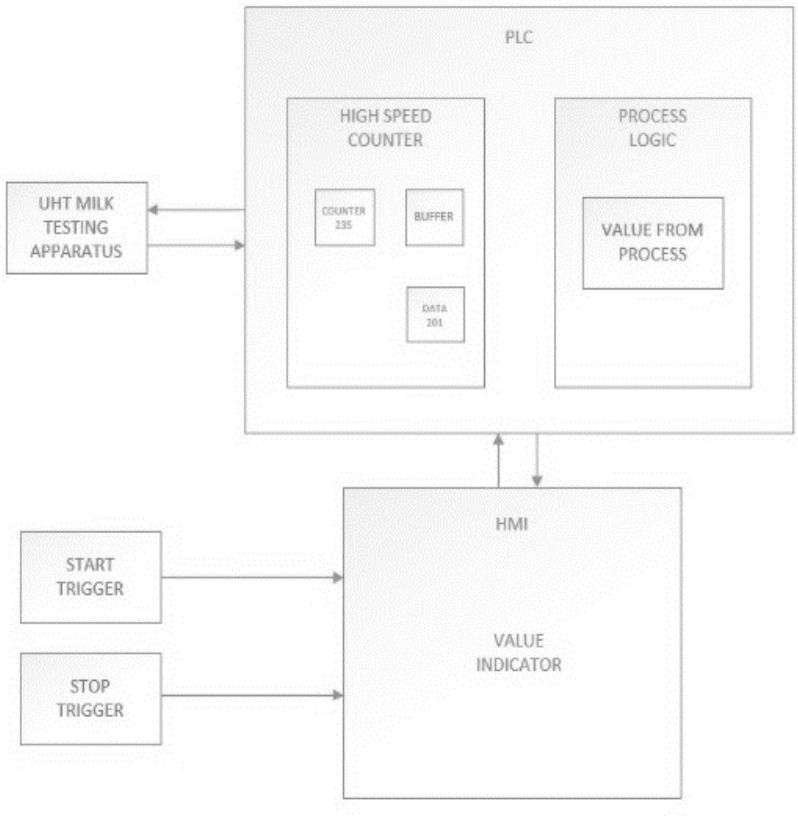


**Figure 3** Flow diagram of UHT milk quality detection using PLC and HMI

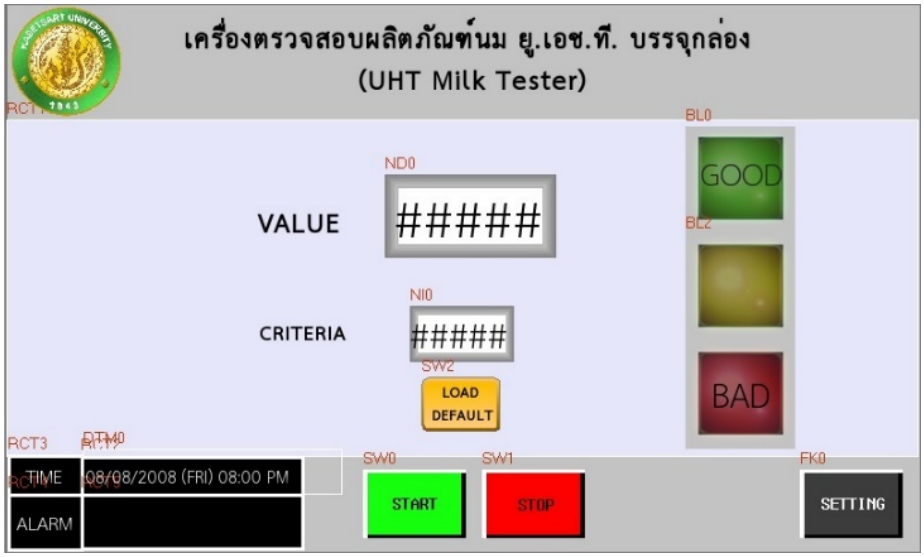


**Figure 4** Human interface for UHT milk tester

ขั้นตอนการทำงานของระบบตรวจสอบใหม่แสดงดัง Figure 5 โดยการเก็บสัญญาณจาก optical encoder จะเป็นการเก็บค่าการเคลื่อนที่ทั้งหมดที่เกิดขึ้นในรูปแบบสัญญาณ pulse จนกระทั่งการสั่นหยุดลง ระบบจะทำการคำนวณค่าที่อ่านได้มาวิเคราะห์ โดยอาศัยหลักการที่ว่าลักษณะคลื่นการสั่นสะเทือนไม่ว่าจะเป็นทั้งในส่วนของ amplitude และ acquisition time มีความแตกต่างกันตามชนิดของนมกล่องรสจืด นมกล่องรสช็อคโกแล็ตเนื่องจากความหนืดต่างกันการเคลื่อนตัวจึงต่างกัน โดยในระบบเก่านั้นใช้การ์ด DAQ (data acquisition card) ร่วมกับโปรแกรม LabVIEW 7.0 มาใช้ในการรับและประมวลผลสัญญาณส่วนของ amplitude ที่เกิดขึ้นจากการสั่น แต่ในระบบใหม่ที่ปรับปรุงขึ้นมาจะอาศัยหลักการของ acquisition time เพื่อลดความซับซ้อนในการคำนวณลง แสดงดัง Figure 5 โดยใช้ระยะทางการสั่นทั้งหมดที่วัดได้จาก optical encoder ในรูปแบบของสัญญาณ pulse มาเทียบกับสัญญาณนาฬิกามาตรฐาน (Real Time Clock) เพื่อหาเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการเคลื่อนที่ (ms) และแสดงผลบนส่วนแสดงผลและสั่งการของผู้ใช้งานดัง Figure 4

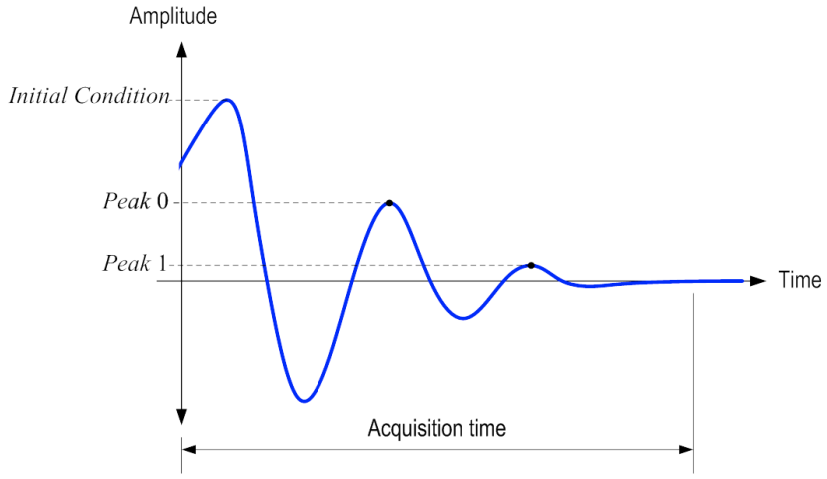


**Figure 5** Acquisition time values of free vibration response used for abnormal index calculation

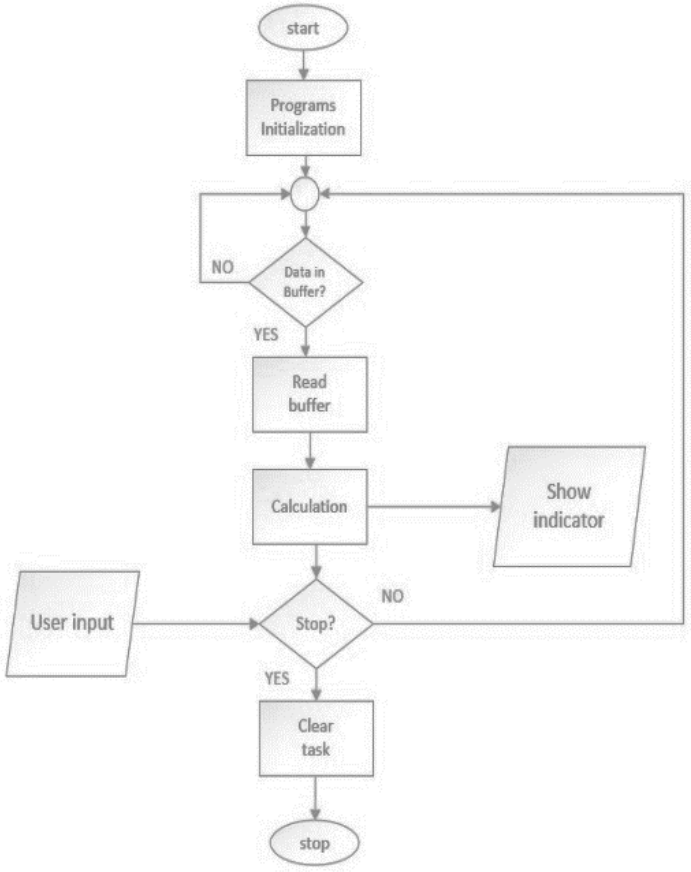


**Figure 6** Main loop and normal or abnormal index calculation section

ลักษณะคลื่นการสั่นสะเทือนไม่ว่าจะเป็นทั้งในส่วนของ amplitude และ acquisition time มีความแตกต่างกันตามชนิดของนมกล่องรสจืด นมกล่องรสช็อคโกแล็ตเนื่องจากความหนืดต่างกันการเคลื่อนตัวจึงต่างกัน รวมถึงการใช้กล่องไม้ที่ทำขึ้นเป็นตัวเปรียบเทียบจากสมมุติฐานคาดว่าค่าการเคลื่อนที่ที่เก็บค่าได้จาก optical encoder โดยใช้โปรแกรมเมเบิลโลจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC) ก็จะแตกต่างกันด้วย ดังนั้นเพื่อยืนยันสมมุติฐานนี้ จึงได้แบ่งการทดลองออกเป็น 3 รูปแบบ โดยใช้การเก็บค่าตัวอย่างละ 100 ครั้ง ดังนี้

(1) เปรียบเทียบค่าการสั่นที่อ่านได้ระหว่างตัวอย่างนมจืดกับกล่องไม้

(2) ทดลองเปรียบเทียบค่าการสั่นที่อ่านได้ระหว่างตัวอย่างนมจืด (เป็นตัวแทนของนมดี) และนมช็อคโกแลต (เป็นตัวแทนของนมผิดปกติ)

(3) ทดลองเปรียบเทียบค่าที่อ่านได้ของตัวอย่างนมจืดและนมช็อคโกแลตโดยใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC) กับการทดสอบตัวอย่างเดียวกันกับการใช้ระบบเดิมคือค่าที่อ่านได้จากคอมพิวเตอร์ LabVIEW 7.0 ในการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง

การทดลองในแต่ละขั้นตอนจะมีการเก็บตัวอย่างค่าทั้งหมด 100 ตัวอย่าง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยนเบนมาตรฐาน ซึ่งจะแสดงในกราฟผลการทดลองในหัวข้อถัดไป โดยเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ต่อกล่องจะถูกตั้งไว้ที่ไม่เกิน 3 วินาทีต่อกล่อง ขั้นตอนการตรวจสอบแสดงตาม Figure 6

**ผลและวิจารณ์**

ผลการเปรียบเทียบค่าการสั่นที่อ่านได้ระหว่างตัวอย่างนมจืดกับกล่องไม้พบว่าค่าที่อ่านได้มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน สามารถแยกนมจืดกับกล่องไม้ได้ แสดงดัง Figure 6

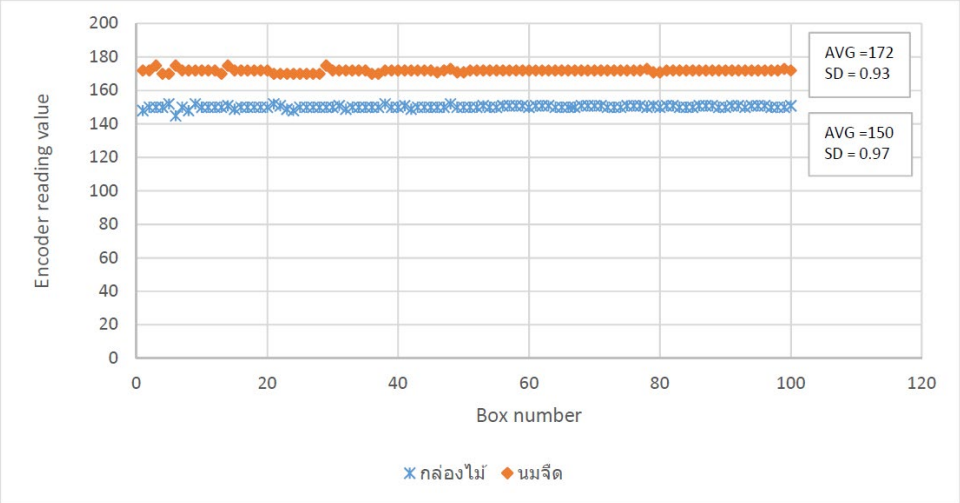


**Figure 7** Comparison of result for UHT plain flavoured milk and wood box in same condition

ผลการเปรียบเทียบค่าการสั่นที่อ่านได้ระหว่างตัวอย่างนมจืดซึ่งในการทดลองนี้สมมุติให้เป็นนมดี กับนมช็อคโกแลตซึ่งสมมุติให้เป็นนมผิดปกติ พบว่าค่าที่อ่านได้มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน สามารถแยกนมจืดกับนมช็อคโกแลตได้หรือสามารถที่จะแยกนมผิดปกติออกจากนมดีได้ ดังแสดงใน Figure 7

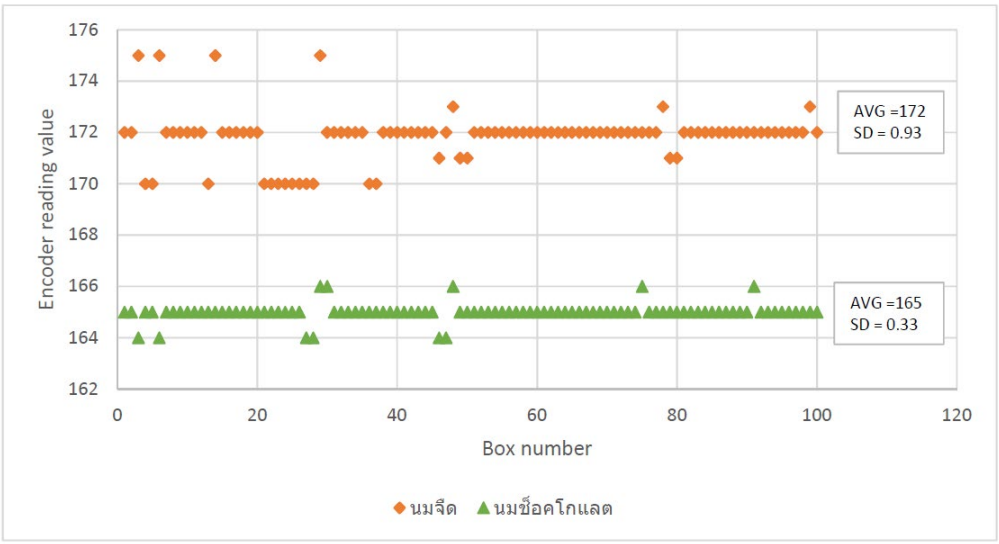


**Figure 8** Comparison of result for UHT plain flavoured milk and UHT chocolate flavoured milk

เปรียบเทียบค่าที่อ่านได้จากนมจืดและนมช็อคโกแลต ระหว่างระบบที่นำโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC) มาใช้ในการประมวลผล ซึ่งเป็นไปดัง Figure 8 กับระบบเดิมที่เป็น

คอมพิวเตอร์ที่ใช้การ์ด DAQ (data acquisition card) ร่วมกับการใช้โปรแกรม LabVIEW 7.0 ของระบบการตรวจสอบความผิดปกติของนมกล่องที่ใช้อยู่เดิม ดังใน Figure 9 พบว่าค่ามีแนวโน้มที่แตกต่างในลักษณะเช่นเดียวกัน คาดการได้ว่าสามารถนำมาใช้ทดแทนกันได้

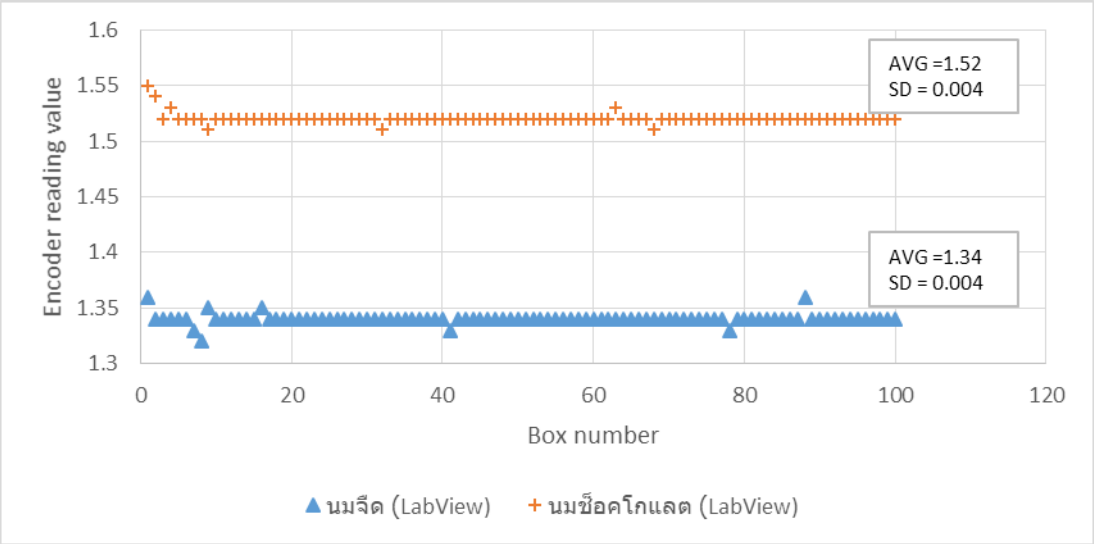


**Figure 9** Comparison of result for UHT plain flavoured milk and UHT chocolate flavoured milk from computerization (Labview with DAQ)

จากผลการทดลองเปรียบเทียบทั้ง 3 รูปแบบ สังเกตุจากกราฟได้ว่าผลการทดลองไม่มีค่าที่เบี่ยงเบนจากกลุ่มข้อมูลจนทำให้ชุดข้อมูลซ้อนทับกัน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ที่คำนวณจากผลการทดลองที่ได้นั้นแสดงให้เห็นถึงการกระจายของข้อมูลที่ค่อนข้างต่ำ ดังนั้นสิ่งเหล่านี้จึงช่วยยืนยันได้ว่าผลการทดลองที่ได้มีความถูกต้องและมีความแม่นยำสูง สามารถนำมาวิเคราะห์ผลได้อย่างถูกต้อง และสามารถแยกความแตกต่างระหว่างกล่องไม้ นมจืดและนมช็อคโกแลตได้จริงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

## สรุปผลการทดลอง

จากการนำโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC) มาประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบความผิดปกติของนม ยู. เอช. ที. บรรจุกล่อง พบว่าสามารถแยกความแตกต่างระหว่างกล่องไม้ นมจืดและนมช็อคโกแลตได้ สามารถรายงานผลและทำงานได้อย่างต่อเนื่องเทียบเท่ากับการใช้การ์ด DAQ (data acquisition card) ร่วมกับโปรแกรม LabVIEW 7.0 ของระบบการตรวจสอบความผิดปกติของนมกล่องที่ใช้อยู่เดิม โดยมีความถูกต้องในการตรวจสอบ 100% และใช้เวลาในการตรวจสอบไม่เกิน 3 วินาทีต่อกล่อง ดังนั้นจึงเป็นไปได้ที่จะนำโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC) มาพัฒนาและสร้างเครื่องตรวจสอบความผิดปกติของนม ยู.เอช.ที.บรรจุกล่อง ให้มีขนาดและราคาเหมาะสมขึ้นได้

## เอกสารอ้างอิง

จีรศักดิ์ ลี้สมบูรณ์วงศ์. 2548. การพัฒนาเทคนิคแบบไม่ทำลายสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของนม ยู.เอช.ที. บรรจุกล่อง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ณัฐดนัย ตัณฑวิรุฬห์ และ สุวรรณ หอมหวล. 2552. การประยุกต์โปรแกรมแลบวิว

สำหรับการตรวจสอบความผิดปกติของนม ยู.เอช.ที.บรรจุกล่องแบบไม่ทำลาย. วิทยาสารกำแพงแสน7( 3). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธนัญชัย พันธ์พิชญ์เสถียร. 2550. เครื่องตรวจสอบความผิดปกติของนม ยู.เอช.ที. บรรจุกล่องโดยไม่ทำลาย แบบรายงานผลโดยตรง.วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

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

สุวรรณ หอมหวล, ณัฐดนัย ตัณฑวิรุพห์, สวัสดิ์ ภูมิสวัสดิ์, วัชมา โพธิ์ทอง และ เอนก ไกรรอด. 2549. คู่มือเครื่องตรวจความผิดปกติของนมยู.เอช.ที. หรือผลิตภัณฑ์อาหารเหลวบรรจุกล่องแบบไม่ทำลาย.ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน, มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์.

สุวรรณ หอมหวล, ณัฐดนัย ตัณฑวิรุพห์ และ เอนก ไกรรอด.2552. คู่มือ เครื่องตรวจความผิดปกติของนม ยู.เอช.ที. หรือผลิตภัณฑ์อาหารเหลวบรรจุกล่องแบบไม่ทำลาย.ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

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

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. (2552). คู่มือ คลายข้อสงสัยเรื่องนม. กองพัฒนาศักยภาพผู้บริโภค. สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา

Anonymous.( 1995) . Dairy Processing Handbook.Tetra Pak Processing System AB S-221 86 Lund.

Anonymous.(2002). New computerized non - destructive testing system for U.H.T.milk products.AvailableSource: http://www.eibis.com/eibis/eibiswww/eibisdoc/4005en.htm.

Anonymous.2005a.FillingMachine. Available Source: http://www.sig.biz.

Anonymous. 2005b. ElecTester. Available Source: http://www.elecster.fi/electester.html

Anonymous. (2007). Curd. Available Source: http://en.wikipedia.org/wiki/Curd, March 28, 2009.

Burton, H. (1988).Ultra-High-Temperature Processing of Milk and Milk Products.ElsevierApplied Science Publ. Co., Inc. New York.

Harding, F. 1995. Milk Quality. Chapman & Hall, London. 166 p.

**Received 1 MAY 2018**

**Accepted 28 December 2018**