



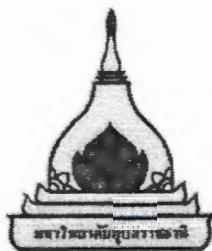
รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การประเมินคุณภาพพยากรณ์อัตราภัยด้วยเทคนิคเควิเคราะห์ภาพเชิงแสง

โดย

รศ.ดร.สุชิน ไตรรงค์จิตเหมาะ และคณะ

ธันวาคม 2560



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การประเมินคุณภาพยางก้อนถ้วยด้วยเทคนิคิควิเคราะห์ภาพเชิงแสง

Evaluation of rubber cup-lump quality using optical imaging technique

คณบุญวิจัย

สังกัด

1. รศ.ดร.สุชิน ไตรรงค์จิตเหมา คณะวิศวกรรมศาสตร์

2. ผศ.ดร.ประสิทธิ์ นครราช คณะวิศวกรรมศาสตร์

3. ผศ.ดร.สรากร ประเสริฐศรี คณะวิทยาศาสตร์

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงบประมาณแผ่นดิน

ประจำปีงบประมาณ 2559

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย ม.อ.บ. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทสรุปผู้บริหาร

ชื่อโครงการวิจัย (ภาษาไทย) การประเมินคุณภาพยางก้อนถ้วยด้วยเทคนิคไวไฟร์ท์ภาพเชิงแสง

(ภาษาอังกฤษ) Evaluation of rubber cup-lump quality using optical imaging technique

ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ยางพาราเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่สำคัญของไทย โดยในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมาเกษตรกรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือนิยมปลูกยางพารากันอย่างมาก แต่เนื่องจากราคายางที่ตกต่ำต่อเนื่องทำให้ชาวสวนยางในอีสานนิยมน้ำย่างที่ได้ทำเป็นยางก้อนถ้วย (Rubber cup-lump) ที่มีวิธีการผลิตที่ง่าย สะดวก ใช้เวลาและแรงงานน้อย และมีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าการผลิตยางแผ่น แต่ราคายางก้อนถ้วยจะต่ำกว่าน้ำย่างหรือยางแผ่นเกือบเท่าตัว ซึ่งยางก้อนถ้วยจะถูกนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตยางแท่งหรือส่งผลิตรีดเป็นยางเครปได้ แต่หากยางก้อนถ้วยมีสิ่งสกปรกเจือปนอยู่มากจะต้องทำการกำจัดสิ่งสกปรกออกเสียก่อน ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้นหรือหากนำไปผลิตยางเครปก็จะได้แผ่นยางเครปที่มีคุณภาพต่ำ การผลิตยางก้อนที่มีคุณภาพจะทำให้ขาดได้ขาดดี การกำหนดราคายางก้อนถ้วยจะขึ้นอยู่กับลักษณะของยางก้อนถ้วยซึ่งแบ่งออกเป็นสามกลุ่มใหญ่ ๆ คือ ยางก้อนถ้วยเบี้ยก (อายุ 1 - 3 วัน มีความชื้น 45 - 55%) ยางก้อนถ้วยหมวด (อายุ 4 - 7 วัน มีความชื้น 35 - 45%) และ ยางก้อนถ้วยแห้ง (อายุมากกว่า 7 วัน มีความชื้น น้อยกว่า 35%) นอกจากนี้แล้วยางก้อนถ้วยที่ได้มาตรฐานต้องมีลักษณะเป็นรูปถ้วย สะอาด ไม่มีสิ่งเจือปน ไม่มีกลิ่นบูดเน่า สีสวาย จากที่กล่าวมาจะเห็นว่า การประเมินคุณภาพของยางก้อนถ้วยจำเป็นต้องพิจารณาหลายปัจจัย ซึ่งการวัดปริมาณเหล่านี้ต้องใช้เวลาและมีความยุ่งยาก ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะพัฒนาระบบประเมินคุณภาพของยางก้อนถ้วยด้วยเทคนิคภาพถ่ายเชิงแสง ซึ่งเป็นระบบวัดที่สามารถใช้ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้แล้วข้อมูลเหล่านี้จะสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์หาองค์ประกอบที่สำคัญของยางก้อนถ้วยได้อีกด้วย เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาเพื่อนำไปใช้กับอุตสาหกรรมยางพาราในประเทศต่อไป

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

- 1) เพื่อศึกษาคุณสมบัติของยางก้อนถ้วยด้วยเทคนิคภาพถ่ายเชิงแสง
- 2) เพื่อสังเคราะห์โมเดลคณิตศาสตร์สำหรับประเมินความชื้นของยางก้อนถ้วยโดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายแสงกระเจิงจากยางก้อนถ้วย

ระเบียบวิธีการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ทำการวัดความซึ้งด้วยระบบวัดเชิงแสงโดยเปรียบเทียบกับวิธีมาตรฐาน ซึ่งจะแบ่งการดำเนินการออกเป็นสองส่วนหลัก ๆ คือ การสร้างระบบวัดและการทดสอบระบบด้วยยางก้อนที่ผลิตขึ้นเอง

สำหรับในส่วนแรกนั้นจะทำการออกแบบและพัฒนาระบบภาพถ่ายเชิงแสงที่ห้องปฏิบัติการของภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี โดยใช้หลอด LED เป็นแหล่งกำเนิดแสง ฉายแสงกระแทบทัวอย่าง แสงที่กระเจิงจากตัวอย่างจะถูกแยกออกเป็นแบบสเปกตรัมด้วยปรีซีม และกล้อง CMOS (Complementary metal-oxide-semiconductor) เป็นตัวบันทึกภาพของสเปกตรัมของแสงที่กระเจิงจากตัวอย่าง ขณะที่ทำการวัดจำเป็นต้องป้องกันแสงรบกวนจากภายนอก ซึ่งการทดลองจะทำในระบบปิดโดยใช้กล้องดิจิตอลระบบวัดไว ข้อมูลภาพที่ได้จากการถ่าย CMOS จะถูกส่งไปจัดเก็บ วิเคราะห์และแสดงผลบนคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น

ในส่วนของการทดลองจะทำการทดสอบความถูกต้องของระบบวัดโดยใช้ตัวอย่างที่แตกต่างกัน จากนั้นจึงทำการทดสอบโดยการผลิตยางก้อน โดยในส่วนนี้ผู้ร่วมวิจัย สังกัดภาควิชาเทคโนโลยีการยาง คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จะดำเนินจัดทำหาน้ำยางจากในพื้นที่ใกล้ ตัวอย่างยางก้อนแต่ละชิ้นถูกแบ่งออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกจะทำการวัดร้อยละความชื้น (% moisture content) ด้วยวิธีมาตรฐานซึ่งจะทำได้โดยการหั่นยางก้อนให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ จากนั้นทำการซึ่งน้ำหนักตัวอย่างยางก้อนก่อนและหลังการอบความร้อนแล้วคำนวณหาร้อยละความชื้น และอีกส่วนจะใช้สำหรับการทดลองวัดด้วยสเปคโตรมิเตอร์และระบบวัดเชิงแสงที่พัฒนาขึ้นซึ่งจะทำการวัดสเปคตัรัมของแสงสะท้อนจากยางก้อน (Reflectance mode) ค่าลักษณะสำคัญที่ได้จากการวัดสเปคตัรัมของแสงสะท้อนจะถูกนำมาเปรียบเทียบและหาความสัมพันธ์กับค่าความชื้นของยางก้อนที่ได้จากการวัดโดยวิธีมาตรฐานโดยอาศัยวิธีการทางคณิตศาสตร์ต่าง ๆ เช่น Regression model, และโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) เพื่อสร้างโมเดลคณิตศาสตร์เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ต่อไป

อย่างไรก็ตาม คุณภาพของยางก้อนถ้วยในห้องตลาดจะยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น ๆ อีก เช่น ผู้ หรือ แบคทีเรีย เป็นต้น หากระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถทำการวิเคราะห์ประเมินหาสัดส่วนขององค์ประกอบที่สนใจ ได้ตามวัตถุประสงค์แล้ว จะนำระบบวัดนี้ไปทำการทดลองใช้งานจริงเปรียบเทียบกับวิธีการทดสอบที่ใช้ใน ปัจจุบันเพื่อการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้งานจริงต่อไป

ระยะเวลาทำการวิจัย และแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

ระยะเวลา 1 ปี ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2558 กำหนดเสร็จสิ้นโครงการ วันที่ 30 กันยายน 2559

3.1 สร้างระบบวัด								
3.2 ทดสอบด้วยวัสดุที่ทราบคุณสมบัติ								
3.3 ทดสอบด้วยยางก้อนถัวย								
3.4 วัดคุณสมบัติต่าง ๆ ของยางก้อนถัวย								
4. การวิเคราะห์								
4.1 วิเคราะห์ผลการวัดด้วยเทคนิคภาพเชิงแสง								
4.2 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง 3.4 และ 4.1								
4.3 สังเคราะห์ไมเดลคณิตศาสตร์								
5. ทดลองใช้งานจริงและถ่ายทอดสู่กลุ่มเป้าหมาย								
6. จัดทำรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์								

กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการนำผลจากโครงการไปใช้ประโยชน์

บทความที่คาดว่าจะตีพิมพ์ / นำเสนอ เรื่อง “Evaluation of Rubber cup-lump using optical imaging” คาดว่าจะส่งตีพิมพ์ที่ Computers and Electronics in Agriculture เป็นต้น

แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย

งานวิจัยนี้มีความมุ่งหวังว่าจะสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการประเมินคุณภาพยางก้อนถัวยอันจะเป็นหนทางหนึ่งที่จะช่วยให้สามารถกำหนดราคายางก้อนถัวยได้อย่างเหมาะสมสมนองจากนี้ยังช่วยให้ภาคอุตสาหกรรมสามารถนำไปใช้ในการคัดแยกคุณภาพยางก้อนถัวยเพื่อใช้ในการวางแผนผลิตยางแท่งได้อีกด้วย เนื่องจากต้องการจำกัดตัวแปรอื่นที่ควบคุมไม่ได้ให้มากที่สุด ตัวอย่างนี้ยังสามารถสำหรับผลิตยางก้อนถัวยจึงต้องมาจากการแล่งผลิตเดียวกัน ดังนั้นในการดำเนินการวิจัยจึงต้องร่วมมือกับเกษตรกรเพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างที่มีเงื่อนไขตามต้องการ เมื่อระบบสามารถใช้งานจริงแล้วนั้น จะนำไปทดลองใช้ในสถานการณ์จริงโดยเปรียบเทียบกับวิธีการวิเคราะห์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันเพื่อทำการพัฒนาต่อไป และยังเป็นการถ่ายทอดความรู้สู่กลุ่มเป้าหมายอีกทางหนึ่งด้วย

สรุป

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองวัดยางก้อนที่มีความชื้นแตกต่างกันด้วยสเปคโตรมิเตอร์และระบบบันทึกภาพสเปคตรัมที่พัฒนาขึ้นเปรียบเทียบกับการหาความชื้นด้วยวิธีมาร์ฐาน จากการทดลองวัดด้วยเครื่องสเปคโตรมิเตอร์ พบว่าความชื้นของสเปคตรัมในช่วงความยาวคลื่น 900 nm – 950 nm กับความชื้นของยางก้อนของแต่ละตัวอย่างมีความสัมพันธ์ดังสมการลดตอนแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล แม้จะมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ค่อนข้างสูง ($R = 0.749$) แต่การนำสมการลดตอนมาใช้ในการประมาณค่าความชื้นมีร้อยละความ

คลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 27.9% ในขณะเมื่อพิจารณาผลการวัดด้วยระบบบันทึกภาพสเปคตรัมที่พัฒนาขึ้นพบว่าความชันของสเปคตรัมในช่วงความยาวคลื่น 390 nm – 420 nm มีความสัมพันธ์กับความชันของยางก้อนอย่างมีนัยสำคัญ แต่การหาค่าความชันจากสมการความสัมพันธ์นี้ยังมีความคลาดเคลื่อนสูงเข่นเดียวกับการใช้สเปคโดยรัฐมนตรี เนื่องจากมีความสัมพันธ์ที่ตัวของโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อช่วยลดอคติในการเลือกลักษณะสำคัญพบว่าสามารถจำแนกระดับความชันของตัวอย่างยางก้อนได้เป็น 3 กลุ่ม โดยมีความถูกต้องในการจำแนก 91% แต่เนื่องจากยางก้อนที่ซื้อขายกันมีความชันสูงมากกว่า 35 % ดังนั้นเมื่อพิจารณาเฉพาะตัวอย่างที่มีความชันสูง จากการวิเคราะห์สเปคตรัมที่ได้จากสเปคโดยรัฐมนตรีจะได้ความสัมพันธ์ระหว่างความชันของยางก้อนกับความชันของเส้นสเปคตรัมในช่วง 750 – 850 nm ที่ใช้ในการประมาณค่าความชันได้อย่างถูกต้อง โดยมีร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 4.40% ในขณะที่เมื่อทำการวิเคราะห์สเปคตรัมที่ได้จากระบบที่พัฒนาขึ้นเพื่อประมาณค่าความชันต่อ ๆ (น้อยกว่า 10%) โดยใช้ความสัมพันธ์ของความชันของยางก้อนกับความชันของสเปคตรัมในช่วง 390 – 420 nm ก็มีร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 11.7% ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการหาค่าความชันรวมทุกกลุ่มแล้วจะเห็นว่ามีค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนลดลงอย่างมาก ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการคัดกรองหรือแบ่งกลุ่มระดับความชันของยางก้อนถ้ายังช่วยลดความคลาดเคลื่อนในวิเคราะห์ความชันลงได้

จากการทดลองข้างต้นจึงได้นำเสนอการประมาณค่าความชันของยางก้อนสามารถทำได้โดยมี 2 ขั้นตอน เริ่มจากการจำแนกยางก้อนออกเป็นกลุ่มตามความชันของยางก้อนซึ่งสามารถใช้สมการความสัมพันธ์ หรือโครงข่ายประสาทเทียมก็ได้ จากนั้นจึงนำมาประมาณค่าความชันด้วยสมการความสัมพันธ์ของแต่ละกลุ่มความชัน ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการจำแนกด้วยขั้นตอนเดียวกะจะพบว่ามีความถูกต้องสูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตามจากการทดลองจะเห็นว่าข้อมูลยังไม่การกระจายตัวสูง จึงยังไม่สามารถนำไปใช้อ้างอิงได้ โดยในอนาคตจะทำการปรับปรุงระบบวัดที่พัฒนาขึ้นด้วยการปรับเปลี่ยนส่วนประกอบของระบบ เช่น ชนิดของแหล่งกำเนิดแสง หรือชนิดของตัวรับแสง เป็นต้น รวมทั้งการจัดวางระบบวัด

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอระบบจำแนกความชื้นของยางก้อนถ้วยด้วยเทคนิคスペคโตรสโคปี พิจารณาจากการตอบสนองของชิ้นส่วนตัวอย่างของยางก้อนถ้วยด้วยแสงที่มีความยาวคลื่นระหว่าง 350 – 1000 nm จากスペคตรัมที่ได้จากระบบทดสอบที่สร้างขึ้นประกอบด้วย แหล่งกำเนิดแสง อุปกรณ์แสงและส่วนประมวลผลภาพและผลค่าความชื้นที่ได้จากการวัดมาตรฐาน พบร่วมของช่วงแสงที่ตามองเห็นมีความสัมพันธ์ กับความชื้นของยางก้อนอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อนำข้อมูลนี้มาวิเคราะห์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมในการเลือกลักษณะสำคัญพบว่าสามารถจำแนกระดับความชื้นของตัวอย่างยางก้อนได้เป็น 3 กลุ่ม ความถูกต้องในการจำแนก 91% และมีการแบ่งกลุ่มวิเคราะห์เพิ่มเติมตามค่าความชื้น กลุ่มที่มีค่าความชื้นสูงพิจารณาที่ค่าความชื้นของスペคตรัมช่วงความยาวคลื่น 750 – 850 nm มีค่าความคลาดเคลื่อนในการจำแนกเป็น 4.40 % และ กลุ่มที่มีค่าความชื้นต่ำ ใช้ค่าความชันของスペคตรัมในช่วงความยาวคลื่น 390 – 420 nm ร้อยละความคลาดเคลื่อนในการจำแนกเท่ากับ 11.7% การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า คุณลักษณะของแสงเปลี่ยนไปตามค่าความชื้นของยางก้อนถ้วยและถ้ามีการพิจารณาแยกเป็นกลุ่มจะสามารถบอกรายละเอียดได้แม่นยำขึ้น

คำสำคัญ : ยางก้อน สเปคตรัม ความชื้น การจำแนก

Abstract

This research presents a system for classifying moisture content of rubber cup lamp by spectroscopy. This considers the effects of the samples of rubber cup lamp to the light with wavelengths of 350 – 1000 nm. The system including a light source, optical devices and an image processing unit provides the light spectrums with the moisture content obtained from the standard measurement. The spectrum of visible light shows a significant relating to the moisture content. This categorizes the sample of the rubber cup lamp into 3 groups based on their moisture content by neural network analysis with 91% accuracy. There are further analyses referred to the moisture content. The group of high moisture content takes the slope of the spectrum between wavelengths of 750 – 850 nm to classify. This shows the error of classification of 4.40 %. In the group of low moisture content, the slope of the spectrum of wavelength in interval of 390 – 420 nm provides the error of classification of 11.7%. This study shows that the moisture content causes the variations of light. The analyses in the groups of the moisture content levels can provide high precision of the classification.

Keywords: Rubber lump; Spectrum; Moisture content; Classification

สารบัญ

บทสรุปผู้บริหาร.....	i
สรุป	iii
บทคัดย่อ.....	v
Abstract	vi
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	1
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	1
1.4 แผนการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.6 แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 แสงและคุณสมบัติของแสง (Light and properties of light).....	4
2.2 คุณสมบัติของแสง (Properties of light)	5
2.3 สีของแสง	8
2.4 หลักการที่นำไปในการวัดความเข้มแสง (Intensity light Measurement)	8
2.5 ระบบสี RGB	9
2.6 Spectral imaging.....	10
2.7 โครงข่ายประสาทเทียม	12
2.8 การคูดกลืนแสงของน้ำ	15
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินการ	17
3.1 องค์ประกอบและการทำงานโดยภาพรวมของระบบบันทึกภาพถ่ายทางแสง	17
3.2 การออกแบบระบบเก็บผลภาพถ่ายทางแสง	18

3.3 การทดสอบระบบ.....	21
3.4 การเตรียมยางก้อน.....	26
3.5 การวัดความชื้น	28
3.6 การวัดスペกตรัมแสงของยางก้อน.....	28
บทที่ 4 ผลการทดลอง	32
4.1 ความชื้นของยางก้อน	32
4.2 สเปกตรัมของยางก้อนด้วย Spectrometer.....	33
4.3 สเปกตรัมของยางก้อนจากการถ่ายสเปกตรัม	38
4.4 การจำแนกยางก้อนด้วยโครงข่ายประสาทเทียม.....	41
4.5 การประมาณค่าความชื้นของยางก้อนที่มีความชื้นสูง.....	42
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	47
5.1 สรุป.....	47
5.2 ข้อเสนอแนะ	48
เอกสารอ้างอิง	49
ประวัตินักวิจัย.....	51

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน.....	2
ตารางที่ 2.1 ค่าดัชนีการหักเห (Refractive index, n) ในตัวกลางต่างๆ.....	6
ตารางที่ 2.2 ความยาวคลื่นสเปกตรัม.....	8
ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเปอร์เซ็นต์ความชื้นของยางก้อนแต่ละกลุ่ม (mean±s.d., N=17).....	32
ตารางที่ 4.2 ความชันของเส้นสเปกตรัมในช่วงความยาวคลื่น 940 – 950 nm.....	36

สารบัญภาพ

รูปที่ 2.1 ลักษณะการโพลาไรเซชันของคลื่น แบบ Linear แบบ Circular และแบบ Elliptical ตามลำดับ (แกน X คือ สนามไฟฟ้า แกน Y คือ สนามแม่เหล็ก และ แกน Z คือทิศทางแรงเหตุอนุที่).....	4
รูปที่ 2.2 การเคลื่อนที่ของแสงผ่านตัวกลางที่มีดัชนีการหักเหค่าต่างกัน.....	6
รูปที่ 2.3 การเคลื่อนของแสงกระแทบกับวัตถุแล้วเกิดการสะท้อน.....	7
รูปที่ 2.4 การแยกความยาวคลื่นแต่ละค่าออกจากแสงอาทิตย์ โดยใช้แท่งแก้วปริซึม.....	7
รูปที่ 2.5 การผสมสีปัญญาณbinจากขาว.....	8
รูปที่ 2.6 ลักษณะการกระจายของแสง ทำมุม ϕ กับแนวเคลื่อนที่ของแสง	9
รูปที่ 2.7 ระบบสี RGB.....	10
รูปที่ 2.8 ระบบ Spectral Imaging.....	11
รูปที่ 2.9 แสดงแบบจำลองใน neuron.....	13
รูปที่ 2.10 โครงข่ายระบบประสาทอย่างง่าย.....	13
รูปที่ 2.11 การเขียนโดยแบบ Feedforward neural network.....	15
รูปที่ 2.12 การเขียนโดยแบบ recurrent neural network.....	15
รูปที่ 2.13 สเปกตรัมการคูดกลืนแสงของน้ำ.....	16
รูปที่ 3.1 องค์ประกอบของระบบบันทึกภาพสเปกตรัม.....	17
รูปที่ 3.2 การวางระบบจริง.....	18
รูปที่ 3.3 โปรแกรมพัฒนาบน Matlab GUI เพื่อควบคุมการเปิด-ปิด LED.....	19
รูปที่ 3.4 โปรแกรมพัฒนาบน Matlab Gui ในการบันทึกภาพถ่ายทางแสง.....	19
รูปที่ 3.5 โปรแกรมแสดงผล.....	20
รูปที่ 3.6 สเปกตรัมของแสงกระเจิงจากตัวอย่าง.....	20
รูปที่ 3.7 กระดาษสีแดง.....	21
รูปที่ 3.8 ผลการประมวลภาพถ่ายทางแสงของกระดาษสีแดง.....	21
รูปที่ 3.9 สำลีแห้งที่ใช้ในการทดสอบ.....	22
รูปที่ 3.10 ผลการประมวลภาพถ่ายทางแสงของสำลีแห้ง.....	22
รูปที่ 3.11 สำลีเปียกที่ใช้ในการทดสอบ.....	23
รูปที่ 3.12 ผลการประมวลภาพถ่ายทางแสงของสำลีเปียก.....	23
รูปที่ 3.13 ยางแห้งที่ใช้ในการทดสอบ.....	24
รูปที่ 3.14 ผลการประมวลภาพถ่ายทางแสงของยางแห้ง.....	24
รูปที่ 3.15 ยางเปียกที่ใช้ในการทดสอบ.....	25
รูปที่ 3.16 ผลการประมวลภาพถ่ายทางแสงของยางเปียก.....	25

รูปที่ 3.17 ตัวอย่างยางก้อนที่เตรียมในวันแรก.....	26
รูปที่ 3.18 ตัวอย่างยางก้อนที่วางไว้ใน ณ อุณหภูมิห้อง (ก) เมื่อเวลาผ่านไป 1 วัน (Day1) (ข) เมื่อเวลาผ่านไป 3 วัน (Day3) (ค) เมื่อเวลาผ่านไป 4 วัน (Day4).....	27
รูปที่ 3.19 ส่วนของยางก้อนสำหรับความชื้น.....	28
รูปที่ 3.20 ตัวอย่างที่นำมาวัดด้วยวิธีเชิงแสง.....	29
รูปที่ 3.21 การทดลองวัดด้วย Spectrometer.....	29
รูปที่ 3.22 การทดลองทำในระบบปิด โดยมีเครื่องหมายสามเหลี่ยมแสดงตำแหน่งสำหรับตัวอย่าง.....	30
รูปที่ 3.23 ตำแหน่งของอุปกรณ์ในระบบถ่ายภาพ.....	30
รูปที่ 3.24 แสงจากแหล่งกำเนิดแสงชนิด LED เดินทางผ่านเลนส์แล้วกระทบตัวอย่าง.....	31
รูปที่ 3.25 การทดลองทำในระบบปิด (ก) นำตัวอย่างเข้าระบบวัด (ข) ขณะทำการวัด.....	31
รูปที่ 4.1 ค่าความชื้นของตัวอย่างยางก้อนในช่วง 10 วัน.....	33
รูปที่ 4.2 สเปกตรัมของยางก้อนวัดด้วย Spectrometer ช่วงความยาวคลื่น 200 – 1000 nm.....	34
รูปที่ 4.2 สเปกตรัมของยางก้อนวัดด้วย Spectrometer ช่วงความยาวคลื่น 200 – 1000 nm.....	35
รูปที่ 4.4 สเปกตรัมของยางก้อนวัดด้วย Spectrometer ช่วงความยาวคลื่น 940 – 950 nm.....	36
รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความชันของสเปกตรัมในช่วงความยาวคลื่น 900 nm – 950 nm กับความชื้นของยางก้อนของแต่ละตัวอย่าง.....	37
รูปที่ 4.6 ค่าความชื้นจริงและค่าความชื้นที่ได้จากการประมาณของแต่ละตัวอย่างด้วยสมการในรูปที่ 4.5....	38
รูปที่ 4.7 สเปกตรัมของยางก้อนจากระบบที่พัฒนาขึ้นช่วงความยาวคลื่น 350 – 750 nm.....	39
รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างความชันของสเปกตรัมในช่วงความยาวคลื่น 390 nm – 420 nm กับความชื้นของยางก้อนของแต่ละตัวอย่าง.....	40
รูปที่ 4.9 ค่าความชื้นจากการถอดโดยในรูปที่ 4.8 เทียบกับค่าความชื้นจริงของยางก้อนแต่ละตัวอย่าง....	40
รูปที่ 4.10 โครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ในการจำแนก.....	41
รูปที่ 4.11 ผลการใช้โครงข่ายประสาทเทียมจำแนกยางก้อนเป็นสามกลุ่มตามช่วงความชื้น.....	42
รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของยางก้อนกับความชันของเส้นสเปกตรัมที่ได้จากการสเปกโตรมิเตอร์ ในช่วง 750 – 850 nm.....	43
รูปที่ 4.13 ค่าความชื้นจริงและค่าความชื้นที่ได้จากการประมาณของแต่ละตัวอย่างด้วยสมการในรูปที่ 4.12.....	43
รูปที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของยางก้อนกับความชันของเส้นสเปกตรัมที่ได้จากระบบวัดที่พัฒนาขึ้นในช่วง 390 – 420 nm.....	44
รูปที่ 4.15 ค่าความชื้นจริงและค่าความชื้นที่ได้จากการประมาณของแต่ละตัวอย่างด้วยสมการในรูปที่ 4.14.....	45

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ยางพาราเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่สำคัญของไทย โดยในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมาเกษตรกรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือนิยมปลูกยางพารากันอย่างมาก แต่เนื่องจากราคายางที่ตกต่ำต่อเนื่องทำให้ชาวสวนยางในอีสานนิยมน้ำย่างที่ได้ทำเป็นยางก้อนถัวย (Rubber cup-lump) ที่มีวิธีการผลิตที่ง่าย สะดวก ใช้เวลาและแรงงานน้อย และมีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าการผลิตยางแผ่น แต่ราคายางก้อนถัวยจะต่ำกว่าน้ำย่างหรือยางแผ่นเกือบทั้งตัว โดยที่ร้าบแล้วยางก้อนถัวยจะถูกนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตยางแท่งหรือส่งผลิตรีดเป็นยางเครื่องโดยตรง แต่หากยางก้อนถัวยมีสิ่งสกปรกเจือปนอยู่มากจะต้องทำการกำจัดสิ่งสกปรกออกเสียก่อน ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้นหรือหากนำไปผลิตยางเครื่องก็จะได้แผ่นยางเครื่องที่มีคุณภาพต่ำ ดังนั้นการผลิตยางก้อนที่มีคุณภาพจะทำให้ขายได้ราคาดี ซึ่งการกำหนดราคายางก้อนถัวยจะขึ้นอยู่กับลักษณะของยางก้อนถัวยซึ่งแบ่งออกเป็นสามกลุ่มใหญ่ ๆ คือ ยางก้อนถัวยเปียก (อายุ 1 - 3 วัน มีความชื้น 45 - 55%) ยางก้อนถัวยหมวด (อายุ 4 - 7 วัน มีความชื้น 35 - 45%) และ ยางก้อนถัวยแห้ง (อายุมากกว่า 7 วัน มีความชื้น น้อยกว่า 35%) นอกจากนี้แล้วยางก้อนถัวยที่ได้มาตรฐานต้องมีลักษณะเป็นรูปถ้วย สะอาด ไม่มีสิ่งเจือปน ไม่มีกลิ่นบุดเบบ สีสวย จากที่กล่าวมาจะเห็นว่า การประเมินคุณภาพของยางก้อนถัวยจำเป็นต้องพิจารณาหลายปัจจัย ซึ่งการวัดปริมาณเหล่านี้ต้องใช้เวลาและมีความยุ่งยาก อีกทั้งการประเมินคุณภาพยังอาจมีอคติในการคัดคุณภาพได้ ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะพัฒนาระบบประเมินคุณภาพของยางก้อนถัวยด้วยเทคนิคภาพถ่ายเชิงแสง ซึ่งเป็นระบบวัดที่สามารถใช้ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้แล้วข้อมูลเหล่านี้จะสามารถนำไปใช้การวิเคราะห์ทางคุณภาพที่สำคัญของยางก้อนถัวยได้อีกด้วย เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาเพื่อนำไปใช้กับอุตสาหกรรมยางพาราในประเทศต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อศึกษาคุณสมบัติของยางก้อนถัวยด้วยเทคนิคภาพถ่ายเชิงแสง
- 2) เพื่อสร้างเคราะห์โน้มเดลคณิตศาสตร์สำหรับประเมินความชื้นยางก้อนถัวยโดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายแสงกระเจิงจากยางก้อน

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

- 1) พัฒนาระบบวัดและบันทึกภาพถ่ายเชิงแสงของยางก้อนด้วยเทคนิคสเปกตรัมสเปคโตรสโคป

2) จำแนกย่างก้อนที่มีความชื้นแตกต่างกันด้วยเทคนิคภาพถ่ายเชิงแสง

3) พัฒนาโมเดลคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาสัดส่วนองค์ประกอบในยางก้อนด้วยอัลกอริทึมต่าง ๆ เช่น PCA หรือ Neural Network เป็นต้น

1.4 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- บทความที่คาดว่าจะตีพิมพ์ /นำเสนอ เรื่อง “Evaluation of Rubber cup-lump using optical imaging” คาดว่าจะส่งตีพิมพ์ที่ Computers and Electronics in Agriculture เป็นต้น

1.6 แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย

งานวิจัยนี้มีความมุ่งหวังว่าจะสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการประเมินคุณภาพยางก้อนถัวอันจะเป็นหนทางหนึ่งที่จะช่วยให้สามารถกำหนดราคายางก้อนถัวได้อย่างเหมาะสมมากจากานี้ยังช่วยให้ภาคอุตสาหกรรมสามารถนำไปใช้ในการคัดแยกคุณภาพยางก้อนถัวเพื่อใช้ในการวางแผนการผลิตยางแท่งได้อีกด้วย เนื่องจากต้องการจำกัดตัวแปรอื่นที่ควบคุมไม่ได้ให้มากที่สุด ตัวอย่างน้ำยางสำหรับผลิตยางก้อนถัว จึงต้องมาจากการแหล่งผลิตเดียวกัน ดังนั้นในการดำเนินการวิจัยจึงต้องร่วมมือกับเกษตรกรเพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างที่มีเงื่อนไขตามต้องการ เมื่อระบบสามารถใช้งานจริงแล้วนั้น จะนำไปทดลองใช้ในสถานการณ์จริงโดยเบรียบเทียบกับวิธีการวิเคราะห์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันเพื่อทำการพัฒนาต่อไป และยังเป็นการถ่ายทอดความรู้สู่กลุ่มเป้าหมายอีกทางหนึ่งด้วย

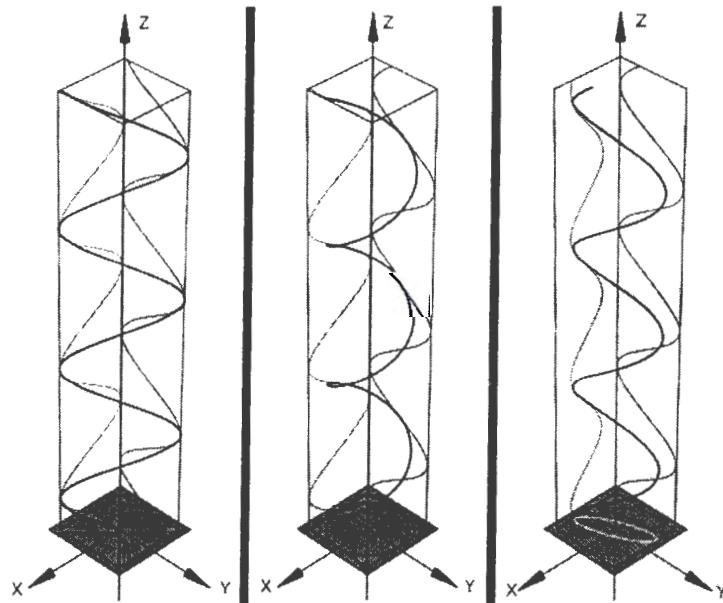
บทที่ 2

ทฤษฎีเกี่ยวกับแสง

2.1 แสงและคุณสมบัติของแสง (Light and properties of light)

2.1.1 แสง (Light) คือ การแพร่รังสีแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความยาวคลื่นที่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า (Visible light) รวมถึงการแพร่รังสีแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่รังสีอินฟราเรด (Infrared) ถึงรังสีอัลตราไวโอเลตด้วย คุณสมบัติพื้นฐานของแสงและของการแพร่รังสีแม่เหล็กไฟฟ้าทุกช่วงคลื่น ได้แก่

- ความเข้ม (Intensity) หรือแอมเพลจูด (Amplitude) ซึ่ง pragmatically ตามนุชญ์ในรูปความส่องแสง
- ความถี่ (Frequency) หรือความยาวคลื่น (Wave length) ซึ่ง pragmatically ตามนุชญ์ในรูปสีของแสง
- โพลาไรเซชัน (Polarization) คือ ทิศทางของสนามไฟฟ้า (Electric Field) ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic wave) แบ่งเป็น 3 แบบหลักๆ คือ โพลาไรซ์เชิงเส้น (Linear Polarization) สนามไฟฟ้าอยู่ในแนวเดียวตลอดเวลาการเคลื่อนที่ของคลื่น โพลาไรซ์แบบวงกลม (Circular Polarization) และ โพลาไรซ์แบบวงรี (Elliptical Polarization) ดังแสดงในรูป 2.1



รูปที่ 2.1 ลักษณะการโพลาไรเซชันของคลื่น แบบ Linear แบบ Circular และแบบ Elliptical ตามลำดับ (แกน X คือ สนามไฟฟ้า แกน Y คือ สนามแม่เหล็ก และ แกน Z คือทิศทางการเคลื่อนที่)

2.1.2 คลื่นและอนุภาค แสงจะแสดงคุณสมบัติทั้งของคลื่นและของอนุภาคในเวลาเดียวกัน ทั้งนี้เนื่องจากทวิภาคของคลื่นและอนุภาค ธรรมชาติที่แท้จริงของแสงเป็นปัญหาหลักปัญหานี้ของพิสิกส์สมัยใหม่ แสงมีคุณสมบัติทวิภาค กล่าวคือ

- แสงเป็นคลื่น (Wave) แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic) โดยที่ระบบการสั่นของสนามแม่เหล็กตั้งจากกับระบบการสั่นของสนามไฟฟ้า และตั้งจากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น และแสงก็มีการเลี้ยวเบนด้วย ซึ่งการเลี้ยวเบนก็แสดงคุณสมบัติของคลื่น
- แสงเป็นอนุภาค (Particle) แสงเป็นก้อนพลังงานมีค่าพลังงาน $E = hf$ โดยที่ h คือค่าคงตัวของแพลนค์ (Planck's constant) ที่ค่าเท่ากับ $6.62606957 \times 10^{-34} \text{ m}^2 \text{kg} / \text{s}$ และ f คือความถี่ของแสง เรียกอนุภาคแสงว่าโฟตอน (Photon)

2.2 คุณสมบัติของแสง (Properties of light)

แสงจะมีคุณสมบัติที่สำคัญ 4 ข้อ ได้แก่ การเดินทางเป็นเส้นตรง (Rectilinear propagation), การหักเห (Refraction), การสะท้อน (Reflection) และการกระจาย (Dispersion)

เมื่อแสงเคลื่อนที่ผ่านกลุ่มวัสดุหรือฝุ่นละออง จะเห็นเป็นลำแสงเส้นตรง และสามารถผ่านวัตถุได้ วัตถุที่ยอมให้แสงเคลื่อนที่ผ่านเป็นเส้นตรงไปได้นั้น เราเรียกวัตถุนี้ว่า วัตถุโปร่งใส เช่น แก้ว อากาศ น้ำ เป็นต้น ถ้าแสงเคลื่อนที่ผ่านวัตถุบางชนิดแล้วเกิดการกระจายของแสงออกไป โดยรอบ ทำให้แสงเคลื่อนที่ไม่เป็นเส้นตรง เราเรียกวัตถุนี้ว่า วัตถุโปร่งแสง เช่น กระจกผ้า กระดาษไข่ พลาสติกผ้า เป็นต้น ส่วนวัตถุที่ไม่ยอมให้แสงเคลื่อนที่ผ่านไปได้ เราเรียกว่า วัตถุทึบแสง เช่น ผนังคอนกรีต กระดาษแข็งหนาๆ เป็นต้น วัตถุทึบแสงจะสะท้อนแสงบางส่วนและตัดกลืนแสงบางส่วนไว้ทำให้เกิดเงาขึ้น

2.2.1 การเดินทางเป็นเส้นตรง (Rectilinear propagation) คือ คุณสมบัติการแผ่กระจายของคลื่น (เคลื่อนที่หรือกระจาย) ในลักษณะที่เป็นเส้นตรง (Straight lines) ซึ่งในการเคลื่อนที่ของแสงจะขึ้นอยู่กับค่าดัชนีการหักเห (Refractive index, n) ซึ่งวัตถุที่มีดัชนีการหักเหมาก แสงจะเดินทางผ่านเป็นเส้นตรง สามารถหาค่าดัชนีการต่อไปนี้

$$n = \frac{c}{v} \quad (2.1)$$

โดยที่ c คือ ความเร็วของแสงในสุญญากาศ มีค่า $c = 3.0 \times 10^8 \text{ m/s}^2$

v คือ ความเร็วของแสงในตัวกลางนั้นๆ (m/s^2)

ตารางที่ 2.1 ค่าดัชนีการหักเห (Refractive index, n) ในตัวกลางต่างๆ [4]

ตัวกลาง (Material) ที่อุณหภูมิ 1 °C ความดัน 1 atm	ค่าดัชนีการหักเห n
อากาศ (Air)	1.000293
เพชร (Diamond)	2.42
น้ำ (Water) ที่อุณหภูมิ 20 °C	1.333
แก้ว (Glass)	1.52-1.62

2.2.2 การหักเห (Refraction) เกิดขึ้นเมื่อแสงเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่มีค่าดัชนีการหักเหต่างกัน จะทำให้แสงที่เคลื่อนที่ผ่านแก้วเกิดการหักเหขึ้น ซึ่งการหักเหที่เกิดขึ้นมีผลมาจากการเปลี่ยนแปลงอัตราเร็วเร็วเมื่อคลื่นเคลื่อนที่ผ่านจากตัวกลางหนึ่งไปตัวกลางหนึ่ง ซึ่งส่งผลให้ความยาวคลื่นเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย แต่ความถี่ยังคงไม่เปลี่ยนแปลง ตามกฎของสเนลล์ (Snell's law) ดังสมการที่ (2.2)

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad (2.2)$$

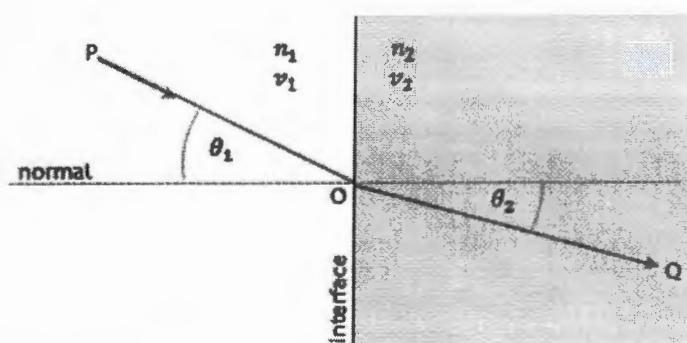
โดยที่ θ_1 คือ มุมตกลง (Angle of incidence)

θ_2 คือ มุมหักเห (Angle of refraction)

v_1 คือ อัตราเร็วของคลื่นในตัวกลางที่ 1

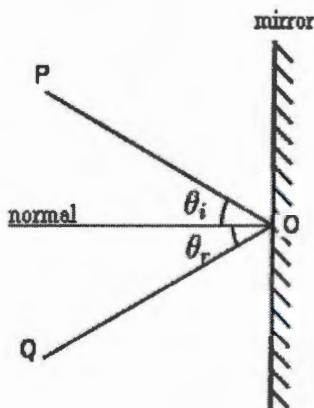
v_2 คือ อัตราเร็วของคลื่นในตัวกลางที่ 2

แสดงดังรูปที่ 2.2



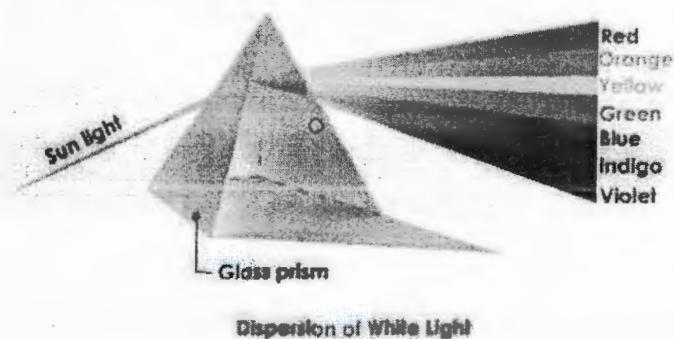
รูปที่ 2.2 การเคลื่อนที่ของแสงผ่านตัวกลางที่มีดัชนีการหักเหค่าต่างกัน

2.2.3 การสะท้อน (Reflection) เกิดขึ้นเมื่อคลื่นเคลื่อนที่ไปตกกระทบกับสิ่งกีดขวางหรือรอยต่อระหว่างตัวกลางแล้วเปลี่ยนทิศทางท้อนกลับ มาในตัวกลางเดิม มีหลักการสำคัญ คือ กฎผลกระทบเท่ากันนูน หักเห ซึ่งเรียกว่า กฎการสะท้อน (Laws of reflection) ดังรูป 2.3



รูปที่ 2.3 การเคลื่อนของแสงกระทบกับวัตถุแล้วเกิดการสะท้อน

2.2.4 การกระจาย (Dispersion) สำหรับคุณสมบัติของแสงที่ผ่านมาสามข้อนี้ จะเป็นการกล่าวถึงแสงที่มีความยาวคลื่นค่าเดียว เรียกว่า Monochromatic แต่โดยธรรมชาติแสงจะมีความยาวคลื่นหลายค่าที่ผสมกันอยู่ เรียกว่า Polychromatic ซึ่งกระบวนการแยกแสงออกเป็นความยาวคลื่นๆ (สีต่างๆ) เรียกว่า การกระจาย (Dispersion) ซึ่งจะนิยมใช้แก้วปริซึมในการแยก แสดงดังรูปที่ 2.4



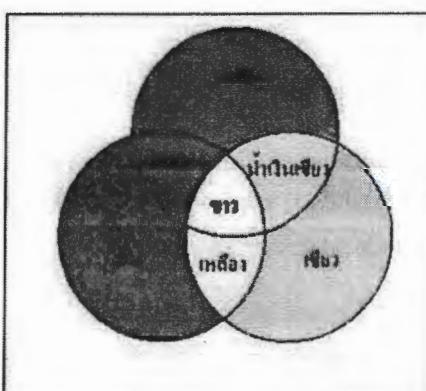
รูปที่ 2.4 การแยกความยาวคลื่นแต่ละค่าออกจากแสงอาทิตย์ โดยใช้แท่งแก้วปริซึม สเปกตรัมของ แสงจากดวงอาทิตย์เป็นแสงขาว ซึ่งเราสามารถใช้ปริซึมแยกแสงที่เป็นองค์ประกอบของแสงขาวออกจากกันได้เป็นแบบสีต่างๆ 7 สีเรียงติดกัน เรียกว่า สเปกตรัม ตารางที่ 2.2 แสดงความยาวคลื่นของแต่ละแบบสี

ตารางที่ 2.2 ความยาวคลื่นสเปกตรัม

สเปกตรัม	ความยาวคลื่น (nm)
สีม่วง	400-420
สีคราม-สีน้ำเงิน	420-490
สีเขียว	490-580
สีเหลือง	580-590
สีแสด(ส้ม)	590-650
สีแดง	650-700

2.3 สีของแสง

การมองเห็นสีต่าง ๆ บนวัตถุเกิดจากการผสมของแสงสี เช่น แสงขาวอาจเกิดจากแสงเพียง 3 สี รวมกัน แสงทั้ง 3 สี ได้แก่ แสงสีแดง แสงสีเขียว และแสงสีน้ำเงิน หรือเรียกว่า สีปฐมภูมิ และถ้านำแสงที่เกิดจากการผสมกันของสีปฐมภูมิ 2 สีมารวมกันจะเกิดเป็น สีทุติยภูมิ ซึ่งสีทุติยภูมิแต่ละสีจะมีความแตกต่างกันในระดับความเข้มสีและความสว่างของแสง ดังภาพ



รูปที่ 2.5 การผสมสีปฐมภูมิบนฉากรา

2.4 หลักการทั่วไปในการวัดความเข้มแสง (Intensity light Measurement)

ในระบบทดสอบวัสดุกรองแสงนี้ มีหลักการ คือมีแหล่งกำเนิดรังสียูวี มีวัสดุกรองแสง และมีตัวตรวจจับแสงยูวีที่ผ่านวัสดุกรองแสง ซึ่งในขณะที่แสงยูวีเคลื่อนที่ผ่านวัสดุกรองแสงจะมีปรากฏการณ์ต่างๆ เกิดขึ้น คือ

2.4.1 การสะท้อน (Reflection) เมื่อแสงยูวีตกกระทบวัสดุกรองแสง จะเกิดการสะท้อนขึ้น โดยการสะท้อนจะเป็นไปตามกฎการสะท้อน ดังอธิบายในหัวข้อคุณสมบัติของแสง (Properties of light) ซึ่งการสะท้อนจะขึ้นอยู่กับลักษณะผิวของวัสดุกรองแสง โดยจะแบ่งผิววัสดุออกเป็น 2 ประเภท คือ วัสดุผิวเรียบ โดยการสะท้อนของวัสดุผิวเรียบ จะทำให้รังสีของ光การสะท้อนมีทิศทางไปในลักษณะเดียวกัน และการสะท้อนในวัสดุที่มีผิวขรุขระ รังสีจะท่อนก็จะมีทิศทางที่แตกต่างกัน

2.4.2 การดูดกลืน (Absorbance) หรือเรียกว่า Optical intensity ซึ่งมีความสัมพันธ์ในอัตราส่วนลอกกาลที่มี ระหว่างรังสีที่ตกกระทบวัสดุกรองแสงกับรังสีที่สามารถผ่านวัสดุกรองแสงไปได้ โดยการวัดการดูดกลืนแสงส่วนมากแล้วจะวิเคราะห์ในทางเคมี สามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

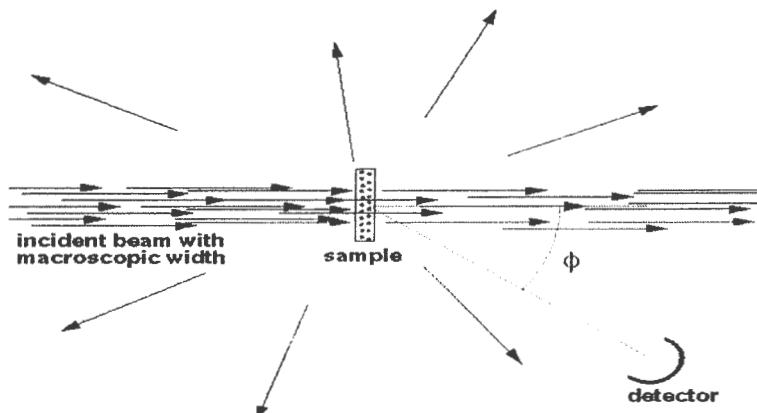
$$A_\lambda = -\log_{10} \left(\frac{I_1}{I_0} \right) \quad (2.3)$$

โดยที่ A_λ คือ การดูดกลืนที่ความยาวคลื่นของแสง (λ)

I_1 คือ ความเข้มของแสงที่ผ่านวัสดุกรองแสง

I_0 คือ ความเข้มของแสงก่อนที่จะผ่านวัสดุกรองแสง

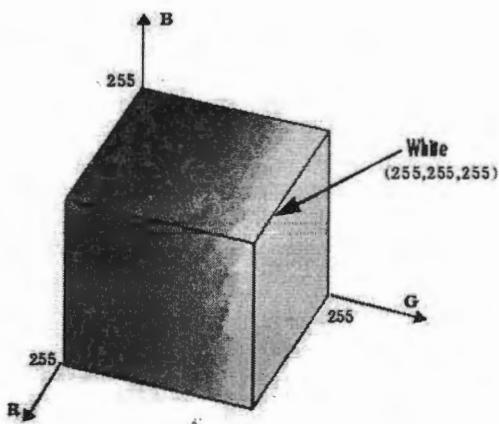
2.4.3 การกระเจิง (Scattering) เป็นกระบวนการที่เกิดจากการแพร่รังสี เช่น แสง เสียง หรือการเคลื่อนที่ของอนุภาค เนื่องจากถูกแรงกระทำ ซึ่งในที่นี้จะเน้นไปที่การกระเจิงของแสง โดยการกระเจิงของแสงเกิดจาก การที่ลำแสงหรือスペคตรัมของแสงเคลื่อนที่กระทบกับโมเลกุลหรือนานุภาคหนึ่งๆ จะเกิดการกระจายตัวไปในทุกทิศทาง ซึ่งอาจจะเกิดการส่งผ่าน เกิดการสะท้อน และเกิดการดูดกลืนขึ้น ดังที่แสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ลักษณะการกระเจิงของแสง ทำมุม ϕ กับแนวเคลื่อนที่ของแสง

2.5 ระบบสี RGB

RGB ย่อมาจาก red, green และ blue คือ กระบวนการผสมสีจากแม่สี 3 สี คือสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน การใช้สัดส่วนของสี 3 สีนี้ต่างกัน จะทำให้เกิดสีต่างๆ ได้อีกมากมาย โดยแต่ละสีจะมีค่าตั้งแต่ 0-255 ดังรูปที่ 2.7



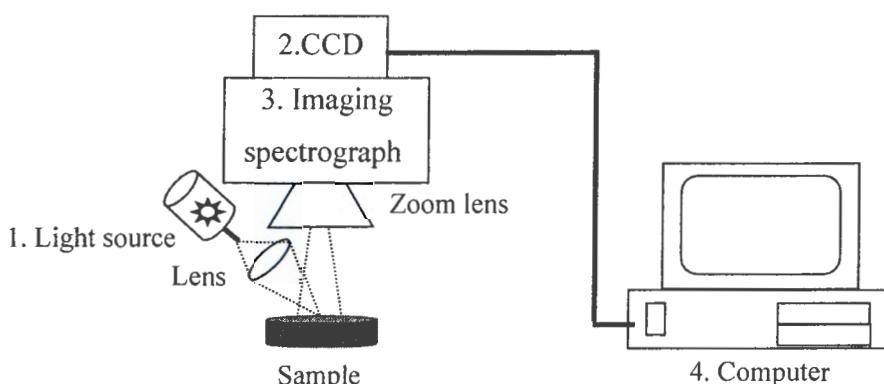
รูปที่ 2.7 ระบบสี RGB

2.6 Spectral imaging

Spectral imaging เป็นการแสดงผลข้อมูลของการตอบสนองต่อความถี่แต่เป็นในย่านความถี่แม่เหล็กไฟฟ้า หรือ โดยทั่วไปจะเพิ่มความถี่ของแสง NIR หรือรวมไปถึงแสงสีขาวที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (VIS) เป็นต้น โครงสร้างหลักโดยทั่วไปของระบบ Spectral imaging ประกอบด้วย 5 ส่วน ดังแสดงในรูปที่ 2.8 ได้แก่ 1) แหล่งกำเนิดแสงในช่วงคลื่นแสงที่ต้องการทดสอบเพื่อให้ได้ผลของการตอบสนองต่อความถี่ของวัสดุทดสอบ 2) กล้อง CCD หรือ CMOS ที่มีความละเอียดสูงเพื่อให้ได้ภาพข้อมูลที่มีความละเอียดเพียงพอในการวิเคราะห์ผล พร้อมอุปกรณ์ควบคุมกล้องเพื่อการสแกนตามแนวนอนของการถ่ายภาพ 3) Imaging spectrograph เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญมากสำหรับระบบนี้ เพราะเป็นเครื่องที่ใช้ในการขยายย่านความถี่แสงตามที่ต้องการเพื่อให้ได้ภาพที่ย่านความถี่แสงที่ต้องการทดสอบ 4) เครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ใช้การควบคุมการถ่ายภาพและเก็บข้อมูลภาพจำนวนนวนมากที่ได้จากการถ่ายภาพ ด้วยคุณสมบัติที่ต้องการทั้งพื้นที่หน่วยความจำที่มากพอและมีความเร็วสูงพอเพื่อใช้รองรับการทำงานของซอฟต์แวร์ที่ต้องการทำงานที่เร็วกับจำนวนข้อมูลที่มาก 5) ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการประมวลผลภาพที่ได้และวิเคราะห์ข้อมูลที่มีข้อมูลเป็นจำนวนมากทั้งข้อมูลที่ได้จากการทดสอบและข้อมูลที่ต้องใช้ในการเปรียบเทียบอ้างอิง

หลักการทำงานของระบบจะเริ่มจากทำการวัดบันทึกแสงที่สะท้อนมาจากวัตถุหรือภาพของวัตถุที่ต้องการตรวจสอบเพื่อนำมาวิเคราะห์ศึกษา โดยเปรียบเทียบกับการมองเห็นภาพสีของมนุษย์ กล่าวคือ องค์ประกอบของสีนั้นจะเป็นสัดส่วนของการผสมกันของแม่สี 3 สี ได้แก่ แดง เหลือง และน้ำเงิน แต่ด้วยวิธีการของ Spectral imaging เป็นการขยายช่วงของความยาวคลื่นของแสงที่พิจารณาให้กว้างขึ้นตั้งแต่ช่วงญี่วิจิถึงอินฟราเรด โดยมีวัตถุประสงค์หลักคือ การตรวจสอบผลตอบสนองต่อความยาวคลื่นของบริเวณเล็ก ๆ หรืออาจจะพิจารณาที่แต่ละพิกเซลของภาพเพื่อใช้ในการจำแนกหาคุณสมบัติของวัตถุหรือส่วนประกอบที่อยู่

ในภาพนั้น โดยจะแสดงข้อมูลของแต่ละพิกเซลหรือแต่ละภาพด้วยค่าความสว่างของแต่ละความยาวคลื่นตลอดช่วงที่พิจารณา จากนั้นทำการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้กับฐานข้อมูลค่าความสว่างของสารหรือวัตถุที่มีเก็บไว้เป็นมาตรฐานหรืออ้างอิงเพื่อบุนิดของวัตถุหรือส่วนประกอบในภาพ จากหลักการที่กล่าวมาจะเห็นว่าระบบนี้เหมาะสมสำหรับงานที่ต้องการความละเอียดในการจำแนกวัตถุที่มีสีหรือสเปกตรัมใกล้เคียงกัน และยังเหมาะสมกับงานที่จำเป็นต้องวิเคราะห์ภาพถ่ายที่มีหลายองค์ประกอบรวมอยู่ในภาพเดียว (Ave & Ave) เช่น การสำรวจพื้นผิวโลก การสำรวจแหล่งทรัพยากรธรรมชาติ การสำรวจอวกาศ เป็นต้น และในปัจจุบันได้เริ่มมีการนำมาประยุกต์ใช้งานในด้านอื่นที่น่าสนใจมากขึ้นได้แก่ ด้านอาหาร ยา เกษตรกรรม เป็นต้น (Smith, 2006)



รูปที่ 2.8 ระบบ Spectral Imaging

เนื่องจากการจำแนกคุณภาพของยางก้อนถ่ายทำได้โดยอาศัยคุณสมบัติทางกายภาพต่าง ๆ เช่น ความอ่อนตัว สี ความชื้น และสิ่งเจือปน เป็นต้น ด้วยเหตุนี้จึงมีความเป็นไปได้ที่จะทำการวิเคราะห์คุณภาพของยาง ก้อนถ่ายด้วยเทคนิค Spectral imaging ดังที่กล่าวมา และนอกจากนี้แล้วยังมีความเป็นไปได้ที่จะประยุกต์ใช้ ในการวิเคราะห์ภาพถ่ายของกองยางก้อนถ่ายซึ่งทำให้สามารถประเมินคุณภาพของยางก้อนถ่ายจำนวนมากได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งในงานวิจัยนี้จะเริ่มดำเนินการในส่วนแรกก่อนโดยทำการศึกษาวิเคราะห์คุณภาพของยาง ก้อนถ่ายที่ลักษณะต่างๆ ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ภาพถ่ายเชิงแสง

การผลิตยางก้อนถ่ายทำได้หลายวิธีด้วยกัน โดยทั่วไปจะทำการผสมกรดอินทรีย์ เช่น กรดฟอร์มิก เพื่อทำให้ปรตันในน้ำยางจับตัวเป็นก้อน คุณภาพของยางก้อนถ่ายจะขึ้นอยู่กับแหล่งที่มา วิธีการผลิต รวมไปถึงการจับเก็บ (Prasertsit, Rattanawan, & Ratanapisit, 2011) การประเมินคุณภาพของยางก้อนถ่าย สามารถทำได้โดยพิจารณาจากค่าเบอร์เข็นต์ความชื้น สี กลิ่นเน่าบุดและดัชนีความอ่อนตัว (Plasticity retention index, PRI) รวมไปถึงปริมาณแบนค์ที่เรีย (Intapun, Sontikun, & Khowaien, 2013) อย่างไรก็ตาม การวัดปริมาณเหล่านี้มีความซับซ้อนและใช้เวลามาก

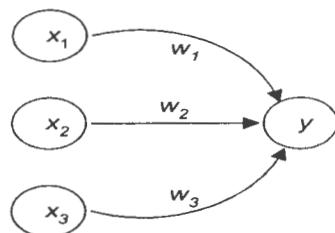
วิธีการวัดเชิงแสงได้ถูกพัฒนาอย่างมากซึ่งสามารถทำการวัดโดยไม่ทำลายได้อย่างรวดเร็ว ปัจจุบันนิยมนำมาประยุกต์ใช้กับการประเมินคุณภาพของผลผลิตทางการเกษตร ทั้งนี้แต่ละเทคนิคจะมี หลักการ กระบวนการวัด และอุปกรณ์ที่แตกต่างกันออกไป โดยมีข้อจำกัดในการวัดคุณสมบัติของตัวอย่างที่ สนใจแตกต่างกัน ยกตัวอย่างเช่น การใช้ภาพถ่ายคอมพิวเตอร์ (Computer Vision) ในการประเมินคุณภาพ ของเนื้อสต (Jackman, Sun, & Allen, 2011) ซึ่งสามารถพิจารณาลักษณะภายนอกได้โดยง่ายแต่การบ่งบอก ถึงคุณสมบัติภายในยังเป็นข้อจำกัด ส่วนเทคนิค Near-Infrared spectroscopy สามารถนำมาประยุกต์ใช้ใน การวัดคุณภาพของผักและผลไม้มากmany (Nicolai et al., 2007) รวมถึงการใช้ความยาวคลื่นในช่วงที่ตา มองเห็นด้วยเทคนิค VIS/NIR spectroscopy ซึ่งใช้ในการวัดความเป็นเบรี้ยวของผลเบร์รีจีน (Li & He, 2006) และผลส้ม (Gómez, He, & Pereira, 2006) นอกจากนี้เทคนิค NIR spectroscopy ได้ถูกนำมาใช้ใน ระบบวัดความชื้นของยางแผ่น (ฤทธิรัตน, 2552) แต่อย่างไรก็ตามเทคนิคนี้มีข้อจำกัดในการบ่งชี้ ถึงองค์ประกอบส่วนน้อยและการวิเคราะห์ข้อมูลก็มีความยุ่งยากซับซ้อน ในขณะที่ระบบที่มีต้นทุนสูงอย่าง เทคนิค Hyperspectral imaging จะไม่มีปัญหาเรื่องความไวในการวัดและยังสามารถให้ข้อมูลเชิงพื้นที่ได้ (Spatial information) ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการหาคุณสมบัติภายใน เช่น ความแน่นเนื้อของผลแอปเปิล (Lu, 2007) คุณภาพของเนื้อแดง (Xiong, Sun, Zeng, & Xie, 2014) นอกจากนี้มีรายงานการสร้างภาพจาก NIR hyperspectral เพื่อใช้ในการนำยาสี ความเป็นกรดด่าง และความนุ่มของเนื้อวัว (Cluff et al., 2008; ElMasry, Sun, & Allen, 2012) และมีการใช้แสงย่าน NIR รวมกับแสงขาวที่ต้ององเห็นในการวัดความนุ่มของ เนื้อสเต็กเข่นกัน (Cluff et al., 2008) ถึงแม้การพัฒนาระบบวัดจะมีต้นทุนที่สูงพอสมควรแต่จากการพัฒนา ของเทคโนโลยีในปัจจุบันส่งผลให้สามารถใช้อุปกรณ์ทดสอบที่ทำให้ระบบมีต้นทุนที่ต่ำลงได้ จากที่กล่าวมา จะเห็นได้ว่าเทคนิค Spectral imaging มีความสามารถในการศึกษาคุณสมบัติของตัวอย่างของแข็งได้อย่าง รวดเร็วและมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังสามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้ด้วยเทคนิคต่าง ๆ เช่น PCA, Neural Network และ Heuristic (Alander, Bochko, Martinkau, Saranwong, & Mantere, 2013) เป็นต้น ด้วยเหตุนี้จึง ได้ประยุกต์ใช้เทคนิค Spectral imaging ในการศึกษาคุณสมบัติของยางก้อนถ้วย โดยพัฒนาโปรแกรมสำหรับ ประมวลผลข้อมูลและวิเคราะห์หาโมเดลคณิตศาสตร์เพื่อกำหนดคุณภาพของยางก้อนถ้วย

2.7 โครงข่ายประสาทเทียม

2.7.1 ลักษณะทั่วไปของโครงข่ายประสาทเทียม

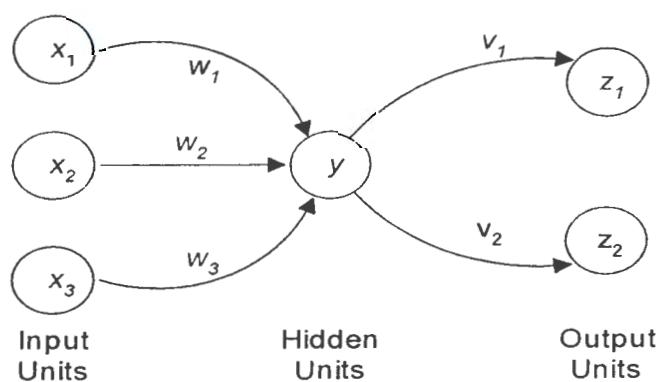
โครงข่ายประสาทเทียมเป็นระบบการจัดการข้อมูลอย่างหนึ่งที่มีลักษณะสมบัติพื้นฐานมาจาก โครงข่ายประสาทในสมองของมนุษย์ โครงข่ายระบบประสาทได้ถูกพัฒนาให้มีแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ตามลักษณะการจัดจำของมนุษย์หรือปมประสาทของมนุษย์ โดยมีสมมติฐานดังนี้

1. การประมวลผลข้อมูลจะเกิดขึ้นที่โนดแต่ละที่เรียกว่า neuron
2. สัญญาณจะส่งผ่านระหว่าง neuron โดยผ่านกิ่งที่เชื่อมต่อกัน
3. แต่ละกิ่งที่เชื่อมต่อกันจะมีค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight) กำกับไว้ ทำหน้าที่คุณสัญญาณที่ส่งผ่าน
4. แต่ละ neuron จะมี Activation function ไว้ค่อยจัดการกับ Input ซึ่งเป็นผลรวมของสัญญาณที่เข้ามา เพื่อกำหนดค่าสัญญาณออก



รูปที่ 2.9 แสดงแบบจำลองใน neuron

โครงข่ายระบบประสาทจะประกอบด้วย neuron จำนวนมาก many ซึ่งแต่ละ neuron จะเชื่อมต่อกันโดยมีกิ่งที่เชื่อมโยง ซึ่งแต่ละกิ่งจะมีค่าถ่วงน้ำหนักเฉพาะกำกับไว้ ค่าถ่วงน้ำหนัก จะแทนข้อมูลที่ใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ โครงข่ายระบบประสา�能สามารถประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ เช่นการเก็บและจัดจำข้อมูลหรือรูปแบบ และการจำแนกรูปแบบ ฯลฯ



รูปที่ 2.10 โครงข่ายระบบประสาทอย่างง่าย

ในแต่ละ neuron จะมี Activation function หรือ Activity level ซึ่งเป็นฟังก์ชันของ Input ที่ได้รับ neuron แต่ละตัวจะส่ง Activation signal ไปยัง neuron อื่น ๆ โดยส่งเพียงสัญญาณเดียวในแต่ละครั้ง แต่

สามารถส่งไปได้หลาย neuron ดังแสดงในรูป 2.10 neuron Y ซึ่งรับ Input จาก neuron X_1 , X_2 , และ X_3 และมี W_1 , W_2 , และ W_3 เป็น weight ตามลำดับ โดยสัญญาณ Output จะถูกส่งต่อไปยัง neuron Z_1 และ Z_2 โดยมี weight V_1 และ V_2

2.7.2 ประเภทของโครงข่ายระบบประสาท

โครงข่ายระบบประสาทสามารถแบ่งประเภทได้ตาม รูปแบบของการเชื่อมโยง (Architecture) และวิธีการปรับค่า weight ได้ดังนี้

2.7.2.1 รูปแบบการเชื่อมโยง (Architecture)

โครงข่ายระบบประสาทสามารถแบ่งรูปแบบการเชื่อมโยงได้ 2 รูปแบบคือ

- Feedforward neural network ในรูปแบบนี้สัญญาณเข้าจะถูกส่งผ่านไปในทิศทางเดียว จากชั้น Input ไปยังชั้น Hidden และออกไปยังชั้น Output ดังแสดงในรูปที่ 2.11 โครงข่ายสามารถที่จะมีชั้น Hidden กี่ชั้นก็ได้ตามความเหมาะสม

- Recurrent neural network รูปแบบนี้จะมีการป้อนกลับ Output ของโครงข่ายระบบประสาทกลับไปยัง Input ของโครงข่ายระบบประสาท

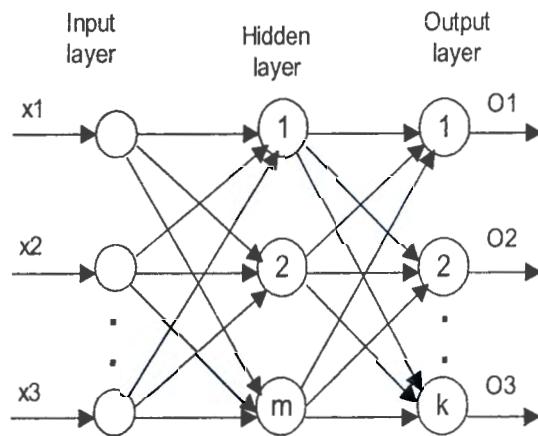
2.7.2.2 การกำหนดค่าถ่วงน้ำหนัก

โครงข่ายระบบประสาทสามารถแบ่งตามวิธีการหาค่าถ่วงน้ำหนักหรือการเรียนรู้ได้ดังนี้

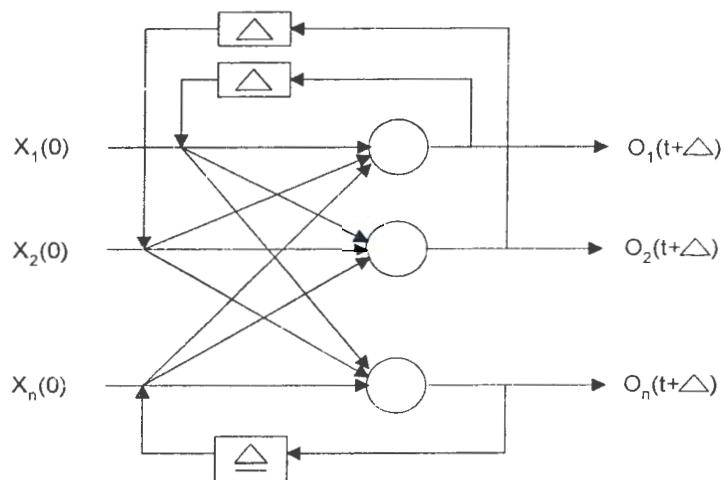
- Supervised Training เป็นการปรับค่าถ่วงน้ำหนักของโครงข่ายระบบประสาท โดยอาศัยข้อมูล 2 ส่วน คือ Input กับ Output ที่ต้องการ หรือ Training Pattern กับ Teacher output ที่ออกจากโครงข่ายระบบประสาท โดย Input จะถูกนำมาเปรียบเทียบกับ Output ที่ต้องการแล้วนำค่าความแตกต่างระหว่างค่าทั้งสองไปปรับค่าถ่วงน้ำหนักของโครงข่ายระบบประสาท เพื่อให้ Output ของโครงข่ายระบบประสาทมีค่าใกล้เคียงหรือเหมือนกับ Output ที่ต้องการ

- Unsupervised training เป็นการปรับค่าถ่วงน้ำหนักโดยอาศัยข้อมูลของ Input อย่างเดียว ไม่จำเป็นต้องมี Output ที่ต้องการ การปรับค่าถ่วงน้ำหนักจะใช้เฉพาะค่า Output จากโครงข่ายระบบประสาทเพียงอย่างเดียว การเรียนรู้แบบนี้มักจะใช้ในการจำแนกกลุ่มของ Input vector ที่เหมือนกัน

ค. Fixed - weight nets เป็นการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักสำหรับโครงข่ายระบบประสาทที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา constrained optimization โดยค่าถ่วงน้ำหนักโครงข่ายระบบประสาทจะแทน constraints และปริมาณที่ต้องการ minimize หรือ maximize



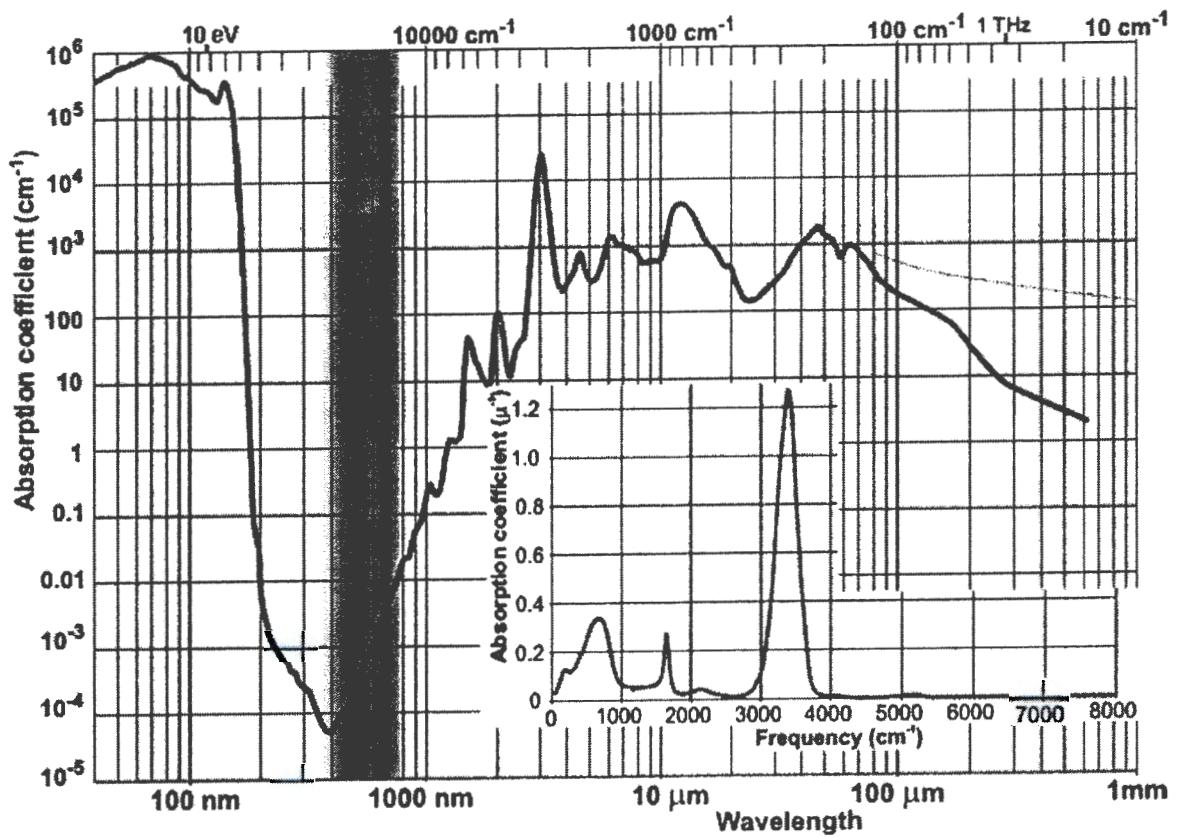
รูปที่ 2.11 การเขียนแบบ Feedforward neural network



รูปที่ 2.12 การเขียนแบบ recurrent neural network

2.8 การดูดกลืนแสงของน้ำ

รูปที่ 2.13 แสดงสเปกตรัมการดูดกลืนแสงของน้ำ จะเห็นว่า มีสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสงของน้ำมีค่าต่ำช่วงแสงที่ตามองเห็น (Visible light) และค่อย ๆ มีค่าสูงขึ้นจนถึงช่วงอินฟราเรด ดังนั้นการพิจารณาความยาวคลื่นที่สนใจจึงต้องคำนึงถึงปรากฏการณ์ดังกล่าวด้วย



รูปที่ 2.13 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของน้ำ (retrieved on 30/11/2016,

http://www1.lsbu.ac.uk/water/water_vibrational_spectrum.html#comp)

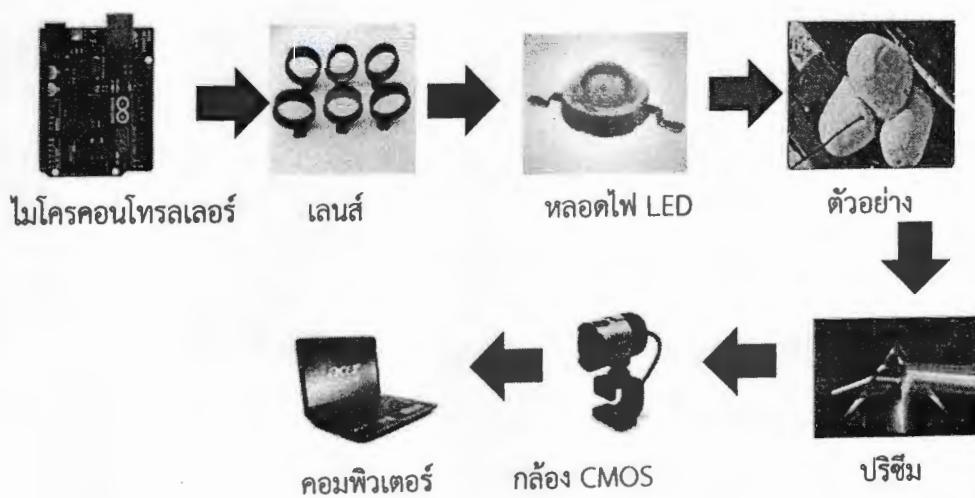
บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินการ

ในงานวิจัยนี้จะแบ่งการดำเนินการออกเป็นสองส่วนหลัก ๆ คือ การสร้างระบบวัดและการทดสอบระบบด้วยยางก้อนที่ผลิตขึ้นเอง ในส่วนแรกนี้จะเป็นกล่าวถึงการออกแบบระบบ องค์ประกอบและการทำงานโดยภาพรวมของระบบเก็บภาพถ่ายทางแสง

3.1 องค์ประกอบและการทำงานโดยภาพรวมของระบบบันทึกภาพถ่ายทางแสง

ระบบวัดที่พัฒนาขึ้นมีองค์ประกอบ 4 ส่วนคือ แหล่งกำเนิดแสง (LED) ส่วนวัดทุกด้าน ส่วนการแยกองค์ประกอบของแสงและส่วนเก็บภาพ (กล้อง Webcam) องค์ประกอบและการทำงานโดยภาพรวมของระบบแสดงดังรูป 3.1



รูปที่ 3.1 องค์ประกอบของระบบบันทึกภาพสเปคตรัม

จากรูปที่ 3.1 คือ ลำดับการทำงานของระบบเก็บภาพถ่ายสเปคตรัมทางแสง เริ่มต้นการทำงานโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการสั่งงานเปิดและปิดแหล่งกำเนิดแสง LED และใช้เลนส์ในการรวมแสงและวงร่ายให้ได้ความยาวโฟกัสก่อนที่แสงจะกระทบวัสดุทดสอบ และให้แสงที่สะท้อนผ่านวัสดุทดสอบ ผ่านแท่งแก้วปรีซีม เพื่อทำการแยกองค์ประกอบของแสง และทำการบันทึกภาพถ่ายทางแสงโดยใช้กล้อง CMOS องค์ประกอบของระบบในแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 3.2 การวางแผนระบบจิง

3.1.1 แหล่งกำเนิดแสง

ในที่นี้จะใช้หลอด LED 3W แสงขาว เป็นแหล่งกำเนิดแสง ซึ่งจะควบคุมการเปิดและปิดด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino R3 และใช้ PWM duty cycle ที่ 60% เพื่อให้ได้ระดับแรงดันที่เหมาะสมที่ 3 - 3.2 V

3.1.2 ส่วนแยกองค์ประกอบแสง

เป็นส่วนของทัศนะอุปกรณ์ เช่น เลนส์ เพื่อช่วยในการรวมแสงที่ออกมายจากแหล่งกำเนิดเพื่อให้มีความเข้มพอดี แล้วแก้วปริซึมซึ่งใช้ในการแยกองค์ประกอบของแสงให้อยู่ในรูปแบบของสีที่ความยาวคลื่นในช่วงต่าง ๆ

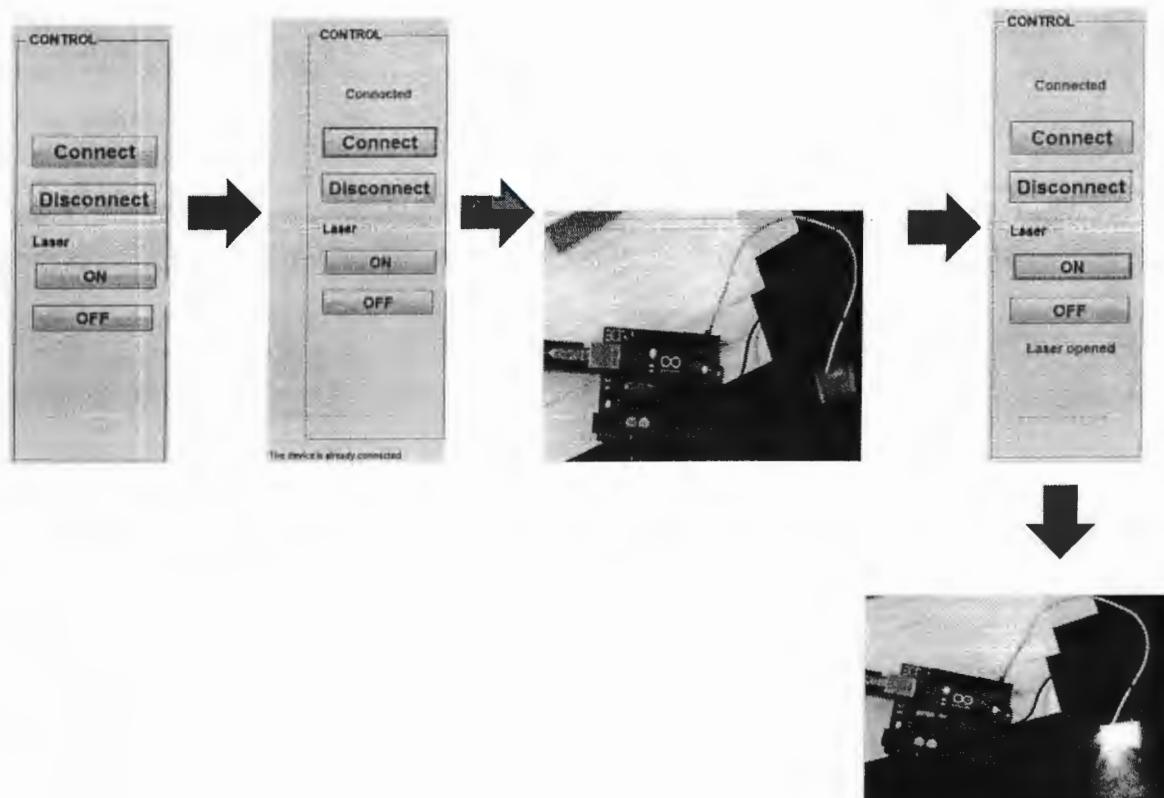
3.1.3 ส่วนการเก็บภาพถ่ายทางแสงและประมวลผล

หลังจากที่แท้จริงแก้วปริซึมทำการแยกองค์ประกอบแสงของสีต่างๆ ได้จากตอนที่แล้ว จะทำการเก็บภาพถ่ายทางแสงโดยใช้กล้อง CMOS และทำการประมวลผลโดยใช้โปรแกรม LabVIEW ซึ่งมีเครื่องมือ Vision assistance ในการแยกองค์ประกอบของสีสเปกตรัมได้

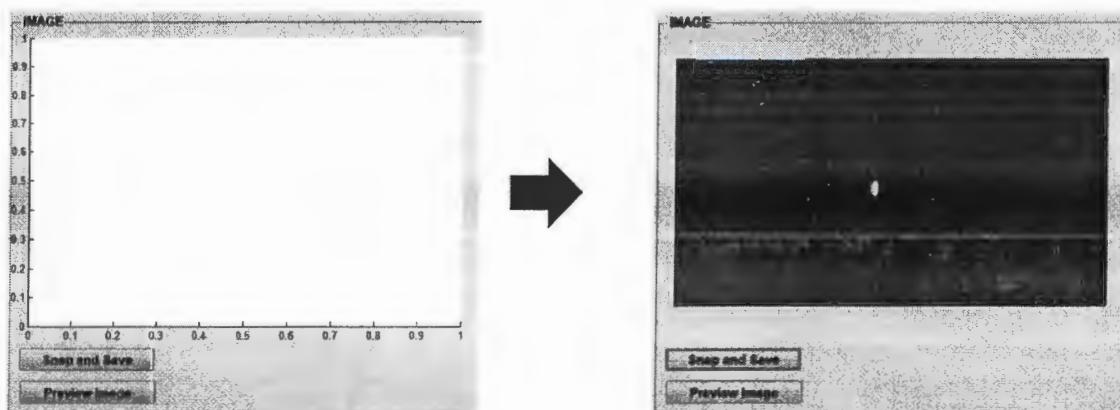
3.2 การออกแบบระบบเก็บภาพถ่ายทางแสง

3.2.1 โปรแกรมในการสั่งเปิดปิดแหล่งกำเนิดแสงและถ่ายภาพ

การเปิดปิดแหล่งกำเนิดแสงและถ่ายภาพจะควบคุมผ่านโปรแกรมที่พัฒนาด้วย Matlab GUI



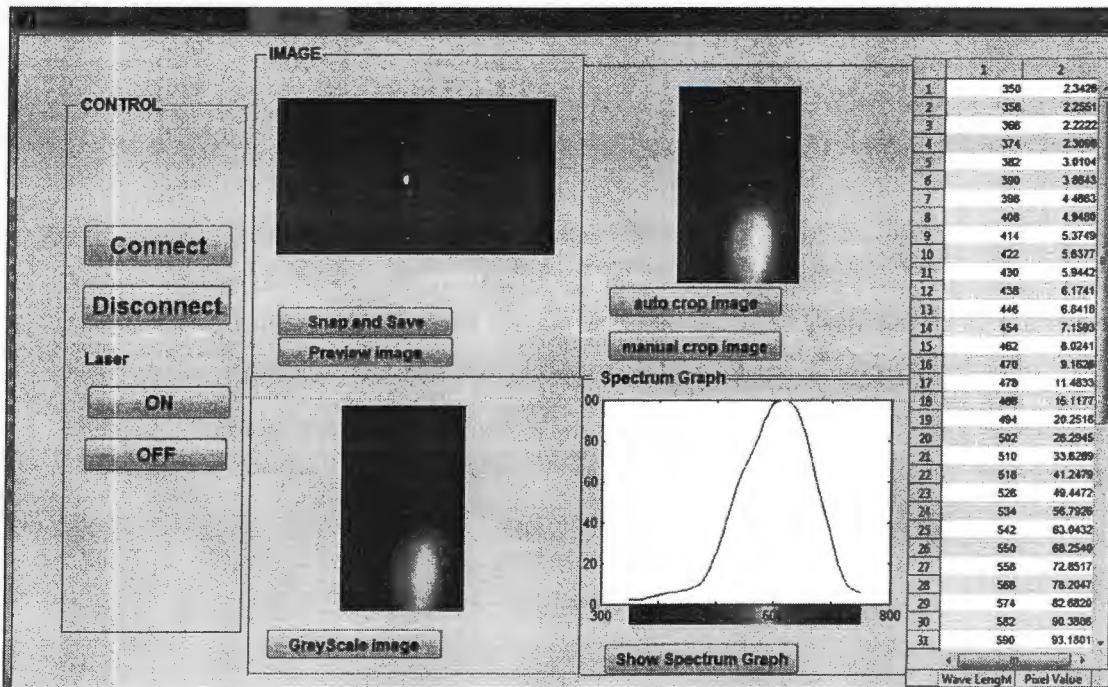
รูปที่ 3.3 โปรแกรมพัฒนาบน Matlab GUI เพื่อควบคุมการเปิด-ปิด LED



รูปที่ 3.4 โปรแกรมพัฒนาบน Matlab Gui ในการบันทึกภาพถ่ายทางแสง

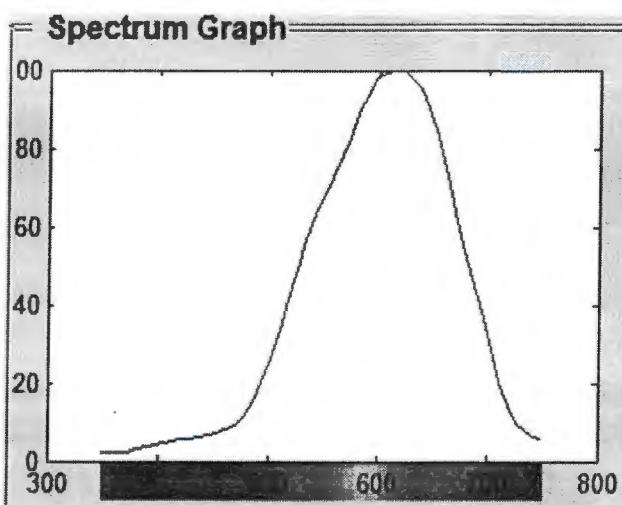
3.2.1 โปรแกรมในการวิเคราะห์ภาพถ่ายทางแสง

หลังจากที่ได้ภาพถ่ายทางแสงแล้วจะนำภาพที่ได้มาประมวลผลโดยใช้การตัดส่วนภาพสเปกตรัมจากนั้นทำการเปลี่ยนสี RGB เป็นสีเทา (Gray scale) และนำค่าความเข้มแสงของแต่ละความยาวคลื่นที่ได้มาแสดงในตารางและแสดงเป็นกราฟสเปกตรัม ดังการทำงานในภาพรวมของโปรแกรม Matlab GUI ในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 โปรแกรมแสดงผล

การประมวลผลที่ได้จะเป็นดังรูปที่ 3.6 โดยแกน X คือ ความยาวคลื่น และแกน Y คือ ค่าความเข้มแสงของแต่ละความยาวคลื่น

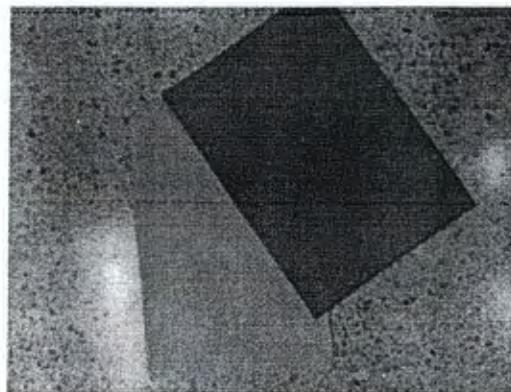


รูปที่ 3.6 สเปกตรัมของแสงกระเจิงจากตัวอย่าง

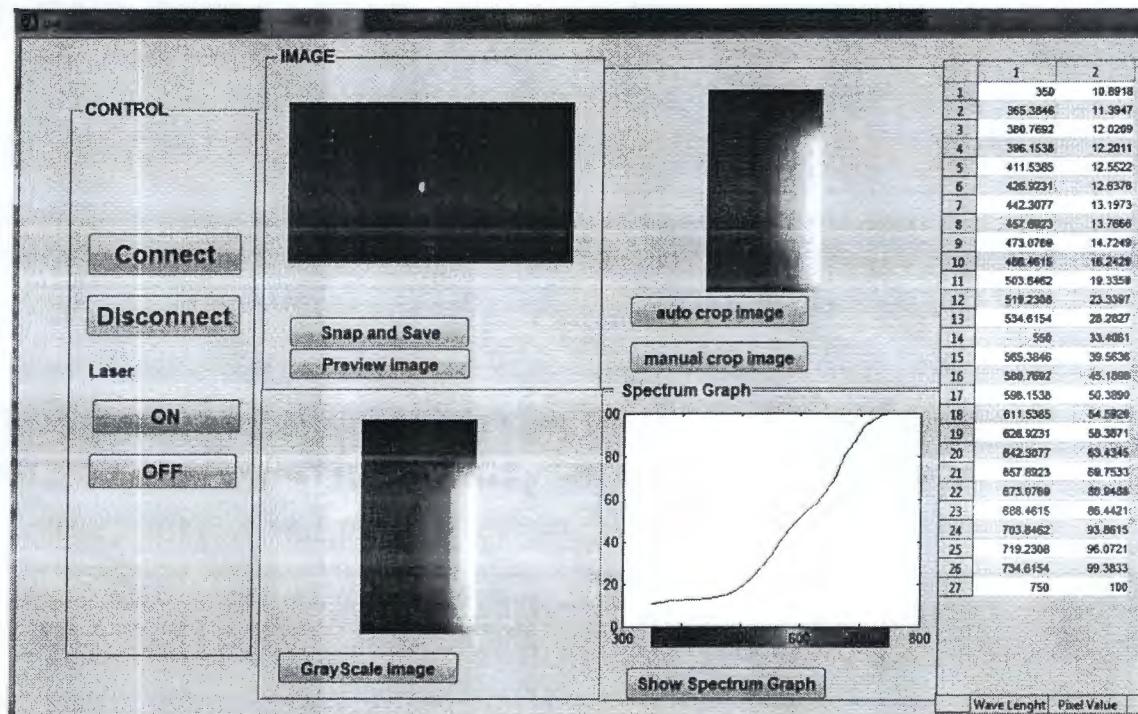
3.3 การทดสอบระบบ

ในส่วนนี้เป็นการทดสอบการวัดด้วยระบบที่พัฒนาขึ้นโดยใช้ตัวอย่างที่แตกต่างกัน

3.3.1 ตัวอย่างกระดาษสีแดง



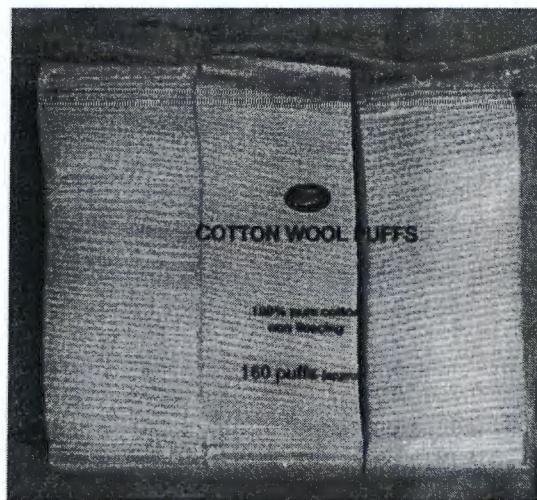
รูปที่ 3.7 กระดาษสีแดง



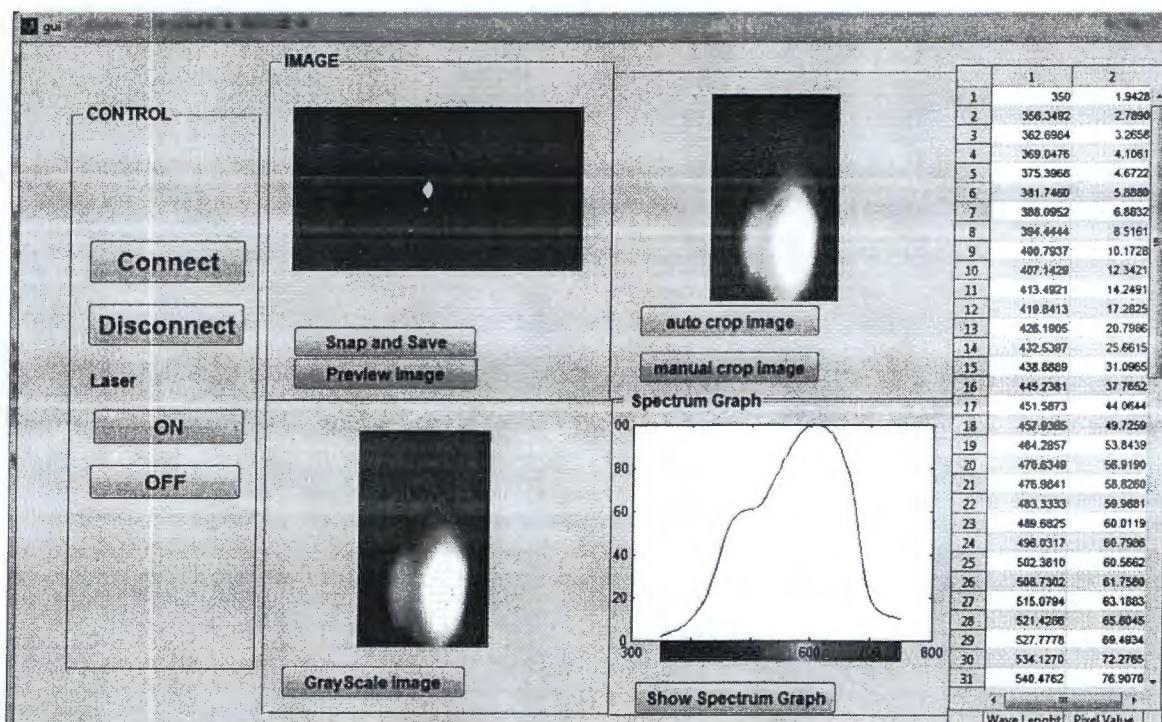
รูปที่ 3.8 ผลการประมวลภาพถ่ายทางแสงของกระดาษสีแดง

จากรูปที่ 3.8 จะสังเกตเห็นว่าスペกตรัมในช่วงสีแดงจะมีค่าสูง เนื่องจากวัสดุสีแดงจะสะท้อนแสงในช่วงความยาวคลื่นสีแดงมากและดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นอื่น ๆ

3.3.2 สำลีแห้ง



รูปที่ 3.9 สำลีแห้งที่ใช้ในการทดสอบ



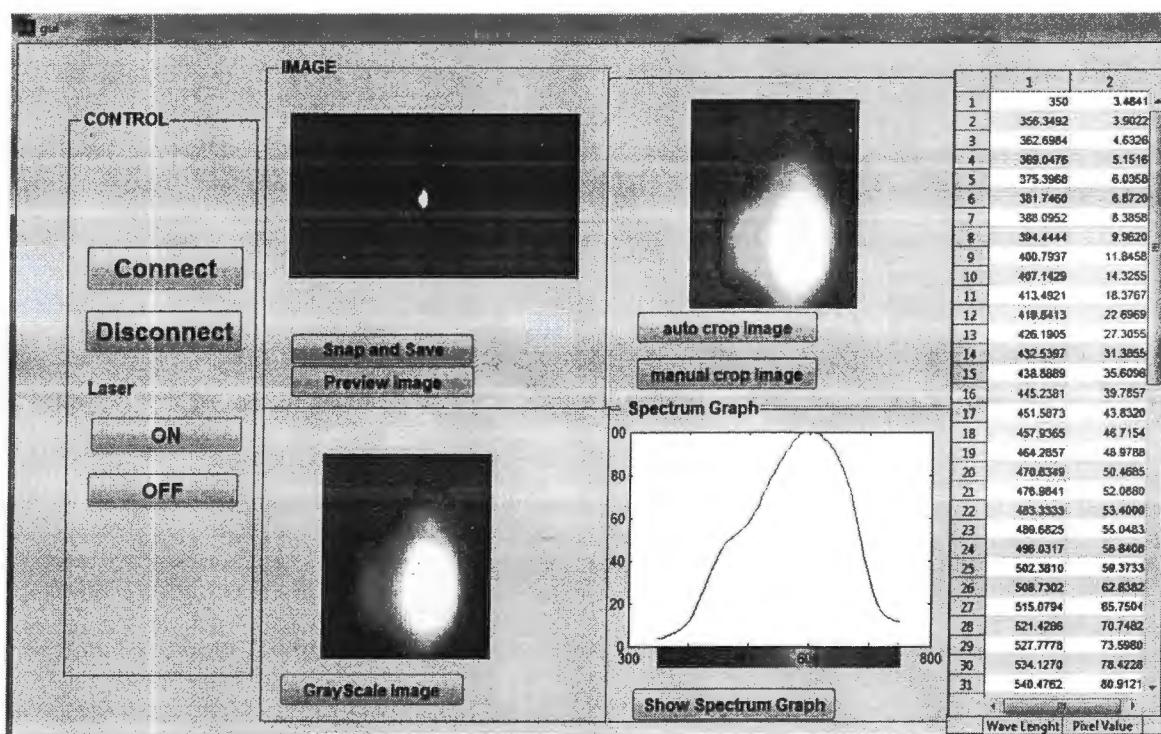
รูปที่ 3.10 ผลการประมวลภาพถ่ายทางแสงของสำลีแห้ง

จากรูปที่ 3.10 สเปกตรัมที่วัดได้จากสำลีแห้งจะประกอบไปด้วยทุกช่วงความยาวคลื่นของแสงที่มองเห็นโดยจะมีค่ายอดอยู่ที่ช่วง 600 nm

3.3.3 สำลีเปียก



รูปที่ 3.11 สำลีเปียกที่ใช้ในการทดสอบ



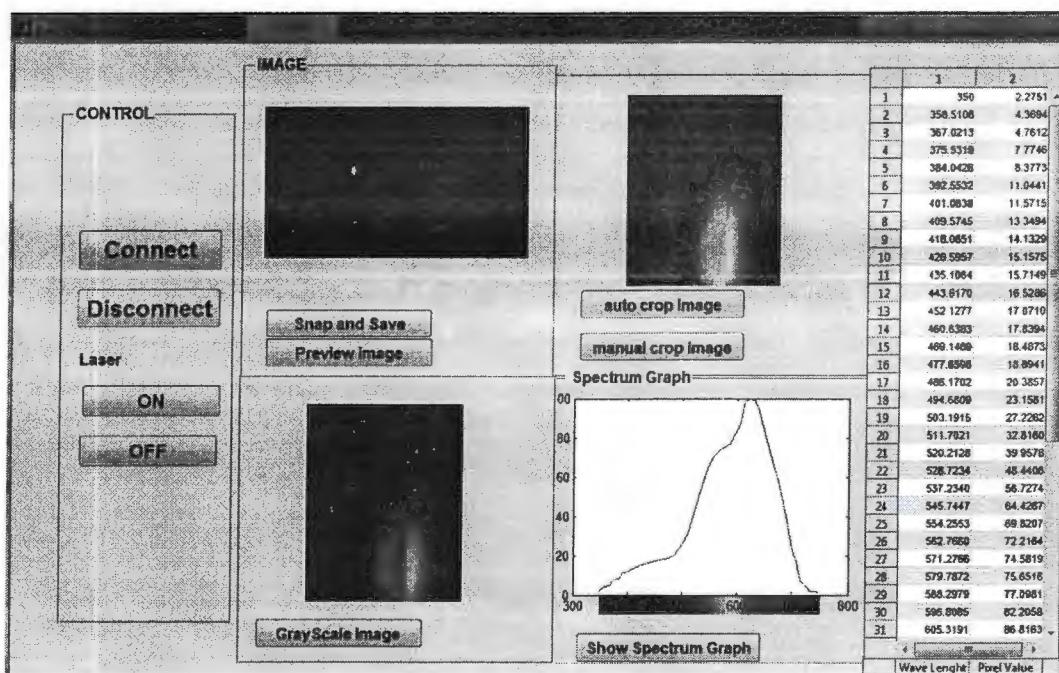
รูปที่ 3.12 ผลการประมวลผลถ่ายทางแสงของสำลีเปียก

จากการทดลองวัดสำลีแห้งและสำลีเปียกจะได้สเปกตรัมของแสงดังในรูปที่ 3.10 และ 3.12 ตามลำดับ โดยจะเห็นว่าลักษณะของสเปกตรัมมีความคล้ายคลึงกันไม่สามารถสังเกตเห็นผลของน้ำจากสเปกตรัมในช่วงความยาวคลื่นนี้

3.3.4 ยางแห้ง



รูปที่ 3.13 ยางแห้งที่ใช้ในการทดสอบ



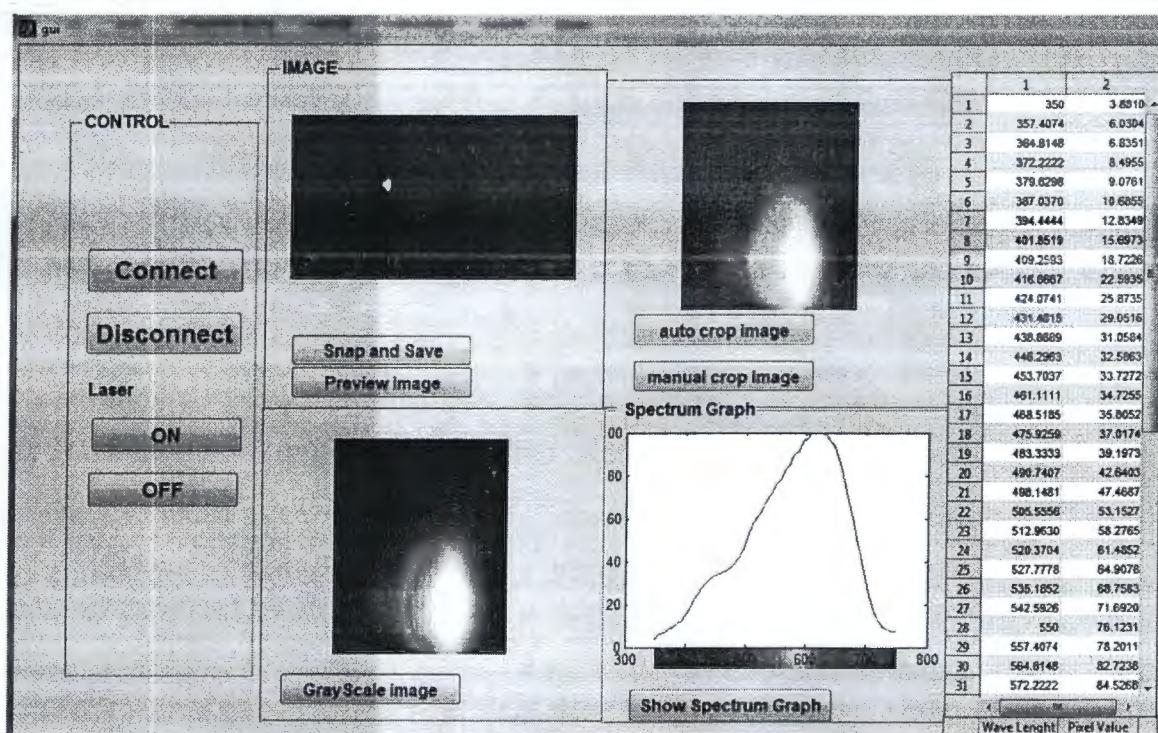
รูปที่ 3.14 ผลการประมวลภาพถ่ายทางแสงของยางแห้ง

จากรูปที่ 3.13 จะเห็นว่า yang แห้งมีสีน้ำตาลทำให้สเปกตรัมที่วัดได้ในรูปที่ 3.14 มีค่ายอดอยู่ในช่วงสีแดง

3.3.5 yang เปียก



รูปที่ 3.15 yang เปียกที่ใช้ในการทดสอบ



รูปที่ 3.16 ผลการประมวลผลถ่ายทางแสงของ yang เปียก

เมื่อเปรียบเทียบสเปกตรัมที่ได้จากการวัดยางแห้งและยางเปียกจะพบว่ามีความแตกต่างกัน ทั้งนี้จากภาพถ่ายในรูปที่ 3.13 และ 3.15 จะเห็นว่ายางแห้งและยางเปียกที่นำมาทดสอบมีสีแตกต่างกัน ซึ่งสามารถจำแนกได้ด้วยตาเปล่า จึงยังไม่สามารถกล่าวได้ว่าความแตกต่างของสเปกตรัมมีความสัมพันธ์กับความชื้นของยาง

จากการทดลองที่กล่าวมาแสดงให้เห็นการทำงานของระบบ เพื่อให้สามารถสังเกตความแตกต่างของยางก้อนที่มีความชื้นหรือคุณภาพแตกต่างกันได้ ซึ่งในขั้นตอนต่อไปจะทำการพัฒนา

3.4 การเตรียมยางก้อน

การเตรียมตัวอย่างยางก้อนดำเนินการที่ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี โดยใช้น้ำยางสด (%DRC ประมาณ 45%) เทลงบนถาดพลาสติกกลมฐาน Ø 40 mL จากนั้นค่อยๆ เติมกรดฟอร์มิกเข้มข้น 0.2 % ใส่ประมาณ 0.4% ต่อบริมาณเนื้อยางแห้ง ผสมให้เข้ากัน และทิ้งไว้ให้ยางจับตัวสมบูรณ์ ประมาณ 30 นาที โดยเตรียมตัวอย่างทั้งหมด 170 ตัวอย่าง นำมาผึ่งไว้ที่อุณหภูมิห้อง ดังรูป 3.17 แสดงตัวอย่างยางก้อนที่เตรียมในถาดพลาสติกกลม จากนั้นหลังจากที่ยางก้อนจับตัวแล้วจะทำการแกะยางก้อนออก จากถาดพลาสติกและวางไว้ในอุณหภูมิห้อง เนื่องจากความชื้นของยางก้อนจะลดลงเมื่อระยะเวลาผ่านไป ดังนั้นเพื่อให้ได้ตัวอย่างยางก้อนที่มีระดับความชื้นแตกต่าง ๆ กัน การทดลองจะใช้ระยะเวลา 10 วัน โดยแต่ละวันจะใช้ตัวอย่างยางก้อน 17 ตัวอย่าง เนื่องจากตัวอย่างทั้งหมดถูกเตรียมพร้อมกันตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง ก่อนจะมีความชื้นสูงกว่าตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองวันถัดไป



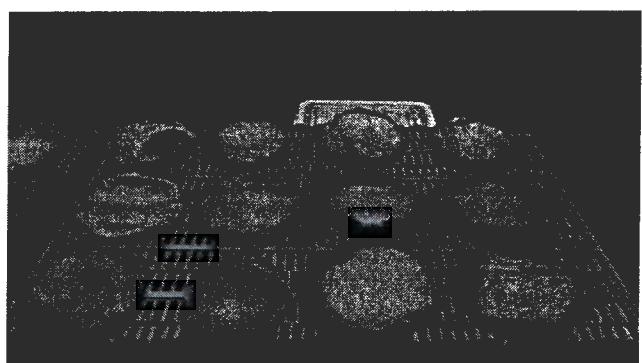
รูปที่ 3.17 ตัวอย่างยางก้อนที่เตรียมในวันแรก

เพื่อความสะดวกจึงทำการกำหนดชื่อกลุ่มตัวอย่างยางก้อนของแต่ละวันคือ Day0, Day1, Day2, Day3, Day4, Day5, Day6, Day7, Day8, และ Day9 ตามลำดับ โดย Day0 หมายถึงตัวอย่างในวันแรกที่

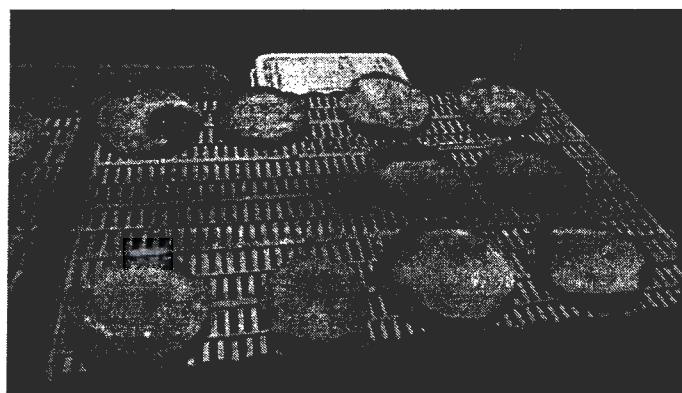
เตรียมตัวอย่าง และ Day9 หมายถึง ตัวอย่างที่วางไว้ในอุณหภูมิห้องเมื่อเวลาผ่านไป 9 วัน รูปที่ 3.18 แสดงตัวอย่างยางก้อน เมื่อเวลาผ่านไป 1 วัน (Day1) 3 วัน (Day3) และ 4 วัน (Day4)



(ก)



(خ)



(ค)

รูปที่ 3.18 ตัวอย่างยางก้อนที่วางไว้ใน อุณหภูมิห้อง (ก) เมื่อเวลาผ่านไป 1 วัน (Day1) (خ) เมื่อเวลาผ่านไป 3 วัน (Day3) (ค) เมื่อเวลาผ่านไป 4 วัน (Day4)

ตัวอย่างแต่ละชิ้นจะถูกแบ่งออกเป็นสามส่วน ส่วนที่ 1 สำหรับการวัดความชื้นซึ่งจะกล่าวถึงในหัวข้อ ถัดไป ส่วนที่ 2 สำหรับการวัดคุณสมบัติทางไฟฟ้า (รายละเอียดไม่รวมอยู่ในรายงานฉบับนี้) ส่วนที่ 3 สำหรับ

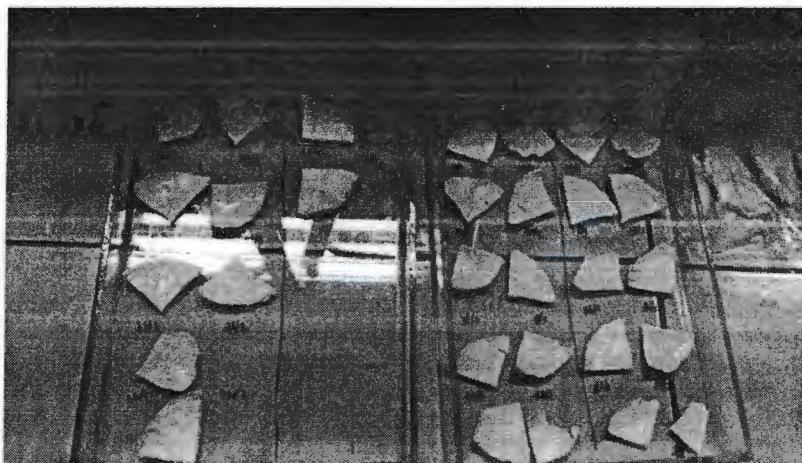
การวัดทางแสง โดยจะแยกย่อออกเป็นสองการทดลองคือ การวัดด้วยเครื่องสเปกโตรมิเตอร์ (หัวข้อ 3.6.1) และ การวัดด้วยระบบที่พัฒนาขึ้น (หัวข้อ 3.6.2)

3.5 การวัดความชื้น

ตัวอย่างยางก้อนจะแต่ละตัวอย่างจะถูกกำหนดชื่อ เพื่อใช้ในการอ้างอิงผลการทดลองของแต่ละวิธีได้ ดังรูปที่ 3.19 ใน การวัดความชื้นตัวอย่างแต่ละชิ้นจะถูกสไลด์บาง โดยทำการซึ่งน้ำหนักก่อนและหลังการอบ แล้วคำนวณหาปริมาณน้ำที่หายไปจากยางก้อน ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. นำตัวอย่างยางมาซึ่งน้ำหนัก บันทึกผล
2. ตัดตัวอย่างยางให้บางโดยมีความหนาประมาณ 2 มิลลิเมตร
3. นำไปอบที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง
4. ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูความชื้น
5. ซึ่งน้ำหนักตัวอย่างยางหลังอบ บันทึกผล
6. คำนวณค่าความชื้นของยางตามสูตรการคำนวณ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ค่าความชื้น (\% Moisture content)} = \frac{\text{น้ำหนักเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักหลังอบ}}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100$$



รูปที่ 3.19 ส่วนของยางก้อนสำหรับวัดความชื้น

3.6 การวัดสเปกตรัมแสงของยางก้อน

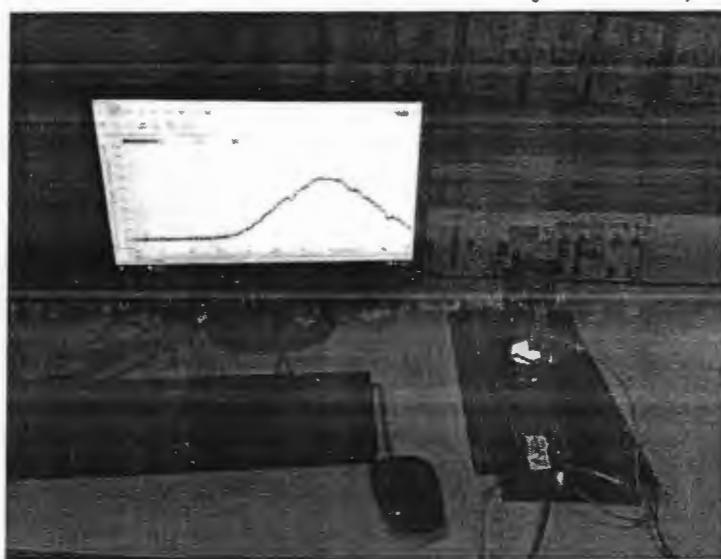
ส่วนหนึ่งของตัวอย่างแต่ละชิ้นดังรูปที่ 3.20 จะถูกนำมาวัดด้วยวิธีเชิงแสง 2 วิธี



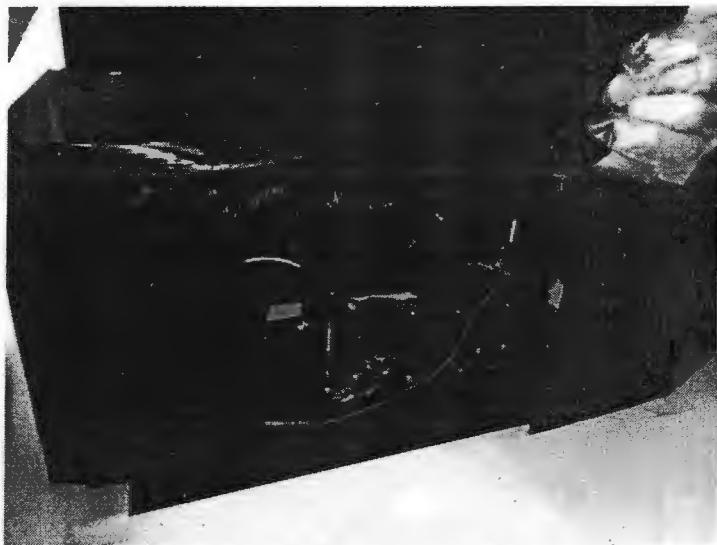
รูปที่ 3.20 ตัวอย่างที่นำมาวัดด้วยวิธีเชิงแสง

3.6.1 การวัดสเปกตรัมด้วยสเปคโตรมิเตอร์ (Spectrometer)

ระบบทดลองแสดงดังรูปที่ 3.21 ประกอบด้วยแหล่งกำเนิดแสงซึ่งใช้หลอด Quartz Tungsten-Halogen ที่มีความยาวคลื่นในช่วง 400 – 2200 nm และมี Spectrometer (CCS200/M, Thorlabs, USA) ตอบสนองต่อความยาวคลื่นช่วง 200 – 1000 nm โดยรับแสงสะท้อนจากตัวอย่างผ่านโคไซน์คอลเลคเตอร์ (Cosine corrector) ที่ต่อ กับใยแก้วนำแสง (Fiber optics) การบันทึกและแสดงผลทำได้โดยโปรแกรม Optical Spectrum Analyzer เวอร์ชัน 2.70 พัฒนาโดย Thorlabs ขณะที่ทำการวัดจะทำให้ระบบปิดเพื่อป้องกันแสงรบกวนจากการพนอก และกำหนดตำแหน่งของตัวอย่างให้อยู่ตำแหน่งเดิมทุกครั้งดังรูปที่ 3.22



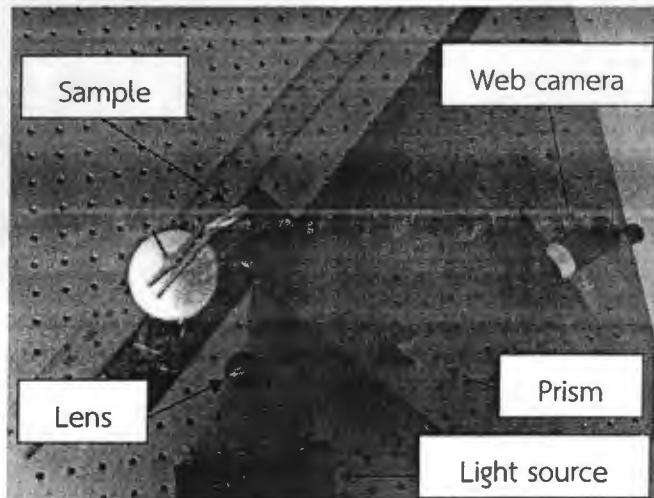
รูปที่ 3.21 การทดลองวัดด้วย Spectrometer



รูปที่ 3.22 การทดลองทำในระบบปิด โดยมีเครื่องหมายสามเหลี่ยมแสดงตำแหน่งสำหรับวงตัวอย่าง

3.6.2 การถ่ายภาพสเปกตรัมแสงด้วยระบบที่พัฒนาขึ้น

องค์ประกอบของระบบสำหรับการถ่ายภาพสเปกตรัมของตัวอย่างยางก้อนมีรายละเอียดดังรูปที่ 3.23 และมีขั้นตอนการทำงานดังที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 3.1 โดยทำการบันทึกภาพสเปกตรัมตัวอย่างแต่ละชิ้น 10 ชิ้น แสงจากแหล่งกำเนิดแสงจะเดินทางผ่านเลนส์ไปสู่ยางก้อนดังรูปที่ 3.24 แสงที่สะท้อนจากตัวอย่างยางก้อนจะกระเจิงผ่านปริซึมเกิดสเปกตรัมของแสงที่ถูกบันทึกโดยกล้อง CMOS เช่นเดียวกับการทำลองข้างต้น การบันทึกภาพจะดำเนินการในระบบปิดดังรูปที่ 3.25



รูปที่ 3.23 ตำแหน่งของอุปกรณ์ในระบบถ่ายภาพ



รูปที่ 3.24 แสงจากแหล่งกำเนิดแสงชนิด LED เดินทางผ่านเลนส์แล้วกระทบตัวอย่าง



รูปที่ 3.25 การทดลองทำในระบบปิด (ก) นำตัวอย่างเข้าระบบวัด (ข) ขณะทำการวัด

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการวัดความชื้นของตัวอย่างยางก้อน สเปคตรัมด้วยสเปคโตรมิเตอร์และ สเปคตรัมที่ได้จากระบบวัดที่พัฒนาขึ้น และทำการจำแนกตัวอย่างยางก้อนโดยอาศัยโครงข่ายประสาทเทียม

4.1 ความชื้นของยางก้อน

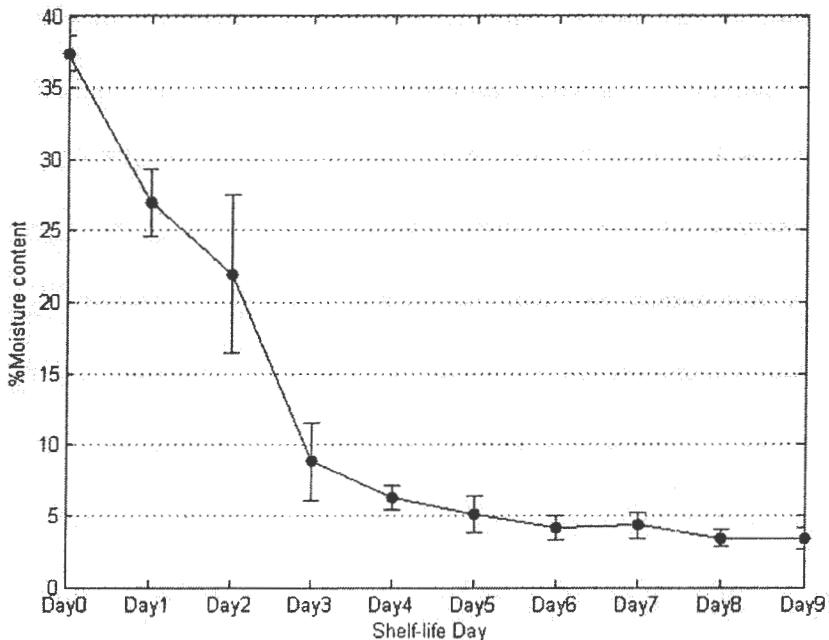
ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเปอร์เซ็นต์ความชื้นของตัวอย่างยางก้อนแต่ละกลุ่มซึ่งมีกลุ่มละ 17 ตัวอย่างแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเปอร์เซ็นต์ความชื้นของยางก้อนแต่ละกลุ่ม ($\text{mean} \pm \text{s.d.}$, N=17)

Sample group	%Moisture content
Day0	37.39 ± 1.24
Day1	26.95 ± 2.38
Day2	21.97 ± 5.53
Day3	8.82 ± 2.73
Day4	6.26 ± 0.89
Day5	5.08 ± 1.29
Day6	4.18 ± 0.86
Day7	4.30 ± 0.93
Day8	3.41 ± 0.60
Day9	3.36 ± 0.73

เมื่อนำข้อมูลจากตารางที่ 4.1 แสดงด้วยกราฟจะได้ดังรูปที่ 4.1 ซึ่งจะเห็นว่าความชื้นของยางก้อน (% Moisture content) จะลดลงตามเวลา โดยมีการเปลี่ยนแปลงมาในช่วงวันแรก ๆ และค่อย ๆ เข้าสู่ระดับคงที่ ในช่วงวันท้าย ๆ จากกราฟสามารถแบ่งช่วงเปอร์เซ็นต์ความชื้นได้เป็นสามกลุ่ม ได้แก่

กลุ่ม 1	%ความชื้น > 10%	อยู่ในช่วง	Day0-Day2
กลุ่ม 2	5% < %ความชื้น < 10%	อยู่ในช่วง	Day3-Day5
กลุ่ม 3	%ความชื้น < 5%	อยู่ในช่วง	Day6-Day9



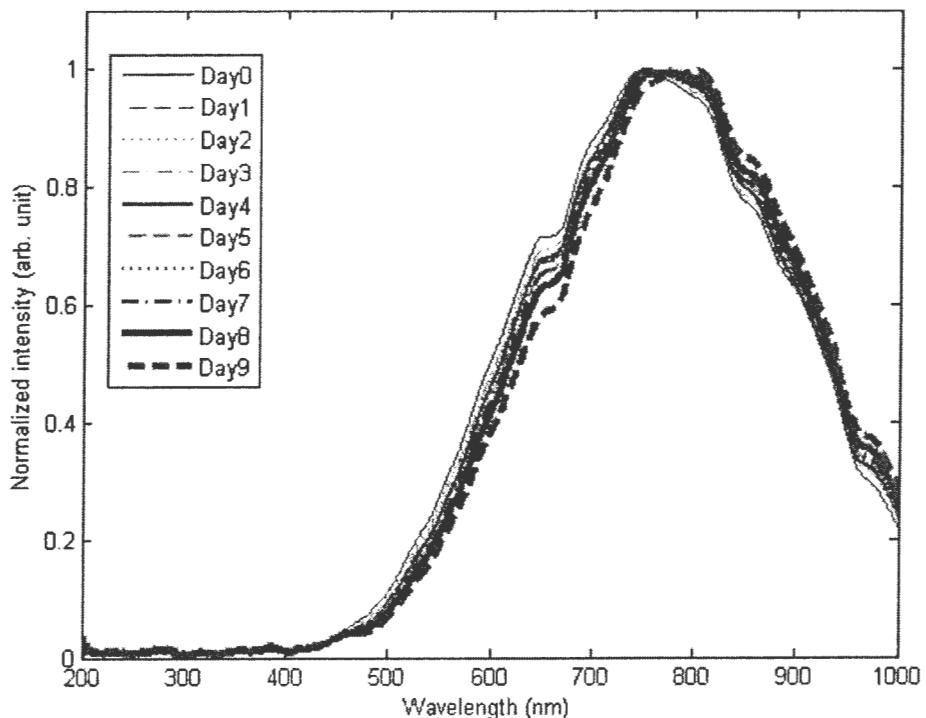
รูปที่ 4.1 ค่าความชื้นของตัวอย่างยางก้อนในช่วง 10 วัน

4.2 สเปกตรัมของยางก้อนด้วย Spectrometer

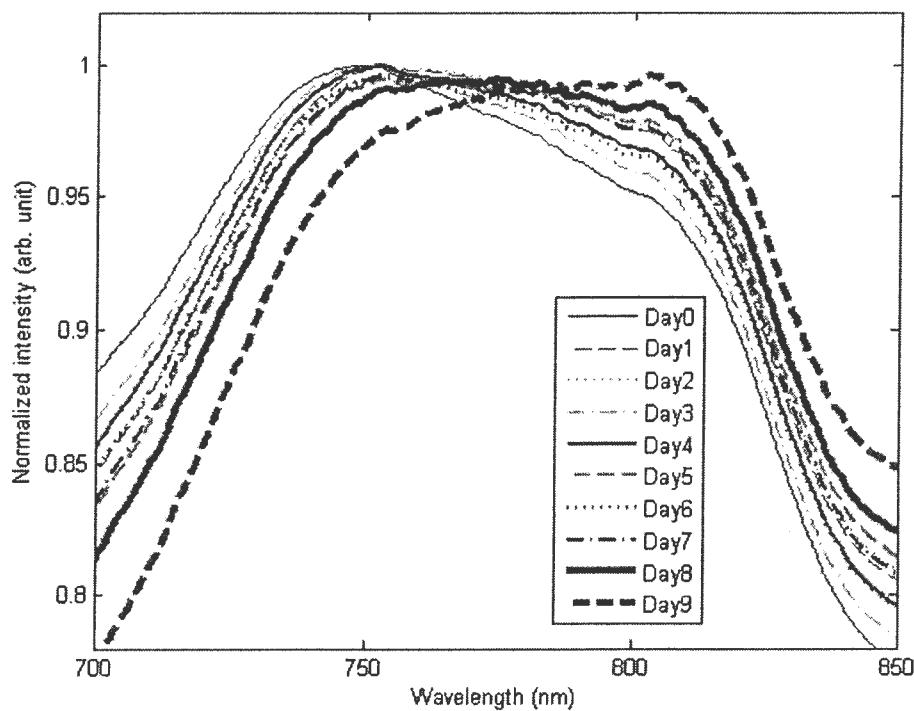
4.2.1 การเลือกลักษณะสำคัญ (Feature selection)

สเปกตรัมของตัวอย่างยางก้อนแต่ละชิ้นจะถูกทำการปรับฐาน (Normalization) ด้วยการหารด้วยค่ายอดของสเปกตรัมนั้น จากนั้นสเปกตรัมที่ปรับฐานแล้วจะถูกนำมาหาค่าเฉลี่ยของกลุ่ม รูปที่ 4.2 แสดงสเปกตรัมเฉลี่ยของยางก้อนของแต่ละกลุ่มในช่วงความยาวคลื่น 200 - 1000 nm ซึ่งจะสังเกตเห็นการเลื่อนของเส้นสเปกตรัมโดยเฉพาะบริเวณค่ายอด ดังนั้นจึงเลือกพิจารณาช่วงความยาวคลื่น 700 – 850 nm ดังแสดงในรูปที่ 4.3

จากรูปที่ 4.3 จากราฟจะสังเกตเห็นการเลื่อนของทำแหน่งยอดของกราฟไปทางขวาจากกลุ่ม Day0 ไป Day9 แต่อย่างไรก็ตามแนวโน้มยังไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกันตลอด กล่าวคือ สเปกตรัม Day2 สลับลำดับ กับสเปกตรัมของ Day3 ในขณะที่มีการหักซ้อนกันระหว่างสเปกตรัมของ Day 5 Day6 และ Day7 ดังนั้นการ เลื่อนของค่ายอดในช่วงความยาวคลื่นนี้จึงไม่ใช้ลักษณะที่เหมาะสมในการจำแนกกลุ่มตัวอย่าง

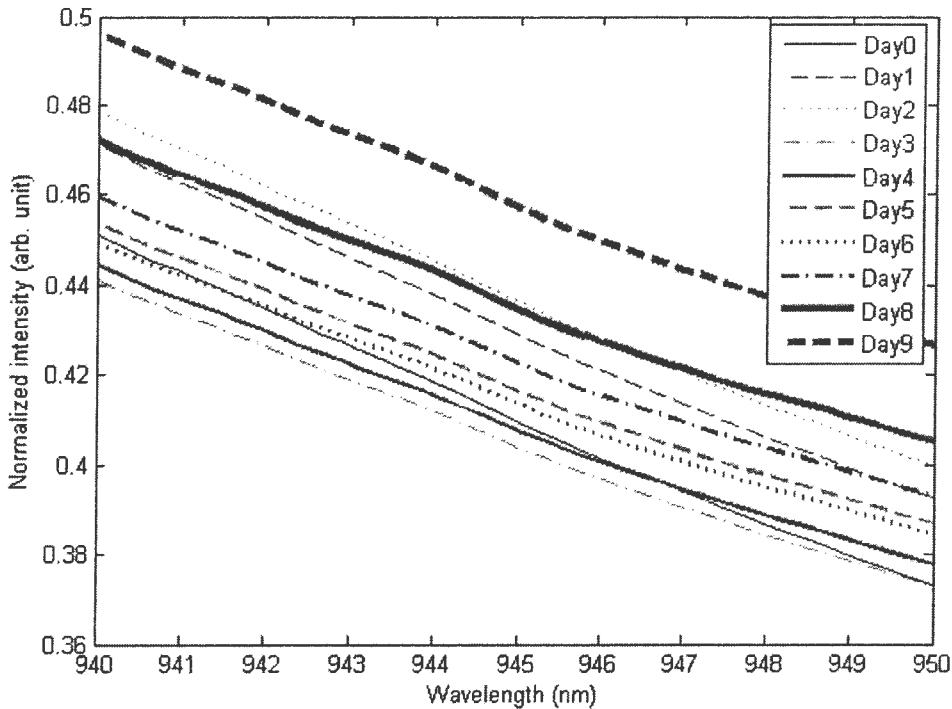


รูปที่ 4.2 สเปกตรัมของยางก้อนวัดด้วย Spectrometer ช่วงความยาวคลื่น 200 – 1000 nm



รูปที่ 4.3 สเปกตรัมของยางก้อนวัดด้วย Spectrometer ช่วงความยาวคลื่น 700 – 850 nm

พิจารณารูปที่ 4.2 จะเห็นว่าการตอบสนองของแสงในช่วงความยาวคลื่น 200 – 500 nm มีน้อย เมื่อพิจารณาช่วงความยาวคลื่น 500 – 750 nm พบร่วมกับการพิจารณาขนาดของสเปกตรัมไม่สอดคล้องกับลำดับของกลุ่มตัวอย่าง แต่หากพิจารณาอัตราการเปลี่ยนแปลงหรือความชันของกราฟในช่วงความยาวคลื่น 940 – 950 nm ดังแสดงในรูปที่ 4.4 จะได้ความชันดังตารางที่ 4.2 ซึ่งจะสังเกตเห็นว่าสามารถแบ่งกลุ่ม Day0-Day2 ออกจากหนึ่งกลุ่ม โดยลำดับของ Day2 และ Day3 ไม่สลับกัน แต่ลำดับของความชันไม่สอดคล้องกับลำดับของ Day 4 – Day9



รูปที่ 4.4 สเปกตรัมของยางก้อนวัดด้วย Spectrometer ช่วงความยาวคลื่น 940 – 950 nm

ตารางที่ 4.2 ความชันของเส้นสเปคตรัมในช่วงความยาวคลื่น 940 – 950 nm

Sample	Day0	Day1	Day2	Day3	Day4	Day5	Day6	Day7	Day8	Day9
Slope ($\times 10^{-3}$)	-7.96	-8.00	-8.05	-6.93	-6.77	-6.76	-6.58	-6.75	-6.77	-7.07

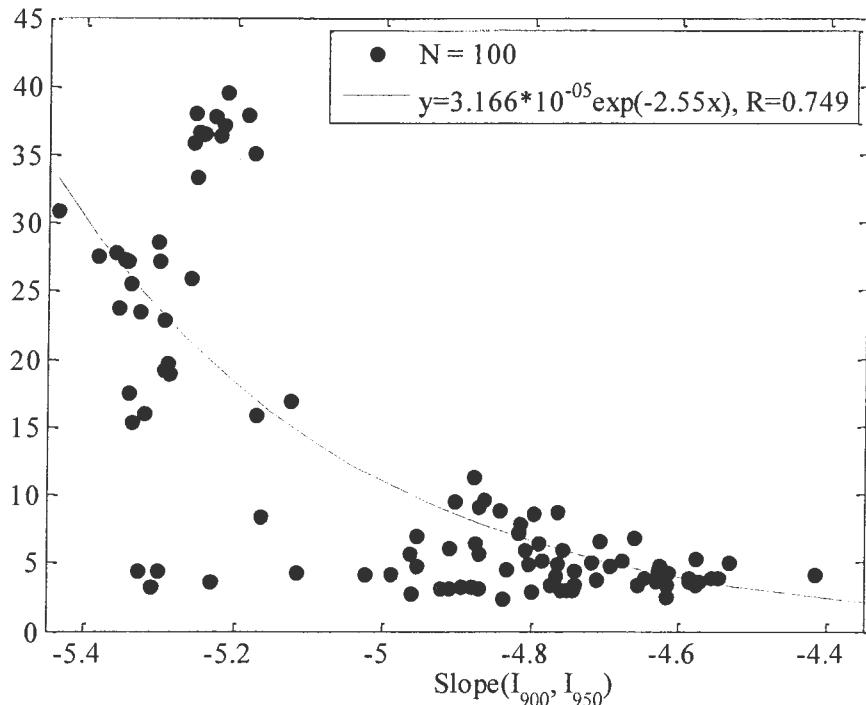
จากที่กล่าวมาจะเห็นว่าการใช้ลักษณะสำคัญข้างต้นมีความเป็นไปได้ที่จะบ่งชี้หรือจำแนกความชันของยางก้อนได้ ซึ่งผลการทดลองจะแสดงในหัวข้อถัดไป

4.2.2 ผลการจำแนก

ตัวอย่างทั้งหมด 170 ตัวอย่าง ถูกแบ่งแบบสุ่มออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกจำนวน 100 ตัวอย่างสำหรับการหาความสัมพันธ์ของลักษณะสำคัญกับความชัน และกลุ่มที่ 2 จำนวน 70 ตัวอย่างสำหรับทดสอบสมการความสัมพันธ์ที่ได้

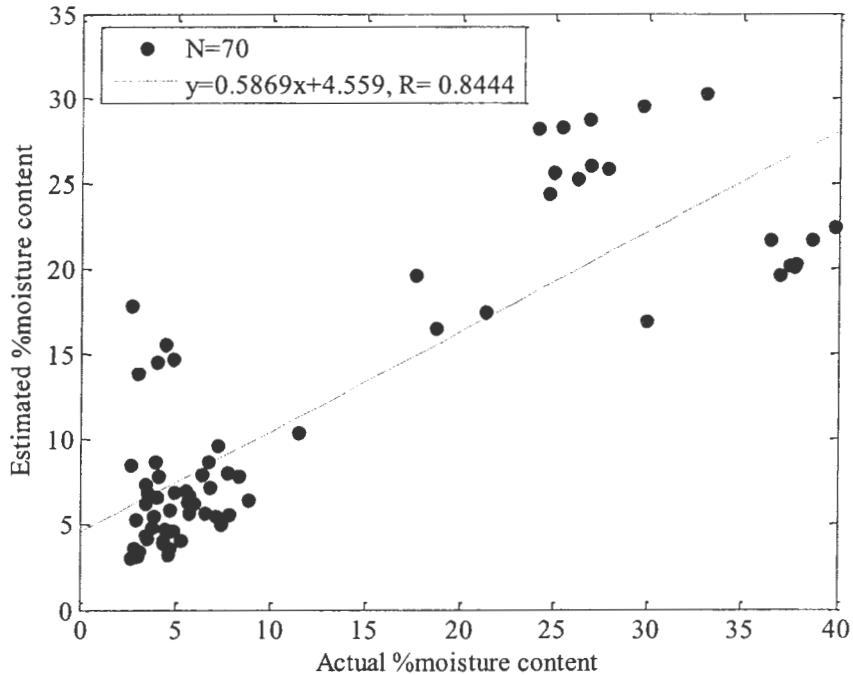
จากที่กล่าวมาเมื่อทำการเลือกลักษณะสำคัญของสเปคตรัมโดยใช้การเปลี่ยนแปลงหรือความชันของสเปคตรัมในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ จากสเปคตรัมในรูปที่ 4.2 พบร่วมกับความชันของสเปคตรัมในช่วงความยาวคลื่น 900 nm – 950 nm กับความชันของยางก้อนของแต่ละตัวอย่างมีความสัมพันธ์ดังสมการดังอย่าง

ເວັກໂປແນເຊີຍລັດງຽບທີ່ 4.5 ແມ່ຈະມີຄ່າສັນປະສິບຮັບສັນພັນຮ່ວມຂ້າງສູງ ($R = 0.749$) ແຕ່ອ່າງໄຮກ໌ຕາມຈະເໜີວ່າຂໍ້ມູນມີການຮະຈາຍຕົວຄ່ອນຂ້າງສູງໂດຍຈະເພາະກຸມຕົວອ່າງທີ່ມີຄວາມຂື້ນສູງ



ຮູບທີ່ 4.5 ຄວາມສັນພັນຮ່ວມຂ້າງສູງຂອງສປັກຕົວຮັບສັນພັນຮ່ວມໃນຂ່າງສູງຢາວຄືນ 900 nm – 950 nm ກັບຄວາມຂື້ນ
ຂອງຍາງກ້ອນຂອງແຕ່ລະຕົວອ່າງ

ເນື່ອທຳກາຣທດສອບສາມາດຮັບສັນພັນຮ່ວມຈາກຮູບທີ່ 4.5 ດ້ວຍຂໍ້ມູນກຸມທີ່ສອງຈະໄດ້ຜົດກາຣທດສອບດັ່ງຮູບທີ່ 4.6 ຈະເໜີວ່າຄ່າຄວາມຂື້ນທີ່ຫາໄດ້ຈາກສາມາດຮັບສັນພັນຮ່ວມໄວ້ໄນ້ມີແນວໂນມປັບປຸງແປງສອດຄລ້ອງກັບຄ່າຄວາມຂື້ນຈິງ ໂດຍສັງເກົດພວກເຮົາສາມາດຮັບສັນພັນຮ່ວມໄວ້ໄນ້ສາມາດນຳນາມໄຟໃນກາຣແປ່ງກຸມຍາງກ້ອນຕາມຮະດັບຄວາມຂື້ນໄດ້ ແຕ່ເນື່ອງຈາກຜົດກາຣວິເຄຣະທີ່ມີການຮະຈາຍຕົວຄ່ອນຂ້າງສູງ ກາຣນຳສາມາດຮັບສັນພັນຮ່ວມໄວ້ໄນ້ສາມາດນຳນາມໄຟໃນກາຣປະນາມຄ່າຄວາມຂື້ນຈຶ່ງມີຄວາມຄລາດເຄລື່ອນສູງ ໂດຍມີຮ້ອຍລະຄວາມຄລາດເຄລື່ອນເຄລື່ອຍເທົ່າກັບ 27.9%



รูปที่ 4.6 ค่าความชื้นจริงและค่าความชื้นที่ได้จากการประมาณของแต่ละตัวอย่างด้วยสมการในรูปที่ 4.5

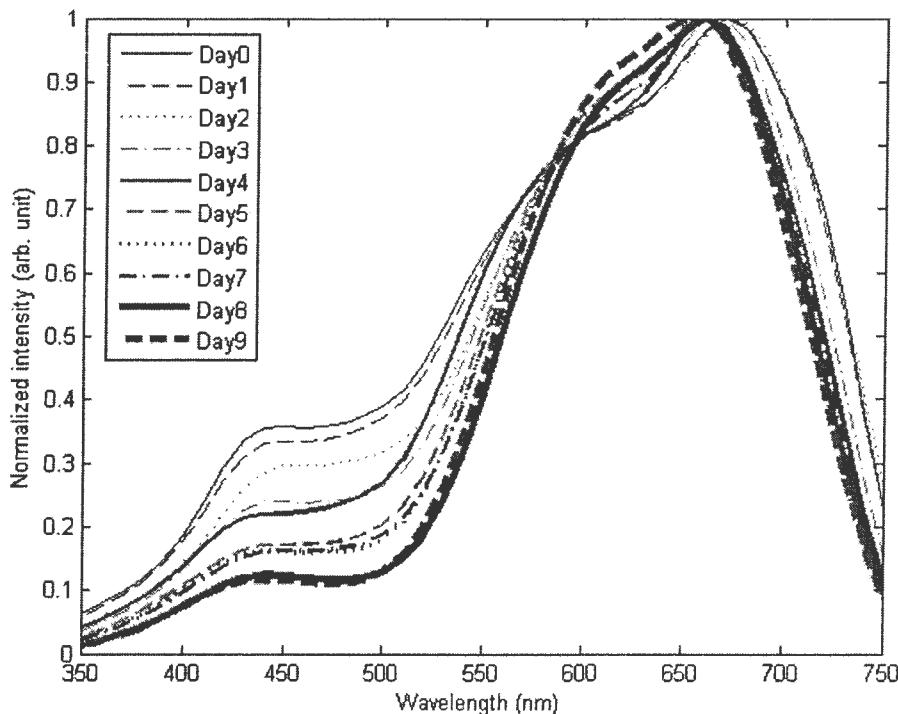
4.3 สเปกตรัมของยางก้อนจากภาพถ่ายสเปกตรัม

4.3.1 การเลือกลักษณะสำคัญ

สเปกตรัมของตัวอย่างยางก้อนแต่ละชิ้นจะถูกทำการปรับฐาน (Normalization) ด้วยการหารด้วยค่ายอดของสเปกตรัมนั้น จนน้ำสเปกตรัมที่ปรับฐานแล้วจะถูกนำมาหาค่าเฉลี่ยของกลุ่ม รูปที่ 4.5 แสดงสเปกตรัมเฉลี่ยของยางก้อนของแต่ละกลุ่มในช่วงความยาวคลื่น 350 - 750 nm เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับรูปที่ 4.2 จะเห็นว่าสเปกตรัมทั้งสองรูปสอดคล้องกัน สังเกตroyหยักในรูปที่ 4.2 บริเวณความยาวคลื่น 650 nm เปรียบเสมือนค่ายอดของสเปกตรัมในรูปที่ 4.7 เพียงแต่เหล่งกำเนิดแสงและกล้องเว็บแคมที่ใช้ในการทดลองนี้ช่วงความยาวคลื่นแคบกว่าการทดลองโดยสเปคโตรมิเตอร์

จากรูปที่ 4.7 นี้จะสังเกตเห็นการเลื่อนของเส้นสเปกตรัมซึ่นเดียวกับผลการทดลองข้างต้น แต่เนื่องจากช่วงความยาวคลื่น 400 - 700 nm เป็นช่วงที่ตามองเห็นดั้งน้ำสเปกตรัมที่วัดได้อาจจะได้รับผลกระทบจากสีที่เปลี่ยนไปของยางก้อนด้วย ซึ่งการเปลี่ยนสีของยางก้อนจากสีขาวเป็นสีน้ำตาลซึ่งจะมีความเข้มมากขึ้นตามระยะเวลาที่การเก็บและแปรผันกับความชื้น แต่อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงของ

สเปกตรัมช่วงความยาวคลื่น 400 – 500 nm มีความลักษณะแตกต่างจากสเปกตรัมที่ได้จากการวัดด้วยสเปกโตรมิเตอร์ ดังนั้นจึงเลือกใช้ลักษณะสำคัญในช่วงความยาวคลื่นนี้

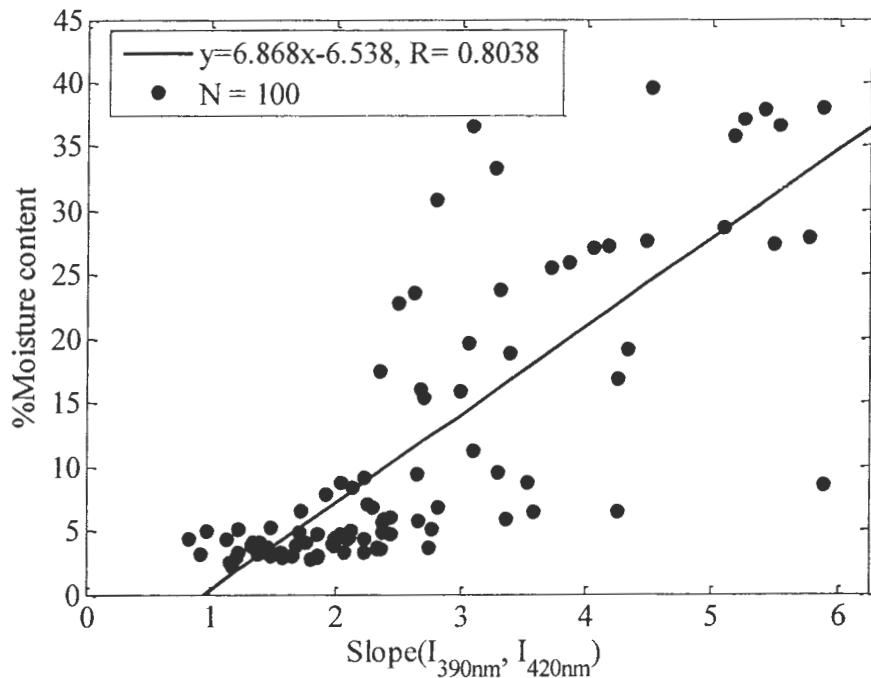


รูปที่ 4.7 สเปกตรัมของยางก้อนจากระบบที่พัฒนาขึ้นช่วงความยาวคลื่น 350 – 750 nm

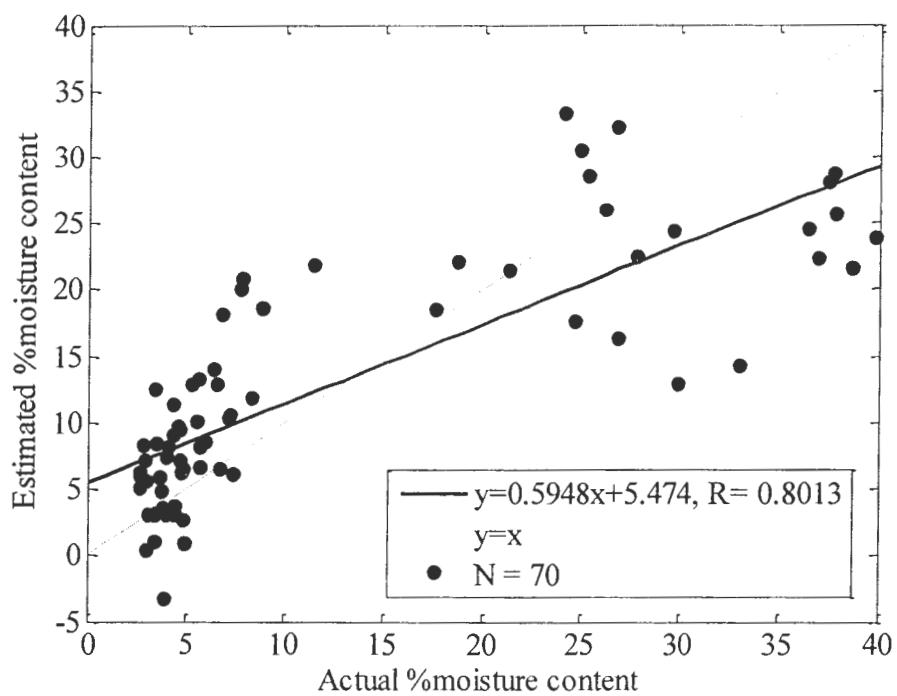
4.3.2 ผลการจำแนก

ตัวอย่างยางก้อนถูกแบ่งออกเป็นสองกลุ่ม เช่นเดียวกับหัวข้อ 4.2.2 จากการทดลองเลือกค่าลักษณะสำคัญโดยใช้ความชันของเส้นสเปกตรัม จากสเปกตรัมในรูปที่ 4.7 พบร่วมกับความชันของสเปกตรัมในช่วงความยาวคลื่น 390 nm – 420 nm มีความสัมพันธ์กับความชันของยางก้อนอย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงในรูปที่ 4.8 และเมื่อทำการทดสอบสมการทดสอบโดยใช้เส้นตามรูปที่ 4.8 จะได้ดังรูปที่ 4.9 ซึ่งจะเห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชันที่หาได้จากการทดสอบโดยกับค่าความชันจริงมีค่าค่อนข้างสูง แต่จะสังเกตเห็นการกระจายตัวของข้อมูลโดยเฉพาะในช่วงความชันสูง หรือกล่าวได้ว่าค่าความชันสูงที่ได้จากการทดสอบนี้มีค่าความคลาดเคลื่อนมาก โดยมีร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 38.5%

จากการทดลองในหัวข้อ 4.2.2 และ 4.3.2 พบร่วมกับค่าความชันที่หาด้วยสมการทดสอบโดยทั้งสองสมการมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับค่าความชันจริง แต่เนื่องจากค่าความชันที่หาได้ยังมีความคลาดเคลื่อนค่อนข้างสูง การใช้สมการทดสอบโดยทั้งสองจึงอาจทำได้เพียงการแบ่งกลุ่มความชันของตัวอย่างยางก้อน



รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของสเปคตรัมในช่วงความยาวคลื่น 390 nm – 420 nm กับความชื้นของยางก้อนของแต่ละตัวอย่าง



รูปที่ 4.9 ค่าความชื้นจากการทดสอบในรูปที่ 4.8 เทียบกับค่าความชื้นจริงของยางก้อนแต่ละตัวอย่าง

4.4 การจำแนกย่างก้อนด้วยโครงข่ายประสาทเทียม

จากการทดลองข้างต้นจะเห็นว่าการเลือกลักษณะสำคัญโดยอาศัยการสังเกตซึ่งเป็นการลองผิดลองถูกจนได้ค่าลักษณะสำคัญที่เหมาะสม เพื่อช่วยลดอคติและความผุ่งยากในการเลือกลักษณะสำคัญ ดังนั้นจึงใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการเรียนรู้สเปกตรัมของยางก้อนที่มีความซึ้นแตกต่างกันเพื่อใช้จำแนกความซึ้นของยางก้อน

4.4.1 โครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network)

ในการทดลองจำแนกด้วยโครงข่ายประสาทเทียมนี้ จะใช้สเปคตรัมที่ได้จากระบบวัดที่พัฒนาขึ้นเอง โดยสเปคตรัมของหนึ่งตัวอย่างจะมีความเข้มแสงของ 41 ความยาวคลื่น หรือข้อมูล 1 ชุดประกอบด้วย 41 จุดนั่นเอง เนื่องจากมีตัวอย่างทั้งหมด 170 ตัวอย่าง จะได้ว่ามีข้อมูลทั้งหมด 170 ชุด

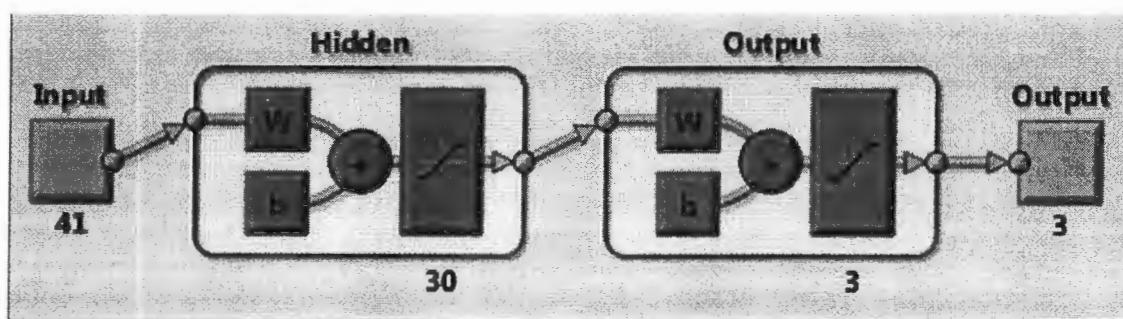
ข้อมูลแต่ละชุดจะถูกกำหนดเป้าหมายตามเปอร์เซ็นต์ความซึ้นของตัวอย่างนั้น ในที่นี้เป้าหมายจะถูกแบ่งเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่ม 1 ตัวอย่างที่มี %ความซึ้น $> 10\%$,

กลุ่ม 2 คือตัวอย่างที่มี $5\% < \% \text{ความซึ้น} < 10\%$

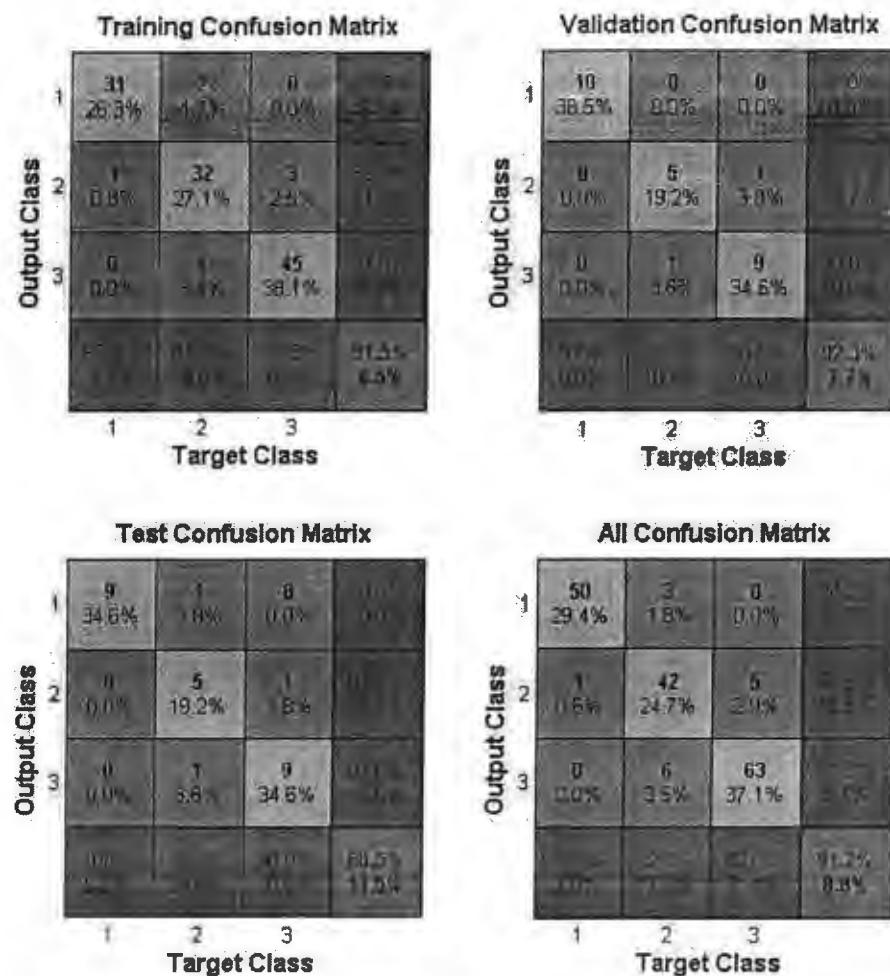
กลุ่ม 3 คือตัวอย่างที่มี %ความซึ้น $< 5\%$

ดังนั้น Output ของโครงข่ายประสาทเทียมจะมี 3 ค่า โดยข้อมูล 170 ชุดจะถูกแบ่งออกเป็นสามกลุ่ม โดยวิธีการสุ่ม ได้แก่ กลุ่มข้อมูลสำหรับการเรียนรู้ (Train set) จำนวน 118 ชุด หรือประมาณ 70% กลุ่มข้อมูลสำหรับตรวจสอบผลการเรียนรู้ (Validation set) จำนวน 26 ชุด หรือประมาณ 15% และกลุ่มข้อมูลสำหรับทดสอบ (Test set) จำนวน 26 ชุด หรือประมาณ 15% โดยโครงข่ายประสาทเทียมมีลักษณะดังรูปที่ 4.10 กล่าวคือมี 2 ชั้น (layers) ชั้น Hidden มี 30 โนด ชั้น Output มี 3 โนด และใช้ฟังก์ชัน conjugate gradient backpropagation ในการเรียนรู้



รูปที่ 4.10 โครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ในการจำแนก

4.4.2 ผลการจำแนก



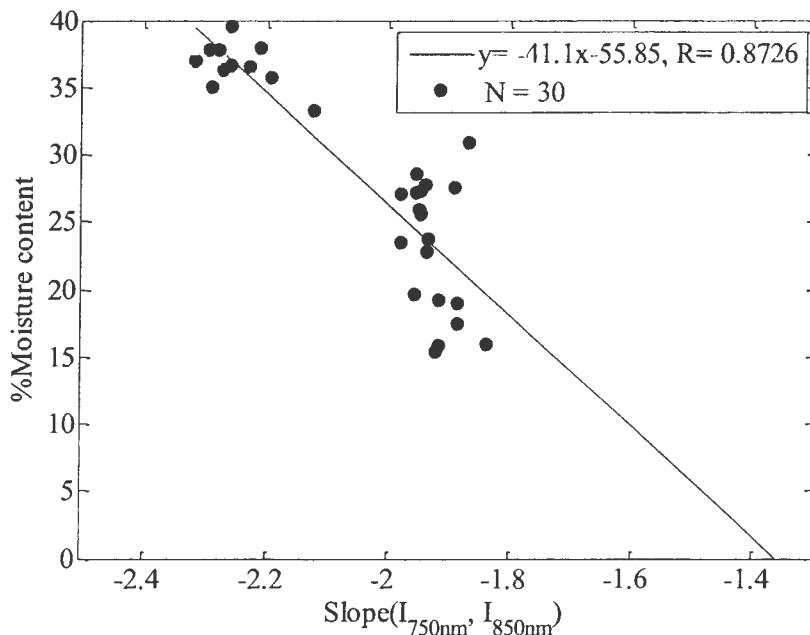
รูปที่ 4.11 ผลการใช้โครงข่ายประสาทเทียมจำแนกยางก้อนเป็นสามกลุ่มตามช่วงความชื้น

ผลการจำแนกโดยโครงข่ายประสาทเทียมแสดงได้โดย Confusion matrix ดังรูปที่ 4.11 ซึ่งแยกเป็นผลการเรียนรู้ ผลการตรวจสอบ ผลการทดสอบ และประสิทธิภาพโดยรวม โดยพบว่าผลการทดสอบต่ำกว่า 90% เพียงเล็กน้อย ในขณะที่ประสิทธิภาพโดยรวมอยู่ที่ระดับ 91% ซึ่งแสดงให้เห็นความเป็นไปได้ในการจำแนกยางก้อนออกเป็นสามกลุ่มตามช่วงความชื้นด้วยสเปกตรัมที่ได้จากการถ่าย

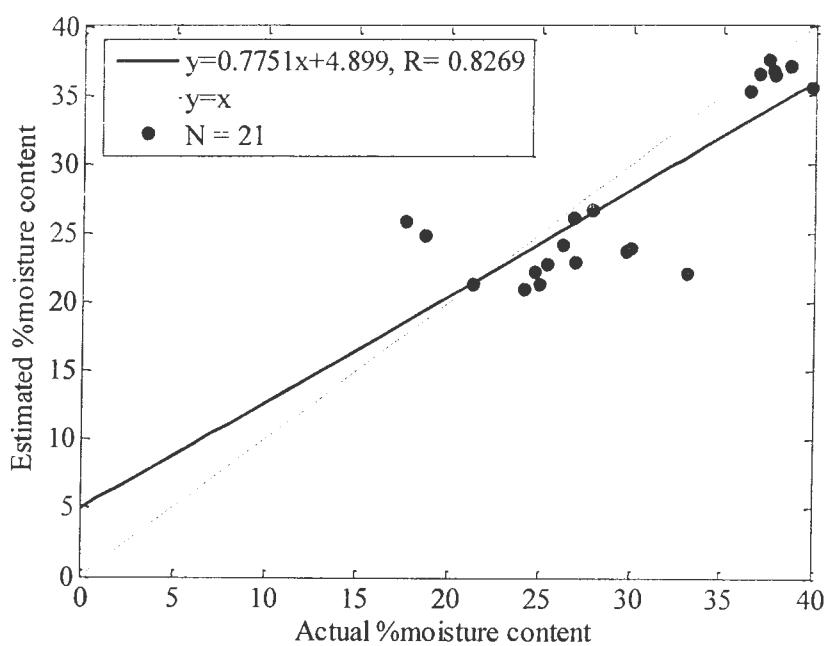
4.5 การประมาณค่าความชื้นของยางก้อนที่มีความชื้นสูง

จากการทดลองในหัวข้อ 4.2 - 4.4 พบร่วมกันว่าสามารถจำแนกยางก้อนออกเป็นกลุ่มที่มีความชื้นแตกต่างกันได้ แต่เนื่องจากยางก้อนที่ซื้อขายกันมีความชื้นสูงมากกว่า 35 % ดังนั้นเพื่อทำการประมาณความชื้นของยางก้อนในช่วงดังกล่าวจึงแยกพิจารณาเฉพาะตัวอย่างที่มีความชื้นสูง (Day0 - Day2) ซึ่งมีทั้งหมด

51 ตัวอย่าง ถูกแบ่งแบบสุ่มออกเป็นสองกลุ่ม กลุ่มแรกมีจำนวน 30 ตัวอย่าง สำหรับสร้างสมการทดถอยสำหรับประมาณค่าความชื้นยางก้อน และกลุ่มที่สองมีจำนวน 21 ตัวอย่าง สำหรับทดสอบสมการทดถอยที่ได้



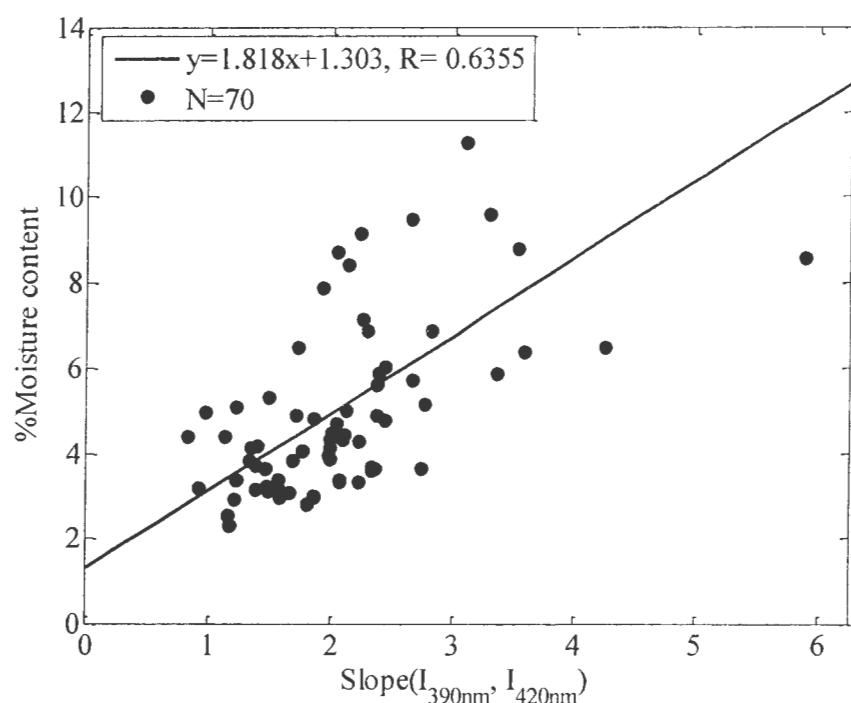
รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของยางก้อนกับความชื้นของเส้นสเปกตรัมที่ได้จากการสเปคโทร มิเตอร์ในช่วง 750 – 850 nm



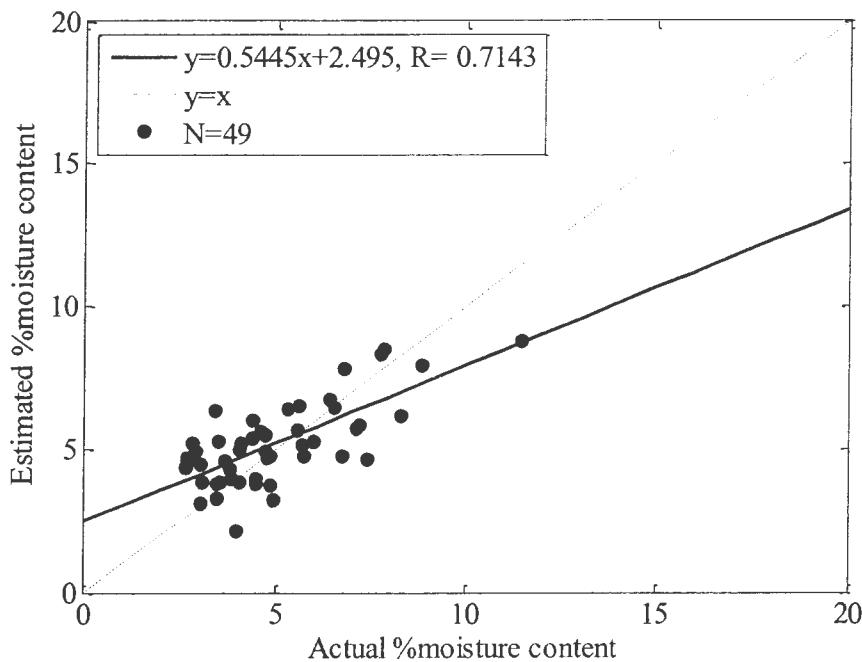
รูปที่ 4.13 ค่าความชื้นจริงและค่าความชื้นที่ได้จากการประมาณของแต่ละตัวอย่างด้วยสมการในรูปที่

จากการวิเคราะห์สเปกตรัมที่ได้จากสเปคโตรมิเตอร์จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของยางก้อน กับความชื้นของเส้นสเปกตรัมในช่วง 750 – 850 nm ดังรูปที่ 4.12 ซึ่งจะเห็นสมการถดถอยสำหรับประมาณค่าความชื้นจากความชื้นมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ค่อนข้างสูง ($R = 0.8726$) และเมื่อทำการทดสอบสมการที่ได้นี้จะได้ผลตั้งแสดงในรูปที่ 4.13 ซึ่งจะเห็นว่าค่าความชื้นจริงและค่าความชื้นที่ได้จากการประมาณของแต่ละตัวอย่างมีความสอดคล้องกัน ($R = 0.8269$) โดยมีร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 4.40% โดยจะเห็นว่าค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนต่ำกว่าการหาค่าความชื้นรวมทุกกลุ่มโดยไม่มีการคัดแยกดังในหัวข้อ 4.2.2 อย่างมาก

ในขณะที่เมื่อทำการวิเคราะห์สเปกตรัมที่ได้จากระบบที่พัฒนาขึ้นพบว่ามีความถูกต้องค่อนข้างต่ำเมื่อใช้ประมาณค่าความชื้นสูง แต่เมามีความถูกต้องสูงขึ้นเมื่อใช้ประมาณค่าความชื้นต่ำ ๆ (น้อยกว่า 10%) ดังแสดงความสัมพันธ์ของความชื้นของยางก้อนกับความชื้นของสเปกตรัมในช่วง 390 – 420 nm ในรูปที่ 4.14 และได้ผลการทดสอบสมการถดถอยดังรูปที่ 4.15 โดยจะเห็นว่าความชื้นที่ได้จากการประมาณด้วยสมการถดถอยสอดคล้องกับความชื้นจริงของตัวอย่างยางก้อนนั้น และมีร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 11.7% ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการหาค่าความชื้นรวมทุกกลุ่มในหัวข้อ 4.3.2 แล้วจะเห็นว่ามีค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนลดลงอย่างมาก



รูปที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของยางก้อนกับความชื้นของเส้นสเปกตรัมที่ได้จากระบบที่พัฒนาขึ้นในช่วง 390 – 420 nm



รูปที่ 4.15 ค่าความชื้นจริงและค่าความชื้นที่ได้จากการประมาณของแต่ละตัวอย่างด้วยสมการในรูปที่

4.14

จากผลการทดลองในรูปที่ 4.12 – 4.15 แสดงให้เห็นว่า การประมาณค่าความชื้นของยางก้อนอาจทำได้โดยใช้สองวิธีสมมพสถานกัน กล่าวคือ เมื่อความชื้นของยางก้อนต่ำสามารถใช้ความยาวคลื่นช่วงใกล้สิม่วงเนื่องจากยางก้อนมีการเปลี่ยนแปลงของสีเมื่อเริ่มแห้ง โดยเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีน้ำตาล การใช้ความยาวคลื่นในช่วงสีม่วงหรือสีน้ำเงินจะช่วยหลีกเลี่ยงผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสีได้ แต่การจำแนกความชื้นของยางก้อนสูงควรใช้ความยาวคลื่นสั้นใกล้อินฟราเรด (Short wavelength near infrared, SW-NIR) เนื่องจากจะสามารถสังเกตผลกระทบจากการดูดกลืนของน้ำ (หัวข้อ 2.8) ได้ง่ายกว่า ดังในรูปที่ 4.2 และ 4.3 จะสังเกตเห็นว่า เมื่อยางก้อนมีความชื้นสูงขึ้นจะดูดกลืนแสงในช่วง 700 – 1000 nm ได้มากขึ้น ความเข้มแสงจะท่อนที่วัดได้จะต่ำลง ดังนั้นจะเห็นว่าスペกตรัมในช่วง 700 – 1000 nm ของยางก้อนในวันแรก ๆ จะมีขนาดน้อยกว่าของยางก้อนในวันท้าย ๆ โดยจะสังเกตเห็นปรากฏการณ์นี้จากรูป 4.7 ได้ เช่นเดียวกัน

ดังนั้นสามารถกล่าวได้ว่า การประมาณค่าความชื้นของยางก้อนสามารถทำได้โดยมี 2 ขั้นตอน เริ่มจากการจำแนกยางก้อนออกเป็นกลุ่มตามความชื้นของยางก้อนซึ่งสามารถใช้สมการความสัมพันธ์ในหัวข้อที่ 4.2 หรือ 4.3 หรือโครงข่ายประสาทเทียมในหัวข้อ 4.4 ที่ได้ จากนั้นจึงนำมาประมาณค่าความชื้นด้วยสมการความสัมพันธ์ในรูปที่ 4.12 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการจำแนกด้วยขั้นตอนเดียวดังรูปที่ 4.6 หรือ 4.9 จะพบว่า มีความถูกต้องสูงขึ้น

แต่อย่างไรก็ตามผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นความเป็นไปได้ในการใช้วิธีทางแสงในการวิเคราะห์ความซึ้งของยางก้อน แต่ยังมีข้อพิจารณาที่ต้องทำการศึกษาทดลองเพิ่มเติมอีกหลายประการ เช่น รูปทรงของยางก้อนที่แตกต่างจากรูปทรงถ้วยจริง ลักษณะของยางก้อนถ้วยที่เกิดเป็นชั้น ๆ ชนิดของน้ำกรด หรือความเข้มข้นของน้ำยา เป็นต้น ซึ่งจะเป็นงานในอนาคตต่อไป

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองวัดยางก้อนที่มีความชื้นแตกต่างกันด้วยสเปคโตรมิเตอร์และระบบบันทึกภาพสเปคตรัมที่พัฒนาขึ้นเปรียบเทียบกับการหาความชื้นด้วยวิธีมาร์คูราน จากการทดลองวัดด้วยเครื่องสเปคโตรมิเตอร์ พบว่าความชันของสเปคตรัมในช่วงความยาวคลื่น 900 nm – 950 nm กับความชื้นของยางก้อนของแต่ละตัวอย่างมีความสัมพันธ์ดังสมการลดตอนแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล แม้จะมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ค่อนข้างสูง ($R = 0.749$) แต่การนำสมการลดตอนมาใช้ในการประมาณค่าความชื้นมีร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 27.9% ในขณะเมื่อพิจารณาผลการวัดด้วยระบบบันทึกภาพสเปคตรัมที่พัฒนาขึ้นพบว่าความชันของสเปคตรัมในช่วงความยาวคลื่น 390 nm – 420 nm มีความสัมพันธ์กับความชื้นของยางก้อนอย่างมีนัยสำคัญ แต่การหาค่าความชื้นจากสมการความสัมพันธ์นี้ยังมีความคลาดเคลื่อนสูงเข่นเดียวกับการใช้สเปคโตรมิเตอร์ โดยมีร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 38.5% และเมื่อนำข้อมูลนี้มาวิเคราะห์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อช่วยลดค่าติดในการเลือกลักษณะสำคัญพบว่าสามารถจำแนกระดับความชื้นของตัวอย่างยางก้อนได้เป็น 3 กลุ่ม โดยมีความถูกต้องในการจำแนก 91% แต่เนื่องจากยางก้อนที่ซื้อขายกันมีความชื้นสูงมากกว่า 35 % ดังนั้นเมื่อพิจารณาเฉพาะตัวอย่างที่มีความชื้นสูง จากการวิเคราะห์สเปคตรัมที่ได้จากสเปคโตรมิเตอร์จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของยางก้อนกับความชันของเส้นสเปคตรัมในช่วง 750 – 850 nm ที่ใช้ในการประมาณค่าความชื้นได้อย่างถูกต้อง โดยมีร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 4.40% ในขณะที่เมื่อทำการวิเคราะห์สเปคตรัมที่ได้จากระบบที่พัฒนาขึ้นเพื่อประมาณค่าความชื้นต่อ ๆ (น้อยกว่า 10%) โดยใช้ความสัมพันธ์ของความชื้นของยางก้อนกับความชันของสเปคตรัมในช่วง 390 – 420 nm ก็มีร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 11.7% ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการหาค่าความชื้นรวมทุกกลุ่มแล้วจะเห็นว่ามีค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนลดลงอย่างมาก ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการคัดกรองหรือแบ่งกลุ่มระดับความชื้นของยางก้อนถ้ายังช่วยลดความคลาดเคลื่อนในวิเคราะห์ความชื้นลงได้

จากการทดลองข้างต้นจึงได้นำเสนอการประมาณค่าความชื้นของยางก้อนสามารถทำได้โดยมี 2 ขั้นตอน เริ่มจากการจำแนกยางก้อนออกเป็นกลุ่มตามความชื้นของยางก้อนซึ่งสามารถใช้สมการความสัมพันธ์ในหัวข้อที่ 4.2 หรือ 4.3 หรือโครงข่ายประสาทเทียมในหัวข้อ 4.4 ที่ได้ จากนั้นจึงนำมาประมาณค่าความชื้นด้วยสมการความสัมพันธ์ในรูปที่ 4.12 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการจำแนกด้วยขั้นตอนเดียวดังรูปที่ 4.6 หรือ

4.9 จะพบว่ามีความถูกต้องสูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม จากผลการทดลองจะเห็นว่าข้อมูลยังไม่การกระจายตัวสูงจึงยังไม่สามารถนำไปใช้อ้างอิงได้ โดยในอนาคตจะทำการปรับปรุงระบบวัดที่พัฒนาขึ้นด้วยการปรับเปลี่ยนส่วนประกอบของระบบ เช่น ชนิดของแหล่งกำเนิดแสง หรือชนิดของตัวรับแสง เป็นต้น รวมทั้งการจัดวางระบบวัด

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. การเตรียมตัวอย่างสำหรับการทดลองนี้เพื่อศึกษาผลของความชื้นเพียงอย่างเดียว ยังไม่ได้พิจารณาปัจจัยอื่น ๆ เช่น รูปทรงของยางก้อนที่แตกต่างจากรูปทรงถ้วยจริง ลักษณะของยางก้อนถ้วยที่เกิดเป็นชั้น ๆ ชนิดของน้ำกรด หรือความเข้มข้นของน้ำยา เป็นต้น ซึ่งจะเป็นงานในอนาคตต่อไป
2. การพัฒนาระบบวัดให้มีช่วงตอบสนองที่ครอบคลุมถึงช่วง SW-NIR โดยการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ เช่น ชนิดของแหล่งกำเนิดแสงหรือตัวรับแสง จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการวัดของระบบที่พัฒนาขึ้นได้

เอกสารอ้างอิง

- Alander, J. T., Bochko, V., Martinkauppi, B., Saranwong, S., & Mantere, T. (2013). A Review of Optical Nondestructive Visual and Near-Infrared Methods for Food Quality and Safety. *International Journal of Spectroscopy*, 2013, 1–36. doi:10.1155/2013/341402
- Ave, N. C., & Ave, M. (n.d.). *What is Spectral Imaging And When Should I Use It?* Retrieved from www.resonon.com/.../Resonon-Hyperspectral-Tutorial.pdf
- Cluff, K., Konda Naganathan, G., Subbiah, J., Lu, R., Calkins, C. R., & Samal, A. (2008). Optical scattering in beef steak to predict tenderness using hyperspectral imaging in the VIS-NIR region. *Sensing and Instrumentation for Food Quality and Safety*, 2(3), 189–196. doi:10.1007/s11694-008-9052-2
- ElMasry, G., Sun, D.-W., & Allen, P. (2012). Near-infrared hyperspectral imaging for predicting colour, pH and tenderness of fresh beef. *Journal of Food Engineering*, 110(1), 127–140. doi:10.1016/j.jfoodeng.2011.11.028
- Gómez, a. H., He, Y., & Pereira, a. G. (2006). Non-destructive measurement of acidity, soluble solids and firmness of Satsuma mandarin using Vis/NIR-spectroscopy techniques. *Journal of Food Engineering*, 77(2), 313–319. doi:10.1016/j.jfoodeng.2005.06.036
- Intapun, J., Sontikun, N., & Khowaien, A. (2013). Maturation of Cup Lump Natural Rubber: Growth of Microorganisms and Effects on Quality Properties under Alternative Storage Conditions. *Advanced Materials Research*, 844, 395–398. doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.844.395
- Jackman, P., Sun, D.-W., & Allen, P. (2011). Recent advances in the use of computer vision technology in the quality assessment of fresh meats. *Trends in Food Science & Technology*, 22(4), 185–197. doi:10.1016/j.tifs.2011.01.008
- Li, X., & He, Y. (2006). Non-destructive measurement of acidity of Chinese bayberry using Vis/NIRS techniques. *European Food Research and Technology*, 223(6), 731–736. doi:10.1007/s00217-006-0260-x

- Lu, R. (2007). Nondestructive measurement of firmness and soluble solids content for apple fruit using hyperspectral scattering images. *Sensing and Instrumentation for Food Quality and Safety*, 1(1), 19–27. doi:10.1007/s11694-006-9002-9
- Nicolaï, B. M., Beullens, K., Bobelyn, E., Peirs, A., Saeys, W., Theron, K. I., & Lammertyn, J. (2007). Nondestructive measurement of fruit and vegetable quality by means of NIR spectroscopy: A review. *Postharvest Biology and Technology*, 46(2), 99–118. doi:10.1016/j.postharvbio.2007.06.024
- Prasertsit, K., Rattanawan, N., & Ratanapisit, J. (2011). Effects of wood vinegar as an additive for natural rubber products, 33(4), 425–430.
- Smith, R. (n.d.). *Hyperspectral Imaging*. Retrieved from www.microimages.com/documentation/.../hyprspspec.pdf
- Xiong, Z., Sun, D.-W., Zeng, X.-A., & Xie, A. (2014). Recent developments of hyperspectral imaging systems and their applications in detecting quality attributes of red meats: A review. *Journal of Food Engineering*, 132, 1–13. doi:10.1016/j.jfoodeng.2014.02.004
- ฤทธิรัณ รณะทัช. (2552). Rapid Moisture Measurement System for Natural Rubber Sheet. In *1st National Conference on Industrial and Research Projects for Undergraduate Students* (pp. 259–262).

ประวัติคณบัญชี

ประวัตินักวิจัย 1

1. นาย สุчин ไตรองค์จิตเหมา
Mr. Suchin Trirongjitmoah

2. ตำแหน่งปัจจุบัน รองศาสตราจารย์

3. หน่วยงาน

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ต.เมืองศรีโค อ.варินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี

โทรศัพท์ 0-4535-3328 โทรสาร 0-4535-3333

Email: suchin.t@ubu.ac.th

4. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบ การศึกษา	ระดับ ปริญญา	ปริญญา	สาขาวิชา	ชื่อสถาบันฯ	ประเทศ
2541	ตรี	วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต	วิศวกรรมไฟฟ้า	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ไทย
2545	โท	วิศวกรรมศาสตร์ มหาบัณฑิต	วิศวกรรมไฟฟ้า	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ไทย
2553	เอก	วิศวกรรมศาสตร์ดุษฎี บัณฑิต	Bioengineering and Bioinformatics	มหาวิทยาลัยออกไกโด	ญี่ปุ่น

5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากภาระการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

Biomedical Instrumentation, Biosignal Processing, Biophotonics, Sensor in agricultural and biomedical applications

6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย :

- (1) “การพัฒนาระบบจมูกอิเล็กทรอนิกส์เพื่อจำแนกพันธุ์กระเทียม” ทุนนักวิจัยหน้าใหม่ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ประจำปีงบประมาณ 2554 (1 เม.ย 54 - 31 มี.ค. 55) [Closed]
- (2) “Thai garlic type classification using electronic nose system” ทุนอุดหนุนการวิจัย มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ประจำปีงบประมาณ 2556 (1 ต.ค.55 – 30 ก.ย.56)
- (3) “Small, Dense LDL Fraction Estimation using Dynamic Light Scattering” ทุนพัฒนาศักยภาพในการทำงานวิจัยของอาจารย์รุ่นใหม่ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ประจำปีงบประมาณ 2555 (2 ก.ค.55 – 30 มิ.ย.57)
- (4) “Evaluation of rubber cup-lump quality using optical imaging technique” ทุนอุดหนุนการวิจัย มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ประจำปีงบประมาณ 2559 (1 ต.ค.58 – 30 ก.ย.59)
- (5) “Classification system for internal mold infection in sweet tamarind using optical technique” ทุนอุดหนุนการวิจัย มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ประจำปีงบประมาณ 2560 (1 ต.ค.59 – 30 ก.ย.60)
- (6) “Identification of organically grown plant using VIS and SW-NIR spectroscopy” ทุนอุดหนุนการวิจัย มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ประจำปีงบประมาณ 2560 (1 ต.ค.60 – 30 ก.ย.61)

ผลงานตีพิมพ์

Journal articles

- (1) Suchin Trirongjitmoah, Toshihiro Sakurai, Kazuya Iinaga, Hitoshi Chiba, Mana Sriyudhasak and Koichi Shimizu," Practical technique to quantify small, dense low-density lipoprotein cholesterol using dynamic light scattering," Optical Review, Vol.23(2), pp.265-272, 2016. DOI: 10.1007/s10043-016-0187-9.
- (2) Suchin Trirongjitmoah, Zongporn Juengmunkong, Kornsorn Srikulnath and Pakpum Somboon, " Classification of garlic cultivars using an electronic nose," Computers and Electronics in Agriculture, Vol. 113, pp. 148-153, 2015.
- (3) Toshihiro Sakurai, Seiji Takeda, Jun-ya Takahashi, Yuji Takahashi, Norio Wada, Suchin Trirongjitmoah, Takeshi Namita, Shigeki Jin, Akiko Ikuta, Hiroaki Furumaki, Shu-Ping Hui, Hirotoshi Fuda, Masato Fujikawa, Koichi Shimizu, and Hitoshi Chiba, "Measurement of

- single low-density lipoprotein particles by atomic force microscopy," Ann Clin Biochem November 2013 50: 564-570, first published on July 30, 2013.
- (4) Suchin Trirongjitmoah, Toshihiro Sakurai, Kazuya Iinaga, Hitoshi Chiba and Koichi Shimizu, "Fraction estimation of small, dense LDL using autocorrelation function of dynamic light scattering," Opt Express, Vol. 18, No. 6, pp. 6315-6326, 2010.
- (5) Toshihiro Sakurai, Suchin. Trirongjitmoah, Yuka. Nishibata, Takeshi Namita, Masahiro Tsuji, Shu-Ping Hui, Shigeki Jin, Koichi Shimizu, and Hitoshi Chiba, "Measurement of lipoprotein particle sizes using dynamic light scattering," Ann Clin Biochem Vol. 47, pp. 476-481, 2010.

Proceedings

- (1) Suchin Trirongjitmoah and Koichi Shimizu, "Fraction Estimation of Small Dense LDL Using Feedforward Neural Network," 11th International collaboration Symposium on Information, Production and Systems (ISIPS 2017), Kitakyushu, Fukuoka, Japan, ISIPS_2017_paper_50, pp.189-192, 14 – 16 November 2017.
- (2) วารการ วงศ์สายเชื้อ, อธิพงศ์ สุริยา, สุชน ไตรรงค์จิตเหมา และ ประสิทธิ์ นครราช "การศึกษาสมบัติทางไฟฟ้าของยางก้อนถ้วย," การประชุมวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 39, เพชรบุรี, GN007, 2-4 พฤษภาคม 2559
- (3) สุชน ไตรรงค์จิตเหมา. วานนา บุปผาวาสน์ และ ธนาวิทย์ สุขเกิด "การขาดเชยผลของอุณหภูมิในระบบวัดกลืนระยะใกล้ด้วยสมาร์ทโฟน," การประชุมวิชาการ มอบ.วิจัย ครั้งที่ 10, 7-8 กรกฎาคม 2559, หน้า 1 - 9
- (4) Suchin Trirongjitmoah and Pakpum Somboon, "Identification of organically grown shallot based on electronic nose system," 9th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ELECO 2015) (CD), Bursa, Turkey, pp.135-138, November 2015.
DOI: [10.1109/ELECO.2015.7394474](https://doi.org/10.1109/ELECO.2015.7394474).
- (5) นิครุต พันธ์ศิริ และ สุชน ไตรรงค์จิตเหมา, "Smartphone controlled boat for electrical leak location," 38th Electrical Engineering Conference (EECON' 38), Ayutthaya, Thailand, GN 07, pp.241-244, November 2015.
- (6) Suchin Trirongjitmoah, "Estimation of small, dense LDL fraction using dynamic light scattering and precipitation method," 8th International Conference on Optics-photonics Design and Fabrication (ODF' 12) (CD), Saint Petersburg, Russia, 4S3-06, July 2012.
- (7) Suchin Trirongjitmoah, Pakphum Somboon, "Post harvested day assessment of pineapple

- using electronic nose," 34th Electrical Engineering Conference (EECON' 34), Chonburi, Thailand, GN 010, pp.581-584, Dec. 2011.
- (8) Suchin Trirongjitmoah, Toshihiro Sakurai, Kazuya linaga, Hitoshi Chiba and Koichi Shimizu, "Attempt to integrate dynamic light scattering with precipitation method for small, dense LDL fraction estimation," 33th Electrical Engineering Conference (EECON' 33), Chiang Mai, Thailand, BE 012, pp.1593-1596, Dec. 2010.
 - (9) Toshihiro Sakurai, Suchin Trirongjitmoah, Yuka Nishibata, Takeshi Namita, Shigeki Jin, Shu-Ping Hui, Masahiro Tsuji, Koichi Shimizu, and Hitoshi Chiba, "Evaluation of Lipoprotein Particle Sizes Using Dynamic Light Scattering," American Association for Clinical Chemistry (AACC), E-19, Anaheim, USA, July 2010.
 - (10) Suchin Trirongjitmoah, Toshihiro Sakurai, Kazuya linaga, Hitoshi Chiba and Koichi Shimizu, "Fraction estimation of small, dense LDL directly from autocorrelation function of dynamic light scattering," 7th International Conference on Optics-photonics Design and Fabrication (ODF' 10) (CD), Yokohama, Japan, Apr. paper 20PDp-04, 2010.
 - (11) Suchin Trirongjitmoah, Toshihiro Sakurai, Yuka Nishibata, Takeshi Namita, Yuji Kato, Kazuya linaga, Hitoshi Chiba, Koichi Shimizu, "Development of technique to estimate small dense LDL fraction by dynamic light scattering: II," Optics & Photonics Japan 2009, 24aC9, Niigata, Japan, Nov. 2009.
 - (12) Suchin Trirongjitmoah, Toshihiro Sakurai, Kazuya linaga, Hitoshi Chiba, Koichi Shimizu, "Fraction estimation of small dense LDL using mean sizes obtained in dynamic light scattering," the European Conferences on Biomedical Optics, MM1, Munich, Germany, June 2009.
 - (13) Suchin Trirongjitmoah, Toshihiro Sakurai, Kazuya linaga, Hitoshi Chiba and Koichi Shimizu, "Solution for fraction estimation of small dense LDL by dynamic light scattering - For bimodal Gaussian size distributions -," the 4th Asian and Pacific Rim Symposium on Biophotonics, Jeju, Korea, May paper SEN-10, pp.188-189, 2009.

ตำรา/หนังสือ

สุชิน ไตรรงค์จิตเหมา. การวัดและเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า. อุบลราชธานี: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัย
อุบลราชธานี 2559: 370 หน้า.

ประวัตินักวิจัย 2

1. นาย ประสิทธิ์ นครราช
Mr. Prasit Nakonrat
2. ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์
3. หน่วยงาน

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ต.เมืองศรีโค อ.варินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี

โทรศัพท์ 0-4535-3327 โทรสาร 0-4528-8378

Email: prasit.n@ubu.ac.th

4. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	ปริญญา	สาขาวิชา	ชื่อสถาบันฯ	ประเทศ
2539	ตรี	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	วิศวกรรมไฟฟ้า	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	ไทย
2544	โท	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต	วิศวกรรมไฟฟ้า	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	ไทย
2550	เอก	วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต	Electrical Engineering	Nottingham University	อังกฤษ

5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากภูมิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

Signals and image processing, Optical tomography, Biophotonics, Wireless communication and Antenna

6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย :

“การหาค่าการปломปนของเมล็ดข้าวด้วยคุณลักษณะทางกายภาพจากประมวลผลทางสัญญาณภาพดิจิตอล”

ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2551 กำหนดเสร็จสิ้นโครงการ วันที่ 30 กันยายน 2553 ทุนงบประมาณแผ่นดิน 2553

“เครื่องมือวัดคุณภาพของข้าวจากการปломปนของเมล็ดข้าวสารด้วยการประมวลผลภาพดิจิตอล” ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2551 กำหนดเสร็จสิ้นโครงการ วันที่ 30 กันยายน 2553 ทุนงบประมาณแผ่นดิน 2552

ผลงานตีพิมพ์

Proceedings

- (1) ประสิทธิ์ นครราช วรรณกร สุปิงคลัด และ อำนาจ โพนแก่น, "ระบบแสดงผลสภาพอากาศทางไก่," การประชุมวิชาการ มอบ.วิจัย ครั้งที่ 8, 17-18 กรกฎาคม 2557.
- (2) ภวิศิทธิ์ ศิริบูลย์ อิริยะ พจ. และ ประสิทธิ์ นครราช, "ต้นแบบเครื่องออกกำลังกายผลิตพลังงานไฟฟ้า," การประชุมวิชาการ มอบ.วิจัย ครั้งที่ 8, 17-18 กรกฎาคม 2557.
- (3) ประสิทธิ์ นครราช ภูมิพัฒน์ โภจนาคราช สุริยา ผุ่งใหญ่ และ ณรงค์ศักดิ์ มีศิริ, "ระบบสมดุลอัตโนมัติไฟฟ้าสำนาฟেส," การประชุมวิชาการ มอบ.วิจัย ครั้งที่ 6, 25-27 กรกฎาคม 2555, หน้า 263-271.
- (4) ประสิทธิ์ นครราช วัชรินทร์ พรมคุณ และ นรินทร์ นาลันทิ, "เครื่องอ่านปริมาณการใช้ไฟฟ้าและน้ำประปาไร้สาย," การประชุมวิชาการ มอบ.วิจัย ครั้งที่ 6, 25-27 กรกฎาคม 2555, หน้า 244-252.
- (5) ประสิทธิ์ นครราช จุรีรัตน์ อ้วนศรีเมือง และ นภากรณ์ มัธนัง, "เครื่องวัดคุณภาพทางกายภาพของข้าวโดยการประมวลผลภาพเมล็ดข้าวสาร," การประชุมวิชาการ มอบ.วิจัย ครั้งที่ 6, 25-27 กรกฎาคม 2555, หน้า 222-229.
- (6) ประสิทธิ์ นครราช จุรีรัตน์ อ้วนศรีเมือง และ นภากรณ์ มัธนัง, "การศึกษาการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของข้าวโดยการประมวลผลภาพดิจิตอลเมล็ดข้าวสาร," การประชุมวิชาการ มอบ.วิจัย ครั้งที่ 5, 4-5 สิงหาคม 2554, หน้า 194-202.
- (7) ปรีชา สมสอน ไสวัตร์ บุญยศ และ ประสิทธิ์ นครราช, "การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านบลูทูธด้วยโทรศัพท์เคลื่อนที่," การประชุมวิชาการ มอบ.วิจัย ครั้งที่ 5, 4-5 สิงหาคม 2554, หน้า 164-173.
- (8) เข้าหาฤทธิ์ บุญญา และ ประสิทธิ์ นครราช, "การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของโครงข่ายการมัลติเพล็กซ์เชิงเส้นแบบแบ่งความยาวคลื่นที่มีการแปลงและไม่แปลงความยาวคลื่นของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค," การประชุมวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 34, 30 พฤษภาคม – 2 ธันวาคม 2554, หน้า 1113-1116.

ประวัตินักวิจัย 3

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นาย สราเวศ ประเสริฐศรี

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr. Sarawut Prasertsri

2. ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประจำสาขาวิชาศาสตร์และเทคโนโลยีการยาง ภาควิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

3. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พრ้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์
อีเมล (e-mail)

หน่วยงาน ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ที่อยู่ 85 ถ. ถนนมาร์ค ต. เมืองศรีโค อ. วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190

โทรศัพท์ 0-4535-4537 โทรสาร 0-4528-8379

E-mail: sarawut.pra@gmail.com, scsarapr@ubu.ac.th

4. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบ การศึกษา	วุฒิ การศึกษา	สาขาวิชา	สถาบัน	ประเทศ
2555	ปร.ด.	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พอลิเมอร์	มหาวิทยาลัยมหิดล	ไทย
2551	วท.ม.	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พอลิเมอร์	มหาวิทยาลัยมหิดล	ไทย
2548	วท.บ.	เคมี	มหาวิทยาลัยมหิดล	ไทย

5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวัสดุการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

Rubber blends and composites, Rubber processing, Rubber rheology, Reinforcement of rubber

6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

6.1 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :

6.1.1 เรื่อง “การปรับปรุงสมบัติการเก็บกักอากาศของลูกเทนนิสชนิดอัดอากาศ” สนับสนุนทุนวิจัยโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และบริษัทวีก้าบลลส์ แม่นูแฟคเจอริง จำกัด สัญญาเลขที่ RDG4950047 ปี 2549-2550

สถานภาพในการทำวิจัย : ผู้ร่วมโครงการวิจัย ความคืบหน้าร้อยละ 100 (ปิดโครงการ)

6.1.2 เรื่อง “การวิเคราะห์คุณลักษณะและการเสริมแรงของยางธรรมชาติและยางพาราห่วงยางธรรมชาติกับยางสไตรีนบีวีท่าไดอีนที่เติมซิลิกาโดยเตรียมจากระบบน้ำยา” สนับสนุนทุนวิจัยโดยโครงการบริษัทเอกากลุ่มน้ำยา สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สัญญาเลขที่ PHD/0286/2549 ปี 2551-2555

สถานภาพในการทำวิจัย : ผู้ร่วมโครงการวิจัย ความคืบหน้าร้อยละ 100 (ปิดโครงการ)

6.2 งานวิจัยที่กำลังทำ :

6.2.1 เรื่อง การเตรียมยางพาราห่วงยางเอทิลีนโพร์พีลีนไดอีนและยางธรรมชาติอิพอกไซด์โดยใช้ยางครัมบ์เป็นสารตัวเติมเพื่อประยุกต์ใช้ทำแผ่นยางหุ้มถังน้ำมัน” สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สัญญาเลขที่ RDG5650084 ปี 2556-2557

สถานภาพในการทำวิจัย : หัวหน้าโครงการวิจัย ความคืบหน้าร้อยละ 85 (อยู่ระหว่างดำเนินการ)

7. บทความทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารนานาชาติ

- (1) N. Rattanasom, S. Prasertsri and T. Ruangritnumchai (2009) "Comparison of the Mechanical Properties at Similar Hardness Level of Natural Rubber Filled with Various Reinforcing-fillers" Polymer Testing, 28(1): 8-12.
- (2) N. Rattanasom and S. Prasertsri (2009) "Relationship Among Mechanical Properties, Heat Ageing Resistance, Cut Growth Behaviour and Morphology in Natural Rubber: Partial Replacement of Clay with Various Types of Carbon Black at Similar Hardness Level" Polymer Testing, 28(3): 270-276.
- (3) N. Rattanasom, S. Prasertsri and K. Suchiva (2009) "Mechanical Properties, Thermal Stability, Gas Permeability, and Phase Morphology in Natural Rubber/Bromobutyl Rubber Blends" Journal of Applied Polymer Science, 113(6): 3985-3992.
- (4) S. Prasertsri and N. Rattanasom (2011) "Mechanical and Damping Properties of Silica/Natural Rubber Composites Prepared from Latex System" Polymer Testing, 30(5): 515-526.
- (5) S. Prasertsri and N. Rattanasom (2012) "Fumed and Precipitated Silica Reinforced Natural Rubber Composites Prepared from Latex System: Mechanical and Dynamic Properties" Polymer Testing, 31(5): 593-605.
- (6) N. Rattanasom and S. Prasertsri (2012) "Mechanical Properties, Gas Permeability and Cut Growth Behaviour of Natural Rubber Vulcanizates: Influence of Clay Types and Clay/Carbon Black Ratios" Polymer Testing, 31(5): 645-653.
- (7) S. Prasertsri, F. Lagarde, N. Rattanasom, C. Sirisinha and P. Daniel (2013) "Raman Spectroscopy and Thermal Analysis of Gum and Silica-filled NR/SBR Blends Prepared from Latex System" Polymer Testing, 32(5): 852-861.
- (8) S. Prasertsri, P. Amnuay, K. Sripan and P. Nuinu (2014) "Role of Hydroxyl-Terminated Polybutadiene in Changing Properties of EPDM/ENR Blends" Advanced Materials Research 844: 349-352.

