บทที่ 4
ผลการวิจัย

จากการดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนการวิจัยในบทที่ 3 ผลที่ได้จากการดำเนินการ ได้แก่ ข้อมูลพื้นฐานของยางก้อนถ้วย ผลการวัดคุณสมบัติไดอิเล็กตริก ผลการวิเคราะห์หาความถี่ที่เหมาะสม และผลการทดสอบสายอากาศโมโนโพลต้นแบบที่สร้างขึ้น โดยมีรายละเอียดดังนี้

ผลศึกษาข้อมูลพื้นฐานเบื้องต้น

ยางก้อนถ้วยคือ ยางที่เกิดจากการไหลของน้ำยางที่กรีดแล้วลงไปรวมกันในถ้วยรับน้ำยาง ซึ่งเมื่อยางไหลจนหมดแล้วชาวสวนใส่กรดฟอร์มิคลงไปผสมเพื่อให้น้ำยางจับตัวกันเป็นก้อนทิ้งไว้ในถ้วย ในวันถัดที่กรีดยางถัดไปก็จะกรีดน้ำยางให้ไหลลงมาทับใส่กรดฟอร์มิคลงไปผสมเช่นเดิม สะสมเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนครบ 6 วัน จึงนำไปขาย เรียกว่ายาง 6 มีด หากชาวสวนที่กรีดระบบ 2 วัน เว้น 1 วัน จะเก็บยางถ้วยขายได้เมื่อผ่านไป 8 วัน โดยปกติผู้ประกอบการรับซื้อยางก้อนถ้วยจะไม่รับซื้อยางก้อนถ้วยกรีดน้อยกว่า 6 มีด วิธีการนับจำนวนมีดหรือจำนวนวันที่กรีด แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การนับจำนวนมีดของยางก้อนถ้วย

วันที่กรีด	วันที่ 1	วันที่ 2	เว้น	วันที่ 4	วันที่ 5	เว้น	วันที่ 7	วันที่ 8
จำนวนมีด	1	2	-	3	4	-	5	6

ลักษณะของยางก้อนถ้วยที่มีมาตรฐานเป็นยางก้อนถ้วยคุณภาพดี จะมีรูปทรงสัณฐานใกล้เคียงกับรูปถ้วยรับน้ำยางเป็นยางก้อนถ้วยที่สะอาด ปราศจากสิ่งปลอมปนทั้งภายในและภายนอกก้อนยาง เป็นยางก้อนถ้วยที่เกิดจากการจับตัวด้วยกรดอินทรีย์ เช่น กรดฟอร์มิค แล้วเก็บใน 1 วัน หรือเป็นยางก้อนที่เกิดจากการกรีดน้ำยางมากกว่า 1 วัน ก็ได้ ยางก้อนถ้วยคุณภาพดีมีความชื้นที่ระดับ 35-55% จำนวนมีดที่กรีดจะส่งผลต่อปริมาณเนื้อยางแห้งในยางถ้วย ยางก้อนถ้วยคุณภาพดีควรมีสีขาวถึงสีน้ำตาลไหม้ (สำนักงานตลาดกลางยางพาราหนองคาย, ม.ป.ป.)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

1. ค่าความชื้นในยางก้อนถ้วย

ค่าเปอร์เซ็นต์เนื้อยางในยางก้อนถ้วยจะสามารถประเมินคร่าว ๆ โดยใช้สายตา เพื่อดูสีของยางก้อนถ้วย จำนวนชั้นของยางก้อนถ้วย และการสัมผัสโดยการบีบ เพื่อดูความแน่นของเนื้อยาง โดยทั่วไป จะแบ่งเป็น 3 ชนิด คือ

1. ยางก้อนถ้วยสด หรือ ยางเปียก จะมีอายุของยางก้อนถ้วย 1-3 วัน ผิวของก้อนยางมีสีขาวจนถึงสีขาวขุ่น มีระดับความชื้นระหว่าง 45– 55% ยางมีความนุ่ม เมื่อบีบแล้วน้ำในยางก้อนถ้วยจะไหลออกมา

2. ยางก้อนถ้วยหมาด มีอายุของยางก้อนถ้วย 4 – 7 วัน ผิวของยางเริ่มแข็ง ก้อนยางมีสีขาวขุ่นถึงสีน้ำตาลอ่อน ไม่มีของเหลวไหลออกจากก้อนยางต้องใช้แรงบีบพอสมควร หรือเหยียบ น้ำในน้ำยางจะไหลออกมา ยางก้อนมีระดับความชื้นระหว่าง 35 – 45 %

3. ยางก้อนถ้วยแห้ง อายุของยางก้อนถ้วยมากกว่า 7 วัน ผิวของยางก้อนถ้วยมีความแห้งแข็ง มีสีน้ำตาลเข้ม ยางก้อนถ้วยมีระดับความชื้นน้อยกว่า 35 %การประเมินด้วยสายตาหรือการสัมผัส จะวัดค่าที่แน่นอนของเนื้อยางในยางก้อนถ้วยไม่ได้ ทำให้ชาวสวนยางโดนเอารัดเอาเปรียบจากพ่อค้าคนกลางได้ สมควรที่ชาวสวนยาง ต้องมีความรู้ว่ามีปัจจัยอะไรบ้างที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เนื้อยางในยางก้อนถ้วย (ณัฐวดี ศิริประสมทรัพย์, 2556)

ยางก้อนถ้วยที่นำมาศึกษาในงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 2 ระดับ คือยางก้อนถ้วยสดและยางก้อนถ้วยหมาด เนื่องจากการลงพื้นที่สอบถามชาวสวนยางพารา ยางก้อนถ้วยที่นิยมนำออกขายคือยางก้อนถ้วยทั้ง 2 ชนิดนี้

2. การวัดความชื้นของยางก้อนถ้วย

วิธีการหาเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งในยางก้อนถ้วยสำหรับพ่อค้าคนกลางหรือผู้ประกอบการขนาดกลาง – ขนาดเล็ก จะใช้ประสบการณ์ในการคาดเดาปริมาณเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งในยางก้อนถ้วย เนื่องจากเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งหรือ DRC เพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องนั้น จะต้องนำยางก้อนถ้วยมารีดแล้วอบให้แห้ง ชั่งน้ำหนักเปรียบเทียบออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์เนื้อยาง จะเป็นค่าเนื้อยางแห้งที่ถูกต้องที่สุด ซึ่งกระบวนการนี้ต้องมีอุปกรณ์เฉพาะทางและใช้เวลาทดสอบนานไม่เหมาะกับการใช้งานซื้อขายจริงสำหรับผู้ประกอบการรายย่อย ดังนั้นในการซื้อขายจะอาศัยเพียงความชำนาญของผู้รับซื้อในการคาดเดาเปอร์เซ็นต์เนื้อยางเท่านั้น

จากการลงพื้นที่เพื่อสัมภาษณ์ร้านรับซื้อยางก้อนถ้วยขนาดเล็กในพื้นที่ อ.เมือง จ.ตราด พบว่า การตรวจสอบคุณภาพยางก้อนถ้วยนั้นจะใช้วิธีการสังเกตโดยผู้เชี่ยวชาญบริเวณเครื่องชั่งน้ำหนักเท่านั้น โดยสังเกตจากสีของยางก้อนถ้วย ยางแต่ละสายพันธุ์จะมีสีขาวที่โทนสีต่างกัน ซึ่งยางพาราแต่ละสายพันธุ์จะให้ปริมาณเนื้อยางแห้งต่างกัน และสังเกตจากความแห้งของยางก้อนถ้วย ส่วนสิ่งปลอมปนที่อยู่ในยางก้อนถ้วยเพื่อเพิ่มน้ำหนักนั้น จะสังเกตได้จากน้ำหนักของยางแต่ละถ้วยที่สูงมากกว่าปกติ ส่วนการรับซื้อยางก้อนถ้วยของโรงงานจะมีเครื่องมือสำหรับรีดน้ำออกจากยางและหาเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้ง จากการรวบรวมข้อมูลการรับซื้อยางก้อนถ้วยพบว่า ผู้ประกอบการบางร้านจะมีการหักเปอร์เซ็นต์น้ำออกเพิ่มอีกประมาณ 3% จากความชื้นที่ประเมินได้ เพื่อเป็นการลดความเสี่ยงของตนเอง

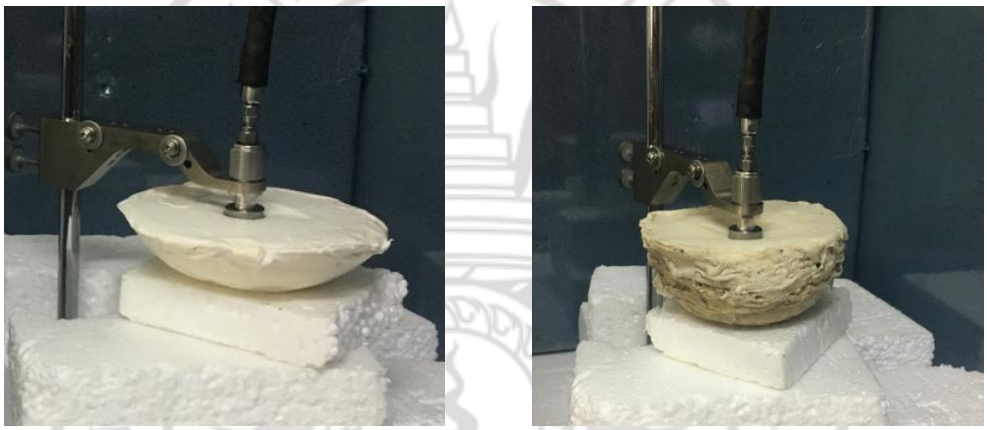
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏราไพพรรณี

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการประเมินเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งในยางก้อนถ้วยนั้น มีการใช้เครื่องมือมาตรฐานเฉพาะโรงงานขนาดใหญ่ที่รับซื้อในปริมาณมากเท่านั้น แต่สำหรับผู้ประกอบการขนาดกลางหรือขนาดเล็ก ยังคงใช้ประสบการณ์ในการคาดคะเน เป็นช่องทางให้สามารถเกิดการเอาเปรียบชาวสวนได้ อีกทั้งเนื่องจากการรับซื้อที่ไม่ได้มีการวัดที่แน่นอน ผู้ประกอบการยังหักเปอร์เซ็นต์เพิ่มเพื่อลดความเสี่ยงของตนเอง และผลักภาระให้แก่ชาวสวนอีกด้วย

ผลการวัดคุณสมบัติไดอิเล็กตริก

การวัดคุณสมบัติไดอิเล็กตริกของยางก้อนถ้วยเป็นการทดสอบยางก้อนถ้วยที่มีระดับความชื้นแตกต่างกัน 2 ระดับ ด้วยความถี่ในช่วง 1.5 ถึง 5.5 กิกะเฮิรตซ์ โดยวัดค่าคงที่ไดอิเล็กตริกและตัวประกอบการสูญเสียไดอิเล็กตริก เพื่อนำมาศึกษาถึงการเลือกช่วงความถี่ที่เหมาะสมต่อการจำแนกความชื้นหรือเปอร์เซ็นต์เนื้อยางในยางก้อนถ้วยมากที่สุด

ลักษณะของยางก้อนถ้วยที่นำมาทดสอบอายุ 1 และ 7 วัน จากสวนยางพาราสวนเดียวกัน แสดงดังภาพที่ 4.1

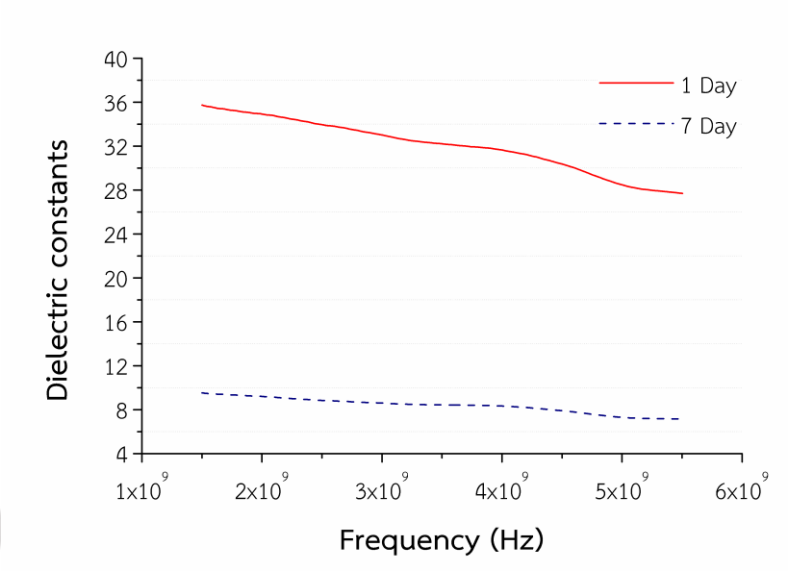


(ก) (ข)

ภาพที่ 4.1 ยางก้อนถ้วยตัวอย่าง (ก) อายุ 1 วัน (ข) อายุ 7 วัน

1. ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก

ผลการวัดค่าคงที่ไดอิเล็กตริกของยางก้อนถ้วยด้วยเครื่องมือวัดแบ่งออกเป็น 2 ตัวอย่าง คือ ยางก้อนถ้วยที่มีอายุ 1 วัน และ 7 วัน โดยวัดในช่วงความถี่ตั้งแต่ 1.5 กิกะเฮิรตซ์ ถึง 5.5 กิกะเฮิรตซ์ วัดในที่ขณะอุณหภูมิของห้องปฏิบัติการอยู่ที่ 25 องศาเซลเซียส ผลที่ได้จากการวัดคือ เมื่อความถี่สูงขึ้นค่าคงที่ไดอิเล็กตริกได้ลดลงอย่างต่อเนื่อง และเมื่อสังเกตค่าที่ได้จากการวัดยางก้อนถ้วยอายุ 1 วัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้า (Julrat et al., 2014) เมื่อความถี่เพิ่มขึ้นค่าคงที่ไดอิเล็กตริกได้ลดลงอย่างต่อเนื่อง ความถี่เริ่มต้นในการทดสอบคือ 1.5 กิกะเฮิรตซ์ ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกอยู่ที่ 35.74 และลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงในช่วงความถี่ 3.14 กิกะเฮิรตซ์ และในช่วงความถี่ 3.15 ถึง 4.17 กิกะเฮิรตซ์ ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก ลดลงเล็กน้อย เฉลี่ยอยู่ที่ 32.05 และลดลงอย่างต่อเนื่องอีกครั้ง เมื่อความถี่เพิ่มขึ้นมากกว่า 5.5 กิกะเฮิรตซ์ ต่อมาคือค่าคงที่ไดอิเล็กตริกที่ได้จากการวัดยางก้อนถ้วยอายุ 7 วัน แนวโน้มของข้อมูลที่วัดได้ อยู่ลักษณะเดียวกับยางก้อนถ้วยอายุ 1 วัน แต่การเปลี่ยนแปลงมีน้อยกว่า ความแตกต่างของค่าที่วัดได้โดยเฉลี่ยตลอดช่วงความถี่ คือ 23.76 ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกของยางก้อนถ้วยทั้ง 2 กลุ่ม แสดงดังในภาพ 4.2

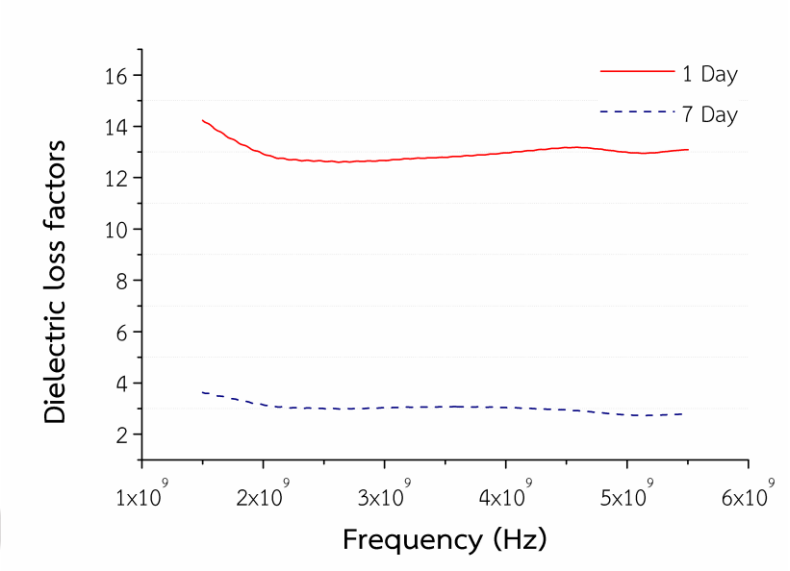


ภาพที่ 4.2 ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกของยางก้อนถ้วยวันที่ 1 และวันที่ 7

2. ตัวประกอบการสูญเสียไดอิเล็กตริก

การตรวจสอบค่าตัวประกอบการสูญเสียไดอิเล็กตริกของยางก้อนถ้วยที่อายุ 1 วัน และ 7 วัน จากการวัดและวิเคราะห์เห็นได้ว่า ค่าตัวประกอบการสูญเสียไดอิเล็กตริกที่ได้จากยางก้อนถ้วยอายุ 1 วัน ค่าตัวประกอบการสูญเสียไดอิเล็กตริกลดลงอย่างต่อเนื่องในช่วงความถี่ 1.5 กิกะเฮิรตซ์ ถึง 2 กิกะเฮิรตซ์ จากนั้นเมื่อความถี่เพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 2.09 กิกะเฮิรตซ์ ถึง 3.53 กิกะเฮิรตซ์ ค่าตัวประกอบการสูญเสียไดอิเล็กตริกเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 12.67 และเมื่อความถี่เพิ่มขึ้นมาอยู่ในช่วง 4.33 กิกะเฮิรตซ์ ถึง 4.8 กิกะเฮิรตซ์ ค่าตัวประกอบการสูญเสียไดอิเล็กตริกได้เพิ่มขึ้นจากเดิมเฉลี่ยอยู่ที่ 13.16 เมื่อความถี่มากกว่า 4.8 กิกะเฮิรตซ์ และค่าตัวประกอบการสูญเสียไดอิเล็กตริกที่ได้มีการเปลี่ยนแปลงลดลงเล็กน้อย ต่อมาคือการวัดค่าตัวประกอบการสูญเสียไดอิเล็กตริกของยางก้อนถ้วยอายุ 7 วัน การเปลี่ยนแปลงของข้อมูลที่ได้จากการวัด แสดงให้เห็นว่าข้อมูลอยู่ลักษณะคล้ายกับยางก้อนอายุ 1 วัน การเปลี่ยนแปลงน้อยกว่ายางก้อนอายุ 1 วัน ซึ่งสามารถเฉลี่ยได้ดังนี้คือ ในช่วงความถี่ 2.2 กิกะเฮิรตซ์ ถึง 4.15 กิกะเฮิรตซ์ ค่าตัวประกอบการสูญเสียไดอิเล็กตริกอยู่ที่ 3.1 และลดลงเล็กน้อยเมื่อความถี่เพิ่มขึ้น ดังแสดงในภาพ 4.3

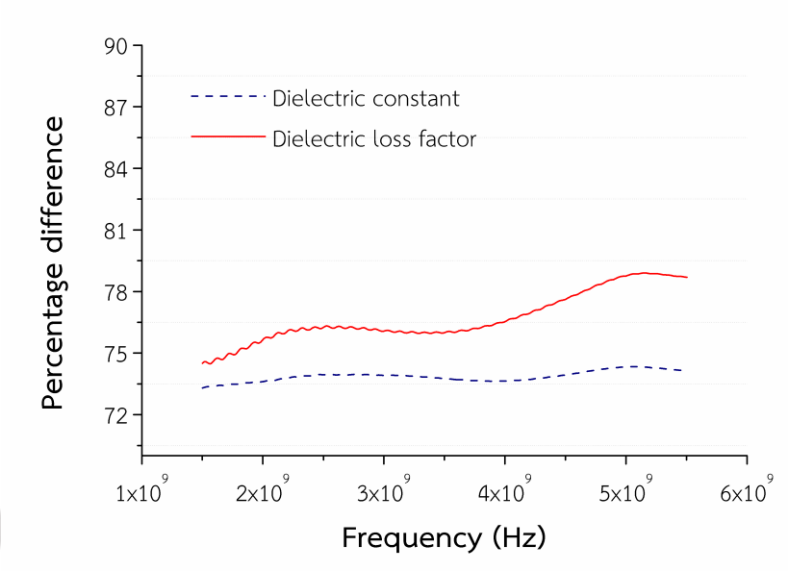
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาพที่ 4.3 ค่าตัวประกอบการสูญเสียไดอิเล็กตริกของยางก้อนถ้วยวันที่ 1 และวันที่ 7

ผลการวิเคราะห์หาความถี่ที่เหมาะสม

ข้อมูลที่ได้จากการวัดยางก้อนถ้วยอายุ 1 วัน และ 7 วัน ประกอบด้วยค่าคงที่ไดอิเล็กตริกและค่าตัวประกอบการสูญเสียไดอิเล็กตริก ข้อมูลดังกล่าวถูกนำมาเปรียบเทียบเพื่อแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างที่เกิดขึ้น โดยหาเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่าคงที่ไดอิเล็กตริกจากยางก้อนถ้วยที่อายุ 1 วันและ 7 วัน สามารถสังเกตได้จากช่วงความถี่ 2.41 กิกะเฮิรตซ์ ถึง 3.01 กิกะเฮิรตซ์ เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างเฉลี่ยอยู่ที่ 73.95% และในช่วงความถี่ 3.68 กิกะเฮิรตซ์ ถึง 4.12 กิกะเฮิรตซ์ เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่าคงที่ไดอิเล็กตริกลดลงเล็กน้อยอยู่ที่ 73.64 จากนั้นเมื่อความถี่เพิ่มขึ้นมากกว่า 4.5 กิกะเฮิรตซ์ ความแตกต่างของค่าคงที่ไดอิเล็กตริกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากช่วงความถี่ก่อนหน้า ในช่วงความถี่ที่มีความแตกต่างมากที่สุดคือตั้งแต่ 4.77 กิกะเฮิรตซ์ ถึง 5.39 กิกะเฮิรตซ์ ซึ่งแตกต่างกันถึง 74.29% และต่อมาคือการพิจารณาค่าความแตกต่างของตัวประกอบการสูญเสียไดอิเล็กตริก ที่วัดได้จากยางก้อนถ้วยอายุ 1 วัน เทียบกับยางก้อนถ้วยอายุ 7 วัน ข้อมูลที่ได้ให้ความชัดเจนในการเลือกช่วงความถี่ใช้งานมากกว่าค่าคงที่ไดอิเล็กตริก ซึ่งสังเกตได้จากในช่วงความถี่ 2.21 ถึง 2.96 กิกะเฮิรตซ์ ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของตัวประกอบการสูญเสียไดอิเล็กตริกอยู่ที่ 76.21% และเมื่อความถี่เพิ่มมากขึ้นอยู่ในช่วง 5.01 ถึง 5.37 กิกะเฮิรตซ์ ค่าตัวประกอบการสูญเสียไดอิเล็กตริกเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเจนเฉลี่ยอยู่ที่ 78.86% เมื่อพิจารณาที่ความถี่สูงกว่า 5.37 กิกะเฮิรตซ์ เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่าตัวประกอบการสูญเสียไดอิเล็กตริกลดลงเล็กน้อย แสดงดังภาพ 4.4



ภาพที่ 4.4 เปรียบเทียบค่าคงที่ไดอิเล็กตริกและตัวประกอบการสูญเสียไดอิเล็กตริก

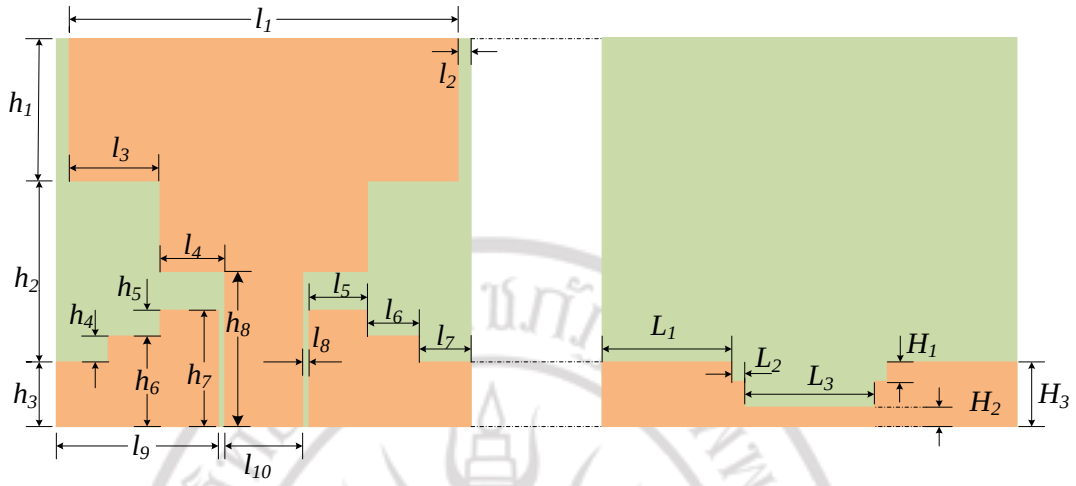
ดังนั้นความถี่ที่มีความแตกต่างมากที่สุดคือตั้งแต่ 4.77 กิกะเฮิรตซ์ ถึง 5.39 กิกะเฮิรตซ์ ช่วงความถี่นี้เป็นช่วงความถี่ที่เหมาะสำหรับนำไปตรวจสอบเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งของยางก้อนถ้วย

ผลออกแบบและพัฒนาสายอากาศ

สายอากาศที่เลือกใช้ในงานวิจัยนี้คือ สายอากาศโมโนโพลชนิดแพทซ์ เนื่องจากเป็นสายอากาศที่มีขนาดเล็กเพียง 1 ใน 4 ของความยาวคลื่น สามารถออกแบบให้ทำงานในช่วงความถี่กว้างได้ง่าย ขั้นตอนการสร้างไม่ยุ่งยากโดยใช้แผ่นวงจรพิมพ์ชนิด 2 หน้า และเหมาะสมต่อการนำไปประยุกต์ใช้งานกับวงจรอื่นๆ

1. การออกแบบสายอากาศ

สายอากาศที่ออกแบบเป็นการพัฒนาสายอากาศของนักวิจัยที่เคยทำไว้ก่อน โดยนำมาปรับปรุงคุณสมบัติ และปรับขนาดของสายอากาสเพื่อให้ทำงานช่วงความถี่ที่ต้องการ โดยวัสดุที่นำมาใช้สร้างสายอากาศในงานวิจัยนี้คือ แผ่นวงจรพิมพ์ 2 หน้า ชนิด FR4 มีค่าคงที่ไดอิเล็กตริกที่ 4.1 ความหนาของวัสดุฐานรองที่ 1.414 มิลลิเมตร ทำงานที่ความถี่ 4 – 6 กิกะเฮิรตซ์ เพื่อให้ครอบคลุมช่วงความถี่ที่เหมาะสำหรับนำไปตรวจสอบเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งของยางก้อนถ้วยจากการทดสอบคือ 4.77 กิกะเฮิรตซ์ ถึง 5.39 กิกะเฮิรตซ์ โครงสร้างที่พัฒนาแสดงดังภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 โครงสร้างของสายอากาศ (ก) ด้านหน้า (ข) ด้านหลัง

จำลองการทำงานของสายอากาศด้วยโปรแกรมจำลองค่าสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ศึกษาสมรรถนะของสายอากาศจากการปรับขนาดของสายอากาศ เพื่อให้ได้ขนาดของสายอากาศที่ทำให้สามารถทำงานได้ที่ในช่วงความถี่ที่ออกแบบ ซึ่งผลจากการจำลองได้ขนาดของสายอากาศที่เหมาะสม ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ขนาดของสายอากาศ

ด้านหน้า				ด้านหลัง	
ด้าน	ขนาด (mm)	ด้าน	ขนาด (mm)	ด้าน	ขนาด (mm)
l_1	30	h_1	11	L1	10
l_2	1	h_2	14	L2	1
l_3	7	h_3	5	L3	10
l_4	5	h_4	2	H1	1.5
l_5	4.5	h_5	2	H2	1.5
l_6	4	h_6	7	H3	5
l_7	4	h_7	9		
l_8	0.5	h_8	12		
l_9	12.5				
l_{10}	6				

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

แบนวิดธ์ของสายอากาศจากการคำนวณเป็นไปตามสมการที่ (4.1) Rama Sastry & Jaya Sankar, 2014)

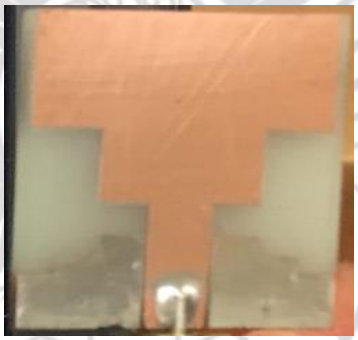
$$\%BW = \frac{f_H - f_L}{f_c} \times 100 \quad (4.1)$$

ดังนั้นสายอากาศที่ออกแบบมีแบนด์วิธ 40% ดังสมการที่ (4.2)

$$\%BW = \frac{6-4}{5} \times 100 = 40\% \quad (4.2)$$

2. สายอากาศต้นแบบ

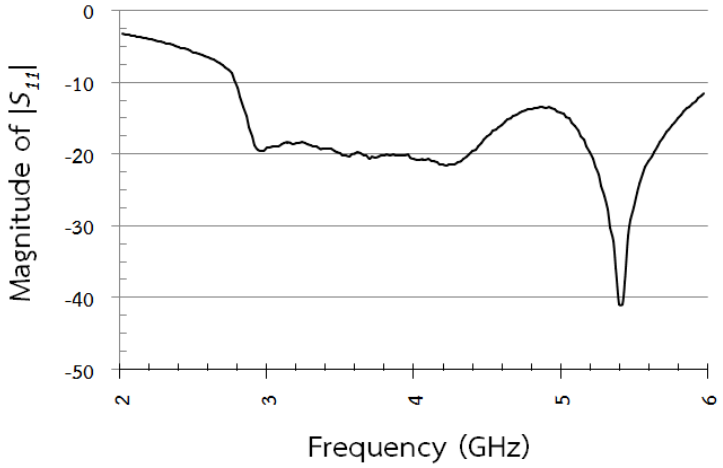
โครงสร้างและขนาดของสายอากาศที่ได้จากการจำลองนำมาสร้างเป็นสายอากาศต้นแบบด้วยแผ่นวงจรพิมพ์ 2 หน้า ชนิด FR4 ได้ดังภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.6 สายอากาศต้นแบบ

จากนั้นทดสอบสมรรถนะของสายอากาศต้นแบบด้วยเครื่องวิเคราะห์โครงข่าย (Network analyzer) เพื่อวัดค่า $|S_{11}|$ ในช่วงความถี่ 2 ถึง 6 กิกะเฮิรตซ์ โดยช่วงความถี่ทำงานของสายอากาศคือช่วงความถี่ที่ค่า $|S_{11}|$ มีค่าต่ำกว่า -10 เดซิเบล ผลที่ได้จากการวัดแสดงดังภาพที่ 4.7

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาพที่ 4.7 ผลการทดสอบสายอากาศต้นแบบ

จากการทดสอบการทำงานของสายอากาศต้นแบบพบว่า สายอากาศทำงานได้ดีที่ช่วงความถี่ 3.7 ถึง 6 กิกะเฮิรตซ์ มีแบนด์วิธเพิ่มขึ้นอยู่ที่ 47% ตามสมการที่ (4.3)

$$\%BW = \frac{6-3.7}{4.85} \times 100 = 47\% \qquad (4.2)$$

การทำงานของสายอากาศครอบคลุมช่วงความถี่ที่เหมาะสมสำหรับการจำแนกเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งจากคุณสมบัติไดอิเล็กตริกคือ 4.77 กิกะเฮิรตซ์ ถึง 5.39 กิกะเฮิรตซ์ ดังนั้นสายอากาศต้นแบบที่สร้างขึ้นนี้สามารถนำไปพัฒนาต่อเป็นระบบจำแนกเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งในยางก้อนถ้วยด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ 4.77 กิกะเฮิรตซ์ ถึง 5.39 กิกะเฮิรตซ์ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี