



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การศึกษาผลกระทบของคลื่นไมโครเวฟความถี่ 2.4 GHz
ที่มีต่อน้ำยางพารา

โดย โอภาส ศิริกรรชิตถาวร และคณะ

เมษายน 2552

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การศึกษาผลกระทบของคลื่นไมโครเวฟความถี่ 2.4 GHz ที่มีต่อน้ำ ยางพารา

คณะผู้วิจัย	สังกัด
นาย โอภาส ศิริธรรมชิตถาวร	ภาควิชา เทคโนโลยีวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคโนโลยี อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
นาย ปฏิพัทธ์ สำโรงทอง	ภาควิชา เทคโนโลยีวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคโนโลยี อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
นาย สุริยา บำรุงเวช	ภาควิชา เทคโนโลยีวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคโนโลยี อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
นาย มนัสชัย ประमाणพล	ภาควิชา เทคโนโลยีวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคโนโลยี อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ชุดโครงการวิจัยแห่งชาติ : ยางพารา

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
(ความคิดเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การศึกษาผลกระทบของคลื่นไมโครเวฟความถี่ 2.4 GHz ที่มีต่อน้ำยางพารา
(ภาษาอังกฤษ) Study of the effect of 2.4-GHz microwave to the rubber latex

ชื่อหัวหน้าโครงการ หน่วยงานสังกัด ที่อยู่ หมายเลขโทรศัพท์ โทรสารและ E-mail

ชื่อ สกุล ผศ. โอภาส ศิริธรรมชิตถาวร

หน่วยงาน ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

ที่อยู่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 1518 ถ.พิบูลสงคราม แขวงบางซื่อ
เขตบางซื่อ จ.กรุงเทพฯ 10800

โทรศัพท์/โทรสาร 0 2913 2500 ต่อ 6323 / 0 2585 8547 E-mail address ops@kmutnb.ac.th

นักศึกษาผู้ร่วมวิจัย นาย สุริยา บำรุงเวช

นาย ปฏิพัทธ์ สำโรงทอง

นาย มนัสชัย ประมาณพล

งบประมาณทั้งโครงการ 102,000 บาท

ระยะเวลาดำเนินการ 9 เดือน ตั้งแต่วันที่ 15 กรกฎาคม 2551 ถึงวันที่ 14 เมษายน 2552

ปัญหาที่ทำวิจัยและความสำคัญ

ในการรับซื้อน้ำยางพาราจากชาวสวนยาง ทางผู้ซื้อและผู้ขายจะมีปัญหาเรื่องการค้ารับซื้อเนื่องจากน้ำยางพาราจากสวนยางต่างๆ มีความเข้มข้นต่างกัน ขึ้นกับสายพันธุ์ ฤดูกาล อายุของต้นยาง ความสมบูรณ์ของต้นยาง ระบบการกรีดยาง ฯลฯ ทางผู้รับซื้อจะคิดราคาซื้อขายตามน้ำหนักของเนื้อยางแห้งที่มีอยู่ในน้ำยางพารา โดยทั่วไปน้ำยางพาราสดจะมีปริมาณเนื้อยางแห้งอยู่ในช่วง 25% - 45% โดยมีค่าเฉลี่ยที่ใช้กันทั่วไปที่ 33% [1] ในการวัดเปอร์เซ็นต์ของเนื้อยางแห้งที่มีในน้ำยางพาราเพื่อคำนวณหาน้ำหนักเนื้อยางแห้งทำได้ 2 วิธีคือ

1. การหาปริมาณเนื้อยางแห้งโดยวัดจากเมโทรแลค (metrolac หรือ latexometer) ในการวัดจะอาศัยหลักการของแรงลอยตัวของของเหลว ซึ่งมีข้อดีคือง่ายต่อการวัด สามารถวัดค่าเปอร์เซ็นต์ของเนื้อยางแห้งที่มีในน้ำยางได้ทันที ทำให้ทราบราคาซื้อขายทันที แต่มีข้อด้อยคือ ค่าที่วัดได้มีความคลาดเคลื่อนค่อนข้างสูง เนื่องจากการอ่านค่าผิดพลาด อุณหภูมิ ระยะเวลาในการใช้งาน

2. การหาปริมาณเนื้อยางแห้งโดยใช้การอบและชั่งน้ำหนัก ทำได้โดยตักน้ำยางสดใส่ถ้วยอลูมิเนียม ซึ่งด้วยเครื่องชั่งละเอียดให้ได้น้ำหนัก 50 กรัม ทำให้น้ำยางในถ้วยจับตัวด้วยกรดอะซิติกเข้มข้น 2% เมื่อน้ำยางจับตัวนำไปรีดให้ความหนาไม่เกิน 2 มิลลิเมตร ล้างด้วยน้ำให้สะอาด 2-3 ครั้ง นำแผ่นยางอบให้แห้งในตู้อบอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสประมาณ 16 ชั่วโมง ปลอบให้เย็นในโถแก้วสุญญากาศที่มีสารดูดความชื้นประมาณ 15 นาที นำตัวอย่างยางที่แห้งแล้วชั่งด้วยเครื่องชั่งชนิดละเอียด น้ำค่าที่ได้คูณด้วย 2 จะได้เปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้ง วิธีนี้จะมี ความแม่นยำสูง แต่มีข้อด้อยคือ ใช้เวลาในการทดสอบนาน 1-2 วัน ไม่สามารถทราบราคาซื้อขายได้ทันที ชาวสวนต้องไวใจในตัวผู้รับซื้อ

จากจุดนี้จึงเป็นแนวคิดของการวิจัยเรื่อง การศึกษาผลกระทบของคลื่นไมโครเวฟความถี่ 2.4 GHz ที่มีผลต่อน้ำยางพารา โดยศึกษาด้านการลดทอนกำลังงานของคลื่นไมโครเวฟ เมื่อผ่านน้ำยางพาราที่มีความเข้มข้นต่างๆ เพื่อนำข้อมูลไปจัดสร้างเครื่องต้นแบบวัดความเข้มข้นของน้ำยางพาราโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ เพื่อช่วยในการคำนวณหาน้ำหนักเนื้อยางแห้งได้รวดเร็วแม่นยำมากขึ้น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อสร้างอุปกรณ์ควบคุมเครื่องรับและส่งคลื่นไมโครเวฟความถี่ 2.4GHz กำลังงานต่ำ
2. เพื่อสร้างชุดเชื่อมต่อบetweenคอมพิวเตอร์กับเครื่องรับและส่งคลื่นไมโครเวฟ

3. เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการลดทอนพลังงานของคลื่นไมโครเวฟความถี่ 2.4 GHz กับค่าความเข้มข้นของน้ำยางพารา

4. เพื่อจัดสร้างเครื่องต้นแบบของเครื่องวัดความเข้มข้นของน้ำยางพาราโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ

ผลการดำเนินงาน

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลกระทบด้านการลดทอนกำลังของคลื่นไมโครเวฟความถี่ 2.4 GHz เมื่อผ่านน้ำยางพาราค่าความเข้มข้นต่างๆ โดยใช้มอดูล ST-TR2500 จากบริษัท SUMMITEK Technology Co., Ltd. ตัวมอดูลจะมีอุปกรณ์สำคัญคือ ไอซี CC2500 จากบริษัท Texas Instruments Incorporated ซึ่งเป็น Single Chip Low Cost Low Power RF Transceiver 2.400 – 2.483 GHz และมีสายอากาศแบบไมโครสตริป มาพร้อมกับตัวมอดูล ในการติดต่อสั่งงานกับมอดูลจะติดต่อในแบบดิจิทัล โดยมีมาตรฐานแบบ SPI ตัวควบคุมมอดูลและเชื่อมต่อกับเครื่องพีซีคอมพิวเตอร์จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 32 บิตตระกูล ARM7 เบอร์ LPC2148 จากบริษัท NXP หลังจากเขียนโปรแกรมภาษาซีสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อติดต่อกับมอดูลและทดสอบความแม่นยำในการรับส่งคลื่นแล้ว ได้เลือกภาชนะบรรจุน้ำยางพาราเป็นกระบอกน้ำพลาสติกขนาด 1 ลิตรที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.8 เซนติเมตร ให้ระยะห่างระหว่างภาคส่งภาครับเท่ากับ 12 เซนติเมตร เขียนโปรแกรมมิคروเบสิกสำหรับเครื่องพีซีคอมพิวเตอร์ให้ติดต่อกับการรับและส่งผ่านทางพอร์ต USB เพื่อควบคุมภาคส่งและอ่านค่าการลดทอนคลื่นที่ภาครับวัดได้นามาเก็บในรูปแบบตารางของโปรแกรม Microsoft Excel ในการทดลองจะวัดค่าการลดทอนของ น้ำกลั่น น้ำยางพาราความเข้มข้น 60% และน้ำน้ำยางพารา 60% มาผสมเป็น 50% 40% 30% 20%

หลังจากนั้นได้นำน้ำยางพาราความเข้มข้น 60% มาผสมกับน้ำกลั่นให้เป็นค่าความเข้มข้น 20%, 22%, 24%, 26%, 28%, 30% และ 32% ทำการวัดค่าการลดทอนกำลังของคลื่นฯ ที่ความถี่ต่างๆ เพื่อเลือกความถี่ที่เหมาะสม นำค่าการลดทอนที่ได้ไปวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของน้ำยางพารากับค่าการลดทอนคลื่น

สรุปผลการวิจัย

การทดลองวัดค่าการลดทอนคลื่นฯ ของน้ำยางพาราเข้มข้น 60% ที่ผสมน้ำกลั่นให้ได้ความเข้มข้น 20%, 22%, 24%, 26%, 28%, 30% และ 32% พบว่าที่ความถี่ 2.419 GHz ค่าการลดทอนกำลังของคลื่นฯ มีความแตกต่างกัน จึงได้นำค่าการลดทอนฯ ที่ความถี่นี้มาใช้ในการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น เพื่อหาสมการเส้นตรง $y = mx + b$ เมื่อ y คือค่าความเข้มข้นของน้ำยางพารา x คือค่าการลดทอนคลื่นในหน่วย dB และ b คือค่าคงที่ ในการวิเคราะห์ได้ค่า $m = 2.253818$ $b = -71.8318$ เมื่อนำค่า m และ b ที่ได้ไปใช้คำนวณค่าความเข้มข้นของน้ำยางพาราดิบจำนวน 6 ตัวอย่าง พบว่าค่าที่คำนวณได้มีการผิดพลาดในช่วง 2% ถึง -9.6%

เมื่อวิเคราะห์ค่าสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของน้ำยางพารากับค่าการลดทอนฯ เสร็จแล้วได้ปรับแก้โปรแกรมในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ แก้ไขวงจรส่วนฮาร์ดแวร์ให้มีขนาดเล็ก ทำงานได้โดยใช้ไฟเลี้ยงจากแบตเตอรี่ภายใน เพื่อจัดทำเครื่องต้นแบบของเครื่องวัดความเข้มข้นของน้ำยางพาราโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ

ข้อเสนอแนะที่คิดว่าควรวิจัยเพิ่มเติมและวิธีการที่ควรพัฒนาต่อยอดสู่ภาคปฏิบัติจริง

1. ในการวัดค่าการลดทอนคลื่นไมโครเวฟ เพื่อเก็บข้อมูลมาใช้ในการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น ควรวัดค่าจากน้ำยางพาราจริงๆ
2. ควรหามอดูลรับคลื่นไมโครเวฟที่ความละเอียดในการวัดมากกว่านี้
3. ควรศึกษาเพิ่มเติมว่าอุณหภูมิของน้ำยางพารา และอุณหภูมิห้องที่วัด มีผลต่อการวัดค่าการลดทอนกำลังคลื่นฯ หรือไม่

4. ให้ทำการประมวลผลข้อมูลการลดทอนกำลังคลื่นฯ ก่อนจะนำค่าที่ได้มาคำนวณ เช่น ก่อนใช้งาน อาจจะให้วัดค่าการลดทอนกำลังคลื่นฯ เมื่อผ่านอากาศว่าง ผ่านน้ำกลั่น เพื่อเก็บไว้เป็นค่ามาตรฐานอ้างอิงว่าค่าที่วัดได้ผิดเพี้ยนไปจากเดิมหรือไม่ มีคลื่นจากภายนอกมารบกวนหรือไม่
5. ให้ทำการชีลด์ (shield) โลหะหุ้มภาครับและภาคส่ง เพื่อป้องกันจากภายนอกมารบกวน
6. เพื่อลดต้นทุน สามารถใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เพียงตัวเดียวในการควบคุมภาครับและภาคส่ง
7. ควรศึกษากรณีที่มีการเจือปนแบ่งในน้ำยางพารา ว่ามีผลต่อการลดทอนคลื่นไมโครเวฟความถี่ 2.4 GHz หรือไม่
8. ควรทำการวัดเปรียบเทียบกับการวัดด้วย Metrolac

ผลงานทางวิชาการที่คาดว่าจะเกิดขึ้น

ใช้เพื่อเสนอผลงานวิชาในงานประชุมวิชาการ

รหัสโครงการ: RGD5150050
ชื่อโครงการ: การศึกษาผลกระทบของคลื่นไมโครเวฟความถี่ 2.4 GHz ที่มีต่อน้ำยางพารา
ชื่อนักวิจัย: ผศ. โอภาส ศิริธรรมชิตถาวร
สังกัด: วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
โทรศัพท์: 0 2913 2500 ต่อ 6323
E-mail: ops@kmutnb.ac.th , o_pas@hotmail.com
ระยะเวลาโครงการ: 15 กรกฎาคม 2551 ถึง 14 เมษายน 2552

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลกระทบด้านการลดทอนกำลังของคลื่นไมโครเวฟความถี่ 2.4 GHz เมื่อผ่านน้ำยางพาราค่าความเข้มข้นต่างๆ โดยใช้มอดูล ST-TR2500 จากบริษัท SUMMITEK Technology Co., Ltd. ตัวมอดูลจะมีอุปกรณ์สำคัญคือ ไอซี CC2500 จากบริษัท Texas Instruments Incorporated ซึ่งเป็น Single Chip Low Cost Low Power RF Transceiver 2.400 – 2.483 GHz และมีสายอากาศแบบไมโครสตริป มาพร้อมกับตัวมอดูล ในการติดต่อส่งงานกับมอดูลจะติดต่อในแบบดิจิทัล โดยมีมาตรฐานแบบ SPI ตัวควบคุมมอดูลและเชื่อมต่อกับเครื่องพีซีคอมพิวเตอร์จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 32 บิตตระกูล ARM7 เบอร์ LPC2148 จากบริษัท NXP หลังจากเขียนโปรแกรมภาษาซีสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อติดต่อกับมอดูลและทดสอบความแม่นยำในการรับส่งคลื่นแล้ว ได้เลือกภาชนะบรรจุน้ำยางพาราเป็นกระบอกน้ำพลาสติกขนาด 1 ลิตรที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.8 เซนติเมตร ติดตั้งให้มอดูลภาคส่งและภาครับห่างกันเท่ากับ 12 เซนติเมตร เขียนโปรแกรมวิซวลเบสิกสำหรับเครื่องพีซีคอมพิวเตอร์ให้ติดต่อกับการรับและส่งผ่านทางพอร์ต USB เพื่อควบคุมภาคส่งและอ่านค่าการลดทอนคลื่นที่ภาครับวัดได้นำมาเก็บในรูปแบบตารางของโปรแกรม Microsoft Excel ในการทดลองจะวัดค่าการลดทอนของ น้ำกลั่น น้ำยางพาราความเข้มข้น 60% และนำน้ำยางพารา 60% มาผสมเป็น 50% 40% 30% 20% ผลการวัดพบว่าน้ำยางพาราจะมีค่าการลดทอนมากกว่าน้ำกลั่น และค่าการลดทอนกำลังคลื่นจะแปรผันตรงกับค่าความเข้มข้นของน้ำยางพารา ถัดมาได้นำน้ำยางพาราความเข้มข้น 60% มาผสมกับน้ำกลั่นให้ได้น้ำยางพาราความเข้มข้น 20% 22% 24% 26% 28% 30% และ 32% ทำการวัดการลดทอนคลื่นจากความถี่ 2.400 – 2.482 GHz เพื่อเลือกความถี่ใช้งานความถี่เดียว ที่ให้ผลการลดทอนคลื่นของน้ำยางพาราความเข้มข้น 20% - 32% ที่แตกต่างกัน จากการทดลองได้เลือกใช้ความถี่ 2.419GHz นำค่าการลดทอนคลื่น ที่ความถี่นี้มาวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น เพื่อหาค่าสมการเส้นตรง $y = mx + b$ ที่แทนความสัมพันธ์ระหว่างการลดทอนคลื่นกับความเข้มข้นของน้ำยางพารา ได้ค่า $m = 2.253818$ $b = -71.8318$ นำสมการที่ได้ไปคำนวณหาค่าความเข้มข้นของน้ำยางพาราดิบที่ทางศูนย์วิจัยยางสงขลา รับซื้อจากชาวบ้านจำนวน 6 ตัวอย่างค่าความเข้มข้นจาก 24.5% - 31.3% พบว่าค่าที่คำนวณได้จากมีความผิดพลาดในช่วง 2% ถึง -9.6%

Project code: RGD5150050
Project title: Study of the effect of 2.4-GHz microwave to the rubber latex
Investigator: Opas Sirikunchittavorn
Telephone number: 0 2913 2500 ext 6323
E-mail: ops@kmutnb.ac.th, o_pas@hotmail.com
Project duration: 15 July 2008 to 15 April 2009

Abstract

In this research we studied microwave frequency (2.4GHz) power loss in various concentration of latex rubber. We used ST-TR2500 2.4GHz transceiver module from SUMMITEK Technology Co., Ltd. The module is based on CC2500, Single Chip Low Cost Low Power RF Transceiver 2.400 – 2.483 GHz from Texas Instruments Incorporated. The module has microstrip antenna and interface in digital format with SPI bus. In controller section we used LPC2148, ARM7 microcontroller 32 bit. After wrote C programming for control the module and test accuracy of the module both in transmit and receive. We choose the plastic bottle volume of 1 liter and diameter of 7.8 cm. for latex container and the distance between receiver and transmitter is 12 cm. We used USB port for interface between PC and controller board. At PC we wrote Microsoft Visual Basic programming for control the transmit and the receive module to generate microwave frequency from 2.400 – 2.482 GHz, measure RF power at same frequency and save the result in table with Microsoft Excel file format (.xls). We measured microwave power loss of distilled water, concentrated latex of 60%, 50%, 40%, 30% and 20%. The power loss in latex is larger than distilled water and loss is direct variation with concentration of latex. Then we brought 60% concentrated latex mix with distilled water to produce 20%, 22%, 24%, 26%, 28%, 30% and 32% latex. After measure microwave power loss of this latex we choose the frequency at 2.419 GHz and used the microwave power loss at this frequency to analyze relation between loss and percent of dry rubber content (DRC) of latex. We used linear regression analysis on the data to find linear equation $y = mx + b$. We obtain $m = 2.253818$ $b = -71.8318$. We used this equation to calculate %DRC of the latex that people sell to Songkhla Rubber Research Center in 6 sample from 24.5% - 31.3%. The result is error from 2% to -9.6%.

1. ความสำคัญและความเป็นมาของการวิจัย

ในการรับซื้อน้ำยางพาราจากชาวสวนยาง ทางผู้ซื้อและผู้ขายจะมีปัญหาเรื่องการกำหนดราคาซื้อ เนื่องจากน้ำยางพาราจากสวนยางต่าง ๆ มีความเข้มข้นต่างกัน ขึ้นกับสายพันธุ์ ฤดูกาล อายุของต้นยาง ความสมบูรณ์ของต้นยาง ระบบการกรีดยาง ฯลฯ ทางผู้รับซื้อจะคิดราคาซื้อตามน้ำหนักของเนื้อยางแห้งที่มีอยู่ในน้ำยางพารา โดยทั่วไปน้ำยางพาราสดจะมีปริมาณเนื้อยางแห้งอยู่ในช่วง 20% - 45% โดยมีค่าเฉลี่ยที่ใช้กันทั่วไปที่ 35% [1] ในการวัดเปอร์เซ็นต์ของเนื้อยางแห้งที่มีในน้ำยางพาราเพื่อคำนวณหาน้ำหนักเนื้อยางแห้งทำได้ 2 วิธีคือ

1. การหาปริมาณเนื้อยางแห้งโดยวัดจากเมโทรแลค (metrolac หรือ latexometer) ในการวัดจะอาศัยหลักการของแรงลอยตัวของของเหลว ซึ่งมีข้อดีคือง่ายต่อการวัด สามารถวัดค่าเปอร์เซ็นต์ของเนื้อยางแห้งที่มีในน้ำยางได้ทันที ทำให้ทราบราคาซื้อขายทันที แต่มีข้อด้อยคือ ค่าที่วัดได้มีความคลาดเคลื่อนค่อนข้างสูง เนื่องจากการอ่านค่าผิดพลาด อุณหภูมิ ระยะเวลาในการใช้งาน

2. การหาปริมาณเนื้อยางแห้งโดยใช้การอบและชั่งน้ำหนัก ทำได้โดยตักน้ำยางสดใส่ถ้วยอลูมิเนียม ซึ่งด้วยเครื่องชั่งละเอียดให้ได้น้ำหนัก 50 กรัม ทำให้น้ำยางในถ้วยจับตัวด้วยกรดอซิติกเข้มข้น 2% เมื่อยางจับตัวนำไปรีดให้มีความหนาไม่เกิน 2 มิลลิเมตร ล้างด้วยน้ำให้สะอาด 2-3 ครั้ง นำแผ่นยางอบให้แห้งในตู้อบอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสประมาณ 16 ชั่วโมง ปลอบให้เย็นในโถแก้วสุญญากาศที่มีสารดูดความชื้นประมาณ 15 นาที นำตัวอย่างยางที่แห้งแล้วชั่งด้วยเครื่องชั่งชนิดละเอียด นำค่าที่ได้คูณด้วย 2 จะได้เปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้ง วิธีนี้จะมี ความแม่นยำสูง แต่มีข้อด้อยคือ ใช้เวลาในการทดสอบนาน 1-2 วัน ไม่สามารถทราบราคาซื้อขายได้ทันที ชาวสวนต้องไว้อใจในตัวผู้รับซื้อ

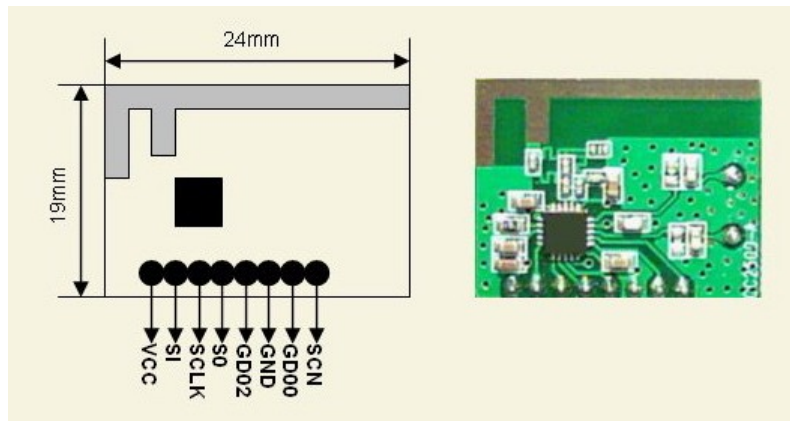
จากจุดนี้จึงเป็นแนวคิดของการวิจัยเรื่อง การศึกษาผลกระทบของคลื่นไมโครเวฟความถี่ 2.4 GHz ที่มีผลต่อน้ำยางพารา โดยศึกษาด้านการลดทอนกำลังงานของคลื่นไมโครเวฟ เมื่อผ่านน้ำยางพาราที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ เพื่อนำข้อมูลไปจัดสร้างเครื่องวัดความเข้มข้นของน้ำยางพาราโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ เพื่อช่วยในการคำนวณหาน้ำหนักเนื้อยางแห้งได้รวดเร็วแม่นยำมากขึ้น

2. ทฤษฎี แนวคิดในการวิจัย และผลงานที่เกี่ยวข้อง

ในการวิเคราะห์น้ำยางพาราในทางไฟฟ้า พบว่าน้ำยางพาราจัดได้ว่าเป็นสารไดอิเล็กตริก (dielectric) ที่มีการสูญเสีย เมื่อมีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าผ่านตัวกลางที่มีความสูญเสีย จะทำให้ขนาดของคลื่นลดลงในตัวกลางที่มีความสูญเสีย เมื่อวัดกำลังของคลื่นจะพบว่าคลื่นจะมีกำลังลดลงตามระยะทางที่คลื่นเคลื่อนที่ สำหรับการลดทอนของคลื่นเมื่อผ่านตัวกลางต่าง ๆ จะขึ้นกับความถี่ที่ใช้และชนิดของตัวกลาง และแปรผันตรงกับระยะทางที่คลื่นเคลื่อนที่ [3]

ในการเลือกความถี่ของคลื่นที่ใช้การการศึกษาผลกระทบด้านการลดทอนของคลื่นไมโครเวฟที่มีต่อน้ำยางพารา จะเลือกความถี่ย่าน 2.4 GHz เนื่องจากหลักการทำงานของเตาอบไมโครเวฟ ซึ่งเป็นการให้ความร้อนกับอาหารโดยส่งผ่านคลื่นไมโครเวฟ ซึ่งปกติจะมีความถี่ 2.45 GHz เข้าไปในอาหาร ทำให้โมเลกุลของน้ำ ไขมัน และสารอื่นๆ จะดูดซับพลังงาน ซึ่งเป็นกระบวนการที่เรียกว่า dielectric heating สำหรับน้ำยางพาราดิบส่วนประกอบหลักก็คือน้ำประมาณ 60% เมื่อได้รับคลื่นไมโครเวฟแล้วย่อมจะเกิดการดูดซับพลังงานของคลื่นไมโครเวฟ ทำให้คลื่นหลังจากผ่านน้ำยางพารามีกำลังงานลดลง

ในปัจจุบันอุปกรณ์สื่อสารไร้สายที่ใช้ย่านความถี่ 2.4GHz ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย และมียี่ห้อต่าง ๆ ดังเช่นมอดูล ST-TR2500 จากบริษัท SUMMITEK Technology Co., Ltd. ซึ่งเป็นมอดูลรับและส่งคลื่นไมโครเวฟย่านความถี่ 2.400GHz – 2.483GHz โดยตัวมอดูลจะมีขนาดและรูปร่างดังแสดงในภาพที่ 1



รูปที่ 1 ขนาดและหน้าตาของมอดูล ST-TR2500

ตัวมอดูลจะมีอุปกรณ์สำคัญคือ ไอซี CC2500 จากบริษัท Texas Instruments Incorporated. ซึ่งเป็น Single Chip Low Cost Low Power RF Transceiver และมีสายอากาศแบบไมโครสตริป มาพร้อมกับตัวมอดูล ในการติดต่อสั่งงานกับมอดูลจะติดต่อในแบบดิจิทัล โดยมีมาตรฐานแบบ SPI ตัวไอซี CC2500 สามารถกำเนิดคลื่นไมโครเวฟได้จาก 2.400GHz – 2.483GHz โดยปรับค่ากำลังส่งได้จาก -30 dBm – 0 dBm สำหรับกำลังส่งสูงสุด 0 dBm หรือ 1mW คาดว่าไม่มีผลทำให้น้ำยางพาราเสียหาย ในภาครับจะมีความสามารถในการวัดค่า RSSI (Receive Signal Strength Indicator) ซึ่งมีความไวสูงสุดถึง -101 dBm โดยมีความละเอียดของการวัดที่ 1/2 dB

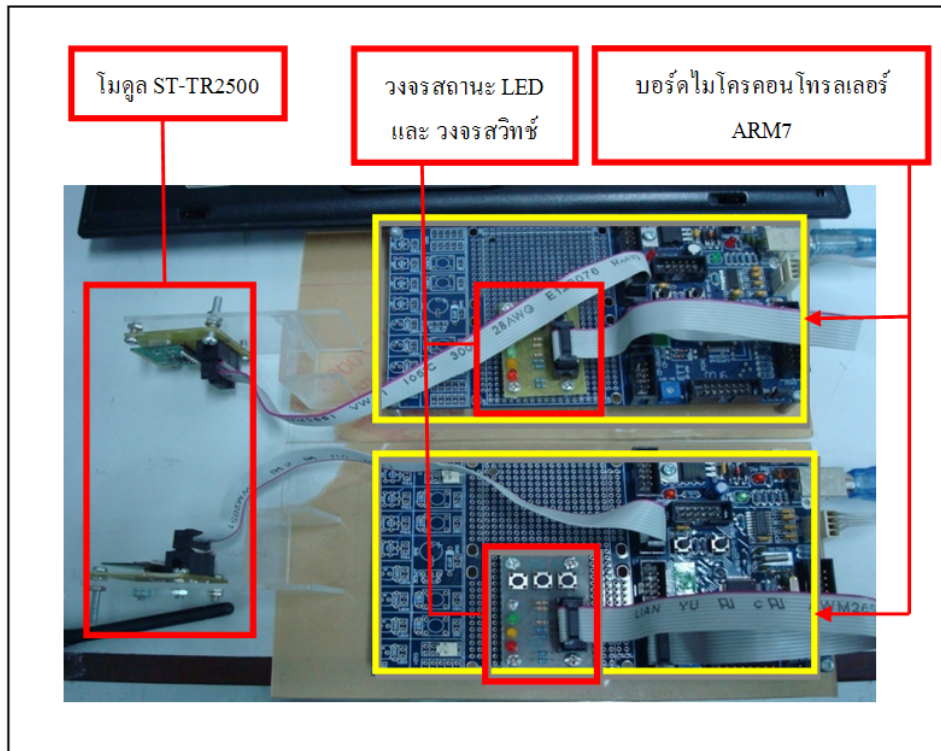
จึงมีแนวคิดในการนำมอดูล ST-TR2500 ตัวแรกมาใช้ในการส่งคลื่นไมโครเวฟความถี่ 2.4 GHz และใช้มอดูล ST-TR2500 ตัวที่สองเป็นตัวรับคลื่น และวัดกำลังของคลื่นหลังจากส่งผ่านน้ำยางพารา นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาการลดทอน (Loss) ในหน่วย (dB) เพื่อศึกษาการลดทอนกำลังของคลื่นไมโครเวฟหลังจากส่งผ่านน้ำยางพารา

3. วัตถุประสงค์

1. เพื่อสร้างอุปกรณ์ควบคุมเครื่องรับและส่งคลื่นไมโครเวฟความถี่ 2.4GHz กำลังงานต่ำ
2. เพื่อสร้างชุดเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับเครื่องรับและส่งคลื่นไมโครเวฟ
3. เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการลดทอนกำลังงานของคลื่นไมโครเวฟความถี่ 2.4 GHz กับค่าความเข้มข้นของน้ำยางพารา
4. เพื่อจัดสร้างเครื่องต้นแบบของเครื่องวัดความเข้มข้นของน้ำยางพาราโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ

4. วิธีการ

เริ่มต้นด้วยการจัดหามอดูล ST-TR2500 หลังจากได้มอดูลฯ แล้วจะสร้างชุดควบคุมการทำงานของมอดูล และเชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 32 บิตตระกูล ARM7 เบอร์ LPC2148 ของบริษัท NXP เป็นตัวควบคุมการทำงานของมอดูล ST-TR2500 โดยแสดงวงจรทดสอบได้ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงการต่อวงจรที่ใช้ในการทดสอบการทำงานของภาครับและส่งของมอดูล ST-TR2500

ในการทดสอบความแม่นยำของภาครับและส่งของมอดูล ST-TR2500 จะวัดเทียบกับเครื่อง Spectrum Analyzer รุ่น E4407B ของบริษัท Agilent โดยให้มอดูล ST-TR2500 ส่งคลื่นไมโครเวฟออกมาแล้วใช้ Spectrum Analyzer วัดค่าความถี่และกำลังของคลื่นที่รับได้ ในขณะเดียวกันก็ใช้ มอดูล ST-TR2500 ที่เป็นภาครับ ปรับค่าความถี่ให้ตรงกับภาคส่ง แล้วอ่านค่ากำลังของคลื่นที่มอดูลรับได้ โดยมีวงจรการทดสอบดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 การต่อทดสอบความแม่นยำของมอดูล ST-TR2500 กับเครื่อง Spectrum analyzer

ผลการทดสอบภาครับภาคส่งของมอดูล ST-TR2500 แสดงได้ดังตารางที่ 1 โดยแสดงเฉพาะบางความถี่พบว่าการทำงานของมอดูล ST-TR2500 ภาคส่งสามารถส่งคลื่นในความถี่จาก 2.400 – 2.483 MHz ได้ ส่วนภาครับของมอดูล ST-TR2500 สามารถรับคลื่นได้ใกล้เคียงกับเครื่อง Spectrum analyzer

ตารางที่ 1 ผลการวัดค่ากำลังงานของคลื่นไมโครเวฟโดยใช้มอดูล ST-TR2500 เทียบกับเครื่อง Spectrum Analyzer

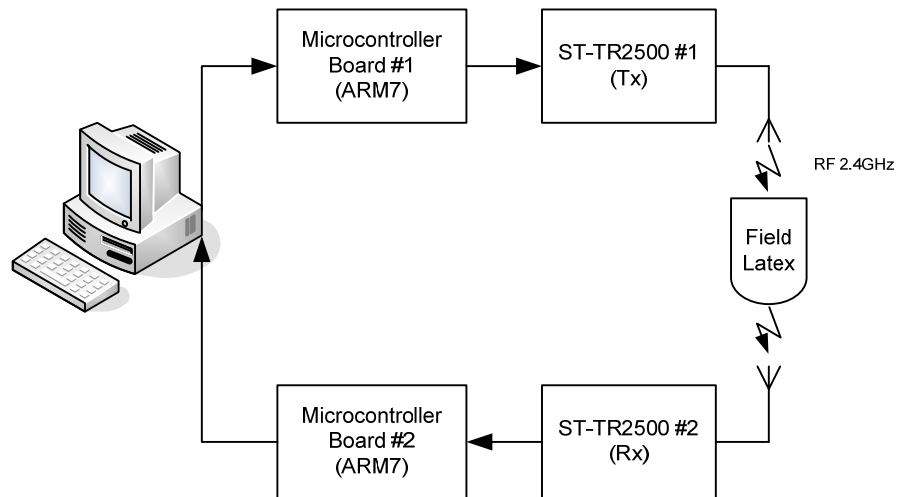
ความถี่ (GHz)	กำลังส่งของมอดูล ST-TR2500 (dBm)	ค่าที่ตัวรับ โดยใช้มอดูล ST-TR2500 อ่านได้ (dBm)	ค่าที่เครื่องสเปกตรัมอานาไลเซอร์อ่านได้ (dBm)	ค่าความผิดพลาด (ร้อยละ)
2.400	0	-27.00	-28.00	3.57
2.410	0	-27.50	-27.00	1.81
2.420	0	-27.50	-28.00	1.81
2.430	0	-27.00	-28.00	3.57
2.440	0	-27.00	-28.00	3.57
2.450	0	-27.00	-27.50	1.81
2.460	0	-27.00	-28.00	3.57
2.470	0	-27.50	-28.00	1.81
2.480	0	-26.50	-27.00	1.81
2.483	0	-26.50	-27.00	1.81

เมื่อทดสอบภาครับภาคส่งของมอดูล ST-TR2500 เสร็จแล้ว จะเลือกชนิดและภาชนะบรรจุ น้ำยางและการติดตั้งมอดูลภาครับและส่งคลื่นไมโครเวฟ โดยเลือกภาชนะเป็นกระบอกน้ำพลาสติกขนาดบรรจุ 1 ลิตร ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.8 เซนติเมตร โดยแสดงรูปของภาครับและภาคส่งคลื่นไมโครเวฟ และภาชนะบรรจุได้ดังรูปที่ 4 โดยให้ระยะห่างระหว่างมอดูลภาครับและส่งคลื่นไมโครเวฟเท่ากับ 12 เซนติเมตร



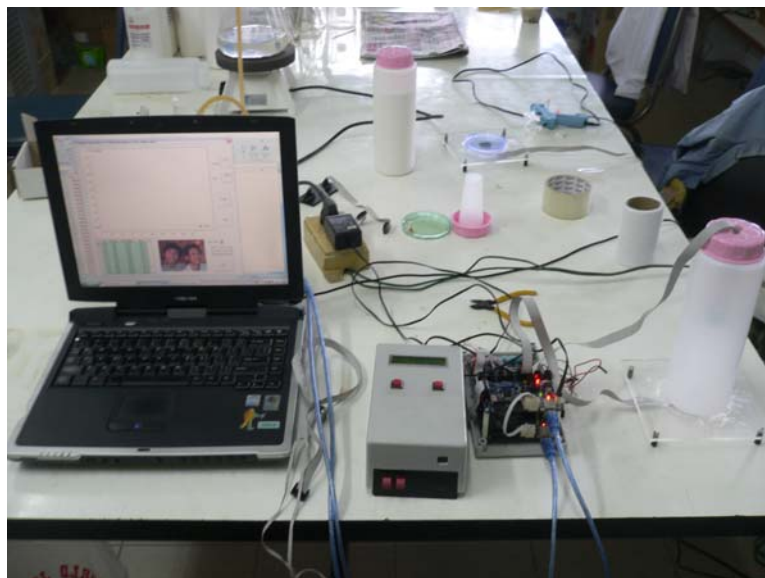
รูปที่ 4 ส่วนของภาครับและภาคส่ง

จะพัฒนาส่วนเชื่อมต่อกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ โดยเชื่อมต่อผ่านพอร์ต USB ของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ เพื่อจัดเตรียมสร้างชุดทดลองวัดผลกระทบของคลื่นไมโครเวฟความถี่ 2.4 GHz ที่มีผลต่อน้ำยางพารา ซึ่งแสดงแผนผังได้ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 แผนผังเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองวัดผลกระทบของคลื่นไมโครเวฟ 2.4 GHz ที่มีผลต่อน้ำยางพารา

การทดลองวัดผลกระทบด้านการลดทอนกำลังงานคลื่นไมโครเวฟที่ความถี่ 2.4 GHz ทำได้โดยให้มอดูล ST-TR2500 ตัวที่ 1 ส่งคลื่นไมโครเวฟความถี่ 2.400 GHz – 2.482GHz ส่วนมอดูล ST-TR2500 ตัวที่ 2 เป็นตัวรับคลื่น โดยต้องปรับความถี่ของภาครับและส่งให้ตรงกัน ในส่วนของเครื่องพีซีคอมพิวเตอร์ จะพัฒนาโปรแกรมโดยใช้ Microsoft Visual Basic 6 เพื่อเขียนโปรแกรมอ่านค่ากำลังของคลื่นไมโครเวฟที่รับได้ เพื่อนำมาแสดงกราฟ และสามารถส่งเซฟเก็บข้อมูลลงในไฟล์ .xls ของโปรแกรม Microsoft Excel เพื่อให้สามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์ค่าในภายหลัง รูปที่ 6 แสดงตัวอย่างการทดลองวัดค่าการลดทอนของน้ำกลั่น



ภาพที่ 6 การวัดค่าการลดทอนกำลังของคลื่นไมโครเวฟหลังผ่านน้ำกลั่น

ในการวัดค่าการลดทอน จะเริ่มต้นวัดค่าการลดทอนของอากาศว่างก่อน โดยส่งคลื่นไมโครเวฟกำลังงาน 0 dBm (1mW) ใส่ค่าความถี่จาก 2.400 – 2.482 GHz จดค่ากำลังงานที่รับได้ ถัดมาจะส่งคลื่นไมโครเวฟผ่านน้ำกลั่นบริสุทธิ์ ผ่านยางพาราค่าความเข้มข้นต่างๆ และจดค่ากำลังงานที่รับได้ เพื่อคำนวณหาค่าการลดทอน

การคำนวณหาค่าการลดทอนจะใช้สมการ

$$Loss = P_t - P_r + G_t + G_r \quad (1)$$

เมื่อ $Loss$ คือการลดทอนของคลื่นไมโครเวฟเมื่อผ่านตัวกลาง (dB)

P_t คือกำลังส่งของตัวส่ง (dBm)

P_r คือกำลังที่รับได้ของตัวรับ (dBm)

G_t คืออัตราขยายของสายอากาศตัวส่ง (dB)

G_r คืออัตราขยายของสายอากาศรับ (dB)

เนื่องจากสายอากาศที่ใช้ในมอดูล ST-TR2500 เป็นแบบ Inverted F Antenna จะมีค่าอัตราขยายของสายอากาศไม่คงที่ ขึ้นกับทิศทางและระนาบของสายอากาศ [4] ดังนั้นในการวิจัยนี้ จะวัดค่าการลดทอนโดยใช้สูตรอย่างง่าย $Loss = P_t - P_r$ ดังนั้นค่าการลดทอนที่วัดได้จึงเป็นค่าที่รวมอัตราขยายของสายอากาศส่งและสายอากาศรับ ในการวัดค่าทุกครั้งจะต้องควบคุมให้สายอากาศรับและส่งวางขนานและทำมุมเท่ากันทุกครั้งทีวัด

5. ผลการวิจัย

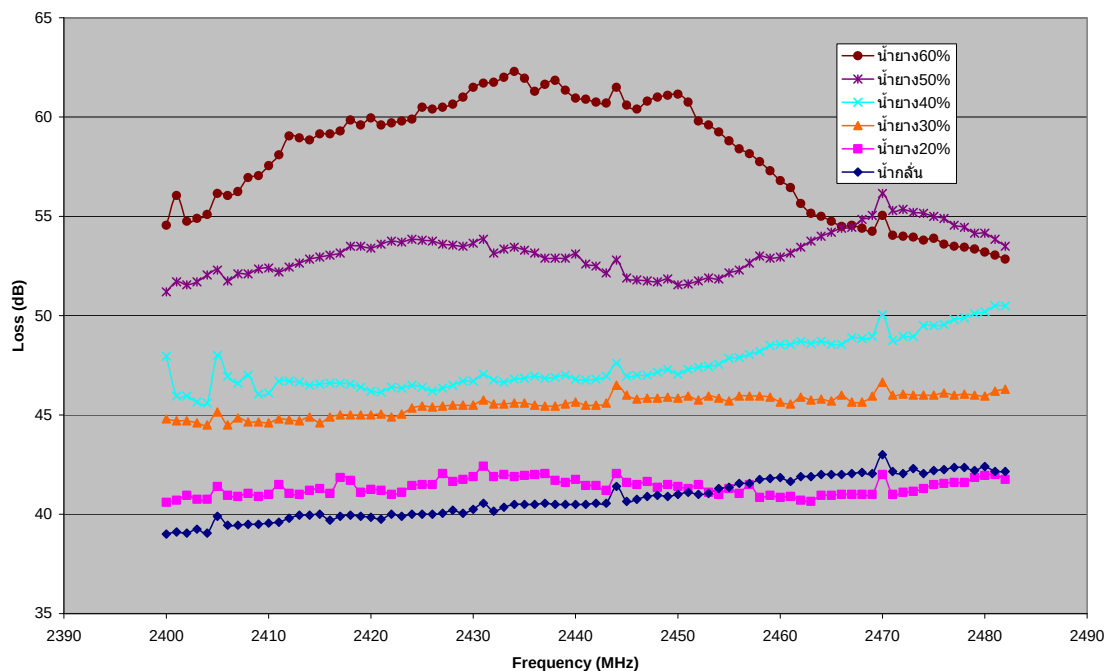
ในการวัดค่าการลดทอนกำลังงานจะนำน้ำยางพาราชั้นมาตรฐานที่ 60% มาผสมกับน้ำบริสุทธิ์เพื่อสร้างน้ำยางพาราค่าความเข้มข้นต่างๆ จาก 20% ถึง 60% ในการทดลองจะทดลองวัดตั้งแต่ความถี่ 2.400GHz – 2.482 GHz โดยให้เครื่องคอมพิวเตอร์ทำการควบคุมการทำงานอัตโนมัติ ในการวัดค่าการลดทอนกำลังฯ นี้จะทำการวัดค่า 10 ครั้งแล้วทำการเฉลี่ยค่า โดยจะวัดค่า 3 รอบ นำค่าเฉลี่ยกลาง (median) มาใช้ โดยแสดงผลการวัดค่าได้ในตารางที่ 2 และแสดงกราฟได้ในรูปที่ 7

ตารางที่ 2 ผลการวัดค่าการลดทอนกำลังคลื่นไมโครเวฟที่ความถี่ต่างๆ ของน้ำยางพารา 20% - 60%

ความถี่ (MHz)	น้ำกลั่น	น้ำยาง20%	น้ำยาง30%	น้ำยาง40%	น้ำยาง50%	น้ำยาง60%
2400	39	40.6	44.8	47.95	51.2	54.55
2401	39.1	40.7	44.7	45.95	51.7	56.05
2402	39.05	40.95	44.7	45.95	51.55	54.75
2403	39.25	40.75	44.6	45.65	51.7	54.9
2404	39.05	40.75	44.5	45.6	52.05	55.1
2405	39.9	41.4	45.15	48	52.3	56.15
2406	39.45	40.95	44.5	46.95	51.75	56.05
2407	39.45	40.9	44.85	46.6	52.1	56.25
2408	39.5	41.05	44.65	47	52.1	56.95
2409	39.5	40.9	44.65	46.05	52.35	57.05
2410	39.55	41	44.6	46.1	52.4	57.55
2411	39.6	41.5	44.8	46.7	52.2	58.1
2412	39.8	41.05	44.75	46.7	52.45	59.05
2413	39.95	41	44.7	46.65	52.65	58.95
2414	39.95	41.2	44.9	46.5	52.85	58.85
2415	40	41.3	44.6	46.55	52.95	59.15
2416	39.7	41.05	44.9	46.6	53.05	59.15

ความถี่ (MHz)	น้ำกลั่น	น้ำยาง20%	น้ำยาง30%	น้ำยาง40%	น้ำยาง50%	น้ำยาง60%
2417	39.9	41.85	45	46.6	53.15	59.3
2418	39.95	41.7	45	46.55	53.5	59.85
2419	39.9	41.1	45	46.4	53.5	59.6
2420	39.85	41.25	45	46.2	53.4	59.95
2421	39.75	41.2	45.05	46.15	53.6	59.6
2422	40	41	44.9	46.4	53.75	59.7
2423	39.9	41.1	45.05	46.35	53.7	59.8
2424	40	41.45	45.35	46.5	53.85	59.9
2425	40	41.5	45.45	46.4	53.8	60.5
2426	40	41.5	45.4	46.2	53.75	60.4
2427	40.05	42.05	45.45	46.35	53.6	60.5
2428	40.2	41.65	45.5	46.5	53.55	60.65
2429	40.05	41.75	45.5	46.7	53.5	61
2430	40.25	41.9	45.5	46.7	53.65	61.5
2431	40.55	42.42	45.75	47.05	53.85	61.7
2432	40.15	41.9	45.55	46.75	53.15	61.75
2433	40.35	42	45.55	46.65	53.35	62
2434	40.5	41.9	45.6	46.8	53.45	62.3
2435	40.5	41.95	45.6	46.85	53.3	61.95
2436	40.5	42	45.5	46.95	53.15	61.3
2437	40.55	42.05	45.45	46.85	52.9	61.65
2438	40.5	41.7	45.45	46.9	52.9	61.85
2439	40.5	41.6	45.55	47	52.9	61.35
2440	40.5	41.75	45.65	46.8	53.1	60.95
2441	40.5	41.45	45.5	46.75	52.6	60.9
2442	40.55	41.45	45.5	46.8	52.5	60.75
2443	40.55	41.2	45.6	46.95	52.15	60.7
2444	41.4	42.05	46.5	47.6	52.8	61.5
2445	40.65	41.6	46	46.95	51.9	60.6
2446	40.75	41.5	45.8	47	51.8	60.4
2447	40.9	41.65	45.85	47	51.75	60.8
2448	40.95	41.35	45.85	47.15	51.7	61
2449	40.9	41.5	45.9	47.3	51.85	61.1
2450	41	41.4	45.85	47.05	51.55	61.15
2451	41.1	41.3	45.95	47.3	51.6	60.75
2452	41	41.5	45.75	47.4	51.75	59.8
2453	41.05	41.1	45.95	47.45	51.9	59.6
2454	41.3	41	45.85	47.55	51.85	59.25
2455	41.35	41.3	45.7	47.85	52.15	58.8
2456	41.55	41.05	45.95	47.9	52.3	58.4
2457	41.55	41.5	45.95	48.05	52.65	58.15
2458	41.75	40.85	45.95	48.2	53	57.75
2459	41.8	40.95	45.9	48.5	52.9	57.3
2460	41.85	40.85	45.65	48.55	52.95	56.8
2461	41.65	40.9	45.55	48.55	53.15	56.45
2462	41.9	40.7	45.9	48.7	53.45	55.65
2463	41.9	40.65	45.75	48.6	53.75	55.15
2464	42	40.95	45.8	48.7	54	55
2465	42	40.95	45.7	48.55	54.2	54.75
2466	42	41	46	48.55	54.4	54.5
2467	42.05	41	45.65	48.9	54.45	54.55

ความถี่ (MHz)	น้ำกลั่น	น้ำยาง20%	น้ำยาง30%	น้ำยาง40%	น้ำยาง50%	น้ำยาง60%
2468	42.1	41	45.65	48.85	54.85	54.4
2469	42.05	41	45.95	48.95	55.05	54.25
2470	43	42	46.65	50.05	56.15	55.05
2471	42.15	41	46	48.75	55.3	54.05
2472	42.05	41.1	46.05	48.95	55.35	54
2473	42.3	41.15	46	48.95	55.2	53.95
2474	42.05	41.3	46	49.5	55.15	53.8
2475	42.2	41.5	46	49.5	55	53.9
2476	42.25	41.55	46.1	49.55	54.9	53.6
2477	42.35	41.6	46	49.8	54.55	53.5
2478	42.35	41.6	46.05	49.9	54.45	53.45
2479	42.2	41.85	46	50.1	54.15	53.35
2480	42.4	41.95	45.95	50.2	54.15	53.2
2481	42.15	42	46.2	50.5	53.85	53.05
2482	42.15	41.75	46.3	50.5	53.5	52.85



รูปที่ 7 การลดทอนคลื่นไมโครเวฟของน้ำยางเข้มข้นที่ผสมให้มีความเข้มข้นจาก 20% ถึง 60%

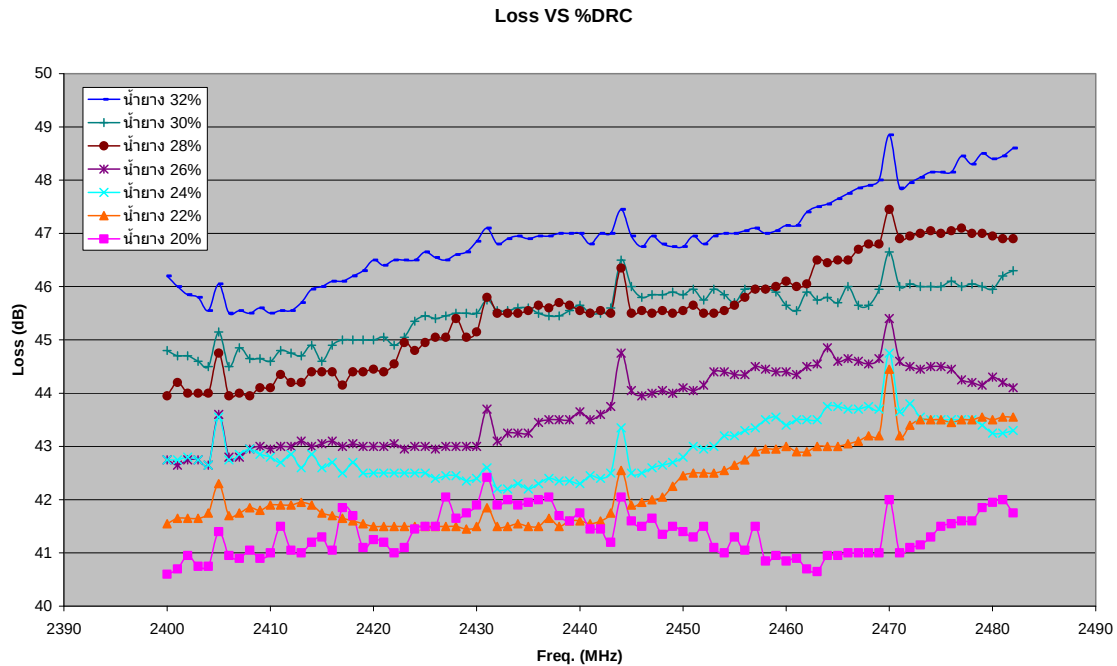
จากผลการวัดพบว่า น้ำยางพาราจะมีการลดทอนกำลังคลื่นมากกว่าน้ำ เมื่อน้ำยางมีความเข้มข้นมากขึ้น การลดทอนคลื่นไมโครเวฟ จะมีค่ามากขึ้นตามไปด้วย

หลังจากวัดค่าการลดทอนของน้ำยางพาราความเข้มข้น 20% - 60% แล้ว ได้นำน้ำยางพาราความเข้มข้น 60% มาผสมเป็นน้ำยางพาราความเข้มข้น 20%, 22%, 24%, 26%, 28%, 30% และ 32% ทำการวัดค่าการลดทอนที่ความถี่ต่างๆ ซึ่งแสดงผลการวัดได้ในตารางที่ 3 และแสดงผลการวัดเป็นกราฟได้ดังรูปที่ 8

ตารางที่ 3 การลดทอนที่ความถี่ต่างๆ ของน้ำยางพาราเข้มข้นที่ผสมให้มีความเข้มข้น 20% - 32%

ความถี่ (MHz)	น้ำยาง 20%	น้ำยาง 22%	น้ำยาง 24%	น้ำยาง 26%	น้ำยาง 28%	น้ำยาง 30%	น้ำยาง 32%
2400	40.6	41.55	42.75	42.75	43.95	44.8	46.2
2401	40.7	41.65	42.75	42.65	44.2	44.7	46
2402	40.95	41.65	42.8	42.75	44	44.7	45.85
2403	40.75	41.65	42.75	42.75	44	44.6	45.8
2404	40.75	41.75	42.65	42.65	44	44.5	45.55
2405	41.4	42.3	43.55	43.6	44.75	45.15	46.05
2406	40.95	41.7	42.75	42.8	43.95	44.5	45.5
2407	40.9	41.75	42.85	42.8	44	44.85	45.55
2408	41.05	41.85	42.95	42.95	43.95	44.65	45.5
2409	40.9	41.8	42.85	43	44.1	44.65	45.6
2410	41	41.9	42.8	42.95	44.1	44.6	45.5
2411	41.5	41.9	42.7	43	44.35	44.8	45.55
2412	41.05	41.9	42.85	43	44.2	44.75	45.55
2413	41	41.95	42.6	43.1	44.2	44.7	45.7
2414	41.2	41.9	42.85	43	44.4	44.9	45.95
2415	41.3	41.75	42.6	43.05	44.4	44.6	46
2416	41.05	41.7	42.7	43.1	44.4	44.9	46.1
2417	41.85	41.65	42.5	43	44.15	45	46.1
2418	41.7	41.6	42.7	43.05	44.4	45	46.2
2419	41.1	41.55	42.5	43	44.4	45	46.3
2420	41.25	41.5	42.5	43	44.45	45	46.5
2421	41.2	41.5	42.5	43	44.4	45.05	46.4
2422	41	41.5	42.5	43.05	44.55	44.9	46.5
2423	41.1	41.5	42.5	42.95	44.95	45.05	46.5
2424	41.45	41.5	42.5	43	44.8	45.35	46.5
2425	41.5	41.5	42.5	43	44.95	45.45	46.65
2426	41.5	41.5	42.4	42.95	45.05	45.4	46.55
2427	42.05	41.5	42.45	43	45.05	45.45	46.5
2428	41.65	41.5	42.45	43	45.4	45.5	46.6
2429	41.75	41.45	42.35	43	45.05	45.5	46.65
2430	41.9	41.5	42.4	43	45.15	45.5	46.85
2431	42.42	41.85	42.6	43.7	45.8	45.75	47.1
2432	41.9	41.5	42.2	43.1	45.5	45.55	46.8
2433	42	41.5	42.2	43.25	45.5	45.55	46.9
2434	41.9	41.55	42.3	43.25	45.5	45.6	46.95
2435	41.95	41.5	42.2	43.25	45.55	45.6	46.9
2436	42	41.5	42.3	43.45	45.65	45.5	46.95
2437	42.05	41.65	42.4	43.5	45.6	45.45	46.95
2438	41.7	41.5	42.35	43.5	45.7	45.45	47
2439	41.6	41.6	42.35	43.5	45.65	45.55	47
2440	41.75	41.6	42.3	43.65	45.55	45.65	47
2441	41.45	41.55	42.45	43.5	45.5	45.5	46.8
2442	41.45	41.6	42.4	43.6	45.55	45.5	47
2443	41.2	41.75	42.5	43.75	45.5	45.6	47
2444	42.05	42.55	43.35	44.75	46.35	46.5	47.45
2445	41.6	41.9	42.5	44.05	45.5	46	46.95

ความถี่ (MHz)	ห่ายาง 20%	ห่ายาง 22%	ห่ายาง 24%	ห่ายาง 26%	ห่ายาง 28%	ห่ายาง 30%	ห่ายาง 32%
2446	41.5	41.95	42.5	43.95	45.55	45.8	46.75
2447	41.65	42	42.6	44	45.5	45.85	46.95
2448	41.35	42.05	42.65	44.05	45.55	45.85	46.8
2449	41.5	42.25	42.7	44	45.5	45.9	46.75
2450	41.4	42.45	42.8	44.1	45.55	45.85	46.75
2451	41.3	42.5	43	44.05	45.65	45.95	46.95
2452	41.5	42.5	42.95	44.15	45.5	45.75	46.8
2453	41.1	42.5	43	44.4	45.5	45.95	46.95
2454	41	42.55	43.2	44.4	45.55	45.85	47
2455	41.3	42.65	43.2	44.35	45.65	45.7	47
2456	41.05	42.75	43.3	44.35	45.8	45.95	47.05
2457	41.5	42.9	43.35	44.5	45.95	45.95	47.1
2458	40.85	42.95	43.5	44.45	45.95	45.95	47
2459	40.95	42.95	43.55	44.4	46	45.9	47.05
2460	40.85	43	43.4	44.4	46.1	45.65	47.15
2461	40.9	42.9	43.5	44.35	46	45.55	47.15
2462	40.7	42.9	43.5	44.5	46.05	45.9	47.4
2463	40.65	43	43.5	44.55	46.5	45.75	47.5
2464	40.95	43	43.75	44.85	46.45	45.8	47.55
2465	40.95	43	43.75	44.6	46.5	45.7	47.65
2466	41	43.05	43.7	44.65	46.5	46	47.75
2467	41	43.1	43.7	44.6	46.7	45.65	47.85
2468	41	43.2	43.75	44.55	46.8	45.65	47.9
2469	41	43.2	43.7	44.65	46.8	45.95	48
2470	42	44.45	44.75	45.4	47.45	46.65	48.85
2471	41	43.2	43.65	44.6	46.9	46	47.85
2472	41.1	43.4	43.8	44.5	46.95	46.05	47.95
2473	41.15	43.5	43.55	44.45	47	46	48.05
2474	41.3	43.5	43.5	44.5	47.05	46	48.15
2475	41.5	43.5	43.5	44.5	47	46	48.15
2476	41.55	43.45	43.5	44.45	47.05	46.1	48.15
2477	41.6	43.5	43.5	44.25	47.1	46	48.45
2478	41.6	43.5	43.5	44.2	47	46.05	48.3
2479	41.85	43.55	43.4	44.15	47	46	48.5
2480	41.95	43.5	43.25	44.3	46.95	45.95	48.4
2481	42	43.55	43.25	44.2	46.9	46.2	48.45
2482	41.75	43.55	43.3	44.1	46.9	46.3	48.6



รูปที่ 8 การลดทอนที่ความถี่ต่างๆ ของน้ำยางพาราเข้มข้นที่ผสมให้มีความเข้มข้น 20% - 32%

จากกราฟการลดทอนกำลังคลื่นไมโครเวฟ ในรูปที่ 8 พบว่าค่าการลดทอนกำลังคลื่นฯ จะแปรผันตรงกับค่าความเข้มข้นของน้ำยางพารา จากนั้นได้ทำการเลือกความถี่ ที่ให้ผลการลดทอนของน้ำยางค่าความเข้มข้นต่างๆ ที่แยกจากกันอย่างชัดเจน จากกราฟในรูปที่ 8 เลือกที่ความถี่ 2.419 GHz นำมาใช้

ในการวิเคราะห์ค่าการลดทอนฯ กับความเข้มข้นของน้ำยางพารา จะใช้การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear regression analysis) ที่ทำการหาค่าสมการเส้นตรงที่ใช้แทนความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความเข้มข้นของน้ำยางกับค่าการลดทอนคลื่น โดยให้ค่าการลดทอนคลื่นฯ ที่ความถี่ 2.419 GHz (dB) เป็นค่าในแกน x และให้ค่าความเข้มข้นของน้ำยาง (%DRC) เป็นค่าในแกน y สมการการหาค่า m ซึ่งแทนค่าความชันของกราฟแสดงได้ดังสมการ (2) และค่า b แสดงจุดตัดแกน y แสดงได้ดังสมการที่ (3)

$$m = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sum (x - \bar{x})^2} \quad (2)$$

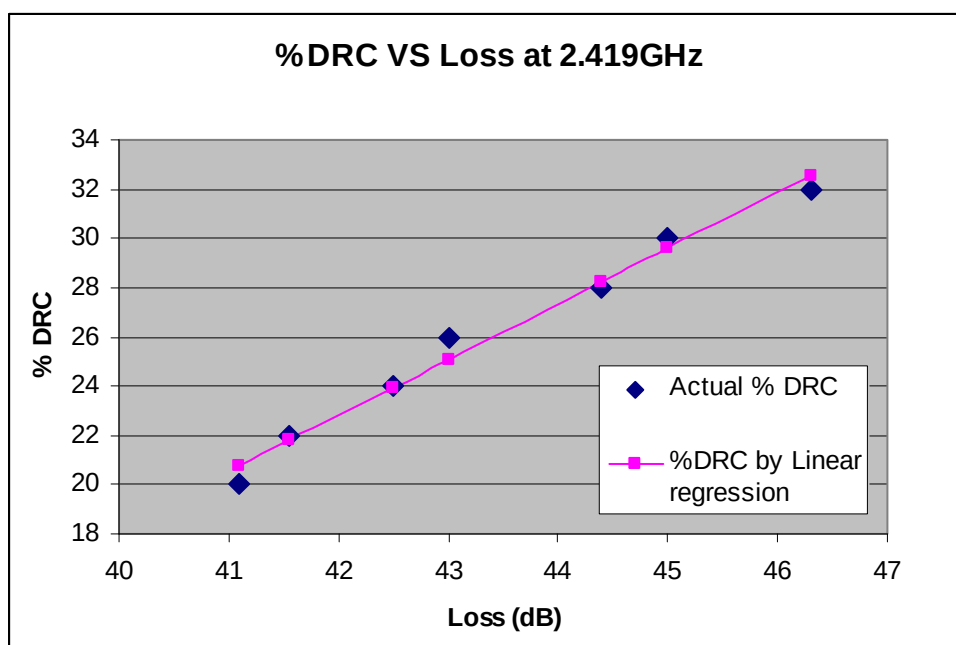
$$b = \bar{y} - m\bar{x} \quad (3)$$

ค่าการลดทอนกำลังคลื่นไมโครเวฟความถี่ 2.419 GHz เมื่อผ่านน้ำยางพาราเข้มข้น 60% ที่ผสมเป็นค่าความเข้มข้นจาก 20% -32% แสดงได้ในตารางที่ 4 และวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น ได้ค่า $m = 2.253818$ $b = -71.8313$ R (correlation Coefficient) = 0.9909697 R^2 (Coefficient of determination) = 0.982021

ตารางที่ 4 ค่าการลดทอนกำลังคลื่นไมโครเวฟความถี่ 2.419 GHz เมื่อผ่านน้ำยางพาราความเข้มข้น 60% ที่ผสมเป็นค่าความเข้มข้น 20% - 32%

Loss (dB)	Actual % DRC
41.1	20
41.55	22
42.5	24
43	26
44.4	28
45	30
46.3	32

โดยแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของน้ำยางพาราที่ผสมกับการลดทอนกำลังคลื่นไมโครเวฟความถี่ 2.419 GHz ได้ในรูปที่ 9



รูปที่ 9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของน้ำยางพาราที่ผสมกับการลดทอนกำลังคลื่นไมโครเวฟความถี่ 2.419 GHz

เมื่อได้สมการเชิงเส้นที่ใช้แทนความสัมพันธ์ระหว่างการลดทอนคลื่นและความเข้มข้นของน้ำยาง นำค่า m และ b ที่ได้ไปใช้คำนวณค่าความเข้มข้นของน้ำยางพาราดิบ ที่ ศูนย์วิจัยยางสงขลา สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ รับซื้อจากชาวบ้าน โดยศูนย์วิจัยยางสงขลา ได้ทำการวัดค่าความเข้มข้นของน้ำยางพารา โดยใช้การอบและชั่งโดยเครื่องชั่งละเอียด ซึ่งจะใช้เป็นค่าอ้างอิงในการคำนวณหาการผิดพลาดในการคำนวณหาความเข้มข้นของน้ำยางที่คำนวณจากค่าการลดทอนกำลังคลื่นฯ ผลการคำนวณแสดงได้ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการวัดการลดทอนกำลังคลื่นไมโครเวฟความถี่ 2.419 GHz กับน้ำยางพาราดิบ และค่าความเข้มข้นที่คำนวณได้ และเปอร์เซ็นต์การผิดพลาด

ความเข้มข้นของน้ำยางพาราดิบ (%)	ค่าการลดทอนที่วัดได้ (dB)	ค่าความเข้มข้นน้ำยางพาราที่คำนวณได้ (%)	เปอร์เซ็นต์การผิดพลาด
24.5	42.55	24.06816	-1.76263
25.5	42.5	23.95546	-6.057
27.0	42.7	24.40623	-9.60656
29.84	44.35	28.12503	-5.74722
31.3	45.2	30.04077	-4.02308
27.9	44.5	28.4631	2.018285

ผลการคำนวณเมื่อใช้กับน้ำยางพาราดิบค่าความเข้มข้นต่างๆ 6 ตัวอย่าง พบว่าค่าที่คำนวณได้มีการผิดพลาด -1.76% ถึง -9.6%

หลังจากที่ทดสอบการทำงานแล้ว ได้นำอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการทดลองมาปรับปรุงให้สามารถทำงานได้ด้วยตัวเอง และปรับแก้ไขตัวโปรแกรมในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ ให้ส่งคลื่นไมโครเวฟความถี่ 2.419 GHz กำลังส่ง 0dBm ผ่านน้ำยางพาราแล้ววัดค่าการลดทอนคลื่น คำนวณเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของน้ำยางพาราดิบ แสดงผลออกที่จอ LCD โดยตรง โดยแสดงเครื่องต้นแบบของเครื่องวัดความเข้มข้นของน้ำยางพาราโดยใช้คลื่นไมโครเวฟได้ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 เครื่องต้นแบบเครื่องวัดความเข้มข้นของน้ำยางพาราโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ

6. วิเคราะห์ผล

จากผลการทดลองพบว่าค่าความเข้มข้นของน้ำยางพาราที่คำนวณได้ในบางตัวอย่าง มีการผิดพลาดสูงถึง -9.6% ทางผู้วิจัยคาดว่าอาจจะมาจากสาเหตุต่างๆ ดังนี้

1. ในการวัดค่าการลดทอนของน้ำยางพาราความเข้มข้นจาก 20% -32% เพื่อใช้ในการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นนี้ ไม่ได้วัดจากน้ำยางพาราดิบจริง แต่วัดจากการนำน้ำยางพาราความเข้มข้น 60% มาผสมกับน้ำกลั่นให้ความเข้มข้นลดลง โดยน้ำยางพาราความเข้มข้น 60% นี้ได้จากการนำน้ำยางดิบมาผสมสารป้องกันการเสื่อมสภาพและปั่นแยกสารน้ำและสารประกอบอื่นๆ ออกให้ได้ค่าเข้มข้น 60% ดังนั้นน้ำยางพาราที่ผสมเอง จึงมีคุณสมบัติทางเคมีไม่เหมือนกับน้ำยางพาราดิบที่ได้จากชาวสวน

2. ภาครับของมอดูล ST-TR มีความละเอียดแค่ 0.5 dB ซึ่งไม่ละเอียดเพียงพอ ในการวิจัยนี้ได้ทำการวัดค่าการลดทอนกำลังคลื่น 10 รอบแล้วนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย เพื่อช่วยในการเพิ่มความละเอียดของการวัด

3. ภาครับและภาคส่งคลื่นของมอดูล มีสเปกตรัมที่ไม่ดี ในการวัดค่าแต่ละครั้งมีการคลาดเคลื่อนมาก ในการทดลองได้ทำการวัดค่า 10 ครั้งแล้วนำค่าเฉลี่ยมาใช้

4. ย่านความถี่ 2.4GHz นี้มีอุปกรณ์คอมพิวเตอร์หลายประเภทเช่น ระบบแลนไร้สาย บลูทูธ หรือเตาไมโครเวฟ ก็ใช้ความถี่นี้ ดังนั้นอาจมีคลื่นไมโครเวฟเหล่านี้มารบกวนการวัดค่าการลดทอน ส่งผลให้คำนวณค่าความเข้มข้นของน้ำยางพาราผิดไป

7. สรุปผล

งานวิจัยนี้ได้จัดสร้างเครื่องรับและเครื่องส่งคลื่นไมโครเวฟย่านความถี่ 2.4 GHz กำลังงานต่ำ และได้ทำการวัดค่าการลดทอนกำลังของคลื่นไมโครเวฟเมื่อผ่านตัวกลางที่เป็นน้ำกลั่น น้ำยางพาราความเข้มข้นต่างๆ พบว่าน้ำยางพารามีค่าการลดทอนคลื่นมากกว่าน้ำกลั่น ค่าการลดทอนกำลังคลื่นไมโครเวฟจะแปรผันตรงกับค่าความเข้มข้นของน้ำยางพารา

การทดลองวัดค่าการลดทอนคลื่นของน้ำยางพาราเข้มข้น 60% ที่ผสมน้ำกลั่นให้ความเข้มข้น 20%, 22%, 24%, 26%, 28%, 30% และ 32% พบว่าที่ความถี่ 2.419 GHz ค่าการลดทอนกำลังของคลื่นมีความแตกต่างกัน จึงได้นำค่าการลดทอนที่ความถี่นี้มาใช้ในการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น เพื่อหาสมการเส้นตรง $y = mx + b$ เมื่อ y คือค่าความเข้มข้นของน้ำยางพารา x คือค่าการลดทอนคลื่นในหน่วย dB และ b คือค่าคงที่ ในการวิเคราะห์ได้ค่า $m = 2.253818$ $b = -71.8313$ เมื่อนำค่า m และ b ที่ได้ไปใช้คำนวณค่าความเข้มข้นของน้ำยางพาราดิบจำนวน 6 ตัวอย่าง พบว่าค่าที่คำนวณได้มีการผิดพลาดในช่วง -1.76% ถึง -9.6%

เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของน้ำยางพารากับค่าการลดทอน เสร็จแล้วได้ปรับแก้โปรแกรมในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ แก้ไขวงจรส่วนฮาร์ดแวร์ให้มีขนาดเล็ก ทำงานได้โดยใช้ไฟเลี้ยงจากแบตเตอรี่ภายใน เพื่อจัดทำเครื่องต้นแบบของเครื่องวัดความเข้มข้นของน้ำยางพาราโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ

8. ข้อเสนอแนะ

1. ในการวัดค่าการลดทอนคลื่นไมโครเวฟ เพื่อเก็บข้อมูลมาใช้ในการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น ควรวัดค่าจากน้ำยางพาราดิบจริง

2. ควรหามอดูลรับคลื่นไมโครเวฟที่มีความละเอียดในการวัดมากกว่านี้

3. ควรศึกษาเพิ่มเติมว่าอุณหภูมิของน้ำยางพารา และอุณหภูมิห้องที่วัด มีผลต่อการวัดค่าการลดทอนกำลังคลื่นหรือไม่

4. ให้ทำการประมวลผลข้อมูลการลดทอนกำลังคลื่นฯ ก่อนจะนำค่าที่ได้มาคำนวณ เช่น ก่อนใช้งาน อาจจะให้วัดค่าการลดทอนกำลังคลื่นฯ เมื่อผ่านอากาศว่าง ผ่านน้ำกลั่น เพื่อเก็บไว้เป็นค่ามาตรฐานอ้างอิงว่าค่าที่วัดได้ผิดเพี้ยนไปจากเดิมหรือไม่ มีคลื่นจากภายนอกมารบกวนหรือไม่
5. ให้ทำการชีลด์ (shield) โลหะหุ้มภาครับและภาคส่ง เพื่อป้องกันจากภายนอกมารบกวน
6. เพื่อลดต้นทุน สามารถใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เพียงตัวเดียวในการควบคุมภาครับและภาคส่ง
7. ควรศึกษากรณีที่มีการเจือปนแข็งในน้ำยางพารา ว่ามีผลต่อการลดทอนคลื่นไมโครเวฟความถี่ 2.4 GHz หรือไม่
8. ควรทำการวัดเปรียบเทียบกับารวัดด้วย Metrolac

9. เอกสารอ้างอิง

- [1] สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร , 2550, ข้อมูลวิชาการยางพารา 2550, กรุงเทพฯ, กรมวิชาการเกษตร , หน้า 108 - 109
- [2] กมลรัตน์ สังรัตน์, 2549, รูปแบบการจัดการทรัพยากรของสหกรณ์โรงอบ/รมยางภายใต้การดูแลของสำนักงานกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง จังหวัดสงขลา, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, หน้า 34 – 40
- [3] วุฒิไกร จำรัสแนว ปานหทัย บัวศรี กิตติพงษ์ ตันมิตร, 2551, ศึกษาคุณสมบัติไดอิเล็กตริกเพื่อใช้ในการวัดระดับความเข้มข้นของน้ำยางพารา, การประชุมวิชาการเทคโนโลยี และนวัตกรรมสำหรับการพัฒนาอย่างยั่งยืน, 28-29 มกราคม 2551
- [4] Audun Andersen, 2008, Design Note DN0007 2.4 GHz Inverted F Antenna, Texas Instruments Incorporated, Dallas Texas USA (<http://focus.ti.com.cn/cn/it/an/swru120b/swru120b.pdf>)
- [5] Dielectrics and Waves edited by A. von Hippel, Arthur R., ISBN 0-89006-803-8
- [6] Sharshar, K.A.A. Noaman, A., 1994, Microwave oven frequency signal generation and protection, Radio Science Conference, 16-18 March 2004, page B15- 1-5
- [7] Schulz, Jr.; Frank C, 1984, Volumetric analysis device for determining the dry rubber content of latex, United States Patent 4,446,725

ภาคผนวก

คำชี้แจงของนักวิจัยต่อข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ

ความเห็นด้านการพิมพ์

1. รายงานควรระบุหมายเลขหน้าด้วย
 - ได้แก้ไขแล้ว
2. ตารางที่ 3 ผลของความถี่ 2419 MHz ควรเน้นด้วยการแรเงา เพราะจะนำความถี่ดังกล่าวไปสร้างสมการ
 - ได้แก้ไขแล้วในหน้าที่ 15
3. รูปที่ 8 ขาดกราฟที่น้ำยาง 22%
 - ได้แก้ไขแล้วในหน้าที่ 17 โดยเปลี่ยนสีของกราฟ เนื่องจากกราฟเส้นที่น้ำยาง 22% เป็นสีเหลืองบนพื้นสีเทา เมื่อพิมพ์ออกเครื่องพิมพ์เลเซอร์ซึ่งมีสีขาวและดำ ทำให้เส้นกราฟนี้หายไป
4. สมการที่ 3 R^2 เท่ากับเท่าไร
 - ได้แก้ไขแล้วในหน้าที่ 17 โดยคำนวณได้ค่า R^2 (Coefficient of determination) = 0.982021

ความเห็นด้านวิชาการ

1. ควรระบุการรายงานด้วยว่าได้ทดลองใช้เครื่องต้นแบบที่สร้างนั้นแล้วหรือไม่ และได้ผลอย่างไร มีวิธีการใช้เครื่องนี้อย่างไร จะพัฒนาให้ใช้จริงได้ต้องทำอย่างไร
 - หลังจากพัฒนาเครื่องต้นแบบแล้ว ยังไม่ได้นำเครื่องต้นแบบไปใช้งานจริง
 - วิธีการใช้งานเครื่องต้นแบบ ให้ทำการเติมน้ำยางลงในขวดบรรจุน้ำยาง นำขวดน้ำยางไปวางบนภาชนะคลื่นไมโครเวฟ ปิดฝาซึ่งจะมีตัวส่งคลื่นไมโครเวฟติดอยู่ให้สนิท เปิดสวิตช์ของเครื่อง ที่หน้าจอจะขึ้นข้อความต้อนรับ ให้กดปุ่มด้านซ้ายมือเพื่อทำการอ่านค่าการลดทอนคลื่นในหน่วยเป็น dB หรือกดปุ่มด้านขวามือเพื่อให้เครื่องคำนวณแปลงค่าการลดทอนเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของน้ำยางพารา
 - ในการพัฒนาให้ใช้งานจริงได้ ควรจะหามอดูลวัดค่ากำลังของคลื่นไมโครเวฟ เพื่อคำนวณค่าการลดทอนคลื่นที่ละเอียดมากกว่านี้ โดยมอดูลที่ใช้ในการวิจัยนี้มีความละเอียด 0.5 dB ควรจะทดสอบเรื่องเสถียรภาพของมอดูลตัวส่งและตัวรับคลื่นไมโครเวฟ ต้องทำการทดลองกับน้ำยางดิบหลากหลายสายพันธุ์ กับต้นยางที่มีอายุต่างกัน หลายภูมิภาค วัดเปรียบเทียบทุกฤดูตลอดทั้งปี
2. จากผลตารางที่ 5 ค่าส่วนใหญ่ที่อ่านได้ต่ำกว่าค่าที่ทดสอบโดย lab ซึ่งนักวิจัยควรใช้เป็นพื้นฐานการปรับปรุงวิธีการ และการ error เกือบ 3% Resolution ของวิธีปกติมีค่าเท่าไร ควรจะนำมาเปรียบเทียบกัน ซึ่งการเปรียบเทียบความผิดพลาดจากเครื่องมือที่วิจัย ควรทำการเปรียบเทียบกับความผิดพลาดจากการวัดโดย Metrolac ด้วย
 - ในการวิจัยนี้ ค่าการลดทอนคลื่นไมโครเวฟของน้ำยางค่าความเข้มข้น 20% - 32% ที่นำมาใช้ในการหาสมการเชิงเส้นเพื่อใช้ในการคำนวณผลในตารางที่ 5 เป็นค่าที่ได้จากการนำน้ำยางเข้มข้น 60% มาละลายในน้ำกลั่นลดค่าความเข้มข้นเป็น 20% - 32% ซึ่งน้ำยางพาราเข้มข้น 60% นี้ได้ผ่านการสกัดสารอื่นๆ ที่ไม่ใช่เนื้อยางออกและมีการเติมสารรักษาสภาพน้ำยาง ไม่ได้เป็นน้ำยางพาราดิบธรรมชาติ อาจเป็นสาเหตุทำให้ค่าที่คำนวณได้ส่วนใหญ่ต่ำกว่าค่าที่ทดสอบโดยศูนย์วิจัยยาง

- ส่วนวิธีการซังน้ำหนัของยางตัวอย่างหรือวิธีมาตรฐานในห้องปฏิบัติการ ที่ใช้เป็นตัวอย่างอิงจะมี ความแม่นยำสูงมาก ความผิดพลาดจะมากจากเครื่องซังน้ำหนัก ความผิดพลาดที่มีผลกระทบมาก จะเกิดจากเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงาน เช่น ซังน้ำหนัน้ำยางดิบผิดพลาด เมื่อยางจับตัวในถ้วยแล้วเลาะ ออกไม่หมด คำนวณ %เนื้อยางผิดพลาด ฯลฯ
 - ได้เสนอแนะให้ทำการวัดเปรียบเทียบกับการวัดด้วย Metrolac ในส่วนของข้อเสนอแนะที่ 8 ใน หน้าที่ 21
3. หัวข้อ สรุปผลการวิจัย ให้ระบุสมการด้วย บอกเฉพาะค่า $m = 2.253818$ และ $b = -71.8313$ จะไม่ เข้าใจ
- ได้แก้ไขแล้วในหน้าที่ 20 สมการที่ใช้เป็นสมการเส้นตรง $y = mx + b$ เมื่อ y คือค่าความเข้มข้นของ น้ำยางพารา และ x คือค่าการลดทอนคลื่นในหน่วย dB และ b เป็นค่าคงที่
4. ข้อเสนอแนะที่คาดว่าจะวิจัยเพิ่มเติม นั้น ควรศึกษากรณีที่มีการเจือปนแป้งด้วย
- ได้แก้ไขเพิ่มเติมแล้วในหน้าที่ 21
5. หัวข้อวิจารณ์ผล ข้อ 3 และ 4 น่าจะใช้วัสดุป้องกันสัญญาณรบกวน (shield) ได้
- ได้เสนอในส่วนของข้อเสนอแนะ ข้อ 5 หน้า 21 แล้ว