

## การประยุกต์ใช้โปรแกรมเมเบิลโลจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC) สำหรับ เครื่องตรวจสอบความผิดปกติของนม ยู.เอช.ที.บรรจุกล่อง

จรัสพงศ์ เจษฎาเมธานนท์\*, กิติพงษ์ เจาจารีก และ สุวรรณ หอมหวล

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน  
ตำบลกำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

ผู้เขียนติดต่อ: จรัสพงศ์ เจษฎาเมธานนท์ E-mail: charatphong.che@ku.th

### บทคัดย่อ

การตรวจสอบผลิตภัณฑ์นมกล่อง ยู.เอช.ที. ในขั้นตอนสุดท้ายก่อนส่งถึงมือผู้บริโภคมีความสำคัญมาก ทำให้สามารถระงับผลิตภัณฑ์นมกล่องที่เสียก่อนถึงมือผู้บริโภค เป็นการเพิ่มความเชื่อมั่นแก่ผู้บริโภคได้ ปัจจุบันการตรวจสอบมีสองรูปแบบ คือ การตรวจสอบแบบทำลาย คือ ตัดกล่องดูความผิดปกติ และการตรวจสอบแบบไม่ทำลาย โดยใช้เครื่องตรวจสอบความผิดปกติของนม ยู.เอช.ที. บรรจุกล่อง ซึ่งใช้หลักการสั่นแบบเสรี ทำให้เกิดการเคลื่อนตัวของของเหลวภายในกล่อง แล้วใช้คอมพิวเตอร์ในการแปรผลสัญญาณการสั่นดังกล่าว ในการคัดแยกส่วนของผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีออกจากผลิตภัณฑ์ที่มีแนวโน้มว่าจะเสียก่อนวันหมดอายุจริงโดยไม่ต้องเปิดกล่อง สามารถตรวจสอบโดยใช้เวลา 2-3 วินาทีต่อกล่อง มีความถูกต้องในการตรวจสอบ 100 เปอร์เซ็นต์ สำหรับงานวิจัยนี้เป็นการนำโปรแกรมเมเบิลโลจิกคอนโทรลเลอร์มาใช้ในการแปรผลสัญญาณการสั่นแทนคอมพิวเตอร์ประมวลผล เพื่อลดขนาดและต้นทุนของเครื่อง ผลการทดลองเบื้องต้นพบว่าสามารถใช้แทนกันได้ สามารถแยกความแตกต่างระหว่างนมดีและนมเสียได้โดยความสามารถในการตรวจสอบใช้เวลาไม่เกิน 3 วินาทีต่อกล่อง และความถูกต้องในการตรวจสอบอยู่ในระดับเดียวกัน ดังนั้นจึงเป็นไปได้ที่จะพัฒนาและสร้างเครื่องตรวจสอบความผิดปกติของนม ยู.เอช.ที. บรรจุกล่อง ให้มีขนาดและราคาเหมาะสมขึ้นได้

**คำสำคัญ:** โปรแกรมเมเบิลโลจิกคอนโทรลเลอร์, การสั่นสะเทือนแบบเสรี, การตรวจสอบผลิตภัณฑ์นม ยู.เอช.ที. บรรจุกล่อง

## Application of Programmable Logic Controller (PLC) for U.H.T. Milk Tester

### Abstract

In order to increase the confidence, the finished UHT milk product is necessary to inspection before deliver to the customer. Currently, there have two types of monitoring method: the destructive method, that the sampling UHT milk box is cut and observed some abnormal occurrence inside. And the non-destructive inspection by using the UHT milk tester. This equipment uses the free vibration concept by oscillating liquid in box and interpreting the vibration signal with the computerization for the abnormal product detection. Thus, the box containing good quality milk can separate from the boxed products that trend to be spoil before expired date without opened. The verification capacity of this equipment is 2-3 seconds per sample, with the 100 percent accuracy. However, to reduce the cost and size of this equipment, this research is conducted by applying the programmable logic controller (PLC) to transform the vibrational signals. The results show that it can inspect the boxed products with the same performance level, when comparing to the computerization. Therefore, it is possible to develop and fabricate the U.H.T. milk tester in reasonable size and cost.

**Keywords:** programmable logic controller (PLC), free vibration, U.H.T. milk tester.

### 1. บทนำ

นม ยู.เอช.ที. เป็นผลิตภัณฑ์ชนิดหนึ่งที่มีความต้องการบริโภคสูง ย่อมาจาก Ultra High Temperature (UHT) ผลิตโดยให้น้ำนมไหลอย่างต่อเนื่องผ่านส่วนของกระบวนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 135-150°C แล้วคุณอุณหภูมิไว้ 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 ซึ่งจะแตกต่างกันในส่วนองกระดาศที่นำมาใช้ ในระบบ TetraPak กระดาศที่ใช้จะเป็นแผ่นม้วนแล้วนำไปขึ้นรูป แต่ในระบบ Combibloc กระดาศที่นำมาใช้จะขึ้น

รูปเป็นทรงกระบอกมาแล้ว นอกจากนี้ยังมีความแตกต่างที่สำคัญอีกคือ ระบบการบรรจุแบบ TetraPak จะไม่มีช่องอากาศด้านบน แต่ระบบการบรรจุแบบ Combibloc จะมีช่องอากาศด้านบน (Anonymous, 2005a; ธัญชัย, 2550) อย่างไรก็ตามแม้ว่าจะมีระบบควบคุมคุณภาพในระหว่างกระบวนการแต่ก็ยังไม่สามารถที่จะรับประกันได้ว่า ผลิตภัณฑ์นั้นจะไม่มีโอกาสติดเชื้อระหว่างกระบวนการผลิตตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงการบรรจุลงกล่อง โดยมีสาเหตุสำคัญที่พบคืออุณหภูมิที่ใช้ในการผลิตนั้นต่ำกว่าอุณหภูมิฆ่าเชื้อ, เครื่องฆ่าเชื้อไม่มีประสิทธิภาพ, และ ทำการบรรจุในสภาพที่ไม่ปลอดเชื้อ ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้เมื่อมีการผลิตต่อเนื่องเป็นจำนวนมาก (สุวรรณ และจิรศักดิ์, 2548; จิรศักดิ์, 2548) ดังนั้นการตรวจสอบคุณภาพขั้นตอนสุดท้ายก่อนที่จะนำผลิตภัณฑ์ออกจากโรงงานจึงมีความสำคัญเพื่อรับประกันได้ว่าผลิตภัณฑ์นั้นจะไม่เสียก่อนถึงผู้บริโภค หรือเสียก่อนวันหมดอายุที่ระบุไว้ที่กล่อง โดยความเสียหายที่เกิดขึ้นไม่รวมการเสียหายเมื่อผลิตภัณฑ์นมออกจากโรงงานไปแล้ว อันเกิดจากการขนส่ง ทำให้การตรวจสอบแบบไม่ทำลายจึงมีความสำคัญ ในการคัดกรองนมกล่องที่มีแนวโน้มเสียทิ้งก่อนจำหน่าย เนื่องจากนมที่ผลิตในแต่ละช่วงเวลาไม่ได้ปนเปื้อนจุลินทรีย์ทุกกล่อง ทั้งนี้การปนเปื้อนในกระบวนการผลิตเป็นการปนเปื้อนเชื้อเพียงเล็กน้อย นมจึงไม่เสียทันที แต่จะค่อยๆ ผิดปกติ ซึ่งอาการเหล่านี้ไม่มีทางทราบได้เลย เพราะนมอยู่ในกล่อง พร้อมกับนี้ยังมีการสูมตัวอย่างนมกล่องที่ผลิตแล้วต้องเก็บไว้ 7 วัน ก่อนจำหน่ายมาเพาะเชื้อ ถ้าตัวอย่างใดพบเชื้อเกินมาตรฐานก็นำนมจากกล่องนั้นมาตรวจและคัดนมกล่องที่เสียทิ้งไปเช่นเดียวกัน ( สุวรรณ และคณะ, 2552) ซึ่งความผิดปกตินี้เนื่องมาจากการหลงเหลือของเอนไซม์โปรตีนเอส เอนไซม์ไลเปส และจุลินทรีย์ ทำให้เกิดการตกตะกอนของโปรตีนแล้วจับตัวกันเป็นก้อนเรียกว่า Curd ทำให้มีรสชาด กลิ่น และ เนื้อสัมผัสเปลี่ยนไป (Harding, F. 1995; Anonymous, 2007) ปัจจุบันในอุตสาหกรรมนมและอาหารจะใช้เครื่องมือมีชื่อทางการค้าว่า Electester อาศัยการสั่นแบบบังคับแล้วตรวจสอบความหน่วงจากพฤติกรรมการไหลของน้ำนมภายในกล่องที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากความหนืดของนมที่ตกตะกอน โดยนำสัญญาณการสั่นที่เป็นความถี่มาเปรียบเทียบกับมิติและเสียต่อไป (Anonymous, 2002) ต่อมา (จิรศักดิ์, 2548; สุวรรณ และคณะ, 2549) ได้พัฒนาเครื่องมือต้นแบบที่ใช้หลักการสั่นแบบอิสระและวิเคราะห์การลดลงของแอมพลิจูดการสั่นพบว่า สามารถแยกนมปกติ และนมที่เสียออกจากกันได้ทั้งหมด โดยทำให้นมในกล่องเกิดการเคลื่อนที่ เมื่อ นมเป็น Curd จะเกิดการจับตัวทำให้เกิดการเคลื่อนที่ภายในกล่องเปลี่ยนไป โดยใช้ตัวรับสัญญาณที่ไม่มีผลกระทบต่อการสั่นสะท้อน หรือมีผลกระทบน้อยที่สุด จากนั้น (สุวรรณ และคณะ, 2549; สุวรรณ, 2550; ณัฐนัย และสุวรรณ, 2552) ได้พัฒนาเครื่อง U.H.T. Milk Tester ขึ้น โดยทำงานเป็นแบบรายงานผลโดยตรง (On - line) ทำให้ทราบผลคุณภาพของนม ยู.เอช.ที. ได้ง่ายและรวดเร็วยิ่งขึ้น ใช้การ์ด DAQ (data acquisition card) ที่มีประสิทธิภาพสูงร่วมกับโปรแกรม

LabVIEW 7.0 มาใช้ในการรับและประมวลผลสัญญาณทำให้สะดวกและสามารถพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ที่เข้ากับความต้องการได้รวดเร็ว โดยเครื่องที่พัฒนาขึ้นนี้มีความเร็วในการตรวจได้อย่างถูกต้อง 2-3 วินาที/กล่อง อย่างไรก็ตามเพื่อลดขั้นตอนการเขียนโปรแกรมและลดต้นทุนการสร้างเครื่อง งานวิจัยและพัฒนาที่นำมาโปรแกรมเมเบิลโลจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC) มาประยุกต์ใช้ในการประมวลผลสัญญาณและตรวจสอบแทนการควบคุมการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์ (computerized function) ทำให้เครื่อง U.H.T. Milk Tester มีขนาดและราคาเหมาะสม

## 2. อุปกรณ์และวิธีการ

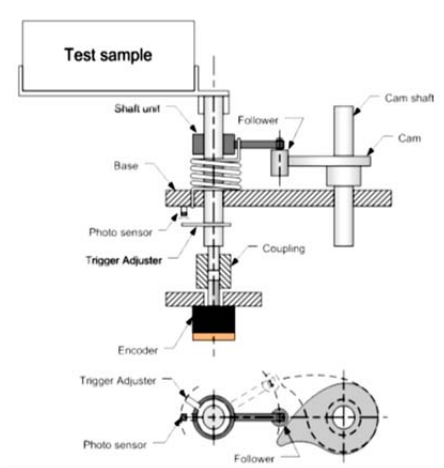
### 2.1 อุปกรณ์

- เครื่องตรวจสอบความผิดปกติ เครื่อง U.H.T. Milk Tester แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 เครื่อง U.H.T. Milk Tester.

ประกอบด้วยส่วนต่างๆที่สำคัญ คือ ชุดกำเนิดการสั่นแบบเสรี แสดงแบบลายเส้นดังรูปที่ 2 สำหรับทดสอบตัวอย่างนม ที่ถูกขับด้วยมอเตอร์พร้อมเกียร์ทด ไปหมุนขับชุดเฟืองลูกเบี้ยว ทำให้สปริงชุดแบบแรงบิดที่อยู่บนเพลลาเดียวกับ optical encoder เกิดการง้างตัวและปล่อยตัว เกิดการสั่นอิสระ



รูปที่ 2 แสดงแบบสายเส้นชุดกำเนิดการสั่นแบบเสรี (สุวรรณ, 2550; ญัฐดนัย และสุวรรณ, 2552)

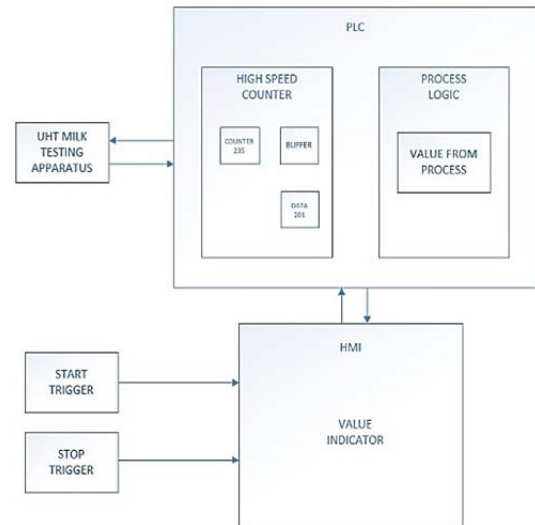
- จอแสดงผลและสั่งการ human interface (HMI)
- โปรแกรมเมเบิลโลจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC) สำหรับอ่านค่าที่ได้จาก optical encoder นำมาประมวลผล
- โปรแกรม GX work2 ในการเขียนชุดคำสั่งให้กับโปรแกรมเมเบิลโลจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC) สำหรับการประมวลผล และโปรแกรม Kinco HMI สำหรับการออกแบบส่วนผู้ใช้งานบน human interface (HMI)
- นม ยู.เอช.ที. บรรจุกล่อง ขนาด 200 ml. รสจืด และรสช็อคโกแลต และแท่งไม้ที่ถูกสร้างขึ้นให้มีขนาดเท่ากับกล่องนม 200 ml. ที่ใช้ทดสอบสำหรับเปรียบเทียบการอ่านผล

## 2.2 วิธีการ

- ใช้โฟโต้เซนเซอร์ สำหรับตรวจจับการวางกล่องนมเพื่อเริ่มต้นทดสอบและมีการสั่งการผ่านจอแสดงผลและสั่งการ human interface (HMI) จากนั้นโปรแกรมเมเบิลโลจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC) จะอ่านค่าที่ได้จาก optical encoder ที่มีความละเอียดของมุมที่วัดได้ (rotation angle resolution) ในการทดลองนี้เลือกใช้ขนาด 500 pulse/revolution มีค่าเท่ากับ 0.72 องศาต่อ pulse ตามสมการ (1)

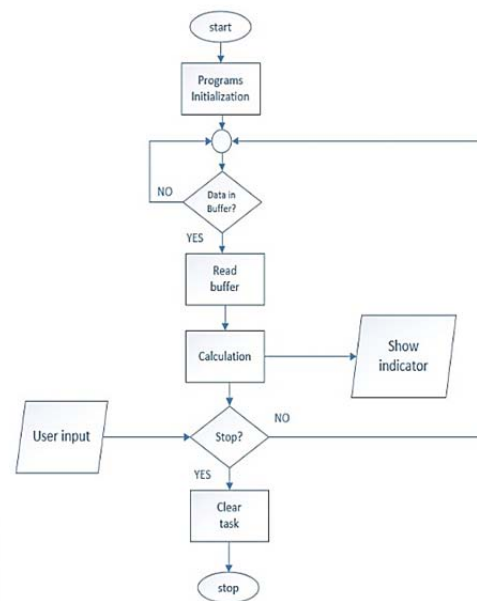
$$\text{Rotation angle resolution} = \frac{360}{4 \times \text{Encoder pulse per revolution}} \quad (1)$$

นำมาแสดงผลที่ HMI โดยใช้โปรแกรม GX work2 เขียนชุดคำสั่งให้กับโปรแกรมเมเบิลโลจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC) สำหรับการประมวลผล และโปรแกรม Kinco HMI สำหรับการออกแบบส่วนผู้ใช้งานบน HMI แสดงผังการทำงานดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แฝงผังการทำงานของระบบตรวจสอบใหม่

- ขั้นตอนการทำงานของระบบตรวจสอบใหม่แสดงดังรูปที่ 4 โดยการเก็บสัญญาณจาก optical encoder จะเป็นการเก็บค่าการเคลื่อนที่ทั้งหมดที่เกิดขึ้นในรูปแบบสัญญาณ pulse จนกระทั่งการสั่นหยุดลง



รูปที่ 4 ขั้นตอนการทำงานของระบบ

- ลักษณะคลื่นการสั่นสะเทือนไม่ว่าจะเป็นทั้งในส่วนของ amplitude และ acquisition time มีความแตกต่างกันตามชนิดของนมกล่องรสจืด นมกล่องรสช็อคโกแลตเนื่องจากความหนืดต่างกัน การเคลื่อนที่จึงต่างกัน รวมถึงการใช้กล่องไม้ที่สร้างขึ้นเป็นตัวเปรียบเทียบจากสมมุติฐานคาดว่าค่าการเคลื่อนที่ที่เก็บค่าได้จาก optical encoder โดยใช้โปรแกรมเมเบิลโลจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC) ก็จะแตกต่างกันด้วย ดังนั้นเพื่อยืนยันสมมุติฐานนี้ จึงได้แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ส่วนโดยใช้การเก็บค่าตัวอย่างละ 100 ครั้ง ดังนี้

- เปรียบเทียบค่าการสั่นที่อ่านได้ระหว่างตัวอย่างนมจืดกับกล่องไม้

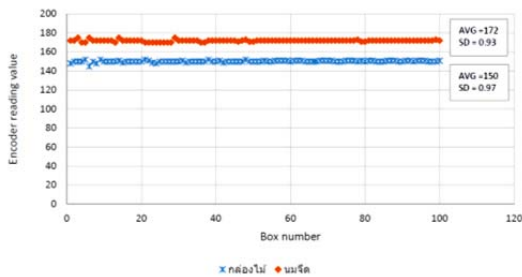
- ทดลองเปรียบเทียบค่าการสั่นที่อ่านได้ระหว่างตัวอย่างนมจืด(เป็นตัวแทนของนมดี) และนมช็อคโกแลต (เป็นตัวแทนของนมผิดปกติ)

- ทดลองเปรียบเทียบค่าที่อ่านได้ของตัวอย่างนมจืดและนมช็อคโกแลต โดยใช้โปรแกรมเมเบิลโลจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC) กับระบบเดิมที่เป็นคอมพิวเตอร์ประมวลผลที่ใช้การ์ด DAQ (data acquisition card) ร่วมกับการใช้โปรแกรม LabVIEW 7.0 ในการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง

การทดลองในแต่ละขั้นตอนจะมีการเก็บตัวอย่างค่าทั้งหมด 100 ค่า แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ซึ่งจะแสดงในกราฟผลการทดลองในหัวข้อถัดไป โดยเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ต่อกล่องจะถูกตั้งไว้ที่ไม่เกิน 3 วินาทีต่อกล่อง ขั้นตอนการตรวจสอบแสดงตามรูปที่ 4

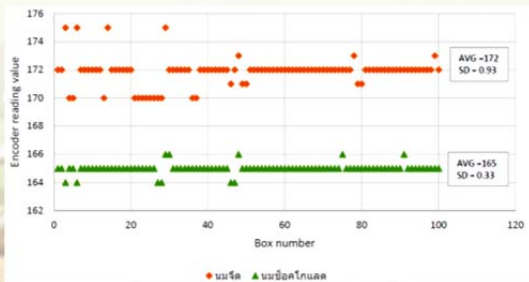
### 3. ผลและวิจารณ์

■ ผลการเปรียบเทียบค่าการสั่นที่อ่านได้ระหว่างตัวอย่างนมจืดกับกล่องไม้พบว่าค่าที่อ่านได้มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน สามารถแยกนมจืดกับกล่องไม้ได้ แสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 เปรียบเทียบนมจืดกับกล่องไม้

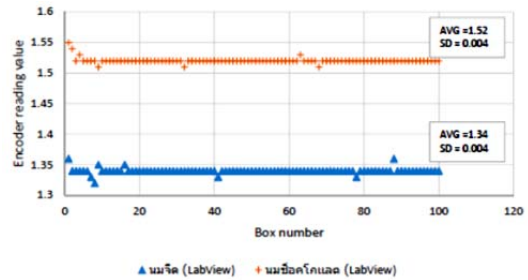
■ ผลการเปรียบเทียบค่าการสั่นที่อ่านได้ระหว่างตัวอย่างนมจืดซึ่งในการทดลองนี้สมมติให้เป็นนมดี กับนมช็อคโกแลตซึ่งสมมติให้เป็นนมผิดปกติ พบว่าค่าที่อ่านได้มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน สามารถแยกนมจืดกับนมช็อคโกแลตได้หรือสามารถที่จะแยกนมผิดปกติออกจากนมดีได้ ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 เปรียบเทียบนมจืดกับนมช็อคโกแลต

เปรียบเทียบค่าที่อ่านได้จากนมจืดและนมช็อคโกแลต ระหว่างระบบที่นำโปรแกรมเมเบิลโลจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC) มาใช้ในการ

ประมวลผลซึ่งเป็นไปดังรูปที่ 6 กับระบบเดิมที่เป็นคอมพิวเตอร์ที่ใช้การ์ด DAQ (data acquisition card) ร่วมกับการใช้โปรแกรม LabVIEW 7.0 ของระบบการตรวจสอบความผิดปกติของนมกล่องที่ใช้อยู่เดิมดังในรูปที่ 7 พบว่าค่ามีแนวโน้มที่แตกต่างในลักษณะเช่นเดียวกัน ทำให้คาดการณ์ได้ว่าสามารถนำระบบที่พัฒนาขึ้นมาใหม่นี้มาใช้ทดแทนระบบเดิมได้



รูปที่ 7 ค่าของนมจืดและนมช็อคโกแลตที่อ่านได้จากระบบเก่า

### 4. สรุป

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

### 5. เอกสารอ้างอิง

- จรัสศักดิ์ ลีสุมบุญวงศ์. 2548. การพัฒนาเทคนิคแบบไม่ทำลายสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของนม ยู.เอช.ที. บรรจุกล่อง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ณัฐดนัย ตันพิรุฬห์ และ สุวรรณ หอมหวล. 2552. การประยุกต์โปรแกรมแลบวิวสำหรับการตรวจสอบความผิดปกติของนม ยู.เอช.ที. บรรจุกล่องแบบไม่ทำลาย. วิทยาสารกำแพงแสน, 7(3). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ณัฐชัย พันธุ์พิชญเสถียร. 2550. เครื่องตรวจสอบความผิดปกติของนม ยู.เอช.ที. บรรจุกล่องโดยไม่ทำลาย แบบรายงานผลโดยตรง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุวรรณ หอมหวล และ จรัสศักดิ์ ลีสุมบุญวงศ์. 2548. การพัฒนาเทคนิคตรวจสอบความผิดปกติของนม ยู.เอช.ที. แบบไม่ทำลาย, น. 186-187. การประชุมวิชาการ ครั้งที่ 6. สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.
- สุวรรณ หอมหวล, ณัฐดนัย ตันพิรุฬห์, สวัสดิ์ ภูมิสวัสดิ์, วัชมา โพธิ์ทอง และ เอนก ไกรรอด. 2549. คู่มือเครื่องตรวจสอบความผิดปกติ



- ของนมยู.เอช.ที. หรือผลิตภัณฑ์อาหารเหลวบรรจุกล่องแบบไม่ทำลาย. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน, มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์.
- สุวรรณ หอมหวล และ จีระศักดิ์ ลิ้มสมบูรณ์วงศ์. (2548) การพัฒนาเทคนิคตรวจสอบความผิดปกติของนม ยู.เอช.ที. แบบไม่ทำลาย. 186-187 น. การประชุมวิชาการ ครั้งที่ 6. สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ.
- สุวรรณ หอมหวล, ธีรุตนัย ตันทวีรุฬห์ และ เอนก ไกรรอด. 2552. คู่มือ เครื่องตรวจความผิดปกติของนม ยู.เอช.ที. หรือผลิตภัณฑ์อาหารเหลวบรรจุกล่องแบบไม่ทำลาย. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน, 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. Filling Machine. Available Source: <http://www.sig.biz>.
- Anonymous. 2005b. ElecTester. Available Source: <http://www.electster.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. Elsevier Applied Science Publ. Co., Inc. New York.
- Burton, H. 1988. Ultra-High-Temperature Processing of Milk and Milk Products. Elsevier Applied Science Publ. Co., Inc. New York.
- Donald J. M., Brown R. J. and Ernstrom C. A. 1984. Enzymatic Coagulation of Milk Casein Micelles. J. Dairy research. 48: 57 – 63.
- Fountain, T. 1992. Engineering for Windows 3. IEE Review. 38:377-379.
- Harding, F. 1995. Milk Quality. Chapman & Hall, London. 166 p.
- Harding, F. (1995). Milk Quality. Chapman & Hall, London.
- O'Callaghan, D. J., O'Donnell C. P. and Payne F. A. 1999. A comparison of On-line Techniques for Determination of Curd Setting Time Using Cheesemilks under Different Rates of Coagulation. Journal of food Engineering. 41:43 –54.
- O'Callaghan, D. J., C. P. O'Donnell and Payne, F.A. 2000. On-line Sensing Techniques for Coagulum Setting in Renneted Milks. Journal of food Engineering. 43:155 – 165.