

การศึกษาผลกระทบของการควบคุมอัตราการไหลของลมในระบบนิวเมติกในเครื่องเทถึงเก็บน้ำนมดิบ

The study to the effect of air flow rate controlling pneumatic system in a machine pouring raw milk into storage tanks

อดิศักดิ์ บุตรวงษ์¹, วีระพล แก้วกา², กวีพงษ์ หงษ์ทอง², ธวัชชัย สีลาโส³, อภิชาติ ศรีชาติ¹

Adisak Bootwong, Weeraphon Kaewka, Kaweepong Hongtong, Tawatchai Seelaso, Aphichat Srichat*

Received: 10 July 2019; Revised: 13 August 2019; Accepted: 10 September 2019

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเกี่ยวกับการควบคุมอัตราการไหลของลมในระบบนิวเมติกที่ใช้บังคับการเทของเครื่องเทถึงเก็บน้ำนมดิบอัตโนมัติที่เหมาะสม เพื่อใช้เป็นตัวกำหนดปริมาณอัตราการไหลของลมและแรงดันที่เหมาะสมในการควบคุมของระบบนิวเมติกในเครื่องเทถึงเก็บน้ำนมดิบ โดยไม่ทำให้เกิดการกระชากในขณะเทน้ำนมดิบออกจากถังเก็บและลดความสูญเสียขณะเทน้ำนมดิบในกระบวนการรวบรวมน้ำนมดิบ โดยใช้การควบคุมการทำงานโดยใช้ PLC ควบคุมระบบนิวเมติก ทำการทดลองด้วยการกำหนดให้น้ำในถังมีปริมาณ 40 ลิตร (ใช้น้ำแทนน้ำนมดิบโดยใช้น้ำหนักเท่ากับการทำงานจริง) และกำหนดแรงดันลมที่ 7 บาร์ การกำหนดเวลาที่ใช้ในการเทถึงนม 15 วินาที และควบคุมอัตราการไหลของลมที่ 25%, 50%, 75% และ 100% (โดยการปรับวาล์วควบคุม) จากการทดสอบพบว่าอัตราการไหลของลมในการควบคุมมีผลต่อปริมาณน้ำที่ได้ โดยเมื่อปรับวาล์วควบคุมอัตราการไหลของลมให้มีปริมาณอัตราการไหลของลมต่ำจะทำให้เครื่องสามารถเทน้ำออกได้มีประสิทธิภาพมากกว่าเนื่องจากไม่มีการกระชากจนน้ำในถังกระเด็นออกนอกภาชนะรองรับ และพบว่าเวลาที่ใช้ในการเทน้ำออกจนหมดถัง คือ 14 วินาที และการปรับวาล์วลมที่ 50% จะทำให้เกิดการสูญเสียน้ำขณะเทน้อยที่สุดสำหรับเครื่องเทถึงน้ำนมดิบที่พัฒนาขึ้น ซึ่งเป็นการพัฒนาการเกษตรในกระบวนการแปรรูปน้ำนมดิบสู่ระบบอัตโนมัติต่อไป

คำหลัก: เครื่องเท น้ำนมดิบ ระบบอัตโนมัติ

Abstract

The objective of this research is to study the air flow rate control of a pneumatic system of a machine that is used in the automatic pouring of raw milk into a storage tank. The study was used to setup the amount of air flow rate and the pressure to control the pneumatic system in the raw milk storage tank machine in order to operate without surges and to reduce losses while pouring raw milk in the collection process. The pneumatic system used a PLC control system. The experiment used water instead of raw milk (they are the same weight) in the 40 L storage tank and set the air pressure of the pneumatic system at 7 bar. The time for pouring the milk into the storage tank was set at 15 seconds and the air flow rate was controlled at 25%, 50%, 75% and 100% (by adjusting position of the control valve). It was found that the air flow rate in the control system affects the water pouring that can be obtained. When the position of air flow rate control valve was adjusted to low level, the raw milk storage tank machine can pour out the water with high efficiency because the water in the tank has no surges and splashes. Then, it was found that the time of pouring water completely is 14 seconds and the air flow rate control valve set at 25% causes the least water loss for this machine. This is a development in the automation of the raw milk processing system.

Keywords: Pouring machine, Raw milk, Automatic system

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์, ² อาจารย์, ³ เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการ, สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี 123 หมู่ 12 ต.สามพร้าว อ.เมือง จ.อุดรธานี 41000

* Corresponding author.: Aphichat Srichat, Faculty of Technologi, Udon Thani Rajabhat University, Muang, Udonthani 41000, Thailand. saphichat@udru.ac.th.

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ข้อมูลจำนวนเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์และปศุสัตว์ในปี พ.ศ. 2560 จำนวน 2,810,317 ราย¹ มีจำนวนปริมานผู้เลี้ยงโคนมจำนวน 17,348 ราย จำนวนรวม 584,327 ตัว² ปัญหาหลักเกษตรกร คือ ไม่มีแรงงานในการฟาร์มเลี้ยงปศุสัตว์³ การทำธุรกิจโคนมพบว่าวิธีการเก็บรักษาน้ำนม เริ่มต้นจากน้ำนมดิบจากเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนม จะถูกบรรจุในภาชนะบรรจุน้ำนมดิบ จากนั้นจะจัดส่งไปยังศูนย์รวบรวมน้ำนมดิบ ซึ่งภาชนะบรรจุน้ำนมดิบ ต้องสะอาด ไม่มีกลิ่นอับหรือบูด มีผิวเรียบ ไม่มีรอยตะเข็บ ไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำนมดิบ ภายหลังจากใช้งานทุกครั้งต้องทำความสะอาดทันที ปลอดภัยต่อการขนย้าย และต้องขนส่งไปยังศูนย์รวบรวมน้ำนมดิบ ภายใต้อุณหภูมิไม่เกิน 2 ชั่วโมง โดยศูนย์จะรวบรวมน้ำนมดิบจากเกษตรกรรายย่อย จะเทรวมกันในถังเก็บรวบรวมน้ำนมดิบ เพื่อส่งต่อไปยังโรงงานแปรรูปน้ำนมโดยใช้รถบรรทุกที่ควบคุมอุณหภูมิต่ำกว่า 4 องศาเซลเซียส และควรขนส่งไปยังโรงงานแปรรูปน้ำนมภายในเวลา 24 ชั่วโมง⁴ การขนส่งน้ำนมดิบมักจะนำไปเทรวมกันในศูนย์รวมน้ำนมดิบที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำแล้วส่งไปยังโรงงานแปรรูป⁵ จากการศึกษาข้อมูลจากศูนย์รวมน้ำนมดิบพบว่า กระบวนการรวบรวมน้ำนมดิบในปัจจุบันใช้การลำเลียงถึงน้ำนมดิบที่รับมาจากสมาชิกภายในกลุ่มสหกรณ์โคนมต่างๆ ใช้แรงงานคนในยกถังนมวางบนสายพานลำเลียงหรือระบบรางเลื่อน โดยในแต่ละวันคนงานยกถังนมเฉลี่ยประมาณ 200 ถังต่อวัน น้ำหนักต่อถังเฉลี่ยโดยประมาณ 40 กิโลกรัม เพื่อลำเลียงถึงนมผ่านรางเลื่อน จากนั้นทำการเปิดฝาดังนมและนำไปยกเทใส่ลงในถังพักน้ำนมดิบ เพื่อรอเข้าสู่กระบวนการตรวจวัดคุณภาพและน้ำหนักของน้ำนมดิบต่อไป ในกระบวนการนี้เป็นการใช้แรงงานคนทั้งสิ้น ทำให้ต้องใช้แรงในการยกมากและกำลังการทำงานของคนลดลงตามปริมาณถึงน้ำนมดิบ ในศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่มีการยกวางบนสายพานลำเลียงเพื่อนำถึงไปเท แต่ก็ต้องยกเทน้ำนมดิบออกจากถัง กลายเป็นปัญหาหลักในการรวบรวมน้ำนมดิบของศูนย์รวบรวม จากการศึกษาพบว่ายังไม่มีมีการนำอุปกรณ์เทถึงน้ำนมมาใช้ในกระบวนการรวบรวมน้ำนมดิบ มีการพัฒนาเครื่องเทถึงน้ำนมดิบโดยใช้ระบบนิวเมติกควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ด้วย PLC⁶ เพื่อนำมาแก้ปัญหากระบวนการดังกล่าว แต่ต้นแบบเครื่องเทถึงน้ำนมดิบนี้ยังไม่สามารถควบคุมการทำงานของระบบนิวเมติกได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ในช่วงการทำงานที่เครื่องเทถึงน้ำลงภาชนะรองรับเกิดการสูญเสีย ร้อยละของน้ำที่ได้ทดสอบที่ไม่สามารถเทลงภาชนะรองรับได้มีค่ามากทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องต่ำ เกิดความเสียหายในการเทน้ำนมดิบได้ จึงต้อง

พัฒนาวิธีการควบคุมระบบนิวเมติกเพื่อให้ประสิทธิภาพของการเทน้ำนมมีค่าสูงมากขึ้นเพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายในกระบวนการรวบรวมน้ำนมดิบ

จากแนวคิดเรื่องการพัฒนาวิธีการควบคุมระบบ นิวเมติกเพื่อให้ประสิทธิภาพของการเทน้ำนมสูงขึ้น ทำให้คณะผู้วิจัยนำไปสู่การควบคุมอัตราการไหลของลมในระบบนิวเมติกที่ใช้ในการบังคับการเทของเครื่องเทถึงเก็บน้ำนมดิบอัตโนมัติที่เหมาะสม เพื่อลดความสูญเสียน้ำนมดิบในขณะเทและทำให้เครื่องเทถึงเก็บน้ำนมดิบมีประสิทธิภาพสูงสุดโดยการทำงานที่ค่าอัตราการไหลของลมที่ใช้เป็นตัวกำหนดการทำงานที่เหมาะสมของเครื่อง ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในขั้นตอนการรวบรวมน้ำนมดิบเพื่อขนส่งไปยังโรงงานแปรรูปน้ำนมดิบ เพื่อเป็นการลดการใช้แรงงานคนและลดต้นทุนในกระบวนการแปรรูปน้ำนมดิบอีกด้วย

เครื่องเทถึงเก็บน้ำนมดิบอัตโนมัติ

ปัจจุบันขั้นตอนในการเทถึงน้ำนมดิบในอุตสาหกรรมโคนมนั้น ใช้แรงงานคน 2 คนในการยกเทถึงน้ำนมดิบ ในแต่ละวันยกเทถึงนมเฉลี่ยประมาณ 200 ถังต่อวัน น้ำหนักต่อถังเฉลี่ยโดยประมาณ 40 กิโลกรัม โดยที่แรงงานคนจะทำการเปิดฝาดังนม จากนั้นยกเทถึงน้ำนมดิบลงในถังพักน้ำนมดิบและทำการปิดฝาดังเอง⁷ ดังแสดงการทำงานได้ดัง Figure 1 การออกแบบเครื่องเทถึงน้ำนมดิบ ต้องสามารถปิดและเปิดฝาดังนมขนาด 40 ลิตร และเทน้ำนมดิบได้ ใช้ต้นกำลังด้วยระบบนิวเมติกในการปิดเปิดฝาดังและเทถึงน้ำนมดิบ โดยควบคุมด้วย PLC (Programmable Logic Control) ทำงานโดยอัตโนมัติเมื่อมีการวางถังน้ำนมดิบลงในตำแหน่ง ดังสามารถแสดงได้ใน Figure 2 น้ำหนักของถังนมรวมน้ำนมดิบมีน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 40 กิโลกรัม/ถัง การทำงานของเครื่องใช้เซนเซอร์ตรวจจับตำแหน่งของถังเพื่อสั่งการทำงานตามลำดับขั้นตอนที่ได้เขียนโปรแกรมไว้



Figure 1 The pouring for raw milk storage tanks

ในการทดลองนี้จะทำการควบคุมการปรับ valve เพื่อควบคุมปริมาณอัตราการไหลของลมที่ไหลผ่าน solenoid

valve ของเครื่องเทน้ำนมดิบเป็น 4 ระดับ ตามที่ได้กำหนดไว้ การควบคุมอัตราการไหลของลมด้วยการปรับวาล์วลมที่ถึงลมเป็น 4 ระดับ คือ 25% (เปิดวาล์ว 1 ใน 4), 50% (เปิดวาล์วครึ่งหนึ่ง), 75% (เปิดวาล์ว 3 ใน 4) และ 100% (เปิดวาล์วสุด) โดยระบบควบคุมอัตโนมัติจะใช้ PLC (Programmable Logic Control) เป็นโปรแกรมในการควบคุม solenoid valve จะใช้ในการเปิด-ปิดช่องทางลมเพื่อให้ระบบนิวเมติกทำการเปิด-ปิดฝาถังและเทถังน้ำนมดิบตามลำดับขั้นตอนการทำงานแบบอัตโนมัติ ตามที่ได้เขียนโปรแกรมไว้ ขั้นตอนการทำงานของชุดคำสั่งโปรแกรมควบคุมการทำงานนั้น จะเริ่มจากการเปิดสวิตซ์ ON เพื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับวงจรการทำงานทั้งหมด หลอดไฟแสดงสถานะสีเขียวจะติด เมื่อต้องการเริ่มการทำงานให้กดปุ่ม RUN เพื่อเป็นคำสั่งให้เครื่องเริ่มทำงานซึ่งหลอดไฟแสดงสถานะสีเขียวจะกระพริบ หลังจากนั้นยกถังเก็บน้ำนมดิบวางในตำแหน่งที่เก็บถังของเครื่องเท ฯ เช่นเซอร์ตรวจจับโลหะที่ติดตั้งไว้ตรวจพบว่ามีถังน้ำนมดิบวางในตำแหน่งพร้อมทำงานแล้ว หลอดไฟแสดงสถานะสีเขียวจะติดค้าง ระบบจะหน่วงเวลา 2 วินาที ก่อนที่จะเริ่มต้นการทำงาน จากนั้นจะสั่งเปิดการทำงานของ solenoid valve ของชุดกลไกเปิด-ปิดฝาถังให้ชุดกระบอกลมทำงานเทเอียงถังเก็บน้ำนมดิบลงมายังตำแหน่งเปิดฝาถังและหน่วงเวลา 1 วินาที หลังจากนั้นจะสั่งเปิด solenoid valve ของชุดลิ้นชักฝาถัง ฝาถังจะถูกล็อกแน่นโดยหน่วงเวลา 0.5 วินาที และสั่งเปิด solenoid valve ของชุดกลไกเปิด-ปิดฝาถังให้ทำการเปิดฝาถังออกและหน่วงเวลา 5 วินาที เพื่อให้ตรวจดูภายในถังน้ำนมดิบว่าไม่มีสิ่งผิดปกติ หลังจากนั้นจะสั่ง solenoid valve ของชุดเทถังน้ำนมดิบให้ทำงานและหน่วงเวลา 10 วินาที เพื่อเทน้ำนมดิบจนหมดถัง จากนั้นจะสั่งให้ solenoid valve ของชุดเทถังน้ำนมดิบกลับมายังตำแหน่งเดิมและหน่วงเวลา 5 วินาที และสั่งให้ solenoid valve ของชุดกลไกเปิด-ปิดฝาถังทำการปิดฝาถังลงยังตำแหน่งเดิมและหน่วงเวลา 0.5 วินาที และ solenoid valve ของชุดลิ้นชักฝาถัง ปลดปล่อยฝาถังออกและหน่วงเวลา 0.5 วินาที หลังจากนั้นจะสั่ง solenoid valve ชุดกลไกเปิด-ปิดฝาถังขึ้นไปยังตำแหน่งเดิมและหน่วงเวลา 0.5 วินาที เป็นการจบการทำงาน หลอดไฟแสดงสถานะสีเขียวจะกระพริบ ทำการนำถังนมเปล่าออกจากเครื่องและสามารถยกน้ำถังน้ำนมดิบใหม่วางในตำแหน่งทำงาน โดยไม่ต้องกดปุ่ม RUN อีก ระบบจะตรวจจับถังน้ำนมดิบได้เองจากเซ็นเซอร์ตรวจจับโลหะ เมื่อมีการผิดพลาดของระบบกลไก สามารถที่จะกดปุ่ม STOP เพื่อที่จะหยุดการทำงานทั้งหมดของระบบการทำงานได้ทันที

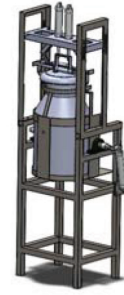


Figure 2 The model of pouring raw milk storage tank machine

การทดลองและวิธีการทดลอง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องเทถังเก็บน้ำนมดิบอัตโนมัติโดยใช้การควบคุมการทำงานโดยใช้ PLC (Programmable Logic Control) การเขียนโปรแกรมในการควบคุม Solenoid Valve ให้เปิด-ปิดลมเพื่อให้ระบบนิวเมติกทำงานด้วยการเปิด-ปิดฝาถังและเทถังน้ำนมดิบตามลำดับขั้นตอนการทำงานโดยอัตโนมัติ แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำงานของเครื่องเทถังเก็บน้ำนมดิบอัตโนมัติสามารถแสดงได้ดัง Figure 3 ทั้งนี้จะทำการควบคุมอัตราการไหลของลมที่ใช้ในการส่งจ่ายให้อุปกรณ์ทำงานด้วยระบบนิวเมติกของเครื่องให้เป็นไปตามค่าที่กำหนดไว้เพื่อศึกษาถึงการปรับตั้งอัตราการไหลของลมที่เหมาะสมต่อการทำงานของเครื่องนี้ เครื่องเทถังเก็บน้ำนมดิบอัตโนมัติ ประกอบไปด้วยอุปกรณ์ดังนี้ 1) โครงสร้างหลักเครื่องเทน้ำนมดิบ เป็นจุดเชื่อมต่อโครงสร้างชุดบนและกลไกชุดเทถังน้ำนมดิบ เข้าด้วยกัน ใช้เหล็กกล่องขนาด 1"-1/2x1"-1/2 ความหนา 3 mm. เป็นวัสดุหลัก, 2) โครงสร้างชุดบนเชื่อมต่อจากโครงสร้างหลักด้วยน็อตขนาด 1/2"x3" จำนวนข้างละ 3 ตัว ใช้เหล็กฉากขนาด 40 mmx40 mm ความหนา 4 mm เจาะช่องสลอตเพื่อเป็นจุดยึดกับชุดกลไกเปิด-ปิดฝาถังนม, 3) กลไกชุดเทถังนม ใช้เหล็กแผ่นความหนา 3 mm เป็นโครงสร้างวางถังนม เชื่อมต่อกับเพลลาขนาด 28 mm ใส่กับตลับลูกปืน NTN เบอร์ P306 ยึดด้วยน็อต 1/2"x2" กับโครงสร้างหลัก ใช้แผ่นเหล็กความหนา 12 mm เป็นฐานยึดกระบอกลม โดยกระบอกลมขนาด 40 mmx150 mm ปลายกระบอกลมต่อกับจุดเชื่อมโยงไปยังเพลลาเพื่อหมุนเพลลาให้เทถังนมได้ใน 130 องศา ซึ่งเป็นมุมที่เทน้ำนมดิบออกจนหมดถัง, 4) กลไกชุดเปิดปิดฝาถังนม ใช้เหล็กฉากขนาด 25 mmX25 mm ความหนา 3 mm เป็นโครงสร้างในการเชื่อมต่อกับโครงสร้างชุดบน ยึดด้วยน็อต M10x30 ในช่องสลอตของโครงสร้างชุดบน เจาะรูขนาด 30 mm เพื่อยึดกระบอกลมขนาด 40 mmX100 mm สองกระบอก ในส่วนของจุดเชื่อมโยงกลไกเปิดปิดฝาถังนมใช้เหล็กแบนขนาด 1"

ความหนา 6 mm, 5) กลไกชุดล็อกฝาถังนม ใช้เหล็กแบนขนาด 1" ความหนา 6 mm เป็นโครงสร้างยึดกับกลไกชุดเปิดปิดฝาถัง และยึดกระบอบกลมขนาด 25 mmX50 mm จำนวน 2 กระบอบ ปลายกระบอบกลมเชื่อมต่อกับชุดมือล็อกฝาถัง และ 6) อุปกรณ์ระบบควบคุมการทำงาน ใช้บอร์ด PLC FX1S-22MRT ในการโปรแกรมระบบควบคุมการทำงาน โดยมีแหล่งจ่ายไฟจาก Switching Power Supply 24VDC เพื่อเป็นไฟเลี้ยงอุปกรณ์ภายในตู้คอนโทรล เช่น บอร์ด PLC FX1S-22MRT, Solenoid Valve , เซ็นเซอร์ตรวจจับโลหะ, และหลอดไฟแสดงสถานะหน้าตู้ควบคุมไฟฟ้า ดังแสดงใน Figure 4

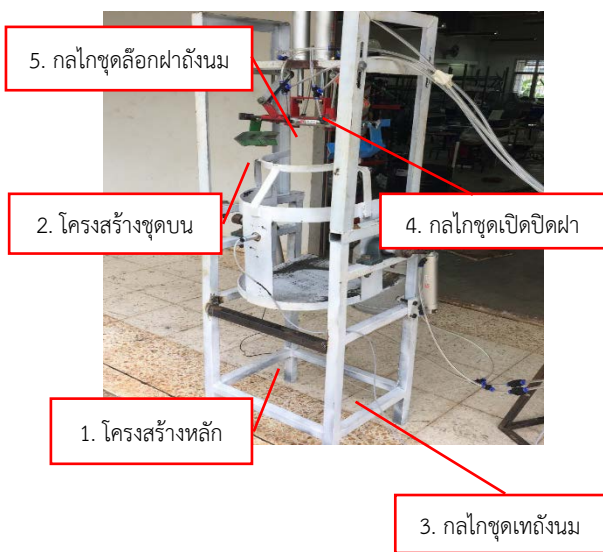


Figure 3 Raw milk tank pouring machine components

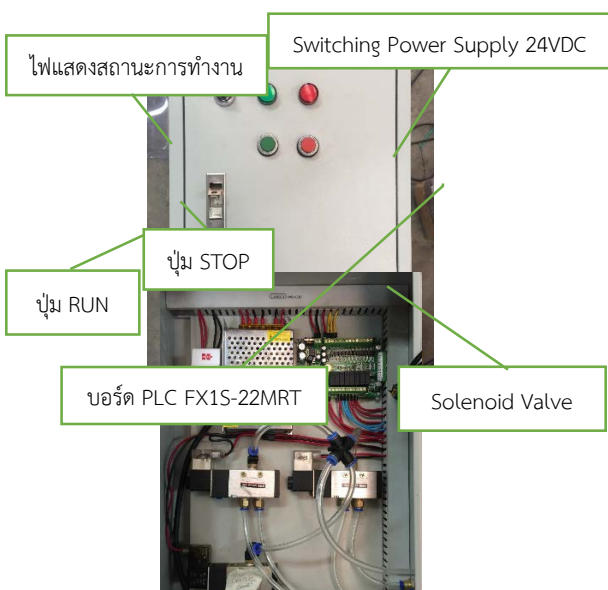


Figure 4 Control system equipment

วิธีการทำการทดลอง

การทดสอบเครื่องเทถังเก็บน้ำนมดิบอัตโนมัติจะใช้น้ำเปล่าแทนน้ำนมดิบ (เนื่องจากการทดสอบเน้นให้คล้ายกับการเทน้ำนมที่สนใจในส่วนของน้ำหนักของน้ำนมในถัง จึงไม่ได้พิจารณาคุณสมบัติอย่างอื่นของน้ำนมดิบร่วมในการทดลอง) ทำการทดลองเครื่องเทถังน้ำนมดิบด้วยระบบอัตโนมัติด้วยการปรับตั้ง valve ลมที่ใช้จ่ายลมให้เครื่องเท ฯ เป็น 4 ระดับ คือ 25%, 50%, 75% และ 100% และชั่งน้ำหนักของน้ำที่สามารถเทออกได้ นำมาวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพการเทของเครื่อง ฯ โดยกำหนดให้ถังนมบรรจุน้ำแทนน้ำนมดิบในปริมาณ 40 ลิตร ซึ่งเป็นปริมาณที่ใกล้เคียงสำหรับการบรรจุน้ำนมดิบลงในถังนมจริง และกำหนดแรงดันลมที่ 7 บาร์ ทดสอบโดย ไม่ให้น้ำในถังเกิดการกระเพื่อมและสูญเสียปริมาณน้ำที่ได้ ในส่วนของระบบควบคุมการทำงานจะหน่วงเวลาในช่วงการเทถังนม โดยเริ่มจาก 5 วินาที ไปจนถึง 15 วินาที เพื่อทดลองหาปริมาณอัตราการจ่ายลมที่เหมาะสมไม่ให้มีปริมาณน้ำที่ตกค้างภายในถัง โดยทดสอบจำนวน 5 รอย แล้วหาค่าเฉลี่ยของการทำงาน บันทึกผลการทดลอง

ผลการทดลอง

จากการทดสอบเครื่องเทถังเก็บน้ำนมดิบอัตโนมัติสามารถแสดงค่าเฉลี่ยการทดสอบปริมาณน้ำที่เทได้และร้อยละของน้ำที่เทได้ของเครื่องเทถังเก็บน้ำนมดิบอัตโนมัติ ที่ระดับการเปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลของลม 25%, 50%, 75% และ 100% โดยกำหนดแรงดันลมที่ 7 บาร์ ได้ดัง Table 1 พบว่าเมื่อระยะเวลาในเทเพิ่มขึ้นปริมาณการเทก็เพิ่มสูงขึ้น และที่เวลา 5 วินาที การปรับตั้งวาล์วลมที่ 75% ปริมาณการเทน้ำได้จะมีค่ามากที่สุด คือ 18.57 ลิตร แต่เมื่อเวลาผ่านไปจนถึง 15 วินาที พบว่าการปรับตั้งวาล์วลมที่ 50% ปริมาณการเทน้ำได้จะมีค่ามากที่สุด คือ 39.65 ลิตร ซึ่งทำให้น้ำเหลือค้างในถังน้อยที่สุด คือเป็นร้อยละของน้ำที่เทได้เท่ากับ 99.13 และในขณะที่ไม่มีน้ำกระเด็นออกนอกภาชนะรองรับมาก นั้นเกิดจากแรงดันของลมที่ส่งจ่ายให้อุปกรณ์ทำงานหรือกระบอบกลมลดลงครั้งหนึ่งจากเดิมที่ทำการทดสอบด้วยเกิดเปิดวาล์วลมเต็มที่ จากการทดลองถ้าปรับวาล์วลมที่ 25% จะทำให้แรงดันที่กระทำกับอุปกรณ์ลดลงแต่กลับพบว่าการเทน้ำออกได้ถึงไม่หมดมีน้ำค้างถึงอยู่บางส่วน นั่นคือ ถ้าแรงดันต่ำเกินไปก็จะทำให้ไม่สามารถเทน้ำออกได้ทั้งหมด และพบว่าการเปิดวาล์วลมที่ 50% จะทำให้ประสิทธิภาพการเทน้ำนมได้ดีที่สุด

จากการทดลองสามารถแสดงค่าปริมาณน้ำที่ตกค้างในถังและปริมาณน้ำที่สูญเสียไม่ตกลงบนภาชนะของเครื่องเท

ถึงเก็บน้ำนมดิบอัตโนมัติ ที่ระดับการเปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลของลม 25%, 50%, 75% และ 100% โดยกำหนดแรงดันลมที่ 7 บาร์ ได้ตารางที่ 2 และ 3 ตามลำดับ โดยสามารถนำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์เทียบกับเวลาในการเทได้ดัง Figure 5 – 7 เพื่อเปรียบเทียบการทดลองที่ได้กำหนดไว้ จาก Figure 5 แสดงให้เห็นว่าการกำหนดเวลาในการควบคุมและการปรับความเร็วลมมีผลต่อปริมาณน้ำที่ได้เมื่อใช้เวลามากจะส่งผลให้ได้ปริมาณน้ำที่เพิ่มมากขึ้น ในทางตรงกันข้ามเมื่อใช้เวลาน้อยจะส่งผลให้ได้ปริมาณน้ำที่ลดน้อยลง จะเห็นได้ว่าปรับวาล์วความเร็วลมเปิดที่ 50% เหมาะสมที่สุดเนื่องจากปริมาณน้ำที่ได้จะมากที่สุดในช่วงเวลาตั้งแต่ 14

วินาที เป็นต้นไป จาก Figure 6 พบว่าการกำหนดเวลาในการควบคุมและการอัตราการไหลของลมมีผลต่อปริมาณน้ำตักข้างภายในถัง เมื่อเวลามากจะส่งผลให้ปริมาณน้ำที่ตักข้างภายในถังลดลงจนหมด และในการวาล์วลมเปิดมากหรืออัตราการไหลของลมมากจะส่งผลให้ปริมาณน้ำที่ตักข้างภายในถังจะหมดเร็วกว่าวาล์วที่เปิดน้อยหรืออัตราการไหลของลมน้อย และจาก Figure 7 แสดงให้เห็นว่าการปรับความเร็วลมมีผลต่อปริมาณน้ำที่สูญเสีย เมื่อปรับความเร็วลมวาล์วเปิดมากหรืออัตราการไหลของลมมากจะส่งผลให้เกิดการสูญเสียน้ำมากกว่าวาล์วที่เปิดน้อยซึ่งเกิดจากกระบอกลมทำงานได้อย่างเหมาะสม ทำให้น้ำไม่เกิดการกระเด็นออกนอกภาชนะที่รองรับ

Table 1 The average water pouring of clearing for the raw milk storage tank at the opening the valve controlling for the flow rate of air 25%, 50%, 75% and 100% at the air pressure 7 bar (simulated by pouring water)

Time (Second)	The amount of water inside the Tank (Liter)	The amount of water that can be poured (Liter)				Percentage of the amount of water that can be poured (%)			
		25%	50%	75%	100%	25%	50%	75%	100%
5	40	8.73	12.73	18.57	8.20	21.83	31.83	46.43	20.50
6	40	10.70	14.50	23.10	10.10	26.75	36.25	57.75	25.25
7	40	18.43	19.34	27.50	12.50	46.08	48.35	68.75	31.25
8	40	25.97	25.97	28.93	12.90	64.93	64.93	72.33	32.25
9	40	30.27	35.27	29.90	14.25	75.68	88.18	74.75	35.63
10	40	33.03	38.03	30.27	18.50	82.58	95.08	75.68	46.25
11	40	38.07	38.54	32.57	22.00	95.18	96.35	81.43	55.00
12	40	38.67	38.67	29.14	25.53	96.68	96.68	72.85	63.83
13	40	38.77	38.03	30.63	25.87	96.93	95.08	76.58	64.68
14	40	39.07	<u>39.57</u>	29.43	26.40	97.68	<u>98.93</u>	73.58	66.00
15	40	<u>39.17</u>	39.65	27.5	26.75	97.93	99.13	68.75	66.88

Table 2 The average water pouring of remaining in the tank for the raw milk storage tank at the opening the valve controlling for the flow rate of air 25%, 50%, 75% and 100% at the air pressure 7 bar (simulated by pouring water)

Time (Second)	The amount of water inside the Tank (Liter)	The amount of water left in the tank (Liter)				Percentage of the amount of water left in the tank (%)			
		25%	50%	75%	100%	25%	50%	75%	100%
5	40	30.97	26.95	4.36	9.45	77.43	67.38	10.90	23.63
6	40	28.90	25.10	1.00	5.40	72.25	62.75	2.50	13.50
7	40	21.18	20.22	0.20	2.84	52.95	50.55	0.50	7.10
8	40	13.56	13.56	0.12	0.77	33.90	33.90	0.30	1.93
9	40	9.18	4.28	0.10	0.37	22.95	10.70	0.25	0.93
10	40	6.12	1.62	0.50	0.00	15.30	4.05	1.25	0.00
11	40	0.85	1.04	0.20	0.00	2.13	2.60	0.50	0.00
12	40	0.43	0.95	0.00	0.00	1.08	2.38	0.00	0.00
13	40	0.33	1.57	0.00	0.00	0.83	3.93	0.00	0.00
14	40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Table 3 The average amount of wasted water falling on the container for the raw milk storage tank at the opening the valve controlling for the flow rate of air 25%, 50%, 75% and 100% at the air pressure 7 bar (simulated by pouring water)

Time (Second)	The amount of water inside the Tank (Liter)	The amount of water lost doesn't fall on the container (Liter)				Percentage of the amount of water lost doesn't fall on the container (%)			
		25%	50%	75%	100%	25%	50%	75%	100%
5	40	0.30	0.32	17.07	22.35	0.75	0.80	42.68	55.88
6	40	0.40	0.40	15.90	24.50	1.00	1.00	39.75	61.25
7	40	0.39	0.44	12.30	24.66	0.98	1.10	30.75	61.65
8	40	0.47	0.47	10.95	26.33	1.18	1.18	27.38	65.83
9	40	0.55	0.45	10.00	25.38	1.38	1.13	25.00	63.45
10	40	0.85	0.35	9.23	21.50	2.13	0.88	23.08	53.75
11	40	1.08	0.42	7.23	18.00	2.70	1.05	18.08	45.00
12	40	0.90	0.38	10.86	14.47	2.25	0.95	27.15	36.18
13	40	0.90	0.40	9.37	14.13	2.25	1.00	23.43	35.33
14	40	0.93	0.43	10.57	13.60	2.33	1.08	26.43	34.00
15	40	0.83	0.35	12.50	13.25	2.08	0.88	31.25	33.13

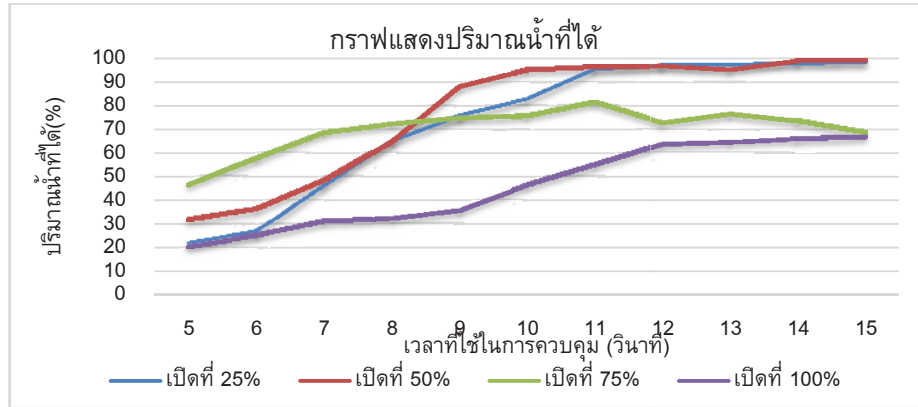


Figure 5 The percentage of the water pouring of clearing for the raw milk storage tank

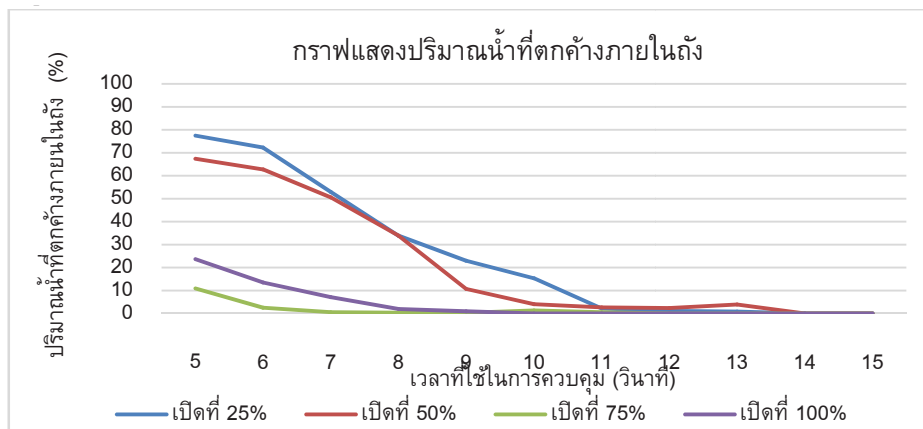


Figure 6 The percentage of the water pouring of remaining in the tank for the raw milk storage tank

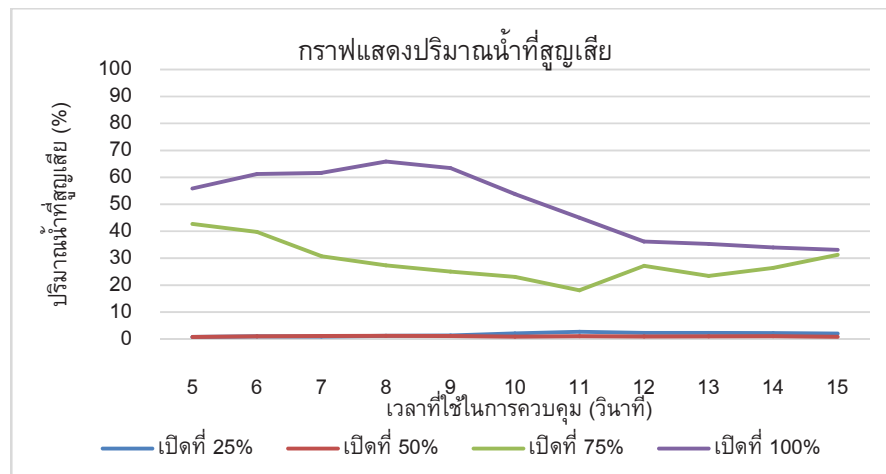


Figure 7 The percentage of the wasted water falling on the container for the raw milk storage tank

สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการควบคุมอัตราการไหลของลมในระบบนิวเมติกที่ใช้บังคับการเทของเครื่องเทถึงเก็บน้ำนมดิบอัตโนมัติที่เหมาะสม เพื่อใช้เป็นตัวกำหนดปริมาณอัตราการไหลของลมและแรงดันที่เหมาะสมในการควบคุมของระบบนิวเมติกในเครื่องเทถึงเก็บน้ำนมดิบ โดยไม่ทำให้เกิดสูญ

เสียของน้ำนมดิบในขณะที่เทน้ำนมดิบออกจากถังเก็บในกระบวนการรวบรวมน้ำนมดิบ การควบคุมการทำงานของระบบใช้ PLC ควบคุมระบบนิวเมติก เครื่องเทถึงเก็บน้ำนมดิบเป็นเครื่องที่พัฒนาไว้แล้ว ทำการทดลองด้วยการกำหนดให้น้ำในถังมีปริมาณ 40 ลิตร (ใช้น้ำแทนน้ำนมดิบโดยใช้น้ำหนักเท่ากับการทำงานจริง) และกำหนดแรงดันลมที่ 7 บาร์

การกำหนดเวลาที่ใช้ในการเทถึงนม 15 วินาที และควบคุม อัตราการไหลของนมที่ 25%, 50%, 75% และ 100% (โดยการปรับวาล์วควบคุม) จากการทดสอบพบว่าอัตราการไหลของนมในการควบคุมมีผลต่อปริมาณน้ำที่ได้ โดยเมื่อปรับวาล์วควบคุมอัตราการไหลของนมให้มีปริมาณอัตราการไหลของนมต่ำจะทำให้เครื่องสามารถเทน้ำออกได้มีประสิทธิภาพมากกว่า เนื่องจากไม่มีการกระซากจนน้ำในถังกระเด็นออกนอกภาชนะรองรับ และพบว่าเวลาที่ใช้ในการเทน้ำออกจนหมดถัง คือ 14 วินาที และการปรับวาล์วลมที่ 50% จะทำให้เกิดการสูญเสีย น้ำขณะเทน้อยที่สุดสำหรับเครื่องเทน้ำนมดิบที่พัฒนาขึ้น ซึ่งเป็นการพัฒนาการเกษตรในกระบวนการแปรรูปน้ำนมดิบสู่ระบบอัตโนมัติ สามารถลดการใช้แรงงานคนและลดต้นทุนในกระบวนการแปรรูปน้ำนมดิบลงได้อีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา และ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ที่สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีที่สนับสนุนเครื่องมือและอุปกรณ์ตรวจวัดในการทำวิจัย ขอขอบคุณนักศึกษาที่ช่วยในการสร้างเครื่องเทน้ำนมดิบและทำการทดลองจนแล้วเสร็จจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. กลุ่มสารสนเทศและข้อมูลสถิติ (2560). ข้อมูลจำนวนปศุสัตว์ในประเทศไทย ปี 2560, ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, หน้า 8.
2. กลุ่มสารสนเทศและข้อมูลสถิติ (2560). จำนวนเกษตรกรและโคนม รายจังหวัด ปี 2560, ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, [ระบบออนไลน์], สืบค้นจาก http://ict.dld.go.th/th2/images/stories/stat_web/monthly/2560/T3-1.pdf, สืบค้นเมื่อวันที่ 6/11/2561.
3. ปศุศาสตร์ นีวี (2560). เรื่องอาหารสำเร็จรูปและ ผสมเอง อย่างไหนตอบใจทย์ชาวปศุสัตว์, [ระบบออนไลน์], สืบค้นจาก <http://www.pasusart.com>, สืบค้นเมื่อวันที่ 7/11/2561.
4. พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ (2561). การเก็บรักษาน้ำนม, ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร บริษัท ฟู้ด เน็ตเวิร์ค โซลูชั่น จำกัด, [ระบบออนไลน์], สืบค้นจาก <http://www.foodnetworksolution.com>, สืบค้นเมื่อวันที่ 7/11/2561.
5. สุณีรัตน์ เอี่ยมละมัย, อดุลย์ ว่างตาล และจุไรรัตน์ ถนอมกิจ (2556). มาตรฐานความปลอดภัยอาหารตลอดห่วงโซ่การผลิตเพื่อสนับสนุนการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์ความปลอดภัยอาหาร : นำนม, รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) หน้า 12 – 19.
6. ชีรศักดิ์ พงศ์คำ, ผศ.อดิศักดิ์ บุตรวงษ์, ธวัชชัย สีลาโส และ ผศ.ดร.อภิชาติ ศรีชาติ. การพัฒนาเครื่องเทถึงเก็บน้ำนมดิบอัตโนมัติ. การประชุมวิชาการการประชุมวิชาการวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ ครั้งที่ 5 ณ โรงแรมเจริญธานี อำเภอเมืองจังหวัดขอนแก่น, 14 ธันวาคม 2561 หน้า 201 – 207.
7. สหกรณ์โคนมวังน้ำเย็น (2560). รูปแบบการเทถึงน้ำนมดิบในปัจจุบัน. ระบบออนไลน์, สืบค้นจาก <https://www.bloggang.com/data/f/foremostdairy/picture/1315549864.jpg>, สืบค้นเมื่อเมื่อวันที่ 7/11/2561.