RMUTP Research Journal Special Issue
The 5th Rajamangala University of Technology National Conference

# การตรวจสอบการปนน้ำในน้ำนมดิบโดยอิเล็กโทรดซี่หวี

# Detection of the Water Added in Raw Milk Using Inter Digital Electrode

**สิทธิศักดิ์ เริงฤทธิ์[1] นิวัตร์ อังควิศิษฐพันธ์[2] และ วรวัฒน์ เสงี่ยมวิบูล[2*]**

[1]นักศึกษา สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม 44150
[2]ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม 44150

## บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อพัฒนาเทคนิคการตรวจสอบการปนน้ำในน้ำนมดิบโดยอิเล็กโทรดซี่หวี นอกเหนือจากวิธีการอื่น เช่น การหาความถ่วงจำเพาะ การหาอุณหภูมิจุดเยือกแข็ง และการกดกับตัวอย่างแช่แข็ง สมมุติฐานของเทคนิคนี้คือ ความจุทางไฟฟ้าของน้ำนมดิบจะเปลี่ยนแปลงไปกับปริมาณน้ำที่ถูกเติมลงในน้ำนมดิบ การทดลองกระทำโดยใช้เครื่องวัดค่า LCR (GW INSTEK LCR-817) เพื่อทำการวัดค่าความจุทางไฟฟ้าของนมดิบที่ปนน้ำ 0 ถึง 90% และอิเล็กโทรดซี่หวีแบบปกติและแบบมีกราวด์ มีจำนวนของซี่หวี (N) 7 10 และ 13 ซี่ โดยมีขนาดความกว้างของซี่หวี (W) 1 และ 2 มม. ขณะที่ความยาวของซี่หวี (L) มีขนาด 10 20 30 40 และ 50 มม. ผลการทดสอบ พบว่าน้ำนมดิบที่มีการเติมน้ำจะมีค่าความจุทางไฟฟ้าน้อยกว่าน้ำนมดิบที่ไม่มีการเติมน้ำ โดยการใช้ของอิเล็กโทรดซี่หวี W1L50N13G แบบมีกราวด์ ขนาด W= 1 มม. L= 50 มม. และ N= 13 ซี่ สามารถตรวจสอบการปนน้ำในน้ำนมดิบโดยมีค่าสหสัมพันธ์ภายใต้สมการเส้นตรงเท่ากับ ($R^2$) 0.9904

## Abstract

The objective of this study was to develop a technique for detection of the water added in raw milk using Inter Digital Electrode (IDE), other than using conventional methods such as determination of specific gravity or of the freezing point temperature, and the compression on frozen samples. The assumption, capacitance value of added water in raw milk will be varied with the quantities of added water. The experiment was performed by using a LCR (GW INSTEK LCR-817) meter to measure the capacitance value of milk contaminated water from 0 to 90% and electrodes which are normal and ground of different electrode number (N) of 7 10 and 13, width (W) of 1 and 2 mm. and length (L) of 10 20 30 40 and 50 mm. Results shown that the capacitance value of the water added in raw milk were lower than the raw milk without added water. Additional, the W1L50N13G (W=1 mm. L=50 mm. N=13, and grounded) detects the water added in raw milk with $R^2$ of 0.9904

**คำสำคัญ** : อิเล็กโทรดซี่หวี น้ำนมดิบ
**Keywords** : Inter Digital Electrode, Raw Milk

*ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ wor_nui@yahoo.com โทร. 08 3965 0011*

## 1. บทนำ

ปัจจุบันการรับซื้อน้ำนมดิบจากเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนม ก่อนนำไปแปรรูปนั้น จำเป็นต้องมีการตรวจสอบคุณภาพของน้ำนมดิบ การตรวจสอบทางกายภาพของน้ำนมดิบเป็นเกณฑ์ที่ใช้กำหนดราคาของน้ำนมดิบนั้น ปัจจุบันนิยมใช้ แลคโตมิเตอร์(Lactometer) เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดค่าการเติมของน้ำในน้ำนมดิบ ซึ่งเป็นการวัดค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำนมดิบที่ปนกับน้ำ แล้วจึงนำค่ามาคำนวณเพื่อหาค่าการเติมของน้ำในน้ำนมดิบออกมาเป็นร้อยละ (Zywica and Budny, 2000) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเครื่องมือวัดชนิดนี้ไม่สามารถวัดค่าออกมาได้ในทันที ต้องนำค่าที่ได้ไปคำนวณอีกครั้งหนึ่ง ปัจจุบันได้มีการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้วัดการเติมของน้ำในน้ำนมดิบที่เรียกว่า Cryoscope ซึ่งเป็นการวัดที่ใช้วัดค่าจุดเยือกแข็ง ซึ่งมีความรวดเร็ว และแม่นยำ นอกจากนี้ยังมีวิธีการวัดโดยการใช้เทคนิคสะท้อนเสียงของคลื่นอัลตร้าโซนิค (Mabrook M., 2003a, 2003b) การส่องผ่านของคลื่นอินฟาเรด เทคนิคการใช้คลื่นไมโครเวฟ (Guo and et. al., 2010) และการกดกับตัวอย่างแช่แข็ง (สุวรรณ หอมหวล และสุพัตรา จันทร์ดาประดิษฐ์, 2548) เพื่อใช้ตรวจหาการเติมของน้ำในน้ำนมดิบ แต่เครื่องมือเหล่านี้มีราคาสูง และมีกระบวนการซับซ้อนความยุ่งยาก จึงไม่เป็นที่นิยมที่จะนำมาใช้ในการตรวจหาการเติมของน้ำในน้ำนมดิบ (สุพัตรา จันทร์ดาประดิษฐ์, 2548) ขณะที่ได้มีการนำเสนอการประยุกต์ใช้อิเล็กโทรดซี่หวีอย่างง่ายวัดความเข้มข้นของน้ำตาลโดยเป็นอิเล็กโทรดอย่างง่ายและราคาประหยัด (Angkawisittpan and Manasri, 2012)

บทความนี้จึงนำเสนอการศึกษาเชิงทดลองประยุกต์ใช้อิเล็กโทรดซี่หวีสำหรับน้ำนมดิบ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาค่าความจุทางไฟฟ้าของน้ำนมดิบโดยใช้อิเล็กโทรดซี่หวีแบบปกติและแบบมีกราวด์ เปรียบเทียบค่าความจุทางไฟฟ้าของน้ำนมดิบที่ความเข้มข้นต่างๆ โดยใช้อิเล็กโทรดซี่หวีแบบปกติและแบบมีกราวด์ และเปรียบเทียบค่าความจุทางไฟฟ้าของน้ำนมดิบที่ความเข้มข้นต่างๆ โดยใช้อิเล็กโทรดซี่หวีแบบปกติและแบบมีกราวด์ที่มีจำนวนของซี่หวีต่างกัน ความกว้างของซี่หวีต่างกัน และความยาวของซี่หวีต่างกัน

## 2. วิธีการทดลอง

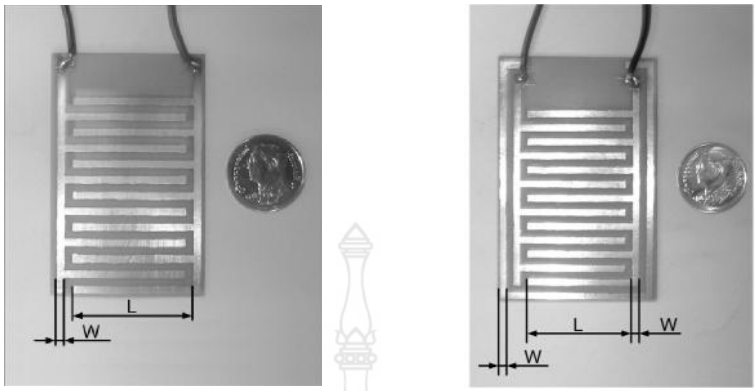
**ขอบเขตของการวิจัย**

1) ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ น้ำนมดิบจากจุดจำหน่ายน้ำนมดิบ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

2) ตัวแปรที่ศึกษา ตัวแปรตาม คือ ค่าความจุทางไฟฟ้าของน้ำนมดิบ ขณะที่ตัวแปรอิสระ ประกอบด้วยปัจจัยของอิเล็กโทรดซี่หวี ประกอบด้วย จำนวนของซี่หวี (7 10 และ 13 ซี่) ความกว้างของซี่หวี (1 และ 2 mm.) ความยาวของซี่หวี (10 20 30 40 และ 50 mm.) และกราวด์ ที่ความเข้มข้นของน้ำเติมในน้ำนมดิบ 10% 20% 30% 40% 50% 60% 70% 80% 90% และ 100%

**เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย**

เครื่องมือวัดค่าความจุทางไฟฟ้า LCR GW instek LCR817 และอิเล็กโทรดซี่หวี ดังรูปที่ 1 ประกอบด้วยอิเล็กโทรดซี่หวีแบบปกติและแบบมีกราวด์ โครงสร้างประกอบด้วยแผ่น PCB (Printed Circuit Board) ที่มีลายของทองแดงมีลักษณะเหมือนซี่หวี โดยกำหนดให้ W คือ ความกว้างของซี่หวี, L คือ ความยาวของซี่หวี, N คือ จำนวนของซี่หวี และ G คือ อิเล็กโทรดซี่หวีแบบมีกราวด์ ยกตัวอย่างเช่น W1L10N7G หมายถึง อิเล็กโทรดซี่หวีที่มีความกว้างของซี่หวี(W) 1 มม. ความยาวของซี่หวี(L) 10 มม. จำนวนของซี่หวี(N) 7 ซี่ และแบบมีกราวด์(G)

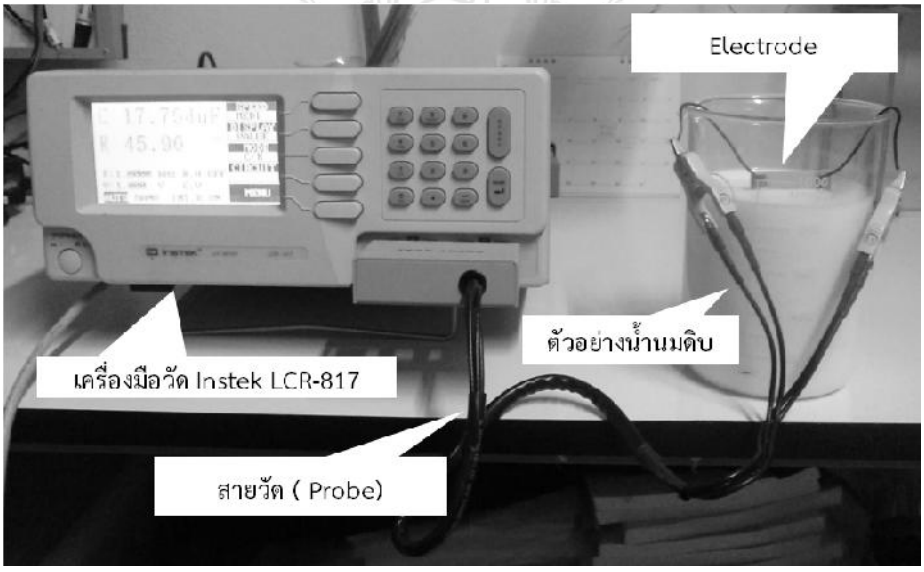



(ก) (ข)

**รูปที่ 1** อิเล็กโทรดซี่หวี (ก) แบบปกติ และ (ข) แบบมีกราวด์
กำหนดให้ W=ความกว้างของซี่หวี, L=ความยาวของซี่หวี, N=จำนวนของซี่หวี และ G=แบบมีกราวด์

**การเก็บรวบรวมข้อมูล**

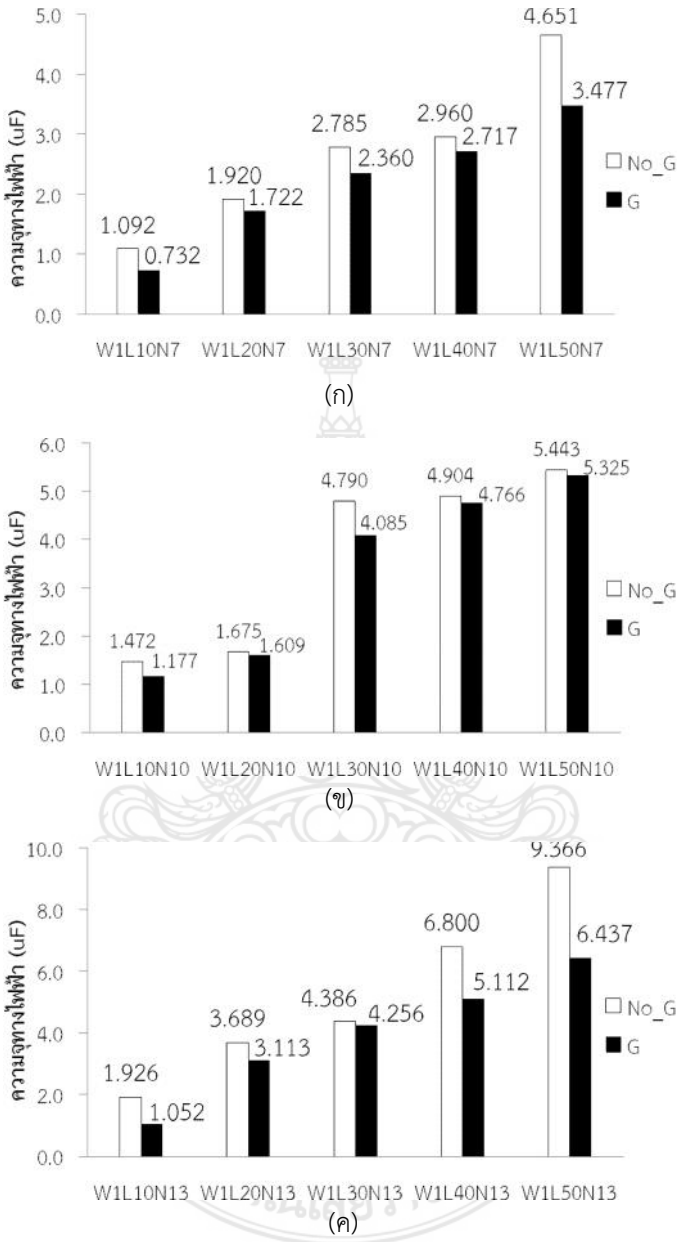
นำเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเก็บรวบรวมข้อมูล โดยการเติมน้ำในน้ำนมดิบในช่วงความเข้มข้น 10 ถึง 100 % โดยเพิ่มความเข้มข้นของน้ำตัวอย่างละ 10 % โดยนำตัวอย่างใส่ในภาชนะแก้วขนาด 1,000 cc. เพื่อทำการวัดค่าความจุทางไฟฟ้า ทำซ้ำ 3 ครั้ง ในแต่ละตัวอย่าง ดังรูปที่ 2



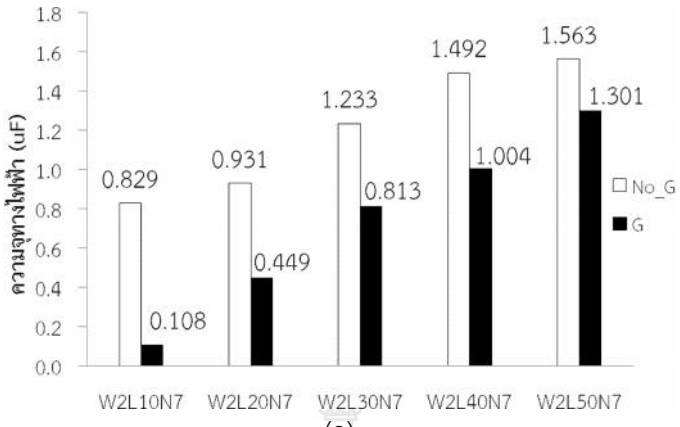

**รูปที่ 2** ตัวอย่างการวัดค่าความจุทางไฟฟ้าของน้ำนมดิบด้วยอิเล็กโทรดซี่หวี

## 3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

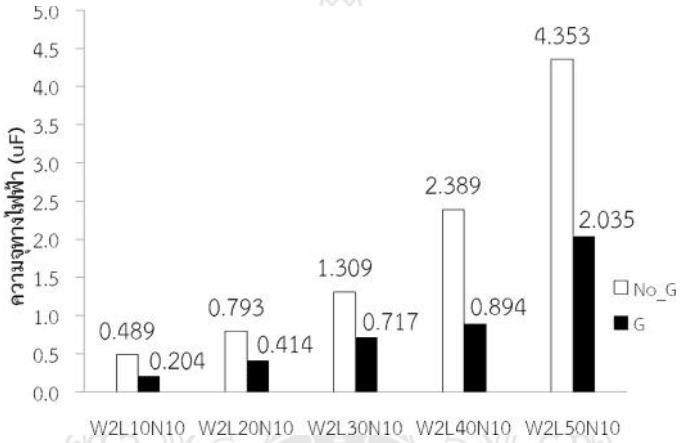
ผลการศึกษาค่าความจุทางไฟฟ้าของน้ำนมดิบโดยใช้อิเล็กโทรดซี่หวีแบบปกติและแบบมีกราวด์ ดังรูปที่ 3 และ 4 โดยใช้อิเล็กโทรดซี่หวีขนาดแตกต่างกัน ประกอบด้วย จำนวนของซี่หวี 7 10 และ 13 ซี่ ความกว้างของซี่หวี 1 และ 2 mm. ความยาวของซี่หวี 10 20 30 40 และ 50 mm. และกราวด์ ที่ความเข้มข้นของของน้ำนมดิบ 100% ปราศจากการเติมน้ำ



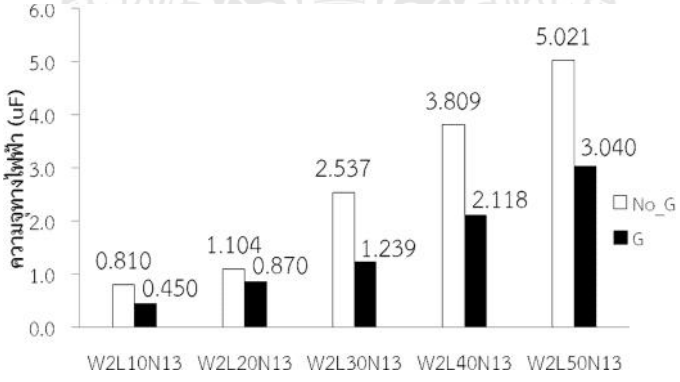

**รูปที่ 3** ค่าความจุทางไฟฟ้าของน้ำนมดิบโดยใช้อิเล็กโทรดซี่หวีแบบปกติ(G) และแบบมีกราวด์ (No_G) W= 1 mm. L= 10, 20, 30, 40 และ 50 mm. N= 7, 10 และ 13 ซี่




(ก)




(ข)



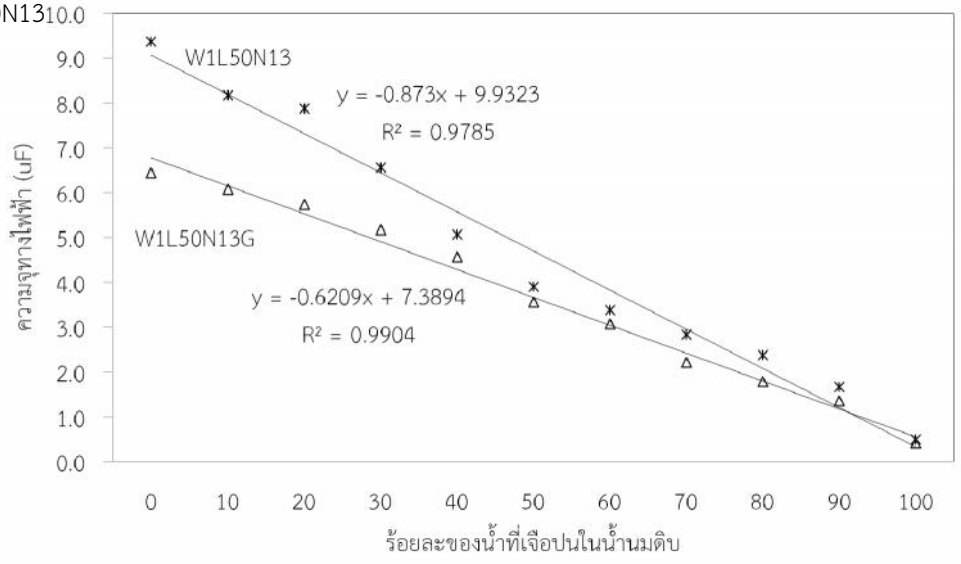

(ค)

**รูปที่ 4** ค่าความจุทางไฟฟ้าของน้ำนมดิบโดยใช้อิเล็กโทรดซี่หวีแบบปกติ(G) และแบบมีกราวด์ (No_G) W= 2 mm. L= 10, 20, 30, 40 และ 50 mm. N= 7, 10 และ 13 ซี่

จากรูปที่ 3 ค่าความจุทางไฟฟ้าของน้ำนมดิบโดยใช้อิเล็กโทรดซี่หวีแบบปกติ (No_G) และแบบมีกราวด์ (G) ขนาด W= 1 mm. L= 10, 20, 30, 40 และ 50 mm. N= 7, 10 และ 13 ซี่ พบว่า ค่าความจุไฟฟ้าของน้ำนมดิบที่ได้จากอิเล็กโทรดซี่หวีแบบมีกราวด์ (G) มีค่าน้อยกว่าค่าความจุไฟฟ้าของน้ำนมดิบที่ได้จากอิเล็กโทรดซี่หวีแบบปกติ (G)

เมื่อความยาว (L) ของอิเล็กโทรดซี่หวีมีค่ามากขึ้นส่งผลต่อค่าความจุไฟฟ้าของน้ำนมดิบเพิ่มขึ้นเช่นกัน และจำนวนซี่ของอิเล็กโทรดซี่หวีที่มากขึ้นจะส่งผลต่อค่าความจุไฟฟ้าของน้ำนมดิบเพิ่มขึ้นเช่นกัน ซึ่งค่าความจุไฟฟ้าของน้ำนมดิบที่มีค่ามากที่สุดได้จากอิเล็กโทรดซี่หวีขนาด W= 1 mm. L= 50 mm และ N= 13 ซี่ หรือ W1L50N13 โดยอิเล็กโทรดซี่หวีแบบปกติ (No_G) ให้ค่าความจุไฟฟ้าของน้ำนมดิบเท่ากับ 9.366 μF ขณะที่อิเล็กโทรดซี่หวีแบบมีกราวด์ (G) ให้ค่าความจุไฟฟ้าของน้ำนมดิบเท่ากับ 6.437 μF

จากรูปที่ 4 ค่าความจุทางไฟฟ้าของน้ำนมดิบโดยใช้อิเล็กโทรดซี่หวีแบบปกติ(No_G) และแบบมีกราวด์ (G) ขนาด W= 2 mm. L= 10, 20, 30, 40 และ 50 mm. N= 7, 10 และ 13 ซี่ พบว่า ค่าความจุไฟฟ้าของน้ำนมดิบที่ได้จากอิเล็กโทรดซี่หวีแบบมีกราวด์ (G) มีค่าน้อยกว่าค่าความจุไฟฟ้าของน้ำนมดิบที่ได้จากอิเล็กโทรดซี่หวีแบบปกติ (G) เมื่อความยาว (L) ของอิเล็กโทรดซี่หวีมีค่ามากขึ้นส่งผลต่อค่าความจุไฟฟ้าของน้ำนมดิบเพิ่มขึ้นเช่นกัน และจำนวนซี่ของอิเล็กโทรดซี่หวีที่มากขึ้นจะส่งผลต่อค่าความจุไฟฟ้าของน้ำนมดิบเพิ่มขึ้นเช่นกัน ซึ่งค่าความจุไฟฟ้าของน้ำนมดิบที่มีค่ามากที่สุดได้จากอิเล็กโทรดซี่หวีขนาด W= 2 mm. L= 50 mm และ N= 13 ซี่ หรือ W2L50N13 โดยอิเล็กโทรดซี่หวีแบบปกติ (No_G) ให้ค่าความจุไฟฟ้าของน้ำนมดิบเท่ากับ 5.021 μF ขณะที่อิเล็กโทรดซี่หวีแบบมีกราวด์ (G) ให้ค่าความจุไฟฟ้าของน้ำนมดิบเท่ากับ 3.040 μF เมื่อเปรียบเทียบระหว่าง อิเล็กโทรดซี่หวี W1L50N13 และ W2L50N13 พบว่า ค่าความจุไฟฟ้าของน้ำนมดิบที่ได้จากอิเล็กโทรดซี่หวี W1L50N13 มีค่ามากกว่าอิเล็กโทรดซี่หวี W2L50N13




**รูปที่ 5** ค่าความจุทางไฟฟ้าของน้ำเติมในน้ำนมดิบโดยใช้อิเล็กโทรดซี่หวี W1L50N13 และ W1L50N13G

จากรูปที่ 5 ค่าความจุทางไฟฟ้าของน้ำเติมในน้ำนมดิบ ปริมาณ 10% 20% 30% 40% 50% 60% 70% 80% 90% และ 100% ตามลำดับ โดยใช้อิเล็กโทรดซี่หวี W1L50N13 และ W1L50N13G พบว่า ปริมาตรของน้ำเติมในน้ำนมดิบมีค่ามากขึ้นจะส่งผลต่อการลดลงของค่าความจุทางไฟฟ้า โดยค่าความจุทางไฟฟ้าที่วัดได้จากอิเล็กโทรดซี่หวี W1L50N13 มีค่ามากกว่าอิเล็กโทรดซี่หวี W1L50N13G แต่ความสัมพันธ์ ($R^2$) ระหว่างความจุทางไฟฟ้าและร้อยละของปริมาตรน้ำเติมในน้ำนมดิบภายใต้สมการเส้นตรงของอิเล็กโทรดซี่หวี W1L50N13G ($R^2$=0.9904) มีค่ามากกว่าอิเล็กโทรดซี่หวี W1L50N13 ($R^2$=0.9785) และรูปสมการเส้นตรงของอิเล็กโทรดซี่หวี W1L50N13G ที่ $R^2$=0.9904 ดังนี้ ค่าความจุทางไฟฟ้า = -0.6209 (ร้อยละของน้ำเติมในน้ำนมดิบ) + 7.3894

## 4. สรุป

การรับซื้อน้ำนมดิบจากเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมเพื่อการแปรรูปนั้นจำเป็นต้องมีการตรวจสอบคุณภาพโดยเฉพาะการตรวจสอบทางกายภาพของน้ำนมดิบก่อนการกำหนดราคาของน้ำนมดิบด้วยเครื่องมือวัดที่ไม่สามารถวัดค่าออกมาได้ในทันทีและมีราคาสูง การประยุกต์ใช้อิเล็กโทรดซี่หวีสำหรับการวัดการเติมน้ำของน้ำนมดิบจึงเป็นการตรวจสอบทางกายภาพเบื้องต้นได้เป็นอย่างดี โดยการใช้ของอิเล็กโทรดซี่หวี W1L50N13G แบบมีกราวด์ ขนาด W= 1 mm. L= 50 mm และ N= 13 ซี่ สามารถวัดความจุทางไฟฟ้าของน้ำนมดิบที่เติมน้ำ โดยมีค่าสหสัมพันธ์ภายใต้สมการเส้นตรงเท่ากับ 0.9904

## 5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม และคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

## 6. เอกสารอ้างอิง

สุพัตรา จันทร์ดาประดิษฐ์. 2548. **การพัฒนาเทคนิคตรวจสอบการเติมน้ำในน้ำนมดิบ**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมการอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุวรรณ หอมหวล และ สุพัตรา จันทร์ดาประดิษฐ์. 2548. **การตรวจสอบการปนน้ำในน้ำนมโดยการกดกับตัวอย่างแซ่แข็ง**. วิทยาสารกำแพงแสน. 3(3). หน้า 54-61.

Angkawisittpan N. and Manasri. T. 2012. **Determination of Sugar Content in Sugar Solutions using Interdigital Capacitor Sensor**. Journal of the Institute of Measurement Science Volume 12, 8-13.

Guo W., Zhu X., Li H., Yue R. and Wang S. 2010. **Effects of milk concentration and freshness on microwave dielectric properties**. Journal of Food Engineering 99, 344–350.

Mabrook M.F. and Petty M.C. 2003. **A novel technique for the detection of added water to full fat milk using single frequency admittance measurements**. Sensors and Actuators B 96, 215–218.

Mabrook M.F. and Petty M.C. 2003b. **Effect of composition on the electrical of milk**. Journal of Food Engineering 60, 321–325.

Zywica R. and Budny J. 2000. **Changes of selected physical and chemical parameters of raw milk during storage**. Czech Journal of Food Sciences 18 (245), 241–242.