



รายงานการวิจัย

การตรวจวัดปริมาณเนื้อยางแห้งของน้ำยางพาราโดยใช้วิธีการสะท้อนกลับของแสงด้วยสมการแบบเชิงเส้น

Light Reflectance Method Measurement of Dry rubber content from Latex of Para rubber by Linear Equations

โดย

RCH

SB

291

.H4

ก451

ด.1

พิมล ผลพฤษยา

อิทธิพล พจนสัง

อรรถศาสตร์ นาคเทวีญ

นายมนตรี ไชยชาญยุทธ

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน 116828

วันเดือนปี 16 ส.ย. 2554

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณประจำปีงบประมาณ 2553

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10027724

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมด้วยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากงานวิจัยนี้ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

พิมล ผลพุกษา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

17/1 หมู่ 6 ตำบลชุมโค อำเภอปะทิว จังหวัดชุมพร 86160

3.3.2 นายอรรถศาสตร์ นาคเทวีญ

Mr. Autthasat Naktawan

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร

17/1 หมู่ 6 ตำบลชุมโค อำเภอปะทิว จังหวัดชุมพร 86160

3.3.3 นายมนตรี ไชยชาญยุทธ์

Mr. Montre Chaichanyut

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร

17/1 หมู่ 6 ตำบลชุมโค อำเภอปะทิว จังหวัดชุมพร 86160



ชื่อโครงการวิจัย การตรวจวัดปริมาณเนื้อยางแห้งของน้ำยางพาราโดยใช้วิธีการสะท้อนกลับของแสงด้วยสมการแบบเชิงเส้น

ชื่อผู้วิจัย นายพิมล ผลพุกษา
 นายอิทธิพล พจนสัจ
 นายอรรถศาสตร์ นาคเทวัญ
 นายมนตรี ไชยชาญบุษย์

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมด้วยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประจำปี 2553 จำนวนเงิน 299,400 บาท
 ระยะเวลาการทำวิจัย 1 ปี ตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2552 ถึง เดือนกันยายน 2553

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษา ผลตอบสนองการสะท้อนกลับ (reflectance) ของแสงสองความยาวคลื่นเพื่อหาสมการแบบเชิงเส้นสำหรับทำนายค่าความเข้มข้นน้ำยางพารา ที่บรรจุน้ำยางพาราจะวางท่ามุม 45 องศา ระหว่างแหล่งกำเนิดแสงและอุปกรณ์รับแสง เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการเลือกความยาวคลื่นที่เหมาะสมสำหรับสร้างสมการ และ เครื่องมือตรวจวัดหาค่าความเข้มข้นน้ำยางพาราด้วยวิธีการทางแสง งานวิจัยนี้ได้สร้างเครื่องมือและหัวตรวจ เพื่อหาสเปกตรัมการสะท้อนกลับ โดยใช้ LED เป็นแหล่งกำเนิดแสง และใช้ Photo Diode เป็นตัวรับแสงที่สะท้อนกลับออกมาจากน้ำยางพาราที่บรรจุอยู่ในถ้วยแก้ว จากนั้นนำมาเปรียบเทียบกับค่าความเข้มข้นน้ำยางพาราโดยวิธีการนำตัวอย่างน้ำยางพาราไปอบแห้ง จากการวิเคราะห์กราฟข้อมูลที่ได้ พบว่าความยาวคลื่นแสงที่มีความเป็นไปได้จากทั้งสองช่วงความยาวคลื่นแสงคือ ความยาวคลื่นแสง 400 nm, 630 nm และ 645 nm จากการสร้างเครื่องมือต้นแบบเพื่อทดสอบความแม่นยำในการทำนายค่าความเข้มข้นของน้ำยางพารา สามารถทำนายค่าความเข้มข้นน้ำยางพารา เปรียบเทียบกับค่าความเข้มข้นน้ำยางพาราที่ได้จากการทำให้แห้ง สามารถทำนายได้โดยมีความผิดพลาดน้อยกว่า 5 %

Research Title

Light Reflectance Method Measurement of Dry rubber content from Latex of Para rubber by Linear Equations.

Research Team: Mr. Phimon Phonphruksa

Mr. Itiphol Potejanasaja

Mr. Autthasat Naktawan

Mr. Montre Chaichanyut

ABSTRACT

The objective of the present study is to investigate an optical reflectance system for prediction percentage of Latex concentrate from Para Rubber Milk by linear equation. We constructed a simplified system with a light detecting by probe (placed LED and Photo Diode opposite 45 degree of glass cup were contained Para rubber milk) to determine the reflectance spectra. We compared the results from our simplified measurement system with the Dry rubber content method. From the analysis, we discovered that wavelengths 400 nm, 630 nm and between 645 are potential optimal choices for use to predict the Latex concentration value. Then, Three LEDs (400 nm, 630 nm and 645 nm) were used as the source which shone light reflected a glass cup, while the photodiode was placed at the opposite 45 degree of the glass cup for light transmission detection. We calibrated our system Latex concentration levels measured by the Dry rubber content method to obtain the linear equation model. We compared the results of our linear equation model for predicting the Latex concentration levels with measured Latex concentration levels from the Dry rubber content method. From our analysis, the error obtained from the linear equation was less than 5%

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
กิตติกรรมประกาศ.....	I
บทคัดย่อ.....	IV
สารบัญ.....	VI
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
บทที่ 2 สมการสำหรับทำนายความเข้มข้นของน้ำยางพาราด้วยวิธีทางแสง.....	8
บทที่ 3 เครื่องมือและหัวตรวจ (Probe) สำหรับวัดค่าความเข้มของแสง.....	23
บทที่ 4 การทำนายค่าความเข้มข้นของน้ำยางพารา.....	28
บทที่ 5 วิเคราะห์ผลการทดลอง.....	35
บรรณานุกรม.....	39
ภาคผนวก.....	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 ตัวอย่างรายละเอียดของ LED ที่ใช้ในการทดลอง.....	25
3.2 รายละเอียด Photo Diode ที่ใช้ในการทดลอง.....	26
5.1 การเปรียบเทียบค่า t จากคู่ความยาวคลื่นแสงทั้งสอง.....	37



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 เมโทรเล็ก หรือ ตาเทคโซมิเตอร์.....	4
2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างการส่งผ่านและการดูดกลืนของแสง.....	11
2.2 องค์ประกอบของน้ำยาพาราที่มีผลต่อค่าการส่งผ่านแสง.....	14
3.1 หัวตรวจชนิดสำหรับวัดค่าการสะท้อนกลับแสง.....	23
3.2 โครงสร้างหัวตรวจสำหรับวัดค่าการสะท้อนกลับแสงจากถ้วยแก้วที่บรรจุน้ำยาพารา.....	23
3.3 Block diagram การทำงานของเครื่องมือสำหรับวัดหาค่าการสะท้อนกลับ.....	24
3.4 วงจรแสดงผลโดยใช้ไอซี TSL230R ที่ให้เอาต์พุตออกมาเป็นความถี่.....	27
4.1 การสะท้อนกลับของความยาวคลื่นแสง 400, 630 และ 645 nm.....	29
4.2 การสะท้อนกลับของความยาวคลื่นแสง 400 และ 630 nm.....	32
4.3 การสะท้อนกลับของความยาวคลื่นแสง 400 และ 645 nm.....	32
4.4 การทำนายเมื่อใช้ค่าการสะท้อนกลับจากความยาวคลื่นแสง 400 nm และ 630 nm.....	33
4.5 การทำนายเมื่อใช้ค่าการสะท้อนกลับจากความยาวคลื่นแสง 400 nm และ 645 nm.....	34

บทที่ 1

บทนำ

ปัจจุบันนี้ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย [1-5] เป็นผลให้เกษตรกรนิยมปลูกกันเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกษตรกรทางภาคใต้ซึ่งจะมีพื้นที่ สภาพแวดล้อมเหมาะสมในการปลูกยางพารา เกษตรกรที่จะปลูกยางพาราจะต้องพิจารณาปัจจัยสำคัญในการตัดสินใจคือ

1. โรคยาง ในแต่ละท้องถิ่นมีการระบาดของโรคแต่ละชนิดแตกต่างกันไป ดังนั้นก่อนที่จะปลูกยางพาราควรศึกษาและพิจารณาก่อนว่าพื้นที่ที่จะปลูกมีโรคอะไรระบาดบ้างและระบาดรุนแรงมากน้อยเพียงใด

2.ลม ในบริเวณที่จะปลูกมีลมแรงก็ควรพิจารณาปลูกเฉพาะพันธุ์ยางที่ต้านทานลมได้ดี

3.ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ดินแต่ละชนิดเหมาะสมกับพันธุ์ยางแต่ละพันธุ์ไม่เหมือนกัน บางพันธุ์จะให้ผลดีเฉพาะพื้นที่ที่ดินอุดมสมบูรณ์เท่านั้น

4.ความลาดชันของพื้นที่ บางพันธุ์ไม่เหมาะสำหรับปลูกในพื้นที่ลาดชันแต่บางพันธุ์เหมาะสมหรือพอจะปลูกได้

5.ความลึกของหน้าดินและระดับน้ำใต้ดิน พื้นที่ที่มีหน้าดินตื้นและมีระดับน้ำใต้ดินสูงไม่เหมาะสมที่จะปลูกยาง โดยปกติต้นยางจะชอบพื้นที่ที่มีหน้าดินลึกและมีการระบายน้ำได้ดี แต่บางพันธุ์ก็สามารถปลูกในพื้นที่ที่มีหน้าดินตื้นและมีระดับน้ำใต้ดินสูงได้

6.แหล่งความรู้ ควรมีแหล่งความรู้เรื่องยางไว้ให้บริการแก่เกษตรกรในพื้นที่ด้วย

ลักษณะของพันธุ์ยางที่ดี

- ให้น้ำยางมากและน้ำยางมีความเข้มข้นสูง
- มีความต้านทานโรค
- ต้านทานลม
- เจริญเติบโตเร็วและสม่ำเสมอทั้งก่อนกรีดและหลังกรีด
- เป็นโรคเปลือกแห้งน้อย
- เปลือกที่กรีดแล้วงอกเร็วและหนาใกล้เคียงกับเปลือกเดิม
- หากใช้สารเคมีเร่งน้ำยางช่วย จะได้ผลผลิตเพิ่มขึ้นมาก

ชนิดของพันธุ์ยางที่เกษตรกรนิยมปลูกกัน

พันธุ์ยางชั้น 1 ได้แก่ ยางพันธุ์ดี เกษตรกรจะปลูกโดยไม่จำกัดพื้นที่ปลูก เช่น

BPM 24 , สงขลา 36 , RRIM 600 , GT 1 , PR255

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PR261

พันธุ์ยางชั้น 2 ได้แก่ ยางพันธุ์ดี เกษตรกรจะปลูกโดยจำกัดพื้นที่ปลูก ปลูกได้ไม่เกิน ร้อยละ 30 ของพื้นที่ปลูกยางที่ถือครอง แต่ละพันธุ์ควรปลูกไม่น้อยกว่า 7 ไร่ เช่น PB 217, RRIC 110, RRIC 100, PB 260,

PB 255, PB 235

พันธุ์ยางชั้น 3 ได้แก่ พันธุ์ยางดี เกษตรกรจะปลูกโดยจำกัดพื้นที่ปลูก ปลูกได้ไม่เกิน ร้อยละ 20 ของพื้นที่ปลูกยางที่ถือครอง แต่ละพันธุ์ควรปลูกไม่น้อยกว่า 7 ไร่ เช่น KRS 251, PR 350, PR 302, RRIC 101,

BPM 1, RRIM 712, KRS 250, KRS 226, KRS

225, KRS 218, PB 311, RRIC 121

การหาค่าเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้ง

น้ำยาง หรือที่เรียกกันโดยทั่วไปว่า น้ำยางสด ซึ่งในที่นี้จะหมายถึง น้ำยางที่กรีดได้จากต้นยางพารา ซึ่งจะมีลักษณะเป็นของเหลวสีขาวขุ่น มีกลิ่นหอมเล็กน้อย มีความฉ่ำจำเพาะหรือความหนาแน่นประมาณ 0.98

ส่วนประกอบของน้ำยาง

1. ส่วนที่เป็นเนื้อยาง ประมาณ 22% - 48%
2. ส่วนที่ไม่ใช่ยาง ประมาณ 65%
 - 2.1 ส่วนที่เป็นน้ำ ประมาณ 60%
 - 2.2 ส่วนที่เป็นสารต่างๆ ประมาณ 5%

เนื้อยางแห้ง คือ ปริมาณที่แขวนลอยลอยอยู่ในน้ำยาง เมื่อถูกทำให้เกิดการจับตัว อย่างสมบูรณ์จะสามารถนำไปรีดให้เป็นแผ่นบาง เมื่อนำไปอบให้แห้งจะได้แผ่นยางใส เมื่อนำไปช่างคำนวณออกมาแล้วจะสามารถบอกได้ว่ายางจำนวนนั้นมีปริมาณเนื้อยางแห้งอยู่เท่าใด

ปัจจุบันความต้องการของน้ำยางชั้นในวงการอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยางมีมากขึ้น ทำให้เกษตรกรชาวยางหันมาขายน้ำยางกันมากขึ้น แต่การซื้อขายน้ำยางสดนั้นราคาที่ได้รับจะขึ้นอยู่กับเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งในน้ำยางสด ดังนั้นการหาค่าเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งในน้ำยางสด จะต้องถูกต้องและชัดเจน ซึ่งจะทำให้ได้รับความยุติธรรมทั้งผู้ซื้อและเกษตรกรชาวสวนยาง

การหาค่าเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งในน้ำยางสดมีอยู่หลายวิธี แต่ที่นิยมปฏิบัติกันอยู่ในขณะนี้ มี 2 วิธี คือ

1. วิธีใช้เครื่องมือวัดเมโทรแล็ค (Metrolac)
2. วิธีมาตรฐานในห้องปฏิบัติการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีใช้เครื่องมือเมโทรแล็ค

เมโทรแล็ค หรือ ลาเทคโซมิเตอร์ (Latexometer) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดความเข้มข้นของน้ำยาง ถ้าในน้ำยางมีอนุภาคของน้ำยางหนาแน่นมาก (ปริมาณเนื้อยางมาก) เมโทรแล็คก็จะจมลงมาก ค่าที่อ่านได้ค่าเนื้อยางสูง แต่ถ้าหากน้ำยางมีอนุภาคของน้ำยางหนาแน่นน้อย (ปริมาณเนื้อยางน้อย) เมโทรแล็คก็จะจมลงไปน้อย ค่าที่อ่านจะได้ค่าเนื้อยางต่ำ

วิธีการหาค่าปริมาณเนื้อยางแห้งโดยใช้วิธีนี้จะเป็นที่นิยมใช้ในภาคสนาม เช่น โรงงาน และจุดรับซื้อน้ำยางในสวนยางขนาดใหญ่ซึ่งจะคำนวณหาปริมาณเนื้อยางแห้งได้เร็ว เป็นวิธีที่ง่ายและสะดวก แต่ผลที่ได้จากการวัด จะเป็นค่าคะแนนเท่านั้น ทำให้เกิดข้อผิดพลาดค่อนข้างสูง

ข้อพึงระวังในการใช้เมโทรแล็ค

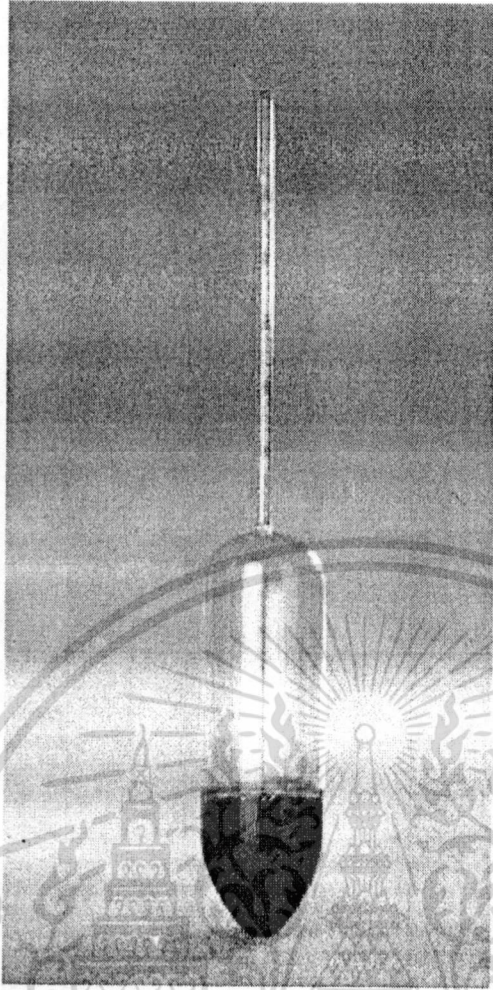
1. ไม่เจือปนสิ่งอื่นใดลงในน้ำยางโดยเด็ดขาด
2. น้ำที่นำมาผสมในน้ำยางจะต้องสะอาดและควรมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับน้ำยาง
3. ผสมน้ำยางกับน้ำสะอาดในอัตรา 1:2 หรือ 1:1
4. ต้องล้างเมโทรแล็คให้สะอาด และในขณะที่ใช้ต้องแช่เมโทรแล็คลงในน้ำที่เตรียมไว้ เพื่อให้อุณหภูมิคงที่ และลดแรงตึงผิว
5. ต้องอ่านค่าเมโทรแล็คขณะหยุดนิ่ง และอ่านที่บริเวณผิวน้ำยางตัดกับก้านเมโทรแล็คเท่านั้น

ชนิดของเมโทรแล็ค

เมโทรแล็คที่นิยมใช้กันทั่วไปมี 2 ระบบ คือ

- ระบบอังกฤษ
- ระบบเมตริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.1 เมโทรเล็ก หรือ ลาเทคโซมิเตอร์

ขั้นตอนการวัดค่าเนื้องานแห้งโดยใช้เมโทรเล็ก

1. ก่อนใช้เมโทรเล็กควรแช่เมโทรเล็กในกระบอกบรรจุน้ำสะอาดที่เตรียมไว้ เพื่อให้อุณหภูมิคงที่และช่วยลดแรงตึงผิว
2. ตวงน้ำยางที่ต้องการวัด 1 ส่วน ผสมกับน้ำสะอาด 1 หรือ 2 ส่วน เทลงในกระบอกตวงแล้วควนให้เข้ากัน
3. เป่าฟองอากาศที่ลอยอยู่บนผิวเหนือกระบอกตวงให้หมด แล้วค่อยๆ หย่อนเมโทรเล็กลงไป ในกระบอกตวงแล้วปล่อยให้ลอยอย่างอิสระ
4. เมื่อเมโทรเล็กหยุดนิ่งแล้วอ่านค่าที่ก้านเมโทรเล็ก โดยอ่านที่บริเวณผิวหน้าตัดกับเมโทรเล็ก
5. ค่าที่อ่านได้หากผสมน้ำ 1 ส่วน น้ำยาง 1 ส่วน ให้คูณด้วย 2 หากผสมน้ำ 2 ส่วน น้ำยาง 1 ส่วน ให้คูณด้วย 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างระบบอังกฤษ

สมมติว่ายางมีความเข้มข้น 45% จะอ่านค่าได้จากเมโทรแล็คคือ

$$\text{ค่าที่อ่านได้} = 1.5$$

$$\text{ปริมาณเนื้อยางแห้ง} = 1.5 \times 3 = 4.5$$

(หมายความว่า น้ำยาง 1 แกลลอน มีเนื้อยางแห้งจำนวน 4.5 ปอนด์ หรือ 45%)

ตัวอย่างระบบเมตริก

สมมติว่ายางมีความเข้มข้น 45% จะอ่านค่าได้จากเมโทรแล็คคือ

$$\text{ค่าที่อ่านได้} = 150$$

$$\text{ปริมาณเนื้อยางแห้ง} = 150 \times 3 = 450$$

(หมายความว่า น้ำยาง 1 ลิตร มีเนื้อยางแห้งจำนวน 450 กรัม หรือ 45%)

วิธีการคิดเงิน

ขายได้เงิน = (เปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้ง / 100) x น้ำหนักยาง x ราคาต่อกิโลกรัม

ตัวอย่าง น้ำยาง 50 ลิตร (กิโลกรัม) วัดเนื้อยางแห้งได้ 45% ราคาน้ำยางรับซื้อ กิโลกรัมละ

30 บาท จะได้เงินเท่ากับ

$$\text{เงินที่ได้} = (45 / 100) \times 50 \times 30 = 675 \text{ บาท}$$

วิธีมาตรฐานในห้องปฏิบัติการ

วิธีนี้ส่วนมากผู้ซื้อน้ำยางสดจะนำมาดัดแปลงให้มีการปฏิบัติที่สะดวกและง่ายขึ้น ซึ่งเป็นวิธีที่ให้ค่าความถูกต้องและแม่นยำสูงมาก เกษตรกรชาวสวนยางสามารถเรียนรู้ได้ไม่ยากและสามารถนำไปปฏิบัติเองแล้วนำผลมาเปรียบเทียบกับพ่อค้าขายได้

ข้อดีของวิธีมาตรฐานในห้องปฏิบัติการ คือ จะให้ค่าความถูกต้องแม่นยำสูง

ข้อเสียของมาตรฐานในห้องปฏิบัติการ คือ จะใช้เวลาดำเนินการ 1-2 วัน

ขั้นตอนการหาเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งโดยใช้วิธีมาตรฐานในห้องปฏิบัติการ

1. สุ่มตัดตัวอย่างน้ำยางที่ต้องการหาเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้ง

2. ชั่งน้ำยางตัวอย่างใส่จานๆ ละ 10 กรัม โดยใช้เครื่องชั่งชนิดละเอียดหรือเครื่องชั่ง

อิเล็กทรอนิกส์

3. เติมน้ำกลั่นหรือน้ำสะอาดลงในถ้วยๆ ละ ประมาณ 20 ซีซี

4. เติมกรดอะซิติก 2% ลงในถ้วยๆ ละ ประมาณ 15-20 ซีซี

5. วางไว้ให้ยางจับตัวประมาณ 30 นาที

6. นำยางแผ่นตัวอย่างที่จับตัวแล้วมารีดให้เป็นแผ่นให้มรขนาดบาง 2 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. นำยางแผ่นตัวอย่างที่รีดจนบางแล้วล้างให้สะอาด

8. นำยางแผ่นตัวอย่างไปอบให้แห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นานประมาณ 16 ชั่วโมง

9. นำยางแผ่นที่อบแห้งแล้วทิ้งไว้ให้เย็นแล้วนำไปชั่งน้ำหนัก จนน้ำหนัก แล้วนำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งต่อไป

10. ทำการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งโดยใช้สูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้ง} = \left(\frac{\text{น้ำหนักแผ่นยางแห้ง}}{\text{น้ำหนักยางสด}} \right) \times 100$$

ตัวอย่าง

สมมุติ

$$\text{น้ำยางสดหนัก} = 10 \text{ กรัม}$$

$$\text{แผ่นยางแห้งหนัก} = 4.5 \text{ กรัม}$$

เมื่อแทนค่าในสูตร จะได้

$$\begin{aligned} \text{เปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้ง} &= \left(\frac{4.5}{10} \right) \times 100 \\ &= 45\% \end{aligned}$$

วิธีการคิดเงิน

$$\text{ขายได้เงิน} = \left(\frac{\text{เปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้ง}}{100} \right) \times \text{น้ำหนักของน้ำยาง} \times \text{ราคาต่อกิโลกรัม}$$

ข้อได้เปรียบในการซื้อขายน้ำยาง

เกษตรกรชาวสวนยาง

1. ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อวัสดุอุปกรณ์ การแปรรูปยางแผ่นดิบ เช่น ตะกง จักรรีดยางและน้ำกรด

2. ไม่ต้องเสียเวลาในการทำยางแผ่น

3. ได้รับเงินจากการขายน้ำยางได้เร็วขึ้น เพราะไม่ต้องเสียเวลาคอยให้แผ่นยางดิบแห้ง ซึ่งต้องใช้เวลา 5-7 วัน

4. ซื้อขายตามราคาที่ตกลงกัน และตามน้ำหนักเนื้อยางแห้ง ซึ่งเกษตรกรไม่ต้องเสียเวลาในการต่อรองราคาเหมือนยางแผ่นดิบ

5. ผู้ซื้อหรือผู้ประกอบการ โรงงานแปรรูปยาง จะนำภาชนะไปตั้งจุดรับซื้อน้ำยางที่ใกล้ที่สุด และสะดวกแก่เกษตรกรที่จะนำน้ำยางมาขายให้

6. ขายได้ในราคาที่สูงกว่ายางแผ่นที่ไม่ร่นควัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อสร้างเครื่องตรวจสอบปริมาณเนื้อยางในน้ำยาง โดยใช้วิธีการสะท้อนกลับของแสง
2. เพิ่มประสิทธิภาพ ความละเอียด การใช้งานที่ง่าย และรวดเร็ว ในการตรวจสอบความเข้มข้นของน้ำยางพารา
3. เพื่อตรวจสอบ รักษาหรือเพิ่มมาตรฐาน ในการควบคุมคุณภาพของน้ำยางพาราไทย

ขอบเขตของงานวิจัย

โครงการวิจัยชิ้นนี้เป็นการศึกษาและทดลองการวัดความเข้มข้นของน้ำยางพารา ซึ่งมีระยะเวลาในการศึกษาและทดลอง 1 ปี ซึ่งเนื้อหาภายในเล่มนี้จะประกอบไปด้วย

บทที่ 1 บทนำ จะกล่าวถึงความป็นมาของโครงการ รายละเอียดเกี่ยวกับยางพารา วิธีวัดค่าความเข้มข้นของน้ำยางที่นิยมใช้กัน วัตถุประสงค์และขอบเขตของโครงการ

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง จะกล่าวถึงทฤษฎี กฎของ Beer คือ การลดทอนลงของแสงที่เดินทางผ่านตัวกลาง ซึ่งทฤษฎีนี้สามารถนำหลักการมาใช้ประกอบกับโครงการนี้ได้ รวมทั้งที่มาของสมการต่างๆที่ใช้ในการทดลอง

บทที่ 3 การออกแบบการออกแบบหัวตรวจและลักษณะการใช้งาน รวมถึงวงจรทางด้านฮาร์ดแวร์ทั้งหมดที่ใช้ในการทดลอง

บทที่ 4 จะกล่าวถึงการทดลอง การวิเคราะห์ความแม่นยำ และข้อผิดพลาดต่างๆ

บทที่ 5 เป็นการสรุปผลการทดลองและแนวทางในการพัฒนาต่อไป

บทที่ 2

สมการสำหรับทำนายความเข้มข้นของน้ำยาทางแสง

ในบทนี้จะกล่าวถึงสมการที่สำคัญ สำหรับนำมาคำนวณหาค่าความเข้มของความเข้มข้นน้ำยาทางแสงด้วยวิธีการทางแสง โดยเริ่มจากสมการพื้นฐานของ Beer's Law จากนั้นจะได้กล่าวถึงการส่งผ่านและการดูดกลืนของแสง การนำสมการของ Beer's Law มาประยุกต์ใช้สำหรับหาสมการทำนายความเข้มข้นน้ำยาทางแสง ในบทนี้ได้นำเสนอสมการสองรูปแบบคือ สมการสำหรับทำนายค่าความเข้มข้นน้ำยาทางแสงจากค่าการดูดกลืน (absorbance) [11-14] และอีกสมการหนึ่งใช้ค่าการส่งผ่าน (transmittance) การทำนายค่าความเข้มข้นน้ำยาทางแสง ในการทดลองครั้งนี้จะเน้นการทำนายค่าความเข้มข้นน้ำยาทางแสงจากค่าการส่งผ่านแสงผ่านหลอดแก้วที่บรรจุน้ำยาทางแสงเป็นหลัก

2.1 Beer's Law

Beer's Law กล่าวถึงการลดทอนลงของแสงที่เดินทางผ่านตัวกลางที่มีความสม่ำเสมอ (uniform) จะถูกดูดกลืนจากสารประกอบที่อยู่ในตัวกลาง การดูดกลืนจะมีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้น (linear) กับความหนาแน่น (concentration) ของสารประกอบในตัวกลางนั้น เราสามารถเขียนสมการ Beer's Law ในรูปทั่วไปได้ดังนี้

$$A = \epsilon(\lambda)cd \quad (2.1)$$

เมื่อ A คือการวัดค่าการดูดกลืน $\epsilon(\lambda)$ เป็นสัมประสิทธิ์การดูดกลืนที่ขึ้นกับแต่ละความยาวคลื่น c เป็นความเข้มข้นของสารละลายในตัวกลาง d เป็นความยาวของตัวกลางที่แสงส่งผ่าน โดยทั่วไปในการทดลองวัดหาค่าความเข้มข้น มักจะใช้ในรูปของการส่งผ่านโดยสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$I = I_0 e^{-\epsilon(\lambda)cd} \quad (2.2)$$

เมื่อแสงที่ส่งผ่านเป็นแสงความยาวคลื่นเดียว (monochromatic) และแสงที่ตกกระทบ (incident light) มีความเข้มแสงเป็น I_0 แสงที่ตกกระทบตัวกลางจะแยกออกเป็นสองส่วนใหญ่ๆด้วยกัน คือแสงส่วนหนึ่งจะส่งผ่านออกไปสู่อีกด้านหนึ่งของตัวกลาง (transmitted) แสงอีกส่วนหนึ่งจะถูกดูดกลืน (absorbed)

จากตัวกลาง ถ้าความเข้มของแสงที่ส่งผ่านออกมาจากตัวกลางคือ I ความเข้มที่ส่งผ่านออกมาจากตัวกลางนี้จะมีค่าลดลงแบบเอกซ์โปเนนเชียล ตามระยะทางความยาวของตัวกลาง เมื่อ $\epsilon(\lambda)$ คือ extinction coefficient หรือความสามารถในการดูดกลืนของสสารที่ค่าความยาวคลื่นแสงนั้นๆ c เป็นความเข้มข้นหรือความหนาแน่นของตัวกลาง และ d เป็นระยะทางของตัวกลางที่แสงส่งผ่าน โดยค่าความเข้มข้นของตัวกลางจะวัดในหน่วยของ mmol L^{-1} และ extinction coefficient จะคิดในหน่วย $\text{L mmol}^{-1} \text{cm}^{-1}$ Beer's Law มีพื้นฐานมาจากคุณสมบัติการรวมกันของแสงที่ส่งผ่านตัวกลางและแสงที่ถูกดูดกลืนจากตัวกลางที่ต้องมีค่าเท่ากับแสงที่ตกกระทบ โดยไม่รวมแสงที่เกิดจากการสะท้อน (reflection) บริเวณผิวหน้าของตัวกลางและแสงที่เกิดการกระจาย (scattering) ออกไปจากตัวกลาง

2.1.1 การส่งผ่าน (Transmittance) และการดูดกลืนของแสง (Absorbance)

แสงที่ส่งผ่านตัวกลาง (T) เมื่อมีการดูดกลืนจากสสารในตัวกลางนั้น เป็นอัตราส่วนของแสงที่ส่งผ่านตัวกลางออกไปได้ (I) ต่อแสงที่ตกกระทบก่อนที่จะผ่านตัวกลาง (I_0)

$$T = \frac{I}{I_0} = e^{-\epsilon(\lambda)cd} \quad (2.3)$$

แสงที่มีการดูดกลืน (A) โดยไม่มีการกระจายออกจากตัวกลางจะมีค่าเท่ากับ ค่าลบของ natural logarithm แสงที่ส่งผ่านตัวกลาง ทำให้ไม่ยุ่งยากในการหาค่าการดูดกลืนจากการส่งผ่านของแสงเมื่อไม่คิดการกระจายของแสงจากตัวกลาง (unscattered absorbance) การดูดกลืนจะมีค่าเท่ากับสมการที่ 2.4 สำหรับการดูดกลืนบางครั้งเราก็เรียกว่าเป็นคุณสมบัติความหนาแน่นทางแสงของตัวกลาง (optical density of a medium)

$$A = -\ln T = \epsilon(\lambda)cd \quad (2.4)$$

การดูดกลืนของแสงหลายความยาวคลื่น จากตัวกลางที่มีสสารประกอบอยู่ด้วยหลายแบบจากคุณสมบัติของ Beer's Law การดูดกลืนแสงจากสสารในตัวกลางมากกว่าหนึ่งชนิดนั้นจะเป็นผลรวมของการดูดกลืนแสง ในแต่ละความยาวคลื่นแสงจากสสารแต่ละชนิดเข้าด้วยกันเป็นการดูดกลืนสุทธิ โดยสามารถแทนการดูดกลืนนั้นด้วยสมการทางคณิตศาสตร์แบบวางซ้อน (super position) จากการดูดกลืนของแสงแต่ละส่วนเข้าด้วยกัน ผลที่ได้ก็จะเป็นการดูดกลืนของแสงทั้งหมด (A_t) เมื่อมีการส่งแสงผ่านเข้าไปในตัวกลางที่มีสสารประกอบหลายๆ ชนิดการดูดกลืนจากสสาร n แบบก็จะมีค่าเท่ากับ

ผลรวมของการดูดกลืน n ค่าเข้าด้วยกันดังสมการที่ 2.4 โดยสามารถเขียนอยู่ในรูปผลรวมของความหนาแน่นจากสารประกอบแต่ละแบบที่ค่า extinction coefficient ของความยาวคลื่นแสงแต่ละความยาวคลื่น

$$A_t = \varepsilon_1(\lambda)c_1d_1 + \varepsilon_2(\lambda)c_2d_2 + \dots + \varepsilon_n(\lambda)c_nd_n = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i(\lambda)c_id_i \quad (2.5)$$

เมื่อ $\varepsilon_i(\lambda)$ และ c_i แทน extinction coefficient และความหนาแน่นของสารในตัวกลางที่ i และ d_i แทนความยาวตลอดช่วงที่มีการดูดกลืนจากตัวกลางที่แสงส่งผ่าน ซึ่งจะมีความแตกต่างกันไปจากสารที่ประกอบอยู่ในตัวกลางแต่ละแบบ โดย Beer's Law จะเป็นการหาความหนาแน่นของตัวกลางแต่ละแบบที่แตกต่างกัน n ชนิดที่รวมกันอยู่ในตัวกลางเดียวกัน ถ้าเราวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นแสงแตกต่างกัน n ค่าและรู้ค่า extinction coefficient ของสารประกอบแต่ละตัวที่รวมอยู่ในตัวกลางนั้น

2.1.2 Spectrophotometers

Spectrophotometry เป็นพื้นฐานของเครื่องมือที่ใช้วัดหาค่าองค์ประกอบต่างๆภายในของเหลว โดยได้มีการนำมาใช้เก็บข้อมูล เพื่อวิเคราะห์หาความยาวคลื่นแสงที่สามารถนำมาใช้วัดค่าต่างๆ เช่นหาค่าองค์ประกอบของเลือดจากภายนอกร่างกายเช่น ค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนเป็นต้น หรือค่าความเข้มข้นน้ำยารักษาที่จะได้กล่าวถึงในการทดลองครั้งนี้ โดยทั่วไปอะตอมของสารแต่ละอย่างจะมีการสั่นและกำเนิดความถี่ออกมาเป็นรูปแบบที่มีลักษณะเฉพาะ (specific patterns) ดังนั้นจึงสามารถใช้ลักษณะเฉพาะของความถี่นี้ในการจำแนกสารแต่ละชนิดได้ โดยนำรูปแบบของความถี่ที่กำเนิดออกมาจากสารแต่ละชนิดเปรียบเทียบกับรูปแบบมาตรฐานที่มีอยู่แล้ว นอกจากนี้เมื่อมีการส่งแสงผ่านสารนั้นๆ รูปแบบลักษณะการส่งผ่านของความยาวคลื่นแสงก็จะคล้ายกับความถี่ที่เกิดจากการสั่น spectrophotometer จึงเป็นเครื่องมือที่ใช้ตรวจวัดหาความเข้มของแสงที่ส่งผ่านสารในแต่ละความยาวคลื่น สัดส่วนของการส่งผ่าน (transmitted) จะแปรผกผันกับการดูดกลืน (absorbed) โดยการดูดกลืนจะถูกกำหนดจากความสามารถในการดูดกลืน (absorptivity) หรือ extinction coefficient ของสารนั้นๆ ค่า extinction coefficient ของสารต่างๆสามารถหาได้โดยการวาดกราฟเพื่อดูลักษณะการดูดกลืนที่หลายๆความยาวคลื่นแสง โดยสเปกตรัมการดูดกลืนจะมีลักษณะเฉพาะไม่เหมือนกันสำหรับสารแต่ละอย่าง

Photo detector เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนความเข้มของแสงที่มากกระทบให้เป็นกระแสไฟฟ้า ค่าของกระแสไฟฟ้าที่ได้จากตัวโฟโตดีเทคเตอร์จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มของแสงที่ส่งผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกมาตกระทบตัวโฟโตดีเทคเตอร์ ในการวัดจะให้ความเข้มของแสงที่ตกกระทบบัวกลาง (incident light) แทนด้วย I_0 และแสงที่ส่งผ่านออกมาจากตัวกลาง (transmitted light) แทนด้วย I ค่าการส่งผ่าน (transmittance) แทนด้วย T จะสามารถคำนวณค่าการส่งผ่านได้ดังสมการที่ 2.

$$T = \frac{I}{I_0} \quad (2.6)$$

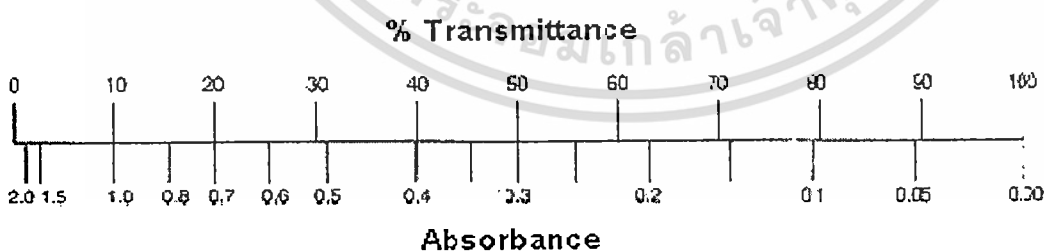
เนื่องจากว่าในแต่ละ Molecule ของสสารจะมีสัดส่วนการดูดกลืนแสงที่เท่ากันดังนั้นการดูดกลืนของแสงที่ส่งผ่านสสารแต่ละแบบจะมีความเป็นเชิงเส้น (linear) กับเปอร์เซ็นต์ค่าความหนาแน่นของสสารนั้น จากการวัดค่าการส่งผ่าน (T) ก็จะสามารถคำนวณหาการดูดกลืน (A) ได้ดังสมการที่ 2.7

$$A = 2 - \log(\% T) \quad (2.7)$$

เมื่อนำ Beer's Law มาใช้ประกอบเพื่อหาปริมาณของสสารที่ประกอบอยู่ในของเหลวนั้นก็จะสามารถหาได้ดังสมการที่ 2.8

$$A = \epsilon(\lambda)cd \quad (2.8)$$

ในรูปที่ 2.1 แสดงอัตราส่วนของการส่งผ่านแสงและการดูดกลืนแสง เมื่อแสงสามารถส่งผ่านตัวกลางได้ทั้งหมด 100 % นั่นคือค่าการดูดกลืนเท่ากับ 0 แต่ถ้าแสงไม่สามารถส่งผ่านตัวกลางได้เลยนั่นคือการดูดกลืนจะมีค่าเป็นอนันต์



รูปที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างการส่งผ่านและการดูดกลืนของแสง

2.2 สเปคตรัมการดูดกลืนแสงของน้ำยางพารา

ในส่วนนี้จะพูดถึงรูปแบบของน้ำยางพาราในรูปแบบต่างๆ และดูว่าน้ำยางพาราในรูปแบบใดที่เหมาะสมสำหรับการตรวจวัดค่าความเข้มข้น นอกจากนี้จะกล่าวถึงคุณสมบัติในการดูดกลืนแสงของน้ำยางพารารวมทั้งองค์ประกอบที่สำคัญสำหรับการหาค่าความเข้มข้นน้ำยางพารา การเลือกความยาวคลื่นแสงสำหรับวัดค่าความเข้มข้นน้ำยางพารา การพิจารณาหาความยาวคลื่นแสงที่มีความเป็นไปได้สำหรับนำมาสร้างสมการ เพื่อหาค่าความเข้มข้นน้ำยางพาราว่ามีความยาวคลื่นอยู่ในช่วงใด และความเข้มข้นของน้ำยางพาราควรมีคุณสมบัติการดูดกลืน หรือว่าการส่งผ่านแสงในช่วงความยาวคลื่นแสงที่ได้ทำการทดลองเป็นอย่างไร

2.2.1 องค์ประกอบของน้ำยางพารา

น้ำยางพารามีองค์ประกอบหลัก อยู่สามอย่างด้วยกันคือซึ่งประกอบด้วยส่วนที่สำคัญคือ น้ำส่วนที่เป็นของแข็งแต่ไม่ใช่ยาง (Non rubber solid) และส่วนที่เป็นยาง (rubber hydrocarbon) [1-5] ส่วนที่เป็นน้ำ (Watery) ส่วนนี้ทำหน้าที่เป็นตัวกลาง (Medium) ของ (Colloids) มีอยู่ประมาณ 60% ของน้ำยางบริสุทธิ์ มีความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 1

ส่วนที่เป็นของแข็งแต่ไม่ใช่ยาง (Non-rubber solid) ประกอบด้วย Protein, Lipids, Carbohydrate และ Inorganic salts มีอยู่ทั้งสิ้นประมาณ 5% โดยน้ำหนักของน้ำยาง มีทั้งที่อยู่ในรูปสารละลายและสารแขวนลอยขององค์ประกอบเหล่านี้ทำให้ส่วนที่เป็นน้ำกลายเป็นน้ำที่ไม่บริสุทธิ์น้ำยางที่รวมเอาส่วนนี้เข้าไปด้วยเรียกว่า Serum มีความถ่วงจำเพาะประมาณ 1.02

ส่วนที่เป็นยาง (Rubber Hydrocarbon) เป็นส่วนที่มนุษย์เรานำไปใช้ประโยชน์ พวกยางแผ่น ยางแท่ง ยางเครพ หรือยางทุกรูปแบบที่ซื้อขายกันอยู่ในตลาดได้ไปจากส่วนนี้ทั้งสิ้น น้ำยางที่ยังสดอยู่ส่วนนี้จะอยู่กันเป็นเม็ดๆ เรียกว่า อนุภาคยาง (Rubber Particles) ซึ่งแขวนลอย (Suspended) อยู่ในส่วนที่เป็นของเหลว (Serum) และมีประจุไฟฟ้าเป็นลบ (Negative Charges) อนุภาคยางมีความถ่วงจำเพาะ 0.92 ซึ่งเบากว่าส่วนที่เป็นตัวกลางซึ่งมีค่าความถ่วงจำเพาะประมาณ 1.02 แต่ที่อนุภาคยางไม่ลอยฟ่องอยู่บนผิวของตัวกลางก็เพราะว่า แรงผลักระหว่างกันและกันอันเนื่องมาจากการมีประจุไฟฟ้าที่เหมือนกันทำให้อนุภาคยางเคลื่อนที่ไปมาแบบไร้ทิศทาง (Brownian Movement) อยู่เสมอ ส่วนที่เป็นยางนี้มีอยู่ในน้ำยางในปริมาณไม่แน่นอน มีตั้งแต่ 22% จนถึง 48% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์ อายุ ระบบกรีด และฤดูกาล ดังนั้นในการซื้อจากน้ำหนักหรือปริมาณของน้ำยางโดยตรงได้ จะต้องใช้น้ำหนักของส่วนที่เป็นยางเรียกว่า DRC หรือ Dry Rubber Content แต่เพียงอย่างเดียว แต่โดยทั่วไปแล้วน้ำยางสดจะมีส่วนเป็นยาง หรือ DRC เฉลี่ยประมาณ 35%

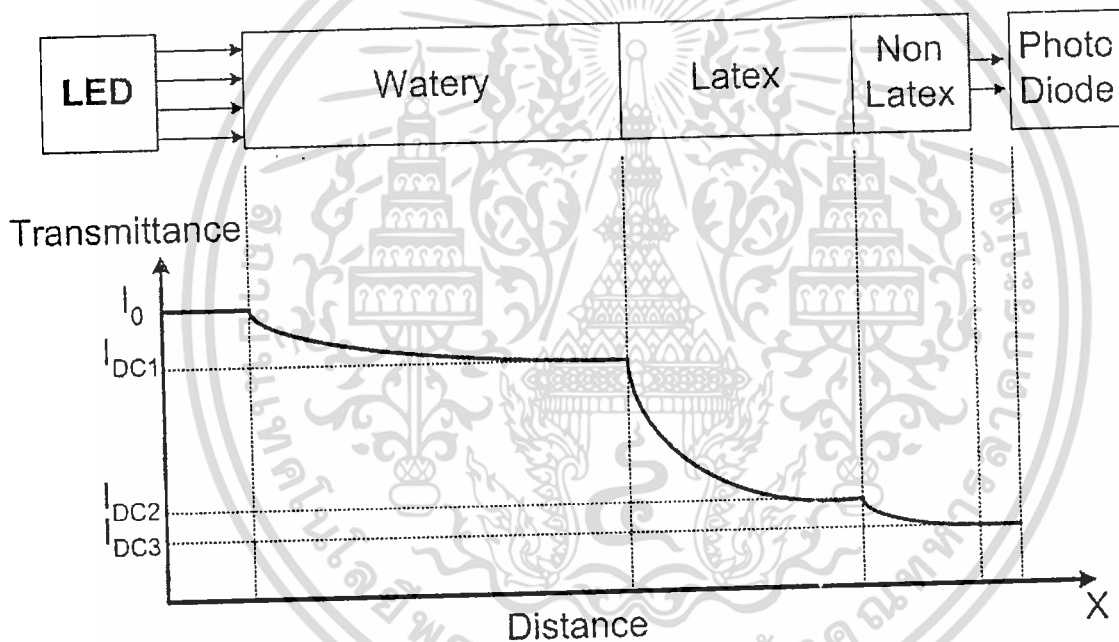
2.2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดกลืนหรือการส่งผ่านแสงของน้ำยางพารา

การดูดกลืนหรือการส่งผ่านแสงของน้ำยางพารานั้นจะมีการเปลี่ยนแปลง โดยสามารถแบ่งออกได้เป็นสามส่วนใหญ่ๆ คือส่วนที่เป็นน้ำที่เป็นองค์ประกอบหลักของน้ำยางพารา ส่วนที่สองคือส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อและส่วนที่สามคือส่วนที่เป็นของแข็งแต่ไม่ใช่ยาง การเปลี่ยนแปลงค่าการดูดกลืนหรือค่าการส่งผ่านจะเป็นค่าคงที่ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงในระยะเวลาสั้นๆ ที่ทำการวัด ในช่วงที่น้ำยางพารายังไม่จับตัวเป็นก้อน ดังนั้นจึงตัดผลกระทบนี้ทิ้งไปเนื่องจากช่วงเวลาไม่ถึง 30 วินาทีในการวัดแต่ละครั้ง โดยในการทดลองครั้งนี้จะทำการวิเคราะห์ค่าความเข้มของแสงที่ส่งผ่านน้ำยางพารา ที่บรรจุในถ้วยแก้วในรูปของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง โดยให้ค่าการดูดกลืนหรือการส่งผ่านแสงเป็นค่าคงที่สามส่วนด้วยกัน และให้ความยาวคลื่นแสงที่พิจารณาเลือกทั้งสอง มีค่าการส่งผ่านเปลี่ยนแปลงจากความเข้มข้นของน้ำยางพาราส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อที่มีค่าเปลี่ยนแปลงไปเพียงปัจจัยเดียว และในการทดลองครั้งนี้จะคำนวณหาค่าความเข้มข้นน้ำยางพารา โดยใช้ค่าการส่งผ่านแสงที่ส่งผ่านออกมาจากถ้วยแก้วที่ใสตัวอย่างน้ำยางพาราเป็นหลัก

2.3 สมการในการคำนวณหาค่าความเข้มข้นน้ำยางพาราด้วยวิธีทางแสง

การวัดหาค่าความเข้มข้นของปริมาณยางในน้ำยางพาราโดยใช้การส่งผ่านแสง โดยตัวอย่างน้ำยางพาราในการทดลองครั้งนี้จะบรรจุอยู่ในถ้วยแก้ว และเป็นการวัดค่าปริมาณการส่งผ่านของแสง โดยด้านหนึ่งเป็น LED ซึ่งใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสงและอีกด้านหนึ่งของถ้วยแก้วเป็น Photo Diode ที่ใช้เป็นตัวรับแสง ระยะห่างระหว่างตัวรับและตัวส่ง 1 cm ความสูงของน้ำยางพาราในถ้วยแก้วสูง 1 mm และจะใช้แสงสองความยาวคลื่น ที่มีคุณสมบัติการส่งผ่านแสง ขึ้นกับปริมาณความหนาแน่นของความเข้มข้นน้ำยางพาราที่มีปริมาณเนื้อเยื่อต่างกัน ใช้เป็นค่าการส่งผ่านแสงสำหรับแทนลงไปนสมการแบบเชิงเส้นที่จะได้กล่าวถึงต่อไป โดยให้เป็นความยาวคลื่นแสงอ้างอิงที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามค่าความเข้มข้นน้ำยางพาราหนึ่งค่า และความยาวคลื่นแสงที่มีการเปลี่ยนแปลงตามค่าความเข้มข้นน้ำยางพาราอีกหนึ่งค่า สำหรับในการทดลองครั้งนี้จะเป็นการคำนวณหาค่าความเข้มข้นน้ำยางพาราในรูปแบบของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง เนื่องจากปริมาณขององค์ประกอบต่างๆ ในน้ำยางพาราขณะที่ทำการวัดค่อนข้างคงที่ และใช้ระยะเวลาในการวัดแต่ละครั้งไม่มากนักเพื่อให้สมการไม่มีความยุ่งยาก ในการคำนวณมากนัก จึงตัดผลกระทบด้านอื่นๆ ที่อาจเกิดขึ้นไม่นำมาพิจารณาประกอบในสมการ ขั้นตอนแรกของการทดลอง จะเป็นการพิจารณาหาความยาวคลื่นแสงที่มีค่าการส่งผ่านแสงเปลี่ยนแปลง ตามค่าความเข้มข้นของปริมาณเนื้อเยื่อในน้ำยางพาราต่างกันสองค่าคือ ความยาวคลื่นแสงค่าแรกจะมีอัตราการเปลี่ยนแปลงน้อยหรือมีค่าการส่งผ่านค่อนข้างคงที่เมื่อความเข้มข้นน้ำยางพาราเปลี่ยนค่าไป โดย

ความยาวคลื่นแสงค่านี้จะใช้เป็นความยาวคลื่นแสงอ้างอิง และอีกความยาวคลื่นแสงหนึ่งค่าการส่งผ่านแสงจะเปลี่ยนแปลง ตามค่าความเข้มข้นของปริมาณเนื้อยางในน้ำยางพาราที่เปลี่ยนค่าไปมากกว่าความยาวคลื่นแสงแรก เพื่อใช้เป็นความยาวคลื่นแสงที่มีการเปลี่ยนแปลงตามค่าความเข้มข้นน้ำยางพารา จากนั้นจะได้นำทั้งสองความยาวคลื่นแสงที่เลือกมาสร้างสมการสำหรับทำนายค่าความเข้มข้นน้ำยางพาราต่อไป เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของน้ำยางพาราส่วนที่มีผลต่อการส่งผ่านของแสง โดยเริ่มพิจารณาจากแหล่งกำเนิดแสงจนส่งผ่านไปยังตัวรับแสงที่อยู่ฝั่งตรงกันข้ามของน้ำยางพาราที่บรรจุอยู่ในถ้วยแก้ว ดังรูปที่ 2.2 การส่งผ่านจะประกอบด้วยสามส่วนใหญ่ๆที่ได้กล่าวไว้แล้ว คือส่วนที่เป็นน้ำ ส่วนที่เป็นปริมาณเนื้อยางและส่วนที่เป็นของแข็งแต่ไม่ใช่ยาง ลักษณะการลดลงของค่าความเข้มแสง (I) เป็นแบบเอกซ์โปเนนเชียล (Exponential) กับระยะทาง (X)



รูปที่ 2.2 องค์ประกอบของน้ำยางพาราที่มีผลต่อค่าการส่งผ่านแสง

เมื่อให้ความยาวคลื่นแสงที่เลือกมีการเปลี่ยนแปลง ตามค่าความเข้มข้นของปริมาณเนื้อยางในน้ำยางพาราที่มีค่าเปลี่ยนแปลงไป โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามองค์ประกอบอื่น เราก็จะสามารถหารูปแบบของสมการสำหรับทำนายค่าความเข้มข้นน้ำยางพาราได้ โดยมีรูปแบบหลักๆอยู่สองรูปแบบด้วยกัน แบบแรกเป็นการใช้ค่าการดูดกลืนจากน้ำยางพาราสองรูปแบบที่ต่างกันสองความยาวคลื่นแสงมาสร้างเป็นสมการ [11-14] โดยวิธีนี้มีข้อเสียคือต้องมีการแปลงค่าการส่งผ่านเป็นการดูดกลืนก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นที่การส่งผ่านมีค่าเป็นศูนย์การดูดกลืนจะมีค่าเป็นอนันต์ทำให้สมการไม่สามารถใช้ได้ นอกจากนี้ในขั้นตอนการแปลงค่าการส่งผ่านเป็นการดูดกลืน ยังมีการบิดเบือนของจุดทศนิยมอันอาจทำให้สมการมีความผิดพลาดสูงขึ้นได้ อีกวิธีหนึ่งเป็นการหาสมการสำหรับทำนายค่าความเข้มข้นน้ำยางพาราโดยใช้ค่าการส่งผ่านแสงที่ผ่านออกมาจากอีกด้านหนึ่งของถ้วยแก้วที่บรรจุน้ำยางพารา โดยให้ความยาวคลื่นแสงที่เลือกทั้งสองความยาวคลื่นมีการเปลี่ยนแปลงตามค่าความเข้มข้นน้ำยางพาราเพียงอย่างเดียว ในส่วนการเปลี่ยนแปลงจากองค์ประกอบอื่นให้เป็นค่าคงที่และมีค่าเท่ากันจากทั้งสองความยาวคลื่น โดยวิธีนี้จะมีข้อดีคือ ไม่ต้องมีการแปลงค่าการส่งผ่านเป็นค่าการดูดกลืนก่อน แต่จะทำการประมาณค่าเทอม exponential ในสมการการส่งผ่านและลดรูป exponential ลงให้เป็นสมการแบบเชิงเส้นโดยใช้อนุกรมเทเลอร์ Taylor Series Expansion [14] ในขั้นตอนการหาสมการจากความยาวคลื่นแสงทั้งสอง จะได้แสดงให้เห็นการหาสมการสำหรับทำนายค่าความเข้มข้นน้ำยางพารา ด้วยวิธีทางแสงทั้งสองรูปแบบอย่างละเอียดต่อไป

2.3.1 สมการทำนายค่าความเข้มข้นน้ำยางพาราจากค่าการดูดกลืน

ก่อนจะกล่าวถึงสมการสำหรับทำนายค่าความเข้มข้นน้ำยางพารา จะได้เน้นย้ำถึงสมการสำหรับหาค่าการส่งผ่านของ Beer-Lambert's Law [13] โดยจะมีรูปแบบสมการดังนี้

$$I = I_0 e^{-T} \quad (2.9)$$

เมื่อ I_0 เป็นความเข้มของแสงที่ตกกระทบตัวกลาง และ T เป็นสัมประสิทธิ์การดูดกลืน (absorption coefficient) ของตัวกลางเมื่อตัวกลางนั้นคือน้ำยางพาราสัมประสิทธิ์การดูดกลืนจะมีค่าเท่ากับสมการที่ 2.10 ดังนี้

$$T = \{a * C_{Latex} + b * C_{Solid} + S_{Water} + S_{Latex} + S_{Solid}\} * d \quad (2.10)$$

เมื่อ a และ b เป็น extinction coefficient ของส่วนที่เป็นเนื้อยางและส่วนที่เป็นของแข็งแต่ไม่ใช่ยางตามลำดับ S_{Water} เป็นค่าการกระจายของแสงจากส่วนที่เป็นน้ำ S_{Latex} เป็นค่าการกระจายของแสงจากส่วนที่เป็นเนื้อยาง S_{Solid} เป็นการกระจายของแสงจากส่วนที่เป็นของแข็งแต่ไม่ใช่ยาง d เป็นระยะทางที่แสงส่งผ่าน เมื่อให้ปริมาณของส่วนที่เป็นเนื้อยางและส่วนที่เป็นของแข็งทั้งหมดคือค่าความเข้มข้นน้ำยางพารา จะสามารถประมาณค่าใหม่ได้ดังนี้

$$S_{Para} = S_c[Latex + Solid] = S^*[C_{Para}] \quad (2.11)$$

และที่ความยาวคลื่นแสงที่มีการดูดกลืนของส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อและส่วนที่เป็นของแข็งแต่ไม่ใช่ยาง มีค่า Extinction coefficient เท่ากัน (isobestic wavelength) ค่าของ $a = b = a_i$ ดังนั้นสมการที่ 2.11 สามารถเขียนใหม่ได้ดังสมการที่ 2.12

$$Ti = \{a_i * [C_{Para}] + S^*[C_{Para}] + S_{Water} + S_{Latex} + S_{Solid} + \} * d \quad (2.12)$$

หรือสามารถจัดรูปใหม่ได้ดังสมการที่ 2.13

$$Ti = (a_i + S) * d * [C_{Para}] + (S_{Water} + S_{Latex} + S_{Solid}) * d \quad (2.13)$$

เมื่อรวมการกระจายทั้งหมดที่สมมุติให้เป็นค่าคงที่เข้าด้วยกัน ให้เป็นค่าคงที่ S สมการที่ 2.13 สามารถเขียนอยู่ในรูปอย่างง่ายเป็น

$$Ti = K * C_{Para} + S \quad (2.14)$$

ในส่วนการกระจายของแสงจากองค์ประกอบในน้ำยางพารา นั้นจากพลาสมานั้น สามารถชดเชยได้จากสมการดังจะได้แสดงต่อไป เมื่อใช้ความยาวคลื่นแสงสองความยาวคลื่นตรงจุดที่มีการดูดกลืนของน้ำยางพาราที่ 10 % และ 60 % เท่ากันจากกราฟในรูปที่ 2.3 เช่นความยาวคลื่นแสงประมาณ 400 nm และ 635 nm เป็นต้น สามารถนำการดูดกลืนที่ความยาวคลื่นแสงทั้งสองมาเขียนสมการได้ดังนี้

$$Ti_1 = K_1 * C_{Para} + S_1 \quad |_{i,1 = 635nm} \quad (2.15)$$

$$Ti_2 = K_2 * C_{Para} + S_2 \quad |_{i,2 = 400nm} \quad (2.16)$$

โดยอัตราส่วนความแตกต่างจากการกระจายของความยาวคลื่นแสงทั้งสองจะมีค่าดังสมการที่ 2.17

$$R = \frac{S_1}{S_2} \quad (2.17)$$

ถ้าระยะทางของตัวรับแสงและแหล่งกำเนิดแสงมีค่าน้อยกว่า R ก็จะมีค่าใกล้เคียง 1 มากยิ่งขึ้นสมการที่ได้นี้ก็มีความถูกต้องมากขึ้นแต่ในความเป็นจริงค่า R อาจจะมีค่าไม่เท่ากับ 1 เนื่องจากด้วยแก้วที่บรรจุน้ำอย่างพารามีระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดแสงและตัวรับแสงมีค่ามาประมาณ 1 ซม. แต่ถ้าประมาณว่าค่า R มีค่าใกล้เคียง 1 ดังนั้นค่าการดูดกลืนที่ความยาวคลื่นแรกสามารถเขียนใหม่ได้จะมีค่าดังนี้

$$Ti_1 = K_1 * C_{Para} + R * S_2 \quad (2.18)$$

และค่าการดูดกลืนที่ความยาวคลื่นที่สองก็จะมีค่าเป็น

$$Ti_2 = K_2 * C_{Para} + S_2 \quad (2.19)$$

ดังนั้นเมื่อจับสมการทั้งสองมารวมกันก็จะได้สมการสำหรับทำนายค่าความเข้มข้นน้ำยาร่างสมการที่ 2.20

$$C_{Para} = \frac{(Ti_1 - R * Ti_2)}{(K_1 - R * K_2)} \quad (2.20)$$

ถ้าประมาณว่าการกระจายของแสงจากส่วนที่เป็นน้ำ ของทั้งสองความยาวคลื่นมีค่าเท่ากันนั่นคือค่า R จะมีค่าเป็น 1 จากนั้นทำการรวมค่าคงที่ K ทั้งหมดเป็นค่าคงที่ K ตัวใหม่สมการที่ 2.20 จะเขียนใหม่ได้ดังสมการที่ 2.21 ดังนี้

$$C_{Para} = \frac{Ti_1 - Ti_2}{K} \quad (2.21)$$

ในการทดลองครั้งนี้ในขั้นตอนการหาค่า K จะอาศัยการเก็บข้อมูลค่าความเข้มข้นน้ำยาร่างจริงจากการนำตัวอย่างน้ำยาร่าง ที่เติมน้ำให้มีค่าความเข้มข้นต่างๆ (เติมน้ำยาร่างเข้มข้น 60% มาเติมน้ำให้มีความเข้มข้นต่างกัน) ก่อนนำมาทำการอบให้แห้ง โดยชั่งน้ำหนักเปรียบเทียบก่อนทำการอบ และหลัง

อบแห้งเพื่อหาปริมาณส่วนที่เป็นเนื้อยาง และค่าการส่งผ่านแสงที่ได้จากเครื่องมือที่สร้างขึ้น ก่อนจะแปลงค่าการส่งผ่านนั้นเป็นค่าการดูดกลืนและทำการประมาณค่า K ออกมา

2.3.2 การหาสมการทำนายค่าความเข้มข้นน้ำยางพาราด้วยค่าการส่งผ่านแสง

จากสมการเริ่มต้นพื้นฐานของ Beer's Law แสงที่ตกกระทบและสามารถส่งผ่านไปยังอีกด้านหนึ่งก็จะมีรูปแบบสมการเช่นเดียวกับกรณีของการหาค่าความเข้มข้นน้ำยางพาราด้วยวิธีทางแสงแต่ใช้ค่าการดูดกลืน เมื่อนำมาเขียนเป็นสมการตั้งต้นได้คือ
แสงที่ส่งผ่าน = แสงตกกระทบ \exp (การดูดกลืน + การกระจาย)
หรือในรูปแบบสมการ Exponential จะมีรูปแบบดังนี้

$$I = I_{0e}^{-\{a \cdot [C_{Latex}] + b \cdot [C_{Solid}] + S_{Water} + S_{Latex} + S_{Solid}\} \cdot d} \quad (2.22)$$

จากที่ได้กล่าวไว้แล้วว่าในการหาสมการสำหรับการทดลองในครั้งนี้ ค่าการส่งผ่านหรือการดูดกลืนจะไม่คิดผลกระทบด้านอื่นๆที่อาจเกิดขึ้นได้ โดยคิดในรูปแบบของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ดังนั้นเมื่อรวมการกระจายที่สมมุติให้มีค่าคงที่เข้าด้วยกันและเลือกความยาวแสงที่มีค่า extinction coefficient ของน้ำยางพาราในส่วนที่เป็นเนื้อยางและส่วนที่เป็นของแข็งแต่ไม่ใช่ยางเท่ากัน จากทั้งสองความยาวคลื่นแสงจึงทำให้ สัมประสิทธิ์ตัวคูณ a และ b มีค่าเท่ากันและจากการที่ค่าความเข้มข้นน้ำยางพาราก็คือส่วนที่แยกออกมาจากส่วนที่เป็นน้ำทั้งหมด ดังนั้นเมื่อแทนเงื่อนไขทั้งสองประการข้างต้นลงไป ในสมการที่ 2.22 จะสามารถเขียนใหม่ได้เป็นสมการที่ 2.25
เงื่อนไขที่ 1

$$a = b = a_i \quad (2.23)$$

และ เงื่อนไขที่ 2

$$C_{Latex} + C_{Solid} = C_{Para} \quad (2.24)$$

ดังนั้นสมการที่ 2.22 สามารถเขียนใหม่ได้ดังนี้

$$I = I_{0e}^{-\{a_i \cdot [C_{Para}] + S_{Water} + S_{Para}\} \cdot d} \quad (2.25)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการที่ 2.25 เมื่อจัดรูปใหม่สามารถเขียนได้เป็น

$$I = I_{0e}^{-\{(ai+S)[Para]+S_{Water}\} \cdot d} \quad (2.26)$$

กระจายสมการที่ 2.26 ได้เป็นสมการที่ 2.27

$$I = I_{0e}^{-(ai+s) \cdot d \cdot [C_{Para}] + d \cdot (S_{Water})} \quad (2.27)$$

ถ้าให้ $ai + s$ และ d เป็นค่าคงที่สมการที่ 2.27 สามารถเขียนอยู่ในรูปอย่างง่ายได้ดังสมการที่ 2.28

$$I = I_{0e}^{-(K \cdot C_{Para} + S)} \quad (2.28)$$

โดย K แทนค่าคงที่ทั้งหมดในสมการ และ S แทนแสงที่เกิดจากการกระจายทั้งหมด และจากรูปทั่วไปของอนุกรมเทเลอร์ Taylor Series Expansion

$$f(x) = f(x_0) + (x-x_0)f'(x_0) + \frac{(x-x_0)^2}{2!}f''(x_0) + \dots + \frac{(x-x_0)^k}{k!}f^{(k)}(x_0) \quad (2.29)$$

เมื่อใช้ประมาณค่าของ e^{-x} จะมีค่าดังสมการที่ 2.30

$$e^{-x} = 1 - x + \frac{x^2}{2!} - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^4}{4!} \dots \quad (2.30)$$

เมื่อแทนค่า x ที่มีรูปแบบดังสมการ 2.28 ด้วยเทอม exponential ที่มีการประมาณค่าแล้ว ด้วย Taylor Series Expansion ดังสมการที่ 2.30 จะได้เป็น

$$e^{-(K \cdot Hbt) + S} = 1 - (K \cdot Hbt + S) \quad (2.31)$$

ดังนั้นเมื่อแทนทอมเอกซ์โปเนนเชียลที่ได้ทำการประมาณค่าแล้ว ด้วยอนุกรมเทเลอร์ตั้งในสมการที่ 2.31 กลับลงไปในสมการ 2.28 สมการการส่งผ่านที่มีการประมาณค่าแล้วจะได้ตั้งสมการที่ 2.32

$$I = I_0(1 - (K * Hbt + S)) \quad (2.32)$$

ในส่วนของทอมการกระจายของแสงสำหรับส่วนที่เป็นน้ำ จะสมมุติให้มีค่าคงที่และมีค่าเท่ากันจากทั้งสองความยาวคลื่นแสง แต่สำหรับการกระจายจากส่วนที่เป็นของแข็ง อาจจะมีค่าไม่คงที่ อย่างไรก็ตามเมื่อเราใช้ความยาวคลื่นแสงสองความยาวคลื่นที่มีค่าการส่งผ่านที่แตกต่างกัน และประมาณว่ามีค่าการส่งผ่านที่มีปัจจัยการเปลี่ยนแปลงมาจากองค์ประกอบที่เป็นของแข็ง ของทั้งสองความยาวคลื่นแสงมีค่าใกล้เคียงกันมาก ก็สามารถประมาณค่าสมการเพื่อขจัดขบวนการกระจายในส่วนนี้ได้ สำหรับคุณสมบัติของความยาวคลื่นแสงทั้งสองที่ใช้หาค่าความเข้มข้นน้ำจากค่าการส่งผ่านนี้ ยังคงมีเงื่อนไขในการเลือกความยาวคลื่นแสงเช่นเดียวกับการหาค่าความเข้มข้นน้ำจากค่าการดูดกลืน คือต้องเป็นความยาวคลื่นแสงที่มีการดูดกลืนที่ความเข้มข้นจากรูปที่ 2.3 ที่ 10 % และ 60 % เท่ากันและความไวในการส่งผ่านแสงต่อความเข้มข้นน้ำจากค่าการส่งผ่านนี้ ของทั้งสองความยาวคลื่นแสงต้องมีค่าต่างกัน นั่นคือยังคงเป็นความยาวคลื่นแสงประมาณ 400 nm และอีกช่วงหนึ่งยังอยู่ในช่วงประมาณ 600 – 645 nm สมการที่ได้จากความยาวคลื่นแสงที่เลือกทั้งสอง เช่นในกรณีเลือกความยาวคลื่นแสง 400 nm และ 630 nm โดยให้ความยาวคลื่นแสง 630 nm เป็นค่าความยาวคลื่นแสงอ้างอิงสามารถเขียนเป็นสมการสำหรับทำนายค่าความเข้มข้นน้ำจากค่าการส่งผ่านโดยใช้สองความยาวคลื่นแสงได้ดังนี้ เริ่มจากที่ความยาวคลื่นแสง 400 nm จะมีค่าการส่งผ่านดังนี้

$$I_1 = I_{0e}^{-\left(K_1 * C_{Para} + S_1\right)} \quad (400nm) \quad (2.33)$$

เมื่อทำการประมาณค่าด้วย Taylor Series expansion จะได้เป็น

$$I_1 = I_0(1 - (K_1 * C_{Para} + S_1)) \quad (2.34)$$

ที่ความยาวคลื่นแสง 635 nm จะได้ค่าการส่งผ่านดังนี้

$$I_2 = I_{0e}^{-\left(K_2 * C_{Para} + S_2\right)} \quad (630nm) \quad (2.35)$$

เมื่อทำการประมาณค่าด้วยอนุกรมเทเลอร์จะได้เป็น

$$I_2 = I_0(1 - (K_2 * C_{para} + S_2)) \quad (2.36)$$

และจากการที่ค่าความเข้มชั้นน้ำยางพาราของทั้งสองสมการมีค่าเท่ากัน และสมมติให้ค่าการกระจาย (S) จากทั้งสองสมการก็มีค่าเท่ากัน ดังนั้นเมื่อนำสมการทั้งสองมาเท่ากันเพื่อหาค่าความเข้มชั้นน้ำยางพารา จะได้เป็น

$$I_1 - I_2 = I_0(1 - (K_1 * C_{para} + S_1)) - I_0(1 - (K_2 * C_{para} + S_2)) \quad (2.37)$$

จัดรูปสมการที่ 2.37 ใหม่ได้เป็นสมการที่ 2.38

$$I_1 - I_2 = I_0((K_2 - K_1) * C_{para}) \quad (2.38)$$

เมื่อทำการรวมค่าคงที่ K เข้าด้วยกันให้เป็นค่าคงที่ K ตัวใหม่สมการจะกลายเป็น

$$I_1 - I_2 = I_0 * K * C_{para} \quad (2.39)$$

และเมื่อให้แสงที่ส่งผ่านออกมาจากตัวกลาง คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของแสงที่ตกกระทบก่อนผ่านตัวกลาง โดยให้แสงที่ตกกระทบก่อนผ่านตัวกลางมีค่าเท่ากับ 100% เท่ากันจากทั้งสองความยาวคลื่นแสง ดังนั้นเมื่อทำการย้ายข้างสมการ ความเข้มชั้นน้ำยางพาราจะมีค่าเท่ากับเปอร์เซ็นต์ค่าการส่งผ่านที่ความยาวคลื่นแสงแรก ลบด้วยเปอร์เซ็นต์ค่าการส่งผ่านจากความยาวคลื่นแสงที่สองและนำค่าที่ได้มาหารด้วยค่าคงที่ K ก็จะได้ค่าความเข้มชั้นน้ำยางพาราที่ต้องการ โดยรูปแบบของสมการสำหรับทำนายค่าความเข้มชั้นน้ำยางพาราที่ใช้ค่าการส่งผ่านแสงผ่านดังสมการที่ 2.40

$$C_{para} = \frac{I_1 - I_2}{K} \quad (2.40)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับในขั้นตอนการหาตัวแปรค่าคงที่ K ในสมการหาค่าความเข้มข้นน้ำยาพาราโดยใช้ค่าการส่งผ่านแสง จะได้ทำการเก็บข้อมูลค่าการส่งผ่านจากเครื่องมือ สำหรับหาค่าการส่งผ่านที่ได้ประดิษฐ์ขึ้นมา ความยาวคลื่นแสงทั้งสองที่เลือกมาแทนค่าลงไป ในสมการสำหรับทำนายค่าความเข้มข้นน้ำยาพารา ในส่วนของการหาค่าความเข้มข้นน้ำยาพาราสำหรับเป็นค่าอ้างอิง ยังคงใช้วิธีการหาค่าโดยการนำตัวอย่างน้ำยาพารามาทำการอบแห้ง โดยสมการที่ 2.40 จะใช้เป็นสมการสำหรับหาค่าความเข้มข้นน้ำยาพาราจากค่าการส่งผ่านแสงต่อไป

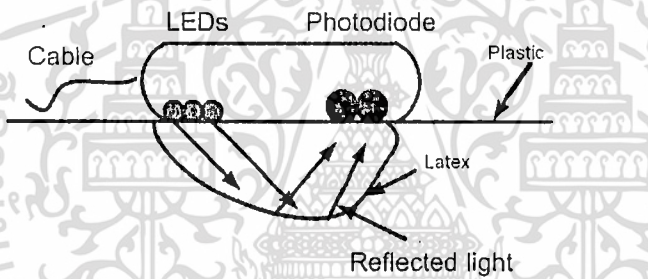


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

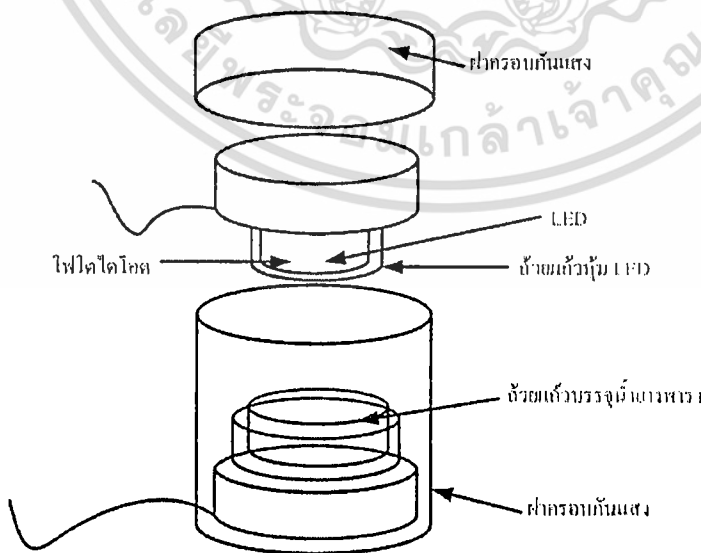
บทที่ 3

เครื่องมือและหัวตรวจ (Probe) สำหรับวัดค่าความเข้มของแสง

แสงที่กำเนิดจากไดโอดเปล่งแสง (LED) เมื่อเดินทางเข้าสู่ด้วยแก้วที่บรรจุน้ำยางพาราจะแยกออกเป็นหลายส่วนด้วยกันเช่น มีการสะท้อนกลับ บางส่วนส่งผ่านไปได้ บางส่วนถูกดูดกลืนรวมทั้งมีการกระจาย จากด้วยแก้วและจากน้ำยางพาราก่อนที่จะถึงตัวรับแสง ในบทนี้จะกล่าวถึงการหาค่าการสะท้อนกลับของแสงที่ผ่านด้วยแก้วที่บรรจุน้ำยางพารา การออกแบบวงจรและการสร้างหัวตรวจแบบตรวจวัดค่าการสะท้อนกลับ โดยใช้ LED เป็นแหล่งกำเนิดแสงและใช้โฟโตไดโอดทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์รับแสงโดยจะวางทำมุมประมาณ 45 องศาด้วยแก้วที่บรรจุน้ำยางพารา ดังแสดงในรูปที่ 3.1 เป็นรูปโครงสร้างของเครื่องมือและหัวตรวจที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้นมาเพื่อหาค่าการสะท้อนกลับ



รูปที่ 3.1 หัวตรวจชนิดสำหรับวัดค่าการสะท้อนกลับแสง

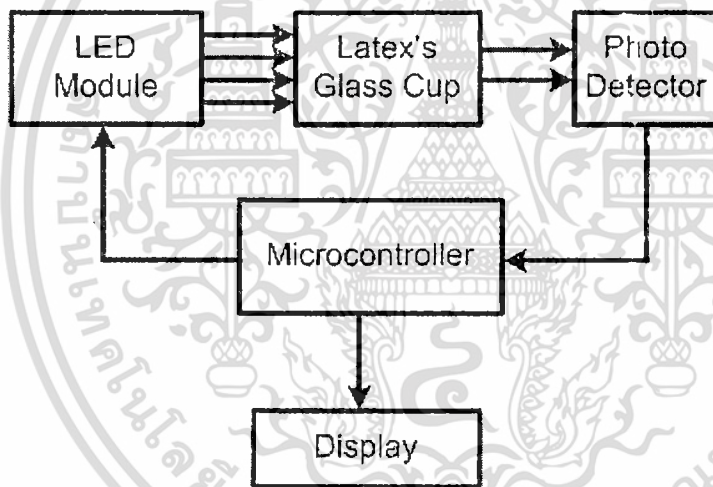


รูปที่ 3.2 โครงสร้างหัวตรวจสำหรับวัดค่าการสะท้อนกลับแสงจากด้วยแก้วที่บรรจุน้ำยางพารา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 Block diagram และการทำงานของเครื่อง

รูปที่ 3.3 แสดง block diagram การทำงานของเครื่องมือในการหาค่าการสะท้อนกลับจากถ้วยแก้วที่บรรจุน้ำยารักษา เริ่มจาก LED ที่ใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสง โดยใช้วงจรกำเนิดพัลส์สี่เหลี่ยมความถี่ประมาณ 5 kHz duty cycle ประมาณ 25 % ในการขับ LED ให้เปล่งแสงออกมาเพื่อเป็นการยืดอายุการใช้งานของ LED และลดสัญญาณรบกวนจากความถี่ของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ ส่วน Photo Diode ภาครับทำหน้าที่รับแสงในย่านแสงที่มองเห็นได้ และแสงในช่วงแสงอินฟราเรดโดยวางท่ามุมรับการสะท้อนกลับแสงจาก LED ที่ใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสง สำหรับรับแสงและแปลงความเข้มแสงที่สะท้อนกลับออกมาเป็นสัญญาณกระแสไฟฟ้า เข้ามายังวงจรขยายสัญญาณ จากการที่ผลตอบสนองต่อความยาวคลื่นแสงของ Photo Diode ในแต่ละช่วงมีค่าไม่เท่ากัน ดังนั้นในบางครั้งจึงจำเป็นต้องใช้วงจรขยายที่มีอัตราขยายสัญญาณแรงดันที่ต่างกันในแต่ละช่วงความยาวคลื่น ก่อนที่จะส่งผ่านมายังไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อคำนวณความเข้มแสงที่แปลงเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงและทำนายค่าความเข้มข้นน้ำยารักษาจากตู้ภาคแสดงผล



รูปที่ 3.3 Block diagram การทำงานของเครื่องมือสำหรับวัดหาค่าการสะท้อนกลับ

3.2.1 Specifications ของไดโอดเปล่งแสง (LED)

LED ที่ใช้ในการทดลองนี้สามารถหาซื้อได้ในราคาไม่สูงนัก ในส่วนการทำงานและพิจารณาลักษณะสำหรับเลือก LED มาใช้งานส่วนที่ต้องพิจารณาเป็นหลักคือความยาวคลื่นแสงค่ากลางที่ LED กำเนิดออกมามีค่าพลังงานสูงสุด (λ_{peak}) และสำหรับค่ามุม view angle จะใช้สำหรับพิจารณาเลือกวางตำแหน่งของ LED ภายในหัวตรวจ ในส่วนช่วงความกว้างของความยาวคลื่นแสงที่กำเนิดออกมา (λ_{range}) หรือเรียกอีกอย่างว่า ($\lambda/2$) คือค่าความยาวคลื่นแสงที่ LED กำเนิดออกมาแล้วพลังงานแสงลดลงเหลือเพียงครึ่งหนึ่งของค่าความยาวคลื่นแสงที่ LED มีค่าพลังงานสูงสุดไม่กว้างมากนัก โดยคุณสมบัติข้อนี้จะมีผลในสมการสำหรับการทำนายค่าส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อ อันอาจทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้สมการที่ค่าความผิดพลาดได้ ตารางที่ 3.1 แสดงตัวอย่างคุณสมบัติและรายละเอียดของ LED บางตัวที่ใช้ในการทดลอง

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างรายละเอียดของ LED ที่ใช้ในการทดลอง

Company	λ_p (nm)	Emitting color	Lens color	View angle
Agilent Tech.	426	blue	clear	25° c
L.E.D. Tech.	635	Red	Red	74° c

3.2.2 Specifications ของ Photo Diode

โฟโตไดโอดที่ใช้ในการทดลองนี้ต้องมีคุณสมบัติในการตอบสนองความยาวคลื่นแสงได้ดีตลอดช่วงความยาวคลื่นแสงที่เลือกใช้จาก LED ทั้งหมด ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้โฟโตไดโอดแบบอาร์เรย์ที่สามารถตอบสนองต่อความยาวคลื่นแสงได้ตลอดย่าน ก็จะสามารถจะตอบสนองต่อความยาวคลื่นแสงในย่านอินฟราเรด (infrared) และสามารถตอบสนองต่อความยาวคลื่นแสงในช่วงที่มองเห็นได้ (visible light) เพื่อจะได้ใช้โฟโตไดโอดเพียงตัวเดียวในการแปลงความเข้มแสงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าเพื่อจะได้ส่งเข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อประมวลผลและแสดงผลต่อไป โฟโตไดโอดที่ทำหน้าที่รับแสงมีค่า λ_{peak} อยู่ที่ 760 nm และจากกราฟคุณลักษณะการตอบสนองต่อความยาวคลื่นแสงสามารถตอบสนองต่อความยาวคลื่นแสงได้ในช่วงตั้งแต่ประมาณ 370 – 1000 nm โดยในครั้งแรกนี้จะใช้โฟโตไดโอดอาร์เรย์เบอร์ TSL230R ผลิตจากบริษัท Texas Advance Optoelectronics Solutions โดยเป็นโฟโตไดโอดที่มีวงจรมอนิเตอร์และวงจรแปลงกระแสไฟฟ้าที่เกิดจากความเข้มแสงให้เป็นสัญญาณความถี่ประกอบอยู่ภายในด้วย นอกจากนี้ยังสามารถทำงานได้ที่ระดับแรงดันไฟเลี้ยง 5 โวลต์ทำให้สามารถต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้โดยตรงจึงมีความสะดวกในการใช้งาน และความยาวคลื่นแสงที่วิเคราะห์และพิจารณาเลือกมาจากการทดลองครั้งแรกเพื่อทำการเก็บข้อมูลในการทดลองครั้งที่สองก็มีความยาวคลื่นแสงอยู่ในช่วงนี้ทั้งสามค่าคือ 400 nm, 630 nm และ 645 nm ดังนั้นในการทดลองครั้งที่สองภายในหัวตรวจอันใหม่จึงเหลือ LED เพียงสามดวงตามความยาวคลื่นแสงที่ได้พิจารณาเลือกแล้ว และโฟโตไดโอดสำหรับรับแสงก็สามารถเปลี่ยนไปใช้เบอร์ที่ตอบสนองความยาวคลื่นแสงในย่านที่มองเห็นได้ โดยไม่ต้องใช้เบอร์ที่ทำการทดลองในครั้งแรกก็ได้ ในกรณีที่มียาราคาถูกกว่าและสามารถใช้งานได้สะดวกกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 รายละเอียด Photo Diode ที่ใช้ในการทดลอง

Company	Model	λ_p (nm)	λ Range (nm)
TAOS	TSL230R	780	370-1000

3.3 วงจรภาคอินพุท

วงจรในภาคอินพุทนี้มีหลักๆอยู่สองส่วนด้วยกัน คือส่วนแรกเป็นวงจรสร้างสัญญาณพัลส์สำหรับขับ LED โดยจะใช้ขับ LED ให้กำเนิดแสงออกมาทีละดวง อีกส่วนหนึ่งเป็นวงจรรับสัญญาณอินพุทโดยจะเริ่มจากความยาวคลื่นแสง LED ที่มีการสะท้อนกลับขึ้นกับความเข้มข้นของน้ำยาขบวนการและตามด้วย ความยาวคลื่นแสง LED ที่การสะท้อนกลับไม่ขึ้นกับความเข้มข้นของน้ำยาขบวนการ เมื่อโฟโตไดโอดได้รับแสงที่ออกมาจาก LED และสะท้อนกลับออกมาจากน้ำยาขบวนการก็จะแปลงความเข้มแสงเป็นกระแสไฟฟ้า และให้เอาท์พุทออกมาเป็นสัญญาณพัลส์ที่มีค่าความกว้างของสัญญาณพัลส์และความถี่ขึ้นอยู่กับความเข้มแสงที่ได้รับ ก่อนจะส่งต่อไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อคำนวณ และทำนายออกมาเป็นค่าความเข้มข้นของน้ำยาขบวนการ

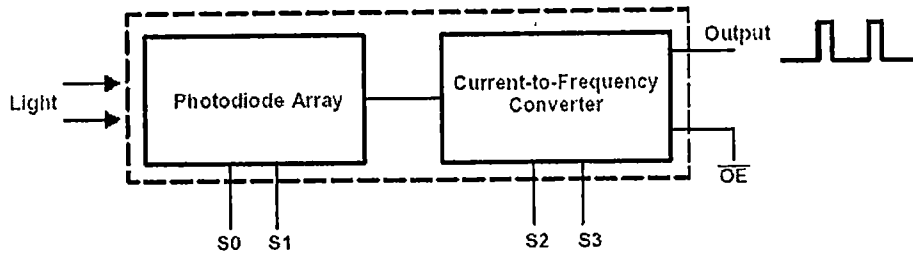
3.3.1 วงจรขับ LED

วงจรสำหรับขับ LED ประกอบด้วยสองส่วนด้วยกัน คือส่วนกำเนิดสัญญาณพัลส์สำหรับขับ LED และวงจรอีกส่วนหนึ่งที่จะทำหน้าที่เลือก LED โดยในส่วนของวงจรสร้างสัญญาณพัลส์ที่เปลี่ยนใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณพัลส์ความถี่ประมาณ 5 KHz และสามารถปรับค่า duty cycle ได้ตั้งแต่ 10% จนถึง 90% โดยในการทดลองครั้งนี้ได้ปรับค่า duty cycle ไว้ที่ประมาณ 25 % และมีแรงดันขณะเป็นสัญญาณพัลส์ช่วงสูงเท่ากับ 5 โวลต์

3.4 วงจรขยายภาคเอาท์พุทและการทำงาน

เนื่องจากไอซีโฟโตไดโอดที่ไว้รับแสงและแปลงสัญญาณความเข้มแสงที่ตกกระทบให้เป็นแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลองนั้น ให้สัญญาณเอาท์พุทออกมาเป็นความถี่ที่แปรตามความเข้มแสงที่มาตกกระทบดังรูปที่ 3.4 จึงเป็นการง่ายในการใช้งานโดยสามารถต่อสัญญาณความถี่ที่มีขนาดแรงดัน 5 โวลต์นี้เข้ากับขาอินพุทของไมโครคอนโทรลเลอร์โดยตรง หลังจากนั้นโปรแกรมที่บรรจุอยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์ ก็จะทำการคำนวณก่อนจะส่งออกมาแสดงผลผ่านจอแสดงผลแบบ LCD ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 วงจรแสดงผลโดยใช้ไอซี TSL230R ที่ให้เข้าที่พุดออกมาเป็นความถี่



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทำนายค่าความเข้มข้นของน้ำยางพารา

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการหาความแม่นยำในการใช้ความยาวคลื่นแสง 400 nm, 630 nm และ 645 nm มาสร้างเครื่องมือเพื่อทดสอบหาความแม่นยำในการทำนายค่าความเข้มข้นของน้ำยางพาราเทียบกับวิธีการอบแห้ง ด้วยเครื่องอบ โดยจะทำการทดสอบครั้งละสองความยาวคลื่นแสง คือ 400 nm กับ 630 nm และ 400 nm กับ 645 nm โดยใช้ น้ำยางพาราเข้มข้น 60% มาผสมน้ำให้เจือจางให้ได้ค่าความเข้มข้นน้ำยางค่าต่างๆ เพื่อนำไปทดสอบความแม่นยำ โดยการนำน้ำยางสดเข้มข้น มาผสมน้ำเปล่าให้ได้ค่าความเข้มข้นค่าต่างๆกันและนำเครื่องมือที่สร้างขึ้นมาวัดทดสอบเพื่อหาค่าความผิดพลาด ก่อนจะนำน้ำยางตัวอย่างไปอบแห้งและชั่งน้ำหนักเปรียบเทียบต่อไป

4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วว่าเครื่องมือที่สำคัญ สำหรับการทดลองเก็บข้อมูลค่าการสะท้อนกลับแสงบริเวณด้วยแก้วที่บรรจุน้ำยางพารามีสองอย่างด้วยกันคือ อุปกรณ์การทำยางแห้งและเครื่องมือที่สร้างขึ้นมาสำหรับหาค่าการสะท้อนกลับดังรายละเอียดในบทที่ 3 ในส่วนของการวาดกราฟได้ใช้โปรแกรม Microsoft Excel เป็นเครื่องมือสำหรับวาดกราฟการสะท้อนกลับ ในส่วนของการหาค่าความเข้มข้นน้ำยางพาราที่ใช้เป็นค่าอ้างอิง จะใช้วิธีการนำตัวอย่างน้ำยางพาราที่วัดค่าการสะท้อนกลับแสงแล้ว ไปทำการอบแห้ง โดยจะใช้วิธีการนี้วัดค่าปริมาณเนื้อยางสำหรับใช้เป็นค่าอ้างอิงในการทดลองทั้งสองช่วง

4.1.1 การทดลองที่ 1

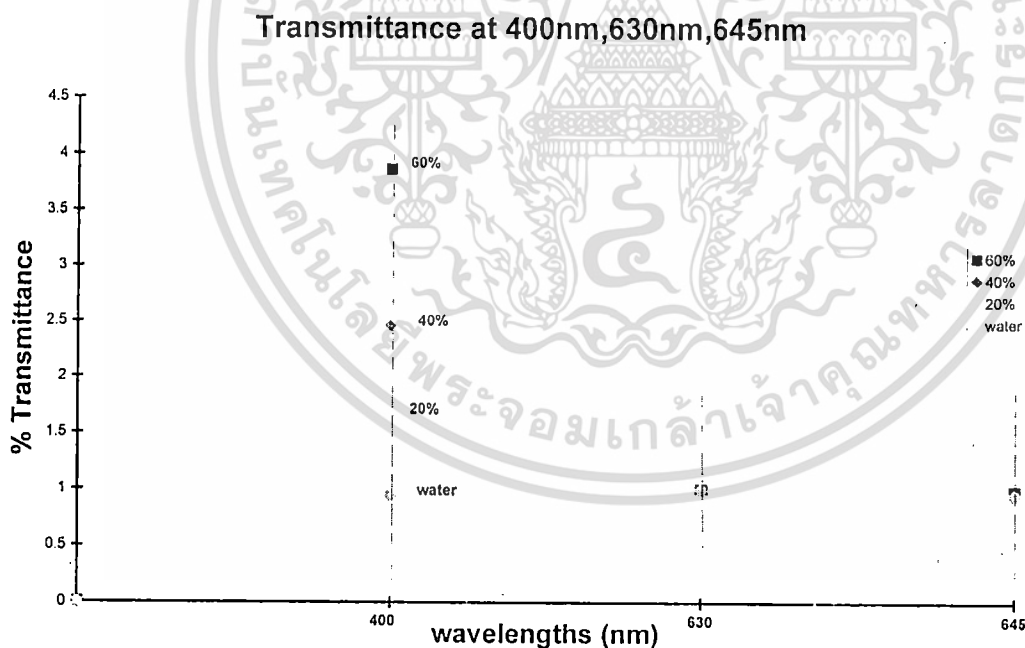
(การหาตัวแปรที่ไม่ทราบค่าในสมการสำหรับทำนายค่าความเข้มข้นน้ำยางพารา)

ดังที่ได้กล่าวแล้วว่าในการทดลองนี้ เป็นการเก็บข้อมูลเพื่อหาตัวแปรที่ยังไม่ทราบค่าเพื่อแทนลงในสมการสำหรับทำนายค่าความเข้มข้นน้ำยางพาราด้วยวิธีทางแสง เครื่องมือที่สำคัญในการทดลองครั้งนี้ยังคงใช้วิธีการนำตัวอย่างน้ำยางพาราไปทำให้แห้ง ในการหาค่าความเข้มข้นน้ำยางพารา เพื่อใช้เป็นค่าความเข้มข้นน้ำยางพาราอ้างอิงสำหรับการวาดกราฟ อย่างที่สองเป็นเครื่องมือและหัวตรวจที่สร้างขึ้นใหม่โดยที่ภายในประกอบด้วย LED ตามความยาวคลื่นแสงที่พิจารณาเลือกจากการทดลองครั้งแรก 2 ดวงด้วยกัน ลักษณะยังเป็นหัวตรวจแบบใส่น้ำยางพาราลงในบริเวณด้วยแก้วโดยแหล่งกำเนิดแสงจาก LED ยังคงอยู่ด้านบนและโฟโตไดโอดที่ใช้รับแสงอยู่ด้านล่างเหมือนกับการทดลองครั้งแรก จากความยาวคลื่นแสงทั้งสามค่าที่เลือกคือ 400 nm, 630 และ 645 nm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การสะท้อนกลับของความยาวคลื่นแสง 400 nm, 630 nm และ 645 nm

กราฟการสะท้อนกลับของความยาวคลื่นแสงทั้งสามค่า ที่เลือกมาจากการทดลองครั้งแรกแสดงในรูปที่ 4.4 เป็นข้อมูลค่าการสะท้อนกลับที่ค่าความเข้มข้นน้ำยาร่างต่างกันสามค่าคือ 60 % , 40 % และ 20 % จากกราฟแกนตั้งเป็นเปอร์เซ็นต์ค่าการสะท้อนกลับและแกนนอนเป็นความยาวคลื่นแสงที่ค่าเดียวกัน ในการวาดกราฟครั้งนี้ทำการวาดกราฟโดยสนใจตรงจุดของความยาวคลื่นแสงที่ค่าเท่านั้นคือ 400 nm, 630 nm และ 645 nm โดยไม่คำนึงถึงความยาวคลื่นแสงในช่วงอื่น ดังนั้นกราฟที่แสดงในรูปที่ 4.4 แกนนอนที่แสดงความยาวคลื่นแสง สิ่งที่ต้องการแสดงให้เห็นในกราฟนี้คือค่าการสะท้อนกลับที่ความยาวคลื่นแสง 400 nm จะมีการเปลี่ยนแปลงตามค่าความเข้มข้นน้ำยาร่างที่เปลี่ยนแปลงไป และที่ความยาวคลื่นแสง 630 nm และ 645 nm ค่าการสะท้อนกลับจะมีค่าใกล้เคียงกันไม่ขึ้นกับค่าความเข้มข้นน้ำยาร่าง หรือเปลี่ยนแปลงตามค่าความเข้มข้นน้ำยาร่างน้อยมากตรงกับผลการทดลองในครั้งแรกเท่านั้น โดยสังเกตจากเส้นกราฟในรูปที่ 4.4 ความยาวคลื่นแสง 400 nm เส้นกราฟจะมีค่าต่างกันประมาณ 3 % ในขณะที่ความยาวคลื่นแสง 630 nm และ 645 nm เส้นกราฟจะมีค่าต่างกันประมาณ 0.1 % เท่านั้น



รูปที่ 4.1 การสะท้อนกลับของความยาวคลื่นแสง 400, 630 และ 645 nm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การหาตัวแปรที่ยังไม่ทราบค่าสำหรับสมการทำนายความเข้มข้นน้ำยางพาราโดยใช้ค่าการสะท้อนกลับ

ในการหาตัวแปรค่าคงที่ K สำหรับใช้ในสมการการทำนายค่าความเข้มข้นน้ำยางพาราด้วยวิธีทางแสง จะเริ่มต้นจากสมการที่ได้แสดงไว้ในบทที่ 2 สมการที่ 2.40 เป็นสมการการหาความเข้มข้นน้ำยางพาราด้วยวิธีการทางแสงสองความยาวคลื่น โดยใช้ค่าการสะท้อนกลับแสงผ่านน้ำยางพารา โดยนำสมการที่ 2.40 มาเขียนใหม่เพื่อหาตัวแปรค่าคงที่ K ดังสมการที่ 4.1 ดังนี้

$$C_{para} = \frac{I_1 - I_2}{K} \quad (4.1)$$

I_1 เป็นค่าการสะท้อนกลับที่ความยาวคลื่นแสงแรก ในที่นี้ให้เป็นความยาวคลื่นแสงที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามค่าความเข้มข้นน้ำยางพารา ในครั้งแรกจะใช้ความยาวคลื่นแสง 630 nm เป็นความยาวคลื่นแสงอ้างอิงดังแสดงในหัวข้อ 4.4.1 ในส่วนของการใช้ความยาวคลื่นแสง 645 nm เป็นความยาวคลื่นแสงอ้างอิงได้แสดงไว้ในหัวข้อ 4.4.2 ส่วน I_2 เป็นค่าการสะท้อนกลับที่ความยาวคลื่นแสงที่สอง ในที่นี้ได้ทดสอบความแม่นยำและนำมาทดลองใช้ทำนายค่าความเข้มข้นน้ำยางพาราทั้งสองความยาวคลื่นแสง ตามที่ได้เก็บข้อมูลไว้ในการทดลองครั้งที่สองคือ 400 nm และ C_{para} คือค่าความเข้มข้นน้ำยางพารา ในที่นี้เป็นค่าความเข้มข้นน้ำยางพาราที่ได้จากวิธีการนำตัวอย่างน้ำยางพาราไปอบแห้ง และ K เป็นตัวแปรค่าคงที่ที่ต้องการหาดังนั้นสมการที่ 4.1 จึงสามารถเขียนใหม่ได้เป็นสมการที่ 4.2 และสมการที่ 4.3 ดังนี้

$$C_{para} = \frac{I_{630nm} - I_{400nm}}{K} \quad (4.2)$$

$$C_{para} = \frac{I_{645nm} - I_{400nm}}{K} \quad (4.3)$$

จากสมการที่ 4.2 และ 4.3 มีตัวแปร K เท่านั้นที่ยังไม่ทราบค่า นอกนั้นได้จากการเก็บข้อมูลในการทดลองครั้งที่สองจึงทำการย้ายข้างเพื่อหาค่า K สมการ 4.2 และสมการ 4.3 จึงสามารถเขียนใหม่ได้เป็นสมการที่ 4.4 และ 4.5

$$K_{630/400} = \frac{I_{630nm} - I_{400nm}}{C_{para}} \quad (4.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$K_{645/400} = \frac{I_{645nm} - I_{400nm}}{C_{para}} \quad (4.5)$$

เมื่อทำการประมาณค่าโดยใช้ข้อมูลจากการทดลองครั้งที่สองทั้งหมดจำนวน 5 ค่า ตัวแปรค่าคงที่ K ที่ต้องการหา เมื่อทำการประมาณค่าจากกราฟในรูปที่ 4.5 และ 4.6 แล้วจะเห็นว่าลักษณะของกราฟที่ความยาวคลื่นแสงทั้งสอง เกือบจะเป็นเส้นตรงดังนั้นในการทดลองครั้งนี้จึงเลือกใช้สมการเส้นตรง (Linear Equation) ในการทำนายค่าความเข้มข้นของน้ำยางพารา เมื่อใช้สมการเส้นตรงในการทำนายค่า การประมาณค่าโดยใช้สมการเส้นตรงเพื่อหาค่าคงที่ K ของทั้งสองสมการจึงสามารถแทนค่าเท่ากับ 1 ลงไปได้โดยตรง

$$K_{630nm/400nm} = 1.0$$

$$K_{645nm/400nm} = 1.0$$

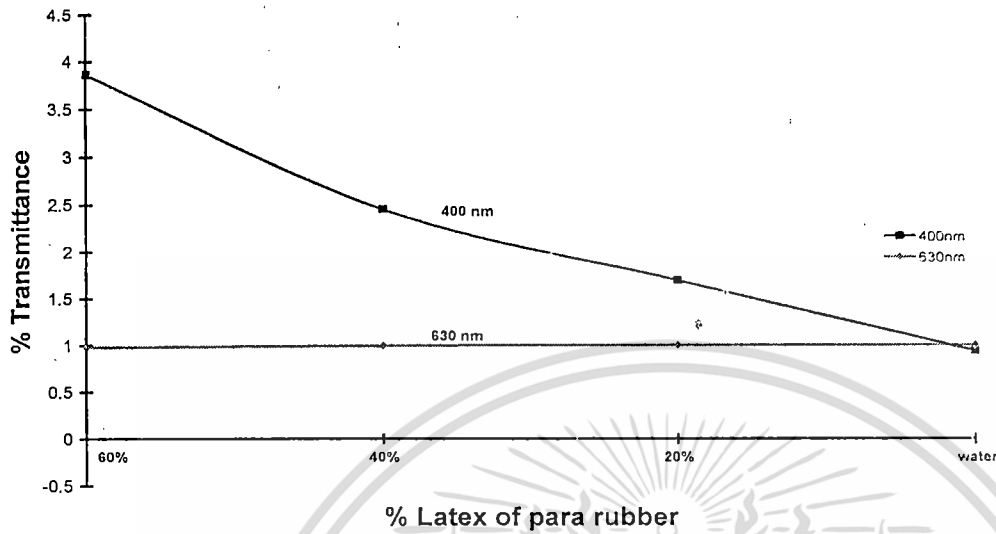
จากนั้นจะทำการแทนค่า K ที่ได้ลงไปในสมการที่ 4.2 และสมการที่ 4.3 ก็จะได้สมการสำหรับทำนายค่าความเข้มข้นน้ำยางพาราด้วยวิธีทางแสงผ่านน้ำยางพารา เป็นการใส่ค่าการสะท้อนกลับแสงมาทำนายค่าความเข้มข้นน้ำยางพาราดังสมการที่ 4.6 และ 4.7 ดังนี้

$$C_{para} = \frac{I_{875nm} - I_{525nm}}{1.0} \quad (4.6)$$

$$C_{para} = \frac{I_{875nm} - I_{525nm}}{1.0} \quad (4.7)$$

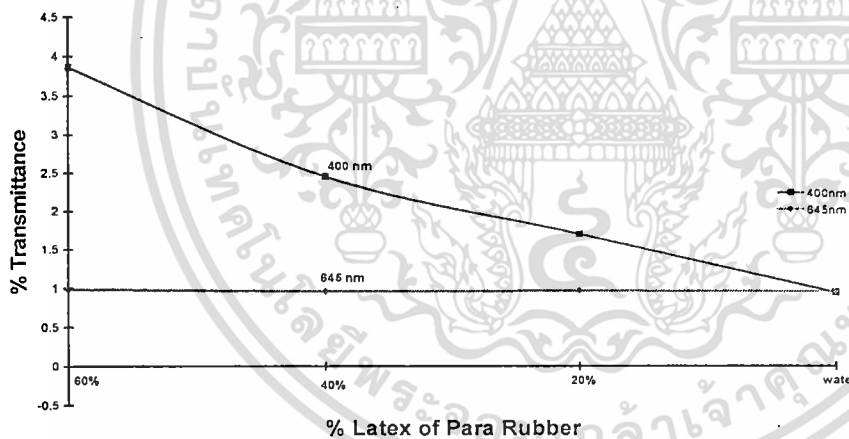
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Transmittance at 400nm,630nm



รูปที่ 4.2 การสะท้อนกลับของความยาวคลื่นแสง 400 และ 630 nm

Transmittance at 400nm,645nm



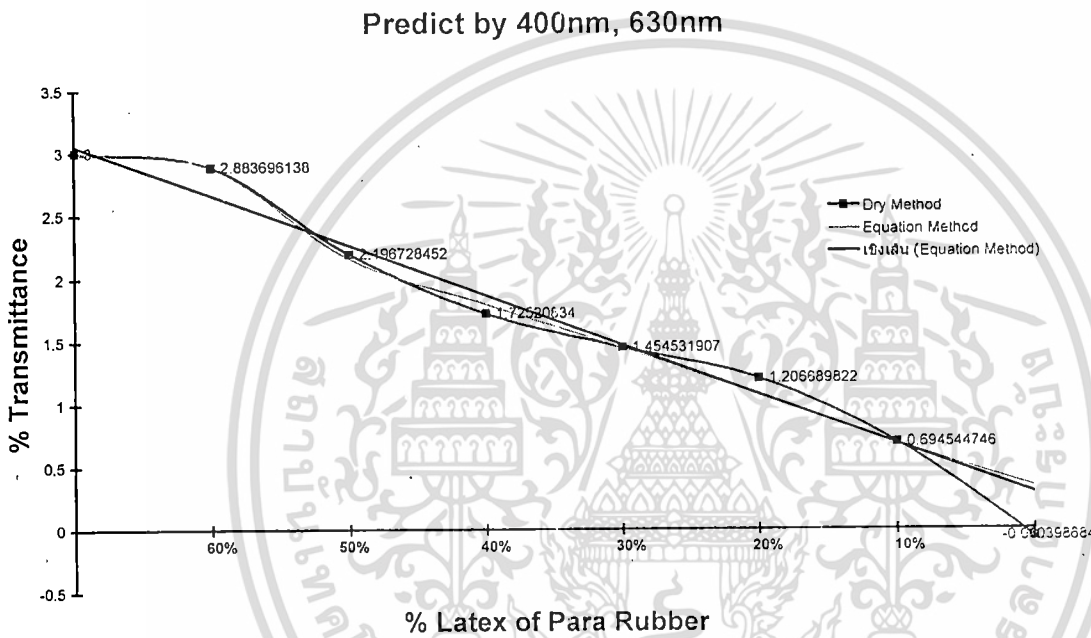
รูปที่ 4.3 การสะท้อนกลับของความยาวคลื่นแสง 400 และ 645 nm

4.3.1 ความแม่นยำของสมการเมื่อใช้ค่าการสะท้อนกลับจากความยาวคลื่นแสง 630 nm เป็นค่าอ้างอิง

การใช้สมการที่ 4.6 และ 4.7 มาทำนายค่าความเข้มข้นของน้ำยางพารานั้นจากกราฟจะเห็นว่ามีความจำเป็นต้องสร้างตาราง เพื่อเก็บความแตกต่างของค่าการสะท้อนกลับแสงระหว่างความยาวคลื่นที่ 1 และ 2 ก่อน เพื่อให้เป็นตารางฐานข้อมูลอ้างอิงเก็บไว้ในไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับการประมวลผล ข้อมูลที่ใช้สำหรับการเปรียบเทียบค่าการสะท้อนกลับของความยาวคลื่นแสงเมื่อใช้ความยาวคลื่น 630 nm เป็นความยาวคลื่นแสงอ้างอิง เมื่อนำมาทดลองทำนายค่าความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้มข้นน้ำยางพารา โดยใช้ข้อมูลค่าความเข้มข้นน้ำยางพาราที่ได้จากการนำตัวอย่างน้ำยางพาราไป ทำให้แห้งจำนวน 5 ค่า สมการที่ได้นี้สามารถทำนายได้ โดยมีความแม่นยำสามารถทำนายได้ ถูกต้องเมื่อคิดที่เปอร์เซ็นต์ค่าความผิดพลาด ในช่วงที่ยอมให้ทำนายผิดพลาดได้น้อยกว่า 5 % ตลอดช่วงของความเข้มข้นน้ำยางในช่วง 60% ถึง 10% (ขั้นตอนในการทำให้ได้น้ำยางพาราที่ความเข้มข้นค่าต่างๆทำโดยวิธีการนำน้ำยางเข้มข้น 60% มาเติมน้ำลงไปให้มีความเข้มข้นตามที่ต้องการ)

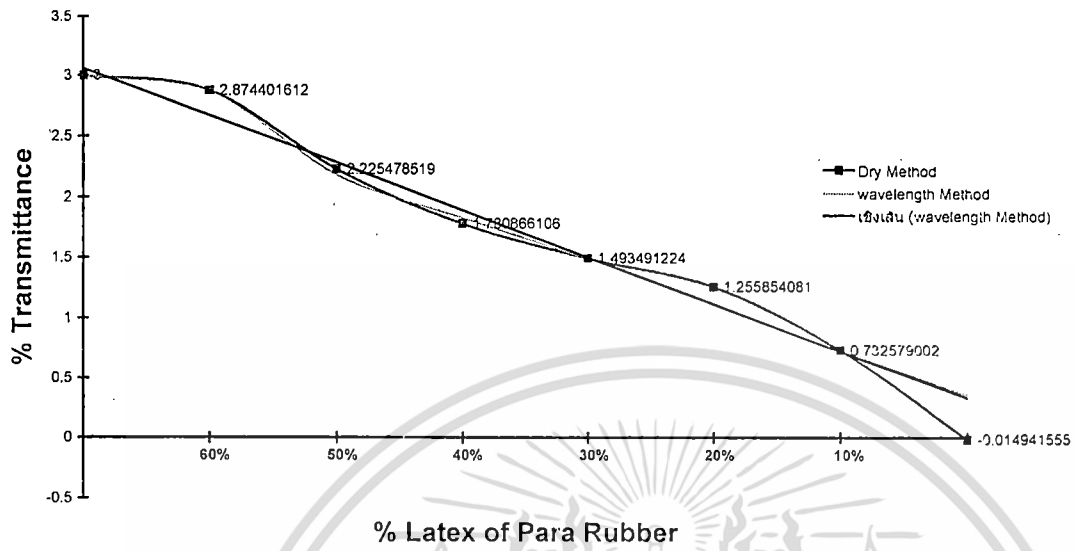


รูปที่ 4.4 การทำนายเมื่อใช้ค่าการสะท้อนกลับจากความยาวคลื่นแสง 400 nm และ 630 nm

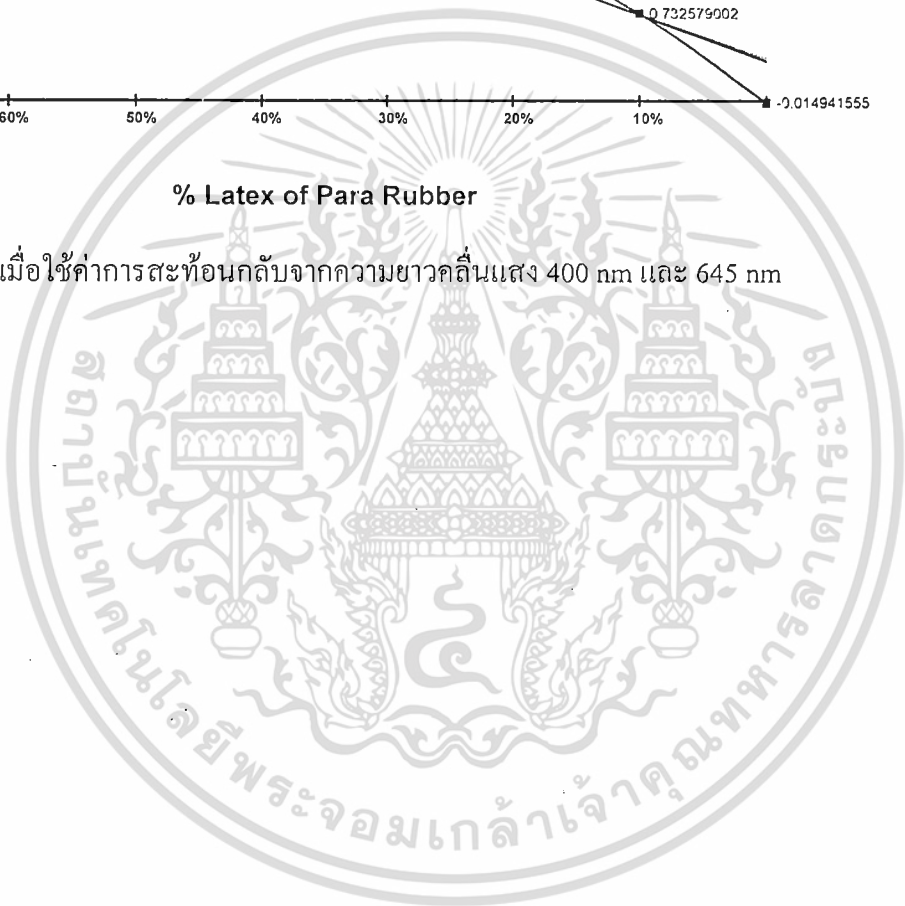
4.3.2 ความแม่นยำของสมการเมื่อใช้ค่าการสะท้อนกลับที่ความยาวคลื่นแสง 645 nm เป็นค่าอ้างอิง สมการที่ใช้ในการทำนายหาค่าความเข้มข้นน้ำยางพารายังคงมีรูปแบบเหมือนกับสมการที่ 4.6 และสมการที่ 4.7 แต่เปลี่ยนค่าความยาวคลื่นแสงอ้างอิงเป็น 645 nm เมื่อเปลี่ยนค่าความยาวคลื่นแสงและตัวแปรค่าคงที่ K ยังคงเป็นค่าเดิมทำให้รูปแบบของสมการไม่มีการเปลี่ยนแปลงโดยจะมีการเปลี่ยนค่าที่ใช้เป็นฐานข้อมูล สำหรับการทำนายค่าความเข้มข้นของน้ำยางพาราที่บรรจุอยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์เพียงเล็กน้อยเท่านั้น รูปที่ 4.8 เป็นการเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นน้ำยางพาราโดยวิธีการทำให้เป็นยางแห้ง และวิธีการทำนายโดยสมการทางแสงที่ใช้ความยาวคลื่นแสงสองค่าที่สร้างขึ้นมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Predict by 400nm, 645nm



รูปที่ 4.5 การทำนายเมื่อใช้ค่าการสะท้อนกลับจากความยาวคลื่นแสง 400 nm และ 645 nm



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

วิเคราะห์ผลการทดลอง

ในบทนี้กล่าวถึงการวิเคราะห์ผลการทดลอง ค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้น ค่าความผิดพลาดในการทำนายค่าความเข้มข้นน้ำยาพาราในช่วงที่ยอมรับได้ และความยาวคลื่นแสงที่มีความเหมาะสมในการทำนายค่าความเข้มข้นน้ำยาพารามากที่สุดจากความยาวคลื่นแสงในช่วงที่ทำการทดลอง

5.1 ความแม่นยำของสมการ

5.1.1 สถิติของความแม่นยำ ค่าเบี่ยงเบน ความเที่ยงตรง และระดับความเชื่อมั่น

ความแม่นยำ (accuracy) จะเป็นการตรวจวัดค่าความผิดพลาด (error) หรือว่าค่าความแปรปรวนของระบบ ถ้าความผิดพลาดมีค่ามากความแม่นยำก็จะต่ำ ค่าความแม่นยำของการวัดจะเป็นการเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าที่วัดได้ว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร โดยค่าเฉลี่ยของความผิดพลาด (mean error) จะเป็นตัวบ่งบอกความแม่นยำของการวัดนั้น ในการทดลองครั้งนี้ค่าความเข้มข้นน้ำยาพาราที่ใช้สำหรับอ้างอิงจะได้จากวิธีการอบเป็นยางแห้ง ดังนั้นค่าเบี่ยงเบน (bias) ก็คือค่าเฉลี่ยของความแตกต่างระหว่างค่าความเข้มข้นน้ำยาพารา ที่ได้จากวิธีการอบเป็นยางแห้ง และที่ทำนายด้วยวิธีทางแสง สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$bias = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} = \bar{x} \quad (5.1)$$

เมื่อ \bar{x} สามารถคำนวณได้จากการนำค่าที่วัดได้จากวิธีการทำยางแห้งครั้งที่ i ลบด้วยค่าที่อ่านได้จากการทำนายด้วยวิธีทางแสงตามลำดับ โดยจะมีหน่วยในการวัดเป็นเปอร์เซ็นต์ N เป็นจำนวนครั้งของการวัดทั้งหมด

ค่าความเที่ยงตรง (Precision) เป็นการวัดการเปลี่ยนแปลงของค่าความผิดพลาดแบบสุ่ม (random error) การกระจายของจุดรอบๆค่ากลาง (mean) จะเป็นตัวกำหนดค่าความเที่ยงตรงของการวัด ค่าความเที่ยงตรงในทางสถิติจะเรียกว่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation, SD) ค่าความแตกต่างระหว่างการทำนายค่าความเข้มข้นน้ำยาพาราโดยใช้สมการทางแสง และค่าความเข้มข้นน้ำยาพาราที่อ่านได้จากวิธีการทำยางแห้งสามารถเขียนใหม่ได้เป็นสมการที่ (5.2) ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$precision = SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N-1}} \quad (5.2)$$

ในงานวิจัยส่วนใหญ่ มักจะใช้ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (95 % confidence limit) โดยจากการกระจายแบบปกติ (normal distribution) จะมีค่าเท่ากับ 1.96 เท่าของค่า SD

$$95 \% \text{ confidence limit} = 1.96 \times SD \approx 2 \times SD \quad (5.3)$$

จากสมการสำหรับทำนายค่าความเข้มข้นน้ำยาพาราด้วยวิธีทางแสงที่กล่าวถึงในบทที่ 4 คือสมการที่ (4.6) และสมการที่ (4.7) นำมาเขียนใหม่เป็นสมการที่ (5.4) และ สมการที่ (5.5) ดังนี้

$$C_{para} = \frac{I_{400nm} - I_{630nm}}{1.0} \quad (5.4)$$

$$C_{para} = \frac{I_{400nm} - I_{645nm}}{1.0} \quad (5.5)$$

โดยจะทำการทดสอบความแม่นยำและความเที่ยงตรงของแต่ละสมการ เปรียบเทียบกันเพื่อพิจารณาหาคู่ของความยาวคลื่นแสงที่มีความเหมาะสมมากที่สุด เพียงสองความยาวคลื่นแสงสำหรับใช้ในสมการทำนายค่าความเข้มข้นน้ำยาพาราด้วยวิธีทางแสงต่อไป

5.1.2 ความแม่นยำในการทำนายของสมการเมื่อจำนวนข้อมูลมี 30 ค่า

ในการเปรียบเทียบความแม่นยำและความเที่ยงตรงในการทดลองครั้งนี้ ได้พิจารณาที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (95 % confidence limit) และข้อมูลทางสถิติในส่วนของความแม่นยำและความเที่ยงตรงของสมการทั้งสอง ก่อนที่จะทำการเปรียบเทียบสมการทั้งสองจะได้กล่าวถึงความหมายของตัวเลขทางสถิติภายในตารางก่อนดังนี้ ตัวอย่างเช่นเมื่อพิจารณาที่คู่ของความยาวคลื่นแสง 400 / 630 nm จะได้ว่าคู่ความยาวคลื่นแสงนี้มีค่าความผิดพลาดเฉลี่ย 0.243 % หมายความว่าในการทำนายค่าความเข้มข้นน้ำยาพาราโดยใช้สมการทางแสง จะประมาณค่าออกมามากกว่าค่าจริง (overestimate) คือจากวิธีการรอบเป็นยางแห้งในทางบวก (positive bias) และที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % มีค่าเท่ากับ 5.1 % หมายความว่าในการทำนายค่าความเข้มข้นน้ำยาพาราด้วยวิธีทางแสงจะให้ค่าออกมาอยู่ในช่วงระหว่าง 0.243 - 5.1 % และ 0.243 + 5.1 % หรืออยู่ในช่วงระหว่าง -4.857 % และ 5.343 % จากค่า

จริง (ค่าความเข้มข้นน้ำยาพาราที่ได้จากวิธีการอบเป็นยางแห้ง) โดยมีความน่าจะเป็น (probability) คือ 0.95

การใช้ค่าความเบี่ยงเบน และค่าความเที่ยงตรงจะช่วยให้เห็นถึงความสามารถของแต่ละสมการได้ดีและง่ายขึ้น รวมทั้งเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับสมการอื่นจะเห็นความแตกต่างที่ชัดเจน โดยภาพรวมของสมการทั้งสองจะเห็นว่าความเบี่ยงเบนจะมีค่าน้อยนั่นคือความแม่นยำสูง แต่การเปลี่ยนแปลงของค่าที่ทำนายออกมาได้มีช่วงค่อนข้างกว้างนั่นคือมีความเที่ยงตรงค่อนข้างต่ำ

5.1.3 การเปรียบเทียบสมการโดยใช้สถิติ T-TEST

การใช้สถิติ T-TEST (student T distribution) เพื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การกระจายของข้อมูลสองกลุ่ม คือข้อมูลที่ได้จากสมการการทำนายค่าความเข้มข้นน้ำยาพาราด้วยวิธีทางแสง ว่ามีโอกาสในการกระจายของข้อมูลเหมือนกับค่าความเข้มข้นน้ำยาพารา ที่ได้จากการอบเป็นยางแห้งอย่างไร โดย t จะมีค่าดังสมการที่ (5.8)

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{s\sqrt{n}} \quad (5.8)$$

เมื่อ t คือเปอร์เซ็นต์โอกาสในการกระจายของข้อมูลที่จะเหมือนกันกับข้อมูลมาตรฐาน n เป็นจำนวนตัวอย่างของข้อมูล s เป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน μ คือค่าเฉลี่ยของประชากรมาตรฐาน ในการทดลองครั้งนี้ได้ใช้สูตร TTEST ที่มีอยู่ในโปรแกรม Microsoft Excel คำนวณหาค่า t โดยค่าที่ได้เมื่อจำนวนข้อมูลมี 20 ครั้งแสดงดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.1 การเปรียบเทียบค่า t จากคู่ความยาวคลื่นแสงทั้งสอง

ข้อมูลทางสถิติ	400 / 630	400 / 645
ค่า t (%)	0.63	0.58

จากตัวเลขค่า t ในตารางที่ 5.2 มีความหมายว่า การทำนายค่าความเข้มข้นน้ำยาพาราจากคู่ความยาวคลื่นแสง 400 / 630 nm มีโอกาสที่การกระจายของข้อมูลจะเหมือนกับค่าความเข้มข้นน้ำยาพาราที่ได้จากการอบเป็นยางแห้ง ประมาณ 63 % คู่ความยาวคลื่นแสง 400 / 645 nm มีโอกาส 58 % ตามลำดับ