



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ

การศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้เทคนิควัดการหักเหแสงเพื่อหาปริมาณเนื้อยางในน้ำยาง

**Possibility Study of Dry Rubber Content in Natural Rubber Latex by Using Diffracted
Light Measurement Method**

โดย ดร. วิรัช ทวีปรีดา และคณะ

พฤศจิกายน 2552

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ

การศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้เทคนิควัดการหักเหแสงเพื่อหาปริมาณเนื้อยางในน้ำยาง
Possibility Study of Dry Rubber Content in Natural Rubber Latex by Using Diffracted
Light Measurement Method

คณะผู้วิจัย

สังกัด

- | | |
|----------------------------|---|
| 1. ดร. วิรัช ทวีปรีดา | คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ |
| 2. น.ส. ณัฐชวิศา รัศมีพงศ์ | คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ |
| 3. น.ส. กมลวรรณ จันทราพร | คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ |

ชุดโครงการวิจัยขนาดเล็กเรื่องยางพารา คณะวิทยาศาสตร์ มอ.หาดใหญ่

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว.ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ให้ทุนอุดหนุนในการวิจัยและขอขอบคุณบริษัท ถาวรอุตสาหกรรมยางพารา (1982) จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ตัวอย่างน้ำยางขึ้น เจ้าหน้าที่ประจำสาขาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีวัสดุ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ได้กรุณาช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกตลอดระยะเวลาการทำวิจัย

บทคัดย่อ

ความเที่ยงตรงของเทคนิคการหาปริมาณเนื้อมะเขือเทศในน้ำยางธรรมชาติมีความสำคัญมากต่อการซื้อขายยางในตลาด เพราะราคาของน้ำยางจะขึ้นอยู่กับปริมาณเนื้อมะเขือเทศในน้ำยาง โดยทั่วไปจะมี 2 วิธีที่ใช้ในการหาปริมาณเนื้อมะเขือเทศในน้ำยางธรรมชาติ คือวิธีการตามมาตรฐาน ISO โดยเริ่มจากการทำให้ยางจับตัว แล้วค่อยรีดเป็นแผ่นบาง ก่อนนำไปอบจนแห้งโดยเตาอบลมร้อนซึ่งต้องใช้เวลามากกว่า 6 ชั่วโมง อีกวิธีคือการวัดโดยใช้ไมโครแลกแต่ไม่เป็นมาตรฐาน ดังนั้นอุปกรณ์ที่สามารถใช้ในการหาปริมาณเนื้อมะเขือเทศในน้ำยางธรรมชาติได้อย่างรวดเร็วกว่าวิธีการตามมาตรฐาน ISO และให้ค่าที่เที่ยงตรงกว่าการใช้ไมโครแลกจึงเป็นที่ต้องการอย่างมาก ในงานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะศึกษาค่าดัชนีการหักเหแสงในน้ำยาง โดยค่าดัชนีการหักเหแสงในน้ำยางจะขึ้นอยู่กับปริมาณ และขนาดของอนุภาคยางที่แขวนลอยอยู่ในน้ำยาง การทดลองจึงใช้เครื่องวัดการหักเหแสงทำการศึกษาที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ของน้ำยาง พบว่าค่าที่วัดได้จะมีความสัมพันธ์กันเป็นเส้นตรง และสามารถหาค่าคงที่ a และ b ได้จากกราฟ โดยค่าคงที่ a และ b ของน้ำยางสดจะมีความแตกต่างจากค่าคงที่ของน้ำยางขึ้น อันเป็นผลมาจากความสม่ำเสมอของขนาดอนุภาคยางในน้ำยาง และสิ่งเจือปนมากับน้ำยาง

คำย่อ : น้ำยางธรรมชาติ ปริมาณเนื้อมะเขือเทศในน้ำยาง ค่าการหักเหแสง

ABSTRACT

Accurate determination of the percentage dry rubber content (%DRC) of natural rubber latex (NRL) is very important for the rubber marketing because the cost of NRL is directly dependant on the %DRC. There are two widely used methods of determination of %DRC in field latex. One is carried out by the ISO methods which involve coagulation, creping, and drying for over 6 hours in a conventional oven. The other one is determined roughly by means of the hydrometer known as the 'Metrolac', which is an instantaneous method. So, it is desirable to devise a method for determining the %DRC of latex which will be both more rapid than the first method and more precise than the second one. The refractive index of latex, depending upon the volumetric number and size of the suspended rubber particles, offers a satisfactory criterion for the determination of the rubber content of latex. The experiment was done at room temperature using the refractometer to measured the refractive index of NRL compared to the NRL concentration. It shows the linear correlation which can be calculated the constant of a and b. The a and b constants of concentrated latex are differ from that of field latex because of the regularity of rubber particle size and impurity of the latex.

Keywords : natural rubber latex, dry rubber content, refractive index

สารบัญ

	หน้า
บทสรุปย่อรายงานสำหรับผู้บริหาร	I
กิตติกรรมประกาศ	IV
บทคัดย่อ	V
1. บทนำ	1
1.1 บทนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ทฤษฎี แนวคิดในการวิจัย และผลงานที่เกี่ยวข้อง	1
1.3.1 น้ำยางธรรมชาติ	1
1.3.2 ส่วนประกอบของน้ำยาง	2
1.3.3 ปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยาง	4
1.3.4 ทฤษฎีดัชนีการหักเหแสง	7
1.3.5 การตรวจสอบสีทึบ	10
2. วิธีการ	12
2.1 สารเคมี	12
2.2 อุปกรณ์	12
2.3 วิธีการทดลองและทดสอบ	13
2.3.1 การหาปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solid Content; TSC)	13
2.3.2 การหาปริมาณเนื้อยางแห้ง (Dry Rubber Content; DRC)	13
2.3.3 การหาปริมาณความเป็นด่างหรือปริมาณแอมโมเนีย (%Alkalinity)	14
2.3.4 การหาค่าดัชนีการหักเหแสง (Refractive Index)	14
2.3.5 วิธีดำเนินการทดลอง	15
3. ผลการวิจัยและการวิจารณ์ผล	17
3.1 ผลของอุณหภูมิต่อค่าดัชนีหักเหแสง	17
3.2 ผลของชนิดและความเข้มข้นของน้ำยางต่อค่าดัชนีการหักเหแสง	18
3.3 ผลของปริมาณสารตัวเติม CaCO_3 ต่อค่าดัชนีหักเหแสง	21
3.4 ความแม่นยำของเทคนิค	22
4. สรุปผลและข้อเสนอแนะ	25
เอกสารอ้างอิง	27
ภาคผนวก	29

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของการวิจัย

น้ำยางสดที่กรี๊ดได้จากต้นยางพาราโดยทั่วไปจะมีเนื้อยางอยู่ประมาณร้อยละ 25-45 ขึ้นอยู่กับพันธุ์ยาง และฤดูกาลในการเก็บเกี่ยว การหาปริมาณเนื้อยางในน้ำยางที่นิยมใช้กันทั่วไปมี 2 วิธี คือ วิธีการอบแห้ง และวิธีวัดความหนาแน่นของน้ำยางโดยเมโทรแลก ซึ่งวิธีการอบแห้งเป็นวิธีมาตรฐาน (ISO126:2005) แต่ต้องใช้เวลาในการอบแห้งนานมาก จึงเป็นวิธีที่นิยมในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตน้ำยางขึ้นเท่านั้น เพื่อประกอบการให้ราคาน้ำยาง และการคำนวณปริมาณสารเคมีที่ต้องเติมในกระบวนการผลิตน้ำยางขึ้น ในขณะที่วิธีวัดความหนาแน่นของน้ำยางโดยเมโทรแลก หรือลาเทกโซมิเตอร์ สามารถทำการวัดความเข้มข้นของน้ำยางได้อย่างง่ายในเวลาอันรวดเร็ว จึงเป็นที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางในกลุ่มชาวสวนยางตลอดจนผู้ค้าน้ำยาง ซึ่งวิธีการวัดนี้ถือไม่ได้ว่าเป็นวิธีที่เที่ยงตรง เพราะมีสเกลที่ค่อนข้างหยาบ และค่าที่วัดได้จะเบี่ยงเบนไปตามสารปนเปื้อนในน้ำยาง เช่น น้ำแป้ง น้ำมะพร้าว และสารละลายแอมโมเนีย เป็นต้น ส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนของปริมาณเนื้อยางที่ชาวสวนวัดได้กับราคาที่ถูกกำหนดโดยโรงงานที่รับซื้อน้ำยางสด และการโกงเปอร์เซ็นต์เนื้อยางที่จูดรับซื้อน้ำยางสดโดยการปนเปื้อนน้ำยางสดด้วยสารอื่นก่อให้เกิดความเสียหายอย่างมากทั้งต่อผู้รับซื้อและผู้ขายน้ำยางสด ตลอดจนคุณภาพของน้ำยางขึ้นไทย

ในงานวิจัยนี้จึงสนใจพัฒนาเครื่องมือวัดปริมาณเนื้อยางในน้ำยางโดยใช้เทคนิคการหักเหแสงซึ่งยังไม่เคยมีรายงานวิจัยที่ใกล้เคียงกันมาก่อน

1.2 วัตถุประสงค์

- เพื่อศึกษาสมบัติของอนุภาคยางที่แขวนลอยอยู่ในน้ำยางธรรมชาติที่อยู่ในรูปน้ำยางสด และน้ำยางขึ้นโดยการวัดค่าดัชนีการหักเหแสง
- เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการพัฒนาเทคนิคการวัดหาปริมาณเนื้อยางโดยอาศัยสมบัติการหักเหแสงของอนุภาคยางที่แขวนลอยอยู่ในน้ำยาง

1.3 ทฤษฎี แนวคิดในการวิจัย และผลงานที่เกี่ยวข้อง

1.3.1 น้ำยางธรรมชาติ

น้ำยางสดมีลักษณะเป็นของเหลวสีขาว มีสถานะเป็นสารคอลลอยด์หรือแขวนลอยอยู่ในตัวกลางที่เป็นน้ำ โดยทั่วไปเรียกว่า ซีรัม (serum) มีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 0.975-0.980 กรัมต่อมิลลิลิตร มีค่า pH ประมาณ 6.5-7.0 มีความหนืดประมาณ 12-15 เซนติพอยส์ (centipoise) และอาจมี

ค่าแปรปรวนขึ้นอยู่กับปริมาณของส่วนประกอบในน้ำยาง พันธุ์ยาง อายุยาง ฤดูกาลการกรีดยาง และลักษณะภูมิประเทศการปลูกยาง เป็นต้น ซึ่งส่วนประกอบต่างๆ ของน้ำยางสด ดังแสดงในตารางที่ 1.2 โดยอนุภาคน้ำยางสดจะอยู่ในสถานะแขวนลอยและมีประจุที่เป็นลบจึงผลักกันตลอดเวลาทำให้คงสภาพอยู่ได้ จนกว่าสภาพแวดล้อมและปัจจัยต่างๆ ที่มารบกวน เช่น อุณหภูมิ ความเป็นกรด ซึ่งทำให้เกิดการจับตัวเป็นก้อนของน้ำยาง

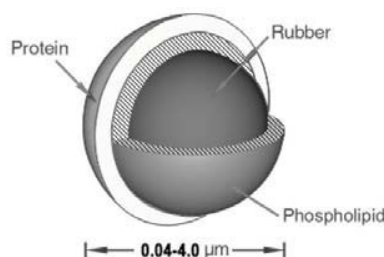
ตารางที่ 1.2 ส่วนประกอบของน้ำยางสด (Blackley, 1997)

ส่วนประกอบ	เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)
สารที่เป็นของแข็งทั้งหมด(Total Solid Content; TSC)	27 - 48
เนื้อยางแห้ง (Dry Rubber Content; DRC)	25 - 45
สารพวกโปรตีน	1 - 1.5
สารพวกเรซิน	1 - 1.25
ขี้เถ้า	สูงถึง 1
น้ำตาล	1
น้ำ	ส่วนที่เหลือจนครบ100

1.3.2 ส่วนประกอบของน้ำยาง

1.3.2.1 ส่วนของเนื้อยาง มีส่วนประกอบหลัก ๆ ดังนี้ คือ

1.3.2.1.1 อนุภาคน้ำยาง ถูกห่อหุ้มด้วยสารจำพวกไขมันและโปรตีนโดยโปรตีนจะอยู่ชั้นนอกและอาจมีโลหะบางชนิด เช่น แมกนีเซียม โพแทสเซียม และทองแดงปะปนอยู่ปริมาณเล็กน้อยประมาณ 0.5 % โดยปกติอนุภาคน้ำยางจะแขวนลอยในน้ำ ประกอบด้วยสารประกอบพวกไฮโดรคาร์บอน มีชื่อโครงสร้างทางเคมีว่า ไอโซพรีน (*cis*-1,4 polyisoprene) มีความหนาแน่น 0.92 กรัมต่อมิลลิเมตร มีน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยอยู่ในช่วง 200,000-400,000 กรัมต่อโมล ลักษณะอนุภาคน้ำยางเป็นรูปค่อนข้างกลมคล้ายลูกแพร์ มีขนาดอนุภาคแตกต่างกันมากอยู่ระหว่าง 0.04-4 ไมครอน แสดงดังรูปที่ 1.1 อนุภาคน้ำยางส่วนใหญ่จะมีขนาดไม่เกิน 0.4 ไมครอน ขนาดอนุภาคเฉลี่ยประมาณ 1 ไมครอน เมื่อนำน้ำยางสดมาปั่นด้วยความเร็วสูง พบว่า อนุภาคน้ำยางที่มีขนาดใหญ่จะแยกตัวออกจากชั้นน้ำขึ้นมายู่ด้านบนซึ่งสามารถแยกออกได้เป็นน้ำยางข้น ส่วนอนุภาคน้ำยางที่มีขนาดเล็กจะปนอยู่กับหางน้ำยาง (Skim latex)



รูปที่ 1.1 ลักษณะที่เป็นไปได้ของอนุภาคยางธรรมชาติ

1.3.2.1.2 โปรตีน (Protein) โปรตีนที่ห่อหุ้มอยู่ตรงผิวรอบนอกของอนุภาคยางมีอยู่ประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ของโปรตีนทั้งหมดที่มีอยู่ในน้ำยาง โปรตีนที่อยู่ในน้ำยางส่วนใหญ่เป็นชนิด แอลฟาไกลูบูลิน และฮีวิน (α -Globulin และ Hevein) ส่วนนอกสุดของอนุภาคยางมีโปรตีนห่อหุ้มอยู่ประมาณ 1 % ของอนุภาคยาง ส่วนใหญ่เป็นพวก แอลฟาไกลูบูลิน ซึ่งไม่ละลายในน้ำกลั่นแต่ละลายในกรด ดัง หรือเกลือ มีค่า Isoelectric point ที่ $\text{pH} = 4.8$ ดังนั้นอนุภาคยางจะรวมตัวกันอย่างรวดเร็วที่ pH ของแอลฟา กลูบูลินละลายน้อยที่สุด สำหรับโปรตีนที่ห่อหุ้มผิวรอบนอกของอนุภาคยางซึ่งเป็นโปรตีนพวกฮีวิน สามารถละลายในน้ำได้ มีค่า Isoelectric point ที่ $\text{pH} = 4.5$ จะป้องกันอนุภาคยางมารวมตัวกัน ส่วนประกอบของฮีวินมีกำมะถันอยู่ประมาณ 5% และเป็นประเภท crystalline disulphide linkage ดังนั้นขณะที่น้ำยางเกิดการสูญเสียสภาพจะเกิดการบดเน่าโดยโปรตีนส่วนนี้จะสลายตัวให้ สารประกอบพวกไฮโดรซัลไฟด์และสารเมอร์แคปแทนทำให้มีกลิ่นเหม็น

1.3.2.1.3 ไขมัน (Lipid) ไขมันอยู่ระหว่างผิวของอนุภาคยางและโปรตีน ส่วนใหญ่เป็นสารพวก ฟอสโฟไลปิด ชนิด α -Lecithin ทำหน้าที่ยึดโปรตีนให้เกาะอยู่บนผิวของอนุภาคยาง น้ำยางในสถานะ ที่เป็นค้าง เช่น มีแอมโมเนียอยู่ (ประมาณ 0.6 % ขึ้นไป) ฟอสโฟไลปิดจะถูกไฮโดรไลซ์เป็นกรด ไขมันที่มีโมเลกุลยาวซึ่งจะรวมตัวกับแอมโมเนียกลายเป็นสบู่ ทำให้น้ำยางมีความเสถียรยิ่งขึ้น แต่ กรณีที่มีแอมโมเนียปริมาณน้อย (ประมาณ 0.2 % ในน้ำยาง) การไฮโดรไลซิสจะเกิดขึ้นน้อย การเพิ่มความเสถียรของน้ำยางจึงจำเป็นต้องเพิ่มสบู่หรือสารอื่นที่ช่วยในการเก็บรักษาน้ำยางเพิ่มลงไป

1.3.2.2 ส่วนที่ไม่ใช่น้ำยาง มีส่วนประกอบหลักๆ ดังนี้ คือ

1.3.2.2.1 ส่วนที่เป็นน้ำหรือเซรัม เซรัมของน้ำยางมีความหนาแน่นประมาณ 1.02 กรัมต่อ มิลลิลิตร ประกอบด้วยสารชนิดต่างๆ คือ คาร์โบไฮเดรตเป็นสารพวกแป้งและน้ำตาลมีอยู่ในน้ำยาง ประมาณ 1% น้ำตาลส่วนใหญ่เป็นชนิดคิวบาชิตอล (Quebrachitol)

1.3.2.2.2 โปรตีนและกรดอะมิโน เป็นส่วนที่อยู่ในเซรัมของน้ำยาง มีค่า Isoelectric point หลาย ค่า โปรตีนที่มีค่า Isoelectric point สูงสามารถสลายตัวให้ประจุบวกได้เป็นสาเหตุให้น้ำยางสูญเสีย สภาพ

1.3.2.2.3 ส่วนของลูทอยด์และสารอื่นๆ ลูทอยด์ (Lutoids) เป็นอนุภาคที่ค่อนข้างกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.5–3 ไมครอน ห่อหุ้มด้วยเยื่อบางๆ ภายในเยื่อบางๆ นี้มีทั้งสารละลายและสารที่แขวนลอย มีค่า pH = 5.5 ส่วนใหญ่ประกอบด้วยโปรตีน โดยมีโปรตีนที่ละลายน้ำอยู่ประมาณ 3 % และมีส่วนของโปรตีนที่ไม่ละลายน้ำอยู่ประมาณ 2% นอกจากนี้ยังมีส่วนของสารพวกฟอสโฟไลปิดแขวนลอยอยู่ประมาณ 0.5% และมีสารโพลีฟีนอลออกซิเดส ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ยางมีสีเหลืองหรือสีคล้ำเมื่อสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ ลูทอยด์ห่อหุ้มด้วยเนื้อเยื่อชั้นเดียวสามารถเกิดการออสโมซิสได้ง่าย ดังนั้นการเติมน้ำลงในน้ำยางสดจะทำให้ลูทอยด์บวมและแตกง่าย ขณะที่ลูทอยด์เกิดการพองตัวมีผลทำให้น้ำยางมีความหนืดเพิ่มขึ้นและเมื่อลูทอยด์แตกความหนืดก็จะลดลง หากเติมแอมโมเนียลงในน้ำยางสด พบว่า ส่วนของลูทอยด์และสารพวกโละหะแมกนีเซียมจะรวมตัวกับแอมโมเนีย เกิดการตกตะกอนเป็นตะกอนสีน้ำตาลและสีม่วงแยกตัวออกจากเนื้อยางและเกาะรวมกันอยู่ด้านล่างสามารถแยกออกได้ สารอื่นๆ โดยมากเป็นอนุภาคเฟรย์-วิสลิง (Frey wysssling) เป็นสารที่ไม่ใช่มอนูเมอร์ใหญ่กว่ายาง แต่ความหนาแน่นน้อยกว่า มีรูปร่างค่อนข้างกลม มีผนังล้อมรอบสองชั้น มีปริมาณไม่มากนัก ประกอบด้วย สารเม็ดสีพวกคาโรทีนอยด์ ซึ่งทำให้ยางมีสีเหลืองเข้ม สามารถรวมตัวกับแอมโมเนียและแยกตัวออกจากยางมาอยู่ในส่วนของเซรัม

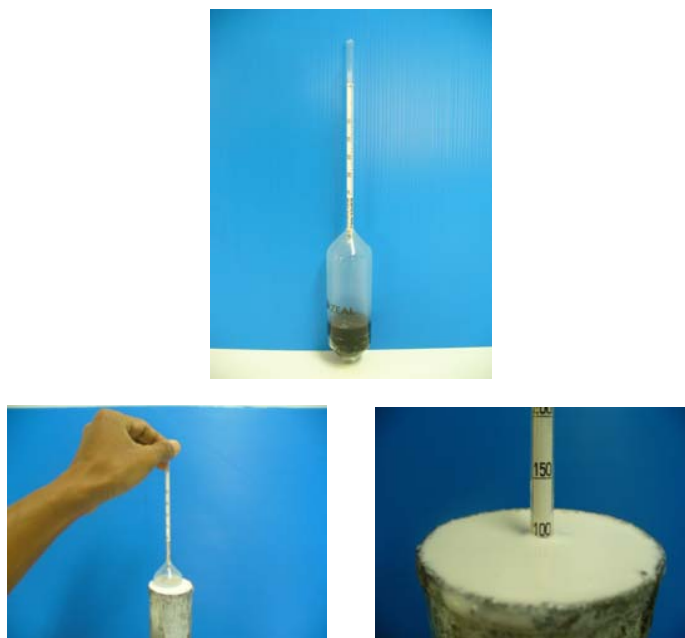
1.3.3 ปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยาง

การหาปริมาณเนื้อยางในน้ำยาง (Dry Rubber Content, DRC) มีความสำคัญมากต่อการกำหนดราคาซื้อขาย การออกใบรับรองในคุณภาพของน้ำยางเพื่อการส่งออก และการออกสูตรผสมสารเคมี โดยทั่วไปจะมี 2 วิธีที่ใช้ในการหาปริมาณเนื้อยางในน้ำยางคือวิธีการที่มีการกำหนดไว้ในมาตรฐานสากล ดังเช่น

- BS 1672:1972 - Methods of testing natural rubber latices
- ISO 126:2005 - Natural Rubber Latex Concentrate--Determination of Dry Rubber Content
- ASTM D1076-80 - Specification for Rubber—Concentrated, Ammonia Preserved, Creamed and Centrifuged Natural Latex

โดยมีหลักการเริ่มจากการทำให้ยางจับตัวด้วยสารละลายกรดอะซิติก แล้วค่อยรีดเป็นแผ่นบาง ก่อนนำไปอบจนแห้งโดยเตาอบลมร้อนซึ่งต้องใช้เวลามากกว่า 6 ชั่วโมง และต้องรอให้เย็นตัวจึงทำการชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งละเอียด ทำการคำนวณ %DRC จะเห็นได้ว่าวิธีดังกล่าวต้องใช้เวลาจนถึงแม้ว่าได้มีความพยายามเสนอวิธีการหาค่า %DRC ให้เร็วขึ้นโดยการย่นระยะเวลาในการทำยางแห้ง คือแทนที่จะใช้การอบที่อุณหภูมิ 70°C ธรรมดา ก็ใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นไป และรวมไปถึงการใช้อ่างน้ำร้อนและการรีดยางด้วยลูกกลิ้งร้อน แต่เทคนิคดังกล่าวยังมีความยุ่งยากสำหรับการซื้อขายน้ำยางสดที่จุด

รับซื้อ ส่วนอีกวิธีหนึ่งที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง คือการวัดโดยใช้เครื่องมือแบบไฮโดรมิเตอร์จุ่มลงในน้ำยาง เรียกกันว่าเมโทรแลค (Metrolac) หรือลาเทกซ์มิเตอร์ (Latexometer) กว้างขวาง เนื่องจากเป็นวิธีการที่รวดเร็ว ใช้อุปกรณ์ที่ไม่ซับซ้อน ดังแสดงในรูปที่ 1.2 ทำให้การวัดสามารถทำได้ที่จุดรับซื้อน้ำยางสด



รูปที่ 1.2 แสดงเครื่องมือเมโทรแลค และการใช้งานเพื่อวัดค่า %DRC ในน้ำยาง

เนื่องจากน้ำยางเป็นของผสมระหว่างอนุภาคยางและส่วนประกอบอื่นปริมาณน้อยกระจายตัวอยู่ในซีรัม ดังนั้นความถ่วงจำเพาะของน้ำยางจึงเป็นความถ่วงจำเพาะของของผสม (บุญธรรม นิธิอุทัย, 2534)

$$S_g = M/V$$

เมื่อ S_g = ความถ่วงจำเพาะของน้ำยาง

S_r = ความถ่วงจำเพาะของอนุภาคยาง

S_s = ความถ่วงจำเพาะของซีรัม

M = มวลของน้ำยาง ($C_r + C_s$)

V = ปริมาตรของน้ำยาง $[(C_r/S_r) + (C_s/S_s)]$

C_r = น้ำหนักของอนุภาคยาง (น้ำหนักของเนื้อยางแห้งทั้งหมด)

C_s = น้ำหนักของซีรัม

$$\text{ดังนั้น } Sg = (Cr+Cs)/[(Cr/Sr) + (Cs/Ss)]$$

$$Sg = [(Cr+Cs)SrSs] / (CrSs+CsSr)$$

จากสมการ พบว่าเมื่อทราบค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำยางสด (Specific gravity, Sg) จะทำให้สามารถคำนวณเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้ง (Cr) ที่มีอยู่ในน้ำยางได้ เพราะเทอมอื่นๆ ในสมการเป็นที่ทราบค่าอยู่แล้ว โดยค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำยางมีความสัมพันธ์กับปริมาณเนื้อยางในน้ำยาง ดังแสดงในตารางที่ 1.3

ตารางที่ 1.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถ่วงจำเพาะกับความเข้มข้นของเนื้อยางในน้ำยางสด

% Dry Rubber Content	Specific Gravity
25	0.992
27	0.989
29	0.987
30	0.986
32	0.983
33	0.982
35	0.98
36	0.979
38	0.976
40	0.974

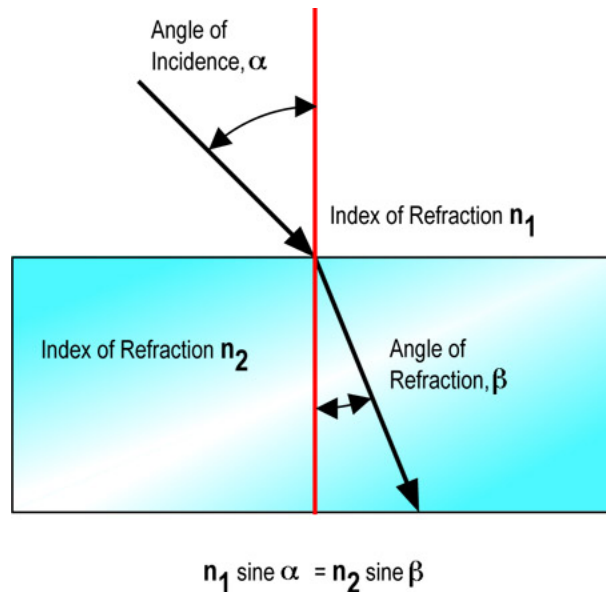
อย่างไรก็ตาม วิธีการวัดด้วยเมโทรแลกซ์ไม่ได้ว่าเป็นวิธีที่เที่ยงตรง เพราะค่าความถ่วงจำเพาะที่วัดได้อาจเปลี่ยนแปลงไปตามปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ที่มีได้เกิดจากปริมาณเนื้อยางในน้ำยางเพียงอย่างเดียว ดังต่อไปนี้

- อุณหภูมิ
- องค์ประกอบอื่นที่ไม่ใช่ยาง
- สารอื่นๆ ที่มีการเติมแต่งเข้าไปโดยเจตนาหรือไม่เจตนา เป็นผลให้น้ำหนักของน้ำยางเพิ่มขึ้นเกิดความแปรปรวนของ %DRC ที่วัดได้

ดังนั้นอุปกรณ์ที่สามารถใช้ในการหา %DRC ในน้ำยางได้อย่างรวดเร็วกว่าวิธีการตามมาตรฐานสากล และให้ค่าที่เที่ยงตรงกว่าการใช้เมโทรแลกซ์จึงเป็นที่ต้องการอย่างมาก

1.3.4 ทฤษฎีดัชนีการหักเหแสง

ดัชนีหักเห (Refractive Index, n) คืออัตราส่วนระหว่างความเร็วของแสงในสุญญากาศเทียบกับความเร็วของแสงในตัวกลางอีกชนิดหนึ่ง ค่าดัชนีหักเหจึงไม่มีหน่วย



รูปที่ 1.3 แสดงการเดินทางของแสงผ่านตัวกลางที่มีความหนาแน่นแตกต่างกัน

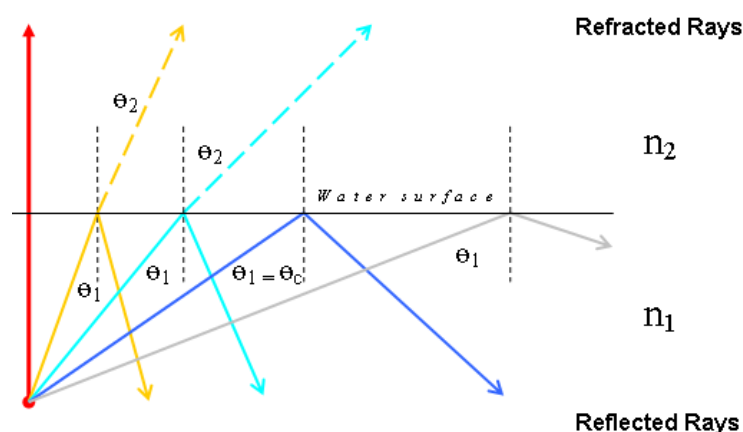
ในกรณีที่แสงเดินทางผ่านตัวกลางที่หนาแน่นน้อยกว่าไปยังตัวกลางที่มีความหนาแน่นมากกว่า เช่น จากอากาศไปยังน้ำ ดังรูปที่ 1.3 แสงจะมีการเปลี่ยนทิศทางตามความสัมพันธ์ Snell's law

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin \beta}{\sin \alpha}$$

เมื่อ มุม α เรียกว่า มุมตกกระทบ

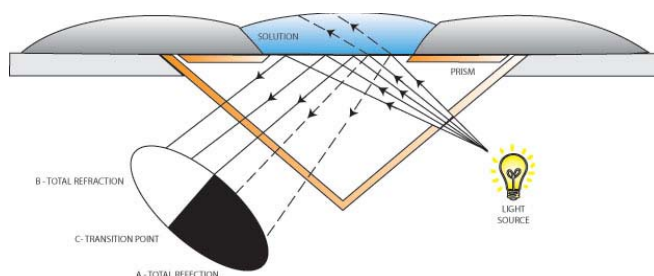
มุม β เรียกว่า มุมหักเห

ในทางตรงกันข้าม กรณีที่แสงเดินทางผ่านตัวกลางที่หนาแน่นกว่าไปยังตัวกลางที่หนาแน่นน้อยกว่า เช่น จากน้ำไปยังอากาศ แสงก็ยังคงมีการหักเหทิศทางด้วยมุมหักเหต่างๆ แต่จะมีมุมหักเหอยู่หนึ่งมุมที่มีค่า $\beta = 90^\circ$ ซึ่งจะเรียกว่ามุมวิกฤติ (critical angle) ซึ่งแสงที่หักเหเกินจากค่ามุมวิกฤตินี้จะเกิดการสะท้อนกลับหมด (total reflection) ดังแสดงในรูปที่ 1.4



รูปที่ 1.4 แสดงลักษณะการสะท้อนกลับของแสงด้วยมุมต่างๆ

เช่นเดียวกันกับหลักการของเครื่องวัดดัชนีหักเหที่แหล่งกำเนิดแสงจะปล่อยแสงออกมาแล้วผ่าน Prism ก่อนที่จะผ่านไปยังสารตัวอย่าง แสงบางส่วนจะหักเหไป (มุมตกกระทบ < มุมวิกฤต) และแสงบางส่วนจะสะท้อนกลับ (มุมตกกระทบ > มุมวิกฤต) แสงที่สะท้อนกลับจะถูกวัดด้วย optical sensor ซึ่งแนวแบ่งเขตระหว่างแถบมืดและแถบสว่างก็คือค่าดัชนีหักเห



รูปที่ 1.5 แสดงหลักการของเครื่องมือวัดดัชนีการหักเห

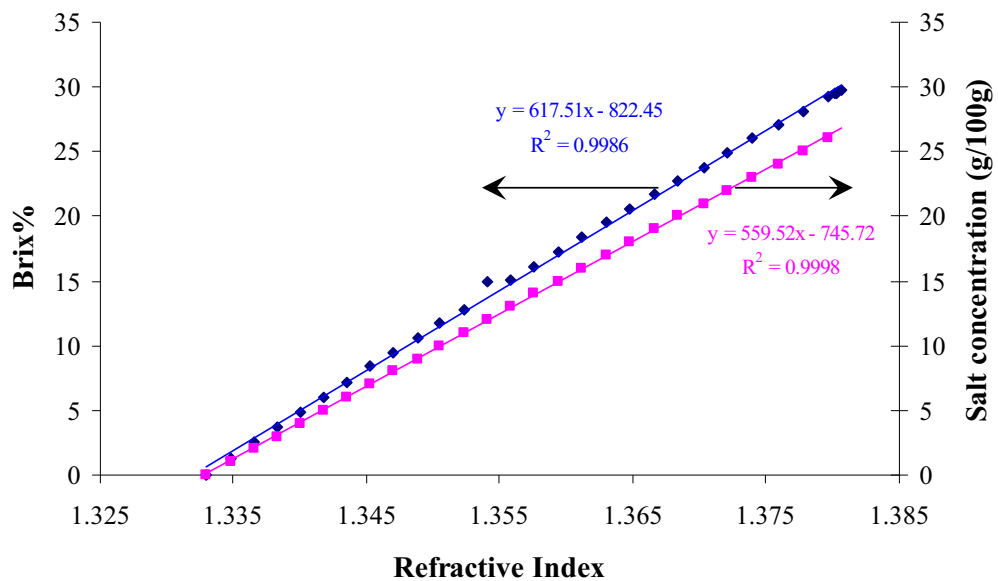
(ที่มา: www.hannainst.co.uk/page/refractometers)

แหล่งกำเนิดแสงที่ใช้ในการศึกษาดัชนีหักเหโดยทั่วไปคือแสงที่ได้จากหลอด Na ซึ่งจะให้แสงที่มีความยาวคลื่นเดียวตกกระทบมีค่าเท่ากับ 589.3 nm แสงที่ได้จากหลอด Na นี้จะเรียกว่า Sodium 'D' line ดังนั้นค่าดัชนีหักเหที่วัดได้จึงใช้สัญลักษณ์แทนว่า n_D นอกจากนี้ค่าดัชนีหักเหยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิขณะที่ทำการวัดด้วย อุณหภูมิที่เป็นมาตรฐานสำหรับการทดสอบคือ 20°C แต่ถ้าต้องการวัดที่อุณหภูมิอื่น จะต้องระบุอุณหภูมิที่วัดด้วย เช่น n_D^{25} หมายถึงค่าดัชนีหักเหที่วัดได้ที่สภาวะ 25°C และเมื่อทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายชนิดต่างๆ กับดัชนีหักเห จะพบว่ามีความสัมพันธ์กันดังแสดงในตารางที่ 1.4

ตารางที่ 1.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายเกลือและระดับน้ำตาล (Brix) กับ
ค่าดัชนีการหักเหที่วัดได้ที่ 20°C (ที่มา: http://www.topac.com/salinity_brix.html)

Salt g/100g	Refractive Index	Brix %	Saturation
0	1.3330	0	
1	1.3348	1.3	
2	1.3366	2.5	
3	1.3383	3.7	
4	1.3400	4.8	
5	1.3418	6.0	
6	1.3435	7.2	
7	1.3453	8.4	
8	1.3470	9.5	
9	1.3488	10.6	
10	1.3505	11.7	
11	1.3523	12.8	
12	1.3541	14.9	
13	1.3558	15.1	
14	1.3576	16.1	
15	1.3594	17.2	
16	1.3612	18.4	
17	1.3630	19.5	
18	1.3648	20.6	
19	1.3666	21.7	
20	1.3684	22.7	
21	1.3703	23.8	
22	1.3721	24.9	
23	1.3740	26.0	
24	1.3759	27.1	
25	1.3778	28.1	
26	1.3797	29.2	
26.28	1.3802	29.5	0 °C
26.31	1.3803	29.5	10 °C
26.38	1.3804	29.6	20 °C
26.50	1.3807	29.8	30 °C

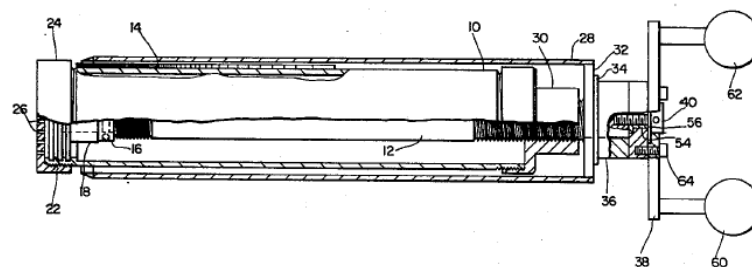
จะเห็นได้ว่าความเข้มข้นของสารละลายเกลือและระดับน้ำตาลมีความสัมพันธ์โดยตรงกับค่าดัชนีหักเห ดังแสดงในรูปที่ 1.6 เป็นผลให้ได้มีการประยุกต์ใช้เทคนิคการวัดดัชนีหักเหเพื่อศึกษาความเข้มข้นของสารชนิดต่างๆ เช่นการติดตามปริมาณน้ำตาลในหัวมันฝรั่งที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ (Walter, 1992) การศึกษาชนิดและปริมาณน้ำตาลในพืชผลชนิดต่างๆ (Ball, 2006) การศึกษาปริมาณน้ำตาลในไวน์ที่ได้จากองุ่นพันธุ์ต่างๆ (Niskanen, 2008) การวัดปริมาณเอทานอลในสารละลาย (Jiménez Riobóo, 2009) การวัดปริมาณ isopropanol (Sadykhov, 1969) diethylene glycol (MacBeth, 1952) และ propylene glycol (MacBeth, 1951) ในสารละลาย เป็นต้น เนื่องจากการวัดค่าดัชนีหักเหสามารถทำได้ง่ายและรวดเร็ว



รูปที่ 1.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของน้ำตาลและเกลือกับค่าดัชนีหักเหแสง

1.3.5 การตรวจสอบลิทธิบัตร

นับตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันได้มีงานวิจัยจำนวนมากที่พยายามทำการศึกษาเพื่อพัฒนาเทคนิคการวัดปริมาณเนื้อยางในน้ำยาง โดย Gehman และ Ward (1931) ได้ประยุกต์ใช้เทคนิคการวัดความขุ่น (Microturbidity) ในน้ำยางเพื่อหาปริมาณเนื้อยางในน้ำยาง จากการหยคน้ำยางระหว่างแผ่นสไลด์ศึกษาปริมาณเนื้อยางในน้ำยางโดยการส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ และได้จดสิทธิบัตร ในปี ค.ศ.1935 หมายเลข US 2024617 ต่อมา Schulz ได้จดสิทธิบัตรการคิดค้นเทคนิคการวัดปริมาณเนื้อยางในน้ำยาง ในปี ค.ศ. 1984 โดยการทำให้น้ำยางรวมตัวกันโดยสาร flocculant แล้วบีบอัดเพื่อรีดน้ำชีรัมออกจากยางด้วยเครื่องมือดังแสดงในรูปที่ 1.7 จากปริมาตรของน้ำชีรัมที่ได้จะทำให้ทราบปริมาณเนื้อยางในน้ำยาง



รูปที่ 1.7 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดปริมาณเนื้อยางในน้ำยางตามสิทธิบัตรของ Frank C. Schulz, Jr.

ในปี ค.ศ. 2009 มีสิทธิบัตรการคิดค้นเทคนิคการวัดปริมาณเนื้อยางในน้ำยางจำนวน 2 สิทธิบัตร คือ CN101532958 (A) และ CN101614664 (A) โดย Zhao และคณะ ซึ่งทำการศึกษาปริมาณเนื้อยางในน้ำยางข้น และน้ำยางธรรมชาติ โดยใช้ sensor ชนิด photoelectric และ Y-type optical fiber ตามลำดับ

ฐานข้อมูลที่ค้น :	http://www.ep.espacenet.com
Keywords:	Rubber Content
ผลการสืบค้น	
จำนวนสิทธิบัตรที่ปรากฏตามคำหลัก 181 สิทธิบัตร	
- เมื่อค้นกรองด้วยคำหลัก Dry Rubber Content ปรากฏตามคำหลักเพียง 3 สิทธิบัตร	
1. Patent Number: CN101614664 (A) Title: Dry rubber content measuring system of natural rubber based on Y-type optical fiber	
☐ ไม่ใกล้เคียงกับงานวิจัยของท่าน	☒ ไม่ใกล้เคียง แต่เสนอ alternatives ที่เป็นคู่แข่ง
2. Patent Number: CN101532958 (A) Title: Method and system for measuring dry rubber content in concentrated latex based on photoelectric sensor	
☐ ไม่ใกล้เคียงกับงานวิจัยของท่าน	☒ ไม่ใกล้เคียง แต่เสนอ alternatives ที่เป็นคู่แข่ง
3. Patent Number: US4446725 (A) Title: Volumetric analysis device for determining the dry rubber content of latex	
☐ ไม่ใกล้เคียงกับงานวิจัยของท่าน	☒ ไม่ใกล้เคียง แต่เสนอ alternatives ที่เป็นคู่แข่ง
- เมื่อค้นกรองสิทธิบัตรที่ปรากฏด้วยคำหลัก Rubber Content Measurement ปรากฏ 1 สิทธิบัตร	
1. Patent Number: JP54033785 (A) Title: MEASUREMENT OF CHLORINE CONTENT IN VULCANIZED RUBBER	
☐ ไม่ใกล้เคียงกับงานวิจัยของท่าน	☒ ไม่ใกล้เคียง แต่เสนอ alternatives ที่เป็นคู่แข่ง
- เมื่อค้นกรองสิทธิบัตรที่ปรากฏด้วยคำหลัก Rubber Content Determination ปรากฏ 2 สิทธิบัตร	
1. Patent Number SU994985 (A1) Title: METHOD OF DETERMINATION OF OPTIMUM CONTENT OF RUBBER CRUMP IN RUBBER MIXTURE	
☐ ไม่ใกล้เคียงกับงานวิจัยของท่าน	☒ ไม่ใกล้เคียง แต่เสนอ alternatives ที่เป็นคู่แข่ง
2. Patent Number: US2024617 (A) Title: Determination of the rubber content of latex	
☒ ไม่ใกล้เคียงกับงานวิจัยของท่าน	☐ ไม่ใกล้เคียง แต่เสนอ alternatives ที่เป็นคู่แข่ง

นอกจากนี้ มีการรายงานผลงานวิจัยของ Alex และคณะ (2003) ถึงการศึกษาปริมาณเนื้อยางในน้ำยางสดโดยใช้เทคนิคการไตเตรตด้วยสารละลายกรดซัลฟริกเจือจางเพื่อหาปริมาณสบู่โพแทสเซียมโอเลเอตที่มีอยู่ในน้ำยางสด พบว่ามีความสัมพันธ์กับปริมาณเนื้อยางในน้ำยาง ค่าที่วัดได้ไม่มีผลรบกวนจากการปนเปื้อนของโลหะและกรดไขมันที่ระเหยได้ ต่อมา Jayanthi และ Sankaranarayanan (2005) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเนื้อยางในน้ำยางกับค่าคงที่ไดอิเล็กตริก โดยใช้คลื่นไมโครเวฟ พบว่าค่าคงที่ไดอิเล็กตริกจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณความชื้นเพิ่มสูงขึ้น และมีความเป็นไปได้ที่จะใช้เทคนิคนี้ในการศึกษาปริมาณเนื้อยางในน้ำยางโดยไม่มีผลรบกวนจากสารประกอบอื่นที่ไม่ใช่ยาง

บทที่ 2

วิธีการ

2.1 สารเคมี

- 2.1.1 **น้ำยางข้น** ชนิดแอมโมเนียสูง (High ammonia concentrated latex) เข้มข้น 60% โดยน้ำหนัก ผลิตโดยบริษัททองอุตสาหกรรมน้ำยางข้น จำกัด
- 2.1.2 **หางน้ำยาง** มีปริมาณเนื้อยางแห้ง (Dry rubber content, %DRC) ประมาณ 5% โดยน้ำหนัก ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total solid content, %TSC) ประมาณ 7% โดยน้ำหนัก และปริมาณแอมโมเนียประมาณ 0.4% ที่ได้จากบริษัททองอุตสาหกรรมน้ำยางข้น จำกัด
- 2.1.3 **น้ำยางสด** (Fresh Field Latex) มีลักษณะเป็นของเหลวสีขาวคล้ายน้ำนมมีปริมาณเนื้อยางแห้ง (Dry Rubber Content, DRC) ประมาณ 30-35% โดยน้ำหนัก ได้จากสวนยาง
- 2.1.4 **กรดอะซิติก** (Acetic acid) เข้มข้น 89.9% สูตรทางเคมี คือ CH_3COOH น้ำหนักโมเลกุล 60.05 กรัม/โมล ผลิตโดยบริษัท J.T.Baker Ltd. ประเทศสหรัฐอเมริกา
- 2.1.5 **กรดฟอร์มิก** (Formic acid) เข้มข้น 90.0% สูตรทางเคมีคือ CH_3COOH น้ำหนักโมเลกุล 46.03 กรัม/โมล ความหนาแน่น 1.22 g/cm³ ผลิตโดยบริษัท Ajax Finechem ประเทศออสเตรเลีย
- 2.1.6 **โซเดียมไฮดรอกไซด์** (Soduim hydroxide) ความบริสุทธิ์ 97% สูตรทางเคมี คือ NaOH ผลิตโดยบริษัท Lab Scan Asia Co.,Ltd. ประเทศฝรั่งเศส
- 2.1.7 **สารละลายเมทิลเรด** 0.1%w/v ในแอลกอฮอล์ เตรียมโดยนำเมทิลเรด 0.1 กรัมมาละลายในเอทิลแอลกอฮอล์ 100 มิลลิลิตร ในขวดวัดปริมาตร ผลิตโดยบริษัท J.T.Baker Ltd. ประเทศสหรัฐอเมริกา
- 2.1.8 **แอมโมเนียมซัลเฟต** (Ammonium sulphate, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) มีลักษณะเป็นของแข็งสีขาว น้ำหนักโมเลกุล 132.4 กรัม/โมล เตรียมให้อยู่ในรูปของสารละลายความเข้มข้น 35% ผลิตโดยบริษัท VWR International Ltd
- 2.1.9 **แคลเซียมคาร์บอเนต** (Calcium carbonate) เป็นสารตัวเติมในน้ำยาง มีลักษณะเป็นผงสีขาวละเอียด มีสูตรทางเคมี CaCO_3 เตรียมในรูป 75% dispersion

2.2 อุปกรณ์

- 2.2.1 **ตู้อบอากาศร้อน** (Hot Air Oven) มีพัดลมเป่ากระจายความร้อนเพื่อควบคุมให้สม่ำเสมอ สามารถปรับอุณหภูมิได้สูงสุด 250 °C ผลิตโดยบริษัท Memmert ประเทศเยอรมันนี รุ่น D06061

- 2.2.2 เครื่องรีดยาง ใช้ในการรีด และล้างยางจับตัวในขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างยาง
- 2.2.3 เครื่องชั่งสาร เป็นเครื่องชั่งระบบดิจิทัล มีทศนิยม 4 ตำแหน่ง ผลิตโดยบริษัท
Mettler-Toledo AG จำกัด
- 2.2.4 เครื่องวัดความเป็น กรด-ด่าง (pH meter) รุ่น FiveEasy™ FM20 จำหน่ายโดย บริษัท
Mettler-Toledo AG จำกัด ประเทศจีน
- 2.2.5 เครื่องวัดค่าดัชนีการหักเหแสง (Refractometer) Model: Refracto 30PX จำหน่ายโดย
บริษัท Mettler-Toledo AG จำกัด ประเทศจีน

2.3 วิธีการทดลองและทดสอบ

2.3.1 การหาปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solid Content; TSC)

การทดสอบอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D1076-02 โดยเริ่มจากการชั่งงานแก้วให้ละเอียดถูกต้องถึง 0.1 มิลลิกรัมแล้วเติมน้ำยางตัวอย่างลงไปประมาณ 2.5 ± 0.5 กรัม (รู้น้ำหนักแน่นอน) เติมน้ำไปมาเพื่อให้ยางกระจายทั่วจาน จากนั้นนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 ± 2 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง (หรือจนเห็นยางใส ไม่มีสีขาวขุ่น) วางทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง และชั่งน้ำหนักยางแห้งที่ได้

การคำนวณ

ปริมาณร้อยละของ TSC ของน้ำยางคำนวณดังนี้

$$\text{TSC (\%)} = [(C - A)/(B - A)] \times 100$$

เมื่อ	A	คือ น้ำหนักงานแก้ว (กรัม)
	B	คือ น้ำหนักงานแก้วและน้ำยาง (กรัม)
	C	คือ น้ำหนักงานแก้วและยางที่แห้งแล้ว (กรัม)

2.3.2 การหาปริมาณเนื้อยางแห้ง (Dry Rubber Content; DRC)

การทดสอบอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D1076-02 โดยเริ่มจากการชั่งน้ำยางประมาณ 10 กรัม (ให้ถูกต้องแน่นอน 5 มิลลิกรัม) ใส่ในถ้วยกระเบื้อง จากนั้นเติมกรดอะซิติกเข้มข้น 2 % ปริมาตร 80 มิลลิลิตร ลงไปอย่างช้าๆ และคนตลอดเวลาที่เติมกรด การใส่กรดลงในน้ำยางควรใช้เวลานานเกิน 5 นาที นำน้ำยางที่ใส่กรดแล้วไปวางบนอ่างน้ำร้อนโดยไม่ไปรบกวนเป็นเวลา 15-30 นาที ควรจะได้สารละลายใส แต่ถ้าได้สารละลายขุ่น แสดงว่าใส่กรดเร็วเกินไปหรือใส่กรดไม่มากพอ ดังนั้นจะต้องทำใหม่จนได้สารละลายใสตามต้องการ ให้รวบรวมเศษยางเล็กๆ ไว้กับก้อนยางใหญ่ แล้วล้างยางที่จับตัวแล้วด้วยน้ำที่กำลังไหล น้ำยางที่ได้ไปรีดให้มีความหนา

ไม่เกิน 2 มิลลิเมตร แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 70 ± 2 °C ในเตาอบที่มีอากาศถ่ายเทได้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หรือจนเห็นว่ายางใสไม่มีไคสีขาวอยู่ ทำให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง นำไปชั่งน้ำหนัก

การคำนวณ

ปริมาณร้อยละของ DRC ของน้ำยางคำนวณดังนี้

$$\text{DRC (\%)} = (B/A) \times 100$$

เมื่อ	A	คือ น้ำหนักน้ำยาง (กรัม)
	B	คือ น้ำหนักยางที่แห้งแล้ว (กรัม)

2.3.3 การหาปริมาณความเป็นด่างหรือปริมาณแอมโมเนีย (%Alkalinity)

การทดสอบอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D1076-02 โดยเริ่มจากชั่งน้ำยางประมาณ 5 กรัมลงในขวดรูปชมพู่ เติมน้ำกลั่นลงไป 300 มิลลิลิตร หยดสารละลาย methyl red 6 หยด แล้วทำการไตเตรตสารละลายที่ได้ด้วยกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐานจนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพู

การคำนวณ

ปริมาณความเป็นด่าง (%NH₃) ของน้ำยางคำนวณดังนี้

$$\text{ปริมาณความเป็นด่าง (\%NH}_3\text{)} = (1.7 \times M \times n)/W$$

เมื่อ	M	คือ ความเข้มข้นของกรดมาตรฐาน (นอร์มัล)
	n	คือ ปริมาณของกรดมาตรฐานที่ใช้ (มิลลิลิตร)
	W	คือ น้ำหนักของน้ำยางที่ใช้ (กรัม)

2.3.4 การหาค่าดัชนีการหักเหแสง

ในงานวิจัยนี้ค่าดัชนีการหักเหแสงของตัวอย่างน้ำยางจะถูกวัดโดยเครื่อง Refracto 30PX โดยเริ่มจากการกดปุ่ม esc ค้างไว้ประมาณ 2 นาที เพื่อเปิดเครื่อง จากนั้นทำการเลือกฟังก์ชันของการวัดโดยการกดปุ่ม ok/meas. พร้อมกับปุ่ม esc เพื่อเข้าสู่เมนู โดยมีตัวเลือกและคำอธิบายดังภาคผนวก ก ให้เลือกเมนู nD แล้วกดปุ่ม esc เพื่อกลับสู่หน้าแรก ทำความสะอาด measuring cell และ prism ให้สะอาดก่อนที่จะทำการวัด ถ้ามีคราบสกปรกให้ทำความสะอาด และเช็ดด้วยทิชชูที่ไม่เป็นขุย แล้วใช้หลอดหยดดูดตัวอย่างน้ำยางและหยดลงใน measuring cell ก่อนกดปุ่ม measure เพื่อทำการวัดค่าดัชนีหักเห หลังจากได้ค่าซึ่งที่แล้ว ให้ทำการล้าง measuring cell และเช็ดให้สะอาดก่อนทำการวัดครั้งต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 แสดงขั้นตอนการใช้งานเครื่องวัดค่าดัชนีการหักเหแสง

2.3.5 วิธีดำเนินการทดลอง

- 2.3.5.1 วิเคราะห์และทดสอบสมบัติของตัวอย่างน้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียสูง (HA latex) และน้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียต่ำ (LA latex) ดังต่อไปนี้ TSC, DRC และ %Alkalinity,
- 2.3.5.2 ศึกษาค่าดัชนีการหักเหแสงของน้ำยาง โดยเริ่มจากการนำน้ำยางมาแช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 35°C และ 20°C ก่อนทำการวัดดัชนีการหักเหแสงด้วย Refracto 30PX โดยให้ทำการวัดซ้ำจนได้ค่าดัชนีหักเหที่ไม่ต่างกันติดต่อกัน 3 ค่า
- 2.3.5.3 คำนวณหาค่า α -value ซึ่งเป็นสัมประสิทธิ์ของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (temperature coefficient) โดยการป้อนค่าดัชนีหักเหแสงที่วัดได้จากข้อ 2.3.5.2 ที่อุณหภูมิต่ำกว่าและสูงกว่าอุณหภูมิใช้งานจริง ในโปรแกรม PortableLab แล้วนำค่าที่ได้ไปป้อนใน

เมนู Measure unit ที่ชื่อ nDt (Temperature-compensated refractive index) ของเครื่อง Refracto 30PX

- 2.3.5.4 ทำการเจือจางน้ำยางข้นด้วยน้ำกลั่นให้ได้ค่าความเข้มข้นต่างๆ แล้ววัดค่าดัชนีการหักเหแสงโดยใช้เมนู nDt ทำการบันทึกค่าที่ได้
- 2.3.5.5 ศึกษาเปรียบเทียบค่า %DRC และค่าดัชนีการหักเหแสงในตัวอย่งน้ำยางสดที่ได้จากสวนต่างๆ ภายในเขตจังหวัดสงขลา โดยทำการวัด ณ จุดรับซื้อน้ำยาง และที่โรงงานถาวรอุตสาหกรรมยางพารา (1986) จำกัด
- 2.3.5.6 นำข้อมูลของความเข้มข้นที่หาได้ไปหาความสัมพันธ์โดยการแสดงกราฟ หาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนจากมาตรฐาน
- 2.3.5.7 ศึกษาค่าดัชนีการหักเหเปรียบเทียบกับความเข้มข้นของสารละลายดิสเพิชั่น CaCO_3
- 2.3.5.8 ศึกษาความแม่นยำของเทคนิคดังกล่าวสำหรับการวัดค่า %DRC ในน้ำยางตามมาตรฐาน ISO/TR 9272

บทที่ 3

ผลการวิจัยและการวิจารณ์ผล

3.1 ผลของอุณหภูมิต่อค่าดัชนีหักเหแสง

เมื่อทำการศึกษาค่าดัชนีหักเหแสงของน้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียสูง และน้ำยางสดที่ทราบ %DRC ที่แน่นอน พบว่าอุณหภูมิของน้ำยางมีผลต่อค่าดัชนีหักเหที่วัดได้ ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ผลของอุณหภูมิต่อค่าดัชนีหักเหแสงที่วัดได้

Sample	%DRC (standard)	R.I.	Conditions
HA-latex	60.0	1.452 ± 0.001	Measure at 20°C
HA-latex	60.0	1.449 ± 0.001	Measure at RT
HA-latex	60.0	1.445 ± 0.001	Measure at 35°C
FF-latex	30.0	1.418 ± 0.001	Measure at 20°C
FF-latex	30.0	1.413 ± 0.001	Measure at RT
FF-latex	30.0	1.411 ± 0.001	Measure at 35°C

ค่าดัชนีหักเหแสงของน้ำยางที่วัดได้จะมีค่าสูงกว่าดัชนีหักเหของน้ำกลั่น ($n_D^{25}=1.331$) และมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยเมื่อเพิ่มอุณหภูมิของน้ำยางให้สูงขึ้น เมื่อคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความต่างของอุณหภูมิ (Temperature coefficient, α -value) ตามสมการดังต่อไปนี้

$$\alpha = \frac{n_D^{T_1} - n_D^{T_2}}{T_2 - T_1}$$

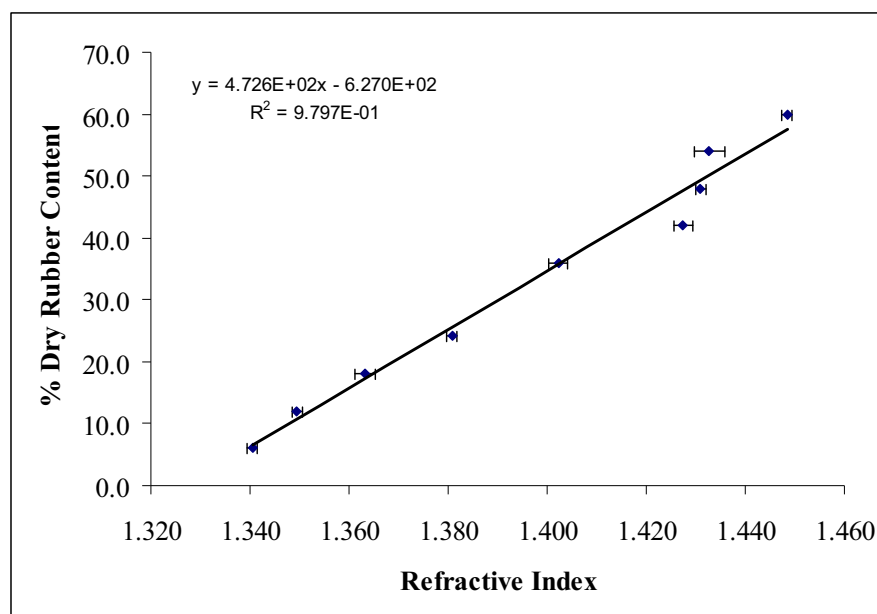
พบว่าค่า α -value สำหรับน้ำยางข้น และน้ำยางสด มีค่าเท่ากัน คือ 0.467×10^{-3} แสดงว่าน้ำยางทั้งสองชนิดมีลักษณะคล้ายกันถึงแม้ว่าน้ำยางข้นจะมีปริมาณแอมโมเนียที่สูงกว่าในน้ำยางสด และน้ำยางข้นมีความบริสุทธิ์มากกว่าน้ำยางสด โดยมีขนาดอนุภาคที่สม่ำเสมอกระจายตัวอยู่ในน้ำยาง และมีส่วนประกอบอื่นที่ไม่ใช่ยาง (non-rubber content) ต่ำกว่าในน้ำยางสด

3.2 ผลของชนิดและความเข้มข้นของน้ำยางต่อค่าดัชนีการหักเหแสง

เมื่อทำการศึกษาดัชนีหักเหของน้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียสูงที่มี %DRC แตกต่างกัน พบว่าค่าดัชนีหักเหแสงจะลดลงตาม %DRC ที่ลดลง และมีความสัมพันธ์กันโดยตรง ดังแสดงในรูปที่ 3.1

ตารางที่ 3.2 ค่าดัชนีการหักเหแสงของน้ำยางชั้นชนิด HA ที่ค่าความเข้มข้นต่างๆ

Sample	%DRC	Refractive Index
HA-NR	60.0	1.449±0.001
HA-NR	54.0	1.433±0.003
HA-NR	48.0	1.431±0.001
HA-NR	42.0	1.428±0.002
HA-NR	35.9	1.402±0.002
HA-NR	24.1	1.381±0.001
HA-NR	18.1	1.363±0.002
HA-NR	12.1	1.350±0.001
HA-NR	6.2	1.341±0.001

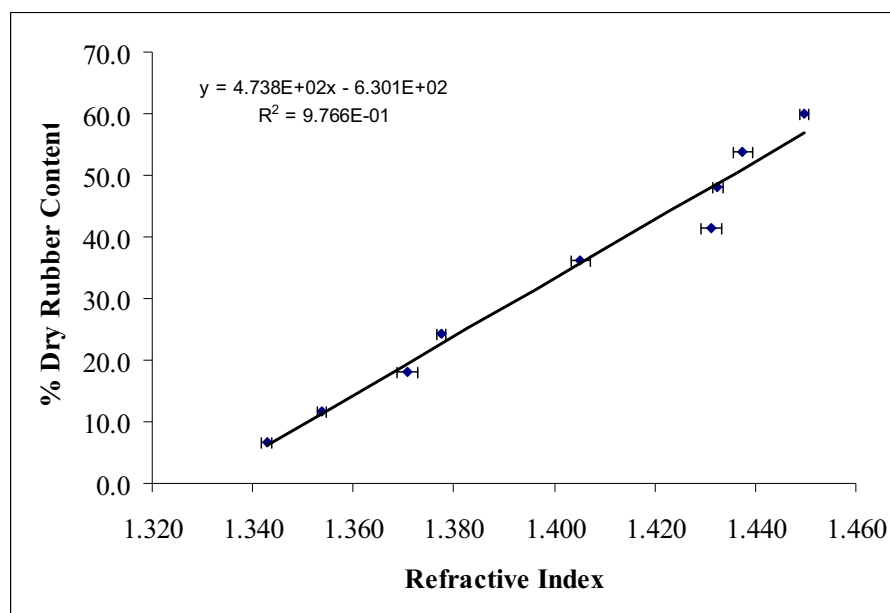


รูปที่ 3.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %DRC ของน้ำยางชั้นชนิด HA กับดัชนีหักเหแสง

ค่าดัชนีหักเหของน้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียต่ำมีลักษณะการลดลงเช่นเดียวกันกับค่าดัชนีหักเหในน้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียสูง ดังแสดงความสัมพันธ์ในรูปที่ 3.2

ตารางที่ 3.3 ค่าดัชนีการหักเหแสงของน้ำยางชั้นชนิด LA ที่ค่าความเข้มข้นต่างๆ

Sample	%DRC	Refractive Index
LA-NR	60.0	1.450±0.001
LA-NR	53.9	1.438±0.002
LA-NR	48.0	1.433±0.001
LA-NR	41.3	1.431±0.002
LA-NR	36.1	1.405±0.002
LA-NR	24.2	1.378±0.001
LA-NR	18.2	1.371±0.002
LA-NR	11.6	1.354±0.001
LA-NR	6.5	1.343±0.001



รูปที่ 3.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %DRC ของน้ำยางชั้นชนิด LA กับดัชนีหักเหแสง

น้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียสูงจะมีปริมาณแอมโมเนีย (%alkalinity = 0.7% by wt.) ซึ่งสูงกว่าในน้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียต่ำที่มี %alkalinity = 0.26% by wt. ขณะที่น้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียต่ำยัง

ประกอบด้วยสารละลายคิสเพิลชั้นของ TZ แต่น้ำยางขึ้นทั้งสองชนิดให้ค่าคงที่ a และ b ที่มีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งคำนวณได้จากความสัมพันธ์ระหว่าง %DRC กับค่าดัชนีหักเหแสง ตามสมการต่อไปนี้

$$y = a + bx$$

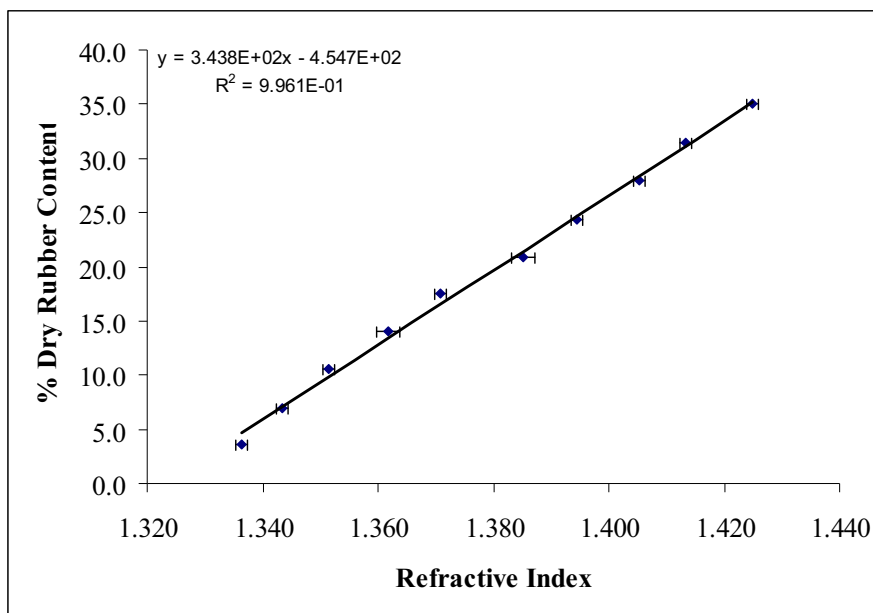
ตารางที่ 3.4 ค่าคงตัวที่ได้จากความสัมพันธ์กันโดยตรงระหว่าง %DRC กับค่าดัชนีหักเหในน้ำยางขึ้น

Sample	a	b
HA-latex	-627.0	472.6
LA-latex	-630.1	473.8

ในขณะที่ค่าดัชนีหักเหของน้ำยางสดที่มีค่า %DRC แตกต่างกัน มีแนวโน้มเช่นเดียวกัน และมีความสัมพันธ์กันโดยตรง ดังแสดงในรูปที่ 3.3 และให้ค่าคงที่ a และ b เท่ากับ -454.7 และ 343.8 ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากค่าคงที่ของน้ำยางขึ้น เป็นผลมาจากความสม่ำเสมอของขนาดอนุภาคที่กระจายตัวอยู่ในน้ำยาง และปริมาณสารอื่นที่ไม่ใช่น้ำยางที่เจือปนอยู่ในน้ำยางสด

ตารางที่ 3.5 ค่าดัชนีการหักเหแสงของน้ำยางสดที่ค่าความเข้มข้นต่างๆ

Sample	%DRC	Refractive Index
FF-NR	35.0	1.425±0.001
FF-NR	31.5	1.413±0.001
FF-NR	28.0	1.405±0.001
FF-NR	24.4	1.395±0.001
FF-NR	20.9	1.385±0.002
FF-NR	17.5	1.371±0.001
FF-NR	14.0	1.362±0.002
FF-NR	10.6	1.352±0.001
FF-NR	7.0	1.344±0.001
FF-NR	3.6	1.336±0.001



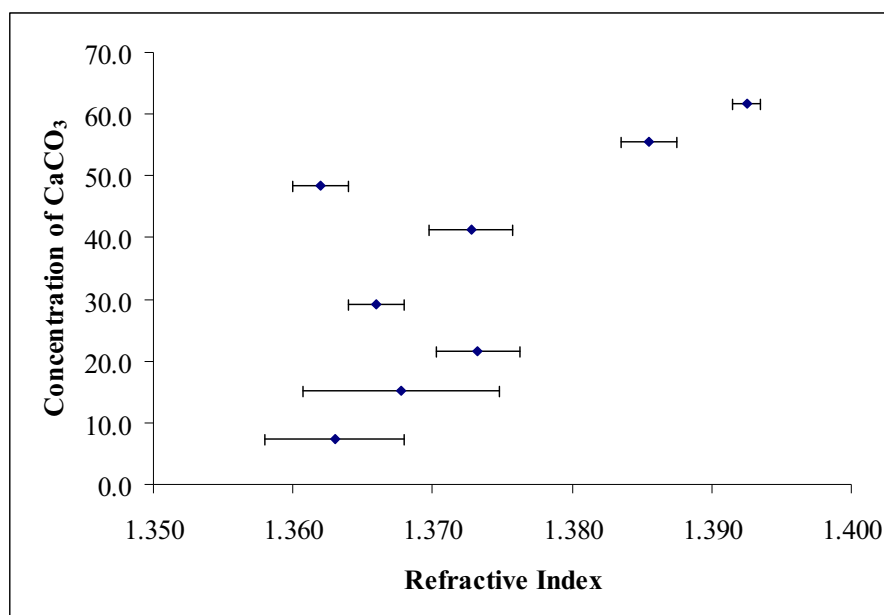
รูปที่ 3.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %DRC ของน้ำยางสด กับดัชนีหักเหแสง

3.3 ผลของปริมาณสารตัวเติม CaCO_3 ต่อค่าดัชนีหักเหแสง

การวัดดัชนีหักเหแสงของสารละลายดิสเพิซชั่น CaCO_3 จะให้ค่าที่ไม่คงตัว แตกต่างกัน ในช่วงที่กว้างมาก และ ไม่มีความสัมพันธ์กัน โดยตรงกับค่าความเข้มข้นของสารละลายดิสเพิซชั่น ดัง แสดงในรูปที่ 3.4

ตารางที่ 3.6 ค่าดัชนีการหักเหแสงของสารละลายดิสเพิซชั่น CaCO_3 ที่ค่าความเข้มข้นต่างๆ

Sample	%TSC	Refractive Index
CaCO_3	70.0	1.406±0.001
CaCO_3	61.8	1.393±0.001
CaCO_3	55.6	1.386±0.002
CaCO_3	48.5	1.362±0.002
CaCO_3	41.2	1.373±0.003
CaCO_3	29.1	1.366±0.002
CaCO_3	21.6	1.373±0.003
CaCO_3	15.1	1.368±0.007
CaCO_3	7.3	1.363±0.005



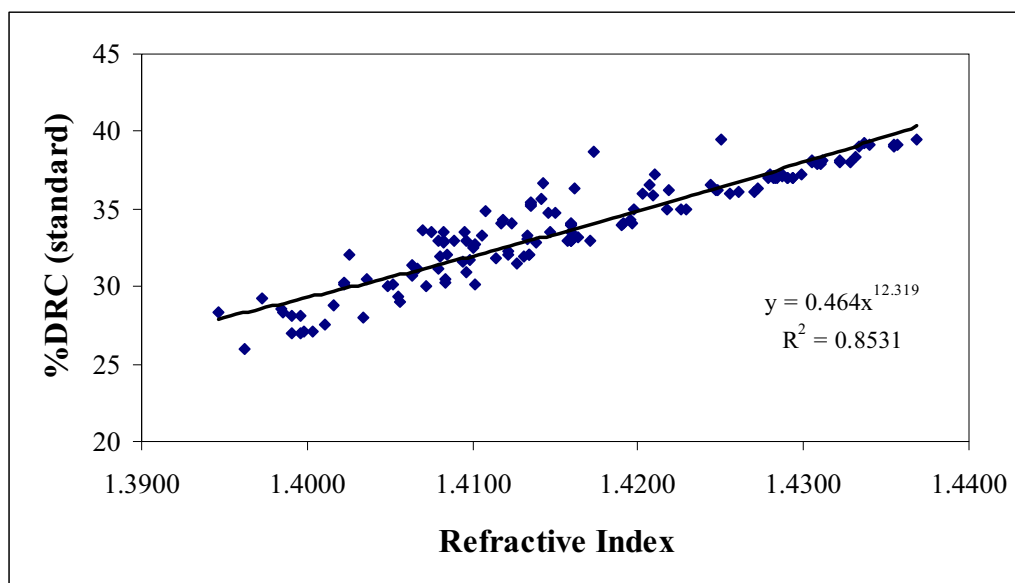
รูปที่ 3.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีหักเหแสงกับความเข้มข้นของ CaCO₃ dispersion

3.4 ความแม่นยำของเทคนิค

หลังจากป้อนค่า α -value และค่าคงที่ a และ b ในเครื่อง Refracto 30PX แล้ว ทำการเลือกเมนู การวัด Conc. จะทำให้การวัดแสดงค่า %DRC ที่หน้าจอ โดยค่าที่วัดได้มีความแม่นยำจากการทดลอง ตามข้อมูลในตารางที่ 3.7 จากการวัดดัชนีหักเหของน้ำยางสดที่จุ่มรับชื่อน้ำยางในจังหวัดสงขลา เป็นระยะเวลา 14 วัน ติดต่อกัน เปรียบเทียบกับ %DRC ที่ได้จากห้องปฏิบัติการโดยใช้วิธีการตามมาตรฐาน ISO 126:2005 พบว่า %DRC ที่วัดได้จากเครื่อง Refracto 30PX จะให้ค่าที่ต่ำกว่าค่าที่ได้จากห้องปฏิบัติการ อาจเป็นผลมาจากการสร้างกราฟมาตรฐานเพื่อหาค่าคงที่ a และ b และความแตกต่างกันในคุณภาพของน้ำยางสดที่จุ่มรับชื่อน้ำยาง อย่างไรก็ตามค่าที่วัดได้จากเทคนิคดังกล่าวยังมีความใกล้เคียงกับ %DRC ที่แท้จริงของน้ำยางสด มากกว่าการวัดด้วยเมโทรแลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้เทคนิคนี้ในน้ำยางที่มี %DRC สูงกว่า 35% by wt. จะให้ผลของการวัดที่แม่นยำ ดังแสดงในรูปที่ 3.5

ตารางที่ 3.7 ค่าดัชนีการหักเหแสงและ %DRC ที่คำนวณได้ ของน้ำยางสดที่จุดรับซื้อน้ำยาง

%DRC (standard)	R.I.	%DRC (calculated from R.I.)	%DRC (standard)	R.I.	%DRC (calculated from R.I.)
32.7	1.4100	30.1	31.3	1.4064	28.8
30.2	1.4102	30.1	37.1	1.4287	36.5
30.5	1.4084	29.5	36.3	1.4273	36.0
39.4	1.4250	35.2	32.0	1.4135	31.3
31.6	1.4094	29.9	32.1	1.4121	30.8
29.3	1.4055	28.5	34.7	1.4146	31.6
31.5	1.4127	31.0	28.0	1.4033	27.8
33.1	1.4161	32.2	29.0	1.4056	28.6
35.4	1.4135	31.3	39.3	1.4337	38.2
35.3	1.4135	31.3	30.1	1.4052	28.4
35.0	1.4229	34.5	31.1	1.4079	29.4
34.1	1.4124	30.9	35.0	1.4197	33.4
36.7	1.4143	31.5	36.1	1.4270	35.9
33.5	1.4147	31.7	34.3	1.4196	33.4
30.2	1.4084	29.5	35.4	1.4135	31.3
36.6	1.4244	35.0	30.9	1.4096	29.9
38.1	1.4312	37.3	33.5	1.4082	29.4
37.0	1.4282	36.3	27.1	1.3998	26.5
34.0	1.4159	32.1	34.3	1.4118	30.7
31.9	1.4131	31.1	28.7	1.4016	27.2
28.6	1.3984	26.1	37.0	1.4283	36.4
30.7	1.4064	28.8	34.7	1.4150	31.8
30.4	1.4036	27.9	34.1	1.4117	30.6
30.3	1.4022	27.4	33.3	1.4133	31.2
27.0	1.3997	26.5	31.7	1.4098	30.0
27.5	1.4011	27.0	31.8	1.4114	30.5
33.0	1.4157	32.0	33.0	1.4171	32.5
32.7	1.4101	30.1	37.0	1.4279	36.2
33.2	1.4164	32.3	30.0	1.4049	28.3
33.0	1.4079	29.3	34.1	1.4191	33.2
32.0	1.4085	29.5	36.1	1.4261	35.6
38.3	1.4331	38.0	39.1	1.4357	38.9
33.5	1.4159	32.1	37.9	1.4311	37.3
32.1	1.4026	27.5	30.2	1.4022	27.4
28.1	1.3997	26.5	33.5	1.4075	29.2
31.2	1.4066	28.9	37.0	1.4284	36.4
33.1	1.4133	31.2	28.1	1.3991	26.3
27.1	1.4004	26.8	36.6	1.4207	33.7
39.5	1.4369	39.3	38.0	1.4322	37.7
37.1	1.4279	36.2	36.4	1.4162	32.2
39.1	1.4340	38.3	37.1	1.4282	36.3
37.9	1.4308	37.2	37.2	1.4287	36.5
28.4	1.3946	24.8	38.1	1.4305	37.1
34.9	1.4108	30.3	33.0	1.4159	32.1
29.3	1.3973	25.7	32.3	1.4121	30.8
38.1	1.4322	37.7	35.9	1.4209	33.8
37.2	1.4299	36.9	36.0	1.4255	35.4
28.3	1.3985	26.1	37.0	1.4293	36.7



รูปที่ 3.5 กราฟแสดงแนวโน้มของการใช้เทคนิคดัชนีหักเหแสงเพื่อศึกษา %DRC ในน้ำยางสด

บทที่ 4

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การวัดค่าดัชนีการหักเหแสงของน้ำยางพบว่ามีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณเนื้อยางในน้ำยาง และสามารถหาค่าคงที่ a และ b ได้จากการสร้างกราฟมาตรฐาน โดยค่าคงที่ a และ b จะมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำยาง เช่นน้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียสูง และน้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียต่ำ จะมีค่า $a = -627.0$ $b = 472.6$ และ $a = -630.1$ $b = 473.8$ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าที่ใกล้เคียงกันเนื่องจากความสม่ำเสมอของขนาดอนุภาคยางที่กระจายตัวอยู่ในน้ำยาง ขณะที่น้ำยางสดมีค่า a และ b เท่ากับ -454.7 และ 343.8 ตามลำดับ ค่าดัชนีหักเหแสงของน้ำยางสดที่วัดได้จะมีความแปรปรวนเนื่องมาจากแหล่งที่มาของน้ำยางสด เช่นพันธุ์ยาง ฤดูกาล ลักษณะพื้นที่ที่ใช้ในการปลูกยาง และวิธีการเก็บรักษาสภาพน้ำยางสด อย่างไรก็ตามการวัดค่า %DRC ของน้ำยางสดโดยเทคนิคดังกล่าว สำหรับตัวอย่างน้ำยางสดที่มี %DRC มากกว่า 35% by wt. พบว่าให้ค่าที่มีความแม่นยำมากเพื่อเทียบกับวิธีการตามมาตรฐาน ISO 126:2005 และให้ค่าที่เที่ยงตรงกว่าการใช้ไมโครแลก ในขณะที่เครื่องมือวัดค่าดัชนีหักเหแสงแบบพกพายังสามารถทำการวัดค่า %DRC ได้อย่างรวดเร็ว สะดวก และประหยัดโดยใช้ตัวอย่างน้ำยางสดน้อยกว่าเทคนิคอื่นมาก นอกจากนี้เทคนิคดังกล่าวยังสามารถประยุกต์ใช้ในการหา %DRC ของน้ำยางชั้น เพื่อควบคุมคุณภาพระหว่างกระบวนการผลิตน้ำยางชั้น น้ำยางคอมปาวด์เพื่อการออกสูตรที่แม่นยำ ช่วยควบคุมและเพิ่มสมบัติให้กับผลิตภัณฑ์จากน้ำยางเนื่องจากเทคนิคการวัดค่าดัชนีหักเหแสงจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความหนาแน่นของอนุภาคยางที่กระจายตัวอยู่ในน้ำยางและการศึกษา %DRC ของหางน้ำยางที่ไม่สามารถหาได้โดยเทคนิคอื่นเพื่อช่วยควบคุมปริมาณกรดซัลฟริกที่ต้องใช้เพื่อทำให้ยางจับตัว

ข้อเสนอแนะ

1. การสร้าง calibration curve ควรใช้เครื่องวัดค่า R.I. ที่มีความละเอียดมากกว่าเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือเครื่องวัดค่า R.I. ชนิดความละเอียด 5 ตำแหน่ง จะทำให้ได้ calibration curve ที่มีความเที่ยงตรงมากขึ้น
2. ในการลดค่าความผิดพลาดจากการวัด ควรมีการพัฒนาสารมาตรฐานที่ใช้เดิมในน้ำยางสด คือน้ำยางที่มีการกระจายตัวของขนาดอนุภาคสม่ำเสมอ และทราบความเข้มข้นที่แน่นอน เนื่องจากค่าที่ได้จากการวัดโดยเทคนิคนี้จะเกิดความผิดพลาดน้อยลงเมื่อน้ำยางมี %DRC มากกว่า 35%
3. ควรสนับสนุนงบประมาณการวิจัยให้ทำการศึกษาต่อยอด โดยยึดเทคนิคนี้ในการพัฒนาเครื่องมือวัด และสารมาตรฐาน เพื่อการใช้งานได้จริง โดยนักวิจัยคาดว่าเครื่องมือวัด %DRC ในน้ำยางที่ใช้เทคนิคนี้ น่าจะมีราคาไม่แพงเช่นเดียวกันกับเครื่องวัดความเค็ม และระดับน้ำตาล ที่มีขายอยู่ทั่วไปในท้องตลาด

เอกสารอ้างอิง

1. วราภรณ์ ขจรไชยกูล, *น้ำยาง*, งานอุตสาหกรรมยาง ศูนย์วิจัยการยางหาดใหญ่, หน้า 18-42 และ 43-53, **2525**.
2. บุญธรรม นิธิอุทัย พรพรรณ นิธิอุทัย และปรีชา ป้องภัย, *เทคโนโลยีน้ำยางข้น*, ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยียาง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ม.สงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, หน้า 12-20 และ 21-35, **2531**.
3. สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร, *วิธีการทดสอบน้ำยาง*, ศูนย์วิจัยยางสงขลา, หน้า 11 -23, **2531**.
4. Heffernan, D.; Parker, A.; Pinniger, G.; and Harding, J., *Physics Contexts 1*, Section 4.2 on pp.170 – 179, Pearson Education, Melbourne, **2002**.
5. Barlow, F.W., *Rubber Compounding : principles, materials, and techniques*, 2nd ed., Marcel Dekker, New York, **1993**.
6. Alex, R.; Premalatha, C.K.; Nair, R.B.; Kuriakose, B., *Measurement of Dry Rubber Content of Fresh Natural Rubber Latex by Titration Method*, J. Rubb. Res. 2003, **6**(4), pp. 221-230.
7. Ball, D.W., *Concentration Scales for Sugar Solutions*, J. Chem. Educ. 2006, **83**(10), p 1489.
8. Gehman, S.D.; Ward, J.S., *Microturbidimeter for Determination of Rubber Content of Latex*, Industrial and Engineering Chemistry 1931, **3**(3), p.300.
9. Jayanthi, T.; Sankaranarayanan, P.E., *Measurement of Dry Rubber Content in Latex Using Microwave Technique*, Measurement Science Review 2005, **5**(3), pp. 50-54.
10. Khalid, K.B., *Determination of Dry Rubber Content of Hea Latex by Microwave Technique*, Pertanika 1982, **5**(2), pp. 192-195.
11. Khalid, K.B.; Wahab, M., *Microwave Attenuation of Fresh Hevea Latex*, J. Rubb. Res. 1988, **31**(3), p.145.
12. Khalid, K.B., *The Application of Microstrip Sensors for Determination of Moisture Content in Heavea Rubber Latex*, J. Microw. Power Electromagn. Energy 1988, **23**(1), p.45.
13. Khalid, K.B.; Hassan, J.; Daud, W.M., *Dielectric Properties of Hevea Rubber Latex at various Moisture Contents*, J. Nat Rubber Res. 1994, **9**(3), pp. 172-189.
14. Kumar, R.R.; Hussain, S.N.; Philip, J., *Measurement of Dry Rubber Content of Natural Rubber Latex with a Capacitive Transducer*, J. Rubb. Res. 2007, **10**(1), pp. 17-25.

15. MacBeth, G.; Thompson, A. R., *Densities and Refractive Indices for Propylene Glycol-Water Solutions*, Anal. Chem. 1951, **23** (4), pp. 618–619.
16. MacBeth, G.; Thompson, A. R., *Densities and Refractive Indices for Diethylene Glycol-Water Solutions*, Anal. Chem. 1952, **24** (6), pp. 1066–1067.
17. Niskanen, I.; Mutanen, J.; Lehtonen, P.; Rätty, J.; Yamaguchi, M.; Peiponen, K.-E.; Jaaskelainen, T., *Multifunction Spectrometer for Optical Inspection of Red Wine*, Sens. & Instrumen. Food Qual. 2008, **2**, pp. 58-65.
18. Jiménez Riobóo, R. J.; Philipp, M.; Ramos, M. A.; Krüger, J.K., *Concentration and temperature dependence of the refractive index of ethanol-water mixtures: Influence of intermolecular interactions*, Eur. Phys. J. 2009, E **30**, pp. 19–26.
19. Sadykhov, I. D.; Zeinalov, A. Ya.; Maksimov, S. I., *Quantitative determination of the isopropanol and water contents of petroleum products by spectrophotometry*, Chemistry and Technology of Fuels and Oils 1969, **5**(5), pp.381-383.
20. Tillekeratne, L.M.K.; Karunanayake, L.; Kumara, P.H.S.; Weeraman, S., *A Rapid and Accurate Method for Determining the Dry Rubber Content and Total Solid Content of NR Latex*, Polymer Testing 1989, **8**(5), pp. 353-358.
21. Walter, W.M. Jr., *Use of refractive index to monitor changes in sugar content of stored sweetpotatoe*, HortScience 1992, **27**(4), pp. 333-335.
22. Schulz, Jr.; and Frank, C., *Volumetric Analysis Device for Determining the Dry Rubber Content of Latex*, United States Patent **US4446725**, 8th May 1984.
23. ISO 123:2001, Rubber Late--Sampling.
24. ISO 124:2008, Laex, Rubber--Determination of Solids Content.
25. ISO 126:2005, Natural Rubber Latex Concentrate--Determination of Dry Rubber Content.
26. ISO/TR 9272:2005(E), Rubber and Rubber Products--Determination of Precision for Test Method Standards.

ภาคผนวก ก
เมนูการใช้งานเครื่อง Refracto 30PX/GS

1. Measure unit

- nD (ค่า Refractive index)
- nDt (Temperature-compensated refractive index)
- Sugar (การวัดความหวานของน้ำตาล จะมีให้เลือก 3 หน่วย)
 - i. Brix%
 - ii. HFCS42 (high fructose corn syrup)
 - iii. HFCS55
- Conc. (วัดเป็นความเข้มข้น เครื่องจะให้ใส่ค่าของสมการความเข้มข้นที่ต้องการ)
- Alcohol (ปริมาณ ethanol ในน้ำ เลือกวัดได้เป็น 3 หน่วย)
 - i. %weight of methanol ที่ 20°C (ช่วงของการวัด 0.0-66.0%)
 - ii. %volume of methanol ที่ 20°C (ช่วงของการวัด 0.0-73.3%)
 - iii. Specific gravity (SG)
 - iv. Freezing point (FP) (เลือกหน่วยของอุณหภูมิด้วยเมื่อเลือกหน่วย FP)
- IPA (isopropanol determinations)
 - i. %weight (wt%) ที่ 20°C (ช่วงของการวัด 0.0-66.0%)
 - ii. %volume (vol%) ที่ 20°C (ช่วงของการวัด 0.0-67.4%)
- Salinity (ความเข้มข้นของเกลือ)
 - i. %weight NaCl
 - ii. Specific gravity (SG)
 - iii. Freezing point (FP) (เลือกหน่วยของอุณหภูมิด้วยเมื่อเลือกหน่วย FP)
- Wine (วัด sugar content ในน้ำองุ่น)
 - i. T.A. (90)
 - ii. Oechsle (หน่วยวัดของทาง swiss)
 - iii. Oechsle (D) (หน่วยวัดของทาง German)
 - iv. KMW (babo)

v. Baume

- Antifreeze (ใช้วัด ethylene glycol/water-and propylene glycol/ water-mixtures)
 - i. Wt% EG
 - ii. Vol% EG
 - iii. FP EG
 - iv. Wt% PG
 - v. Vol% PG
 - vi. FP PG

2. Temperature unit

- °C
- °F

3. Measure mode

- Sample name (Set ชุดตัวอย่างโดยใช้ตัวอักษร a-z)
- Mode
 - i. Labo (ต้องกดปุ่ม ok/meas. เพื่อเก็บผลและส่งผลไปยัง printer/measure)
 - ii. Field (ต้องกดปุ่ม ok/measure เพื่อเก็บผล)
 - iii. Custom
 - Memory in (การบันทึกผล)
 - a. Auto (เก็บผลอัตโนมัติ)
 - b. Manual (ต้องกด ok/measure เพื่อเก็บผล)
 - Memory out (การส่งผลไปยัง printer/computer)
 - a. Auto (ส่งอัตโนมัติ)
 - b. Manual (ส่งผลโดยกดปุ่ม)
 - Labo เก็บและส่งผลไปยัง printer/computer อัตโนมัติ
 - Field เก็บผลอัตโนมัติ

4. Adjustment mode (Calib.Mode)

- Off การ adjust cell ด้วย density standard เช่น น้ำกลั่นหรืออากาศ
- On การ adjust cell ด้วย density standard เช่น น้ำกลั่นหรืออากาศ ที่ทราบค่า density, reference temperature และ temperature compensation

5. Interface

- PRN เลือกเมื่อทำการเชื่อมต่อกับ printer
- RS เลือกเมื่อทำการเชื่อมต่อกับ computer
- IrDA

6. Beep เสียง

- Off ปิดเสียง
- On เปิดเสียง

7. LCD-Contrast ใช้ปรับความสว่างของหน้าจอ display สามารถปรับได้ 9 ระดับ โดยกดปุ่มลูกศรซ้ายและขวา

8. Automatic switch-off

- Off เครื่องจะปิดเมื่อผู้ใช้งานทำการกดปุ่มปิดเครื่อง
- On เครื่องจะปิดเองอัตโนมัติเมื่อไม่ใช้งานนาน 10 นาที

9. Software version เลือกเมื่อต้องการจะดู version ของ software ของตัวเครื่อง

ภาคผนวก ข



Refracto 30PX Features



- Plain language interface
- Ease-of-use
- Temperature compensation
- Measurement cell with temperature sensor
- It is your choice: hand-held or bench-top
- Save and transfer your data whenever you want

The refractive index of a sample depends on temperature. During measurement, Refracto determines the temperature and then corrects the refractive index to a standard temperature of 20 °C or any other temperature the user defines. To make quick measurements of different types of samples, you can easily switch between up to 10 user defined correction coefficients.

[back](#)
www.portablelab.com



Refracto α -Calculation

The α -value is the temperature coefficient used to display the measured refractive index at the desired temperature.

- Measure the refractive index (n_D) of the sample at a temperature **above** the normal measuring temperature. Enter the measured refractive index (n_D) and the corresponding temperature (Temperature 1) in the fields to the right:

$n_D 1$	Temperature 1 (°C/°F)
1.449	29.4
- Measure the refractive index (n_D) of the sample at a temperature **below** the normal measuring temperature. Enter the measured refractive index (n_D) and the corresponding temperature (Temperature 2) in the fields to the right:

$n_D 2$	Temperature 2 (°C/°F)
1.455	28.3
- Enter the value displayed to the right ($\alpha \times 1000$) into the instrument (Menu - Measure Unit - nDI).

$\alpha \times 1000$
5.455

[back](#)
www.portablelab.com

ภาคผนวก ค

สรุปข้อคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิต่อโครงการ

“การศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้เทคนิควัดการหักเหแสงเพื่อหาปริมาณเนื้องานในน้ำยาง”

สัญญาเลขที่ RDG5150035

ความคิดเห็น/ข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ	ชี้แจงโดยนักวิจัย
ความเห็นด้านการพิมพ์ 1. สมการหน้า 6 ($v=Cr/Cr + Cs/Cs$) น่าจะไม่ถูกต้อง ขอให้ทบทวน ความเห็นด้านวิชาการ 1. ความแม่นยำ (ดูรูป 3.5) ยังมี error ประมาณ 10% ซึ่งทำให้เกษตรกรเสียเปรียบ ขอให้ปรับปรุง โดยต้อง shift calibration line ขึ้น และระบุไว้ในรายงานด้วย 2. หน้า 19 ค่า R.I. มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ยากทราบว่าจะนำมาปรับค่า R.I. ที่วัดได้หรือไม่ อย่างไร ในตารางที่ 3.1 Room Temperature เท่าไหร่ 3. การทดลองใช้เครื่อง Refracto 30 PX พบว่า R.I. มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับ DRC แสดงว่า หากปรับเครื่อง/ปรับสมการคำนวณก็สามารถใช้เครื่องนี้ได้เลย ใ้หรือไม่ 4. หากเปรียบเทียบกับ Metrolac ยากทราบว่า ข้อมูลที่วัดได้ และเวลาที่ใช้ในการวัด จะแตกต่างกันมากน้อยเท่าไร	ได้แก้ไขเป็น $V = \text{ปริมาตรของน้ำยาง } [(Cr/Sr) + (Cs/Ss)]$
	ได้ทำการปรับปรุง calibration line ตามข้อเสนอแนะ ผลของอุณหภูมิต่อค่า R.I. ได้นำมาคำนวณเป็นค่าสัมประสิทธิ์ความต่างของอุณหภูมิ (α-value) และได้ทำการหาค่า R.I. ที่วัดได้ที่อุณหภูมิต่างๆ ในผลการทดลองที่ได้ตามตารางที่ 3.2 – ตารางที่ 3.7 โดย room temperature เท่ากับ 29°C เครื่อง Refracto 30 PX สามารถบันทึกสมการที่คำนวณไว้ได้ ดังนั้นจึงสามารถใช้เครื่องนี้ได้เลย ข้อมูลที่วัดได้โดยวิธีการนี้ใช้เวลาน้อยกว่าวิธีการ Metrolac มาก (ประมาณ 2 นาที) โดยใช้ตัวอย่างในปริมาณที่น้อยกว่ามาก

ข้อคิดเห็น/ข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ	ชี้แจงโดยนักวิจัย
5. ถึงแม้ว่าจะทดสอบได้ว่า ความเข้มข้นของ CaCO_3 กับดัชนีการหักเหของแสง ไม่มีความสัมพันธ์กัน แต่ก็ไม่น่าจะสรุปว่าการเติม CaCO_3 ในน้ำยางแล้ว จะไม่รบกวนต่อค่าดัชนีการหักเหแสงในน้ำยาง ไม่มีการทดลองเติม CaCO_3 ในปริมาณความเข้มข้นต่างๆ ในน้ำยางแล้ววัดค่าดัชนีการหักเหของแสงเลย 6. ในการวิจัยนี้ไม่ได้ทดลองผลจากการปลอมปนสารอื่นๆ เช่นแป้ง ลงในน้ำยางต่อดัชนีการหักเห หากวิธีใหม่นี้ไม่สามารถแก้ปัญหาของวิธีเก่าได้ ก็ไม่น่าจะสามารถทดแทนวิธีการเก่าได้ 7. ในรายงานการวิจัยไม่มีการสืบค้นฐานข้อมูลสิทธิบัตร ว่ามีสิทธิบัตรใดบ้างที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย 8. ในรายงานควรกล่าวถึงวิธีการวัดปริมาณเนื้อยางด้วยเครื่องวัดความทึบไฟฟ้า ตามที่อ้างถึงผลงานของ Kumar ให้มากกว่านี้ และเปรียบเทียบกับวิธีการวัดของนักวิจัย ถึงข้อดี ข้อเสียของแต่ละวิธี และเหตุผลของการทำวิจัย เพื่อพัฒนาวิธีการที่แตกต่างออกไป จะเป็นไปหรือไม่ ถ้าใช้วิธีแบบผสมผสานเพื่อให้ได้ผลการวัดที่แม่นยำ และกำจัดผลของการปลอมปนไปได้	ได้ทำการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะในบทคัดย่อ บทผลการวิจัย และบทสรุปแล้ว ยังไม่ได้ทำการทดลองในส่วนนี้ แต่นักวิจัยคาดว่าเทคนิคนี้น่าจะแก้ปัญหาจากการปลอมปนสารอื่นๆ ในน้ำยางได้ เพราะความต่างกันของค่า R.I. ในตัวอย่างน้ำแป้ง น้ำมะพร้าว และน้ำสับปะรด เป็นต้น ได้ทำการสืบค้นฐานข้อมูลสิทธิบัตรเพิ่มเติมในบทที่ 1 พบว่ายังไม่มีสิทธิบัตรใดที่เกี่ยวข้อง ได้เพิ่มเติมข้อมูลตามข้อเสนอแนะในบทที่ 1